

日本応用動物昆虫学会誌 (応動昆)
第 17 卷 第 1 号: 10~18 (1973)

宙吊り飛しょう法によるウンカ類飛しょうの実験的研究¹

第 1 報 トビイロウンカの飛しょうの特徴および
それらに与える物理的環境条件の影響

大 久 保 宣 雄²

京都大学農学部

(1972年10月13日受領)

Experimental Studies on the Flight of Planthoppers by the Tethered Flight Technique. I Characteristics of Flight of the Brown Planthopper *Nilaparvata lugens* STÅL and Effects of Some Physical Factors. Nobuo OHKUBO (Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Sakyo-Ku, Kyoto) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **17**: 10~18 (1973)

To elucidate the characters of flight and the effect of physical factors on them, adults of the brown planthopper were tethered for flight by attaching a fine glass pin to the dorsum of the thorax coloured with a water-colour paint. The flight can be classified from the viewpoint of its duration to the following 3 types: (1) continuous flight for several hr, (2) repeated flight of short period and (3) no flight. Most individuals belonged to the 1st type, suggesting that this planthopper had the ability of long-range migration. Live-weight of body decreased greatly during several hours from the beginning of flight and then the rate of decrease diminished. Rearing temperature in teneral period affected its duration. The higher the temperature, the shorter was the duration of the teneral period. Its duration in the female was about a day at 27.5°C and several hours shorter in the male. Threshold temperature for flight was about 16.5°C in average. Above this threshold, there was little variation in the duration of flight. The stronger the wind velocity, the shorter was the flight duration. Flight was stopped at over about 5.5 m/sec of wind. The higher the relative humidity, the longer was the flight duration. Particularly at 85% RH, many individuals flew for more than 10 hr. Average flight duration under the conditions of 27.5°C, 60% RH and the wind velocity of 3 m/sec, was about 4 hr, although individual variation was great. It is probable that such variations resulted from internal factors such as the quantity of energy source for flight, rather than from external structural differences. These results suggest that this species can migrate long distance during the rainy season in Japan, Tsuyu, when the temperature is relatively low and the humidity is high.

はじめに

トビイロウンカはイネの害虫として古くから知られているが、越冬の実態はあまり明らかにされなかった。その中で三宅・藤原(1962)、奥村(1963)らは卵休眠、日本本土越冬の可能性を追求したが、最近になって本土以外の発生地からの長距離移動を裏づける事実が次々に明らかにされつつある(例えば、鶴岡, 1968; 岸本, 1971ら)。しかしそれらの事実も、日本から離れた海上などでウンカが採集されたにとどまり、実際長時間の飛しょうに耐えられるような飛しょう行動や、生理的条件を備えてい

るかは不明である。このような問題を解決するためには、移動の事実を把握することとは別に、飛しょう能力や、どのような体内物質をエネルギー源として長時間飛しょうするかなどの実験的裏づけが必要である。しかし今日までウンカの飛しょう実験のための有効な方法は開発されていない。このため操作が簡単な宙吊り飛しょう法(tethered flight)をウンカに適用し、その特徴、およびどのような物理的環境条件が長時間飛しょうさせるのに適当であるかを検討した。

ところでこの宙吊り飛しょう法は KENNEDY and BOOTH (1963) が考察した free flight 法(通常飛しょう法

1 京都大学農学部昆虫学研究室業績 441 号

2 現在 長崎県果樹試験場

といえる)とは対照的に胸部の一部を固定させたままで飛しょうさせるものである。この方法は大型昆虫, 例えばバッタ類, ガ類などを飛しょうさせるために古くから使用され, 主に飛しょう筋肉の運動の神経生理学的分析や飛しょう能力を求めたりする目的で適用された(バッタ類では WILSON, 1961 年, ガ類では TREAT and ROEDER, 1959 年)。一方小型昆虫では WILLIAMS *et al.* (1943), WIGGLESWORTH (1949) が *Drosophila* に適用した。また JOHNSON (1958), COCKBAIN (1961 a, b, c) はアブラムシ類に適用した。とくに後者はこの方法による飛しょう自体の問題として, *Aphis fabae* における飛しょうエネルギー源となるグリコーゲンや脂肪の消耗の仕方, および飛しょうがその後の生理面に与える影響など詳しく分析した。

この方法は大別して, 飛しょうの生理的解明と飛しょう能力の測定のため適用されているが, トビイロウンカにおいては自然状態における通常の飛しょうとの関連性が明らかでないため, ある程度を目やすとなる飛しょう能力, 成虫初期の生理的性質, およびそれらに与える気温, 相対湿度, 風速などの物理的環境条件の作用を明らかにすることに限定した。

なおこの実験方法を直接伝えて下さり, その後の研究にも便宜をはかって下さった農林省九州農業試験場環境部の岸本良一博士, この研究に多大の教示, 助言を与えて下さった京都大学農学部の内田俊郎教授, 高橋史樹助教授ほか昆虫学研究室の皆様へ感謝致します。

材料および方法

1. 供試虫

実験に用いたトビイロウンカは 1969 年 9 月, 福岡県筑後市にある農林省九州農業試験場の圃場から採集した長翅型雌雄を母体に 27.5°C の恒温室内でイネの芽出し苗を与えて, 経代飼育した子孫であった。その幼虫期の飼育方法は直径 6 cm, 高さ 13 cm のガラス瓶にイネ苗を作り, 密度は 1 瓶あたり 1,000 頭位であった。この場合の成虫の長翅率は雌, 雄ともに 90% 以上であった。

2. 飛しょう方法

この研究に用いた宙吊り飛しょう法は JOHNSON (1958) および COCKBAIN (1961 a) の方法とあまりかわらない。まず直径 3 mm 程度のガラス管の先を細く伸ばし, 先端から 3 cm の所で直角に曲げ, その先端に白色絵具(サクラ絵具株式会社製の不透明水彩絵具)を少しつけ, それにウンカの前胸部背板を接着し, 1 分間程度そのままの状態において絵具を乾燥させる。その後ガラス管を軽

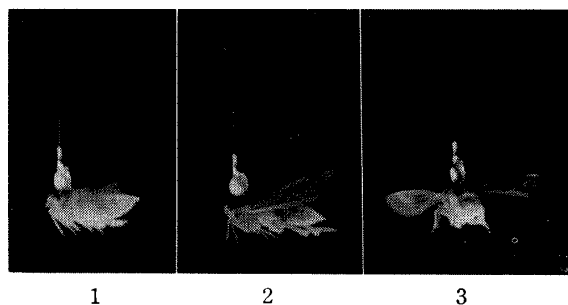
くたたくと, ウンカはその先に固定されたままで翅を動かして飛しょうする。第 1 図に飛んでいる場合と休んでいる場合, および飛しょうできなくなった状態の姿勢を示した。JOHNSON (1958) らはガラス管に接着する前にアブラムシの成虫を炭酸ガス麻酔しているが, 筆者は行なわなかった。なおウンカをガラス管から離す場合は少し強くガラス管の中程をたたくと絵具はすべてガラス管に残って, きれいに離れる。

また風速を一定に保つため, およびガラス管の固定のために第 2 図に示した飛しょう箱を使用した。左側の扇風器は三菱電機株式会社製の室内空気循環用シロッコファンであって, 風は図左から右側に向って流れる。右側の風の出口は開いたままであった。この装置を気温, 相対湿度ともほぼ一定に保たれた恒温室内に設置し, 図のようにガラス管を固定させて飛しょうさせた。図には 1 個体を代表させて示したが, 実験では 1 回 10~15 個体を同時に飛しょうさせた。

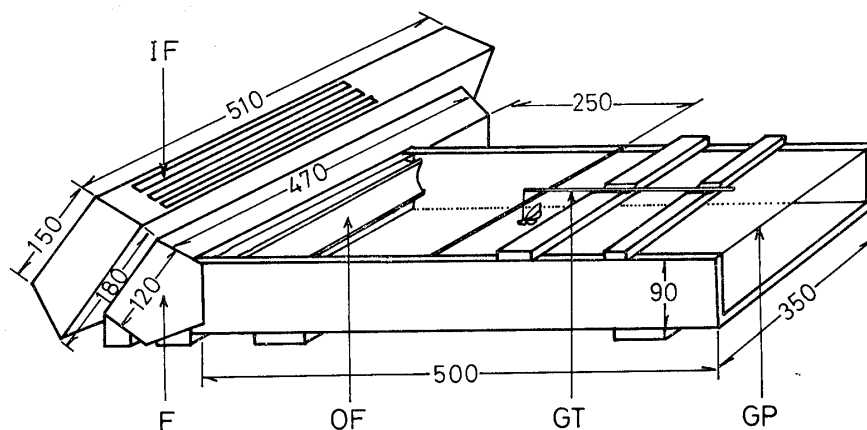
飛しょう時間の長さは飛び始めてから, 5 時間経過するまではすべての個体について, 飛んでいるかどうかをつききりで直接観察して, 実際飛んでいた時間の合計値とした。5 時間経過以降は 15 分間隔で観察し, 飛んでいない個体についてはそれが観察された時点までの飛しょう時間の合計値とした。また飛べなくなった個体も念のため, 死ぬまではガラス管に固定したままにしておいた。生死の判別は飛ばなくなった個体だけを 15 分間隔に装置外にとり出して, ガラス管を軽くたたいたり, 息を吹きかけたりして脚や翅を動かすかどうかで行なった。

飛しょう時の気象条件は 27.5±0.5°C, 60±5% RH, 3.0±0.2m/秒の風速を標準とし, これと異なる場合はそれぞれの結果の所で示す。

ウンカの生体重量は個体別に島津製作所製の直示微量天秤 LM 型で, また風速は大成電子工業株式会社製の熱線風速計を用いて測定した。



第 1 図 宙吊り飛しょう法による飛しょう姿勢。
1. 飛しょう中, 2. 休息中, 3. 飛しょうできなくなった直後。



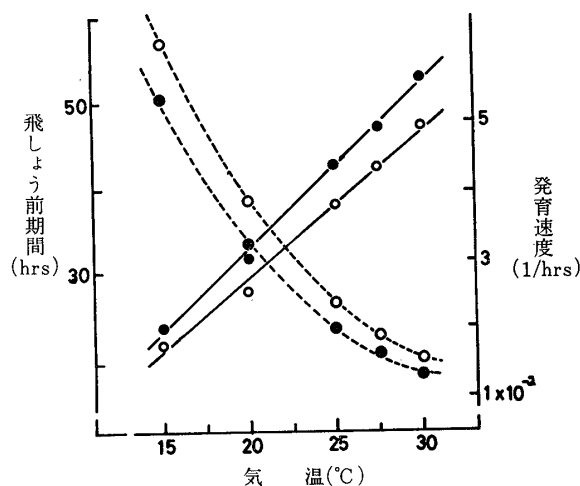
第2図 飛しよう箱。IF：ファン入口，F：ファン本体，OF：ファン出口，GT：ガラス管，GP：ガラス板（単位はmm）。

結 果

1. 飛しよう前期間

トビイロウンカの成虫は羽化後すぐには飛ぶことはできない。羽化後から飛べるようになるまでの期間は飛しよう前期間 (teneral period) で翅の伸展, 硬化, 体色の褐色化, 飛しようのための生理的準備などが行なわれる。この期間は TAYLOR (1957) らの *Aphis fabae* の研究においても明らかなように, 主に気温によってその長さが決まることから, 各気温における飛しよう前期間の長さを比較した。気温の区分は 15, 20, 25, 27.5, 30°C の5段階とし, 羽化後からそれらの条件下におき, イネ苗を与え, 2時間ごとに 25°C の部屋に移して宙吊り飛しようさせた。くり返しは雌雄ともに各気温 25~30 個体であって, 羽化後始めて5秒以上飛しようできるまでの時間をその個体の飛しよう前期間とした。

第3図に各気温における飛しよう前期間の長さ, およびその逆数値 (発育速度) 両者の平均値を示した。この結果から, 27.5°C における飛しよう前期間は雌約 23 時間, 雄約 21.5 時間であり, また気温が低い程その期間が長くなるのがわかる。本種の幼虫期間の適温は約 27.5°C であって, それ以上の気温ではその期間の長さは逆に伸びるが, 飛しよう前期間に関するかぎり, 15~30°C の間に適温がない結果となった。さらに気温と飛しよう前期間の逆数値の間の回帰直線は図に示したとおりであって, その横軸との交点 (発育期間の考え方からすれば, 発育零点) は雌 7.1°C, 雄 6.7°C であった。岸本 (1965) によれば, 幼虫期間の発育零点は雌雄ともに約 9°C であるから, その値よりも少し低いことになるが, 25°C 以下の気温における飛しよう前期間は2時



第3図 各気温における飛しよう前期間とその逆数値。○—雌, ●—雄, 破線—飛しよう前期間, 実線—逆数値。

間ごとに 25°C に移して飛ばすという実験方法から, 実際はもう少し長くなるのが予想され, したがってその逆数値も小さくなり, 零点は少し高い値になると考えられるので, 両者の値はほぼ近い値になると思われる。

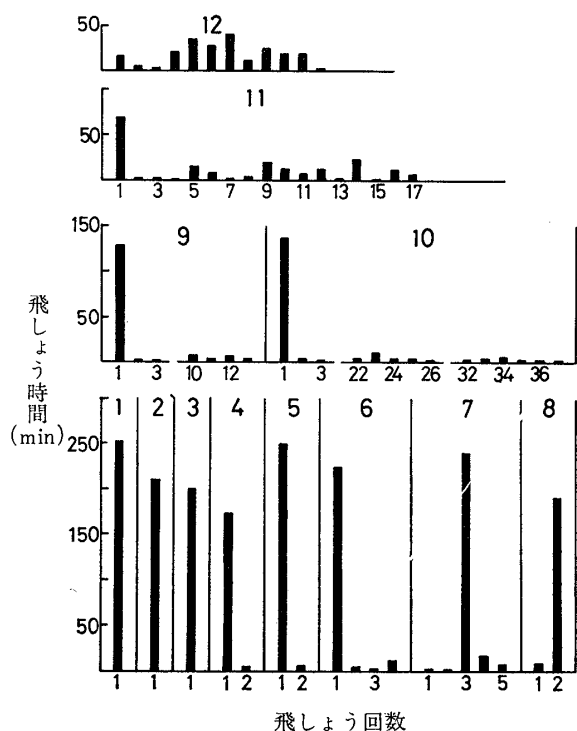
この結果から本種の飛しよう前期間は標準条件とした 27.5°C で雌は約 1 日, 雄は雌より数時間短いことがわかったが, その期間経過後すぐに長時間飛しようしないので, さらに 1 日間イネ苗を与え, 27.5°C の条件下において, 日令 2 日の成虫を標準として実験に使った。

2. 宙吊り飛しようの特徴

飛しよう継続時間と飛しよう回数

トビイロウンカを宙吊り飛しようさせると飛しようの仕方は個体によって少し異なるが, 大きく分けると第4図に示したように三つの型が観察された。横軸に継続飛し

よう（飛び始めからやめるまでの1回の飛しょう）の始めから飛べなくなるまでの回数を取り、縦軸にその回の飛しょう時間を個体別にとった。くり返しは雌 15 個体であった。



第4図 始めからの飛しょう回数とその飛しょう時間。

第1型 長時間継続飛しょう型

これは1回の長時間継続飛しょうと0回以上の短時間飛しょうを含む個体で第4図の1~10の個体がこれにあたる。このうち1~3は短時間飛しょうのない個体、4~8は短時間飛しょうが長時間飛しょうの前後、あるいはどちらかにある個体、9~10は長時間飛しょうが1~8にくらべて少し短い、短時間飛しょうの回数が多い個体であった。9~10を除いて、1~8の個体の飛しょう時間（死ぬまでに実際飛んでいた時間の合計で、第4図における個体あたりの全飛しょう時間にあたる）は1回の長時間飛しょうの長さにほぼ等しい。

第2型 中程度の飛しょうを繰り返す型

第4図の11~12に示したように、長時間継続飛しょうは第1型とくらべて短い、飛べなくなるまでに中程度の時間の飛しょうを何回か行ない、飛しょう時間は第1型とあまり変わらない型である。

第3型 飛ばない型

翅には外見上の欠陥がないと見られたので原因不明であったが、数秒の短時間飛しょうを数回行なうだけか、

あるいは全然飛ばないで翅も揚げない個体がこの型に入り、3個体にみられたが、図からは省いた。この原因として第1に内的要因、第2に外見上区別できない翅など体の一部に欠陥がある、第3にガラス管との接着の不備が考えられるが第3の原因については、数回接着しなおしても結果は同じであった。

このように飛しょうの仕方には三つの型がみられたが、大部分は第1, 2の型であって、飛しょう時間やその他の分析には第3の型の個体は含めないことにした。

なお、第1と2の型においては、飛べなくなる少し前から、第1図3に示したような翅を上げた姿勢をとった。飛ばなくなってもすぐには死亡しないので、この姿勢によって長時間空中に漂うことが可能になる。

飛しょうによる生体重量の減少

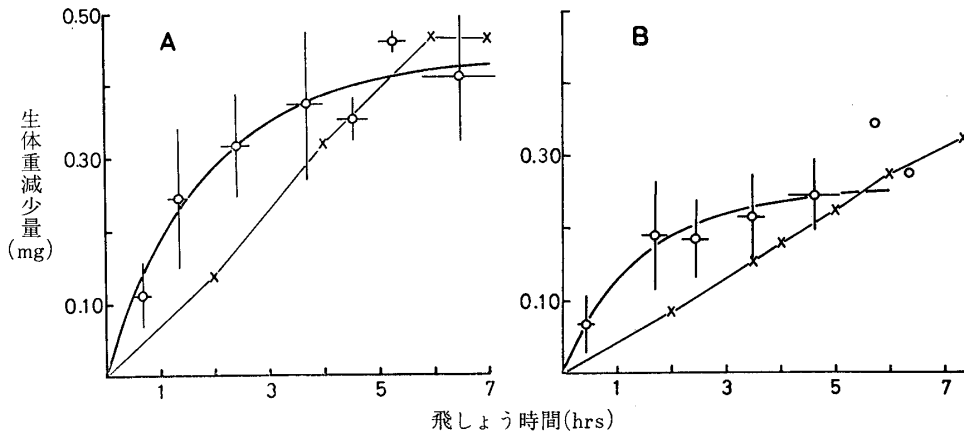
宙吊り飛しょうさせた個体の生体重量の飛しょうによる減少を調べて、飛しょうさせない個体の生体重量減少と比較した。飛しょうさせた方のくり返しは雌 37 個体であった。各個体の始めの生体重量から飛しょうを終った時点の生体重量の差を減少量として、飛しょう時間との関係を第5図Aに示したが、図には飛しょう時間を1時間ごとに区切って、その間の飛しょう時間と体重減少量の平均値と標準偏差を示した。飛しょうさせない方のくり返しは 20 個体で2時間ごとに生体重量の減少量を測定し、同図に平均値だけ示した。

この図から明らかなように、飛しょうさせない場合の体重減少量は直線的に増加するのに対して、飛しょうによる体重減少量は始めの2~3時間が大きく、それ以後はあまり増加しない傾向を示した。両者の差も2~3時間の間が最も大きく、それ以後はあまり違わなくなった。この時の雌の飛しょう前の平均体重は 2.259 ± 0.165 mg であったから、5~6時間後の飛しょうと体内水分の蒸発による体重減少量は始めの生体重量にたいして、20%程度であった。

雄も同様の傾向であったが、第5図Bにその結果を示した。ただし雄については飛しょうさせた場合のくり返しは 25 個体、飛ばさなかった場合は 20 個体であった。また飛しょう前の平均体重は 1.245 ± 0.115 mg であって、5~6時間後の減少量は約 0.25 mg であるから、始めの生体重量にたいして 20%程度減少していることになり、雌と同様の結果であった。

3. 宙吊り飛しょうに与える物理的環境条件の影響

飛しょう時間に影響を与える物理的環境条件のうち気温、風速、相対湿度の働きを調べた。なお気温の影響の中で宙吊り飛しょうの温度閾値を、相対湿度の影響の中



第5図 飛しよう時間と生体重量減少量の関係。A—雌, B—雄,
○—飛しようさせた場合, ×—飛しようさせない場合。

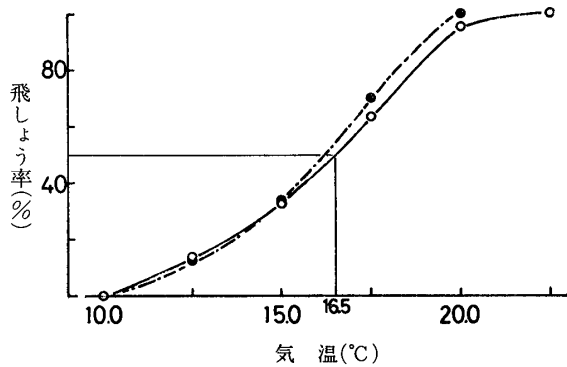
で絶食寿命をそれぞれ求めた。

気温

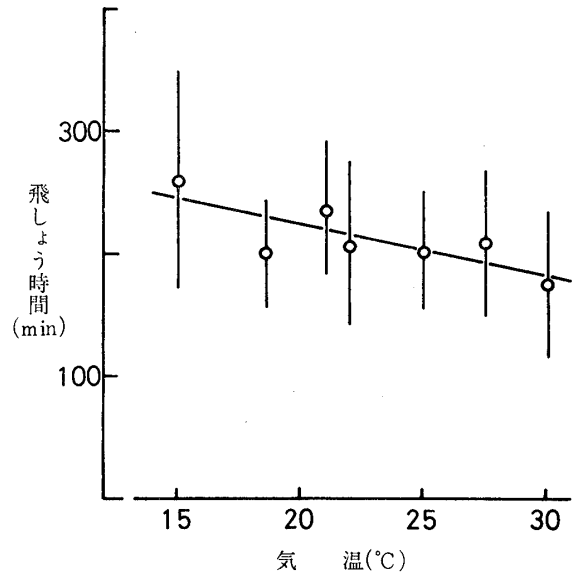
宙吊り飛しようの温度閾値として、飛しよう可能個体(気温 25°C において飛んだ個体)のうち、各気温で実際飛しようした個体の割合の百分率を飛しよう率として求め、50%の気温とした。くり返しは雌雄ともに各気温で 25~30 個体であった。

その結果を第6図に示した。約 10°C から飛ぶ個体があらわれ、20°C まで飛しよう率は増加した。この関係から宙吊り飛しようの温度閾値(個体の平均値)を求めると雌雄ともにほぼ 16.5°C であった。

一方 15~30°C までの各気温における飛しよう時間の平均値とその標準偏差を第7図に示した。くり返しは各気温で雌 25~30 個体であった。どの気温条件においても個体差が大きく、差があるとはいえないが、高温になるにしたがって飛しよう時間は多少短くなる傾向を示した。なお 15~20°C の間の気温では飛ばない個体があったが、それらは第7図から除外してある。



第6図 各気温における飛しよう率。
○—雌, ●—雄。



第7図 各気温における飛しよう時間。

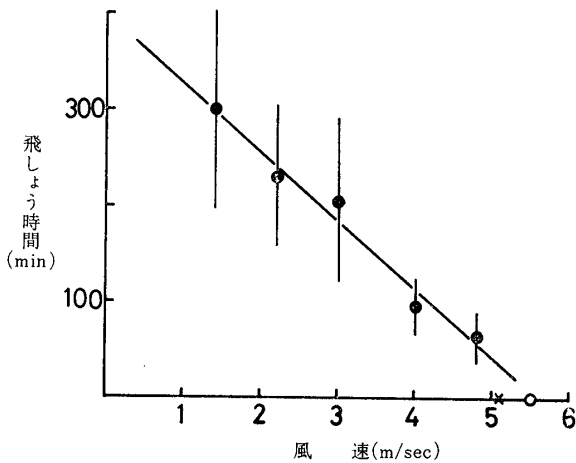
風速

はじめは 3m/秒程度の風速下で飛しようさせ、始めの数分以内に目的とする風速として、飛び続けた個体について飛しよう時間を求め、各風速単位で平均し、風速と飛しよう時間の関係を求めた。くり返しは各区とも 25~30 個体であった。

結果を第8図に示し、各点には標準偏差をつけ加えた。個体差の大きなことは第7図の結果と同様であったが、風速が増すにしたがって飛しよう時間は短くなる傾向であった。

この関係の回帰直線は、図に示したとおりであって、これから単純に飛べなくなる風速(飛しよう時間が0の点)を求めると約 5.6m/秒であった。

これとは別に 3m/秒の風速から強さを増して行って、



第8図 各風速下における飛しょう時間。
(○および×印本文中説明)

飛べなくなった風速を 15 個体について求めた平均値は 5.5 ± 0.1 m/秒であった (第8図の横軸上の○印)。逆に 6m/秒の風速から弱くして行って、飛べるようになる風速を 15 個体について求めた平均値は 5.1 ± 0.1 m/秒であった (第8図の横軸上の×印)。これらの二つの値はどちらも第8図の直線回帰式から求めた値に近かった。

さらにこの第8図の関係から無風状態における飛しょう時間を求めると約 400 分であった。27.5°C, 60%RH の条件において、理論的には 6.5 時間程度の飛しょうが可能であることになる。しかし実際は無風状態では長時間飛しょうさせることは困難な場合が多く、この数値についての検討はできなかった。

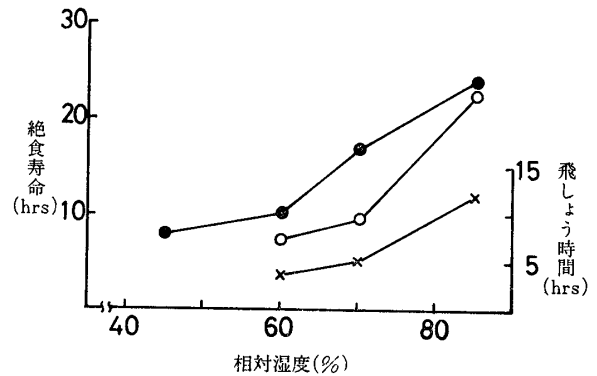
相対湿度

標準条件とした $60 \pm 5\%$ RH のほかに 70 ± 5 , $85 \pm 5\%$ RH 条件における飛しょう時間を比較するとともに、各湿度区における絶食寿命を飛しょうさせた場合とさせなかった場合について求めて比較した。くり返しは各区ともに雌 25~30 個体であった。

その結果を第9図に平均値であらわした。この図から相対湿度が高い条件下ほど、飛しょう時間が長くなることがわかる。とくに 85%RH では 10 時間以上飛んだ個体が多くなり、最高 23 時間を記録した。飛しょう時間の個体差が大きいことから、各湿度区間で有意な差があるとはいえないが、相対湿度が高い程長時間飛ぶ個体が増加することは確かである。また飛しょう時間はどの湿度区においても絶食寿命の 1/2 程度であることも明らかである。絶食寿命は飛しょうさせない場合の方が飛しょうさせた場合よりも少し長いことも注目に値する。

4. 飛しょう時間の個体変異

第7, 8 図に示したように宙吊り飛しょうさせた場合



第9図 各相対湿度における飛しょう時間および絶食寿命。
×—飛しょう時間, ○—飛しょうさせた場合の絶食寿命, ●—飛しょうさせない場合の絶食寿命。

の飛しょう時間の個体差は非常に大きかった。その原因としては個体の体の構造上の相違と内的な機能の相違が考えられる。この点を判定するために、飛しょう時間と最も関係があると考えられる前翅の長さ、および生体重量を測定し、それらの値と飛しょう時間の関係を調べた。くり返しは雌 24 個体、雄 20 個体であった。

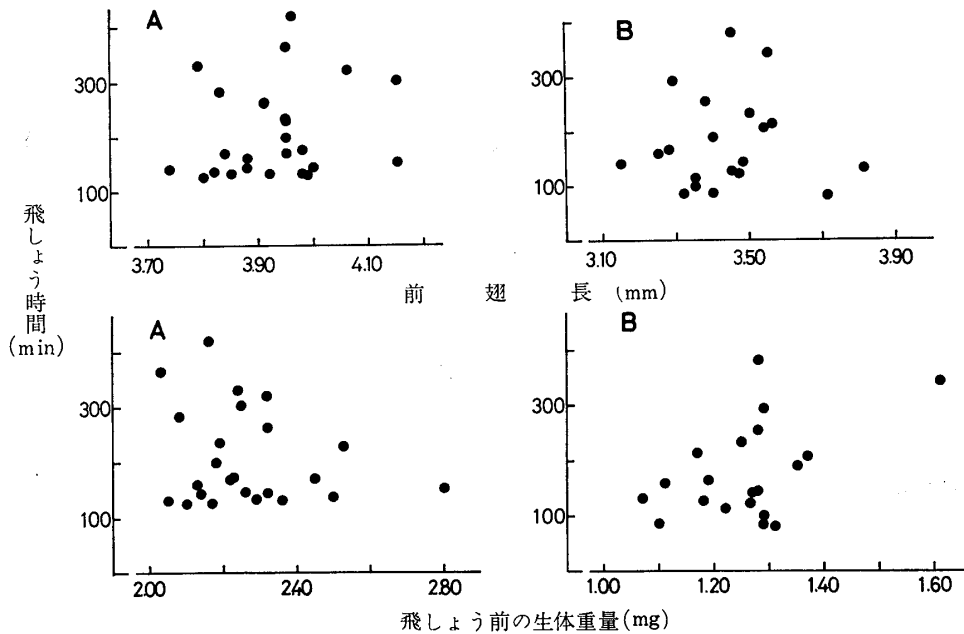
第10図に雌雄の飛しょう前の前翅長、および生体重量と飛しょう時間の関係を示した。この結果から雄の生体重量と飛しょう時間の間に少し相関があることを除いて、他には一定の傾向は認められなかった。

一方、第9図の相対湿度と飛しょう時間、および絶食寿命との関係から、相対湿度が高いほど絶食寿命が長く、間接的に飛しょう時間が伸びることから、同じ環境条件においも、寿命の長い個体ほど飛しょう時間が長いことが予想される。このため飛しょうさせた個体の絶食寿命とその飛しょう時間の関係を第11図に示した。くり返しは雌のみ 19 個体であった。この結果から絶食寿命の長い個体ほど長時間飛しょうしていることがわかる。ただしこの両者の間の相関関係は図に示したようにあまり高いとはいえず、寿命の長さだけで飛しょう時間を説明することができないことがわかる。

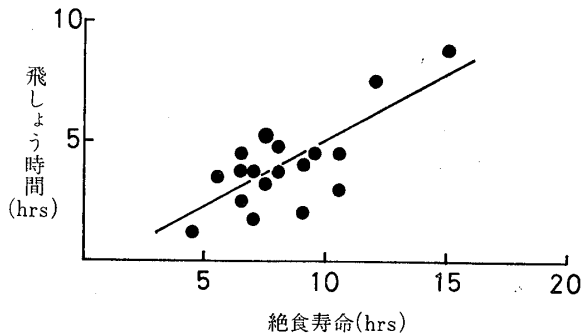
このように第10図の結果から飛しょう時間の個体差は外的な体の構造上の相違からは説明できず、第11図の結果で、ある程度寿命の長さできまることから、個体の寿命を伸ばすような内的要因、例えば飛しょうエネルギー源となる物質など体内物質の量が関係していると考えられるが、その点の詳しい分析はできなかった。

考 察

昆虫が長距離移動するためには、1) 自力で方向を定めながら飛しょうする場合と、2) 自力では方向を定め



第 10 図 前翅長および生体重量と飛しょう時間の関係。
A—雌, B—雄。



第 11 図 絶食寿命と飛しょう時間の関係。

ることはできないが、季節的な風の流れにしたがい、それに乗るための適応的な飛しょう行動をする場合とがみられる (JOHNSON, 1969)。そして両者ともに、長時間飛しょうするための体内物質の蓄積と飛しょう行動をすることが知られている。とくに後者にはアブラムシやヨコバイ類のような小型の昆虫の移動に多くの例がみられる (JOHNSON, 1969)。はじめに述べたように、トビイロウンカにおいては、岸本 (1971) の東シナ海上および九州における採集、鶴岡 (1968) らの南方定点における採集から、少くとも 500 km 以上の長距離移動の可能性が強まり、大久保・岸本 (1971) はさらに移動初期の飛しょう行動の観察から、風の流れに乗る第 2 の型の長距離移動をすることが確かめられている。しかしこのような野外の観察だけでは、本種が長時間飛しょうできる能力や、長時間の絶食状態に耐える能力などの生理的裏づけ

はできなかった。筆者はその点の解明には第 1 に実験的に飛しょうさせる方法を見出すことが必要であると考え、宙吊り飛しょう法によって、飛しょう行動に関する諸性質を明らかにした。

まず本種の宙吊り飛しょうの特徴の中には二つの重要な事実が含まれていることである。第 1 は大部分の個体が長時間休まずに継続的に飛しょうする性質である。JOHNSON (1966) はこの飛しょう行動が風による長距離移動の第 1 の必要条件であるとしている。また大久保・岸本 (1971) が明らかにした本種の移動時の飛しょう行動ともあわせて、長距離移動を可能にする特徴といえる。つまり、始めの飛しょうが長く続くことによって空中高く上がり、それだけ遠方に運ばれる可能性が強まるからである。

第 2 は飛しょうの始めの数時間と其後の期間とでは、生体重減少量に相違がみられたことである。COCKBAIN (1961, a, b) も *Aphis fabae* において同様の事実を明らかにしているが、その場合始めの減少量の多い期間は相対的にグリコーゲンが消費され、減少量が少くなる後の期間は脂肪の消費によって飛びつづけることが明らかになっている。トビイロウンカの場合、その現象がどのような機構で起こるかは今後の問題であるが、長時間飛び続ける能力をある程度示した興味ある事実である。

この飛しょう方法によって、移動時の飛しょう行動と直接結びつかないが、関連性のある成虫初期の特徴も

明らかになった。まず本種の飛しょう前期間 (teneral period) の長さが気温の高低によってきまることが、TAYLOR (1957) の *Aphis fabae* の結果と同様であった。一方 JOHNSON (1963) は飛しょう前期間経過後の移動飛しょうの重要性を種々の昆虫について強調したが、本種における卵巣発達が移動を終ったのちの定着以後に始まる事実 (大久保・岸本, 1971) から、典型的な例といえる。このように飛しょう前期間経過後に始めて飛しょうできるようになるが、大久保・岸本 (1971) の野外観察から、 17.0°C 以上の気温でないと飛び立たないことが明らかになっている。この値は飛しょう行動の温度閾値と考えられるが、本報の方法で実験的に求められた温度閾値は 16.5°C であって、野外で得られた値とほぼ一致した。この温度閾値を求めることは、その値が 16.5°C という低温であることから、移動開始時期の気象条件から言って、実際にそれ程意味のあることではないが、移動高度を予測する上に重要なことであると考えられる。すなわち 16.5°C まで気温が下がれば、半数程度の個体が飛ぶのをやめることになり、この考え方からすれば、一般的に地上の気温が 25°C の場合約 1,500 m の高度では 16.5°C 前後であって、その高さまで飛び続けることになる。移動高度はその時の気象条件のほかに絶食寿命の影響を受けるので、上記のような単純な計算で割り出すことはできないが、比較的低い高度であろうと思われる。

飛しょう時間それ自体に与える物理的環境条件の影響を明らかにすることは、この方法をトビイロウンカに適用して長時間飛しょうするための気象条件の選択という目的があったけれども、それだけでなく、移動中の環境条件によって飛しょう時間が変化することが予想されたからでもある。結果としては飛しょう時間が風の強さと相対湿度によってきまることが明らかとなった。風速が強い程、飛しょう時間が短いことは風の圧力によるエネルギー消耗度から当然の結果といえる。また $5.5\text{m}/\text{秒}$ 以上の風速で飛べなくなる事実は、大久保・岸本 (1971) の移動初期の行動とあわせて、移動中の飛しょう行動を推測する裏づけとなる。すなわち、この値を風にたいして正常に飛しょうできる相対的な風速の臨界値とすれば、無風状態における飛しょう速度に $5.5\text{m}/\text{秒}$ を加えた値の風速以上では、翅を動かすことができずにまったく風向にしたがうことになる。しかし実際は真上に向って飛び続けるので、その値はもっと小さくなることが予想される。

相対湿度の働きは直接的に飛しょう時間に影響を与え

るよりも、絶食状態における寿命を伸ばし、その結果として飛しょう時間が伸びることも明らかになった。この結果は岸本 (1971) の東シナ海上、および九州本土におけるウンカの集中的な捕獲の事実とあわせて、ウンカの長距離移動が高湿度状態であることが必要であることを示している。

飛しょう時間は個体差が大きく、すべての個体が最良の環境条件にしても長時間飛び続けるとはいえなかった。COCKBAIN (1961 a) は *Aphis fabae* の飛しょう能力の個体差が飛しょうエネルギー源となるグリコーゲンと脂肪の量によってきまることが明らかになっているが、本種においては体内に蓄積されている物質の量の差によるだろうという推測の域を出なかった。このように原因は不明であったが、すべての個体がそろって長時間飛しょうできないことは、移動途中における大量の死亡が起ることを示唆している。

このようにトビイロウンカが長時間飛しょうできる能力を持ち、飛しょう前期間後まもなく飛び立つこと、風による飛しょう行動、絶食寿命が高湿度状態で長いことなど、長距離移動する行動的、生理的条件を十分備えていることが明らかとなり、野外における梅雨期の集中的飛来などの結果とあわせて、日本本土以外の発生地から移動して来ることの裏づけはなされたと考えられる。しかし、日本へ飛来する源となる地域は現在も依然として不明である上に移動初期の朝、夕の飛び立ち行動と異常飛来の時期が断続的となることとの関係、移動中の空中における虫の分布、およびどのような物質を飛しょうエネルギー源としているかなど残された問題も多い。また三宅・藤原 (1962) や奥村 (1968) らが論じている本種の休眠性については、否定的な結果が出ないままになっているが、飛来源となる地域によっては再検討する必要があると考えられる。

摘 要

トビイロウンカの飛しょう行動の特徴とそれに与える物理的環境条件の影響を明らかにするため、いわゆる宙吊り飛しょう法 (tethered flight) の方法を適用した。

宙吊り飛しょうには3種の飛しょう型が観察された。第1は長時間継続飛しょう型、第2は短時間飛しょうをくり返し、飛しょう時間は第1の型とあまり変わらない型、第3はほとんど飛しょうしない型であった。しかし、ほとんどの個体は第1の型に属し、その特徴からいって、本種が長距離移動型の性質を持っていることが明らかとなった。

飛しょうによる体重減少量ははじめの数時間が大きく、それ以後だんだん小さくなった。

飛しょう前期間の長さは気温が高い程短かく、雌のそれは 27.5°C の条件で約 1 日であった。雄の飛しょう前期間は雌にくらべて、数時間短かかった。

飛しょう行動の温度閾値は約 16.5°C であって、その値以上の気温の違いによる飛しょう時間の差はほとんどなかった。風速が強い条件程飛しょう時間は短かく、約 5.5m/秒で飛ぶことができなくなった。相対湿度が高い程、絶食寿命が長く、飛しょう時間も長かった。とくに 85%RH においては、ほとんどの個体が 10 時間以上飛しょうした。

標準条件とした 27.5°C, 60% RH, 3m/秒の風速における平均飛しょう時間は約 4 時間であったが、10 時間以上飛ぶ個体もあって、その個体差は非常に大きく、その原因として体の構造上などの外的要因よりも、内的な物質の量の差によるものと考えられた。

これらの結果から、比較的低い気温、高湿度、弱い風速の 3 条件がそろえば、ほとんどの個体が長時間飛しょうする。とくに高湿度条件と風向によって、日本の梅雨期にあたる季節の長距離移動が可能になることを明らかにした。

引用文献

- COCKBAIN, A. J. (1961 a) Fuel utilization and duration of tethered flight in *Aphis fabae* SCOP. J. Expl. Biol. **38** : 163~174.
- COCKBAIN, A. J. (1961 b) Water relationships of *Aphis fabae* SCOP. during tethered flight. J. Expl. Biol. **38** : 175~180.
- COCKBAIN, A. J. (1961 c) Viability and fecundity of alate aliencolae of *Aphis fabae* SCOP. after flight to exhaustion, J. Expl. Biol. **38** : 181~187.
- JOHNSON, B. (1958) Factors affecting the locomotor and settling responses of alate aphids. Anim. Behav. **6** : 9~26.
- JOHNSON, C. G. (1963) Physiological factors in insect migration by flight. Nature **198** : 423~427.
- JOHNSON, C. G. (1966) A functional system of adaptive dispersal by flight. Ann. Rev. Ent. **11** : 233~260.
- JOHNSON, C. G. (1969) *Migration and dispersal of insects by flight* (1st Ed.) Methuen Co Ltd, London, 763pp.
- KENNEDY, J. S. and C. O. BOOTH (1963) Free flight of aphids in the laboratory. J. Expl. Biol. **40** : 67~85.
- 岸本良一 (1965) トビイロウンカにおける多型現象とそれが個体群増殖の過程で果たす役割. 四国農試報告 **13** : 1~106.
- 岸本良一 (1971) セジロウンカ, トビイロウンカの移動. 植物防疫事業 20 周年記念誌 174~178.
- 三宅利雄・藤原昭雄 (1962) セジロウンカ及びトビイロウンカの越冬並びに休眠に関する研究. 広島農試報告 **13** : 1~73.
- 大久保宣雄・岸本良一 (1971) トビイロウンカ第 4, 5 回成虫期の飛しょう行動の日周期性. 応動昆 **15** : 8~16.
- 奥村隆史 (1963) セジロウンカおよびトビイロウンカの成虫期の飼育条件による卵休眠の誘起. 応動昆 **7** : 285~289.
- TAYLOR, L. R. (1957) Temperature relations of teneral development and behaviour in *Aphis fabae* SCOP. J. Expl. Biol. **34** : 189~208.
- TREAT, A. E. and K. D. ROEDER (1959) A nervous element of unknown function in the tympanic organs of moths. J. Insect Physiol. **3** : 262~270.
- 鶴岡保明 (1968) 南方定点観測船「おじか」に飛来したウンカ類について. 病虫害発生予察特別報告 **23** : 11~17.
- WIGGLESWORTH, V. B. (1949) The utilization of reserve substances in *Drosophila* during flight. J. Expl. Biol. **26** : 150~163.
- WILLIAMS, C. B., L. A. BARNES and W. H. SAWYER (1943) The utilization of glycogen by flies during flight and some aspects on the physiological aging of *Drosophila*. Biol. Bull. mar. biol. Lab. Wood Hole **84** : 263~272.
- WILSON, D. M. (1961) The central nervous control of flight in a locust. J. Expl. Biol. **38** : 471~490.