

北陸におけるニカメイチュウ研究と今後の方向

山代 千加子

Chikako YAMASHIRO:

Research activities and forecasts on the rice stem borer in Hokuriku area

北陸地域の稲作にとって重要害虫であるニカメイチュウは、全国的には1950年頃から増加を始めたと言われており¹⁾、80年頃までは北陸における水稲害虫研究の中心となってきた。研究の対象も発生生態や個体群動態、天敵などの基礎的知見から、防除技術や発生予察技術など実用段階のものまで多岐にわたっている。その後60年代から一部の地域で発生量の減少が認められるようになり、70年代には全体的に減少傾向が顕著となった。この減少傾向が、その後の無防除の試みや防除要否を巡る研究へと発展している。少発生の傾向は現在も続き、重要害虫としての地位は斑点米カメムシなどに移行している。

また、北陸農試(現北陸研究センター)を中心に行われた性フェロモンに関する研究は、配偶行動に関わる基礎的な解析ばかりでなく、実用化に向けた実証的試験においても全国的に貴重なデータを提供しており、その後の予察用フェロモントラップの普及に貢献した。

ニカメイチュウに限ったことではないが、北陸の病害虫研究は試験研究機関だけでなく、病害虫防除所、農業改良普及センターや現場の防除に直接携わっている農業共済組合、JAなどの職員による調査報告や研究報告が多い。特にニカメイチュウはかつて最重要害虫として各県とも基幹防除の対象としてきたことから、現場の防除活動を直接指導し、支えてきた人たちの貴重な体験が研究の土台となっており、良質米産地としての北陸の稲作を支える力となってきたと言えよう。

I 研究の変遷

1 発生動向の推移と発生生態及び被害発生

1950年代から60年代にかけての発生量の多かった頃を中心に、北陸病虫研発足当初から発生量の地域性や多発生事例などが現場から多数報告されてきた。その中で広く共通的な内容として、ニカメイチュウは第1世代重点の防除効果が高いことや、各県における発生程度の地域性についての現象とその原因・背景などについての考察が行われている。

発生に関する特徴的な現象として、発生回数の問題が数編の報告で明らかになった。北陸地域は2化が大半であるものの、新潟県ではかなりの比率で3化目が発生する。また、新潟県の山間部に1化性と思われる個体群が存在し、この1化個体群は25℃長日条件でも蛹化しない個体が多いことから、内因性の休眠が示唆され、2化性の個体群とは別であることが示された。

稲の栽培型や品種の変遷にもなって、ニカメイチュウによる被害の特徴も変化をみせてきた。ニカメイチュウの被害は早播、早植の稲に集中し、著しい被害を受けることが常識化していたが、早植化が一般化したことを背景に、北陸農試でニカメイチュウの発育の観点から解析が行われた²⁾。それによると、早植稲での第1世代幼虫は食入時期が早く、死亡率が低い上に良く発育し成虫発生時期が早くなる。なお、その要因として薬剤感受性の差や品種・稲の栄養状態などから解析が試みられた。

一方第2世代では、早植稲は収穫も早まることから必ずしも一律に幼虫発育に好適とは言えない。すなわち、第1世代で発育促進を受けた次世代は有利に生存できるが、発育の遅れた幼虫はむしろ越冬できずに不利になることが考えられる。このことから、ニカメイチュウの早植稲における多発生は、第1世代による被害防止を重点にすることで回避できる可能性が高い。一方、ダラダラ発生の事例における多発生に関する報告もあり、必ずしも第1世代の重点防除で全てが解決するわけではなく、発生環境によっては第2世代にも配慮が必要である。この他、早生・晩生の品種の違いが幼虫の発育速度や発育量に直接的に影響していることも、幼苗を用いた幼虫飼育によって解明された³⁾。さらに稚苗機械移植の普及に伴って、幼虫の生存率や稲の補償作用にも変化がみられている。

早植えて早生・中生品種に集中した北陸の作型は、一般的には第2世代の発育に不適な環境であり、幼虫が発育するための期間と栄養が十分ではない。体重の軽い幼虫は越冬における生存率が低下することから、特にこの影響は早生品種で顕著になると思われた。

稲の栽培様式の変遷は、ニカメイチュウの発消長や地域性などにも少なからず影響を与え、各県では地域性の分類や地域差を生ずる要因解析が盛んに行われた。その後70年代以降の少発生傾向の中では、多発生事例の要因解析として稲品種の作付比率の違いや薬剤防除の不徹底などが指摘され、一部では薬剤感受性の低下が顕在化してきた。

2 生理・生態・個体群動態などの基礎研究

北陸地域における幼虫の齢数や齢期間などの基礎的な知見が各県で調査された他、北陸農試を中心にして、北陸地方の気象要因がニカメイガの発生に及ぼす影響や、圃場における個体群動態などの基礎研究が実施されてきた。また、性フェロモンを巡る基礎的応用的な研究が北陸を舞台に解析されてきたが、それについては別項目を設けて記述したい。

ニカメイチュウの生存に高湿度が適することは、北陸病虫研報でも早くから長野県などから報告されており、高湿度条件で幼虫の生存率が高まり、体重も重くなる。これに関与する気象要因として30℃～35℃の高温や60%以下の低湿度条件がニカメイガの発育に悪影響を及ぼすことから、北陸地域の夏期にみられる特異的な気象現象であるフェーン時の気象状況はかなり大きなマイナス要因である。

個体群動態の観点からは、幼虫の移動分散や被害の分布などを調べた研究が主なものである。第1世代の卵塊から孵化した幼虫は孵化後1日以内の死亡率が極めて高く、1日目までは卵塊のある株内にはほぼ留まっている。孵化1日後から7日後までに活発に分散するものの、この期間の死亡率は高くない。また刈り株においては被害茎が著しい集中分布を示す一方で、幼虫はポアソン分布を示した。稲架（ハザ）から刈り株への幼虫の移動はないと思われる。

刈り株に越冬する第2世代ニカメイチュウから翌年の越冬世代出現までの死亡率や死亡要因の推定などについては福井県で解析され、死亡は12月と4・5月に高く、主に寄生蜂と生理死によるものと推定された。ニカメイチュウの越冬場所としては、稲刈り株や農道・畦畔の雑草中などが指摘されているが、新潟県ではそれぞれの越冬場所の条件を検討し、雑草ではヒエ、カヤ、チガヤなどで越冬率が高いこと、稲刈り株では湿田より乾田で越冬率が高いことなどがわかった。このことから、第1世代の発生源としては雑草内越冬虫の密度が重要であるとしている。

マコモにニカメイチュウが寄生することは一般に知られているが、水田近くのマコモ群落と水田との間で交雑や移動があるか問題であった。新潟県では、マコモと稲

に寄生するニカメイチュウ個体群の関係を、交雑と餌の選択性、発生量の推移という基礎応用の両面から解析し、越冬世代は稲へ、第1世代はマコモへと移動している可能性が示唆された。

3 性フェロモンに関わる研究

ニカメイガの性フェロモンを発生予察や防除に利用する研究は、北陸地域が全国に先がけて行っている。基礎的な生理生態的研究は北陸農試で行われた²⁾。配偶行動の時刻は季節によって異なり、6月には薄暮期から始まって20時30分頃にピークに達するのに対し、8月には日没時刻は6月より早くなるにもかかわらず、始まり・ピークともに約2時間遅れる。その理由として、交尾の適温が20℃前後にあり、高温になるにしたがって交尾時刻が遅れることを実験的に認め、それが第1世代と第2世代の誘殺時刻の違いに大きく影響していると思われる。さらに、温度条件の違いによって湿度や照度が交尾行動に及ぼす影響が異なり、25℃以上の高温下では低湿度条件で交尾が抑制されること、交尾が誘起される臨界照度は高温になるほど著しく低下することなどが実験的に確認された。このようなことから、ニカメイガの配偶行動が6月には薄暮で容易に開始されるのに対し、8月には完全に夜の状態にならないと始まらないことの現象がよく裏付けられている。さらにこれらの配偶行動が基本的には生得的内因的なサーカディアンリズムによって支配され誘起されるものであるとの実験的な確認を行い、それに用いられる生物時計の推定を試みている。これらの生理生態的データが後の性フェロモン剤利用上の大きな裏付けとなっていることは言うまでもない。

性フェロモン剤の利用性に関する研究では、ニカメイガ性フェロモンの構成成分の同定とそれを用いた誘殺実験、さらに類縁化合物を用いる交信攪乱効果の試験等が北陸を舞台に行われてきた^{1,3)}。合成性フェロモンの発生予察への実用化にあたって積極的に検討が進められ、新潟県と長野県でフェロモントラップ利用の現地試験が実施されている。フェロモン剤の誘引活性は非常に高く、予察灯と比較した誘殺数は第1世代で3～5倍、あるいは8～10倍であった。一方、第2世代では低下し、予察灯とほぼ同程度の誘殺数であったが、誘殺消長はいずれも予察灯のそれと類似することから、予察灯に替えて発生予察に利用できることが示された。フェロモン剤は1化地帯のニカメイガにも利用できること、他害虫の混入が少なく調査が容易であることなどから、その後市販され、全国的に発生予察に利用されている。

さらに、新潟県では地域内に10個程度設置した性フェロモントラップによる誘殺数から、地域としての防除要否を判断するための防除要否判定基準を設定してい

る⁶⁾。

3 天敵

ニカメイガの天敵のメイチュウサムライコマユバチについては、福井県を中心に研究が行われ、発生予察上の重要な知見が得られている。福井県では年間5回発生すること、第2世代で寄生率が高くなり、越冬幼虫寄生率は1～2割程度で地域差が見られることなどを初め、詳細な生活史や生態が調査され、また薬剤散布や稲栽培様式の変化に起因する寄生率の変動などが検討された。

また、ニカメイチュウに対する薬剤防除が他害虫の天敵に及ぼす影響を調査した事例として、福井県ではクロカラムシ卵寄生蜂についての調査事例が得られている。

天敵類は総合防除の1素材として極めて重要であり、防除への利用が指摘されつつも、ニカメイチュウでは現在まで実用化に至っていない。

4 発生予察技術の変遷

発生予察技術は発生予察事業の進展とともに早くから研究されている分野であり、1950～60年代は気象条件と予察灯誘殺データをもとにした予察法の解析が中心に行われてきた。防除時期を判断するための誘殺消長と防除時期との関係、有効積算温度を用いて発蛾最盛日を推定する技術などが多い。

特に第2世代では稲体の生育量が大きくなり、食入後の幼虫に薬剤防除の効果が上がりにくいことなどから、発蛾最盛期を基準にした食入初期の防除が中心となっている。

被害の発生源としての稲架（ハザ）や野外に堆積させた稲ワラなどについて評価がされてきたが、発生予察の材料としても稲ワラが検討され、そこからの羽化消長などを予察灯と比較する試みが各県で行われた。

発生量に関する予察技術は、少発生傾向が顕著になる1970年代から検討が進み、第1世代と第2世代との関係などを気象要因の他に、第1世代への防除圧や発生消長（発生のダラツキ具合）などから解析されている。また70～80年代に富山県と新潟県を中心に、越冬前刈り株の被害発生程度や幼虫数が、翌年第1世代の被害発生程度の予測に利用できることが指摘され実用化されている。新潟県ではこれに、水田畦畔などの越冬植物を塩化ビニール製円筒で覆って、越冬幼虫を放虫して越冬率を予察する方法が提案され実施されてきた。

5 被害査定と防除の要否（要防除水準）

早植稲におけるニカメイチュウの発育特性を把握する研究とともに、北陸農試を中心に早植稲と普通植稲を比較した被害解析や品種比較などが検討された。それによると、早植で幼虫の発育が早く、穂の摂食で幼虫の発育が促進され、出穂期の早い稲で被害が多くなりやすい。

また被害発生に対する品種間差では、穂数型品種よりも穂重型や中間型品種で鞘枯茎数に対する芯枯茎数の比率（発生程度）が高く被害につながりやすく、熟期の遅い方が早い品種よりも同様に芯枯比率が高い。これらの被害解析と被害発生に関する事例報告により、北陸の早植稲作では第2世代より第1世代の被害が重要で、そこに防除の重点をおく必要があること、また、第2世代は品種によっては多発生する懸念があることなど、その後の防除対策における基本的考え方ができあがった。

第2世代の被害としては、稲の登熟への影響が主要なものであるが、食入時期と稲の品種別登熟期との関係から被害程度を調査し、被害率と減収率との関係が求められている。

1960年代からはニカメイチュウの発生が減少傾向となり、地域によってかなり少ない状況になった。そのような地域では、それまで実施されてきた薬剤防除の必要性に疑問の声が出始め、68年に新潟県上越地域の一部で初めて第1世代無防除の試みが現場主導で行われた。約2,000haで無防除としたが、その後の被害は収量に影響するレベルには至らなかった。これを初めとして、71年には新潟県下越地域の一部で75haの無防除、石川県松任市を中心とした5,400haでは73年からの3年間無防除などの事例がある。無防除を試みた後の経過は第2世代防除実施や完全無防除など種々であるが、ニカメイチュウの防除の要否を考える動きが芽生え始めた時期と言えよう。

新潟県では農業共済組合の主導で共同防除を実施している地域が多いが、共同防除の要否を実用レベルで判断する基準を設定しようと、1975年にそれまで連年防除を実施していた地域17haで、無防除にする調査研究が始まった。地域内の全圃場177圃場を含め、周辺の防除実施圃場などで発生程度の推移を調査した結果、無防除にしたことによる被害は認められなかった。これらの結果を受けて、防除単位ごとに防除要否を判断する調査活動を展開、78年には16市町村、42地域の28,000haで調査が実施され、うち9,737haで第1世代または第1・2世代で無防除となった。

一連の調査研究から指摘された重要な問題として、共同防除の場合に、地域全体の平均値が低くても一部に多発生が見込まれる場合、要否の判断をどこにおくかがある。それまで報告されている防除要否の基準⁷⁾はいずれも圃場単位を前提とした基準であり、圃場間変動を加味したものではない。圃場間変動を考慮した地域単位の防除要否は、防除の現場の実態に即した重要課題であり、新潟県では発生実態調査データによる圃場間変動から被害発生の危険度を統計的に求め、利用している。

共同防除の要否を考える場合のもう1つの問題に、調査方法の確立がある。これについても新潟県で発生実態調査データの分散の程度から統計的に必要な調査圃場数を算出し、実現可能な調査技術として提案している。また調査技術についても、予察灯に替わる簡易な性フェロモントラップの利用や、簡易な刈り株の調査方法などが検討されてきた。

6 防除技術と薬剤感受性低下

ニカメイチュウの発生と防除については、各県で多くの効果試験が実施され、これらの実証結果や事例報告をもとに、北陸地域では第1世代重点の防除法が定着している。1950～60年代にかけての水稻の栽培様式の変遷に伴い、防除法や薬剤の種類を比較検討する試験が多く行われた。

化学合成農薬による防除では、戦後のDDT、BHCの普及に加え、1950年代にはパラチオン剤がニカメイチュウ防除にも普及し、安定収量確保に貢献した。しかし全国的に相次いで事故が発生したため、低毒性農薬の開発が強く求められるようになった。そのような背景を受けて、各県でマラソン剤、ダイアジノン剤、DDVP剤などの効果試験が実施されている。また、ニカメイチュウは重要病害虫として基幹防除の対象となってきたことから、いもち病、ツマグロヨコバイ等との同時防除の効果や、散布回数、さらに散布技術としての水口流入や剤型、鉄砲噴口や多口ホース噴頭などの防除器具の検討なども現場での実証試験を中心に行われてきた。航空防除は、50年代の石川県における試験をきっかけにして、60年頃から北陸各県で普及が始まった。

1970年代になって新潟県では、圃場に処理した薬剤の効果と稲体中の薬剤の消長から検討している。殺虫効果を理論的に検証する新しい手法として注目された。

1980年代に入ると、有機燐剤のMEP, MPP, PAPに対する感受性低下が問題となった。80年頃からの富山県における多発生や84年の新潟県における多発生は、いずれもMEP剤を中心とした有機燐剤を10年以上あるいはそれに近く連用してきたことが感受性低下の誘引と考えられた。

II 今後の課題

ニカメイチュウは1970年代以降に少発生傾向に移行したまま減少を続け、現在の防除面積は新潟県の場合、水稻作付面積の1/4にまで減少した。90年代に関東地方など一部の県では、品種動向の変遷などを背景に多発生への移行が懸念されたりもしたが、現在までその兆候は明瞭になっていない。北陸地域においても水稻害虫としての重要度は斑点米カメムシ類などに移行しており、研究

対象となる機会は著しく減少した。しかし、発生の多少に関わらず、どこの地域にも必ず確認される害虫であり、局地的な多発生の事例は毎年観察されている。このようなことから、広域的な多発生を誘引する要素もなくなったとは言えず、重要害虫であることに変わりはない。

現在の農業技術は、環境保全と食の安全性の観点からの化学合成農薬の削減が極めて重要な課題となっている。ニカメイチュウが「毎年防除が必要な害虫」でなくなった現在、発生予察とそれに基づく防除要否の判断は、今後一段と重要性を持つであろうし、環境保全の観点から、防除要否の判断基準はさらに厳しい(化学合成農薬を、より使用しない)基準へと移行する可能性がある。新潟県ではいもち病に強いILコシヒカリの普及計画が進められており、今後、薬剤防除は回数・面積とも確実に減少すると思われる。このことは、病害虫の発生を確実に、より高精度で予測する技術の開発が一層強く望まれることを意味している。

ニカメイチュウの防除技術としては、性フェロモン剤の開発とともに北陸農試によって検討された交信霍乱の効果も一定の成果を上げた。しかし実用化されず現在に至っており、今後はコスト問題などが解決されることで、実用化の可能性は高いであろう。また、天敵利用や耐虫性品種など、他害虫では実用化している新しい防除技術の開発も大いに期待できる。コメが主食としてばかりでなく、多様な利用方法のありうる食材として評価される時代になっており、病害虫防除もそれぞれに合った多様性が求められている。他分野や新しい研究手法を取り入れた発想が、新たな防除技術の開発に結びつく研究を期待したい。

引用文献

- 1) Kanno, H. (1980) Mating Behavior of the Rice Stem Borer Moth, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera:Pyralidae). Appl. Ent. Zool 15 : 372~377.
- 2) Kanno, H. (1984) Studies on the Mechanism of Mating Initiation in the Rice Stem Borer Moth, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera : Pyralidae). Bull. Hokuriku Natl. Agric. Exp. Stn. 26 : 1~66.
- 3) 菅野紘男・阿部徳文・水沢政夫・佐伯喜美・小池賢治・小林莊一・田付貞洋・千井健二(1985) ニカメイガの合成性フェロモンと予察灯との誘引力および誘殺消長の比較. 応動昆 29 : 137~139.
- 4) 桐谷圭治(1986) サンカメイガ. 日本の昆虫(桐谷

- 圭治編). 88~95. 東海大学出版会, 東京.
- 5) 小林 尚・野口義弘・錦野正臣・須藤真平・池本五郎・長江十一 (1971) 稲作害虫に対する殺虫剤散布必要度合の予想方法に関する研究 第3報 ニカメイチュウ防除の殺虫剤散布必要度合の予想. 応動昆 15: 121~131.
- 6) 小嶋昭雄・山代千加子・有坂通展 (1996) ニカメイガの性フェロモントラップ誘殺数による要防除水準. 応動昆 40: 279~286.
- 7) 小山重郎 (1973) ニカメイチュウに対する殺虫剤散布軽減に関する研究 I ニカメイチュウの被害と稲の収量との関係. 応動昆 17: 147~153.
- 8) 杉野多万司 (1975) 稲作害虫による経済的被害水準. 植物防疫 29: 263~267.
- 9) 田村市太郎・鈴木忠夫 (1963) 幼苗飼育による品種間変動に関する研究 第2報 胚乳栄養期幼苗供試無菌飼育によるニカメイチュウ発育の稲品種間変動. 応動昆 7: 175~179.
- 10) 田村市太郎・鈴木忠夫 (1963) 水稻早植栽培におけるニカメイチュウの発育変動に関する研究. 北陸農試報 7: 61~91.
-