

長距離移動性イネウンカ類の近年の飛来傾向と気象解析に関する新しい取り組み

農業技術研究機構中央農業総合研究センター わたなべ ともなり たなか けい
渡邊 朋也・田中 慶

はじめに

トビイロウンカおよびセジロウンカの発生动態の長期変動について渡邊ら(1994)は、福岡県筑後市における1951~90年の40年間の誘殺数を解析し、1980年代におけるセジロウンカの飛来量の増加およびトビイロウンカ飛来量の年次間変動の増大を報告した。また彼らは両ウンカの世代間の増殖には大きくわけて三つのパターンがあり、それぞれ①低い侵入密度と高い増殖率、②低い侵入密度と低い増殖率、③高い侵入密度と低い増殖率、といった特徴があることを示し、①と②の違いが生じる要因の一つとして、セジロウンカでは明瞭ではないがトビイロウンカでは飛来時期の早晚の影響を挙げている。このようにイネウンカ類の飛来時期と飛来量の把握は、飛来後の増殖パターンを予測するうえで肝要であり、さらに飛来源における発生动態や飛来開始時期の情報が入手できれば、イネウンカ類個体群管理戦略上重要な知見となる。

本報告では、近年の飛来量変動の傾向と特徴を抽出し、気象解析やこれまでの報告とあわせてその要因について考察を行った。さらに筆者らが進めている飛来時期予測のためのリアルタイム気象解析ソフトの現状と、気象解析に関する新しい取り組みについても紹介する。なお、本報告の一部は、先に松村・渡邊(2002)が紹介した国際ワークショップ「東アジアにおけるトビイロウンカの国際発生予察システムと管理」(2001年11月、ベトナム、ハノイ市)における報告に加筆したものである。飛来源地帯におけるイネウンカ類の発生动向については松村・渡邊(2002)をあわせて参照されたい。

I 近年の飛来量と飛来時期の変動

解析には他地域に比較して飛来量の多い九州西部の5地点、筑紫野市(福岡)、川副町(佐賀)、諫早市(長崎)、合志町(熊本)、鹿児島市(鹿児島)の予察灯誘殺

数を用いた。誘殺数は農林水産省植物防疫課による発生予察ネットワーク PFS および JPP-NET に登録されているデータを利用した。ただしデータ登録が欠けている期間もあったため、ここでは1989~93年および1997~2001年の各5年間を対象とし、両期間の違いを考察した。なお、解析には誘殺数の実数に0.5を加えて対数変換した値を使用した。

各年次の6、7月誘殺数合計値の対数値を、5地点で平均した値を図-1に示した。最も大きな特徴は1999年以降のトビイロウンカの激減である。それに対してセジロウンカの飛来量には明瞭な変化は見られなかった。このため1989~93年には同様な年次変動パターンを示していた両種(相関係数0.97)がここ数年は独立した動きを示している(相関係数0.35)。

飛来時期にも大きな変化が見られた。各地点におけるセジロウンカの6月飛来量の6、7月総飛来量に占める割合は1989~93年では5地点の平均値で5~20%であったのに対し、1998年以降すべての地点で56~70%と急上昇した(図-2)。地点ごとに見ても1998年以降は33~95%とほとんどの地点で総飛来量の半数から大部分が6月に飛来している。トビイロウンカは1997年以降誘殺数がゼロの地点もあり、値を計算できない年もあ

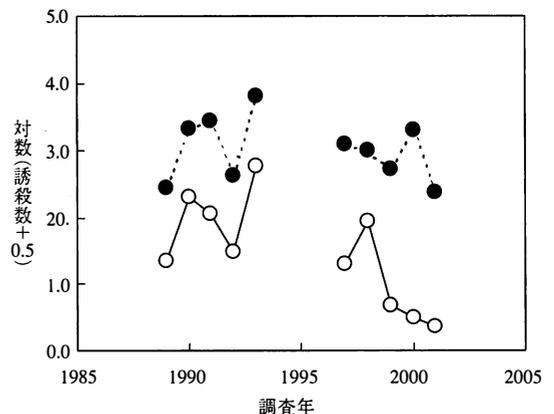


図-1 九州の5地点における6、7月の予察灯によるイネウンカ類総誘殺数の推移。1989~93年および1997~2001年

●はセジロウンカ、○はトビイロウンカ。縦軸は誘殺数+0.5の対数値。

Recent Migratory Patterns of Rice Planthoppers and New Technologies of Weather Analysis for Forecasting Their Occurrence. By Tomonari WATANABE and Kei TANAKA

(キーワード:トビイロウンカ, セジロウンカ, 予察灯誘殺数, 発生动態, 下層ジェット)

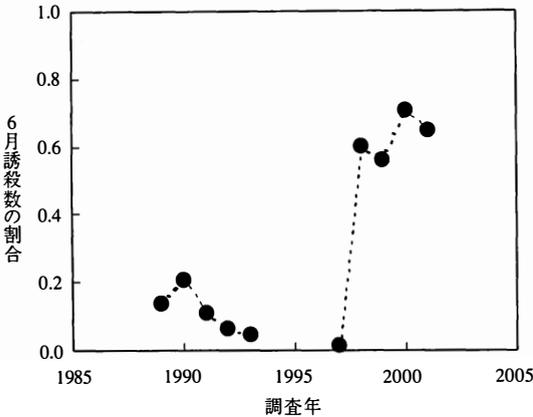


図-2 九州の5地点におけるセジロウカカの6月誘殺数の6、7月総誘殺数にしろる割合。1989～93年および1997～2001年の平均値は5地点の平均値。

たが、1989～93年には0～30%であった6月飛来量の割合が、近年では飛来量の多かった1998年には58～76%と上昇し、セジロウカカと同様の傾向が読みとれた。

II 下層ジェット発達期間の変動

飛来源から我が国にイネウカカ類を移送する媒体と考えられている下層ジェットの発達状況についてもその年次変動を考察した。解析にはSEINO et al. (1987), SOGAWA (1995), 菖蒲・御厨 (2000) などの報告とともにJPP-NETにおける毎日の風向風速図を参考にした。JPP-NETの風向風速図を用いる場合は、飛来源とみなされる中国南部から九州地域にかけて風速20ノット以上の強風域が1日以上連続して発達した場合を、ウカカの移送に関連する下層ジェットの発達期間とみなした。上記の予察灯の解析年次とは少しずれるが、1980～90年と1997～2001年の6、7月の下層ジェット発達期間を比較すると1980年代は総日数が15日なのに対して1990年代後半には8日に減少している(表-1)。この違いは1990年代後半には7月の下層ジェットの発達日数が1980年代に比べて平均で7日減少したことによるもので、このため6月の発達期間の割合が38%から70%に相対的に増加した。

III イネウカカ類の飛来量変動の要因

寒川・渡邊 (1989) は、1985年までの予察灯誘殺数の解析からそれまでトビイロウカカの飛来量のピークは7月上旬であることを示した。1997年以降に7月の下層ジェット発達期間が減少したことは、飛来源のトビイロウカカ発生時期が変化していないとすると、ウカカを移

表-1 中国南部から九州にかけて6、7月に下層ジェットが発達した期間(平均日数)と6月の割合

調査年次	6月	7月	合計	6月の割合
1980～90年	5.6	9.4	15.0	0.38
1997～2001年	5.6	2.4	8.0	0.70

送する気象条件が整わなくなっているのではないかと推察される。さらに1997～2001年の期間にトビイロウカカとセジロウカカの飛来量の間に関連が見られなかったことは、トビイロウカカに特有な個体群変動要因が影響していることを示唆する。日本に飛来するトビイロウカカ個体群の抵抗性品種に対する加害特性はここ10年ほどの間に大きく変化している。1988～90年には抵抗性遺伝子Bph1を加害可能な個体の割合が増加し(寒川, 1992), さらに1997年にはbph2を加害できる割合が急激に増加した(田中, 2000; TANAKA and MATSUMURA, 2000)。これはトビイロウカカ抵抗性遺伝子bph2をもつ品種の作付面積が飛来地域で増大していることの反映であろうと推察されている(田中, 2000; TANAKA and MATSUMURA, 2000)。またこれらの抵抗性品種を加害できるトビイロウカカ(バイオタイプ)の大発生が報告されていないこと(松村・渡邊, 2002)は、抵抗性品種によりトビイロウカカの増殖率の低下がもたらされている可能性が高いことを示唆する。さらにベトナム、中国における本田殺虫剤の使用量が増加していること(松村・渡邊, 2002)も、トビイロウカカ発生量の低下につながっていると思われる。このように近年のトビイロウカカ飛来量の減少には、飛来源での発生量の低下に加えて、適切な時期にウカカを移送するのに適した気象条件が発達しにくくなっていることも相乗的に影響しているのではないだろうか。

トビイロウカカに比べてセジロウカカの飛来量は大きく減少していない。松村・渡邊 (2002) が報告しているようにベトナム北部から中国南部にかけては、近年作付け品種の変化によると思われるセジロウカカの被害が増大している。セジロウカカの飛来量に下層ジェットの発達日数の減少による影響が見られないのは、トビイロウカカとは逆に飛来地域における発生量の増大によるものかもしれない。

2002年については集計中であるが、トビイロウカカの飛来量に関しては前年同様であり、この4年間極めて低い発生量となっている。今後は飛来源における①品種の大幅な変更, ②抵抗性品種を加害できる個体群の出現, ③薬剤抵抗性の発達などが起こり得るかどうかは鍵となる。セジロウカカの発生動態変化については、那波

(1991)により飛来時期と水稻移植時期両者の早期化による個体群増加率の上昇が報告されている。上に述べたように1990年代後半からは飛来時期の主体が6月になっており、水稻の栄養生長期中に1世代以上を経過できる場合には、増殖個体による吸汁加害が水稻の初期生育の低下や籾数の減少をもたらす可能性がある。両ウカとも東アジア各地の作付け品種の変遷とその上での増殖傾向の情報収集を進めることが、日本における管理戦略策定上も極めて重要である。

IV モニタリング技術

1 LLJON

イネウカ類の長距離移動の時期や範囲を推定するためには、飛来源から日本にかけての気流の状態の把握が有効である (SEINO et al., 1987)。LLJONは渡邊ら (1988, 1991) が開発した高層 (850 hPa) の強風域の発達状態を確認するためのソフト LLJET の web 対応版である。LLJONはJavaアプレットとして作成されているのでソフトやデータのダウンロードを行う必要がなく、ネットワークに接続されたコンピュータであればブラウザを利用していつでもどこからでもアクセス可能である (図-3)。計算は農林水産研究情報センターに6時間ごとに蓄積されているリアルタイム高層気象データから必要な観測地点を自動的に切り出して行うため、最新の情報が利用可能である。ただし、リアルタイム高層気象データには、異常値や欠測値もふくまれているがLLJONには現在これらの値を補正する機能はない。JPP-NETにおける下層ジェット解析ソフトでは欠測値の補正が行われているので、JPP-NETが利用できる環

境であればそちらのほうがより正確な図を表示できる。

LLJONは利用ブラウザの使用言語により日本語表示と英語表示を自動的に変更できるので、海外からもアクセスできる。このことにより東アジア全域で同じ気象解析図を見ながらイネウカ類の移動実態をリアルタイムに討議することも可能となった。

本ソフトは「Javaによる作物生育、病害虫・雑草発生予測」として整備されつつあるモデル群の一つである。1999年秋以降の高層気象データが利用可能なので、興味のある方は <http://ume.narc.affrc.go.jp/~ketanaka/> からアクセスしていただきたい。

2 気流解析の高度化

LLJETやLLJONはある1回のある気圧面の風向風速データに基づいた気流の状況を表示できるが、イネウカ類の飛び立ち、降着といった上下方向の移動については対応していない。また解析区画の間隔は東西約150 km、南北約125 kmであり、各地域内の飛来量分布などを考察することはできない。TURNER et al. (1999)は、中国大陸から韓国にかけてのウカの移動を予測するための気流のシミュレーションモデルを作製しているが、現在のところ過去のデータの解析にとどまっている。そこで中央農業総合研究センターおよび九州沖縄農業研究センターは、日本原子力研究所とイネウカ類移動予測のための新たな解析システム開発の共同研究を開始した。日本原子力研究所では、原子力事故時に起こり得る放射性物質の大気拡散をリアルタイムで予測するための計算システム WSPEEDI (Worldwide version of System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) を開発している (山澤ら, 1997)。

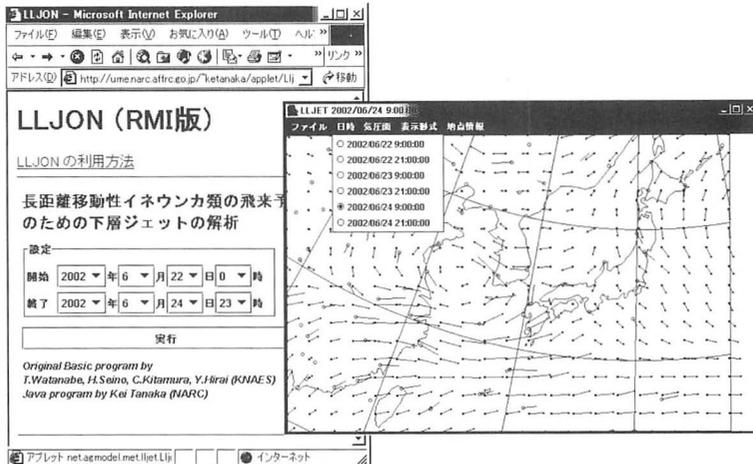


図-3 飛来源から日本にかけての高層の強風域を確認するための web 版ソフト LLJON の出力例

このシステムは数値気象予測モデルと粒子の長距離拡散モデルを統合させたものであり、現在三宅島の火山性ガスの拡散予測などにも応用されている。WSPEEDIは放射性粒子の大気中での移動をシミュレーションできるので、この粒子をウンカと置き換えることにより、飛来時期や飛来地域だけでなく、飛来量に関する情報も推定できると期待されている。現在我々は文献情報、各地の飛来量データをもとにこのシステムにウンカの飛び立ち、移動、降着のメカニズムを組み込むための改良を続けている。

しかしイネウンカ類のように他の害虫に比べて研究例の格段に多い昆虫でさえ、詳細な移動予測モデルを作製するための基礎資料が充実しているとは言いがたい。例えばイネウンカ類の連続飛翔時間については、大久保(1973)によりトビロウンカ雌成虫で最大23時間と報告されている。しかしSOGAWA(1995)によれば、九州から気流をさかのぼる流跡線解析の結果には、24時間では飛来源に達しない場合があるという。室内実験と気象解析結果の食い違いには、①野生虫の連続飛翔時間は飼育虫に比べて長い、②ウンカは気流内で絶えず飛翔行動を行っているわけではなく滑空していることもある、③ウンカが移動している高度や風速が我々の仮定と異なっている、などの様々な仮説が考えられるが、現時点で証明されているものはなく、観測手法も含めて昆虫の移動に関する生物学的、生態的知見のさらなる蓄積が望まれる。また飛来地域の詳細な特定と発生面積、飛び立ち密度などの推定のための詳細な情報も欠けている。我々は松村・渡邊(2002)が紹介した国際ワークショップなどから飛来源の発生情報を得る努力を行っているが、具体的なデータは得にくいのが現状である。精度の高いリアルタイムモニタリングを進めるためには発生動態情報の国際ネットワークが必要となってくる。

おわりに

予察灯による害虫の誘殺数調査は単純で地道な作業であり、機器の保守管理にもコストがかかる。しかし、いったん調査が中断したり、調査精度が落ちた場合、その

期間のデータは復元のすべがなく、さらに精度を回復するためには多大な時間とコストが必要となる。渡邊ら(1994)が解析に用いた福岡県筑後市の予察灯は、担当研究室の移転に伴い1990年に調査が中止された。そのため同地点におけるその後の発生動態との比較は不可能である。韓国では150地点で予察灯調査を行っているが1990年以降その精度が低下しており、その原因として調査地点の都市化による光環境の変化、調査者の害虫同定能力の低下、調査実施主体である行政区のサポート不足などが挙げられている(UHM and HAN, 2000)。このため韓国農村振興庁では予察員教育プログラムを実施するとともに、インターネットを通じたイネウンカ類同定支援ソフトの開発を進めている(KIM et al., 2001)。

長期間継続的に蓄積されたデータは、害虫の発生動態の変遷とその要因解析とともに、発生予察のための発生動態パターンの類型化などに欠かせない資料である。コンピュータやインターネットを駆使した新しい発生予察技術の進展も、堅実に蓄積された発生予察データの上に成り立つものであり、他の国々との情報交換が進められれば、さらにその重要性は増すものと期待される。

引用文献

- 1) KIM, H. Y. et al. (2001): Proc. of the 3rd International Workshop on Inter-country Forecasting System and Management for Brown Planthopper in East Asia. RDA and FAO, pp. 53~61.
- 2) 松村正哉・渡邊朋也(2002): 植物防疫 56: 316~318.
- 3) 那波邦彦(1991): 同上 45: 41~45.
- 4) 大久保宣雄(1973): 応動昆 17: 10~18.
- 5) SEINO, H. ら(1987): J. Agric. Meteor. 43: 203~208.
- 6) 菖蒲信一郎・御厨初子(2000): 応動昆 44: 101~112.
- 7) 寒川一成・渡邊朋也(1989): 九病虫研報 35: 65~68.
- 8) ———(1992): 同上 38: 63~68.
- 9) SOGAWA, K. (1995): Bull. Kyushu Natl. Expt. Stn. 28: 219~278.
- 10) TURNER, R. et al. (1999): Bull. Entomol. Res. 89: 557~568.
- 11) 田中幸一(2000): 植物防疫 54: 242~245.
- 12) TANAKA, K. and MATSUMURA, M. (2000): Appl. Entomol. Zool. 35: 529~533.
- 13) UHM, K. B. and HAN, M. W. (2000): Proc. of the 2nd International Workshop on Inter-country Forecasting System and Management for Brown Planthopper in East Asia. RDA and FAO, pp. 115~122.
- 14) 渡邊朋也ら(1988): 応動昆 32: 82~85.
- 15) ———ら(1991): 九州農試研報 26: 233~260.
- 16) ———ら(1994): 応動昆 38: 7~15.
- 17) 山澤弘実ら(1997): 日本原子力学会誌 39: 881~892.