

発生増加のみられるイナゴをめぐって

—水田での直翅目の種類と生態—

弘前大学農学部生物環境管理学講座 あん どう よし かず
安 藤 喜 一

はじめに

水田はヒトによって管理された特殊な環境である。そこに生息する害虫は、無尽蔵の食草が保証される。しかし、同時に殺虫剤散布を含めてヒトによる水田の管理方法が変わると、発生する害虫の種類や密度が大きく変動する。1950年代の初期まで、イナゴは全国の水田で恒常的に多発していたが、その後塩素系殺虫剤、特にBHCの使用により、水田からほぼ完全に姿を消した。ところが、10年余り前から一部の県で、最近では東北地方を中心に著しい発生が認められるようになった（小島，1976；稲生，1978；小池ら，1983；安藤ら，1987；清水，1987；加藤ら，1988）。イナゴの復活は、とりもなおさず水田を取り巻く環境の変化に起因すると考えられる。

コバネイナゴとハネナガイナゴの生態について優れた研究が、古く熊代（1935）によって行われた。大町（1950）はコバネイナゴとハネナガイナゴが雄生殖器官の形態によって区別できることを明らかにした。またHUKUHARA（1966）は、かつてエゾイナゴと呼ばれた北海道や青森県に生息する小型で著しい短翅のイナゴは、分類学的にコバネイナゴと同一種であると結論した。さらに市田（1992）は青森県におけるコバネイナゴの発生生態について詳細に報告し、ANDO and YAMASHIRO（1993）はイナゴの全国的な分布状況を明らかにした。

以下に、水田にみられる直翅目昆虫に触れ、最近水田に多発しているコバネイナゴに関する研究結果の概要を報告する。

I 水田にみられる直翅目の種類

「農林有害動物・昆虫名鑑」（1987）によると、我が国でイネの害虫とされる直翅目昆虫は表-1のとおりである。直翅目昆虫は、不完全変態・卵越冬・隠べい色となる種が多く、幼虫は成虫より小型で翅が目立たないが形態的に類似しており、生息地も共通である場合が多い。いずれの種も水田にのみみられるのではなく、周辺の畑

表-1 水田にみられるおもな直翅目昆虫

キリギリス科 Tettigoniidae	
クビキリギリス	<i>Euconocephalus thunbergi</i> (STAL)
ヒメクサキリ	<i>Ruspolia jezoensis</i> (MATSUMURA and SHIRAKI)
クサキリ	<i>Ruspolia lineosus</i> (WALKER)
ウスイロササキリ	<i>Conocephalus chinensis</i> (REDTENBACHER)
コバネササキリ	<i>Conocephalus japonicus</i> (REDTENBACHER)
ケラ科 Gryllotarpidae	
ケラ	<i>Gryllotalpa orientalis</i> BURMEISTER
イナゴ科 Catantopidae	
コイナゴ	<i>Oxya hyla intricata</i> (STAL)
タイワンハネナガイナゴ	<i>Oxya chinensis formosana</i> SHIRAKI
ハネナガイナゴ	<i>Oxya japonica</i> (THUNBERG)
コバネイナゴ	<i>Oxya yezoensis</i> SHIRAKI
ツチイナゴ	<i>Patanga japonica</i> (BOLIVER)
ツマグロイナゴ	<i>Mecostethus magister</i> (REHN)
バッタ科 Acrididae	
ショウリョウバッタ	<i>Acrida cinerea antennata</i> MISTSHENKO
トノサマバッタ	<i>Locusta migratoria</i> (LINNAEUS)
アカアシバッタ	<i>Heteropternis rufipes</i> (SHIRAKI)
アカアシソバッタ	<i>Stenocatantops splendens</i> (THUNBERG)
ヒシバッタ科 Tetrigidae	
トゲヒシバッタ	<i>Criotettix japonicus</i> (DE HAAN)
ハネナガヒシバッタ	<i>Euparattix insularis</i> BEI-BIENKO

地や牧草地などにも生息する。越冬形態はヒシバッタ類は成虫、ケラは成虫と幼虫である。クビキリギリスの成虫（一部幼虫）、ツチイナゴの成虫越冬を除き、キリギリス科・イナゴ科・バッタ科は卵態で越冬する。卵は土中または食草の葉鞘内に産み込まれ、ふ化前の卵は胚発育に伴って吸水し、産下時に比べ重さが、2倍程度に増大する。これら直翅目昆虫の中で、最も強く水田に依存したものがイナゴ類である。次いで北日本ではヒメクサキリ、西南日本ではクサキリとクビキリギリスが目立つ。トノサマバッタは、むしろ乾燥地を好むので、水田でみられるのはまれである。ササキリ類は個体数は多いが、害虫としての重みは大きくないと思われる。

なお、水田にみられる直翅目害虫の見分け方に関しては、福原（1982a, b, 1983a, b, 1984）に詳しいので参照されたい。

II イナゴの発生状況

1989～1992年に北海道から九州までの71か所で、イナゴの発生の有無を調査した(図-1)。8～11月に休耕田を中心に一地域につき30分～3時間調査したところ、コバネイナゴは45か所で、ハネナガイナゴは西南暖地の5か所で発見された。両種とも採集できなかったのは21か所であった。コバネイナゴは、東北・関東地方の全域、新潟・長野・岐阜・滋賀県では密度の多少はあっても、すべての地域で発生が認められた。一部に発生が確認された所は、北海道、富山・静岡・兵庫・福岡県などであった。採集できなかった県は、石川・福井・岡山・山口・香川・大分・鹿児島などであった。北海道や兵庫・福岡県では、発生している所での密度は高く、近い将来我が国の大部分の水田に分布拡大する可能性が強いと考えられる。現在多発しているイナゴはコバネイナゴであり、ハネナガイナゴは西南暖地の一部に発生しているだけで、コバネイナゴの高い生息密度に対し、ハネナガイナゴはいずれの地でも低密度の発生であった。

III コバネイナゴ復活の原因

これについては、主な原因が二つあると考えられる。

1971年以後残効性の長いBHC・DDTなどの使用が禁止されたことと、また同年から米の生産調整のために減反政策が開始され、休耕田が生じたことである。休耕田には殺虫剤散布は行われず、イネ科やカヤツリグサ科などの食草が十分にあり、湿度条件も良いので、コバネイナゴの発生に最適条件を備えている。休耕田での発生密度は、一般の水田に比べ、著しく高いことが観察された。牧草地や殺虫剤散布の行われなかった湿地にわずかに生き残っていたコバネイナゴが、全水田面積の30%近くにまで増加した休耕田に侵入し、爆発的に増加し、一般の水田にも多発するようになったと思われる。イネミズゾウムシやイネクビボソハムシを対象として、田植前に殺虫剤の箱処理が行われるが、コバネイナゴに対しては、若齢幼虫は畦畔の雑草を摂食し、中齢幼虫になるまで水稻をほとんど加害しないので効果がないことも多発の要因の一つであろう。また、コバネイナゴが長期間水田から姿を消している間に、天敵を減少させ、コバネイナゴは復活したが天敵の復活が遅れ、あたかも天敵の淘汰圧から解放された侵入害虫が、新天地で大発生する現象に似ているのかもしれない。畦畔に産下された卵菜を取り除くのに効果があったあぜ塗りが行われなくなったことも、コバネイナゴ復活の原因とまではいなくても、多発の要因になっていると考えられる。

IV 季節的齢構成の変化

弘前市周辺の水田3か所で、昆虫網で任意に採集したコバネイナゴの1991年の齢構成の季節的变化を示した(図-2)。1齢幼虫の初発日は5月24日、2・3・4及び5齢の初発日はそれぞれ6月8日、6月21日、6月30日、7月11日であり、羽化成虫は7月25日に観察され



図-1 イナゴの発生調査地 (ANDO and YAMASHIRO, 1993)

- : コバネイナゴ採集地, △ : ハネナガイナゴ採集地,
- : 両種とも発見できなかった所

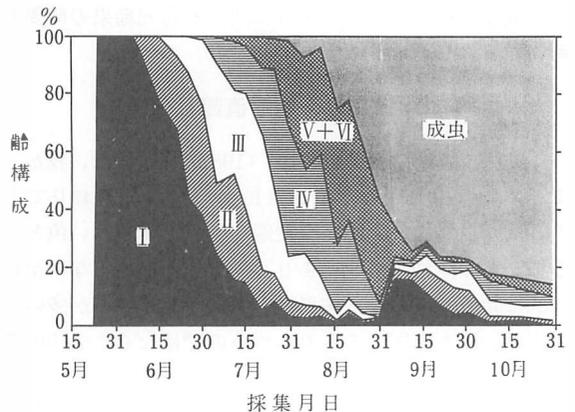


図-2 コバネイナゴの季節的齢構成 (ANDO and YAMASHIRO, 1993)

た。1990年の初発日は、1齢幼虫が5月28日、成虫は7月25日であり、両年度の発生時期には大差はなかった。図-2で興味深いのは、1齢幼虫が5月下旬から10月まで、5か月間も連続してみられることである。弘前以外のほとんどの地域でも、10～11月になっても成虫と同時の一部幼虫が採集されたので、遅れてふ化するものがみられることは普遍的現象と思われる。この秋期にも幼虫がみられる事実は、数人の研究者によって報告されている(熊代, 1935; 清水, 1987; 加藤ら, 1988; 市田, 1992)。しかし、その原因については不明のまま今日に至っている。

V ふ化が長期にわたる原因

ふ化が長期にわたる原因は、一部2化するか、越冬卵からのふ化がばらつくかのどちらかである。弘前市周辺の水田畦畔から4月に卵莢を採集し、ふ化幼虫から産卵まで25°C、短日条件(LD12:12)～長日条件(LD16.5:7.5)の5段階の日長で飼育し、成虫になったイナゴが産んだ卵を20, 25, 30°Cに保存した限り、すべて内因性の休眠を示した。ほかに札幌から九州までの10か所の系統の休眠卵を低温処理によって休眠除去させ、弘前系統と同様に25°Cで、5段階の日長条件でふ化幼虫から産卵まで飼育して得られた卵を、25°Cに保存しても50日以上ふ化しなかった。したがって、コバネイナゴは全国的に内因性の休眠を示し、1化性と考えられる。この点から、野外でのふ化のばらつきは、越冬卵に起因すると考えざるを得ない。

越冬卵からのふ化がばらつく理由は二つある。第一の理由は、卵が異なる胚発育期で越冬することである。卵の休眠期は産卵とふ化のほぼ中間期に当たる突起形成期である。弘前では9月末までに産下された卵は、休眠期に達して冬を迎える。しかし、10月以後に産下された卵は、休眠期に達する前に冬を迎え、低温による発育休止状態で越冬する。産卵は主として9～10月に行われるが、一部は12月でも起こる。成虫は積雪下でも7日ほど生存できるため、根雪になる前は雪が消えると再び活動する。太陽の輻射熱を利用して、気温が10°Cのときに、体表温度を30°Cほどに上昇させることができる。いずれにしても、コバネイナゴは休眠期から産卵直後の卵まで越冬可能であり、翌年の発生源となるため、ふ化期に大きなばらつきが生じる。昆虫の休眠の概念から考えて、常識的には休眠期に達しない卵は冬期に死亡するはずであるが、コバネイナゴの場合は、産卵直後から低温耐性が強く、休眠が越冬の条件ではない。

しかし、卵内胚子の越冬期の差から生じるふ化のばら

つきは、ふ化最盛期が5月末から約1か月間続く理由の説明にはなるが、9月にもふ化する理由にはならない。

そこで、第二の理由は、卵莢が水面に浮くか、水没によるふ化の著しい遅延である。代かき後、かなりの密度で大部分を水面下に潜ったように浮いている卵莢が観察される。前年の秋、排水後に水田中に産下されたものが、代かきで土から離れて浮くのである。水面に浮いた卵莢からのふ化は、畦畔のものに比べ、平均2倍程度の日数を要し、ふ化率も約60%に低下する。さらに卵莢が完全に水没した場合は、胚は完全に発育休止する。酸素不足のためである。水管理された水田で、前年の秋に畦畔近くに産み落とされ、翌年代かき後に水没した卵は、秋に収穫機を導入するため、8月中旬以降に水田から水が落とされると、酸素が供給されるので一斉に発育し、図-2にみられる9月上旬の1齢幼虫の小さなピークとなって現れると考えられる。休眠除去卵を、25°Cの水中に沈めたとき、3か月間害作用はなく、水没期間だけふ化が遅れることを実験的に確かめた(安藤, 未発表)。

VI 遅れてふ化したコバネイナゴの行方

イナゴが長期にわたってふ化するので、1回の薬剤散布で完全に防除することは困難である。しかし、幸いにも特に遅れてふ化するものは、年内に羽化・産卵はできないので、翌年の発生源にはならず防除の対象にする必要がないと考えられる。すなわち、遅れてふ化するものが羽化できるか否かを確かめるために、野外条件下で素焼きの鉢にイヌムギとカモガヤを植えて、昆虫網で覆い、飼育開始する当日にふ化した幼虫を8月10日から5日間隔で飼育したところ、1991年には8月15日にふ化したイナゴは、すべて年内に羽化し、8月20日にふ化したものは羽化率50%、8月25日ふ化したものでは、全く年内に羽化できなかった。1990年は8月25日ふ化が、羽化の限界であった。羽化しても産卵前期間があるので子孫を残せるとは限らないが、弘前では8月下旬以降にふ化するものは、年内に羽化できないことが確かめられた(ANDO and YAMASHIRO, 1993)。もちろん、秋期の気温の高い南の地域ほど、年内に羽化できる限界ふ化日は遅くなると思われる。

VII 成虫サイズの地理的変異

北海道から九州までの平地で採集した成虫の頭幅を測定すると、北で小さく南に向かうにつれて大きくなる勾配変異が認められる。各地の子孫を25°C, LD14:10で飼育したときも、原産地の緯度に対して、成虫サイズを示す頭幅は、野外採集成虫と同様に負の相関を示した。し

たがって、コバネイナゴの成虫サイズの地理的変異は、生息地の環境の違いによって直接決定されるのではなく、進化の過程で既に分化した形質と考えられる。大きな成虫は幼虫期間が長く、小さな成虫はそれが短い。幼虫期間の長短は、幼虫期の脱皮回数と関係が深い。野外採集成虫の頭幅と、異なる日長条件下で各地の系統を飼育した結果から、産地ごとの幼虫齢数を推定した(表-2)。同一地域に生息するコバネイナゴは、複数の齢数を示し、長日条件で幼虫を飼育すると齢数を増し、短日条件では齢数を減少させる。野外では早くふ化したものは長日にあつて齢数を増し、遅くふ化したものは幼虫期が短日となるので、齢数を減少させて羽化を早めようとする。

コバネイナゴは25°Cでは4~8日間隔で産卵し続け、平均8卵莢ほど産下する。多いものは15卵莢に達する。1卵莢に含まれる卵数は、成虫サイズと相関が高く、最少10個と最多50個の差が認められる。緯度と同様に高度でも、成虫サイズや齢数の変異が認められ、地理的・季節的変異は、有効温度に対する適応現象と考えられる。

おわりに

従来多くの本に、コバネイナゴは成虫の翅端が腹部の先端を越えず、跳びはねまわすが、翅を使ってあまり飛ばないと書かれており、一方コバネイナゴは翅の先端が腹端を越え、翅を使ってかなりの距離を飛ぶと記されている。しかし、この記述は不適切である。ハネナガイナゴは例外なく長翅型であるが、コバネイナゴは短翅型から長翅型まで連続してみられるし、長翅型はハネナガイナゴと変わらないほど飛ぶものもある。コバネイナゴの翅長も齢数と同様に幼虫期の日長によって制御される季

表-2 幼虫齢数の地理的変異

産地	終齢幼虫	野外での出現率(推定)
札幌	4, 5 齢	4 齢 > 5 齢
弘前(青森県)	4~6	5 > 6 > 4
寒河江(山形県)	5, 6	6 > 5
新潟	5~7	6 > 5 > 7
豊里(茨城県)	5~7	6 > 5 > 7
富士(静岡県)	5~7	6 > 7 > 5
岐阜	5~7	6 > 7 > 5
北九州(福岡県)	5~7	6 > 7 > 5

節適応である。

コバネイナゴは数年のうちに、全国に分布を拡大すると思われる。特定の地域に発生したものから広がっているのか、全国いたる所で個別に復活しているのかを知るには、コバネイナゴの移動能力を明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) 安藤隆夫ら(1987): 北陸病虫研報 (35): 30~33.
- 2) ANDO, Y. and C. YAMASIRO (1993): Appl. Entomol. Zool. 28: 217~225.
- 3) HUKUHARA, N. (1966): Appl. Entomol. Zool. 1: 201~203.
- 4) 福原樽男(1982a): 植物防疫 36 (11): 524~528.
- 5) ——— (1982b): 同上 36 (12): 571~575.
- 6) ——— (1983a): 同上 37 (6): 262~267.
- 7) ——— (1983b): 同上 37 (11): 498~502.
- 8) ——— (1984): 同上 38 (12): 571~577.
- 9) 市田忠夫(1992): 青森農試研報 (32): 95~113.
- 10) 稻生 稔(1978): 農業研究 25 (2): 11~14.
- 11) 加藤智弘ら(1988): 北日本病虫研報 (39): 182~184.
- 12) 小池賢治ら(1983): 北陸病虫研報 (35): 30~33.
- 13) 小島秀治郎(1976): 今月の農薬 20 (8): 72~75.
- 14) 熊代三郎(1935): 農学研究 25: 195~220.
- 15) 大町文衛(1950): 三重大農報 (1): 41~44.
- 16) 清水喜一(1987): 千葉の植物防疫 39: 8~13.

本会発行図書

新刊!

『性フェロモン剤等使用の手引』

同書編集委員会 編集 B5判 86ページ(カラー4ページ)

定価 1,800円(本体1,748円) 送料 310円

害虫の発生予察用に広く利用されている性フェロモン剤を、初めて使用される方を対象に編集した手引書です。性フェロモン剤の基礎的知識を得る参考書として、現場におけるマニュアルとして平易に解説されております。また、旧版では取り上げていなかった防除用の性フェロモン剤についても、交信かく乱・大量誘殺に分けて各製剤ごとに解説してあります。

お申し込みは前金(現金書留・郵便振替・小為替など)で直接本会までお申し込み下さい。