

セジロウンカの発生推移と水稻の被害

野田 博明*

Bionomics of the White-backed Rice Planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae), and its Damage to Rice Plant and Kernels.

Hiroaki NODA

I 緒 言

イネウンカ類による水稻の被害は、直接的な吸汁害と、ウイルス媒介による間接的な被害とに分けられる。ウンカ類には、トビロウンカ *Nilaparvata lugens*, セジロウンカ *Sogatella furcifera*, ヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* の主要3種があり、それらのうちトビロウンカとセジロウンカは吸汁害発生種として、ヒメトビウンカはウイルス媒介種としての重要度が高い。これまで、セジロウンカの発生、被害については多くの研究があるが、早期・早植水稻での発生や被害については、十分に調査研究されているとは言えない。また、トビロウンカに比べて被害が軽いことから、トビロウンカほどには重視されていなかった。ところが、近年セジロウンカが各地で多発生し、被害が報告されるようになった^{11,19,36}。

本報告は、ウンカ類防除対策の一環として、早期・早植水稻を中心にセジロウンカの発生と被害との関係について行った数年間の調査結果をまとめたものである。まず、飛来侵入時の圃場間選択、作型の異なる水稻での発生数の違い、早植水稻での発生推移などについて述べ、さらに被害に関しては、一部予報的に報告した結果²⁴)も含めて、水稻の収量ならびに品質への影響について述べる。

II 水田内への飛来侵入経過

ウンカ類が長距離移動により、毎年海外から日本国内へ飛来してくることがほぼ明らかとなっており^{12,13,14,16}、そのうちセジロウンカは東シナ海洋上で最も多く採集される種である^{3,23,27}。本種の防除対策上、その飛来時期・飛来数の把握、水田内での増殖過程、そして被害発生過程を検討することが重要である。

ここでは、セジロウンカの飛来時期・飛来数を把握するために、トラップ調査を行った。さらに、飛来侵入成虫の圃場間での密度の違いについて調査した。

1. 調査方法

1) トラップによる飛来侵入調査

コブノメイガ調査用に開発された粘着誘殺灯²²)を用いて、島根県出雲市芦渡町島根農試場内においてセジロウンカ成虫の誘殺状況を調べた。粘着誘殺灯とは、粘着板と蛍光灯を用い、光に誘引された虫を粘着板上に捕捉するものである。その方法としては、建物（気象観測室）の北側の窓の内側に設置した蛍光灯（20W）を夕方から明方まで点灯し、窓の外側には粘着板を取り付けた。粘着板としては、ガラス板（46×41cm）に食品包装用ラップフィルムを張り、スプレー式透明粘着剤（昭和電工KK）を吹きつけたものを用いた。調査を簡便にするために、ガラス板に約10cm間隔で縦横の線を引いておいた。調査は毎日行おうのを原則としたが、2・3日分まとめて行うこともあった。その場合は、平均値をそれぞれの日の誘殺数とした。

2) 飛来成虫の圃場間での密度の差

セジロウンカの飛来後、1日から数日の間に、同一圃場内の異なる作型水稻間で飛来成虫の密度を比較した。比較調査は次のように3回行った。A：1984年、4月25日、5月15日、6月5日播種の湛水土壌中直播田（日本晴）で、7月10日に1列8mずつの粘着板上への払い落とし調査を行った（払い落とし調査については、III, 1, 1)を参照）；B：1985年、5月7日移植のコシヒカリ、同日移植の日本晴、5月30日移植の日本晴の2作型の3区で、7月15日に50株の見取り調査を行った；C：1986年、5月7日移植のコシヒカリ、同日移植の日本晴、5月30日移植の日本晴の2作型の3区で、6月27日に100株の見取り調査を行った。

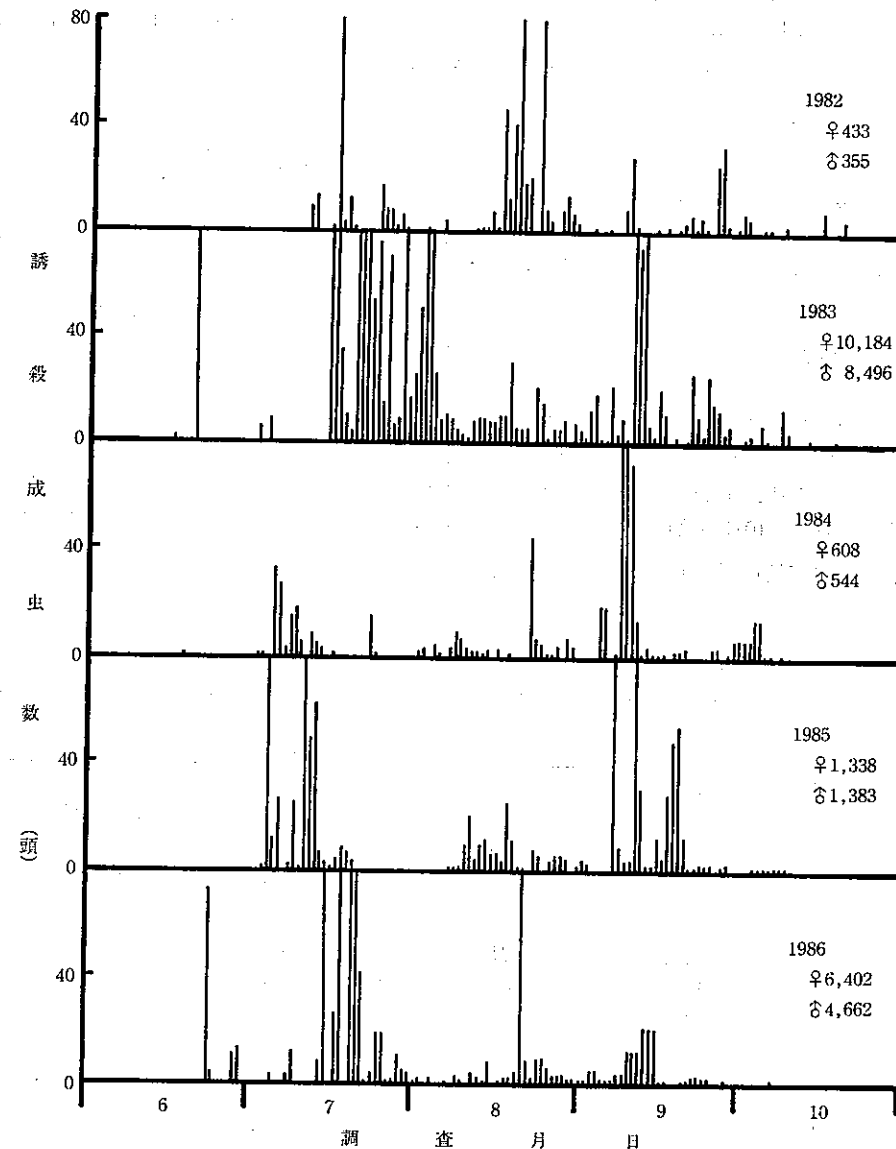
2. 結果および考察

1) 成虫の誘殺状況

粘着誘殺灯による5年間の誘殺結果を第1図に示した。6月下旬に成虫が誘殺された年もあるが、普通の年では7月中旬に多く誘殺された。8月中・下旬および9月上・中旬にも大きな誘殺ピークが認められる。各年ごとに6・7月の主な多誘殺日を見ると、1982年は7月16日、1983年は6月20日、7月15・16日、20-22

日、1984年は7月5・6日、8・9日、1985年は7月4日、11-13日、1986年は6月23日、7月15日、18日、20・21日であった。これらは梅雨時期に誘殺されたもので、海外飛来成虫の侵入によるものと考えられる。

梅雨時期のウンカ類の飛来と気象との関係については、岸本^{14,15})によって報告されている。それによれば、飛来波は普通低気圧の通過に伴う南西風の連吹のあいだに起こるとされており、顕著な低気圧が大陸中央部



第1図 粘着誘殺灯によるセジロウンカの誘殺消長 (1982~'86)
2日以上まとめて調査した場合は、平均値をそれぞれの調査日の値とした。

* 病虫科

で発生し、日本列島沿いに東北進する場合におこるのが標準的なものとされている。上記の多誘殺日の気象条件の多くは、岸本の指摘のように梅雨前線沿いに低気圧が通過した場合であった。また、ウンカ類の飛来には、下層ジェット気流が関係していることも示唆されている²⁰⁾。これらの気象条件とウンカの誘殺日との関係、トラップの誘殺数と圃場内への実際の侵入密度との関係など、まだ不確実なことが多い。

トラップ調査では9月にも多くの成虫が誘殺されており、1983年には10-12日に、1984年には8・9日に、1985年には11日に多かった。後述(第4, 5, 6図参照)のように、水田内の幼虫数は8月末までに減少し

ており、9月には水田内のセジロウンカ生息数は非常に少ない。しかし、上記のように粘着誘殺灯への多誘殺直後は、水田内に多くの成虫が認められた(第1表)。このことは、これらの成虫が飛来したことを示している。すなわち、秋にもセジロウンカが飛来することが考えられる。この秋のウンカ類の飛来については、和田ら²⁰⁾が気象との関係を論じており、中国大陸からの飛来であると推測している。鳥根県では、9月にはすでに収穫期または収穫期に近い水稲が多く、秋にセジロウンカが飛来してきたとしても、被害はほとんどないと思われる。

第1表 秋季における水田でのセジロウンカ成虫の採集

調査月日・調査田	♀ (頭)	♂ (頭)	成虫合計 (頭)	幼虫 (頭)	備考
1983年9月13日					
日本晴(糊熟期)	44	54	97	4	無防除田
コトブキモチ(乳熟期)	65	75	140	0	
1984年9月10日					
ニホンマサリ(5月20日頃移植)	11	15	26	—	8月10日頃出穂
ニホンマサリ(〃)	23	28	51	—	〃
日本晴(5月21日移植)	24	22	46	—	8月10日過ぎ出穂
日本晴(6月10日移植)	39	46	85	0	8月27日頃出穂

鳥根農試場内にて捕虫網による10回振りを2反復ずつ行い、平均値で示した。

第2表 セジロウンカ飛来成虫の各水田での数の比較

調査月日・調査田	♀ (頭)	♂ (頭)	成虫合計 (頭)	備考
A. 1984年(湛水土中直播田・日本晴)				
4月25日播種	9	4	13	7月10日各8m粘着板上への払い落とし
5月15日播種	20	12	32	
6月5日播種	66	30	96	7月5～9日に飛来
B. 1985年				
コシヒカリ(5月7日移植)	31	29	60	7月15日50株見取り
日本晴(5月7日移植)	68	64	132	7月4～6, 11～13日に飛来
日本晴(5月30日移植)	141	111	252	
C. 1986年				
コシヒカリ(5月7日移植)	33	14	47	6月27日100株見取り
日本晴(5月7日移植)	41	23	64	6月23・24日に飛来
日本晴(5月30日移植)	77	52	129	

Aは各区2回調査し、平均値で示した。

2) 飛来成虫の圃場間での密度の差

飛来時期は、上記トラップ調査によってほぼ把握できるが、飛来数(飛来量)の把握については、各地域、各圃場ごとに飛来数が異なると思われた。そこで、同一区画内の水田に移植または播種期をかえてイネを栽培し、飛来成虫がどのイネにも均一に分布するか否かを調査した。

1984年7月に、約20日ずつ播種期をずらした湛水土中直播田3か所で飛来成虫数を比較したところ、播種時期の違い圃場ほど数が多かった(第2表A)。1985・'86年には、5月7日移植のコシヒカリと日本晴、5月30日移植の日本晴の2作型3区間で比較した。両年とも、この順序で飛来成虫が多くなっており、コシヒカリよりも日本晴の方が、同じ日本晴でも移植時期の違いの方が、飛来成虫が多く寄生した(第2表, B, C)。

水田への飛び込み直後には、この水田間での数の違いがすでにあるのか、あるいは飛び込みは均一であるが、再移動によってこの違いがもたらされるのかは不明である。いずれにしても、この数の差が、次の世代の数に反映されると考えられ(第5, 6図参照)、被害防止の観点から考慮すべき現象である。

III 発生と発生推移

セジロウンカの水田での発生推移については、久野¹⁷⁾、平尾²⁾による報告があるが、早期・早植水稲では十分な検討が加えられていない。そこで、1981年から1986年にわたり発生推移を調査した。

水田内でのウンカ類の調査法としては、サクシオンキャッチャーによるファームカップ法が優れているが、多大の労力を要する。捕虫網によるすくい取り法は信頼度が低く、見取り調査法もセジロウンカの活動性からみて容易ではない。そこで本調査では、粘着板上への払い落とし法^{20, 21)}を採用した。また、この方法はトビイロウンカ調査用に考案されたので、セジロウンカへの適用を検討した。

さらに、本種の発生推移を推定する上で重要な、発育限界温度と有効積算温度を求め、これまでの報告とも比較した。

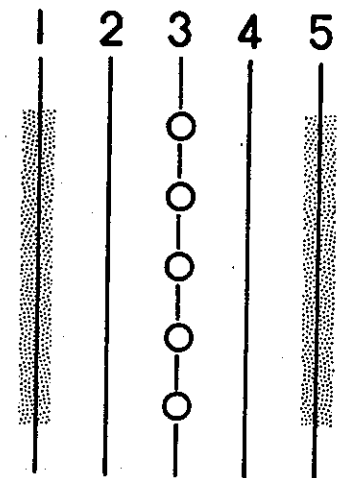
1. 調査方法

1) 払い落とし調査法とその効率

払い落とし法に用いた粘着板としては、B5判の透明ビニール袋(30×20cm)を利用し、その袋の中へ基盤目状の線をつけた厚紙を入れることにより、払い落としならびに虫の計数を容易にした。そして、そのビニ-

ール袋に、スプレー式粘着剤(昭和電工KK)を吹きつけて、B5判のクリップボードに取り付けた。この粘着板の片側をイネの株元に接するようにして置き、もう片側を少し持ち上げて、板が水平よりもすこし斜めになるようにして、株元から少し上の部分を強く2回はたいた。連続20株を払い落し、中令以上の幼虫と成虫だけを計数し、1回分の調査とした。

この払い落とし調査と実際の虫の数との違いを求めめるために、1984年と'86年の7月下旬～8月中旬に、以下の調査を行った。第2図のように、圃場内の任意の5列を調査場所に設定し、まず1列目と5列目を払い落とし、その平均値をその場所での払い落とし調査の値とした。次に、払い落とし調査時の影響が心配される2列目と4列目はさけて、3列目を3株おきに5株を選び、株ごとに虫を数えた。その方法としては、大きなビニール袋を静かに株全体にかぶせたのち、株元から切り取って、イネごと持ち帰った。この調査によって得られた平均虫数を株当りの全虫数として、上記払い落とし調査の値と比較した。ただし、この場合、久野¹⁷⁾による指摘されているように、ビニール袋をかぶせる時に虫が逃げ去ることもあるので、わずかばかり数を少なく見積もっている可能性がある。そこで、本調査では、逃げ易い成虫は除外し、中令以上の幼虫についてだけ調査効率を検討した。



第2図 粘着板への払い落とし調査法の効率を調べる方法

番号は水田内の任意の場所のイネの列を表わす。中央の3番の列では、3株おき(4株目ごと)に袋をかぶせて刈り取り、全寄生虫を数えた。1番と5番の列では連続20株の払い落とし調査を行った。

2) 発生推移調査

飛来後の水田内での発生推移を知るために、調査圃場として出雲市芦渡町島根農試場内の無防除田を設定した。品種は、1981年～'84年には日本晴だけを、1985年と'86年にはコシヒカリ（5月7日移植）と日本晴（5月7日、5月30日移植）を用いた。1981年には見取り（読み取り）調査を、1982年以降は粘着板上への払い落とし調査を行った。

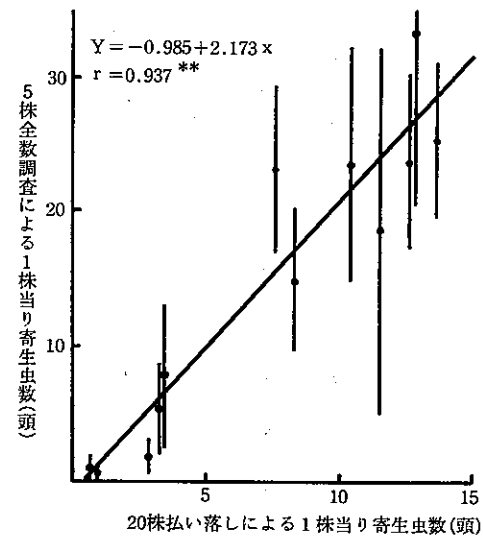
3) 発育調査

種々温度での各ステージ別の発育期間を求め、発育限界温度と有効積算温度とを計算した。卵期間調査では、イネ葉鞘に24時間産卵させた後、葉鞘からのふ化幼虫を毎日観察するか、または産下卵を水中あるいは湿った布の上へ置き、ふ化を観察した。幼虫期間調査では、ふ化24時間以内の幼虫をイネ芽出またはイネ葉鞘を用いて、成虫になるまで飼育した。産卵前期間調査では、雌雄を一对にして、イネ葉鞘に産卵されたかどうかを実体顕微鏡下で観察した。

2. 結果および考察

1) 払い落とし調査の効率

第3図のように、中令以上の幼虫についての全数調査と払い落とし調査との間には高い相関が認められ、回帰式 $Y = -0.985 + 2.173X$ が得られた。傾きが2.173となり、払い落とし調査によって半数近くが粘着板上に



第3図 セジロウンカ幼虫（中令以上）の払い落としによる捕虫数と全寄生虫数との関係
5株全数調査では、平均値を黒丸で、標準偏差を縦棒で示した。

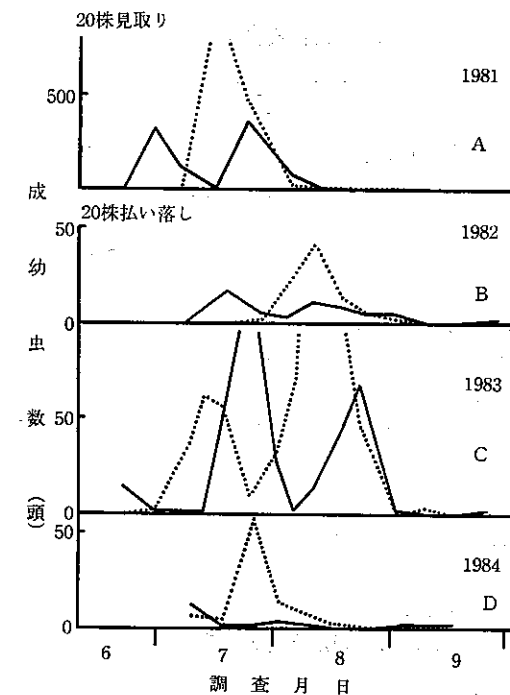
付着すると推定できた。

トビロウンカの払い落とし効率については、永田^{20,21)}によって検討されている。しかし、全寄生虫数を直接計数していないこと、粘着板の大きさが若干異なること、イネの生育ステージの違いが調査効率に影響すると考えられることなどから、今回のセジロウンカでの調査効率と比較することは困難である。本調査の結果は、7月下旬～8月中旬に行ったものであり、飛来後第1世代幼虫に適用できると思われる。

2) 発生の推移

前述のように、セジロウンカの飛来する時期は年によって違いがあり、その違いが圃場での発生推移にも大きく影響した。

1981年は6月25日以降予察灯に多く誘殺されており（未発表）、第4図Aでは成虫の前半の山が飛来成虫に相当した。飛来後第1世代幼虫の山は7月中旬に認められ、第1世代成虫は7月下旬に多かった。第2世代幼虫は少なく、8月前半から数が少なくなった。1982年は7月中旬に多数の飛来があったので、第1世代幼虫は8月上中旬に多かった（第4図B）。この年も第2

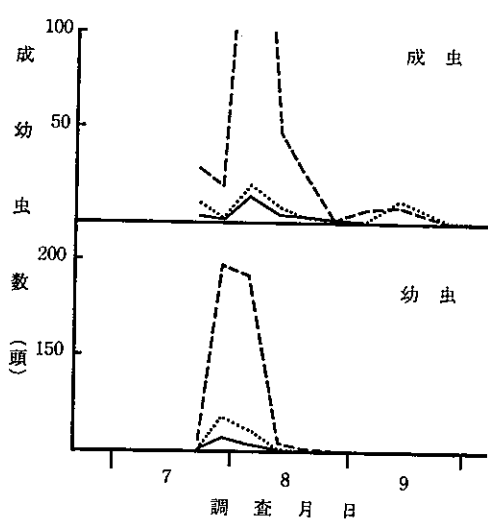


第4図 セジロウンカの発生推移（農試圃場、1981～'84）
実線：成虫、点線：幼虫

世代幼虫の密度は低く、幼虫の山は一つだけであった。1983年には多数飛来し（第1図）、6月20日の飛来成虫に由来する第1世代幼虫が7月中旬に多くなり、第1世代成虫が7月中下旬に出現した（第4図C）。しかし、7月15・16日と20-22日にさらに多数の飛来があり、第1世代成虫の山と飛来成虫の山とが重なった。そして、8月中旬には幼虫が非常に多くなった。1984年には飛来した虫の数が少なかったが、次世代幼虫の数は7月下旬に多くなった（第4図D）。

第4図において、成虫の山をみた時、飛来成虫と第1世代成虫の山は明瞭であるが、第2世代成虫の山はほとんどなかった。このことは、1985年（第5図）、1986年（第6図）でも同様であった。1985年の調査では9月中旬にも成虫の山があるが、これは前述のように、秋に飛来してきた成虫が圃場内に生息していたためであった。また、幼虫においても、第1世代幼虫の数が最も多く、第2世代幼虫の山はほとんどなかった。1983年（第4図C）と1986年（第6図）には、二つの幼虫の山があるが、これは第2世代幼虫が多数現れたためではなく、成虫の飛来が大きく分けて2度あったためと考えられる。

これまで、主に普通植水稻での調査から、セジロウンカ幼虫の数は第2世代に最も多くなると考えられている¹⁷⁾しかし、本調査では、第2世代幼虫の数が極め



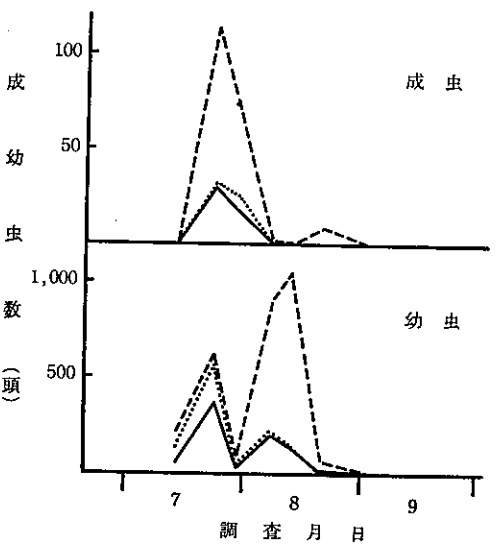
第5図 異なる水田でのセジロウンカの発生数の違い（1985）
実線：コシヒカリ 5月7日移植
点線：日本晴 5月7日移植
破線：日本晴 5月30日移植

て少なく、これは早期・早植水稻に限らず、6月21日移植の水田でも同様であった（未発表）。飛来後の世代数に関しては、飛来時期、イネのステージ、第1世代の短翅型率などが影響すると思われるが、島根県では、ほとんどが飛来後1世代を経過するだけであると思われる。

第5図と第6図は、同一区画水田内に栽培したコシヒカリと日本晴の2作型での密度の違いを調べたものである。この水田は、飛来成虫の数の比較を行った圃場であり（第2表B、C）、5月30日移植の日本晴で最も飛来成虫が多く、5月7日移植のコシヒカリで最も少なかった。飛来成虫の数の違いに伴って、第1世代幼虫の密度も異なり、若いイネ（遅く植えたイネ、5月30日移植の日本晴）では、虫の数が多くなった。したがって、早植地帯で遅く移植したイネは、成虫が多く飛来した年には、この第1世代幼虫期の吸汁害回避が必要と思われる。また、イネの生育ステージの違いが、セジロウンカの増殖率に及ぼす影響も残された問題点である。

3) 発育限界温度と有効積算温度

卵期間は25℃で約6日、20℃で約10日であり、卵の発育限界温度は12.6℃、有効積算温度は78.3日度であった（第3、4表）。幼虫期間は25℃で約12日、20℃で約



第6図 異なる水田でのセジロウンカの発生数の違い（1986）
実線：コシヒカリ 5月7日移植
点線：日本晴 5月7日移植
破線：日本晴 5月30日移植

第3表 セジロウソカのステージ別発育期間

温度℃	供試数	平均日数±標準偏差(最短-最長)	温度℃	供試数	平均日数±標準偏差(最短-最長)
卵期間			幼虫期間♀		
17.5	27	16.4±1.1(15-19)	15	28	56.1±5.7(50-71)
20	38	10.8±1.0(9-13)	20	39	19.7±1.3(18-23)
20	56	10.3±0.8(9-12)	20	42	19.0±1.1(15-21)
25	90	6.2±0.4(6-7)	25	44	12.3±1.1(10-16)
25	54	6.1±0.8(5-8)	26	41	12.2±0.9(11-14)
28	46	5.2±0.4(5-6)	28	38	11.1±0.6(10-14)
産卵前期間 長翅♀			幼虫期間♂		
17	25	11.6±1.3(10-14)	15	25	51.7±3.6(45-60)
20	30	6.5±0.9(5-8)	20	44	18.8±1.1(17-22)
25	30	4.4±1.0(3-7)	20	43	18.6±1.4(17-25)
28	28	3.9±1.2(3-8)	25	35	11.4±0.6(11-13)
			26	26	11.7±0.9(11-14)
			28	44	10.6±0.5(10-11)

第4表 発育限界温度と有効積算温度

ス テ - ジ	回 帰 式	発育限界温度 (℃)	有効積算温度
卵 期 間	$Y = -0.1607 + 0.0128X$	12.6	78.3
幼 虫 期 間 ♀	$Y = -0.0624 + 0.0056X$	11.2	179.0
幼 虫 期 間 ♂	$Y = -0.0656 + 0.0059X$	11.2	170.3
産卵前期間 長翅♀	$Y = -0.1645 + 0.0154X$	10.7	65.1

Y: 発育速度 X: 飼育温度(℃)

19日であり、幼虫の発育限界温度は11.2℃、有効積算温度は雌で179.0日度、雄で170.3日度であった。産卵前期間は、25℃で4.4日、20℃で6.5日であり、その発育限界温度は10.7℃、有効積算温度は65.1日度であった。

セジロウソカの発育限界温度については、これまで報告がある。卵の発育限界温度としては、10.25℃³⁰⁾、10℃(平野, 文献26,30より間接引用)が知られており、幼虫のそれは、10.37℃³⁰⁾、8.7℃²⁶⁾、11℃(平野, 文献26,30より間接引用)が報告されている。しかし、本調査によって、より詳しい発育限界温度と有効積算温度を得ることができた。

IV 水 稲 の 被 害

セジロウソカの被害に関しては、イネの生長期の加害が分けつや草丈に影響すること、最高分けつ後期か

ら幼穂形成期頃の加害が有効茎、穂長、穂重などを減らすこと、さらに出穂後の直接加害によっても穂重、千粒重、完全米率の減少することなどが知られている^{4,5,7,18,29)}。

本研究における被害調査は、これらとは異なって、1982年夏季に島根県西部を中心に褐色の穂が発生したことが調査の発端となった。穂が褐色になる被害としては、トビイロウソカが媒介するグラッセスタント病⁶⁾、葉鞘褐変症のような細菌病、あるいは糸状菌病によるものなどがある。しかし、1982年の穂の褐変化の被害は、病気あるいは栽培・気象的要因による可能性は極めて低かった。そこで、虫の加害による被害発生機構の検討を行った。さらに、この褐変した穂から得られた玄米の中に、黒点症状米が多く出現したところから、黒点症状米と虫の加害との関係も検討課題となった。

ここでは、調査期間中に観察されたセジロウカの吸汁害について述べた後に、上記の被害とセジロウカ加害との関係について、経過を追って述べる。

1. 調査方法

1) 褐変穂調査と再現試験

1982年の収穫期に、益田市（ヤマホウソウ）と美都町（農林44号）で穂の褐変化した被害圃場から被害株10株と、隣接圃場から被害の軽微な株10株とを採取した。そして、脱穀調製した玄米について、粒厚、重量、千粒重などを調査した。

野外で観察された褐変穂と同じ症状を出させるための被害再現試験では、1/5,000 a のワグナーポットで栽培したイネ（チドリ、コシヒカリ、日本晴）を用いた。直接穂に放飼する場合と、株全体に放飼する場合の2通りを試みた。穂に直接放飼する場合は、出穂直前の任意の穂2本にパラフィン紙で作った袋をかぶせ、片方の袋にセジロウカ幼虫を数十頭入れ、もう片方には虫を入れなかった（第7図A）。室内で数日間放飼した後、両者の穂の着色程度を比較した。ヒメトビウカやトビイロウカについても同様の試験を行った。

株全体に放飼する場合は、ビニールとテトロングースで作った袋をポットにかぶせ、室内飼育あるいは野外採集のセジロウカを放した（第7図B）。出穂する頃に幼虫が穂を加害できるようにするために、穂ばらみ期に多数の幼虫を放す場合と、前もって成虫を放しておいて、次世代幼虫に加害させる場合とを試みた。

セジロウカが穂を吸汁したのを確かめるために、ウカ放飼後の穂を採取し、穎の表面を走査型電子顕微鏡で観察した。試料を、真空中で数時間～一晚乾燥し、そのまま観察した。観察には、日立H-300型電

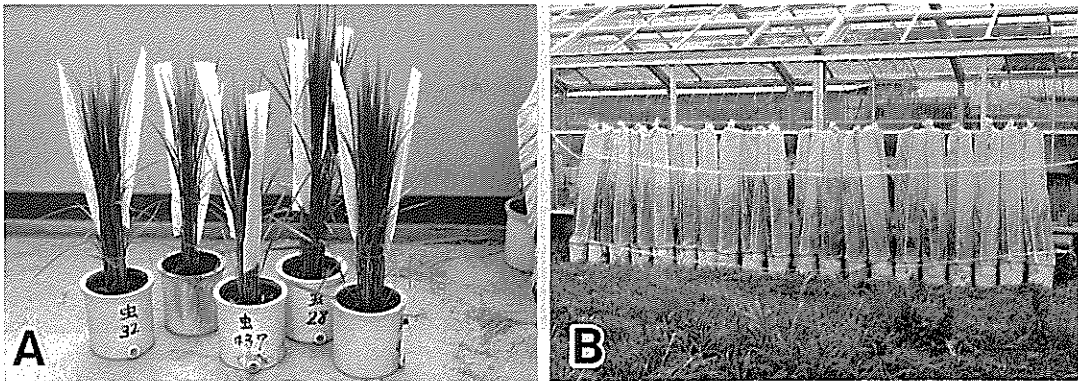
子顕微鏡にとりつけたH-3010型走査像観察装置を用いた。

2) 黒点症状米調査と再現試験

穂の褐変被害の発生した圃場から、濃く着色した穂を有する株10株を、そして同一または隣接圃場から褐変程度の軽い穂を有する株10株を採取し、玄米を比較調査した。1982年には益田市と美都町（褐変穂調査と同じ試料）で、1983年には大田市（コシヒカリ）で、1986年には大田市（チドリ）で採取した。脱ぶ後のもみ殻については、株ごとにペールマン法によりセンチウの有無を調査した。また、一部のもみについては、手でもみをはいで、アザミウマの有無を調査した。

セジロウカを放すことによる黒点症状米の再現試験は、前述の褐変穂再現試験における株全体への放飼（第7図B）と同様に行った。各放飼試験とも5ポット（一部3ポット）ずつを用い、対照区は虫を放さなかった以外は、まったく同様の操作を行った。適当な加害期間後に袋をはずし、収穫期まで網室内に置いた。収穫後、ポットごとに脱穀脱ぶし、黒点症状米の数を調べた。

さらに、本研究で得られた黒点症状米と、アザミウマによる黒点症状米、センチウによる黒点米とを比較検討した。アザミウマによる黒点症状米は、1982年に松江市で栽培されたチドリから得られたもので、黒点症状米の混入率は0.78%であり、そのうち玄米表面に白濁部分をもつものは82%であった。センチウによる黒点米は、愛知県総合農業試験場の上林譲氏より譲り受けた金南風から調製したもので、黒点米の混入率は0.60%であった。ただし、その被害米の中には、玄米表面に白濁した部分をもつものが約1割あった。



第7図 セジロウカ放飼による被害再現試験
A：穂にウカを放飼，B：株全体に放飼

べールマン法によって、センチュウが多数検出された。

黒点症状米とは、センチュウが検出されないにもかかわらず、イネツシガラレセンチュウによる黒点米と類似の症状を示す玄米につけられた名称である。本報告では、玄米表面に亀裂があり、その部分が褐色になったものを黒点症状米とした。着色程度は濃いものから

淡いものまであり、亀裂の型・程度も種々の違いが認められた。

2. 結果および考察

1) 一般的な吸汁害の特徴

セジロウンカの成虫は、一度に多数飛来することが多く、飛来成虫の産卵による被害痕がよく観察される



第8図 セジロウンカによる被害

A : 飛来成虫による葉鞘への産卵痕 (矢印)

C : 第1世代幼虫の吸汁による葉先の変色

E : セジロウンカの吸汁によると思われるイネの枯死

B : 飛来成虫による葉への産卵痕 (矢印)

D : 第1世代幼虫の吸汁害

F : 出穂もない頃の水田に出現した褐変穂 (矢印)

(第8図A, B).この成虫の飛来後2週間ほどで、第1世代幼虫による吸汁害が顕著になった。イネの葉先・葉縁の黄化(第8図C)や葉鞘部の黄化・褐変化(第8図D)がみられ、ウンカの脱皮殻が多数認められることもあった。これらの被害は、早期・早植水稻に比べて、普通ないし遅植(6月に移植のもの)水稻に多かった。これは、若いイネに飛来が多いこと(第2表)、そして、そのような水田では、第1世代幼虫の数が極めて多くなる(第5, 6図)ためと結論された。

これらの第1世代幼虫の吸汁を放置しておく、さらに生育に大きく影響し、枯死する場合もあった。第8図Eは、1983年8月10日頃に観察されたもので、手前の部分のイネが枯死していた。この場合、いもち病の発生、コブノメイガの加害といった、他の病害虫の影響も考えられ、イネが衰弱していたことに加えて、セジロウンカが多数吸汁したために枯死したと推定した。

2) 褐変穂

褐変穂は、出穂直後から観察され(第8図F),褐色に変化していたのは主に穎の部分であった。全体に濃褐色のものから、部分的に淡褐色のものまであった。褐変被害穂が水田内に均一に分布することはまれで、部分的に著しいところがあった。また、穂が葉鞘から抜け出しておらず、一部分が葉鞘の中に入ったままのものや、穂軸の伸長が不十分のものも多かった。さらに、吸汁性昆虫の排泄物に発生するすす病が観察され、特に穂や止葉に多かった。

1982年に益田市および美都町で発生した褐変穂を収穫期に採取し、収量への影響を調査した。結果は両地

域とも同様の傾向で、対照区の不稔粒率は益田市、美都町の順に、4.8%および5.2%であるのに対して、被害区では19.2%および17.1%であった(第5表)。また、粒厚を比較したところ、被害区では1.8mm以下の粒が多かった。粗玄米千粒重においても、被害区の方が有意に低かった。玄米総重量で減収率を求めると、益田市と美都町でそれぞれ4.6%、25.7%、粒厚1.8mm以上の精玄米重量で求めた時の減収率は、それぞれ8.1%、31.5%であった。以上のように、褐変穂被害は登熟不良による減収を伴っていることが明らかとなった。

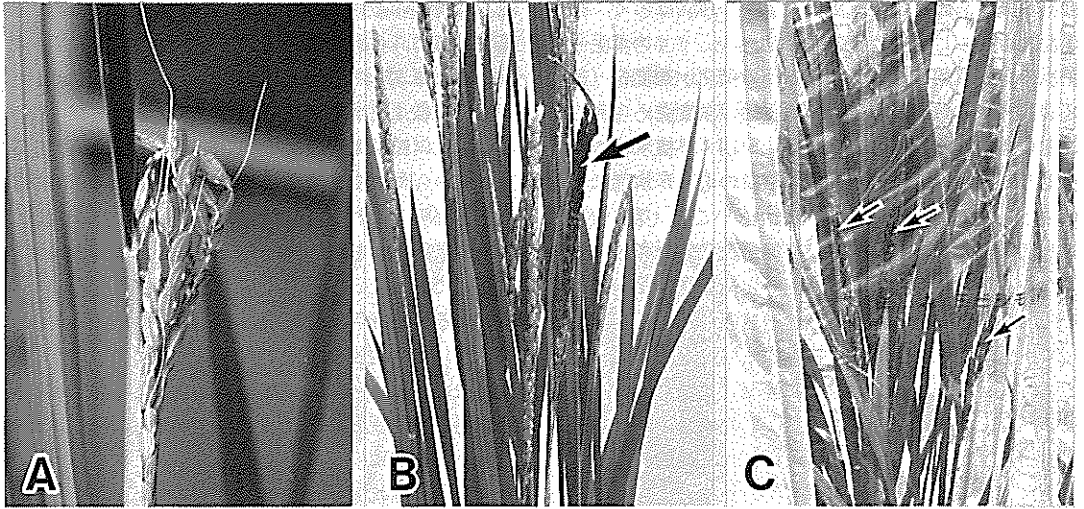
また、褐変穂圃場ではすす病の発生状況から、吸汁性昆虫が多数生息していたと推定された。1982年の被害圃場の調査観察時には、すでに虫は少なくなっていたが、この年には益田市の予察灯でセジロウンカの多飛来が確認されていたので、セジロウンカが多数寄生して、その排泄物にすす病が発生したと推測した。そこで、出穂前後の吸汁部位を観察するために、幼虫をポット栽培イネに放したところ、穂が止葉の葉鞘部分から出現すると、葉に寄生していた幼虫の一部が穂に寄生した(第9図A)。また、穂ばらみ期には、止葉の葉鞘部分に寄生する個体も多かったが、この部分には出穂前の穂が入っていてふくらんでいるので、その穂を吸汁していたのかもしれない。穂が完全に出てしまうと、穂を加害する個体は若干少なくなり、穂軸などに寄生する個体が増えた。この観察から、セジロウンカには、出穂時に穂を加害する習性があると結論された。

そこで、セジロウンカの加害によって褐変穂が出現するか否かを、放飼実験により確認した。出穂直前～

第5表 褐変被害穂の収量調査(10株平均値と標準偏差)

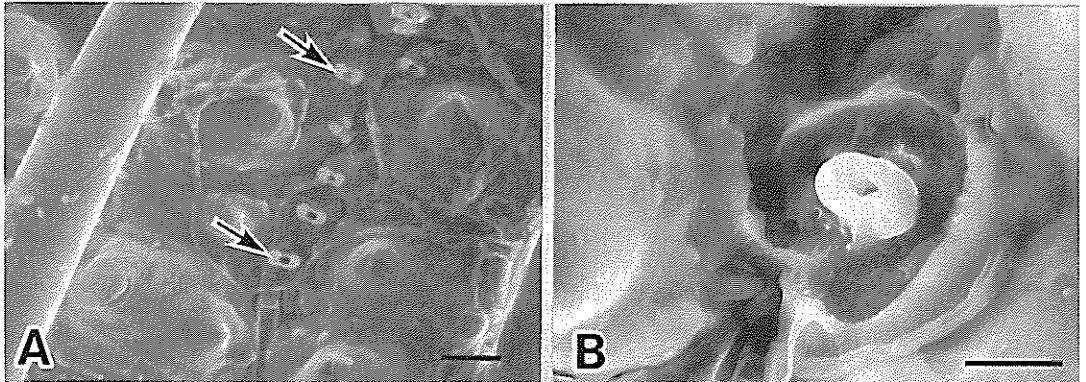
場 所	総もみ数	不稔粒数 (%)	粒厚(mm)別玄米数			玄米 総重量 (g)	精玄米重量 (1.8mm≤) (g)	粗玄米 千粒重 (g)	精玄米 千粒重 (g)
			<1.7	1.7-1.8	1.8≤				
益田市 被害区	1,332±283	250±66 (19.2)	70±24 (5.2)	51±20 (3.8)	962±247 (71.8)	20.7±5.3	19.3±4.8*	19.2±0.5**	20.1±0.6
対照区	1,124±136	55±25 (4.8)	25±14 (2.2)	29±10 (2.5)	1,014±109 (90.4)	21.7±2.1	21.0±2.0	20.3±0.9	20.7±0.8
美都町 被害区	892±101	153±77 (17.1)	77±52 (8.5)	39±13 (4.4)	623±140 (70.0)	13.6±2.8**	12.2±3.2**	18.3±1.3**	19.5±0.8**
対照区	914±173	48±12 (5.2)	13±8 (1.4)	25±26 (2.5)	829±149 (90.9)	18.3±3.1	17.8±3.0	21.1±0.8	21.5±0.7

*, ** : 玄米重量について有意水準5%および1%で有意(WILCOXONの順位検定, 片側検定)



第9図 セジロウカの穂加害と褐変化

- A : 出穂中の穂を加害するセジロウカ幼虫
 B : 穂へのセジロウカ幼虫の放飼により出現した褐変穂 (矢印)
 C : ポット栽培イネに幼虫を放飼することにより出現した褐変穂 (矢印)



第10図 セジロウカの口針挿入によってイネの穎の表面に形成された口針鞘 (矢印)

A : スケール 20 μm B : スケール 10 μm

出穂中の穂にパラフィン紙の袋をかぶせ、虫を入れたところ、褐変化が引き起こされた(第9図B)。5日間放飼を行ったが、短期間でも褐変化は起こると思われた。また、多数放飼するほど、強く褐変化するようであった。さらに、ポット栽培イネに袋をかぶせて、1株全体に放飼した場合も同様に褐変化した(第9図C)。虫が穂に集まり加害したため、穂が止葉の葉鞘から完全に抜けきっていないものも観察され、野外での褐変穂被害とよく似た症状も再現できた。

さらに、これがセジロウカの吸汁によることを確

認するために、走査型電子顕微鏡を用いて、放飼したもみの表面を観察した(第10図)。表面には口針鞘(唾液鞘)が多数観察され、口針挿入が何度も行われたことを示している。このように、穎が吸汁されることにより褐変化が起こったと結論されるが、褐変化の機構については不明である。また、放飼実験から、ヒメトビウンカによっても同様の褐変被害を再現することができたところから、穂を加害する習性をもつ吸汁性昆虫が、出穂時に多数集まって穂を加害すれば、褐変穂被害が発生すると考えられる。

次に、島根県におけるセジロウンカの飛来数、発生推移およびイネの作型と被害発生との関係を推定した。1982年に県西部で、1983年、1986年には全県的に褐変穂が出現したので、まずこの3か年について、セジロウンカの飛来数を調べた。1982年には7月13-15日に多く飛来し、県西部の益田防除所の予察灯には5,400頭が誘殺され、近年になく多い数であった。1983年には7月15・16日と20-22日に県下全域に飛来しており、農業試験場の予察灯への7月末までの総誘殺数は、調査が始まって以来(過去35年間)最も多かった。1986年には、7月20・21日と多飛来があり、粘着誘殺灯台へはこの2日間で約9,600頭が誘殺された。以上のように、褐変穂の発生した年にはセジロウンカの多飛来があった。

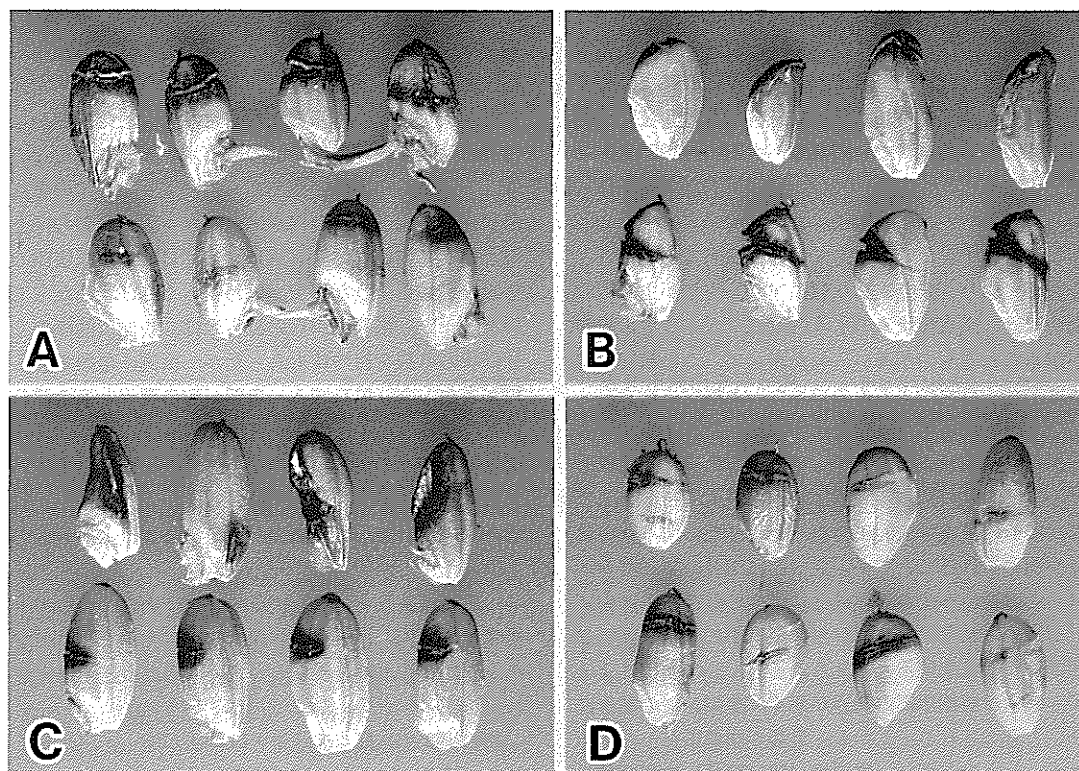
次に、イネの作型からみると、島根県の場合多くは早期または早植水稻であり、7月下旬から8月中旬に出穂する。この時期は、例年セジロウンカの飛来後第1世代幼虫期～成虫期に相当しており(第4-6図)、

セジロウンカの影響が最も著しい時である。したがって、イネの作型からみてもセジロウンカが多飛来した時は、褐変穂被害が出易いと思われる。

3) 黒点症状米

1982年の益田市と美都町の褐変被害穂から黒点症状米を多く認めた(第11図A)。そこで、褐変被害と黒点症状米との関係を知るために、褐変被害の著しい穂(被害区)と被害の軽い穂(対照区)とを採取し、黒点症状米の数を比較した。第6表に示したように、被害区から有意に多くの黒点症状米が検出された。被害区の玄米は全体に登熟不良であり、黒点症状米は特に登熟不良のものに多かった。亀裂は横方向(粒の短軸方向)に入っているものがほとんどで、粒の横側に多くあった。この場合、横側とは、粒の背側でも腹側でもない扁平な部分をさしている。

これまで、黒点米はイネシンガレセンチュウ10,31,33,34)が、黒点米に類似の黒点症状米はアザミウマ1,9)が、原因とされている。そこで、今回の被害米あるいは被



第11図 黒点被害米

A: 褐変被害穂から得られた黒点症状米
C: センチュウの加害による黒点米

B: アザミウマの加害による黒点症状米
D: セジロウンカ放飼によって得られた黒点症状米

第6表 一般圃場の褐変穂から得られた黒点症状米(10株平均値と標準偏差)

採 集 地	も み 数	粒 数	被 害 粒 数	平均被害粒率(%)
益田(1982年ヤマホウシ)				
被 害 区	1,332±283	1,082±280	5.4±1.8	0.53**
対 照 区	1,124±136	1,069±118	0.3±0.5	0.03
美都(1982年農林44号)				
被 害 区	892±101	739±108	19.6±8.4	2.68**
対 照 区	914±173	867±163	3.4±2.5	0.38
大田(1983年コシヒカリ)				
被 害 区	1,844±245	943±189	4.7±4.6	0.53**
対 照 区	1,654±237	1,007±154	0.3±0.5	0.03
大田(1986年チドリ)				
被 害 区	—	725±96	4.6±2.4	0.66**
対 照 区	—	1,309±191	0.3±0.5	0.02

**：有意水準1%で有意(WILCOXONの順位検定)

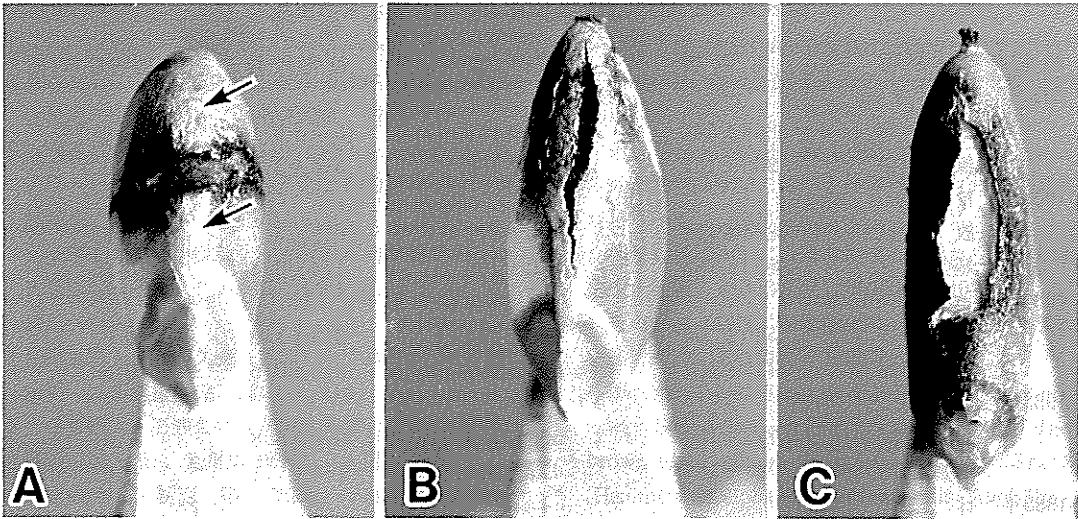
害もみから、センチュウやアザミウマが検出されるかどうかを調査したが、センチュウはまったく検出されず、センチュウが関係している可能性は極めて低かった。一方、アザミウマについては、透過光によってもみのまま黒点症状米を選び出し、もみ内の存在の有無を調べた。益田市(1982年)の試料で0/5粒、美都町(1982年)の試料で0/46粒、大田市(1983年)で2/10粒と、アザミウマのもみ内在虫率は極めて低かった。アザミウマによる黒点症状米被害のみつかった1982年松江産のチドリでは、約90%の在虫率であったことを認めており(未発表)、一般にアザミウマが主原因の場合には、黒点症状米のもみ内にはアザミウマの死骸が認められるものが多い。したがって、この被害の主体はアザミウマによるものでもないと推定された。

さらに、褐変穂から得た被害米を、アザミウマによる黒点症状米およびセンチュウによる黒点米と比較した。アザミウマによる黒点症状米の最大の特徴としては、多くの被害米表面に白濁したようなかすり状の部分が認められることであった(第11図B、第12図A、B)。この白色かすり状部分は、イネの開花時に穎内にとじ込められたアザミウマが、発育中の種子表面を加害するために生ずると考えられる⁹⁾。この加害によって、玄米の腹側頂部の発達が悪く、亀裂がこの部分に多いと考えられる。しかも、亀裂が腹側頂部から斜めに入ったものも多い。黒点米(第11図C)や褐変穂からの被害米(第11図A)には、このようなかすり状の白濁部分は認められなかった。

亀裂の型については、タテ型(粒の長軸方向に亀裂がある)とヨコ型(粒の短軸方向に亀裂がある)があり(上林, 1975)、調査したアザミウマの黒点症状米、センチュウの黒点米ともにヨコ型の他にタテ型が認められた(第12図B、C)。しかし、褐変穂からの被害米では、タテ型はほとんどなかった。また、褐変穂からの黒点症状米が、他の2種の被害米と顕著に異なる点は、ヨコ型の亀裂の位置であった。アザミウマの黒点症状米もセンチュウの黒点米も、ヨコ型の亀裂のほとんどが粒の腹側にあり(第11図B、C)、亀裂は腹側の稜線を横切るような形で、いわゆるくさび状となっていた。一方、褐変穂からの被害米は、腹側に同様のくさび状の亀裂を持つ粒もあったが、横側に亀裂のある粒が多かった(第11図A)。亀裂が粒の扁平な横の部分にだけあるものや、腹側・背側の両稜線にまたがるものなど、種々の長さのものがあつた。一般に、細長い亀裂が横側にあり、亀裂部分の着色が淡いものが比較的多かった。さらに、亀裂が1粒に2本以上あるものもあった。

以上の相違点を一括して示すと第7表のとおりで、褐変穂から得られた黒点症状米は、アザミウマやセンチュウによるものと異なり、別の原因によると推定された。

穂の褐変と黒点症状米とは関係が深いと思われること(第6表)、そして穂の褐変はセジロウソカが原因であったことから、この黒点症状米の原因としてセジロウソカが考えられた。そこで、褐変穂再現試験と



第12図 黒点被害米の特徴

- A：アザミウマ加害による黒点症状米の表面にみられる白濁（矢印）
 B：アザミウマ加害によるタテ型の黒点症状米
 C：センチウ加害によるタテ型の黒点米

第7表 黒点米ならびに黒点症状米3種の特徴比較

項目	原因	線虫	アザミウマ	褐変穂
線虫の検出		○	×	×
アザミウマの回収 玄米表面のかすり状の白濁		×	○	×
割れ目の型		タテ・ヨコ	タテ・ヨコ	ヨコ
ヨコ型の割れ目の主な位置		腹側	腹側・腹側頂部	横側・腹側
その他の特徴		ヨコ型は粒の長軸に対して垂直方向。	腹側頂部の発達が悪い。	割れ目は細長く、2本以上あることも多い。割れ目の着色は深いものも多い。

同様に、黒点症状米の再現試験を行った。この放飼再現試験では、早期水稻（チドリ）を用いるとアザミウマによる黒点症状米が出現し易かったので、早期水稻は除いた。第8表にその結果を示したが、センチウは全く検出されず、アザミウマの混入も極めて少なかった。1983年に行った試験では、有意な差が認められた。他の放飼試験では、放飼ポット数が少ないので統計的に有意な差はなかったが、放飼区の方に多くの黒点症状米が出現した。また、放飼によって得られた被害米は、褐変穂から得られた被害米の特徴を備えており、粒の横側に亀裂の入ったものが多かった（第11図D）。

これらのことから、褐変穂での黒点症状米の発生には、セジロウンカが関係したと結論した。

しかし、若干の問題点が残されている。第1は、放飼実験による黒点症状米の出現率が低く、すべての放飼実験で有意な差が認められなかったことである。これに関しては、上林³²⁾もセンチウによる黒点米では人為的な発生が容易でないと述べている。放飼による黒点症状米の発生率は、野外で採取した褐変穂からのそれと同じくらいであり、高い発生率を得るのは困難なのかもしれない。放飼ポット数が少ないことが、必ずしも統計的に有意な差をもたらしていない理由の一

第8表 セジロウンカ放飼による黒点症状米の出現

放飼時期・品種	もみ数	粒数	被害粒数	平均被害粒率(%)
1983年 コシヒカリ				
放飼区	852±141	435±150	15.2±5.1	3.98**
無放飼区	962±131	745±186	3.6±3.0	0.50
1983年 日本晴				
放飼区	864±109	549±172	6.2±5.7	1.13**
無放飼区	894±185	720±205	1.4±0.5	0.20
1984年 ヒメノモチ				
放飼区	580±60	386±44	2.3±1.2	0.63
無放飼区	672±137	518±69	0.3±0.6	0.06
1985年 コシヒカリ				
放飼区	770±58	535±119	9.6±8.8	1.61
無放飼区	761±127	477±279	1.4±1.1	0.65
1985年 日本晴				
放飼区	633±47	413±58	1.0±0.7	0.25
無放飼区	634±75	424±95	0.4±0.9	0.08

5株平均値(1984年ヒメノモチは3株平均値)と標準偏差。
**：有意水準1%で有意(WILCOXONの順位和検定)

つと考えられる。第2は、無放飼区からも、同様の被害米が出現したことである。この無放飼区から出現した被害米は、アザミウマやセンチュウによる被害米とは異なり、外観上はここで検討している被害米と同じであった。このことは、セジロウンカが関係しなくても、この被害米が発生することを示唆している。すなわち、セジロウンカの加害は、黒点症状米の発生を助長させる要因となっていると考えられる。黒点症状米の詳しい発生機構を究明するには、さらに広範な研究が必要であろう。

また、これまで、これらのセンチュウが検出されない被害米に対して、黒点米と区別するために、黒点症状米あるいは黒点米類似症という呼び名を用いてきたが、川原⁸⁾が提唱しているように、すべて黒点米という呼称のもとに統一した方が理解し易いと思われる。それぞれの被害米を原因(または助長要因)別に分けて、アザミウマの黒点米などと呼ぶか、または数字かアルファベットを付して区別することも記述を容易にする手段と思われる。

V 摘 要

セジロウンカの基本的な発生生態を究明し、イネの穂への集中加害による減収ならびに米の品質低下への関与を明らかにした。

1. 鳥根県における本種の主な飛来は、6月下旬から7月下旬にあり、特に7月中旬に多かった。9月にも水田内への成虫の飛来があった。

2. 飛来成虫は遅く植えたイネに多く寄生し、さらにそこでは第1世代幼虫も多くなった。遅く植えたものは、草丈が小さいこともあり、吸汁害が著しかった。

3. 水田内では、飛来成虫と第1世代幼虫・成虫の数は多かったが、第2世代になると数が少なくなった。本種は、鳥根県の水田内では1世代経過するだけのものが多くと思われた。

4. 密度調査法として、粘着板上への払い落とし法を採用し、払い落とし効率を求めた。飛来後第1世代幼虫を対象にした調査では、およそ5割弱の効率であった。

5. 本種の発生推移推定の基礎となる、各ステージ別発育限界温度と有効積算温度を求めた。

6. 褐変穂の原因を追求し、セジロウンカの飛来後第1世代幼虫が、出穂中の穂を吸汁加害することにより発生すること、そして吸汁により不稔・登熟不良になることを明らかにした。

7. 褐変穂から黒点症状米が出現することを発見し、被害米の形状観察、放飼再現試験などから、セジロウンカの加害が黒点症状米の発生を助長することを明らかにした。

引用文献

- 古谷眞二・小林達男(1982):高知県における黒点症状米の原因について。四国植防 17;41-50.
- 平尾重太郎(1972):本田におけるセジロウンカおよびトビロウンカの発生動態と防除適期。中国農試報告 E7;19-48.
- 平尾重太郎・伊藤清光(1980):1974年梅雨期東シナ海におけるイネウンカ類の採集記録。応動昆 24:121-124.
- 糸賀繁人・酒井久夫(1953):セジロウンカの被害解析。九州農業研究 12;114-116.
- 糸賀繁人・酒井久夫(1954):セジロウンカの被害解析(第2報)。九州農業研究 14;225-227.
- 岩崎真人・新海 昭(1979):イネGrassy Stunt病の発生。日植病報 45:741-744.
- 加藤陸奥雄(1948):虫害解析に関する資料〔1〕。農業及園芸 23:431-433.
- 川原幸夫(1984):イネのアザミウマ類の生態と黒点症状米。今月の農薬 28(6);20-24.
- 川村 満(1982):水稲におけるアザミウマの加害。四国植防 17;7-16.
- 川村 満・賀賀澤和男(1983):イネシンガレセンチュウ(*Aphelenchoides besseyi* CHRISTIE)による傷害米の発生経過。四国植防 18;45-52.
- KHAN, Z.R. and R.C.SAXENA(1985):Behavioral and physiological responses of *Sogatella furcifera* (Homoptera:Delphacidae) to selected resistant and susceptible rice cultivars. J.Econ. Entomol. 78:1280-1286.
- KISIMOTO, R.(1971):Long distance migration of planthoppers, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Tropic. Agric. Res. Ser. 5;201-216.
- 岸本良一(1975):ウンカ海を渡る。中央公論社, 233pp.
- KISIMOTO, R.(1976):Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* STAL. Ecol. Entomol. 1:95-109.
- 岸本良一(1983):ウンカ類の長距離移動。三重大学農学部報告 67;17-29.
- 岸本良一・平尾重太郎・平原洋司・田中 章(1982):沖繩, 奄美, 九州および東シナ海におけるトビロウンカ, セジロウンカの飛来の同時性。応動昆 26:112-118.
- 久野英二(1968):水田における稲ウンカ・ヨコバイ類個体群の動態に関する研究。九州農試彙報 14:131-246.
- 森 常也・都外川 修(1953):セジロウンカによる水稲幼穂形成期における被害解析。九州農業研究 12;47-48.
- 那波邦彦(1982):近年におけるセジロウンカの多発生と被害。今月の農薬 26(8);97-101.
- 永田 徹(1978):粘着板を用いるイネウンカ類の密度調査法。植物防疫 32:257-261.
- NAGATA, T. and T.MASUDA(1978):Efficiency of sticky boards for population estimation of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (STAL) (Hemiptera:Delphacidae) on rice hills. Appl. Ent. Zool. 13:55-62.
- 野田博明(1983):粘着板を用いた誘殺灯によるコブノメイガの捕捉。応動昆中国支会報 25;45-47.
- NODA, H.(1986a): Pre-mating flight of rice planthopper migrants (Homoptera:Delphacidae) collected on the East China Sea. Appl. Ent. Zool. 21:175-176.
- NODA, H.(1986b): Damage to ears of rice plants caused by the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera:Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 21:474-476.
- 野田博明(1987):イネ加害性ウンカ3種の寄生習性。応動昆 印刷中.
- 農林省農政局植物防疫課(1965):セジロウンカ・トビロウンカの生理生態とその発生予察に関する調査研究。病害虫発生予察特別報告 20;169.
- 大矢慎吾・平尾重太郎(1982):1981年梅雨期東シナ海洋上と北部九州におけるイネウンカ類の飛来状況とその関連性。九病虫研会報 28;117-121.
- 清野 裕・塩月善晴・小林一雄(1985):ウンカ類の長距離移動と下層ジェット。九州の農業気象 21;63-64.
- 末永 一(1959):ウンカ・ヨコバイ類による被害機構と減収査定の方。応動昆第3回シンポジウム要旨 12-14.
- 末永 一(1963):セジロウンカ・トビロウンカの異常発生機構に関する生態学的研究。九州農試彙報 8:1-152.
- 上林 譲(1975):イネシンガレセンチュウと黒点

米. 植物防疫 29:268-272.

32) 上林 譲 (1982):黒点米の発生動向と対策. 植物防疫 36:131-134.

33) 上林 譲・天野 隆・中西 勇 (1971):黒点米に関する研究 (第1報) 症状と発生生態. 愛知農総試研報 A3:46-55.

34) 上林 譲・天野 隆・中西 勇 (1972):黒点米に関する研究 (第2報) 発生環境. 愛知農総試研報 A4:

94-104.

35) 和田 節・清野 裕・小川義雄・中須賀孝正 (1986):イネウンカ類の秋季における飛来の可能性. 第30回応動昆大会講演要旨;34.

36) 吉沢栄治・高沼重義 (1986):1985年長野県北部におけるセジロウンカの多発と被害について. 第30回応動昆大会講演要旨;167.

Summary

One of major rice pests, *Sogatella furcifera*, has been studied on time of immigration into paddy fields, population change after the immigration, thermal growth parameters, and sucking damage to rice plant and kernels.

1. This planthopper, long-distance migrant species, usually flied into the paddy fields of Shimane from the end of June to the end of July, mainly in the middle of July, although the number of immigrants varied from year to year. The planthopper also immigrated into the fields in autumn.

2. The immigrants preferred young rice plants which had been planted later, so that the number of nymphs of the following generation largely increased in the young ones. Sucking damage by the planthopper was, therefore, heavy in the young rice plants.

3. The number of insects in the fields attained the maximum in the first generation after the immigration but rapidly decreased in the second generation, which indicates that most of new adults fly out of the fields.

4. The planthoppers were collected in the paddy fields using a sticky board of 30 X 20cm by striking the rice plants. In order to estimate the actual number of nymphs by this sampling method, the whole number of insects on each rice plant was counted. The efficiency of this method was near 50 percent.

5. Eggs, nymphs and adults of pre-ovipositional period were reared at several temperatures, and developmental zero (threshold of development) and thermal constant were calculated in those insect stages.

6. Brown ears of rice plants were sometimes found in early-planted rice fields. Sooty mold was observed on the ears and leaves, indicating many sucking insects attacked the rice plants. It was revealed from inoculation of the planthoppers that the white-backed rice planthopper attacked the emmerging ears and made them brown by sucking. Yields were greatly reduced by the damage.

7. Black-cracked rice kernels, some of which are caused by nematodes and thrips, were found at relatively high rates from the brown-colored glumes. The heavily-damaged ears contained more black-cracked kernels than the non-damaged ones. Release experiments of the planthoppers revealed that the attacks of the planthoppers raised the occurrence rate of the black-cracked kernels.