

特別寄稿

ウンカ類の長距離移動*

岸 本 良 一**

Long-distance Migration of Planthoppers

Ryoiti KISIMOTO

無翅亜綱とよばれる一群のものや、二次的にハネを失ったものを除いて、すべての昆虫はハネをもち、これを利用して、ハネをもたない動物である人間にとっては想像も出来ないような生活史を示す場合がある。その昆虫がとくに小型である場合には、人の肉眼によって、この飛しょう行動を観察することが難かしく、体験的に理解することが出来ない場合が多い。このような場合には、われわれは出来るだけ色々な場面を想像しつつ、色々な方法を使って、観測して見る事が重要である。ウンカ類の長距離移動に関連する長年の調査、研究の経過はこのことを示すよい一例である。

ウンカとはどういうものか

日本の稲作の歴史の中には、何回となく、凶作、凶荒、飢饉が記録されている。西村、吉川編「日本凶荒史考」(1936)には、これらの事例が克明に集められている。最も多いのはひでり、洪水、暴風雨などの気象災害で、つぎに多いのが冷害と、今から考えればこれに伴ういもち病などの病害で、とくに中、北部日本で起ったものと思われる。これに対して、南西日本では害虫による災害が何回となく起っている。虫害の場合にはその元凶が目で見えるので、その恐怖も気象災害とは一味違ったものであったらしい。また、これら記録を書きのこす人達と、実際の苦勞を味わう農民とはへだたりがあって、記録の信ぴょう性にもいささか問題がある場合も見られる。しかし、200年位前になると、記録もかなり正確になり、重要な点を読みとることが出来るようになる。

昭和58年8月11日 受理

* 本論文は、著者が昭和58年度日本農学賞を受賞されたご研究を中心にまとめられたものである(編集委員会)。

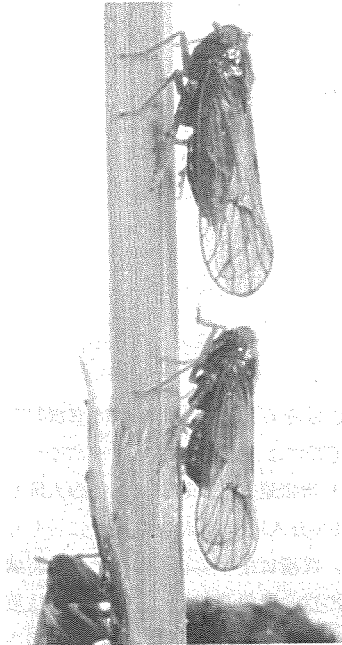
** 三重大学農学部教授

虫害による飢饉でおそらく最大のものは享保17年(1732)の飢饉で、記録によってまちまちではあるが、関西、山陽、山陰、九州諸地方で、10万人以上の人間や大型家畜が餓死し、100万人以上の人々が飢えに苦しんだものとされている。収穫は平年の1/3~1/5で、流行病や幕府や高利貸からの借金返済苦のため、社会不安は翌年まで続いた。この虫害の元凶がウンカ、これからのべるトビイロウンカとセジロウンカであったと考えられる。

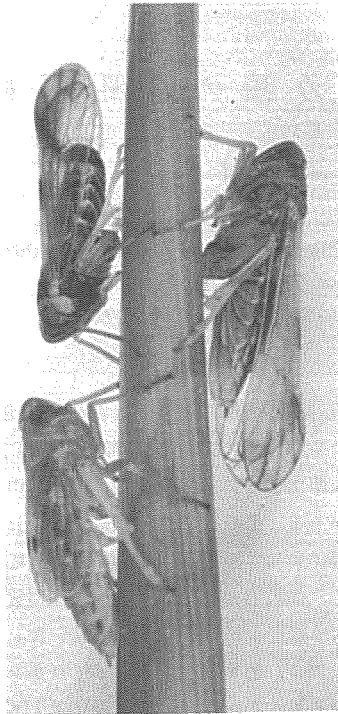
天保10年(1839)、北陸地方を中心に大飢饉が起った。これもウンカによるものと考えられる明瞭な記述が残されている。明治30年(1897)にも空前の大発生があり、更に、明治36年(1903)、明治45年(1912)、大正13年(1924)、昭和4年(1929)に全国的大発生があった。昭和15年(1940)、太平洋戦争のはじまる前年にも、明治30年につぐ近年まれに見る大発生があり、筆者の出身地四国でも農民が大騒ぎしたことを記憶している。

これら大発生と直接、間接に関連して、害虫に関する研究組織が作られ、成果も次第に上っていったわけであるが、その足どりは決して平たんで、着実であったとはいえない。

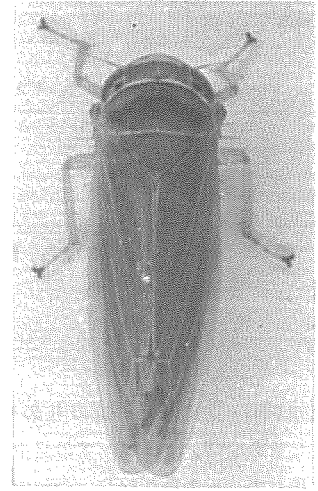
ウンカ類というのは、アブラムシ類、セミ類などと共に同翅目に入る。ヨコバイ類もこの仲間であるが、色々な点でかなりはっきりしたちがいがあがる。ヨコバイ類の代表はツマグロヨコバイで、体全体が鮮やかな緑で、ハネの先端に黒い斑紋がある。ウンカ類は概して地味な色調で、目立たない。第1図に見られるように、複眼の間が狭く、頭頂が四角に突出しており、アンテナの2つの節が大きい。ハネは透明で、チョウに比べて縦にハネをたたむ。ヨコバイ類は、複眼の間が広く、ゆるやかな円形である。アンテナの基節は小さく、前ハネが不透明であるので、後ハネや腹は上からは見えない。ハネはガのよ



トビイロウンカ
上 長翅型メス
下 長翅型オス



セジロウンカ
左上 長翅型オス
左下 短翅型メス
右 長翅型メス



ツマグロヨコバイ メス

第1図

うにやや水平にたたむ。ウンカ類はその殆んどがイネ科植物を吸汁するので、イネ科作物だけの害虫（例外として、タロイモウンカはタロイモの重要害虫である）であるのに対し、ヨコバイ類はイネ科作物だけでなく、果樹、やさい、花などの大抵の作物を加害する。種類数もヨコバイ類がずっと多い。ウンカ類、ヨコバイ類ともに吸汁による加害の他に植物ウイルスを媒介するが、ヨコバイはマイコプラズマも媒介する。ウンカ類が媒介するマイコプラズマ病はまだ知られていないようである。

イネを加害するウンカ類はわずかに3種であり、最も重要なのがトビイロウンカ *Nilaparvata lugens* Stål で、出穂後坪枯れを起すので秋ウンカとも呼ばれる。次に害の大きいのはセジロウンカ *Sogatella furcifera* Horváth で、夏ウンカとも呼ばれ、第3はヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* Fallén で、吸汁害は少ないがイネ縞葉枯病や黒条萎縮病などのウイルス病を媒介する。ヨコバイ類ではツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps*

Uhler とイナヅマヨコバイ *Recilia dorsalis* Motschulsky の2種と南西諸島ではツマグロヨコバイの近縁のクロスジツマグロヨコバイ *N. nigropictus* Stål とタイワンツマグロヨコバイ *N. virescens* Distant のほかにイネキイロヒメヨコバイ *Thaia subrufa* Motschulsky が分布している。以下のべる長距離移動の主役はトビイロウンカとセジロウンカであるが、ヒメトビウンカやイネ以外の植物を食草とするウンカ類も高い移動能力を持っていることが明らかにされて来た。これに対し、ヨコバイ類は灯火にはよく飛来するが、長距離移動性は低い。

ウンカ類の成虫にはハネの短い、短翅型と正常に発達したハネをもつ長翅型が見られ、この型の決定は2~4令の幼虫期の餌の状態やウンカの密度などの影響を受ける。その出現の比率は種特異性が見られ、トビイロウンカ、ヒメトビウンカではメス、オスともに2翅型が見られるが、セジロウンカではメスにだけ2翅型があり、オスは長翅型だけである。

ウンカ類のイネに対する加害は幼虫期、成虫期を通じての吸汁による。吸汁量の多いトビロウンカやセジロウンカは一日に体重の数倍もの汁液を餌植物から吸い出す。更にこの吸汁の時に唾液を植物の中へ注入するが、これに伴って植物ウイルスを伝播する場合もある。

熱帯アジアにおいても最も重要な稲作害虫はトビロウンカであって、一度もその激しい被害を見ない地方は一つもないといっても過言ではない。しかし、それはせいぜい20年この方のものであって、例えば、ルソン島南部にある国際稲研究所 (IRRI) でも1964年にトビロウンカによる坪枯れがはじめて出来たが、これがトビロウンカによるものであることを知る者はいなかったそうである。IRRI は1962年から実際の研究事業を始め、いわゆる多収性品種の育成をはじめたが、2年後にはトビロウンカの一撃をくらったわけである。熱帯アジア各国でも事情は大体同じで、多収性品種の導入後間もなく、トビロウンカの大発生を招いている。それ以前は殆んどその被害は記録されていない。中国中南部でもこれと大体同じで、トビロウンカの大発生は1960年代末からであるという。

ウンカ類の生活史と問題点、飛來說と内地越冬説

温帯以北で発生する昆虫は冬の期間、発育不可能な低温や食物不足に耐えなければならない。多くの場合、個体数は激減し、越冬可能な発育段階のものだけになり、翌春生活条件の回復と共に一斉に発育をはじめめる。この越冬期間中の動向はその昆虫の生活史の重要な断面の一つである。

ウンカ類についてこの越冬状況について疑問が出されたのは村田 (1927) の論文がはじめてであった。トビロウンカ、セジロウンカは室内飼育をしても12月になって気温が低下すると全部死滅してしまい、野外においても冬期間採集出来るのはヒメトビウンカ (温帯原産のもの) だけであり、実に不思議であるという意味のことをのべている。

その後、村田・平野 (1929) はその論文の中で、越冬問題について重要な点をほとんどすべて述べた。すなわち、ヒメトビウンカの食草範囲はそうとう広いが、トビロウンカ、セジロウンカはきわめて単食性で、野外ではイネだけ、室内飼育によってもマコモで飼育が可能かも知れない程度であるということ、イネの本田移植以前の生息場所はまったく不明であること、そして、兩種

ウンカが内地以北、少なくとも本州以北において普遍的に越冬するや否やはなはだ疑問で、冬期イネの枯死しない程度の暖地で成育をつづけつ越年したものが、毎年飛来伝播して来るものではないかという憶測を抱くに至ったと述べている。これが飛來說の最初の公表であろう。

村田・平野 (1932) は「本邦内一畝田圃の如く冬期に於て浮塵子の餌食に欠くる地に於ては冬期を完全に経過する能はざるものと認められ、従つてその越冬地は冬期といえども相当高温を保ち、かつ浮塵子の食餌に欠くる所なき地—恐らくは本邦本土南端部の地方なりと思考せらる。而してかゝる地に於て越年したるものが毎年気候の温暖となるに従ひ次第に繁殖力を増大、漸次其の生棲地域を拡大するものと認められ…(原文)」とのべ、完全な形で飛來說を表明した。

この飛來說は、かなりはげしい批判をうけた。しかしその批判の根柢ははっきりしたものではなく、飛來說があまり唐突だからという程度のものであった。一方では飛來說に興味を示す人もいたが、具体的な研究計画が立てられたようでもない。害虫学もまだ発展途上であったし、ウンカの大発生が毎年起るわけでもないので、議論だけで終わっていたようである。

ウンカ類の生活史研究の近代史

前段でのべた越冬についての飛來說とその初歩的反対論はいわば、ウンカ問題の中世史のようなものである。このち昭和26年から農林省はウンカ問題に本腰を入れ、多くの人々がこれに参加した。しかし、その結果はむしろ迷路に迷い込んだようなものであった。諸報告、諸説が入り乱れた。中にはいまだに訂正や批判されないままに放置されている論文もかなりあり、専門外の人々が不用意に引用すると誤るおそれのあるものもある。非常に興味あることには、中国でも兩種ウンカの越冬に関して飛來說と越冬説の対立があり、前者を天派、後者を地派と呼ぶそうである。言い得て妙である。

項目別に研究結果の概要、それに対する筆者なりの意見をのべてみたい。まず、近縁種の問題であるが、トビロウンカには近縁種が少くとも2種が日本内地に分布しており、アシカキを餌としている。休眠に入っている卵はアシカキの茎の中で越冬し、翌春新葉の展開と共にふ化、発育を開始する。この近縁種のうち、トビロウンカモドキ *Nilaparvata bakeri* Muir はやや大型で温帯

から熱帯にかけて分布しており、ニセトビイロウンカ *N. muiri* China はやや小型で温帯に分布する。この2種がトビイロウンカとまちがわれて、越冬状態発見とされたことがある。この近縁種は共に短翅型が非常に高率に出現するのが特長で、実際に上にのべた報告でもこのことが書かれている。現在では種の見分け方が確立されたので誤認の危険は殆んどない。

セジロウンカ、トビイロウンカがイネ以外のものでも生息出来るかどうかという点では、大きな混乱が起った。多くの人々が水田周辺のイネ科、その他の雑草で飼育を試みた結果を次々に公表した。そして少しでも発育が進んだり、卵を産みつけたものを食草としたため、これを単に集計すると、トビイロウンカの食草は4科29種、セジロウンカは2科39種という結果になってしまった(持田・岡田, 1971)。これを1つ1つ反論して行くことは容易ではない。この2種のウンカの場合のように意見が対立しているときにはとくに注意すべきであったのであるが、少くとも半野外条件、例えばポット植えの植物の上で、世代をくり返すことが出来るかどうかぐらいは確かめるべきであったと思う。実際に野外でセジロウンカやトビイロウンカが、これらの雑草の上で世代を送っている状態は報告されていない。

筆者が *Oryza* 属植物を用いて飼育試験を行ったところ *Oryza sativa* L. の祖先といわれる *O. perennis* Moench. や、西アフリカで栽培されている *O. glaberrima* Steud. およびその祖先とされている *O. breviligulata* A. Chev. はトビイロウンカの食草としてはイネと殆んど変わらないくらい好適であることがわかった。

もっともやっかいなのは休眠に関するものである。一番はじめの村田・平野の論文以来、セジロウンカ、トビイロウンカには卵、幼虫期は勿論、成虫でもいわゆる休眠状態、一口にいえばその昆虫の内的要因、多くの場合ホルモン支配によって発育を一定期間停止する状態は存在しないことが広く受け入れられて来ている。それにもかかわらず、いくつかの論文では卵態休眠を発見したとして、その誘起、覚醒条件について論じている(三宅, 1961, 奥村, 1963, 杉本, 1967)。これらの論文では休眠についての説明や定義は殆んどなく、野外で同じようなものが発見出来るかどうかなどは全然論じられていない。これらは学会誌に載せられており、英文サマリーもつけられているので、今後も広く読まれるであろう。この論文でのべられているような現象に普遍性があるのであれば

これをきっかけとして続々と野外での発見や室内実験が出て来て、最初の論文が補強されてもよさそうなのである。

同じように日本内各地で採集されたセジロウンカやトビイロウンカに地理的変異が見られるとか、温泉の湧く付近で冬の間にイネを栽培した場合、両種ウンカがその上で越冬したとか、イネのない離島の雑草の中で成虫を採集したというような報告が次々と出された。しかし、これらの報告が、セジロウンカ、トビイロウンカの越冬、飛来問題の上で占める意味はよく分からない。

これら諸報告の中で、興味のあるものもいくつか出された。灯火による誘殺をやってみると、ある晩、突然に多くのセジロウンカやトビイロウンカが採集されることがあり、これは以前から「異常飛来」と呼ばれて来たが、これがウンカ問題解決の重要なカギであるという予想はかなり行き渡っていた。とくに5月~7月のイネ栽培の初期に見られるものは興味深い、その例は西へ行く程多く、またその飛来数も圧倒的に多く、これこそ攻めるべき最適目標と思われるのに、実に簡単に見過されてしまった。

桑原(1950)は、トビイロウンカの初飛来日(その年の最初に灯火誘殺される日)には低気圧が日本海の中、北部にあり、これから寒冷前線が南西にのび、その南東側では南西の暖かい風が6~7 m/sec の速さで数時間吹き、寒冷前線の通過と共に風は衰えた。この間、気温は夕方から夜になっても低下しなかったという。その後セジロウンカの初飛来日についても分析し、トビイロウンカよりやや早い時期に起り、このときは梅雨前線が日本列島南岸沿いであって、この上を低気圧が東進し、3~6 m/sec のやや弱い、北ないし北西の風が短時間吹いたという(桑原, 1956)。これらは後に筆者が調査した結果(第2表)とよく符合するもので、その着眼の正しさを示しているが、彼は最終的には、トビイロウンカは比較的近い南西方面の暖地から移動して来るが、セジロウンカは主に当地に生息したものであろうと結論した。越冬を指向するいろいろな報告にひきずられたように思われる。

もう一つ興味深いものの中に「渡りウンカ」というものがある。多くの昆虫で秋になると成虫が山麓の石などの下や枯草の中などへ移り、越冬する例が見られる。ウンカでも山地を調査した結果、8月末から9月にかけて標高数100 m以上の山地の、やや開けたイネ科雑草地帯

で多数のセジロウンカやトビロウンカが採集される例は、九州から北海道にかけて各地で見られることが分った。これらは「渡りウンカ」と呼ばれ、それがなんとなく山地での越冬の可能性を期待させた時期もあった。その可能性は間もなく打消されたが、ウンカ類の移動能力を示す一場面として興味ある事実であることにはちがいない。

以上の諸報告は非常な労力と時間を使い、議論を重ねたものと思われるが、すべて、内地越冬の方向に集約され、農林省病害虫発生予察特別報告第20号(1965)、更には昭和41年の全国的な大発生を調査した記録である病害虫発生予察特別報告第22号(1968)として公表された。

このウンカの越冬、飛来問題でもそうであるが、既成の考え方や調査方法から抜け出すのがいかに難しいかがよく分る。ウンカ類が非常に小型(4~5mm位)であり、とうてい長距離を飛ぶことは難しい、また逆にいえば、小型であるからどこかにひそんでいるかも分らない、という考え方、また灯火誘殺法による調査が長年行われて来ており、その欠陥、例えば、夜しか働かない、強雨下では働かない、またその効果はある気象条件下、例えば夜間高温、高湿度下では誇張されがちであることなどが分っていても、これから離れて別の、目的によく合う方法に乗り換えることが難しいことを示している。また、人為条件下で新しい方向の結果が得られた場合、これを自然条件下で再現して見るという応用科学の第1歩を無視して、結論を公表してしまうという、誤ったデータ万能主義におちいつている。

南方定点におけるウンカの大群の発見

昭和42年(1967)7月、気象庁の定点観測船「おじか」は、南方定点、北緯29°、東経135°、つまり、潮岬南方500km、種子島の南東450kmの洋上で、気象観測中にウンカの大群に遭遇した。同船の気象長であった鶴岡保明技官の報告(1968)によると7月15日夜2匹、7月16日夜数1000匹の小型昆虫が灯火へ飛来し、ついで7月17日には昼から夕方にかけて、船の周辺を粉雪が舞うようにこの昆虫の群飛が見られたという。当時の気象は16日は西南西の風がやや強く、17日は終日3~5m/secの西南西の弱い風、気温は27.4~28.6°C、湿度は90~96%、水平視程は良く、20~30kmであった。この小型昆虫はその後石原保によって、少数のトビロウンカを含むセジロウンカであると同定された。16日21時の定点上の空気が

どこから来たか流線図をさかのぼって見ると、フィリッピン東方を通り、北緯20°以南より来た気流は石垣島、宮古島、沖縄本島の近くを通過して定点に達するという。この考えで行くとこれらウンカはフィリッピンあたりから、南西諸島沿いに、直接日本列島中央部へ飛来するようにとれ、これには後にのべるように多少問題があるが、ウンカ類の長距離移動の可能性を強力に示す、画期的な発見であった。その後の調査では昭和43年(1968)7月6~7日にも、日中南西、10m/sec以上の風が吹き、夜になって風がおさまった後21時30分から22時30分の間に数100匹のウンカが飛来した。これ以降、南方定点のみならず東シナ海でもウンカ類の飛来を調査することとなり、九州農業試験場の虫害第3研究室が担当することとなり、現在まで続けられている。

陸上におけるウンカ類の飛来状況の調査

筆者は昭和41年7月、福岡県筑後市にある九州農業試験場へ転任し、ウンカ類の越冬、飛来について本格的な研究に取組む機会が与えられた。すでにのべたとおり、内地越冬説にはかずかずの疑問点があり、むしろこれらの諸報告は内地越冬の可能性を否定するものであると考えていた。ヒメトビウンカが4令幼虫で休眠越冬するのに対し、セジロウンカ、トビロウンカは卵、幼虫ともに休眠しないこと、成虫の産卵前期間に対する各種要因の作用を調査し、成虫休眠の可能性を考えてみたが、すべて否定的であった。

筆者が気になったもう一つの点は調査法があまりにも灯火誘殺に偏りすぎていることであった。もし少しでも長距離飛来の可能性を期待するならば、それに見合った方法を使うべきだと考え、最も簡単で、直接的な方法として、出来るだけ大型のネットを空中に上げておき、空中を飛んでいる昆虫を調査しようと考えた。最終的には第2図に示したとおり、直径1m、深さ1.7mの、テトロンゴースのネットを作り、地上20m位に上げることにした。ネットの底はいわゆる「もどり」の要領で、1度入った昆虫は風がおさまっても逃げ出せないように工夫した。このネットには目的とする2種のウンカの他に、ヒメトビウンカやその他のウンカ類、アブラムシ類、ハエ類、クモの幼生など非常に多数の小型昆虫が採集され、チョウやトンボとはちがって、その飛んでいる姿をわれわれが目で見ることが出来ない小型昆虫も実によく飛んでいることが分った。



第2図 水田地帯に設置されたネット，手前水田中にあるのは黄色水盤

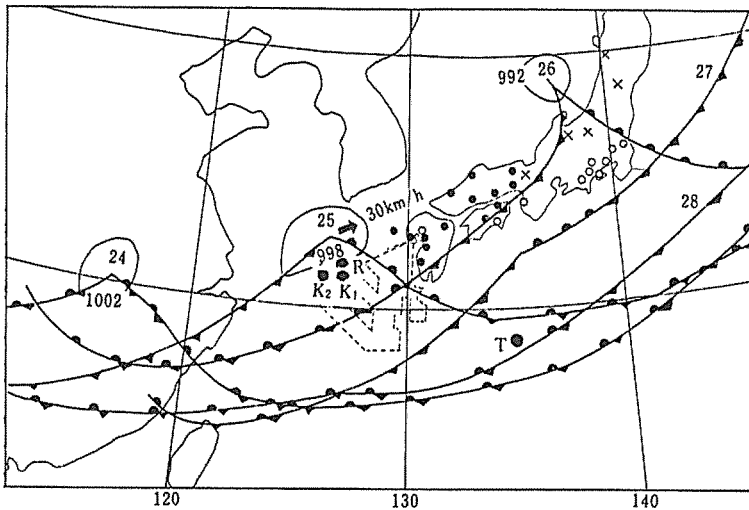
典型的な長距離多飛来の実例

筆者は昭和42年（1967）以来6年間，ネットによるウ

ンカ類の飛来状況を調査したが，そのうち最も典型的な多飛来の例は次のようなものであった。

1969年5月20日過ぎからヒメトビウンカが捕虫されるようになり6月20日頃まで続いた。セジロウンカがはじめて捕虫されたのは6月12, 13日で，6匹であった。当年の第1波である。第2波は6月25日から26日にかけて見られ，これが典型的な飛来となった。日本の南海上に東西にのびる梅雨前線が停滞していたが，24日3時頃，この前線上の華南に1001ミリバールの低気圧6月40号が発生し，速度50 km/hrで東進した。この低気圧は25日の3時ごろ済州島の南西に達し，これから南東にのびる温暖前線が9時頃，調査地点，筑後市の上空を通過し，前線の両側の暖気帯，つまり湿舌がやって来た。風はそれまで北ないし東の弱いものであったが，これ以後南西の強い風に変った。雨は強くなったり，弱くなったりして，まるで小さな暴風雨のようであった。気温は22°~23°Cまで上り，夜半までほとんど変らなかった。26日の3時ごろから風は弱まり，気温も20°Cまで下った。この頃，寒冷前線が南下し，北側の高圧帯に入ったものと考えられる（第3図）。

前日24日16時の調査ではネットにはセジロウンカ，トビロウンカは入らず，予察灯にも入らなかった。25日16時の調査でこれらウンカが入っていることが分った。強風雨で一部分つぶれたものもあったが，少し前から捕



第3図 1969年6月24日から28日にかけての毎日6時の低気圧と前線の位置，日本列島上の黒丸は25日の夜，予察灯で飛来が観察された地点，白丸は26日に，×印は飛来のみられなかった地点を示す。東シナ海上の破線は1969年の調査船の航跡，Tは南方定点，Rは凌風丸の定点（31°30'N, 127°E），K₁は啓風丸の定点（31°N, 127°E），K₂は同（31°N, 126°E）

虫されはじめたものと思われた。第1表に示したとおり、これから後18, 19, 20時と捕虫は続いた。18時から19時の間の1時間に、ネット1つでセジロウンカ約90匹、トビロウンカ約20匹も捕虫された。その後飛来は急に減ったが、翌日まで、南西風の下で1時間当たり2~3匹の割合で続いた(第1表)。

低気圧は26日6時、能登半島の北方にあり、60~70 km/hr の速度で北東進し、26日15時留萌沖に達し、低気圧の最盛期を迎えた。その後、衰弱しつつ北海道西岸を北北東進し、宗谷海峡を経てオホーツク海を北上した。

この25日夕方から夜にかけての捕虫状況を天気図と照らし合わせて考えると、低気圧の南側にある暖気帯のうち、寒冷前線よりの部分に多くのウンカ類がふくまれていたことが分った。日本各地で行われている予察灯の誘殺結果を見ると、天気図の上で26日6時までには寒冷前線が南下し、風のおさまった地点、能登半島から紀伊半島南部を斜めに結ぶ線より西側の九州各地、中国、四国の大部分では筑後市と同様6月25日に多飛来がみとめられ、これより東側では26日の夜もしくは27日の日の出前に誘殺されていることが分る。また関東北部や東北地方では誘殺されていない。さらに幸運にも、南方定点でもウンカ類の飛来調査が行われており(里見・板倉, 1970)、この同じ前線が停滞前線となって南方定点を南下したの

が27日12時過ぎで、この前後にメイガ類やゴミムシの飛来を観察しており、18時の調査でネットにセジロウンカ6匹、トビロウンカ3匹、ヒメトビウンカ1匹が得られた。6月22日定点での調査をはじめてから、これが最初の捕虫であった。同夜は船上の灯火にも飛来し、19~23時の間にセジロウンカ353匹、トビロウンカ81匹を採集し、また、誘殺灯3コ合計でセジロウンカ229匹、トビロウンカ48匹を得た。

このように6月25日から27日にかけて九州西部から関東地方、更に南方定点と、東西約1000 kmに及ぶ地域で、西から東へとウンカ類のわか雨が降ったことになる。筑後市におけるこの日の1日当りの捕虫数は、5月末から6月はじめに見られたヒメトビウンカの飛来期の1日当りの数よりも多い。ヒメトビウンカはその周辺の麦畑や雑草地から飛び立ったものと考えられ、幼虫はいくらでもその周辺で採集することが出来たが、セジロウンカ、トビロウンカの幼虫は採集出来なかった。

26日夕方水田内での飛来虫密度を調査した結果、平均して100株当たりセジロウンカではメス104匹、オス85匹、トビロウンカではメス50匹、オス24匹であった。この1つの飛来波で秋になれば全面的に坪枯れになることは明らかで、このような大飛来が1晩のうちに起ったのである。この時の空気中の密度を計算してみた結果は次のとおりであった。ネットに風が当たった場合、その抵抗が

第1表 1969年6月25日から26日にかけてのウンカ類の多飛来と気象条件

日時	気温(°C)	風向	風程 k/h	セジロウンカ				トビロウンカ			
				ネットNo.1 ♀	ネットNo.1 ♂	ネットNo.2 ♀	ネットNo.2 ♂	ネットNo.1 ♀	ネットNo.1 ♂	ネットNo.2 ♀	ネットNo.2 ♂
25 6	19.4	E	4.5								
8	19.9	N	4.8								
10	22.2	S	6.3	(調査なし)							
12	23.6	SW	27.1								
14	23.6	SW	31.0								
16	23.6	SW	24.5	10	12	20	22	8	5	12	11
18	23.5	SW	22.7	20	38	25	44	9	9	13	10
19	23.1	SW	25.9	33	53	39	54	13	11	7	11
20	22.4	SW	32.5	25	19	26	39	12	4	12	7
21	22.0	SW	31.8	0	1	1	0	0	0	0	0
26 1	21.2	SW	15.4	6	9	6	8	2	1	1	3
6	19.7	SW	7.3	2	2	4	3	0	2	0	0
8	21.9	SW	4.3	2	0	0	0	0	0	1	0
16	25.3	SW	24.0	3	3	4	0	6	3	7	4

風程は各時刻までの1時間の値、ウンカ類は各調査時に得られた値

あるため、有効直径は 84 cm になることが風洞実験の結果で分り、これをもとに平均風速からネットを通過した空気の量を推定した結果、6月25日の18~19時の間で、1000 m³、つまり1辺が10 mの立方体の中で、セジロウんカは6.50匹、トビイロウんカで1.68匹となった。この小さなウんカを10 m先まで見ることは難しいであろう。つまり、一見で見とおせるくらいの広さの中で、ウんカが数匹飛んでいるというのが、この時の多飛来の姿なのである。昆虫の多飛来といえばバッタの群飛やハアリの灯火への集団的飛来を想像する向きもあるかも知れないが、ウんカではこれが実態であることが分った。その後の調査でも、これ以上の高密度を測定したことはない。しかし、このような飛来が数100キロにわたって起るころにウんカの飛来の特長がある。

飛来の類型化

以上のべた典型的な多飛来での気象条件とウんカの飛来密度を参考として、1967~1972年の6年間の調査結果を類型化し、第2表に示した。飛来波の抽出にはネットによる捕虫数を重視し、これに予察灯や黄色水盤(レモ

ンイエローのペンキをぬった直径60 cm、深さ10 cmのブリキ製の水盤で、これに水を半分位入れ、展着剤を加えてイネの草冠部に設置しておく、ウんカなど小型昆虫が日の出、日没時に多数誘殺される)の結果も参考にした。飛来波はたいてい低気圧の通過に伴う南西風の連吹のあいだに起り、その前後には移動性高気圧が通過して飛来に切れ目をつくっていた。セジロウんカではネットに100匹以上、黄色水盤に200匹以上(メス、オス合計)の飛来があった場合多飛来とし、これ以下を小飛来とした。トビイロウんカでは元来飛来数は少ないので、ネットで10匹、水盤で50匹以上を多飛来とした。

上にあげた1969年6月25日の典型的多飛来の例のように、顕著低気圧が大陸中央部で発生し、日本列島沿いに東北進するものを標準型とした(第4図TYP)。12例が抽出され、セジロウんカの多飛来をもたらし、いずれもトビイロウんカの飛来を伴っている。そのうち7例はトビイロウんカの多飛来、5例は小飛来をもたらし。かなり強い、22~25°Cの温かい南西風が平均19時間連続して吹いた。このような気象条件は天気図を見ておれば容易に抽出出来るであろう。同じような気象条件が起っ

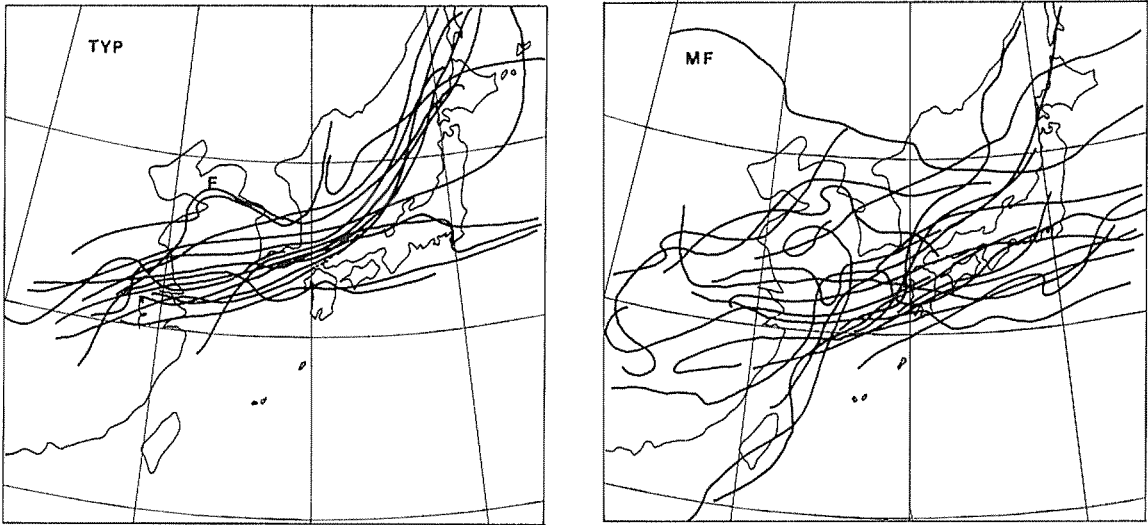
第2表 1967年から1972年までの6年間に得られた40飛来波の類型化とこれに関連する気象条件、とくに南西風の特長

型	一般的気象条件	飛来時のSSW~SW風の特長*			ウんカの飛来数による分類例数***				
		連吹時間	最高速度 km/h	最低気温** °C	セジロ ウんカ 多 小	トビイロ ウんカ 多 小 無			
標準型	顕著低気圧が大陸中央部で発生、日本列島沿いに東北進	9~46 (19.3)	18~40 (32.9)	22.0~25.4	12 0	7 5 0			
台風抑制型	低気圧の進路は標準型だが、南側に台風	8~39 (23.8)	14~35 (24.5)	23.3~24.5	0 2	0 2 0			
長時間連吹型	太平洋高気圧の周辺にあつてSW風連吹	81~105 (90.5)	27~32 (29.3)	24.0~26.0	1 3	1 3 0			
小飛来	1型 低気圧が日本列島南側を東進	7~23 (15.5)	12~33 (19.2)	15.8~24.6	0 11	0 3 8			
	2型 低気圧が朝鮮半島中・北部を通過	5~60 (29.6)	20~38 (27.0)	19.7~28.8	0 5	0 4 1			
	3型 低気圧台湾付近で発生、北北東進	4~19 (13.0)	10~20 (13.0)	19.4~21.5	0 3	0 1 2			
停滞前線型	目立った低気圧の通過なく、停滞前線帯にあり	50 (50.0)	10~33 (21.5)	22.0~24.9	0 3	0 2 1			

* 幅と平均、最高風速は各飛来波毎の3点移動平均値の最高値。

** 飛来波の見られた時のSSW~SW風の最低気温。

*** 各飛来波についてセジロウんカでは黄色水盤で200匹、ネットで100匹以上、トビイロウんカではそれぞれ50匹、10匹以上を多数飛来とした。



第4図 標準型(TYP)と小飛来型の飛来をもたらした低気圧のルート

でも南側に台風があるとウンカの飛来数は減った。次に低気圧のルートが標準型より南や北にそれたり、台湾の周辺で発生して北上する場合、セジロウンカの飛来をもたらす、トビロウンカを伴わない場合も見られた(第4図 MF)。とくに小飛来1型は飛来期の初期にしばしば見られる型で、南西風の吹く時間も短く、気温も低い。そして多くの場合トビロウンカを伴わず、前にのべた桑原(1956, 60)の解析したセジロウンカの初期飛来とよく合う。その他飛来期の末期に太平洋高気圧の西北部周辺にあって、温度のやや高い南西風が3~4日間連吹する場合にはセジロウンカ、トビロウンカ共に多〜小飛来が見られたが、長時間の累積飛来数なので、密度は高くない。また前線が停滞し、目立った低気圧の通過の見られない場合があるが、やはり地上もしくは上空には南西風があり、小飛来が見られた。

以上のように、梅雨中、末期に前線帯にあって、南西風がかなりの時間吹く場合、多少ともウンカ類の飛来をもたらすものと予想して間違いないといえる。

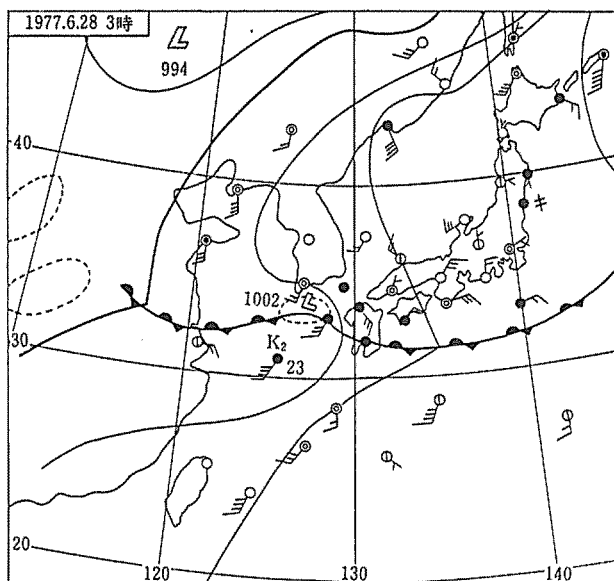
東シナ海海上における移動昆虫の調査

1967年の南方定点におけるウンカの大群の発見や陸上におけるネットによる調査の結果がきっかけとなって、東シナ海海上で実際に小型昆虫が移動しているかどうか調査することとなった。東シナ海における漁業資源を調査する水産庁の調査船陽光丸(213トン)、後には気象庁所属の気象観測船、凌風丸(1598トン)、啓風丸(1795トン)に便乗させて頂いた。調査方法は陸上と同じ大きさのネット(ただし材質はずっと丈夫なサラン網を使った)を主とし、これを3時間毎に降して捕虫数を調査した。補足的に灯火に集るもの、日中船上で見出されるものはなるべく多く採集することにした。

梅雨期の東シナ海の天気を大きく分け、その時の昆虫の飛来状況を示すと第3表のとおりである。そして、東シナ海中央部に前線が横わり、その南側にやゝ強い南西風が吹く時、ウンカ類をはじめ、移動性の小型昆虫が多数飛来することが分る。典型的な多数飛来時の天気図を第5図に示した。

第3表 梅雨中、末期における東シナ海の一般的气象条件と小型昆虫の移動

前線の位置	主な風向	気 温	天 気	小型昆虫の飛来情况
南 下	北より	18°~20℃以下	く も り	アブラムシ、ハエなどが小数
中 央	南 西	22°~26℃	きり、にわか雨	ウンカ、ガ類多数
北 上	東より	26°~28℃以上	快 晴	な し



第5図 東シナ海定点 K₂ (31°N, 126°E) においてウンカ等小型昆虫の多数飛来が見られた時の天気図

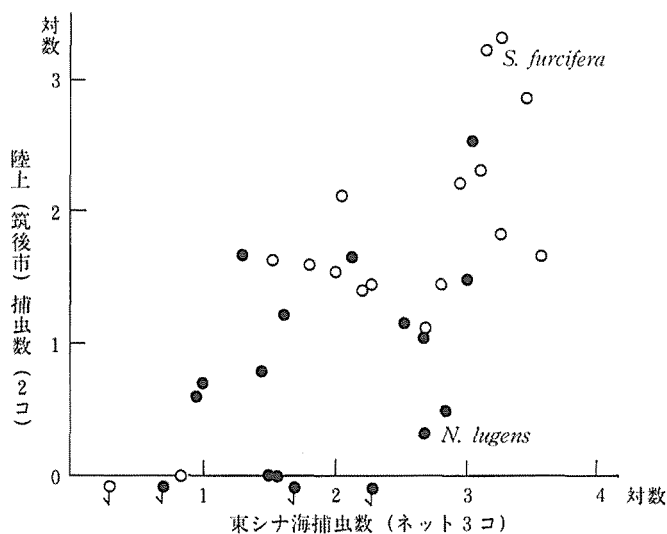
第4表 東シナ海海上調査における飛来の多かった年の結果

年次	1969	1977	1978	1979	1980
期 間	VII.9~18	VI.21~VII.9	VI.21~VII.8	VII.3~15	VI.21~VII.7
調査地点	中央部~東部	定点 (31°N, 126°E)			
セジロウカ	2,010	2,484	2,599	6,998	3,973
トビロウカ	650	1,560	1,763	1,427	282
ヒメトビウカ	96	734	367	1,025	841
ヒエウカ	61	149	40	347	272
その他ウカ	15	19	40	160	67
ツマグロヨコバイ	6	4	0	147	1
その他ヨコバイ	22	6	5	56	6
カタグロミドリメクラガメ	47	44	23	108	22
ムナグロキイロメクラガメ	25	16	3	5	29
その他メクラガメ	7	0	0	4	0
コブノメイガ	4	271	18	114	515
シロオビノメイガ	0	—	4	3	0
そ の 他	150	130	177	477	382
合 計	3,093	5,417	5,039	10,871	6,390
ヒメトビウカのイネ縞葉枯病保毒虫率	—	0/146	5/154	2/187	2/200

1969年は水産庁陽光丸, 1977~1980年は気象庁啓風丸に便乗。捕虫数はマストに上げた3コのネットの他, 灯火などに飛来したものを採集した合計, 保毒虫率は抗体感作赤血球凝集反応による。

東シナ海における調査のうちとくに飛来の多かった年の捕虫結果を第4表に示す。その特長的な点は次のとおりである。最も多いのがセジロウカ, ついでトビロウ

ウカであるが, 3番目に多いのがヒメトビウカであること。ウカ類にはこの他にヒエウカ *Sogatella panicicola* Ishihara, シロウズウカ *Metadelphax propinqua* Fieber



第6図 東シナ海と陸上(筑後市)における同一期間中の捕虫数の相関(1969~1980)。矢印のついた丸は捕虫数0を意味する。

が必ず含まれており、時にはニセトビイロウンカ、セジロウンカモドキ *Sogatella longifurcifera* Esaki et Ishihara も含まれている。そしてウンカ類だけで、全体の90%以上を占めている。ウンカ類の卵や幼虫を吸汁する捕食性カメムシ、カタグロミドリメクラガメ *Cyrtorrhinus lividipennis* Reuter、ムナグロキイロメクラガメ *Tythus chinensis* Stål が安定して含まれていること。コブノメイガ *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée もかなり多数捕虫され、とくに灯火によく誘引されること。これに対し、意外なことにはツマグロヨコバイ、その他のヨコバイ類が非常に少く、しかも少数捕虫されたものでも殆んどメスばかりであった。更に捕虫されたヒメトビウンカのイネ縞葉枯病感染能力の有無を赤血球凝集反応で調べたところ、低率ながら保毒虫が含まれていることが分かった。ヒメトビウンカは熱帯地方の山間、高冷地には少数分布しているが、セジロウンカ、トビイロウンカと比較できる程発生するのは、温帯~亜熱帯と考えられ、またイネ縞葉枯病も今のところ熱帯には分布していない。ムナグロキイロメクラガメも筆者の経験ではフィリピン、タイなどでは殆んど発見出来ない。また少数捕虫されたツマグロヨコバイも温帯に分布するもので、熱帯~亜熱帯に広く分布するタイワンツマグロヨコバイやクロスジツマグロヨコバイは含まれていない。これらの事実は、東シナ海でこの時期に捕虫される小型昆虫は熱帯から直接飛来するものではなく、温帯~亜熱帯産で

あることを強く示唆している。

東シナ海上と陸上(福岡県筑後市)との捕虫数の相関を示したのが第6図である。陸上で飛来数の多かった年は東シナ海でも多かったが、その逆は必ずしもあてはまらない。東シナ海でかなり捕虫された場合でも陸地へは殆んど到達しない年があり、とくにトビイロウンカでその例が多い。これは東シナ海中央部までウンカ類を運んで来た気団がそこで停滞してしまったものと考えられる。東シナ海までは割合容易に運ばれて来るが、それから更に東北方向へ運ばれるためには、前記のべたような低気圧の東北進という、もう一段の気象条件の存在が必要なのである。

東アジアにおけるウンカ類の長距離移動説

日本列島および東シナ海、南方定点での調査の結果はセジロウンカ、トビイロウンカ、その他多数の小型昆虫が梅雨期の南西風によってごく普通に長距離移動をしていることを示しており、これが少くとも日本本土におけるセジロウンカ、トビイロウンカのその年の発生源であることはも早疑う余地のないものと考えられる。しかし、その飛来源については、中国大陸中南部である可能性が最も高いというだけで、確証はない。中国大陸の冬は厳しく、イネが周年栽培される所は殆んどない。これらウンカが周年発生する所はどの辺までであろうか。

1972年1月~4月の間、台湾、香港、フィリピン各

地の冬の状態、イネの栽培とウンカ類の生息状態を調査した。

台湾中、北部の冬はシベリア高気圧の影響で気温もかなり低く、本田にはイネは見られない。2番生や初期苗代にもセジロウンカ、トビロウンカを見つけ出すのは難しい。南部ではやっと周年栽培に近い形が見られる。そしてごく少数のセジロウンカ、トビロウンカが見られる。周年発生の北限はこの辺かも分らない。日本内地では越冬が確認されていないセジロウンカモドキやヒエウンカもそれぞれメヒシバ、ヒエが生育している場所ではごく普通に冬越ししている。つまり、餌さえあれば休眠性のないウンカ類も台湾では周年発生が可能であるといえる。しかし、この越冬個体が発生源のすべてであるかどうかは分らない。台湾では一期作では発生は殆んどなく、7～8月に始まる二期作の後期、10月頃に発生密度が高くなるのが普通であったが、1966年、1969年には一期作にも被害が出たという。

香港の冬は、シベリア高気圧の影響が強く、乾燥がきびしい。そしてウンカ類全体として越冬条件はきびしいと思われた。香港では春の初め、南から暖かい風が吹き込むと、霧や霧雨が起る。この時期は年によって変動するが、1972年には4月6～8日に降雨があり、気温も上り、赤道前線が北上したと思われる。幸運にもこのすぐ後、4月12日～14日の間、ふたたび香港各地を調査し、苗代の中で多数のセジロウンカ、それに少数のトビロウンカ、ヒメトビウンカの若々しい成虫ばかりを見出すことが出来た。規模は分らないが、明らかに前線の北上に伴うウンカ類の飛来があったものと考えられた。

フィリピン各地では勿論稲作さえあればいずれの場所でもセジロウンカ、トビロウンカを見出すことが出来た。

これらを総合して、休眠性のないセジロウンカ、トビロウンカの周年発生にはイネの存在が不可欠で、その北限は台湾の中、南部あたりであろう。しかし、大発生の原因となる程度の高密度の越冬が台湾南部で毎年行われているかどうかは今後の研究課題である。筆者の現在までの推測では実質的な周年発生は熱帯であり、これから出発して夏の北上、つまり赤道前線の北上に伴って、亜熱帯～温帯南部へ分散し、第1期作のイネの上で増殖する。1～2世代後、太平洋高気圧の北上、つまり梅雨前線の北上につれて、その上を東北進する低気圧に引っぱられて東北進する気団によって日本列島へ、にわか雨

のような形で西から東へ分散するものと考えられる。

最近中国大陸でもトビロウンカの発生の頻発にかんがみ、その長距離移動の大規模な研究を行って、その成果を発表しつつある(程ほか、1979)。それによるとトビロウンカの周年発生は1月の平均気温が12°C以上の地帯、いいかえれば北緯19°以南に限られるとし、北回帰線付近までは暖冬の年には一部越冬が可能としている。この北緯19°以南を起点とし、春から夏にかけて5段階の北上飛行を行って、北緯33°～35°まで分散するという。これは筆者の仮説とよく適合しており、その第2段ないし第3段の北進移動の方向が東にかたよった場合、日本列島への移動となるであろう。東シナ海で捕虫された小型昆虫群にいくつかの特長があることをすでにのべたが、この点についても今後共力して解明したいと希望している。

最後に、ウンカ類の長距離移動説について、何故熱帯アジアで流行しているイネのウイルス病、グラッシースタント病、ラギットスタント病、(いずれもトビロウンカによって媒介される)が日本で発生しないかという疑問が出されていたが、1978年にグラッシースタント病が、続いて1979年にラギットスタント病が九州で発見された。これらのウイルス病が日本に定着する可能性はないと考えられているが、飛来虫数のいかにによっては今後重要な問題になるかも知れない。

おわりに

以上長い間ナゾとされて来たセジロウンカ、トビロウンカのわが国での発生源が海外からの長距離移動虫であること、この長距離移動は梅雨中、末期特有の気象条件によって、気流によって運ばれること、同時にいままでも不明であったコブノメイガも長距離移動する可能性が高いこと、その他の小型昆虫も多数長距離移動することが分った。筆者の仮説と中国大陸における研究によってこの長距離移動は東アジア全体にまたがる現象である可能性が高く、今後の熱帯アジアにおける移動性の研究が待たれる。

思うにこのような長年のナゾとされる問題の解決には多くの人々の努力の積み重ねが必要であり、また色々な偶然の発見が重要な役割を果たすが、これらの多くの情報の中でいずれが正解への出口に連っているか、いずれが迷路であるかを判断する冷静な思考を必要とする。一見迂遠なように思われても自然を出発点とし、これに少し

ずつ人為的処理を加えつつ、自然の反応をたしかめて行く、伝統的な手法が結局は正解への道であることを示していると考えられる。

引用文献

- 程週年ほか (1979) 昆虫学報 22: 1-21.
 岸本良一 (1975) ウンカ海を渡る, 中央公論社, 1-233.
 岸本良一 (1981) ウンカ類の長距離移動, 応用昆虫学総説 (野村編) 養賢堂 90-101.
 岸本良一 (1982) ウンカ類の長距離移動, 農学進歩年報 29: 17-24.
 桑原正芳 (1950) 東海近畿農業研究 1・2: 58-59.
 桑原正芳 (1956) 農林省病虫害発生予察資料56号: 46-53.
 村田藤七 (1927) 病虫害雑誌 14: 268-271.
 村田藤七・平野伊一 (1929) 病虫害雑誌 16: 597-611.
 村田藤七・平野伊一 (1932) 病虫害雑誌 19: 497-503.
 三宅利雄 (1961) 日本応用動物昆虫学会誌 5: 174-179.
 持田作・岡田忠虎 (1971) 九州農業試験場報告 15: 737-843.
 農林省農政局植物防疫課 (1965) 病虫害発生予察特別報告20号: 1-313.
 農林省農政局植物防疫課 (1968) 病虫害発生予察特別報告22号: 1-337.
 奥村隆史 (1963) 日本応用動物昆虫学会誌 7: 285-290.
 里見紳生・板倉博 (1970) 日本応用動物昆虫学会大会講演
 杉本達美 (1967) 日本応用動物昆虫学会誌 11: 76-78.
 鶴岡保明 (1968) 船と気象 108: 1-7.

Summary

Since Murata (1927) failed to find overwintering populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål and the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* Horváth during a three year survey in 1920-23, several entomologists have suggested that the two planthoppers may immigrate from far-distant sources. However, most workers have insisted that the insects overwinter on weeds in unknown habitats, although none had been found. In 1967, Tsuruoka made an important observation on the weather ship 'Ojika' at the ocean weather station 'Tango' 29°N and 135°E, about 500 km south of mainland Japan where a mass of planthoppers were seen flying into lights or flying in daylight around the ship (Tsuruoka, 1967).

Flying planthoppers have been surveyed in 1967-72 at Chikugo, Fukuoka, throughout the immigration period and meteorological factors, particularly those accompanied with the passage of depressions along the frontal zone in the rainy season, in the temperate Far East called Bai-u, were analysed and categorized. The mass immigrations were induced by the passage of depressions which emerged in the central part of the Chinese continent between 25°N and 35°N and proceeded eastwards between the observation point and about 600 km north. Warm and humid south west winds blew, on average, for 19.3 h at an average wind speed of 32.9 km/h. When the route digressed a little north or south, minor immigrations, with only *S. furcifera* in half the cases, occurred. Minor immigration types were categorized into a long-lasting type which appeared in the final stage of the rainy season, a mass immigration type modified by a location of a typhoon in the south, and a minor type near the frontal line occurring without the passage of recognizable depressions.

Since 1969 intensive surveys have been carried out on a cruising Fishery Investigation Ship or Weather Ship at a station located at 31°N and 126°E or 127°E on the East China Sea over which migrants are supposed to travel during late June to early July, the later period of the rainy season. In most cases, routine surveys were made in catching flying insects by 3 tow nets, 1 m in diameter and 1.7 m deep set on the main mast, in addition to light traps and sweeping with insect net.

A large number of small insect species were included in the catches among which the planthoppers predominated in this season accounting for more than 90% of the total numbers in the catches. Among the planthoppers, *S. furcifera* accounted for 50 to 70% of the total, *N. lugens* for 50 to 30%, and *Laodelphax striatellus* Fallén for 10 to 15%. *Sogatella panicicola* Ishihara, *Metadelphax propinqua* Fieber were consistently observed, while *Nilaparvata mui* China and *Sogatella longifurcifera* Esaki et Ishihara were sporadically observed.

The author issued an hypothesis of long-distance migration of the two species of planthoppers covering East and South-East Asia. Year round breeding of the two species is only possible in the tropics and there would be some possibility of northwards migration as the first step to the Chinese continent through the tropical frontal system prevailing from March to April.