

石川県におけるイナゴ類の分布とその群飛行動

橋 爪 賢 司・弘 中 満太郎

Kenji HASHIZUME and Mantaro HIRONAKA :

Distribution and swarm flights of grasshoppers in the genus *Oxya* (Orthoptera, Acrididae)
in Ishikawa Prefecture, Japan

水稲害虫とされるイナゴ類であるが、石川県に生息する種の分布や、その生態は、未だ十分に明らかにされていない。そこで、県内全域の水田で採集したイナゴ類の種を同定し、県内のイナゴ類の種構成と地理的分布を明らかにした。また、8月に石川県中部で観察される夜間のイナゴ類の群飛行動の特徴とそれを示す種を明らかにすることを試みた。県内87地点の水田から1,811個体のイナゴ類が採集され、コバネイナゴ*Oxya yezoensis*とハネナガイナゴ*Oxya japonica*の2種が確認された。コバネイナゴは石川県の北部と南部を中心に生息する一方、ハネナガイナゴは金沢市から羽咋市にかけての県中部に生息していた。2018年の群飛行動は8月中下旬の約10日間、金沢市から羽咋市にかけての範囲で、夜間に観察された。県内101店舗のコンビニへの聞き取り調査においても、この範囲で、強い正の走光性を伴う群飛行動が8月の夜間に起こっていることが支持された。群飛現象時に採集された961個体のイナゴ類を同定したところ、99.4%がハネナガイナゴであった。これらの結果から、石川県ではハネナガイナゴが県中部において、正の走光性を伴う顕著な群飛行動を示すことが明らかになった。

Key words : 群飛行動, 分散, 走光性, コバネイナゴ, ハネナガイナゴ, swarm flight, dispersal, phototaxis, *Oxya yezoensis*, *Oxya japonica*

緒 言

イナゴ属 (*Oxya*) に属するイナゴ類は古くから水稲の重要害虫であり³²⁾、現在、石川県での発生が確認されている²²⁾。日本には6種1亜種⁵⁾あるいは10種²⁴⁾のイナゴ類が生息しており、最も普通に見られるのはコバネイナゴ*Oxya yezoensis* Shiraki (バッタ目: バッタ科) とされる²⁵⁾。コバネイナゴも水稲の害虫であり、葉を食害することで間接的に米を減収させ、さらに多発すると枝梗やもみを食害することで大きな被害をもたらす¹⁰⁾。イナゴ類は、1950年代前半までは全国的に多発していたが、BHCなどの有機塩素系殺虫剤の使用により激減した。その後、それらの殺虫剤の使用が禁止され、発生源となる休耕田が増加すると再び密度の回復が起こった¹⁾。1970年代から1980年代にかけて、東北地方をはじめとし

て、関東、中部、近畿地方を中心に、全国的に増加傾向にあると報告されている^{3,9)}。

一方近年、石川県の中部に位置する河北郡付近では、8月中下旬の夜間に、コンビニエンスストア (以下、コンビニ) などの商業施設の窓や道路灯などの人工光源に、非常に多くのイナゴ類が群れて飛来することが確認されている (弘中, 私信)。しかし、同時期の県内の他地域では、イナゴ類の生息は確認されたものの顕著な群飛現象は見られない (弘中, 私信)。こうした事実から、石川県には種もしくは翅型が異なる複数のタイプのイナゴ類が分布していることが推察された。

日本全国のイナゴ類の長期的な動態や、個体数増加を示唆するような群飛現象の近年の観察例は、今後の水稲に対するイナゴ類による被害の増大を予想させるものである。しかし、石川県では水稲が主要な農作物であるに

もかわらず²⁷⁾、イナゴ類の種の分布や、その生態などは十分に把握されていない。イナゴ類の被害が拡大していく可能性がある中で、石川県のイナゴ類の種構成や地理的分布の特徴を明らかにすることは、イナゴ類の防除について重要な知見をもたらすと考えられる。同時に、これまでイナゴ類では報告されていない、顕著な夜間の群飛現象は、イナゴ類の生態の新たな理解と、それに基づいた新しい発生予察・防除技術につながることを期待される。そこで本研究では、県内全域の水田で採集したイナゴ類の種を同定し、県内のイナゴ類の種構成と地理的分布を解明した。また、石川県内で観察される夜間の群飛現象の時空間的特徴とそれを示す種を明らかにした。

材料および方法

昆虫

イナゴ類 *Oxya* spp. (バッタ目: バッタ科) は、飛翔しにくいコバネイナゴも十分な数を捕獲できるように、捕虫網と手によって捕獲され、日付と場所を記入したビニール袋に入れて保冷箱で大学まで運搬された。それらのイナゴ類は、雌雄、種および翅型の同定がなされるまで、 -18°C の冷凍庫にて保管された。

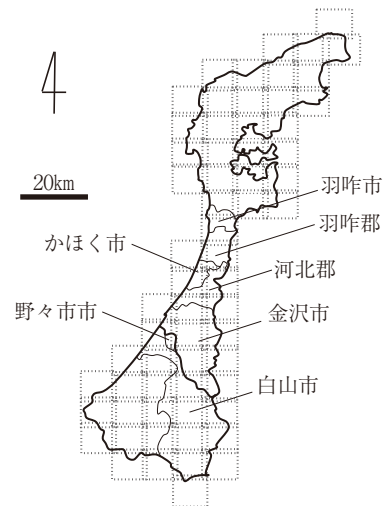
雌雄は産卵器の有無によって判別した^{24,34)}。種の同定には加納ら (2016)²⁴⁾のイナゴ属検索表を用い、雌では腹部第3背板後側角におけるとげの有無によってハネナガイナゴ *Oxya japonica* (Thunberg) (バッタ目: バッタ科) か、コバネイナゴかを判別し、雄では交尾器の挿入器先端の太さの違いによってこの2種を同定した。またコバネイナゴの翅型は、翅と脚が体についた状態で翅と後脚腿節を平行にしたとき、翅の先端が後脚腿節の端よりも長いものを長翅型、短いものを短翅型とした²⁾。なお、安藤 (1998)²⁾は、短翅型ではなく普通型と呼ぶことを提唱しているが、本論文では短翅型と表記した。

地理的分布

石川県全域におけるイナゴ類の種構成と、各地域での種の割合を明らかにするために、水田でイナゴ類を採集する分布調査を行った。調査は2018年9月8日から9月28日にかけて行った。予備調査において、天候による捕獲個体数の大きな違いは認められなかったため、採集は晴天や曇天のみならず、雨天でも行った。国土地理院の2万5000分の1地形図の石川県を覆う63メッシュを調査範囲とした (第1図)。なお、それぞれのメッシュは、

11.3km×12.5kmの範囲と設定されている。2万5000分の1地形図にある舳倉島を含むメッシュについては、Googleマップの航空写真やブログなどから得られた情報より、水田が存在しないと推測されたので、調査は行わなかった。加えて、山間部や県境を含むメッシュについても、Googleマップの航空写真、その他の地図などで水田が確認されなかった場合、そのメッシュでの調査は行わなかった。

メッシュ毎に任意の水田 (20m×20m以上) で採集を行った。本調査では、メッシュ内でできる限り多くのイナゴ類を採集することを目的として、以下のように調査を進めた。調査者が1人の場合、最初の地点で15分採集を行った時点でのイナゴ類の採集数が6個体以上であれば、その地点で採集時間が1時間になるまで採集を続けた。一方、採集個体数が5個体以下であれば、その地点での採集を終えて、次の地点で採集を行った。その場合、次の地点で15分経過時に同じように6個体以上であれば、採集時間が先ほどの地点での採集時間と合わせて1時間になるまで採集を続行した。5個体以下であれば次の地点に移動してまた15分間採集を行ない、15分経過時の採集個体数で、これまでと同じように次の地点に移動するか判断した。1つのメッシュにつき最大4地点まで調査を行った。山間部など水田の占める面積が小さいメッシュ以外では、次の調査地点を1km以上離れるよう選定した。さらに、1個体以上採集されながらも3地点目で採集個体数が5個体以下であった場合は、それまでの地点に戻って採集することとした。その結果、最終的に53メッシュ87地点でのデータが得られた。全てのメッシュ



第1図 調査メッシュと石川県中部の郡市の名称

において調査者の合計の採集時間が1時間となるように採集を行った。調査者は1人もしくは2人とした。それゆえ、2人で採集を行った場合には、そのメッシュは1人あたり30分の採集時間とした。調査者は、捕虫網と手を用いて、時間内に採集できるすべてのイナゴ類の成虫を採集した。

個体数の季節消長

石川県中部の河北郡付近で起こるとされるイナゴ類の群飛現象の発生期を明らかにするために、コンビニでのイナゴ類の飛来個体数の経日変化調査を行った。2018年8月6日から9月27日まで1週間おきに、さらに群飛現象が初認された8月13日からは2週間毎日、調査を行った。金沢市、かほく市、河北郡にまたがる地域からコンビニを5店舗設定した。また河北郡付近の地域との比較のために野々市市、白山市にまたがる地域からも5店舗設定した。コンビニを中心とした半径およそ200m以内に、50m×50m以上の面積をもつ水田が存在することを条件として10店舗を選定した。選定した各店舗間の最短距離は、0.5km～2.7kmであった。各地域のコンビニは同一企業ではなく、金沢市、かほく市、河北郡の店舗には、ファミリーマートが3店舗、ローソンが2店舗含まれた。また、野々市市と白山市の店舗には、ファミリーマートが3店舗、ローソンが1店舗、セブンイレブンが1店舗含まれた。

調査者は21時以降にそれら10店舗を回り、窓ガラスを含めて店舗の壁面に付着しているイナゴ類の個体数をカウントした。また、殺虫剤などによって死亡している個体が見られた場合には、その死体も含めてカウントした。最初に調査を行った店舗で天気を記録した。カウント終了後に、各店舗でそれぞれ20個体をランダムに採集した。その店舗に飛来していた個体数が20個体に満たなかった場合には、全ての個体を採集した。

個体数の経時変化

人工光源に飛来するイナゴ類が、どの時間帯に飛来し飛去するのかを明らかにするため、コンビニへの飛来個体数を2週間おきにカウントする経時変化調査を行った。調査は2018年8月15日、19日、20日の3日間に行った。金沢市、かほく市、河北郡にまたがる地域からコンビニを9店舗設定した。対象のコンビニには、ファミリーマートが6店舗、ローソンが2店舗、セブンイレブンが1店舗含まれた。調査者は18時から翌朝8時まで、2時

間おきに9店舗を回り、窓ガラスを含めて店舗の壁面に付着しているイナゴ類の数をカウントした。本調査では、死亡している個体はカウントしなかった。毎回のカウントの際に、前回カウント時からその時点までに、何らかの防虫処理（殺虫剤の散布や放水）がなされたかどうかをコンビニの店員に確認し、防虫処理が行われた店舗のデータは解析から除いた。この調査により、防虫処理が行われなかった6店舗における10日分の経時変化のデータが得られた。

群飛現象の分布

イナゴ類の群飛現象の起こる地理的な発生範囲を明らかにするために、石川県中部付近のコンビニで、飛来しているイナゴ類の個体数の調査を行った。調査は、群飛現象の起こった2018年8月13日に、石川県白山市三浦町から羽咋市中川町にかけての範囲で、合計58店舗のコンビニを対象に調査を行った。対象のコンビニには、ファミリーマートが39店舗、ローソンが9店舗、セブンイレブンが9店舗、デイリーヤマザキが1店舗含まれた。調査者は21時から翌朝5時まで、南から北に向かってそれらの店舗を回り、窓ガラスを含めて店舗の壁面に付着しているイナゴ類の個体数をカウントした。また、殺虫剤などによって死亡している個体が見られた場合には、その死体も含めてカウントした。その際、種類は同定せず、標本も採集しなかった。その他の方法は、経日変化調査と同様とした。コンビニの企業別の飛来個体数の差は、統計解析ソフトJMP (SAS Institute, version 12.2.0) を用いて、チューキーのHSD検定により比較した。

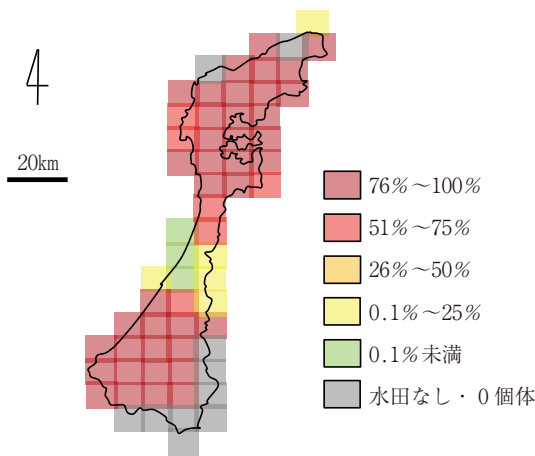
また、石川県全域における群飛現象の発生範囲を明らかにするため、2018年11月20日から11月27日にかけてコンビニの店員に対する聞き取り調査を行った。国土地理院の2万5000分の1地形図の石川県を覆う63メッシュを対象範囲とした。メッシュ毎に任意の4店舗のコンビニを設定した。メッシュ内にコンビニが4店舗に満たない場合には、3店舗以下とした。その結果、35メッシュで101店舗が設定され、各店舗1人の店員に聞き取りをした。夜間の時間帯に勤務している店員を対象とするため、調査は基本的に18時～24時の間に行った。調査者は、まず任意の店員にイナゴ類の写真を見せ、イナゴ類を知っているかどうかを確認した上で、2017年から2018年にかけて、そのコンビニへのイナゴ類の集団飛来の有無、飛来が確認された月、飛来の時間帯について回答を得た。

結 果

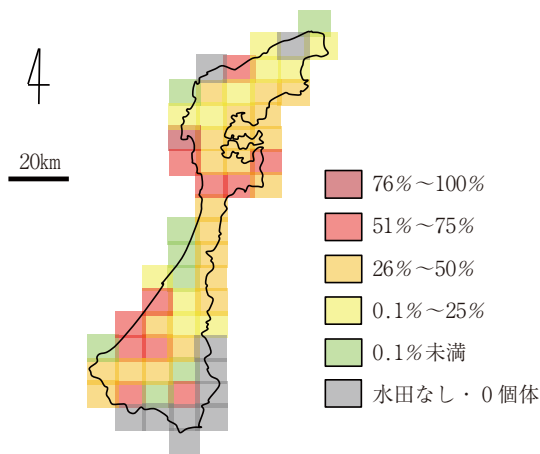
石川県でのイナゴ類の分布

石川県全域の水田87地点、63メッシュを対象とした分布調査において、県内全域でイナゴ類を確認することができた。イナゴ類が採集されなかったのは、87地点中の14地点であり、メッシュで見えた場合には、「皆月」と「宝立山」の2メッシュのみであった。採集された1,811個体のうち、1,507個体がコバネイナゴであり、304個体がハネナガイナゴであった。

コバネイナゴは87地点中67地点、63メッシュ中50メッ



第2図 石川県におけるコバネイナゴの分布
メッシュ毎に、採集されたイナゴ類に対するコバネイナゴが占める割合を6段階で示した。なお、灰色のメッシュは水田がない、もしくはイナゴ類が採集されていないメッシュを示している。

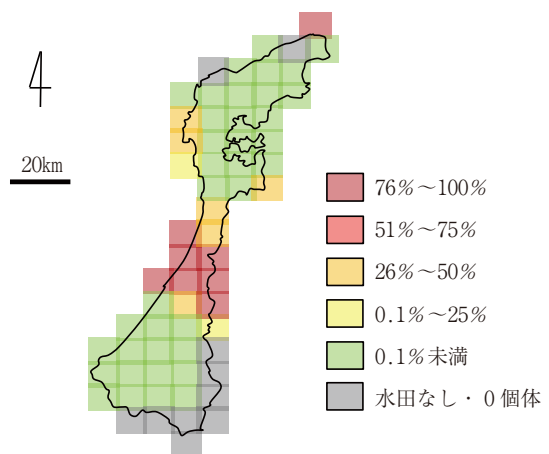


第3図 石川県におけるコバネイナゴ長翅型の分布
メッシュ毎に、コバネイナゴの採集数に対するコバネイナゴ長翅型が占める割合を6段階で示した。

シュで確認された(第2図)。コバネイナゴ1,507個体のうち、26.4%にあたる398個体が長翅型であり、これは石川県全域で確認された。また短翅型に比べて長翅型は、沿岸部に近い水田に多い傾向が認められた(第3図)。一方、ハネナガイナゴは87地点中22地点、63メッシュ中16メッシュで確認された。ハネナガイナゴは、金沢市から羽咋市にかけての石川県の中部に位置する地域に集中して分布していた(第4図)。

群飛現象の経日変化と経時変化

石川県中部である河北郡付近のコンビニでのイナゴ類の個体数調査において、2018年8月13日に突如、それまで平均飛来個体数が数個体であった5つのコンビニに、数百個体のイナゴ類が飛来した(第5図A)。この飛来行動を群飛行動と呼ぶことにした。経時変化調査の結果、イナゴ類はおおよそ20時までの間に飛来し終えることが明らかになった(第6図)。コンビニの駐車場で継続的に観察したところ、イナゴ類は日没後の19時過ぎから飛来することが観察された。飛来したイナゴ類の多くは、窓ガラスか、コンビニの壁面や駐車場に設置された人工光源の付近に付着して停止した。飛来した個体の一部には交尾行動をするものが観察された。そして、防虫処理などの人為的な攪乱がない状況においては翌朝まで飛去することはなく、翌朝の6時~8時の間に飛去を始めた(第6図)。継続的に観察した幾つかの例では、10時までにはほとんど全てが飛去した。駐車場灯など、高い位置に存在して周囲に遮る構造物がない人工光源では、飛来した個体は数十秒から数分間、人工光源の周囲を地表



第4図 石川県におけるハネナガイナゴの分布
メッシュ毎に、採集されたイナゴ類に対するハネナガイナゴが占める割合を6段階で示した。

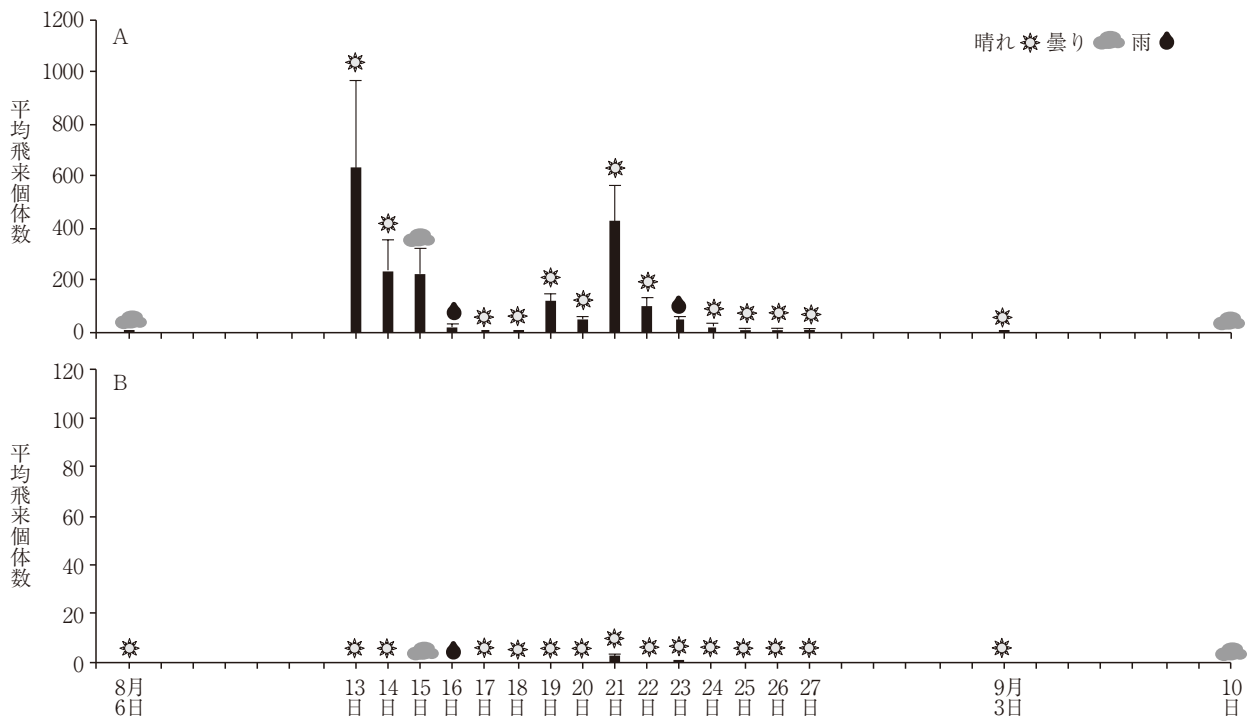
に降りることなく旋回した後に、地表に着地する個体が数多く観察された。地表に着地した個体は何度か飛翔を試みたが、飛来時のようには長時間連続的に飛ぶことができない様子が見られた。

群飛行動時、イナゴ類は強い正の走光性を示して、人工光源に誘引された。照明の光が漏れている窓ガラスや人工光源の発光面に直接付着している個体、街灯などのポールといった照明装置に付着している個体、人工光源によって照らされた壁面や地面に定着している個体が見られた。いずれの個体も刺激がない状態ではほぼ静止していた。人が近づくなどの刺激があった場合には、跳躍や飛翔などの行動が観察された。道路照明のための人工光源にも多数の個体が誘引され、道路上で車などにより轢死した数多くの個体が観察された。またそれらの誘引された個体や轢死個体をイエネコ、カラス、ハサミムシ類などが捕食している様子が観察された。調査範囲では大別して水銀灯、白色蛍光灯、白色LED灯、黄色LED灯、ナトリウム灯、赤色カバーのついた白熱電球という

7種類の人工光源が認められた。赤色の白熱電球以外の人工光源には、いずれも多数のイナゴ類が誘引されることが確認された。

2018年の群飛行動は、およそ10日間で終息した。群飛行動の初認日である8月13日から2週間の観察期間において、平均飛来個体数が100個体を越える群飛現象は6日間観察された。8月13日に最も個体数が多く732.6±615.5個体（平均±標準偏差）が、次に8月21日に455±239.0個体が記録された。両日の天気は晴れであったが、その間の7日間には晴れた日であっても飛来個体数が少ない日が見られた。一方、同日に行った野々市市、白山市での調査では、21日に2.6±1.7個体、23日に1店舗で1個体が確認できただけで、群飛行動は確認されなかった（第5図B）。

群飛行動の初認日から2週間の期間に、河北郡付近の5つのコンビニで採集された947個体を同定したところ、そのうち99.9%である946個体がハネナガイナゴであり、1個体がコバネイナゴ長翅型であった。一方、野々市市



第5図 イナゴ類の群飛現象の2地域における経日変化

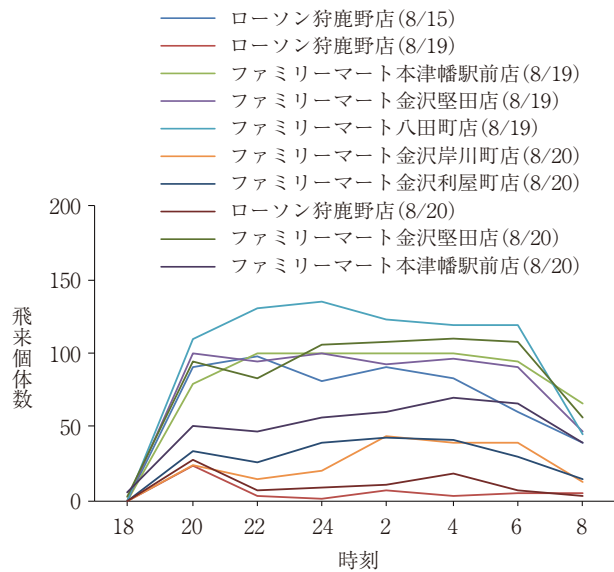
金沢市、かほく市、河北郡にまたがる地域（A）と野々市市、白山市にまたがる地域（B）において、各5店舗のコンビニを設定し、店舗の窓ガラスや壁面に付着しているイナゴ類の飛来個体数をカウントして平均個体数を得た。なお、（A）のグラフの縦軸の値は（B）のグラフのその10倍となっている。図中のエラーバーは、標準偏差を表している。各グラフの上のマークはその日の天候を晴れ、曇り、雨の3パターンで表している。

付近の5つのコンビニで採集された14個体は、64.3%である9個体がハネナガイナゴであり、35.7%である5個体がコバネイナゴ長翅型であった。

群飛現象の地理的な局在

最も顕著な群飛行動が観察された2018年8月13日に、石川県中部の河北郡付近を中心とした58店舗のコンビニへのイナゴ類の飛来個体数を調べた。そのうちの46店舗でイナゴ類の飛来が認められ、合計7,325個体のイナゴ類が確認された。金沢市、河北郡内灘町にまたがる河北潟の周辺を中心にイナゴ類の群飛行動が確認され、その南端は金沢市、北端は羽咋市であった(第7図)。最も多くのイナゴ類が飛来していたのは、かほく市の南に位置する店舗であり、1,900個体が確認された。今回の調査において主だった3つ企業のコンビニへの平均飛来個体数と標準偏差を算出した。その結果、ファミリーマート、ローソンおよびセブンイレブンがそれぞれ、 136.9 ± 319.9 個体 ($N=39$), 118.3 ± 179.4 個体 ($N=9$), 98.8 ± 160.8 個体 ($N=9$) となり、地点の影響が大きかったこともあって、企業ごとの平均飛来個体数に有意な差は認められなかった(テューキーのHSD検定: $P>0.05$)。

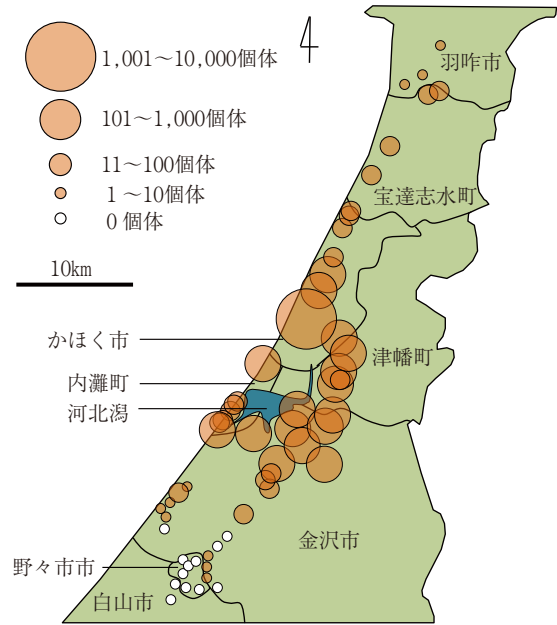
石川県全域のコンビニを対象として、イナゴ類の夜間の群飛現象の有無について聞き取り調査をした。調査対



第6図 コンビニに飛来したイナゴ類の経時変化

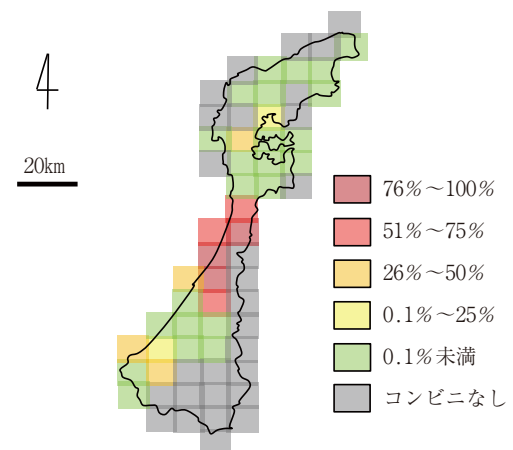
金沢市、かほく市、河北郡にまたがる地域の6店舗のコンビニを設定し、イナゴ類の飛来が始まる前の18時から翌朝8時まで、飛来個体数を2時間おきにカウントした。

象としたコンビニの店員の97.0%である98名がイナゴ類を知っていた。調査をした101店舗中、27店舗でイナゴ類の飛来が2018年にあったとの回答を得た。飛来があっ



第7図 群飛現象時の各地域のコンビニへのイナゴ類の飛来個体数

顕著な群飛行動が確認された2018年8月13日に、野々市市、金沢市、かほく市、河北郡、宝達志水町を含む、石川県白山市から羽咋市にまたがる地域の58店舗のコンビニに集まっていたイナゴ類の個体数をカウントした。誘引されていた個体数を5段階の円のサイズで地図上に示した。



第8図 2018年にイナゴ類の飛来が確認されたコンビニの割合

石川県全域からコンビニ101店舗を設定して、2018年のイナゴ類の店舗への飛来について聞き取り調査を行った。メッシュ毎に、コンビニなしを含めて6段階で、全調査店舗数に対する誘引が見られたと回答した店舗数の割合を図中に示した。

たと回答した店舗のうち、20店舗が金沢市から羽咋市までの地域に含まれていた（第8図）。こうした結果は、分布調査により明らかにしたハネナガイナゴの分布している範囲と極めて明確に一致した。また、金沢市以南の5店舗、羽咋市以北の2店舗で、イナゴ類の飛来があったとの回答を得た。それ以外の地域では、河北郡付近で確認されたコンビニへの多数のイナゴ類の飛来は観察されていなかった。また、飛来があったと回答した店舗のうち、92.6%にあたる25店舗で飛来時間帯が日没後との回答が得られ、同じく25店舗で、その時期が8月との回答が得られた。

考 察

本研究により、石川県の水田にはイナゴ属のイナゴ類として、コバネイナゴとハネナガイナゴの2種類が生息することが明らかになった。そのうちコバネイナゴは県北部と南部に、ハネナガイナゴがコバネイナゴに挟み込まれるように県中部に分布していることが明らかになった（第2図、第4図）。また、ハネナガイナゴが、夜間に顕著な群飛行動を示すこと、その際に強い正の走光性を示すこと、その群飛行動の発生範囲が生息域と同じ金沢市から羽咋市付近の県中部に限定されていること（第7図、第8図）を明らかにした。

石川県のイナゴ類の分布

今回の分布調査で、石川県には全県的にイナゴ類が分布していることが明らかになった（第2図、第4図）。石川県におけるイナゴ類の分布に関する報告は、1990年代からある。Ando and Yamashiro (1993)³⁾によると、1990年に、現在の石川県野々市市と小松市で行なわれたイナゴ類の調査では、コバネイナゴとハネナガイナゴ、どちらの種も確認されていない。その後、石川県農林総合研究センターの水稲生育診断技術確立調査によると、1995年に小松市を中心とした地域で「イナゴ」が確認されており、その後断続的に、河北郡あるいは鹿島郡を中心とした地域でも「イナゴ」が確認されている^{11,12,13,14,15)}。同調査では、コバネイナゴが散見される、という表記が2000年の小松市を中心とした地域で確認され、ここでコバネイナゴが石川県にてはじめて報告された。2008年から2011年までの期間には、イナゴ類の報告はなかったが、2012年以降は河北郡を中心とした地域での「イナゴ」もしくはコバネイナゴの報告例が顕著に見

られる^{16,17,18,19,20,21,22)}。石川県でのハネナガイナゴの最初の確認は2013年である。石川県金沢市の河北潟付近の水田でコバネイナゴと共に確認され、密度がコバネイナゴよりも高いことが示されている³¹⁾。1990年前後に行われた日本全国の水田や休耕田における調査によると、当時、ハネナガイナゴは西南暖地の一部の地域にだけ生息しており、その密度も低いとされていた^{1,3)}。こうしたことから、関東地方以西に生息するとされるハネナガイナゴが²⁾、2013年以前に石川県中部に侵入したことが推察された。

ハネナガイナゴが現在、石川県中部に局在する要因としては、県中部に限定的に侵入した状態にある可能性と、全域で侵入があった／あるものの県中部でのみ定着した可能性の2つが考えられた。限定的侵入仮説の1つとしては、隣県の富山県からの侵入がある。2015年に、富山県の氷見市から小矢部市にかけて、それまで見られなかったハネナガイナゴが確認されており²⁸⁾、この地域は石川県中部のハネナガイナゴの発生地域と隣接している。しかし、河北潟付近では、前述のように2013年の時点ですでにハネナガイナゴが生息していた記録があることから、反対に石川県中部から富山県へハネナガイナゴが侵入した可能性が指摘されている²⁸⁾。別の限定的侵入仮説としては、河北潟を中心とする石川県中部の埋立地の土地造成に使われた土にハネナガイナゴの卵が交じることで、卵の状態ですべて石川県中部に侵入し、孵化した幼虫が育った可能性が指摘されている⁸⁾。県中部でのみ定着したと考えた場合にも、幾つかの要因が考えられる。例えば、区画整理を行った直後の水田では、ブルドーザーによって卵がつぶれるか、土中に埋まって孵化できなくなり、イナゴ類の密度の低い、好適な環境が一時的に作り出されるとされる³⁾。区画整理で好適な環境になった県中部の河北郡付近の水田において、顕著な分散行動を示す飛翔性に優れたハネナガイナゴがいち早く定着し、優占種となった可能性がある。また、農薬への感受性の違い³⁰⁾や、水稲の栽培時期⁶⁾、一定面積あたりの水田の占める割合や畦周辺の草丈³⁵⁾、といった要因もコバネイナゴとハネナガイナゴの密度に影響を与えると考えられている。残念ながら現時点では、その要因を特定することはできていない。今後、石川県に侵入したと考えられるハネナガイナゴの移住と定着のメカニズムを明らかにすることが期待される。

イナゴ類における群飛行動

一般に、生物の運動のタイプは、その目的や特徴から3つに大別される。第1は、餌や隠れ家、交尾相手を探すような比較的短距離の運動である「探索」、第2は、社会的もしくは環境的な刺激に反応して、繁殖のための行動圏を新たな場所に移すための「分散」、第3は、定期的に住みかを往復して、一時的に悪化した環境から逃れるための「移動」である²³⁾。今回観察されたハネナガイナゴの群飛行動は、連続した飛翔継続時間から、少なくとも一晩に数百メートルから数キロメートルという大きなスケールで起こること、年1回しか確認されず不可逆的な行動であることから、繁殖のための「分散」行動と考えられた。

イナゴ類の運動についての報告は断片的である。Chahal (1963)⁴⁾は、インドのルディヤーナーにおいて、*Oxya nitidula* (Walker) (バッタ目：バッタ科)の複数の寄主植物においてすくい取り調査を行い、春から秋にかけて餌植物が変化することで、「探索」による生息場所の移り変わりがあることを明らかにした。イナゴ類の運動に関する詳細な記録は、コバネイナゴでなされている。安藤 (1998)²⁾は、1996年と1997年に、8月下旬から9月上旬の10時～16時にかけて、弘前大学の屋上にかなりの数のコバネイナゴが飛来するのを目撃し、捕獲した数十個体のコバネイナゴ全てが長翅型であることを確認した。また成虫は、生涯飛ぶことが可能な状態にあるが、この移動・分散に通じる飛翔行動は交尾後で卵巣発育前に限られていると推察した。加えて、コバネイナゴの長翅型が10kmを超える距離を飛翔できることを、繁殖地ではない場所からコバネイナゴの長翅型を採集したという事実から推定している。こうした先行研究を踏まえると、分散を目的とした群飛行動は、コバネイナゴとハネナガイナゴに見られる共通の特徴と考えられる。しかし、その時間的特徴は大きく異なっており、コバネイナゴの群飛行動は昼間になされるのに対し²⁾、ハネナガイナゴは少なくとも夜間に観察された。今回の調査では、ハネナガイナゴが昼間に群飛行動を示す証拠を得ることはできなかった。また聞き取り調査において、8月以外の他の時期にイナゴ類の夜間のコンビニへの飛来は報告されていないことから、石川県のコバネイナゴは現時点では夜間の群飛行動は行っていないと考えられる。しかしその一方で、Julien et al. (2016)²³⁾が指摘するように、個体群の密度や捕食リスクが分散現象に影響することも考えられる。わずかに6個体であるが、経日変化調査に

おいてコバネイナゴ長翅型が夜間にコンビニに飛来していることを考え合わせると、石川県のコバネイナゴ長翅型の密度がさらに高まるなどの変化が起きた場合、夜間の分散現象がコバネイナゴにおいても観察される可能性は残る。

イナゴ類の走光性

本研究において、群飛行動中のハネナガイナゴが、強い正の走光性を示すことが明らかになった。イナゴ類の正の走光性行動については、断片的ではあるが、幾つかの報告例がある。例えば、東シナ海で行われた海洋飛来昆虫の採集において、ブラックライトに誘引されたと思われるハネナガイナゴが1個体採集されている⁷⁾。インドのタミル・ナードゥ州におけるトゲダニ類の調査では、ライトトラップにイナゴ属の一種が誘引されたことが報告されている²⁹⁾。またXue et al. (2013)³³⁾は、中国の宣城市で、タバコ畑に設置したライトトラップに*Oxya chinensis* (Thunberg) (バッタ目：バッタ科)が誘引されることを報告した。Kokanova (2018)²⁶⁾は、トルクメニスタンのアシガバートで、夜間に人工光源に誘引されたと思われる*Oxya fuscovittata* (Marschall) (バッタ目：バッタ科)が採集されたことを報告している。こうした事実は、イナゴ類の分散時期において、人工光を利用した簡易な発生予察技術確立の可能性を示すものである。

今回、石川県のイナゴ類の群飛現象の地理的な発生範囲と群飛個体の密度を明らかにするにあたり、正の走光性によって引き起こされるコンビニへの飛来個体数から評価を試みた。コンビニは高く規格化されていることから、コンビニ店内や駐車場に設置される人工光源の種類や数が、他の小売業の店舗に比べて店舗間で類似している。また、県内全域に店舗が存在していること、コンビニ1店舗の人工光源の光強度が強いために広い誘引半径をもつと想定されること、などの点が誘引源として適切であると考えたためである。コンビニ以外の他の誘引光源としては、道路灯や自動販売機の照明灯が考えられる。これらの人工光源にも、ハネナガイナゴは誘引されていた。しかし、道路灯や自動販売機の問題点の1つは、その光強度が弱いことが挙げられ、近傍の明るい別の人工光源に影響を強く受ける可能性を考えると、コンビニの方がより正確な結果を得られると考えられた。今回の調査で設定したファミリーマート、ローソン、セブンイレブンでは、店舗内外に設置される人工光源の種類や配置

には幾らかの違いが見られる場合があったものの、企業ごとの平均飛来個体数に有意な差は認められなかった。これらのことから、ハネナガイナゴを含めた正の走光性を示すイナゴ類の調査において、コンビニの人工光源を利用することは有用であると考えられた。

謝 辞

研究情報の共有や議論を共に行い、さらに貴重な資料を提供して下さった石川県農林総合研究センターの農業試験場資源加工研究部の八尾充陸氏、渡邊照之氏に感謝申し上げます。また、本研究において石川県全域でのイナゴ類の分布調査にご協力いただいた石川県立大学生物資源環境学部生産科学科植物病理学研究室の中島昌太氏と夏目英哉氏、生物資源経営学研究室の中橋瞭太氏、応用昆虫学研究室の西村渚氏、植物育種学研究室の本郷将太郎氏に感謝申し上げます。

本研究はJSPS科研費17K08149の助成を受けたものです。

引用文献

- 1) 安藤喜一 (1993) 発生増加のみられるイナゴをめぐる - 水田での直翅目の種類と生態 - . 植物防疫 47 : 311~314.
- 2) 安藤喜一 (1998) コバネイナゴの分散多型と季節適応. 植物防疫52 : 436~439.
- 3) Ando, Y. and C. Yamashiro (1993) Outbreaks and delayed hatching after hibernation in the rice grasshopper, *Oxya yezoensis* SHIRAKI (Orthoptera: Catantopidae). Appl. Entomol. Zool.28 : 217~225.
- 4) Chahal, B. S. (1963) Ecological studies on *Oxya nitidula* WALKER Acrididae: Orthoptera. PhD Thesis, Agricultural Zoology Entomology, Panjab University.
- 5) 福原植男 (1982) 水田に見られる直翅目害虫の見分け方 (1). 植物防疫36 : 524~528.
- 6) 長谷川順一 (2015) 栃木県におけるハネナガイナゴの増加とその原因. 月刊むし529 : 43~47.
- 7) 林 薫・鈴木 博・牧野芳夫・朝比奈正二郎 (1979) 東支那海における海上飛来昆虫の3年間 (1976年~1978年) の調査成績. 熱帯医学21 : 1~10.
- 8) 北陸中日新聞 (2018) 公園がイナゴの楽園に. 北陸中日新聞石川朝刊 (2018年8月26日).
- 9) 市田忠夫 (1992) コバネイナゴの発生生態. 青森農試研報32 : 95~113.
- 10) 石黒清秀 (1992) 水稻のコバネイナゴによる被害の解析 I. 出穂期から成熟期の加害が収量に及ぼす影響. 北日本病虫研報43 : 87~89.
- 11) 石川県農林総合研究センター (1995) 平成7年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査9 : 1~6.
- 12) 石川県農林総合研究センター (2000) 平成12年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査7 : 1~6.
- 13) 石川県農林総合研究センター (2002) 平成14年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査5 : 1~6.
- 14) 石川県農林総合研究センター (2006) 平成18年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査8 : 1~6.
- 15) 石川県農林総合研究センター (2007) 平成19年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査6 : 1~6.
- 16) 石川県農林総合研究センター (2012) 平成24年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査6 : 1~6.
- 17) 石川県農林総合研究センター (2013) 平成25年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査9 : 1~6.
- 18) 石川県農林総合研究センター (2014) 平成26年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査8 : 1~6.
- 19) 石川県農林総合研究センター (2015) 平成27年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査4 : 1~6.
- 20) 石川県農林総合研究センター (2016) 平成28年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査7 : 1~6.
- 21) 石川県農林総合研究センター (2017) 平成29年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査10 : 1~6.
- 22) 石川県農林総合研究センター (2018) 平成30年産水稻の生育状況と今後の対策. 水稻生育診断技術確立調査9 : 1~6.

- 23) Julien, C., B. Greta, D. Lucie, C. E. Magda, W. C. Helene, D. Calvin, G. Georges, M. Erik, T. Justin, B. Michel and A. J. M. Hewison (2016) Behavioural synchronization of large-scale animal movements-disperse alone, but migrate together? *Biol. Rev.* 92 : 1275~1296.
- 24) 加納康嗣・河合正人・市川顕彦・富永 修・村井貴史 (2016) バッタ目. 日本産直翅類標準図鑑 (日本直翅類学会編), 357~361, 学研プラス, 東京.
- 25) 城所 隆 (2018) コバネイナゴの発生生態と防除. *植物防疫*72 : 608~616.
- 26) Kokanova, E. O. (2018) Formation patterns of acridid communities in urban landscapes of Turkmenistan. *Ann. Ecol. Environ. Sci.* 2 : 16~22.
- 27) 農林水産省 (2018) 平成27~28年石川農林水産統計年報. from http://www.maff.go.jp/hokuriku/stat/data/nenpou27_28/attach/pdf/isikawa-12.pdf
- 28) 根来 尚 (2016) 富山県石川県境付近のハネナガイナゴ. 富山市科学博物館研究報告40 : 95~96.
- 29) Radhakrishnan, V. and K. Ramaraju (2010) Relative abundance of mesostigmatid mites associated with insects in forest localities of Tamil Nadu. *Madras Agric. J.* 97 : 75~77.
- 30) 高田 要・薦田佳郎・宮武美恵子・隅野光代・井原敏明・西浦睦子・河井典子・住田公一郎・住田鈴子・吉田滋弘 (2015) ハネナガイナゴの分布に関する調査. *共生のひろば*10 : 40~43.
- 31) 高橋 久・川原奈苗 (2014) 河北潟周辺のタイプの異なる水田における陸生無脊椎動物相の比較-農法, 殺虫剤の空中散布及び周辺環境の影響に関する予備的調査. *河北潟総合研究*17 : 7~15.
- 32) 内田俊郎 (1951) 害虫ポケットブック. 54~55, 産業図書, 東京.
- 33) Xue, B., B. Zhou, Q. Tang and Z. Gao (2013) Arthropod biodiversity and community structures of tobacco ecosystems in the South of Anhui province, China. *J. Food Agric. Environ.* 11 : 2527~2531.
- 34) 安松京三・朝比奈正二郎・石原 保 (1965) 原色昆虫大図鑑. 24~25, 北隆館, 東京.
- 35) 吉尾政信・加藤倫之・宮下 直 (2009) 水田環境におけるバッタ目昆虫の分布と個体数を決定する環境要因-佐渡島におけるトキの採餌環境の管理に向むけて-. *応用生態工学*12 : 99~107.

(2019年9月30日受理)
