

ツマグロヨコバイの個体群特性と水稲に対する 直接吸汁害に関する研究

那 波 邦 彦

Studies on Population Characteristics of the Green Rice Leafhopper,
Nephotettix cincticeps UHLER and Its Direct Feeding Damage
On Rice Plants

Kunihiko NABA

March 1995

平成7年3月

広島県立農業技術センター

(広島県東広島市八本松町原)



ツマグロヨコバイの個体群特性と水稲に対する
直接吸汁害に関する研究

Studies on Population Characteristics of the Green Rice Leafhopper,
Nephotettix cincticeps UHLER and Its Direct Feeding Damage
On Rice Plants

那 波 邦 彦
Kunihiko NABA

目 次

第1章	緒 言	1
第2章	ツマグロヨコバイによる直接吸汁害の解析と被害許容密度の設定	5
2・1	直接吸汁害の実験的解析	5
2・1・1	網枠穂部ケージ内の水稻への放飼試験	5
2・1・2	網枠株ケージ内の水稻への放飼試験	9
2・1・3	圃場試験	10
2・2	全国各地の被害解析試験のデータ解析	21
2・3	直接吸汁害の発生事例の解析	23
2・4	直接吸汁害の様相と被害許容密度の設定に関する考察	25
第3章	摂食に関連したツマグロヨコバイの個体群特性	28
3・1	稲株における加害部位	28
3・1・1	圃場条件における生息部位	28
3・1・2	ポット植え水稻への放飼条件における生息部位	30
3・1・3	稲株における吸汁部位	35
3・1・4	穂部における吸汁部位	36
3・2	雌成虫の性成熟と移動分散	38
3・2・1	羽化後の日齢と移動分散の関係	38
3・2・2	稲株における産卵部位	40
3・2・3	登熟期における成熟雌率	41
3・3	登熟期における成虫の圃場間移動	42
3・3・1	早生品種と中生品種における発生経過の比較	42
3・3・2	成虫の圃場間移動	49
3・4	圃場における空間分布	56
3・5	個体群特性と吸汁害の関係に関する考察	59

第4章	ツマグロヨコバイの吸汁加害に対する水稻の補償作用	64
4・1	吸汁加害に対する水稻の生理的反応	64
4・2	登熟経過に及ぼす吸汁加害の影響	66
4・3	水稻の生育特性、特に早晚生と吸汁害の関係に関する考察	68
第5章	本田後期におけるツマグロヨコバイの密度調査法と発生動向	71
5・1	密度調査法	71
5・2	発生動向	74
5・2・1	東広島市における季節的発生消長	74
5・2・2	広島県内における発生実態	76
5・3	密度調査法と発生動向に関する考察	78
第6章	総合考察	83
第7章	要約	90
謝辞		93
引用文献		94
SUMMARY		101

第1章 緒言

一般に害虫による作物の被害は、昆虫の加害と作物の生理生態との複雑な相互作用の結果として現れる。特に水稻のウンカ・ヨコバイ類のように農作物の最終生産物を直接的に加害するのではなく、生産物の「容れもの」が形成される過程、あるいは生産物そのものの「内容」が集積されていく過程を加害する習性をもつ害虫の場合、加害の大きさが一般的にはそのまま被害の大きさとなって発現し難い傾向がある。この理由は、被害が明白に生じるまでの一連の過程に、害虫の加害に対する作物の側の複雑な生理生態的反応が介在するためである。この作物の反応のうち最も普遍的なものは補償作用であり、この作用の大きさは加害部位や加害時期によって異なると考えられる。

したがって、収穫物以外の部位を加害する害虫の被害解析を行う場合には、害虫密度、加害期間、光合成産物やアミノ酸の収奪程度といった加害の大きさを規定する害虫個体群の生態的特性を解明するとともに、加害による損傷の影響によって対象作物の生理生態がどのように変化し、その変化の結果として最終的にどの程度の被害の大きさ（指標としては例えば、精玄米重や登熟歩合などの減収量）となって現れるのか、という作物の側における様々な反応をも同時に解明することが重要である。

ツマグロヨコバイ、*Nephotettix cincticeps* UHLER, は分類学上、半翅目 (Hemiptera), ヨコバイ科 (Deltocephalidae) に属する吸汁性昆虫である。水稻の主要害虫の1種で、日本で越冬し年間3~4世代を繰り返す。本種は水稻の生育前期には稲萎縮病ウイルスや稲黄萎病マイコプラズマ様微生物などを媒介して被害をもたらす、また生育の後期、とりわけ出穂期から登熟期において多発生した場合には、水稻の穂に蝟集し籾などから汁液を吸汁して加害するとされている。

本研究の対象とした後者の吸汁による被害については、例えば上田⁸⁹⁾が「ツマグロヨコバイは出穂期の穂に集まり、穂や止葉等にスス病を併発せしめたり」と記しているように、籾の褐変や上位葉の黄化、あるいは穂や茎葉のすす病汚染などが認められる現象は経験的によく知られている。この加害が甚だしい場合には、登熟歩合の低下や千粒重の減少及び不稔粒やしいな粒の増加によって、品質が低下するとともに収量が減少する被害が生じる。移植直後や分けつ期において本種が多発生した場合にも、汁液吸収により苗の枯死や生育の遅延などの被害が生じる^{26, 64)}が、本研究の記述における「直接吸汁害」とは、水稻の生育後期、いわゆる本田後期における吸汁被害を指す。

本田後期に発生するツマグロヨコバイによる直接吸汁害に関しては、古くから解析が行われてきた^{16, 26, 79, 90)}。しかし、末永⁷⁹⁾などが指摘しているように、この被害の量的評価については地域によって大きく見解が相違し、防除に関わるコスト（費用）とベネフィット（利益）関係については1970年代まで明らかにされていなかった。

北陸や東北地方などの東北日本地域では、本種の発生量は年次による変動が大きく、異常に多発生した場合には減収が少なからず生じるとされてきた。過去の多発生年には、例えば宮城県では1夜に93万頭が予察灯に誘殺され（1957年）、また本田では株当たり1,500頭の発生（1969年）、新潟県では捕虫網50回振りで2-3万頭（1973年）や同じく25回振りで9,000頭の発生（1975年）が記録されている（いずれも各県の病虫害発生予察年報から引用）。また、減収した事例も多数報告されている^{1, 35, 54, 89)}。このため、東北日本の各県では農薬による基幹防除の対象となる重要害虫のひとつとされている場合が多い。

一方、ツマグロヨコバイによる稲萎縮病や稲黄萎病などの伝播による間接的被害が主に発生する西南日本地域では、登熟期間の吸汁加害により減収に至ることはまずないとされてきた。本種の発生量は1950年代後半から近年まで毎年のように増加し、多発生の傾向を呈してきた。例えば、広島県での本田後期における発生面積率（作付面積に対する発生面積の割合）は、1960年代後半では約50%前後であったのが、1970年代初めから1980年代前半までの期間では毎年おおむね90%を超えるようになった。このため、稲いもち病などの病害とウンカ・ヨコバイ類などの害虫との同時防除剤（2種あるいは3種混合の殺菌殺虫剤）が広く流通していることもあいまって、地域の防除暦にもツマグロヨコバイを対象とする薬剤が必ずとっていいほどに記載され、本種の発生が目立ちやすい出穂期前後には、密度の低減を図るべく農家は薬剤を多投入してきた。この結果、1960年代中期に有機リン系剤に対する抵抗性個体群が出現し、さらに1970年代初めにはカーバメート系剤に対する抵抗性の発達も確認された¹⁰⁾。

直接吸汁害の発現様相が、上記のように地域で大きく異なる理由としては、まず本田後期世代の密度レベルの差異が考えられる。東北日本地域では、根雪期間の長さや冬季の低温傾向により越冬後密度が年により大きく変動し、本田初期における発生動向が夏季まで継続する一方で、個体群密度の調節機構が有効に働かず高い増殖率となるために、本田後期にはしばしば大発生して吸汁害が生じるとされる^{13, 36)}。一方、西南日本地域における平衡密度は東北日本地域のそれと比較して低い⁶⁾。また、西南日本地域では春季における密度の高低にかかわらず、密度依存的調節機構が強く働くために、晩夏から秋季における密度は毎年ほぼ一定となり^{7, 9, 32, 38)}、本田後期での通常の密度は吸汁による被害が生

じるレベル以下になる^{25, 49)}と説明されてきた。

しかし、密度の差による発生様相の違いだけでは、直接吸汁害の地域差を説明できない。なぜなら、古くから上田⁹⁾や田村⁸⁾などが指摘しているように、被害解析の結果を比較した場合、東北日本地域では西南日本地域と比べて同一密度でも減収割合が相対的に高い傾向を示すらしいからである。

ツマグロヨコバイの直接吸汁害の発現様相には、密度の高低がまず関係しているとみられるが、この他にも寄主選択、摂食および産卵習性、さらには空間分布様式などの個体群として保持されている生理的あるいは生態的形質によって規定される加害生態のありかたも密接に関係していると考えられる。しかし、とりわけ摂食や産卵をめぐるツマグロヨコバイの個体群特性については、内藤・正木^{47, 48)}、大兼・滝田⁵⁶⁾、大矢⁶³⁾、里見⁷¹⁾などの他には報告がほとんどなく、これまで充分には解明されていない。

一方、本種の吸汁により稲体内で同化産物や水分が消費され、あるいは移行が阻害されるために、一時的に登熟が遅れても、光合成能及び養分や水分の代謝能が大きく低下せず、加害終了後に再び同化産物が穂へ活発に送られるような水稻の生育状態であれば、最終収穫物の被害程度は予期されたよりも小さくなる場合もあると考えられる。吸汁害が顕著に発現するかどうかは、吸汁による加害量（養分や水分の収奪程度）とともに、加害によって影響を受ける水稻の生理的反応（炭水化物の同化や転流などの登熟に関与する機能の変化）との関係により決まると考えられる。しかし、こうしたツマグロヨコバイの加害に対する水稻自体の生理的反応の評価については、これまでほとんど明らかにされていない。

本研究においては直接吸汁害の解析試験を実施するとともに全国各地での被害再現試験データを総括し、総合的害生物管理（Integrated Pest Management, IPM）の根幹基準である被害許容密度を設定した（第2章）。また、ツマグロヨコバイの水稻における生息部位、性成熟と飛翔活動の関係、圃場間移動の実態や空間分布様式を調べ、摂食や産卵に関連した個体群特性を検討する（第3章）とともに、本種の吸汁加害に対する水稻の生理的反応を調べ、補償作用の現れかたを検討し（第4章）、その両面から直接吸汁害の発現様相とその要因を解明した。そして、吸汁害を引き起こす本田第2世代を主な対象として密度調査法を比較検討するとともに、広島県における密度レベルを解析した（第5章）。以上の研究結果をふまえ、ツマグロヨコバイの直接吸汁害に対する防除要否の判断基準—（1）被害許容密度、（2）密度レベル、（3）水稻の登熟パターンなどを論議し、「中晩生品種水稻では出穂期防除は原則として不要」および「早生品種水稻では株当たり成虫40頭で要防除」と結論し、さらに薬剤による防除の問題点を指摘した。

なお、以下に「農業試験場」とあるのは、現在の広島県立農業技術センター（1991年11月に名称変更）であり、地理的位置（東広島市八本松町原）は同じである。

本報告は京都大学へ提出した学位論文である。

第2章 直接吸汁害の解析と被害許容密度の設定

ツマグロヨコバイによる水稻の直接吸汁害に関しては、被害解析が古くから多く実施されてきた。しかし、第1章において述べたように、被害許容密度は未だ明確には設定されておらず、そればかりか、本種が発生する地域によって直接吸汁害の量的評価に関する見解が従前から大きく相違していた。

ここでは、広島県において栽培面積が比較的多い品種を対象として、本種による直接吸汁害の解析を網柵ケージへの放飼条件および圃場条件で実施した。さらに、1960年代後半以降に全国13ヵ所の農業試験場で行われた被害再現試験のデータを総括した。これらの知見に基づき、水稻の品種の早晩生に対応した被害許容密度の設定を検討した。

ここで検討した被害量は、減収による直接的被害を問題とし、防除費用などの間接的被害は含まない。また、設定を試みたツマグロヨコバイの被害許容密度は、害虫の密度と水稻の被害量（減収）の関係に対応した生物学的な意味での被害許容密度であり、米価や検査等級などの経済的価値、即ち損害額をも対象とした経済的被害許容密度ではない。

第1節 直接吸汁害の実験的解析

(1) 網柵穂部ケージ内の水稻への放飼試験

材料および方法

1975年および1976年とも6月14日に農業試験場本場において、水稻（品種：中生新千本，出穂期：1975年9月1日，1976年9月3日）を1/5000aワグネルポットにポット当たり1株（1本）を移植した。1mmメッシュのクレモナビニロン[®] 寒冷紗製円筒（高さ50cm，直径13cm）を用いたケージ（以下，網柵穂部ケージ）に上位3葉以外の葉は切除して穂と止葉のみとした水稻を入れ，圃場から採集した成虫（性比1:1）および中齢幼虫を放飼した。供試期間中に死亡した個体数は補充しなかった。対照として無放飼区を設定した。

1975年試験においては，9月2～8日（出穂～乳熟前期）および9月9～16日（乳熟後期～糊熟期）に成虫は穂当たり20頭，中齢幼虫は穂当たり40頭を供試した。繰り返しは各々1区当

たり12回行った。1976年試験においては、9月1～8日（出穂～乳熟前期）および9月10～17日（乳熟後期～糊熟期）に成虫は穂当たり2, 5, 10, 20頭、中齢幼虫は穂当たり10, 20, 40頭放飼した。繰り返しは各々1区当たり9回行った。

放飼直前及び放飼終了後における供試水稻の管理は、ツマグロヨコバイやその他の病害虫の発生を防ぐためにガラス室内への持ち込むか、または寒冷紗を被覆することにより隔離栽培し、病害虫の防除は一切実施しなかった。供試水稻の肥培管理は広島県水稻栽培基準に従って実施した。成熟期に刈取り、天日乾燥した後に収量を調べた。ここでの収量とは精玄米重ではなく、吸汁害の実態を把握するために1,000粒当たりの籾重を調べた。1976年は放飼終了から10日後に止葉における、すす（煤）病の平均発生程度についても調べた。すす病の発生程度は、グレードⅠ：すす病斑が認められない；グレードⅡ：葉面積の1/3以下にすす病斑が認められる；グレードⅢ：葉面積の1/3以上にすす病斑が認められる、の3区分とした。各グレードに各々1, 2, 3の指数を加え、指数に相当した供試穂数を乗じて加え、調査株数で除して平均発生程度を算出した。

結果

放飼2日後では放飼当初個体数の86～97%、放飼4日後では同じく75～85%、放飼終了時では同じく43～56%が生存していた。出穂期および乳熟期の穂（止葉つき）に成虫ないし幼虫を放飼した1975年、1976年試験における収量の平均値とその95%信頼区間をそれぞれ表 2-1, 表 2-2 に示した。1975年試験の出穂期放飼では、収量の95%信頼区間は試験区間で重複してはいるものの、成虫、幼虫とも放飼による収量への悪影響がおおむね見受けられた。しかし、乳熟期放飼では成虫、幼虫とも放飼区と無放飼区の収量は有意差が認められなかった。また、1976年試験では成虫、幼虫の出穂期放飼、乳熟期放飼とも、放飼個体数の多少にかかわらず放飼区と無放飼区の収量は有意差が認められなかった。

止葉のすす病の発生程度（表 2-2）についてみると、出穂期放飼、乳熟期放飼とも成虫、幼虫いずれにおいても放飼個体数の増加に伴い、すす病の発生が多くなる傾向が認められた。

表2-1. 中生品種の穂^{a)}に放飼したツマゴロヨコバイの加害による収量への影響 (東広島市・1975年)

穂当たり 成虫数(頭)	出穂期放飼 ^{b)}		乳熟期放飼 ^{c)}	
	初重/1000粒(g)	(比率)	初重/1000粒(g)	(比率)
0	27.5±2.2 ^{d)}	(100)	25.3±2.8	(100)
成虫 ^{e)} 20	25.1±2.3	(91)	25.4±2.1	(100)
幼虫 40	23.2±2.7	(84)	24.5±3.3	(97)

a) 止葉を着けた穂; 品種: 中生新千本(出穂: 9月1日).

b) 放飼期間: 9月2~8日.

c) 放飼期間: 9月9~16日.

d) 性比: ♀:♂=1:1.

e) 平均値±95%信頼区間.

表2-2. 中生品種の穂^{a)}に放飼したツマグロヨコバイの加害による収量への影響とすす病汚染粉の発生 (東広島市・1976年)

穂当たり 成虫数(頭)	出穂期放飼 ^{b)}		乳熟期放飼 ^{c)}	
	初重/1000粒(g)(比率)	すす病汚染程度 ^{d)}	初重/1000粒(g)(比率)	すす病汚染程度 ^{d)}
0	26.4±0.9 ^{f)} (100)	1.0	27.0±1.7 (100)	1.0
2	25.2±1.8 (95)	1.0	26.9±1.0 (100)	1.0
成虫 ^{e)} 5	25.6±1.1 (97)	1.0	26.8±1.2 (99)	1.0
10	25.5±1.5 (97)	1.2	25.8±1.2 (96)	1.4
20	25.4±1.6 (96)	1.9	25.4±1.1 (95)	1.7
10	26.2±1.4 (99)	1.7	26.4±1.9 (98)	1.4
幼虫 20	24.7±1.1 (94)	1.9	26.9±1.7 (100)	1.3
40	25.0±0.8 (95)	2.1	25.6±1.7 (97)	2.3

a) 止葉を着けた穂部；品種：中生新千本(出穂：9月3日)。

b) 放飼期間：9月1～8日。

c) 放飼期間：9月10～17日。

d) すす病発病程度 = $\frac{3A+2B+1c}{4T} \times 100$

A：葉面積の1/3以上がすす病に汚染；B：葉面積の1/3以下がすす病に汚染；c：すす病汚染なし。

T：調査葉数。

e) 性比：♀：♂=1：1。

f) 平均値±95%信頼区間。

(2) 網柵株ケージ内の水稲への放飼試験

材料および方法

1974, 1978, 1981年の3年にわたり, 上位3葉以外の葉を切除し, 穂数も所定数に切り揃えた水稲株全体に, 1mmメッシュのクレモナビニロン[®] 寒冷紗製円筒 (高さ135cm, 直径25cm) を用いたケージ (以下, 網柵株ケージ) をかぶせ, 圃場から採集したツマグロヨコバイ成虫を放飼し, 供試期間中に死亡した個体数は補充しなかった。対照として無放飼区を設定した。繰り返しは各々1区当たり3~5回行った。放飼直前及び放飼終了後の供試水稲の管理は, ツマグロヨコバイやその他の病害虫の発生を防ぐためにガラス室内への持ち込むか, または寒冷紗を被覆することにより隔離栽培し, 病害虫の防除は一切実施しなかった。供試水稲の肥培管理は広島県水稲栽培基準に従って実施し, 成熟期に刈取り, 天日乾燥した後には収量を調べた。ここでの収量は前項 (網柵穂部ケージ内の水稲への放飼試験) と同様に1,000粒当たり籾重を指す。

1974年試験は, 農業試験場本場で水稲 (品種: 中生新千本) を1/5000aワグネルポットにポット当たり1株 (2本) を6月11日に移植し, 8月12~23日 (穂孕期) および9月11~21日 (乳熟期) に株当たり100, 200, 400, 600, 800頭の雌成虫を放飼した。

1978年試験は, 農業試験場本場で水稲 (品種: アキヒカリ及び中生新千本) を1/2000aワグネルポットにポット当たり1株 (2本) を5月30日に移植し, アキヒカリに対しては7月28日~8月3日 (出穂期) 及び8月14~21日 (乳熟期) に, 中生新千本に対しては8月22~29日 (出穂期) 及び9月6~13日 (乳熟期) に, 各々株当たり20, 40, 80頭の雌成虫を放飼した。

1981年試験は, 県北部の山県郡大朝町に所在する農業試験場高冷地支場 (現高冷地研究部) で水稲 (品種: アキヒカリ及びミネニシキ) を1/5000aワグネルポットにポット当たり1株 (1本) を5月17日に移植し, アキヒカリに対しては8月4~19日 (穂揃~乳熟期) に, ミネニシキに対しては8月26~9月9日 (穂揃~乳熟期) に, 各々株当たり20, 40, 80頭の成虫 (性比1:1) を放飼した。

結果

放飼終了時には放飼当初個体数の39~50%が生存していた。ツマグロヨコバイ成虫の吸汁

加害による収量（平均値と95%信頼区間）への影響を表 2-3～2-5 に示した。放飼密度は株当たりで記述した。東広島市において中生新千本（出穂期：8月30日）に100頭から800頭までの5水準の密度で放飼したが、収量への悪影響は100頭放飼では認められなかった。しかし、放飼密度が200頭を超える場合、穂孕期の放飼では悪影響は認められなかったが、乳熟期に放飼すると6～9%減収した（表 2-3）。80頭までの加害の影響を検討した場合でも、東広島市及び大朝町における両試験とも、中生新千本（出穂期：8月20日）ないしミネニシキ（出穂期：8月23日）の収量への悪影響はいずれの水準でも認められなかった（表 2-4, 表 2-5）。一方、アキヒカリ（出穂期：1978年は7月27日，1981年は8月1日）に対する放飼試験では、出穂期ないし登熟前期の20～80頭放飼で3～13%の減収が認められ、また乳熟期の放飼では20ないし40頭では減収しなかったが、80頭では4%の減収，9.4%の不稔率が認められた（表 2-4, 表 2-5）。

(3) 圃場試験

材料および方法

1975年と1976年にいずれも5月27日に農業試験場本場で水稻（品種：中生新千本，面積8a）を稚苗移植した。また，県北部の比婆郡西城町の農家圃場において，1980年5月18日に中生品種のミネニシキ（面積7a），1981年5月5日に早生品種のアキヒカリ（面積6a），5月16日に中生品種のミネニシキ（面積6a），1982年5月6日に早生品種のアキヒカリ及びホウレイ（面積各6a）を稚苗移植した。1981年および1982年では当該2品種を隣接して栽培した。調査圃場における肥培管理は広島県栽培基準に従って実施した。殺虫剤の散布及び回数により，ツマグロヨコバイの密度を2ないし3水準に達するように設定した。使用した殺虫剤の名称，散布時期及び散布量は各表に注記した。紋枯病及びいもち病に対する防除は殺菌剤の単剤を用いて適宜実施した。1区2aの2ないし4連制とした。

出穂7～10日前から出穂3～4週間後まで約1週間毎に，各調査圃場内の3～6か所において捕虫網（口径30cm，柄長1m）5回振りの掬い取り法，1か所10株の計30～60株について見取り払い落とし法あるいは袋掛け法のいずれかの方法を実施し，ツマグロヨコバイの成虫および幼虫の個体数を調査した。

掬い取り法とは，口径30cm・深さ80cm・柄長1mの鋼鉄製四折式捕虫網を，稲株の草冠部付

表2-3. 中生品種の株^{a)}に放飼したツマゴロヨコバイの加害による収量への影響 (東広島市・1974年)

株当たり雌 成虫数(頭)	穂ばらみ期放飼 ^{b)}		乳熟期放飼 ^{c)}	
	穂重/1000粒(g)	(比率)	穂重/1000粒(g)	(比率)
0	21.7±3.6 ^{a)}	(100)	24.2±0.6	(100)
100	20.8±2.3	(96)	23.7±1.4	(98)
200	20.5±3.0	(94)	22.8±1.7	(94)
400	22.0±1.9	(101)	23.4±0.9	(97)
600	20.9±0.9	(96)	21.9±1.8	(91)
800	20.7±3.1	(95)	22.8±0.8	(94)

a)品種：中生新千本(出穂：8月30日).

b)放飼期間：8月12～23日.

c)放飼期間：9月11～21日.

d)平均値±95%信頼区間.

表2-4. 早生品種と中生品種の株に放飼したツマグロヨコバイの加害による収量への影響 (東広島市・1978年)

株当たり雌 成虫数(頭)	早 生 品 種 ^{a)}			中 生 品 種 ^{b)}				
	出穂期放飼 ^{c)}		乳熟期放飼 ^{d)}	出穂期放飼 ^{e)}		乳熟期放飼 ^{f)}		
	初重/1000粒(g)	(比率)	初重/1000粒(g)	初重/1000粒(g)	(比率)	初重/1000粒(g)		
0	25.6±0.5 ^{g)}	(100)	24.1±0.5	(100)	25.2±0.6	(100)	25.8±0.4	(100)
20	24.7±0.5	(96)	24.4±0.6	(101)	-	-	25.9±0.5	(100)
40	24.9±0.4	(97)	24.3±0.5	(101)	25.0±0.6	(99)	26.8±0.3	(104)
80	24.7±0.2	(96)	23.1±0.5	(96)	24.9±0.3	(99)	25.9±0.4	(100)

a) 品種：アキヒカリ(出穂：7月27日)。

b) 品種：中生新千本(出穂：8月20日)。

c) 放飼期間：7月28～8月3日。

d) 放飼期間：8月14～21日。

e) 放飼期間：8月22～29日。

f) 放飼期間：9月6～13日。

g) 平均値±95%信頼区間。

近で振るって得られた個体数を計数する調査法である。見取り払い落とし法とは、肉眼により稲株上に生息する個体数を計数すること（見取り）と、水稻の株元を叩いて地表あるいは水面に落下した個体数を計数すること（払い落とし）を両方併用する調査法である。袋掛け法とは、長径30cm、短径20cm、高さ40cmの楕円形のブリキ製円筒にくぐらせた、長さ120cm、幅40cmのポリエステル製ゴース袋をすばやく稲株にかぶせ、株上の虫がゴース外に落下して逃亡するのを防ぐために株元を結索したのち、株の地上部全体を採取し、袋ごと熱風乾燥機で風乾した後に個体数を計数する調査法である。ここで楕円形の筒を用いた理由は、稲株にかぶせるゴース袋の支えとするためである。ゴース袋を稲株にかぶせる際には一部の虫が逃亡する場合もあり得るので、袋掛け法による密度推定は過小評価となるのは否定できない。

水稻の成熟期に1区3～4か所（1か所25～30株）で計90～100株を刈取り、天日乾燥した後に100株当たりの籾重、精玄米重および玄米の粒厚別分布割合を調査した。登熟経過を知るために、比婆郡西城町における試験では出穂以降約7日毎に穂を採取し、1,000粒当たり籾重の1日当たり増加量を調査した。

結果

いずれの調査圃場においても、セジロウンカ *Sogatella furcifera* HORVATH、トビイロウンカ *Nilaparvata lugens* STÅLなどのウンカ類、コブノメイガ *Cnaphalocrocis medinalis* GUENEEなどは少発生であり、またいもち病や紋枯病などは特記しない限り少発生であり、これらの病害虫による収量への影響はごく小さいとみなされた。

表 2-6～2-9 に、ツマグロヨコバイの加害による水稻の収量（平均値と95%信頼区間）への影響を示した。密度は捕虫網5回振り当たりの個体数で示した。以下の記述における株当たりの個体数は、出穂期から乳熟期にかけての掬い取り法による密度の推定効率を22%（第5章参照）、1回振りの掬い取り面積を1.33m²、栽植密度を22株/m²とし、捕虫網5回振り当たりの個体数から換算した。収量は100株当たりの籾重および精玄米重で示した。

東広島市において中生新千本を供試した試験では、出穂期から乳熟期までの約2週間における捕虫網5回振り当たりの個体数は、1975年ではピーク時（出穂期）には、成虫128頭、幼虫223頭、計351頭（株当たりに換算して10.5頭に相当、以下同じ）であった。しかし、密度水準の高低にかかわらず、収量には有意差が認められなかった（表 2-6）。1976年はピーク時（出穂15日後）に成虫489頭、幼虫502頭、計991頭（株当たり29.3頭）を記録し、

表2-6. 水田におけるツマグロヨコバイの密度^{a)}と中生品種^{b)}の収量の関係 (東広島市・1975年)

密度水準	-6DH ^{c)}		0DH		9DH		21DH		初重 /100株 (g)	精玄米重 /100株 (g)	(比率)					
	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫				計				
低密度 ^{d)}	37	15	52	116	220	336	56	12	68	38	121	159	2593±125 ^{e)}	(100)	1990±435	(100)
中密度 ^{e)}	41	6	47	142	44	186	107	75	182	61	194	255	2733±678	(105)	2073±613	(104)
高密度 ^{f)}	35	20	55	128	223	351	119	174	293	70	150	220	2600±573	(100)	1960±179	(98)

a) 頭/捕虫網5回振り.

b) 中生新千本(出穂:8月20日).

c) 出穂後日数.

d) ダイジノン・キジノン粉剤(3kg/10a)を7月17日(出穂34日前)およびダイジノン粉剤(4kg/10a)を8月20日(出穂期)に散布.

e) 殺虫剤を散布せず.

f) ダイジノン+キジノン粉剤(3kg/10a)を7月17日(出穂34日前)に散布.

g) 平均値±95%信頼区間.

表2-8. 水田におけるツマゴロヨコバイの密度^{a)}と早生品種^{b)}の収量の関係(西城町・1982年)

密度水準	-7DH ^{c)}		1DH		14DH		21DH		26DH		初重 /100株 (g)	(比率)					
	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫							
低密度 ^{d)}	25	2	27	6	7	13	17	2	19	95	1	96	102	3	105	4036 ± 373 ^{e)}	(100)
高密度 ^{f)}	28	1	29	51	98	149	237	168	403	508	297	805	341	371	712	3303 ± 84	(82)

精玄米重 /100株 (比率)

密度水準	玄米の粒厚別分布割合(%)			
	(g)	<1.7mm	1.8~2.0mm	>2.1mm
低密度 ^{d)}	2991 ± 251 (100)	7.4 ± 2.8	31.8 ± 6.3	61.8 ± 9.1
高密度 ^{e)}	2164 ± 247 (72)	14.9 ± 8.8	44.8 ± 14.7	41.1 ± 22.7

a) 頭/捕虫網5回振り.

b) アキヒカリ(出穂:7月28日).

c) 出穂後日数.

d) 7⁰パ⁰ス粒剤(5kg/10a)を7月29日(出穂1日後),8月12日(出穂14日後)および8月24日(出穂21日後)に散布.

e) 殺虫剤を散布せず.

f) 平均値 ± 95%信頼区間.

表2-9. 水田におけるツマグロヨコバイの密度^{a)}と中生品種^{b)}の収量の関係(西城町・1982年)

密度水準	-7DH ^{c)}			1DH			14DH			21DH			26DH			初重 /100株 (g)	(比率)
	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫	計	成虫	幼虫	計		
低密度 ^{d)}	2	1	3	31	3	34	55	0	55	69	2	71	13	3	16	3743±100 ^{e)}	(100)
高密度 ^{f)}	4	1	5	132	14	146	143	72	215	153	166	319	143	136	279	3356±570	(90)

玄米の粒厚別分布割合(%)

密度水準	精玄米重 /100株 (比率) (g)	玄米の粒厚別分布割合(%)		
		<1.7mm	1.8~2.0mm	>2.1mm
低密度 ^{d)}	2715±373 (100)	2.4±0.5	31.3±12.3	67.3±8.5
高密度 ^{e)}	3715±291 (100)	3.9±1.0	41.8±14.4	54.3±15.0

a) 頭/捕虫網5回振り.

b) ホウレイ(出穂:8月12日).

c) 出穂後日数.

d) 7°D^h 5粒剤(5kg/10a)を7月29日(出穂14日前), 8月12日(出穂期)および8月24日(出穂12日後)に散布.

e) 殺虫剤を散布せず.

f) 平均値±95%信頼区間.

1975年試験よりも密度は高く経過した。高密度区の精玄米重は低密度区の92%であったが、
籾重、精玄米重のいずれも区間には有意差が認められなかった（表 2-7）。

西城町での1980年試験では、捕虫網5回振り当たりの個体数は出穂4日後にピークとなり、
成虫540頭、幼虫58頭、計598頭（株当たり18.5頭）であった。100株当たりの収量は無防除
区：2,045g、防除区：1,755gとなったが、両区とも穂いもちが発生したため、ツマグロヨ
コバイによる被害は明らかにはできなかった。また、西城町での1981年試験では、ピーク
時における捕虫網5回振り当たりの個体数は、アキヒカリ（出穂17日後）では成虫104頭、
幼虫45頭、計149頭（株当たり4.5頭）、ミネニシキ（出穂16日後）では成虫107頭、幼虫
267頭、計374頭（株当たり11.3頭）であったが、いずれの品種とも密度の高低による収量の
有意差は認められなかった。

一方、西城町での1982年試験におけるアキヒカリの高密度区では、ピーク時（出穂21日
後）における捕虫網5回振り当たりの個体数は、成虫508頭、幼虫297頭、計805頭（株当
り24.2頭）を記録した。この結果、低密度区（ピーク時密度：計105頭/5回振り、株当
り3.9頭）に比べて、高密度区では低密度区に比べて籾重で18%、精玄米重で28%と有意に
減少するとともに、粒厚が1.7mm以下の玄米の分布割合が増加し、品質が低下する被害が生
じた（表 2-8）。アキヒカリに比べて出穂期が遅いハウレイでは、出穂後約2週間において、
ピーク時における捕虫網5回振り当たりの個体数は成虫153頭、幼虫166頭、計319頭（株当
り9.7頭）を記録した。しかし、密度水準の高低による収量及び品質の有意差は認められ
なかった（表 2-9）。

西城町試験において得られた、防除区での水稻の登熟経過（1日当たりの籾千粒重の増
加量の変化）と無防除区でのツマグロヨコバイの密度推移（袋掛け法により得られた株当
り個体数の変化）の関係を図 2-1（ミネニシキ）、図 2-2（アキヒカリ）に示した。

中生品種のミネニシキについてみると、1980年試験では水稻の登熟ピークは出穂26日後、
ツマグロヨコバイの密度ピークは出穂直後に各々認められた（図 2-1）。また、1981年試験
では水稻の登熟ピークは出穂30～36日後、ツマグロヨコバイの密度ピークは出穂直後に
各々認められた。すなわち、中生品種では水稻の登熟ピークとツマグロヨコバイの密度ピ
ークとは重ならず、前者は後者より相当遅れる傾向が示された。

これに対して、早生品種のアキヒカリでは、1981年試験においては水稻の登熟ピークは
出穂14～17日後、ツマグロヨコバイの密度ピークは出穂5日後に各々認められ、また1982年
試験においては登熟ピークは出穂10～17日後、ツマグロヨコバイの密度ピークは出穂10日
後に各々認められた（図 2-2）。またハウレイ（1982年試験）でも、水稻の登熟ピークは出

穂7~12日後、ツマグロヨコバイの密度ピークは出穂12日後に各々認められた。このように早生品種では水稻の登熟ピークとツマグロヨコバイの密度ピークは、ほぼ乳熟期あたりに重なる傾向が示された。

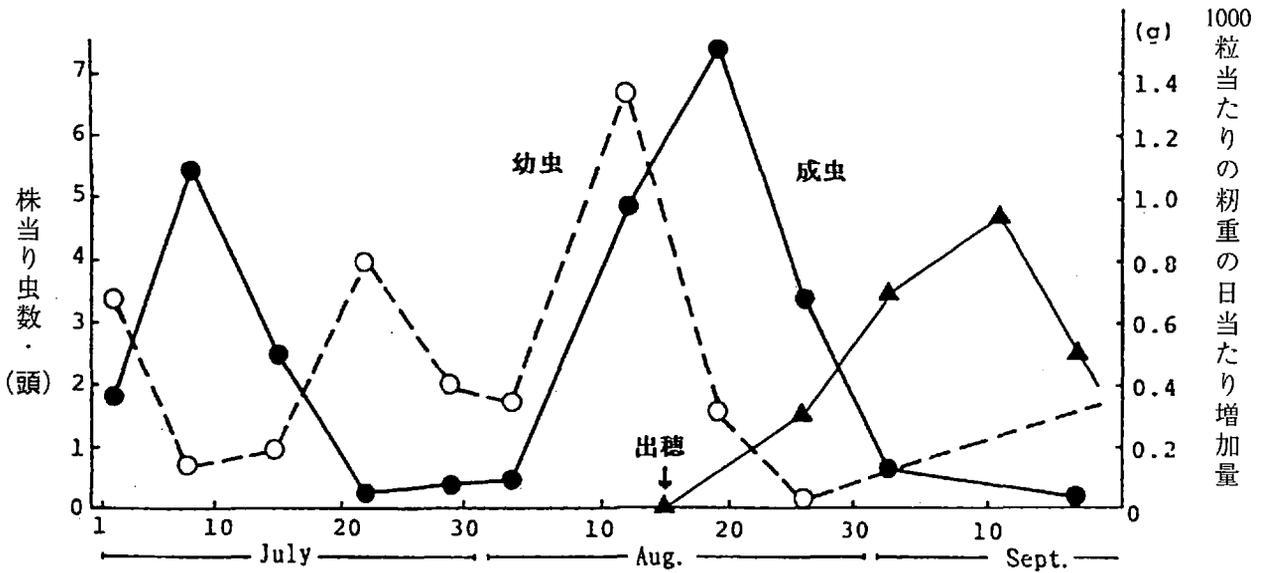


図2-1. ツマグロヨコバイの密度推移と水稻の登熟経過の関係
(ミネニシキ；西城町，1980年)

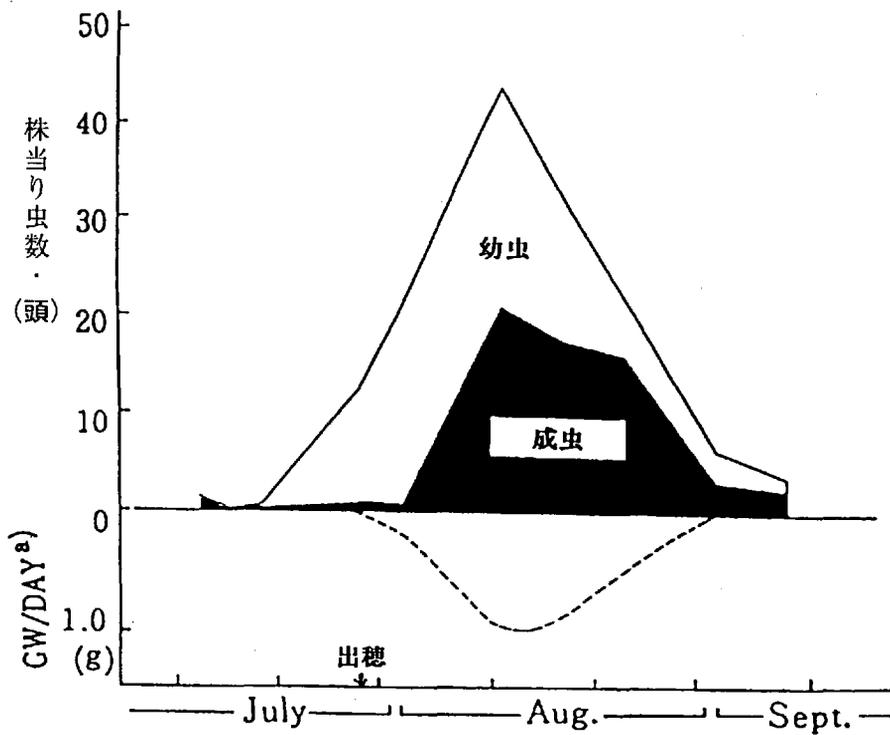


図2-2. ツマグロヨコバイの密度推移と水稻の登熟経過の関係
(アキヒカリ；西城町，1982年)

^a1000粒当たりの籾重の日当たり増加量

第2節 全国各地の被害再現試験のデータ解析

材料および方法

農林水産省ないし府県の農業試験場で実施された、網柵株ケージへのツマグロヨコバイ放飼による水稻の被害解析の試験成績を検討した。近年における水稻の栽培法の変化、とりわけ作期の前進化と施肥法の改変により、出穂期前後の稲体栄養条件は基肥中心の1950年代とは様相が異なるとされている。このため、1960年代後半以降に実施された試験のうち、富山県農業試験場（嘉藤ら²⁴⁾、農林水産省北陸農業試験場（大矢ら、未発表）、栃木県農業試験場（大兼ら、未発表；斎藤ら⁶⁸⁾）、茨城県農業試験場（松井ら、未発表）、群馬県農業試験場（高山ら⁸³⁾）、山梨県農業試験場（小管ら、未発表）、長野県農業試験場（小林ら、未発表）、福島県農業試験場（大沢ら⁶¹⁾）、岩手県農業試験場（佐々木ら、未発表）、兵庫県農業試験場（山口・藤本⁹³⁾）、岡山県立農業試験場（坪井ら、未発表）、香川県農業試験場（葛西・尾崎²⁵⁾）及び広島県立農業試験場（前節に記述）により得られた計13ヵ所でのデータを検討の対象とした。なお、各農業試験場の名称は1978年当時で記した。多くの試験では放飼されたツマグロヨコバイの発育ステージは終齢幼虫ないし成虫であった。放飼日数は概ね出穂期前後から約1～2週間であった。

結果

上記した試験成績の他にも、出穂期から成熟期まで放飼する試験例（栃木、茨城、群馬、山梨の各県農試など）や、雌成虫に産卵させ子世代を1～2世代加害させる試験例^{7, 49)}などもあったが、加害期間の長さや被害程度との関係は明瞭ではなかった。

加害時期と減収の関係は多くのデータでおおよそ一致し、登熟前期における加害は登熟後期における加害よりも被害程度は大きかった。例えば、富山県農業試験場の嘉藤ら²⁴⁾の試験では株当たり成虫100頭を加害させた場合の減収率は、出穂期から乳熟期までの加害条件では40%であったのに対して、糊熟期から黄熟期までの加害条件では23%であった。農林水産省北陸農業試験場（大矢ら、未発表）の1974年試験でも株当たり成虫80頭を加害させた場合、登熟前期の加害条件における減収率が65%であったのに対して、登熟後期では27%であった。

放飼した成虫の密度と水稻の減収程度との関係に関しては、試験例間の数値の変動が大き

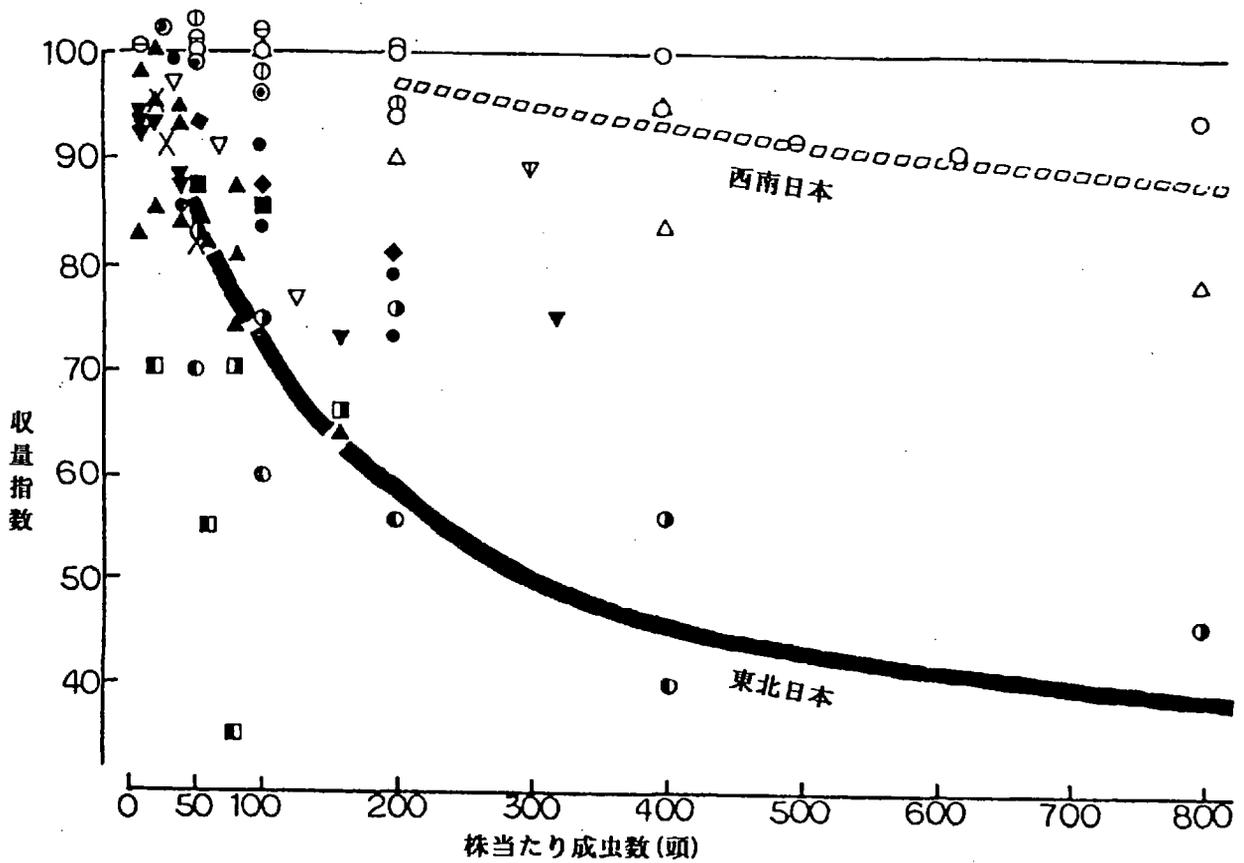


図2-3. ツマグロヨコバイの成虫密度と水稻の収量の関係

注) 記号 農試 品種 加害時期 出典(発表者または試験年)

東北日本

富山	ホウネンワセ	出穂期	嘉藤・若松(1978)
富山	ホウネンワセ	乳熟期	嘉藤・若松(1978)
北陸	トドロキワセ	登熟前期	1974
北陸	トドロキワセ	登熟後期	1974
栃木	日本晴	出穂期～成熟期	1975
茨城	日本晴	出穂期～成熟期	1975
群馬	ニホンマサリ	出穂期～成熟期	高山ら(1976)
山梨	日本晴	出穂期～成熟期	1975, 1976, 1977
長野	ホウネンワセ	穂揃期～成熟期	1974
岩手	フジミノリ	出穂期～乳熟期	1969
福島	ササニシキ	出穂期, 乳熟期	大沢(1987)

西南日本

広島	中生新千本	登熟前期	1973, 1974
岡山	アケボノ	出穂期, 穂揃期	1973, 1974
香川	ツユアケ	穂揃期	葛西・尾崎(1972)
香川	アケボノ	穂揃期	葛西・尾崎(1972)
兵庫	農林23号	開花期～乳熟期	山口・藤本(1969)
兵庫	金南風	出穂期	山口・藤本(1969)

かった。そこで、供試品種、放飼した時期及び放飼した期間（日数）などに関係なく、出穂期以降における成虫密度と収量指数（無放飼標準区に対する放飼区の収量比、収量の指標は籾重とした）の関係を一括して取り扱って図 2-3 に示した。

ツマグロヨコバイの同一密度に対する水稻の収量指数の変動は大きく、一概にはいえないが、密度の増加に伴う被害の現れかたは、7月下旬から8月上旬にかけて出穂する品種（ホウネンワセ、トドロキワセ、コシヒカリ、ササニシキなど）を供試した東北日本地域（富山・北陸・山梨・群馬・栃木・茨城・群馬・山梨・長野・福島各県農試）と8月下旬から9月上旬に出穂する品種（中生新千本、アケボノ、金南風、ツユアケなど）を供試した西南日本地域（兵庫・岡山・香川・広島各県農試）とでは大きく相違した。図中の実線及び破線はそれぞれ東北日本地域と西南日本地域のおおよその傾向を示す。

東北日本地域では株当たり成虫の個体数（以下同じ）が10～20頭になると5～10%の減収が生じ、密度が増加するにつれて、収量指数が急激に低下する傾向が認められ、200～400頭の加害では30～50%の減収を示す傾向が認められた。一方、西南日本地域では100頭までの密度の範囲では、収量指数は100前後のレベルを維持して減収とはならず、200頭の加害で約5%、600頭の加害で約10%の減収を示す傾向が認められた。このように、西南日本地域におけるツマグロヨコバイの直接吸汁害の現れかたは東北日本地域のそれとは異なり、密度の増加に伴う水稻の収量の低下していく度合はきわめて緩やかであった。

第3節 直接吸汁害の発生事例の解析

材料および方法

1984年9月に東広島市西条町および東広島市に隣接した賀茂郡黒瀬町の農家圃場（品種：中生新千本）において、水稻の成熟期に籾の褐変あるいは、すす病による汚れなどのツマグロヨコバイによる直接吸汁害が顕著にみられた。当該圃場から穂を20ないし25本をランダムに採取し、褐変、すす病、不稔などの籾の外見的異常症状および玄米の粒厚別分布割合を調べた。ツマグロヨコバイの密度は、見取り払い落とし法または捕虫網（口径30cm、柄長1m）20回振りの掬い取り法により得られた成虫と幼虫の合計個体数から調査効率を考慮して株当たり個体数に換算した。換算にあたっては見取り払い落とし法の効率は50%、掬い取り法の効率は22%とした（第5章参照）。

結 果

表 2-10にツマグロヨコバイの加害による水稻の籾の外見的品質への影響を示した。8月下旬におけるツマグロヨコバイの発生が比較的低密度であった東広島市Aおよび黒瀬町Aでは褐変籾，すす病汚染籾，不稔籾の出現割合は低率であり，粒厚別分布割合も2.0mm以上の玄米が91.1%および86.2%と高率であった。

一方，ツマグロヨコバイの高密度発生が認められた東広島市Bおよび黒瀬町Bでは，褐変籾および不稔籾の出現割合は東広島市Aおよび黒瀬町Aよりも高率であった。すす病汚染籾については黒瀬町Bでは高率であったが，東広島市Bでは低率であった。東広島市Bおよび黒瀬町Bにおける粒厚別分布割合は，2.0mm以下の玄米が多く，品質の低下がみられた。黒瀬町Cでは褐変籾およびすす病汚染籾の出現割合が高く，また2.0mm以下の玄米が多かったことからみて，ツマグロヨコバイの高密度発生が推察された。

なお，すす病汚染籾は上位枝梗よりも下位枝梗に比較的多く認められた。

表2-10. ツマグロヨコバイの加害によるイネの籾と玄米の外見的品質への影響 (1984年)

調査圃場	出穂日	外見的異常籾の出現割合(%)				玄米の粒厚別分布割合(%)		
		褐変	すす病	不稔	健全	<1.7mm	1.8~2.0mm	>2.0mm
東広島市A ^{b)}	8月20日	0.5	0.4	1.8	93.7	2.4	6.5	91.1
東広島市B ^{c)}	8月20日	4.0	1.9	6.4	87.7	11.2	17.6	71.2
黒瀬町A ^{d)}	8月下旬	1.0	2.8	1.4	94.8	4.5	9.3	86.2
黒瀬町B ^{d)}	8月下旬	2.8	6.9	4.3	86.0	3.9	35.7	60.4
黒瀬町C ^{d)}	8月下旬	4.7	5.9	2.7	86.7	7.0	19.3	73.7

調査圃場	出穂日	ツマグロヨコバイの密度 ^{a)} /株		
		8月23日	8月24日	8月30日
東広島市A ^{b)}	8月20日	54.2	5.6	2.3
東広島市B ^{c)}	8月20日	51.6	42.7	27.8
黒瀬町A ^{d)}	8月下旬	—	9.4	—
黒瀬町B ^{d)}	8月下旬	—	20.2	—
黒瀬町C ^{d)}	8月下旬	—	—	—

- a) 成虫および幼虫の合計個体数.
- b) 8月23日にツマグロヨコバイの密度を調査した直後に7°ロハ・ス・BPMC粉剤DL(40kg/ha)を散布.
- c) 無防除.
- d) 薬剤防除歴は不明.

第4節 直接吸汁害の様相と被害許容密度の設定に関する考察

ツマグロヨコバイの吸汁被害に関する解析試験は、多くの場合、網枠ケージ内の水稻に主に成虫を放飼し加害させる方法で行われている。ツマグロヨコバイの生息が水稻の草冠部あたりに目立つという理由で、穂部⁷¹⁾あるいは株上層⁶⁶⁾に加害させた試験例もある。網枠ケージの放飼試験では一部の虫の死亡により、放飼終了時は放飼当初よりも個体数が一般的には少なくなる。本試験では約1週間放飼した場合、放飼4日後の生存率は概ね80%であり、放飼後数日間では放飼当初の個体数に近い生存虫が観察されたので、以下では放飼当初の個体数をツマグロヨコバイの密度として考察した。

中生品種の穂部に加害させた場合の収量への悪影響については、成虫20頭もしくは幼虫40頭という高密度条件（表 2-1）では、出穂期放飼において有意差は認められないものの、減収程度が大きいように見受けられたが、乳熟期放飼では放飼区と無放飼区には有意差が認められなかった。成虫の個体数が穂当たり20頭という加害条件は、穂数を20本とすれば株当たり400頭に相当し、現実には起こり得ないような、きわめて高い密度と考えられる。しかし、この試験を含む一連の放飼試験の結果（表 2-1～2-5）は、密度に代表されるツマグロヨコバイの加害条件とともに、登熟期間中における水稻の生理機能に関わる条件、とりわけ出穂期の早晚や登熟パターンなどの様々な生育特性が直接吸汁害の有無やその発現の程度には関与していることを示唆している。

表 2-4、2-5 に示したように、株全体を吸汁加害させた場合の収量へ悪影響は、早生品種のアキヒカリでは中生品種の中生新千本に対してよりも大きかった。また、一連の圃場試験において減収や登熟不良の被害を明らかに認めたのは早生品種のアキヒカリ（表2-8）であり、この試験でのピーク時密度は、株当たり24頭であった。一方、中生品種の中生新千本（表 2-7）では発生のピーク時には表 2-8 の場合とほぼ同じ密度（株当たり29頭）であったが、低密度区との収量差は認められなかった。水稻の出穂期の早晚の違いにより密度と減収の関係が異なることは、全国の13地点で実施された網枠株放飼試験データの解析結果（図 2-3）からも明確にうかがえる。放飼試験および圃場試験の結果をもとにツマグロヨコバイの密度（株当たりの成虫の個体数）と水稻の被害程度（収量指数）の関係を模式化すれば、図 2-4 のように示される。

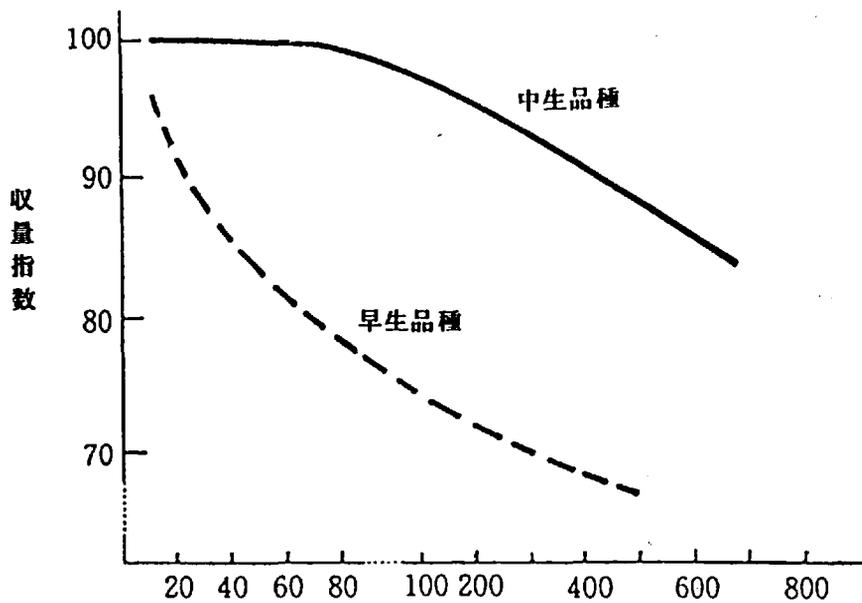


図2-4. 出穂期～乳熟期のツマグロヨコバイの成虫密度と水稲収量の関係.

城所・桐谷³⁰⁾は、害虫の加害量と減収量の間で予想される関係を整理している。すなわち、個々の害虫が独立かつ機会的に加害する場合は、密度の増加とともに加害対象が重複することにより、減収率が $1 - P_0$ ($P_0 = e^{-N}$: 害虫密度 N を平均値とするポアソン分布の0項)となり (A), 収穫対象部位が加害されても品質がほとんど問題とならない場合は、加害量と減収量の間には直線関係が成立し (B), また害虫が収穫対象とならない部位を加害する場合は、収量への影響は間接的となり、特に加害時期と収穫時期の時間的ずれが大きいときにはその間に働く補償作用によって、ある範囲の加害量は収量には影響しない (C), という三つの基本的な関係である。図 2-4 における破線は A 型の場合、実線は C 型の場合に相当するように見受けられる。ツマグロヨコバイの加害部位や水稲の補償作用などについては、それぞれ第 3, 4 章で検討した。

図 2-4 から、吸汁による被害 (減収率: 5%) が発現し始める株当たりの個体数、すなわち被害許容密度は、加害力の大きい成虫の場合、7月下旬から8月上旬にかけて出穂する品種 (いわゆる早生品種) に対しては20頭、8月下旬から9月上旬に出穂する品種 (いわゆる中晩生品種) に対しては100頭と設定できる。

網柵株ケージ放飼試験の結果、水稲が登熟し始める時期における吸汁加害の悪影響は、登熟が進んだ後期よりも大きく発現しやすいことが明らかとなった。したがって、被害を回避するためには、出穂期までの比較的短い期間のうちに密度を低下させておく必要があり、上記の被害許容密度をそのまま要防除密度とみなし、また防除の実施時期を穂孕期から出穂期に設定しても実用上は差し支えないと思われる。斎藤ら⁶⁸⁾によれば出穂期から乳熟期の株当たり成虫密度が20頭、また大沢⁶²⁾は株当たり成虫密度が出穂期では16頭、乳熟

期では24頭を要防除水準としている。これらはいわゆる早生品種での試験成績であり、上記の設定結果を支持するものである。

虫体重をめやすとした発育ステージ別の相対的加害量は、雌成虫を1とすると、雄成虫は0.49、若齢幼虫は0.04、中齢幼虫は0.16、老齢幼虫は0.35とされる（富山県農業技術センター農業試験場、1990）。圃場では成虫と幼虫の密度割合が様々に変化するが、両者がほぼ同数であるとする、幼虫の密度を加算した被害許容密度（相対的加害量：雌成虫1、雄成虫0.5、幼虫0.5）は、早生品種に対しては40頭、中晩生品種に対しては200頭と見積もることができる。

ツマグロヨコバイの加害により、減収や登熟不良に加えて褐変籾、すす（煤）病による汚染籾、不稔籾などの被害症状も発現する（表 2-10）。水稻の茎葉に堆積したツマグロヨコバイの甘露排せつ物には、すす病が発生する。このすす病のために水稻の光合成能力が阻害される⁶⁹⁾。ツマグロヨコバイの密度、すす病の発生程度及び水稻の生育・収量の関係については富山県農業技術センター農業試験場の報告⁸⁷⁾がある。それによると、すす病の発生程度と精玄米重、登熟歩合とは負の相関があり、またこれらの関係は止葉に比べて下位の葉ほど高い相関が認められたという。本試験においても、中生品種の穂部に加害させた場合には、密度の増加に伴ってすす病の発生は多くなった。

しかし、密度が高くてもすす病汚染籾の発生が少ない事例も見受けられた（表2-10）。また、1992年の本田後期にはツマグロヨコバイの発生が広島県では目だったが、9月の登熟期における秋季の寡雨条件のためか、すす病は多発生しなかった。すす病の発生には密度の他にも、気象条件や水稻の生育条件も関与していると考えられる。新潟県の事例⁹⁰⁾では、減収とすす病との関係は認められるとされているが、田村⁸⁶⁾や高木⁸¹⁾は否定的な見解である。現行の水稻栽培条件におけるすす病の発生に対する被害許容密度については、現時点では明確にはされていない。

なお、ツマグロヨコバイの地方個体群に関して、異なる水稻品種に対する加害性にバイオタイプのな変異が見いだされている^{70, 76)}。また、寒川・佐藤⁷⁷⁾は北陸地方の上越個体群と九州地方の筑後個体群の雌成虫を葉身に吸汁させた場合、1日当たりの甘露排泄量が筑後個体群に比べて上越個体群が多いと報告している。さらに、成瀬⁵³⁾は、北陸地方と九州地方の個体群とでは増殖能力、高温耐性、体のサイズが異なると報告している。摂食生理をめぐるツマグロヨコバイ個体群間の形質の変異が東北日本地域と西南日本地域とでどの程度存在するかは、本種の加害力の地域差を評価する上で今後解明されるべき課題であると思われる。

第3章 摂食に関連したツマグロヨコバイの個体群特性

水田におけるツマグロヨコバイの個体群動態については、久野³⁸⁾、法橋⁷⁾およびKIRITANI *et al.*³²⁾などにより詳細に解析されている。久野・法橋⁴⁰⁾によれば、本種個体群の密度安定化機構には成虫の種間関係、特に雌成虫の飛翔活動による密度依存的移出が効果的に働いているとされる。また、本種の飛翔活動と卵巣発育から産卵に至るまでの性成熟過程の関わりについては、法橋⁷⁾、片山²¹⁾などの報告がある。さらに、水稻の出穂開花期における水田で、本種が活発に移動分散する現象が報告されている^{12, 38, 95)}。法橋⁷⁾はツマグロヨコバイの飛翔活動に影響する要因として、気象条件や水稻の栄養条件、生育期などの季節的条件及び成虫期における密度条件を示唆した。

しかし、水稻における食物要求と関連づけた本種個体群の特性についての知見は、吸汁部位をみた大兼ら⁵⁷⁾、窒素量と密度の関係をみた ANDOW³⁾、汁液成分と摂食行動の関係をなどを解析した LIU and TAKAHASHI⁴³⁾などのほかは少ない。ここでは、水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの稲株上での加害部位および産卵部位、性成熟と飛翔活動の関係、空間分布の様式について検討した。また、出穂を契機として本種が中生品種圃場から早生品種圃場へ集中的に移動し、直接吸汁害が生じる可能性が考えられる。そこで、早生品種と中生品種におけるツマグロヨコバイの発生経過の相違点を比較し、成虫の飛翔高度、移動分散およびこれに伴う空間分布の変化についても検討した。なお、解析の対象とした個体群は、広島県に生息するツマグロヨコバイであり、その個体群特性に関する以下の知見は西南日本地域に概ねあてはまると思われるが、東北日本地域の地方個体群と違いがあるかどうかは今後検討の余地がある。

第1節 稲株における加害部位

(1) 圃場条件における生息部位

材料および方法

1976年5月27日に農業試験場本場において、2条並木植え（条間28cm，株間16cm，畦11

8cm)により水稻(品種:中生新千本,出穂期:8月24日,面積4a)を稚苗機械植した。条間および株間は1条並木植えの一般慣行栽培とほぼ同じであるが,畦間を大幅に広くした栽植様式としたのは,調査の実施によりツマグロヨコバイの生息場所が攪乱されることを少なくするためである。肥培管理は広島県水稻栽培基準に従って実施した。

8月10日から約7日ごとに,畦畔付近の周縁の株を除いた48株を系統抽出した。午前10時から12時までに稲株上に生息する成虫の個体数を,田面地際からの20cm間隔の高さ別に,見取り法により調べた。8月上旬にイソプロチオラン粒剤(4kg/10a)を施用した以外は,殺虫剤,殺菌剤のいずれも施用しなかった。

結果

図3-1は,水稻の生育後期の圃場において,稲株上の成虫の生息状況を日中の午前のうち

に観察した結果である。

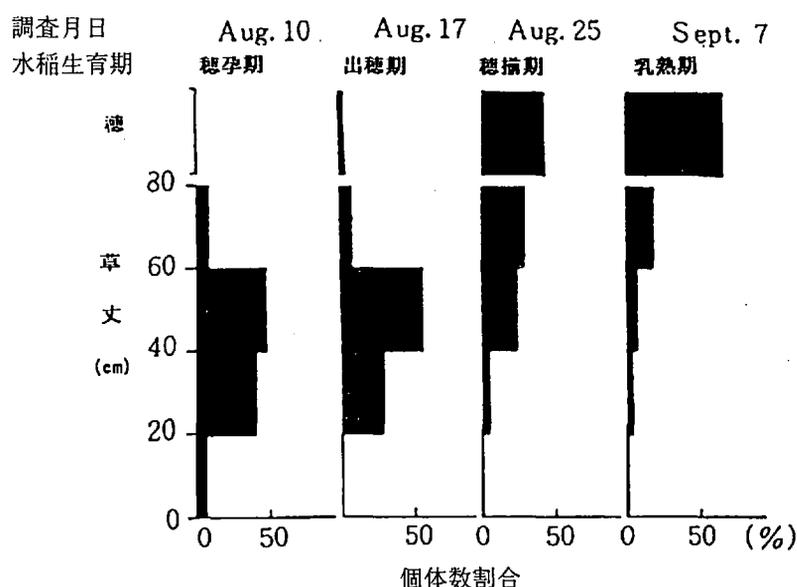


図3-1. 昼間観察した水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイ成虫の株内垂直分布

出穂に至るまでは,稲株の中層に当たる20~60cmの高さに生息する個体が多く認められた。穂孕期には,稲株上に生息する全個体のうち,3.8%の個体が穂部に分布していた。しかし,出穂期になると,穂部における生息個体数の分布割合が43.3%と高率になり,しかも止葉などの上位葉にも多くの個体が生息するのが認められた。さらに,穂揃期では65.7%,乳熟期では68.8%と穂部における生息個体数の分布割合が著しく高まる一方で,稲株の下層部分に生息する個体数は少なくなった。

(2) ポット植え水稻への放飼条件における生息部位

材料および方法

1976年6月14日に、農業試験場本場において、水稻（品種：中生新千本）を1/2000aワグネルポットにポット当たり1株（1本）を移植した。供試虫の放飼時までには、水稻はツマグロヨコバイやその他の病害虫の発生を防ぐためにガラス室内で隔離栽培し、病害虫の防除は一切実施しなかった。肥培管理は広島県水稻栽培基準に従って実施した。出穂期は9月3日であり、ツマグロヨコバイを放飼した時点での水稻の草高は、いずれも約90~100cmであった。ポリエステルゴース（24メッシュ）製の直方体（1×1×1m）のケージに、水稻1株を植えたポットを各1個置いた。

7月22日、8月30日および9月16日に農業試験場内の無防除水田からツマグロヨコバイを採集した。稲株上のツマグロヨコバイの個体数は見取り法により調べた。ただし、夜間は照度約50luxのキャップライトを用いて調べた。キャップライト点灯によるツマグロヨコバイの活動性への悪影響は認められなかった。繰り返しは3~5回行った。調査時に稲株上で生息が認められなかった個体の多くは、ケージ内のポリエステルゴース上や木製枠組み上などで確認されたが、その他にも生息が確認できなかった個体もあった。これらの個体は、すべて株外への「移出個体」とみなした。

穂孕期における稲株上の個体の分布調査は、幼穂形成期の水稻への放飼虫から産出された次世代の中齢幼虫ないし成虫を対象とし、8月17日の午前12時、8月18日の午後6時および午後10時さらに8月19日の午後5時に、地際部からの10cm間隔の高さ別に実施した。出穂期における調査時には、性比1:1の成虫100頭および中齢幼虫50頭を放飼し、放飼3時間後の8月30日の午後1時から9月2日の午前8時まで分布調査を実施した。乳熟期における分布調査では、放飼前に雌成虫を炭酸ガスで麻酔した後に、体背面に速乾性の油溶性ソフトペン（マジックインキ細字用[®]）を用いて個体識別マークを施した。供試虫とは別に、採集虫の一部を同様の方法でマーキングし、調査期間中に芽出し苗で飼育したが、ソフトペン使用による虫の活動性への悪影響は認められず、また死亡した個体もなかった。ケージ内の雑草およびクモ類を予め除去しておき、マーキングされた供試虫を入れた試験管を水稻の株元に静置し、ケージ内で自由に脱出させた。調査期間中に発見されたクモ類はそのつど捕殺した。9月16日の午後6時から9月18日の午後5時まで約6時間ごとに、地際部からの20cm間隔の高さ別に生息部位を観察した。繰り返しは3回ないし5回行った。

結 果

穂孕期に幼虫および成虫の生息部位ごとの個体数（計3株の合計値）の稲株上での変化を調査した結果を図3-2に示した。

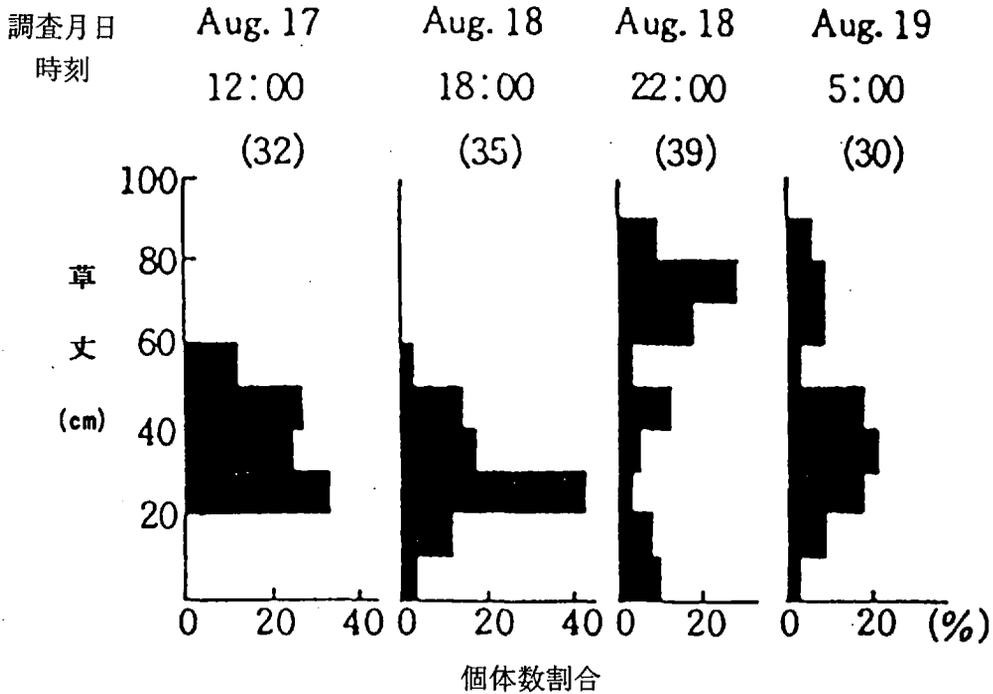


図3-2. 水稻の穂孕期におけるツマグロヨコバイ成虫の株内垂直分布.

注) () : 観察個体数

各調査時ともほぼ同数の個体が稲上で確認されたが、生息部位は時間によって異なっていた。正午には、地際から高さ20～60cmの株中層域の未抽出穂が内包されている止葉の葉鞘部に大半の個体が分布した。夕刻の18時には、高さ20～30cmの稲株下層域に生息する個体の割合が最も多く、正午時点では確認できなかった高さ0～20cm層でも生息個体が確認された。ただし、稲株上層に当たる60～90cmにおいては、正午と同様に分布が認められなかった。

しかし、夜中の22時における生息分布はそれまでの様相とは一変し、稲株の中層域や下層域とともに止葉を中心とした上層の茎葉部にも生息域が拡大し、特に70～80cm層に生息する個体の株全体に対する割合は28.9%に達した。翌朝の5時には、前夜半と同様に株のどの層にも分布が認められたが、株上層域よりもむしろ20～50cmの中下層域に多くの個体が認められた。

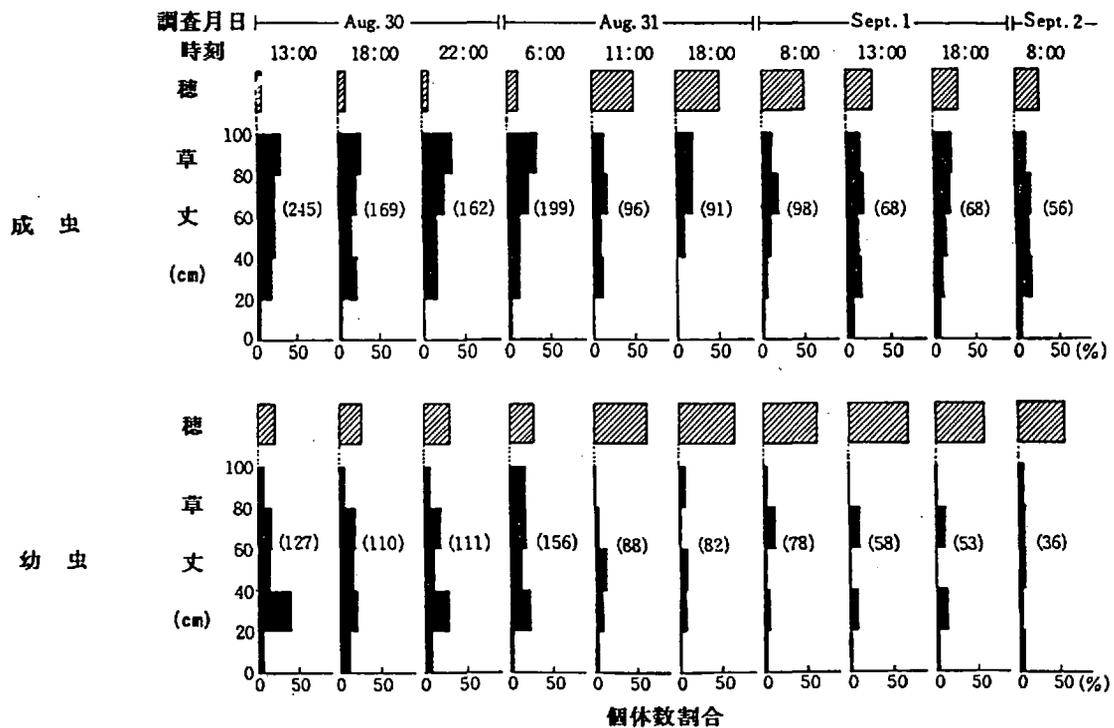


図3-3. 水稻の出穂期におけるツマグロヨコバイの稲株内生息分布。
注) () : 4株合計の観察個体数

出穂期の水稻に成虫および幼虫を放飼した場合の、生息部位ごとの個体数（計4株の合計値）の稲株上における変化を図3-3に示した。この実験では稲株外に離脱していく個体があり、成虫・幼虫の個体数とも経時的に減少していき最終調査時の放飼3日後においては放飼当初に比べ、株全体では成虫では約14%、幼虫では約18%の個体しか残存していなかった。

成虫についてみると、放飼第2日の6時までの計4回の調査時のいずれにおいても、株上層域、特に高さ60cm以上の茎葉部に多数の個体が分布した。しかし、同日の11時になると穂部に生息する個体の割合が49.0%に増加し、続いて同日の18時および放飼第3日の8時においても約50%の個体が穂部に分布した。これらの生息部位の変動と並行して、稲株外へ移出する個体が経時的に増加した。観察個体数が放飼当初の約17%となった放飼第3日の13時の調査時から、最終調査時の放飼第4日の8時までには、株全体のうち約70%の個体が茎葉部に生息

するようになった結果、穂部に生息する個体数の割合は相対的に低下した。

幼虫の生息部位の変動は、成虫のそれとは様相をやや異にした。放飼第2日の6時までは、穂部よりもむしろ株の中下層域の茎葉部に分布した。しかし、同日の11時から放飼第4日の8時までの各調査時のいずれにおいても、穂部に生息する個体の株全体に対する割合は58.4%~63.6%を示し、茎葉部のそれを上回った。成虫において観察されたのと同様に、稲株外への移出個体は放飼第2日の午前11時から特に多くなり、それ以降の観察個体数は次第に減少した。

図 3-4 には、乳熟期（9月16~18日）の稲株における標識雌成虫（日齢は不明）の個体別生息部位の約2昼夜にわたる変動を示した。15時に放飼された17個体のうち、放飼3時間後の18時には6個体（No.1~5, 12, 数字は個体番号を示す, 以下同じ）、放飼翌日の7時には8個体（No.1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 14）が穂部に生息するのが確認された。一方、放飼翌日の7時には茎葉部に生息していた6個体（No.7~10, 13, 16）は、同日の12時には穂部で確認され、これらの個体は茎葉部から穂部に移動したことが明らかになった。この結果、放飼翌日の12時から17時までに穂部に生息する個体は計14個体（No.2~15）となり、放飼虫の約80%が穂部に分布した。この期間内に穂部生息個体の一部（No.6, 10）は、さらに異なる分けつ茎の穂部へ移動したが、大半の個体（No.2~5, 7~9, 11~15）は移動せずに同じ穂部に留まった。しかし、同日の23時調査では、前回17時の調査では穂部に生息していた14個体のうち、5個体（No.11~15, 17）が茎葉部へ移動していることが確認された。これらの個体は放飼第3日の7時までは、前回の23時調査と同じ高さの部位に留まっていたが、放飼第3日の12時の調査では穂部に再び移動し、これらの個体を含めた穂部生息個体は計14個体（No.2~15）となった。最終調査時まで大半の個体（No.3~11, 13, 14）は同じ穂部に生息したままであったが、一部の個体（No.2, 12, 15）は異なった分けつ茎の穂部へ移動した。なお、放飼虫のうち、放飼翌日の12時までに移出したと考えられたのが1個体（No.1）、また放飼3時間後から最終調査時までのいずれの調査時においても、同一分けつ茎の地際から20~40cmの高さの茎葉に連続して生息した成虫が1個体（No.17）、それぞれ認められた。

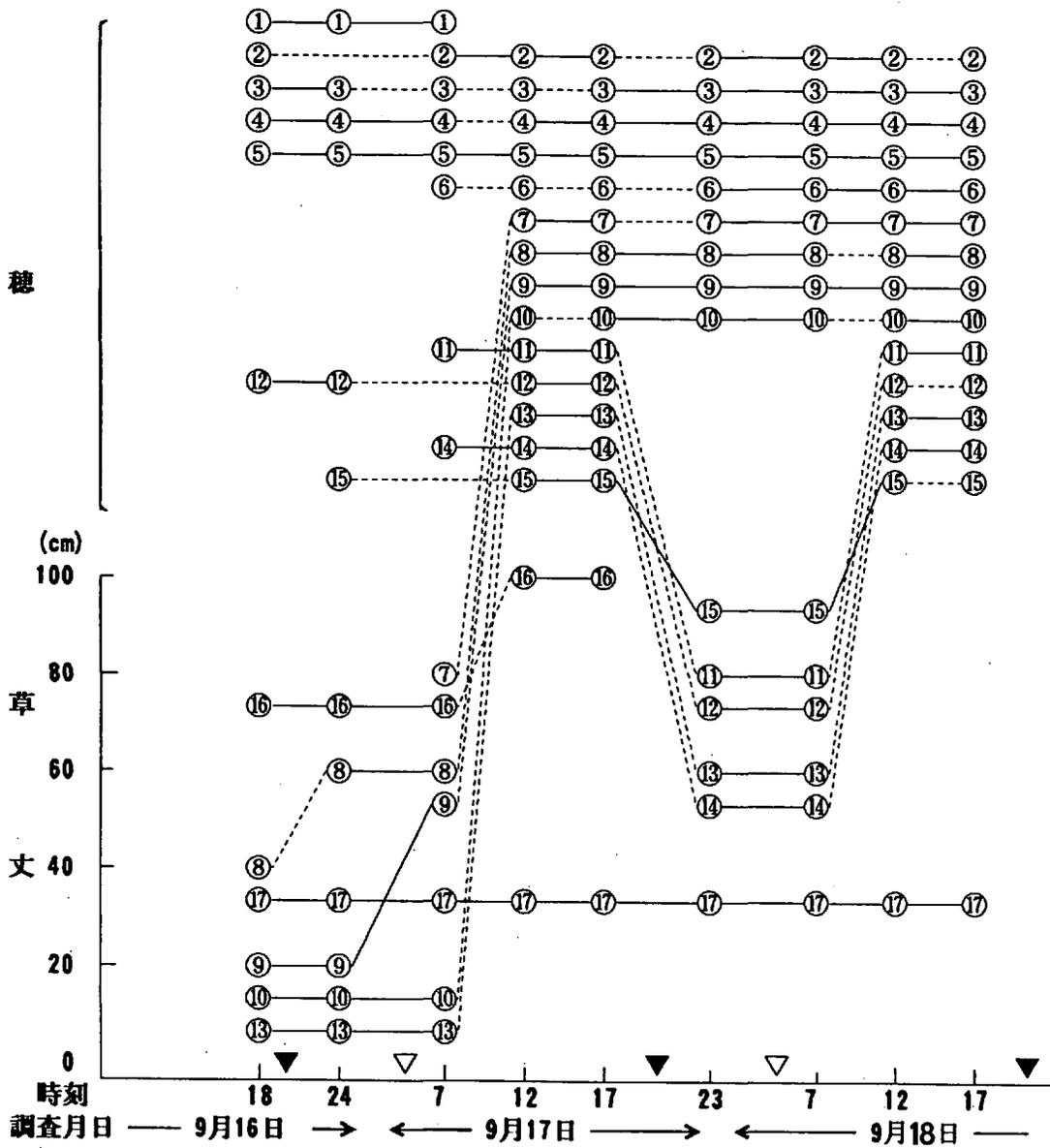


図3-4. 水稻の乳熟期におけるツマグロヨコバイ雌成虫の生息部位.

注) ———: 同じ分けつ内の移動, - - - - - : 異なる分けつ間の移動

▼: 日の入り, ▽: 日の出

(3) 稲株における吸汁部位

材料および方法

1979年5月30日に農業試験場本場において、水稻（早生品種：アキヒカリ，中生品種：中生新千本）を1/2000aワグネルポットにポット当たり1株（1本）を移植した。供試虫の放飼時までは、水稻はツマグロヨコバイやその他の病害虫の発生を防ぐためにガラス室内で隔離栽培し、病害虫防除は一切実施しなかった。肥培管理は広島県水稻栽培基準に従って実施した。出穂期はアキヒカリ：8月2日，中生新千本：8月23日であった。ツマグロヨコバイの放飼時の草高は、いずれも約90～100cmであった。1mmメッシュのクレモナビニロン[®]寒

表3-1. 穂揃期～乳熟期の水稻の株に放飼したときのツマグロヨコバイ^{a)}の吸汁痕数^{b)}とその部位別出現割合

水稻の部位	中生新千本 ^{c)} (比率)		アキヒカリ ^{d)} (比率)	
穂	1544	(5.4)	1572	(7.4)
止葉の葉身	9010	(31.3)	6621	(31.3)
上面	8300		5537	
下面	710		1084	
穂軸と第1節間	75	(0.3)	113	(0.5)
第2葉	6742	(23.4)	4676	(22.1)
上面	4608		4014	
下面	2134		662	
第2節間	23	(0.1)	65	(0.3)
第3葉の葉身	6312	(21.6)	5626	(26.6)
上面	4965		5043	
下面	1248		583	
第3節間以下	5197	(18.0)	2448	(11.6)
合計	28803	(100)	21121	(100)

a)雌成虫30頭；b)5反復の平均値；c)5日間放飼；d)6日間放飼。

冷紗製円筒（高さ135cm，直径25cm）を供試水稻に被覆したケージ（以下，網枠ケージ）に，農業試験場内の無防除水田から採集した雌成虫を1ポット当たり30頭，計5ポットに，自然温および自然日長条件で放飼した。放飼期間は，アキヒカリに対しては8月9～14日，中生新千本に対しては8月29日～9月4日とし，両品種とも生育期は穂揃期から乳熟期に相当した。

吸汁痕の検出は，内藤（1964）の方法によった。すなわち，放飼終了後に水稻の穂部，穂軸，葉身および節間の各部位別に70%エチルアルコールに浸漬した後に，1%エオシン水溶液で染色し，水洗後風乾して実体顕微鏡下で吸汁痕数を調べた。

結 果

表 3-1 に，穂揃期～乳熟期において，雌成虫30頭を株全体に放飼した場合の部位別吸汁痕数（5繰り返しの平均値）とその株全体に対する分布割合を示した。

中生新千本についてみると，上位3葉の葉身における吸汁痕の分布割合の合計値は76.3%であり，このうち止葉が最高の31.3%であった。上位3葉における節間部の葉鞘での吸汁痕の分布割合は0.1～0.3%ときわめて少なかった。アキヒカリでも同様の傾向であり，上位3葉の葉身における吸汁痕の分布割合は80.0%，このうち止葉が最高の31.3%であり，一方上位3葉における節間部の葉鞘は0.3～0.5%とわずかであった。

両品種とも葉身の上面の吸汁痕数は下面に比べて，いずれの葉位でも多かった。中生新千本の穂部における吸汁痕の分布割合は5.4%であり，茎葉部に比較すると極めて低かった。アキヒカリにおいても，穂部分布割合は7.4%と低率であった。

（4）穂部における吸汁部位

材料および方法

農業試験場本場の水田から採集したツマグロヨコバイ成虫を27℃，16L-8Dの条件で飼育して得られた次世代の雌成虫を1977年8月に供試した。1/2000aのワグネルポットで栽培した水稻（品種：中生新千本）の穂揃期または乳熟期に，穂首のすぐ上から穂を採取した。吸水促進剤⁷⁵⁾としての3%蔗糖および0.015%酢酸を含む蒸留水100mlを入れた三角フラスコに，穂を1本ずつ挿して，直径8cm，高さ20cmの円筒形金網ケージを被せた。1日齢または5

日齢の雌成虫を放ち、27℃、16L-8Dの条件で48時間放置した。繰り返しは3回行った。内藤⁴⁶⁾の方法、すなわち穂軸と枝梗、籾殻、護穎の各部位ごとに70%エチルアルコールに浸漬した後に、1%エオシン水溶液により染色し、水洗後風乾して実体顕微鏡下で吸汁痕を計数した。

結果

表3-2. 水稻の穂^{a)}に放飼^{b)}したときのツマグロヨコバイ^{c)}の吸汁痕数^{d)}とその部位別出現割合

水稻の生育期	羽化後日数	穂当たり吸汁痕数	籾当たり吸汁痕数
出穂期	1	72.2	0.92
出穂期	5	99.5	1.78
乳熟期	1	62.3	0.92
乳熟期	5	86.0	1.46

水稻の生育期	吸汁痕の部位別出現割合(%)		
	穂軸と枝梗	籾殻	護穎
出穂期	66.5	28.3	5.2
出穂期	49.2	34.7	16.1
乳熟期	67.0	12.1	12.4
乳熟期	68.6	16.3	15.1

a)品種：中生新千本.

b)27℃の恒温および16時間照明の長日条件で2日間放飼.

c)雌成虫.

d)3反復.

表 3-2 は、出穂期または乳熟期の穂に雌成虫1頭を放飼した場合の、吸汁痕数とその部位別出現割合である。5日齢虫による穂および籾当たりの吸汁痕数は、出穂期放飼、乳熟期放飼のいずれにおいても、1日齢虫の場合よりも多かった。穂軸と枝梗における吸汁痕の出現割合は籾殻や護穎よりも高く、雌成虫の日齢とは無関係であった。また、このことは出穂期放飼、乳熟期放飼のいずれにおいても認められた。

第2節 雌成虫の性成熟と移動分散の関係

(1) 羽化後の日齢と移動分散の関係

材料および方法

1977年5月30日に農業試験場本場において、1/2000aワグネルポットに水稻（品種：中生新千本）をポット当たり1株1本移植した。供試虫の放飼時までには、ガラス室内でツマグロヨコバイその他の病害虫の発生を防ぐ隔離栽培とし、病害虫防除は一切実施しなかった。肥培管理は広島県水稻栽培基準に従って実施した。出穂期は8月23日であり、ツマグロヨコバイの放飼時の草高は約90～100cmであった。

ポリエステルゴース（24メッシュ）製の方形（1×1×1m）ケージに、供試水稻を植えたポットを各1個置いた。水田から採集した老齢幼虫を水稻の芽出し苗で飼育し、羽化後1, 3, 5日経過した日齢の異なるグループの各8～10個体を9月5日（乳熟期）の17時に放飼した。放飼前に炭酸ガスで麻酔した後、雌成虫の体背面に速乾性の油性ソフトペン（マジックインキ細字用[®]）で個体識別マークを施した。供試虫とは別に、採集虫の一部を同様の方法でマーキングし、調査期間中に芽出し苗で飼育したが、ソフトペン使用による虫の活動性への悪影響も認められず、また死亡した個体も認められなかった。ケージ内の雑草およびクモ類を予め除去しておき、マーキングされた供試虫を入れた試験管を水稻の株元に静置し、ケージ内に自由に脱出させた。調査期間中に発見されたクモ類はそのつど捕殺した。繰り返しは3回ないし5回行った。放飼第3日目の9月7日午前6時から放飼7日後の9月11日午前11時まで約3～7時間ごとに、穂部、穂首および茎葉部の各部位に区分して調査を実施した。

結果

図 3-5 に放飼開始時点において羽化後1, 3, 5日齢であった雌成虫（計3グループ）の放飼3日後から放飼7日後までの約4日間にわたる個体別生息部位の経時的変化を示した。各日齢グループとも初回の調査時（放飼第3日の午前6時）には、穂部ないし穂軸に生息する個体が確認されたが、時間の経過とともに穂部に生息する個体数の割合が高まった。穂部に生息した個体は、時には異なる分けつ茎の穂部への移動を行ったが、株外への移出時点までほとんど同じ分けつ茎の穂部にとどまっていることが多かった。

しかし、一部の個体（1日齢グループのNo.1およびNo.7の各個体，3日齢グループのNo.6の個体など）については，羽化5～6日後に夕刻から前夜半にかけて穂部から茎葉部へ移動し，後夜半もしくは夜明けから日中にかけて茎葉部から穂部に再移動するのが認められた。

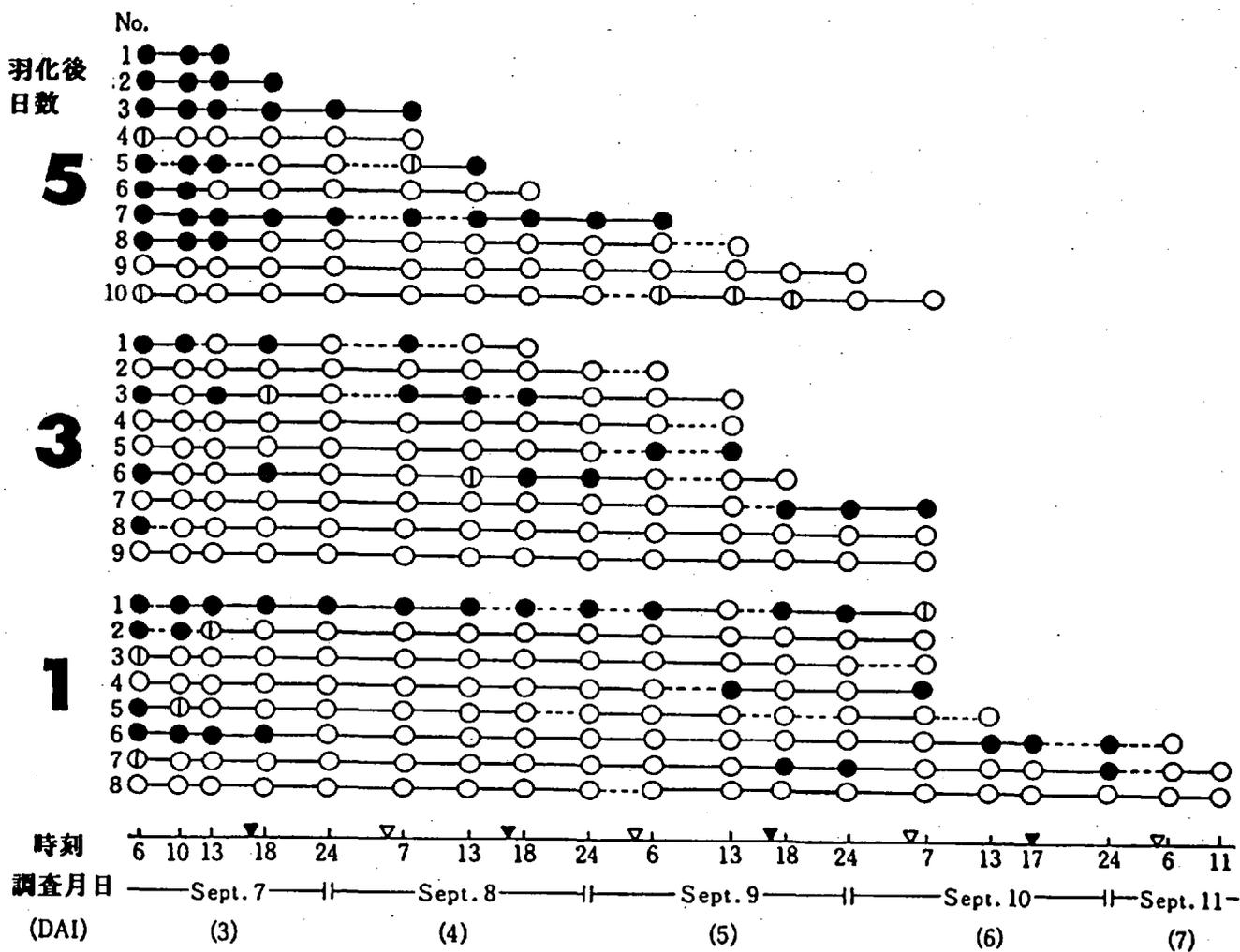


図3-5. 水稻の乳熟期における羽化後日齢の異なるツマグロヨコバイ雌成虫の生息部位.

注) —— : 同分げつ内の移動, - - - - : 異なる分げつ間の移動
 ○ : 穂, ⊙ : 穂首, ● : 葉身または葉鞘, ▼ : 日の入り, ▽ : 日の出
 DAI : 放飼後日数

また、1日齢グループでは放飼6日後すなわち羽化7日後から、3日齢グループでは放飼4日後すなわち羽化7日後から、5日齢グループでは放飼3日後すなわち羽化8日後から、各々株外への移出個体が確認されはじめ、その後は経時的に株上での生息個体は減少した。

(2) 稲株における産卵部位

材料および方法

1977年8月10日および9月9日に農業試験場本場の無防除水田（品種:中生新千本）において各々8株を採取し、地際から10cm間隔の高さ別にツマグロヨコバイの卵塊数を実体顕微鏡下で調べた。なお、採取株の生育（平均値）は、8月10日（穂孕期）の調査では草丈：72.3cm，茎数：23.0本，9月9日（乳熟期）の調査では草高：94.1cm（50～60cm以上からは穂長を含む），穂数：18.6本であった。

結果

卵塊は主に葉鞘の下部に認められたが、葉舌にもごく少数であるが認められた。茎当たりの卵塊数は、穂孕期での調査では最多1.7，最少0.9，平均0.9であり、乳熟期での調査では最多1.3，最少0.4，平均0.8であった。

図 3-6 に、地際からの高さ別の卵塊の株内分布を示した。穂孕期での調査では10～30cmの高さ、乳熟期での調査（0～10cmは枯れ上り）では20～40cmの高さ、といずれも株の中下層に約90%の卵塊が分布した。

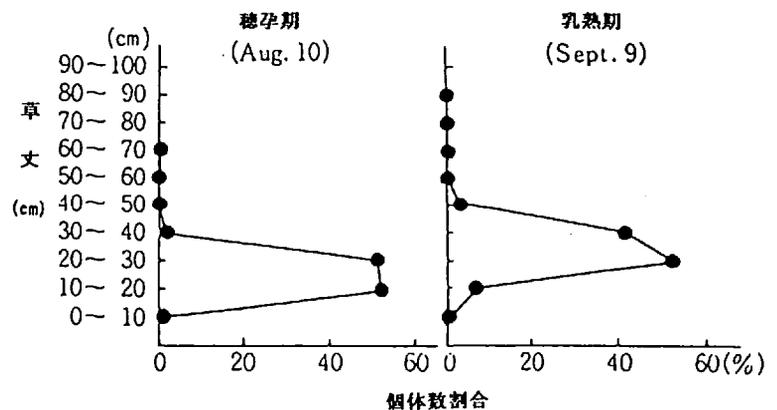


図3-6. 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの卵塊の株内垂直分布

(3) 登熟期における成熟雌率

材料および方法

1977年8月31日（穂揃期）、9月3日（乳熟初期）、9月7日（乳熟後期）、9月10日（糊熟期）に、農業試験場本場の無防除水田（品種：中生新千本）において、稲株をランダムに抽出し、穂首を含む穂部に生息する雌成虫30～40個体を吸虫管により採集した。採集虫は直ちに実体顕微鏡下で解剖して成熟卵の蔵卵状況を観察した。卵巣小管内に1個以上の成熟卵を有する個体を成熟雌とみなした。

結果

ツマグロヨコバイの翅の色は日齢が経過するにしたがって、くすんだ緑色に変化する。穂部に生息していた雌成虫の多くは、翅色が鮮やかな薄い黄緑色であり、羽化後あまり日時が経過していない個体と思われた。穂部に生息した雌成虫個体数（穂首に生息する個体を含む）に対する成熟雌個体数が占める割合—成熟雌率—を表3-3に示した。

表3-3. 登熟期の水稻の穂^{a)}に生息していたツマグロヨコバイの成熟雌率^{b)}

調査月日	水稻の生育期	成熟雌率(%)
8月31日	穂揃期	25.0
9月3日	乳熟前期	17.5
9月7日	乳熟後期	21.6
9月10日	糊熟期	32.3
平均		24.1

a) 品種：中生新千本（出穂：8月25日）。

b) 雌成虫30～40頭を解剖し、成熟卵を1個以上もつ個体の割合。

水稻の各生育期における成熟雌率は穂揃期：25.0%、乳熟初期：17.5%、乳熟後期：21.6%、糊熟期：32.3%、平均：24.1%と、いずれの生育期でも70～80%前後の卵巣未成熟個体が認められた。

第3節 登熟期における成虫の圃場間移動

(1) 早生品種と中生品種における発生経過の比較

材料および方法

1978年5月29日に農業試験場本場で、早生品種（アキヒカリ）および中生品種（中生新千本）を隣接させて稚苗移植した。1979年5月29日には、1978年の調査圃場（E1, M1）に隣接した圃場（E2, M2）に早生品種（アキヒカリ）および中生品種（中生新千本）を各々稚苗移植した。品種はE1とE2がアキヒカリ、M1とM2が中生新千本であった。

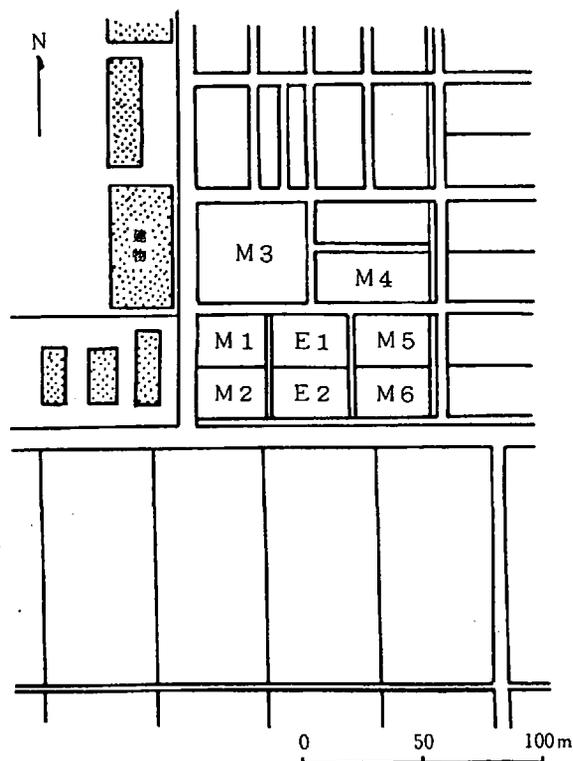


図3-7. 1978年と1979年におけるツマグロヨコバイの圃場間移動の調査圃場の見取り図。
注) E：早生品種（アキヒカリ），
M：中生品種（M1～M4：中生新千本，
M5, M6：アキツホ）

図3-7に、これらの圃場およびその周辺の中生品種圃場（M3：中生新千本，M4，M5，M6：アキツホ、いずれも移植時期は5月下旬）の位置を示した。調査圃場の西方にある建物の他は図示した圃場はすべて水田であった。両年ともE1，M1では生育全期とも殺虫剤，殺菌剤とも施用せず無防除とした。1978年試験ではツマグロヨコバイの密度を低下させるため，E2，M2では7月19，25日にプロパホス・BPMC粉剤を3kg/10a施用し，M3～M6では7月27日にキタジンP・BPMC粉剤，8月22日にヒノザン・MPP・BPMC粉剤を各々3kg/10aを施用した。

1978年試験では6月7日から8月26日まで、1979年試験では6月11日から7月31日まで、約5～7日ごとに、各調査圃場内の5カ所（1カ所10～50株、計50～200株）で見取り払い落とし法を実施し、成虫および幼虫の個体数を調べた。また、1978年調査では7月12日から9月21日まで、1979年調査では7月6日から9月18日まで約5～7日ごとに、各調査圃場内の6カ所で捕虫網（口径36cm、柄長1m）を用いて10回振りの掬い取り法を実施し、成虫および幼虫の個体数を調べた。またE1とM1で掬い取られた個体のうち、約50頭の雌成虫を実体顕微鏡下で解剖して成熟卵の蔵卵状況を観察した。ここでも前節と同様に、卵巣内に1個以上の成熟卵を有する個体を成熟雌とした。

結果

アキヒカ리의出穂期は1978年は8月1日、1979年は8月4日であった。中生新千本の出穂期は兩年とも8月20日であった。また、1979年のアキツホの出穂期は8月25日であった。1978年と1979年の、見取り払い落とし法によって得られた、アキヒカリ（E1）及び中生新千本（M1）の両圃場における100株当たり個体数の推移を表3-4、3-5に示した。

兩年ともアキヒカリおよび中生新千本における密度は、7月中旬までは成虫、幼虫ともほぼ同じ程度に経過した。7月24日の水稻の生育期は中生新千本が幼穂形成期、アキヒカリが穂孕期であった。この時期前後（7月下旬）の密度はアキヒカリ圃場が中生新千本圃場よりも高いように見うけられた。

見取り払い落とし法は出穂期以降では調査精度が低下する（第5章参照）ので、以下では掬い取り法によって得られたデータを対象として成虫密度の圃場間差を検討した。

図3-8に、1978年および1979年のアキヒカリ（E1）、中生新千本（M1）の両調査圃場における成虫および雌成虫の10回振り個体数、掬い取られた成虫の性比（♀/♀+♂）および成熟雌率（雌成虫個体数に対する成熟雌個体数の割合）を示した。

アキヒカリ圃場における成虫の10回振り個体数は、1978年ではアキヒカ리의穂揃期（8月5日）から糊熟期（8月17日）まで、1979年ではアキヒカ리의乳熟期（8月10日）から糊熟期（8月21日）まで、穂孕期の中生新千本圃場と比べて上回った。1979年では雌成虫の10回振り個体数についてもアキヒカ리의乳熟期（8月10日）から糊熟期（8月21日）まで、穂孕期の中生新千本圃場と比べて上回った。

出穂期以降の約1週間における性比については、アキヒカリ圃場では中生新千本圃場よりも高率に推移し、雌成虫の個体数割合が高い傾向にあった。すなわち、1978年のアキヒカ

表3-4. 隣接した早生品種圃場^{a)}と中生品種圃場^{b)}におけるツマグロヨコバイの密度推移^{c)} (1978年)

調査月日	水稻の生育期		成虫/頭・100株		幼虫/頭・100株	
	早生	中生	早生	中生	早生	中生
6月 7日			0.0	0.0	0.0	0.0
13日			0.2±	0.2±	0.0	0.0
19日			1.6±	0.4±	0.0	0.0
27日			1.5±	3.5±	15.0±	32.0±
7月 3日			0.5±	0.5±	0.5±	14.0±
9日		幼穂形成	3.3±	2.7±	9.0±	50.0±
12日			10.5±	10.0±	- ^{d)}	-
15日			14.0±	15.0±	-	-
18日			56.0±	42.0±	-	-
21日			149.0±	91.0±	-	-
24日	穂孕	幼穂形成	65.0±	29.0±	-	-
27日			132.0±	130.0±	-	-

a) アキヒカリ (出穂: 8月1日)

b) 中生新千本 (出穂: 8月20日)

c) 見取り払い落とし法による.

d) データなし.

表3-5. 隣接した早生品種圃場^{a)}と中生品種圃場^{b)}におけるツマグロヨコバイの密度推移^{c)} (1979年)

調査月日	水稻の生育期		成虫/頭・100株		幼虫/頭・100株	
	早生	中生	早生	中生	早生	中生
6月11日			0.0	0.0	0.0	
15日			0.0	0.0	0.0	
20日			0.0	0.0	0.0	
26日			4.0±	6.8	2.0±	5.6
7月2日			0.0	2.0±	2.0±	5.6
6日	幼穂形成		4.0±	6.8	0.0	16.0±
11日			10.0±	15.2	6.0±	14.0±
17日			4.0±	6.8	0.0	42.0±
24日	穂孕	幼穂形成	78.0±	59.1	22.0±	66.0±
31日			156.0±	146.3	70.0±	140.0±
						224.0±
						125.1
						58.0
						16.2
						103.3
						82.1
						154.6
						47.6
						35.8
						11.1
						14.1
						18.8
						16.2
						54.0±
						68.0±
						128.0±
						92.0±

a) アヒカリ (出穂：8月1日)
 b) 中生新千本 (出穂：8月20日)
 c) 見取り払い落とし法による。

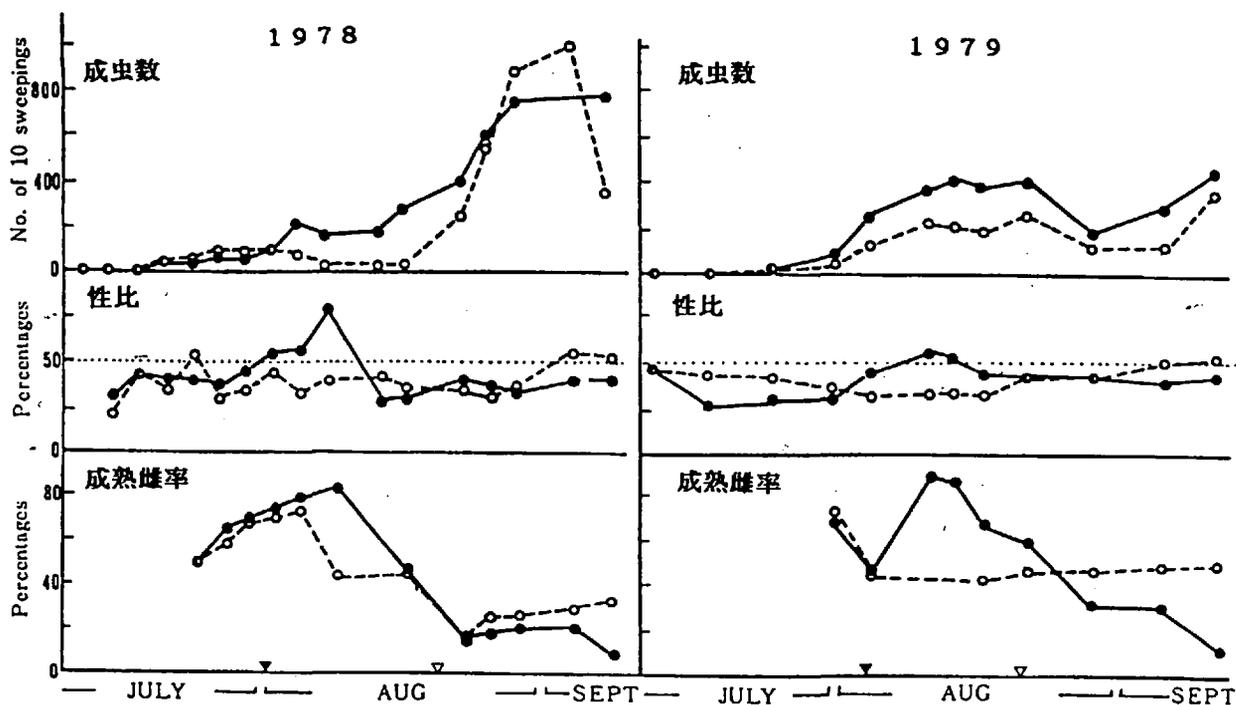


図3-8. 隣接した早生品種と中性品種におけるツマグロヨコバイの発生経過 (1978, 1979年).

注) ●: 早生品種 (E1, アキヒカリ), ○: 中生品種 (M2, 中生新千本)

▼: アキヒカリの出穂期, ▽: 中生新千本の出穂期.

りが50~80%であったのに対して中生新千本では30~40%であった。また、1979年のアキヒカリが50%であったのに対して中生新千本では30%であった。一方、他の生育期における性比は、アキヒカリ圃場では中生新千本圃場よりも両年とも概ね低く推移し、しかも両圃場での差は、前述したアキヒカリの出穂以降の約1週間において認められた差よりも小さかった。

アキヒカリの出穂以降の約1週間における成熟雌率は、アキヒカリ圃場が中生新千本圃場よりも高率に経過する傾向にあった。すなわち、1978年のアキヒカリが約70~80%であったのに対して中生新千本では約40~70%であった。また、1979年のアキヒカリが約50~60%であったのに対して中生新千本では約30%であった。一方、他の生育期におけるアキヒカリ圃場での成熟雌率は、中生新千本圃場よりも、両年とも概ね同じか、低く推移した。

1979年調査において、殺虫剤を散布しなかった圃場 (E1 および M1), 殺虫剤が2回散布された圃場 (E2 および M2~M6) のにおける成虫および雌成虫の10回振り個体数 (平均値と95%信頼区間) を表 3-6, 3-7 に示した。E1 と M1 について前述した現象と同様の結果が、他の早生品種 (E2) と中生品種 (M2~M6) の圃場間で認められた。すな

表3-6. 隣接した早生品種圃場 (E2) a) と中生品種圃場 (M2~M6) b) におけるツマグロヨコバイ成虫の密度推移 c) (1979年)

調査 水田	調査月日									
	7月24日	7月31日	8月4日	8月10日	8月13日	8月16日	8月21日	8月28日	9月5日	
E1 ^{d)}	8±17 ^{e)}	98±59	249±201	379±104	433±56	383±124	432±58	183±63	309±62	
M1 ^{d)}	7±7	73±57	131±151	237±108	216±44	198±83	276±64	178±42	334±57	
E2 ^{d)}	↓	15±7	94±14	183±53	139±47	165±46	207±81	↓	76±20	
M2 ^{d)}	↓	6±10	25±23	37±10	47±9	49±14	106±29	↓	163±43	
M3 ^{d)}	4±1	↓	79±32	53±165	58±146	72±394	192±70	↓	118±114	
M4 ^{d)}	5±16	↓	64±46	57±191	48±203	79±216	182±102	↓	84±114	
M5 ^{d)}	9±7	↓	87±19	11±0	121±140	137±127	237±553	↓	31±13	
M6 ^{d)}	7±9	↓	79±17	12±350	62±102	96±356	363±661	↓	64±140	

a) E1, E2: アキヒカリ (出穂: 8月4日) .

b) M1, M2, M3, M4: 中生新千本 (出穂: 8月20日) ; M5, M6: アキツホ (出穂: 8月25日) .

c) 頭/捕虫網10回振り個体数.

d) E1とM1は殺虫剤は散布せず.

e) E2とM2は7°ロカ・叔・BPMC粉剤(3kg/10a)を7月19日と7月25日に散布(↓) .

f) M3~M6はキジツンP・BPMC粉剤(3kg/10a)を7月27日, ヒ/サツ・MPP・BPMC粉剤(3kg/10a)を8月22日に散布(↓) .

g) 平均値±95%信頼区間.

表3-7. 隣接した早生品種圃場 (E2) ^{a)} と中生品種圃場 (M2~M6) ^{b)} におけるツマグロヨコバイ雌成虫の密度推移 ^{c)} (1979年)

調査 水田	調査月日									
	7月24日	7月31日	8月4日	8月10日	8月13日	8月16日	8月21日	8月28日	9月5日	
E1 ^{d)}	2.3±5.2 ^{e)}	29±31	118±84	235±62	239±32	177±41	191±22	89±21	120±23	
M1 ^{d)}	3.0±2.5	22±25	31±43	78±40	64±22	62±30	119±37	85±28	169±25	
E2 ^{e)}	↓	7±5	75±15	141±38	114±40	121±26	126±42	42±11	64±10	
M2 ^{e)}	↓	16±12	7±5	12±4	19±3	22±6	56±11	87±27	231±42	
M3 ^{e)}	0.3±1.4	↓	26±3	21±32	28±76	28±121	100±13	↓	114±59	
M4 ^{e)}	1.7±3.8	↓	23±10	25±57	23±102	33±38	104±83	↓	144±64	
M5 ^{e)}	5.0±5.0	↓	31±10	48±95	52±159	50±64	84±299	↓	77±121	
M6 ^{e)}	3.7±3.8	↓	20±12	50±121	28±0	31±127	139±235	↓	130±134	

a) E2: アキヒカリ (出穂: 8月4日).

b) M2, M3, M4: 中生新千本 (出穂: 8月20日); M5, M6: アキツホ (出穂: 8月25日).

c) 頭/捕虫網10回振り個体数.

d) E1とM1は殺虫剤は散布せず.

e) E2とM2はプロパル・BPMC粉剤(3kg/10a)を7月19日と7月25日に散布(↓).

f) M3~M6はタジツP・BPMC粉剤(3kg/10a)を7月27日, ヒ/ザ・MPP・BPMC粉剤(3kg/10a)を8月22日に散布(↓).

g) 平均値±95%信頼区間.

わち、早生品種圃場のE 1, E 2 (アキヒカリ) の出穂期 (8月4日) から糊熟期 (8月16日) において、E 1 および E 2 における成虫および雌成虫の個体数は、これらの2水田の周辺に位置する中生品種圃場 (M 1 ~ M 6 : 穂孕期) と比べて、おおむね上まわった。中生品種が出穂した8月下旬~9月上旬になると、圃場間における密度の多少の関係が変化した。すなわち、8月28日ないし9月5日の中生品種圃場 (M 1 ~ M 6) における成虫および雌成虫の個体数は、早生品種圃場 (E 1, E 2) よりもやや多くなり、早生の出穂前後の様相とは逆になった。

(2) 成虫の圃場間移動

材料および方法

農業試験場本場における調査圃場を図 3-9 に示した。1980年および1981年のいずれも5月27日に、早生品種 (アキヒカリ, 栽培面積:4a, 図 3-9のE) および、その周囲に中生品種 (中生新千本, 栽培面積:計12a, 図 3-9のM 1) を稚苗移植した。なお、M 1 圃場に隣接した圃場には、すべて中生品種が植付けされていた。また、1981年には県北部の比婆郡西城町の農家水田において、早生品種 (アキヒカリ, 栽培面積:6a) およびこれに隣接して中生品種 (ミネニシキ, 栽培面積:6a) を各々5月5日と5月16日に稚苗移植した。各調査圃場ではいずれも殺虫剤, 殺菌剤とも施用しなかった。

両面に粘着剤を塗布した白色寒冷紗製テープ (1mmメッシュ, 日東電工(株)製) を装着した, 長さ2m (西城町調査では

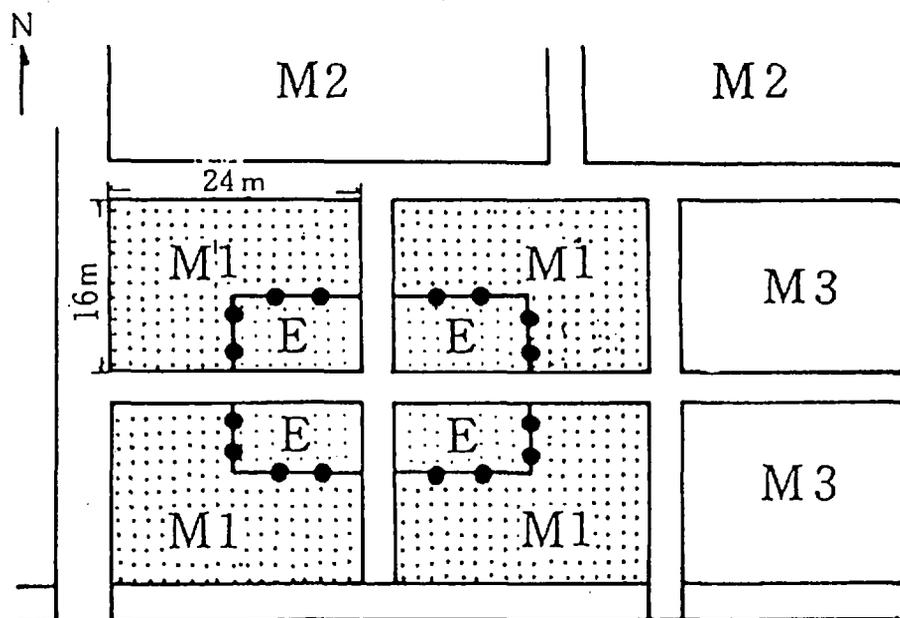


図3-9. 1980年と1981年におけるツマグロヨコバイの圃場間移動の調査圃場の見取り図。

注) E : 早生品種 (アキヒカリ), M : 中生品種 (M1~M2 : 中生新千本, M3 : アキツホ)

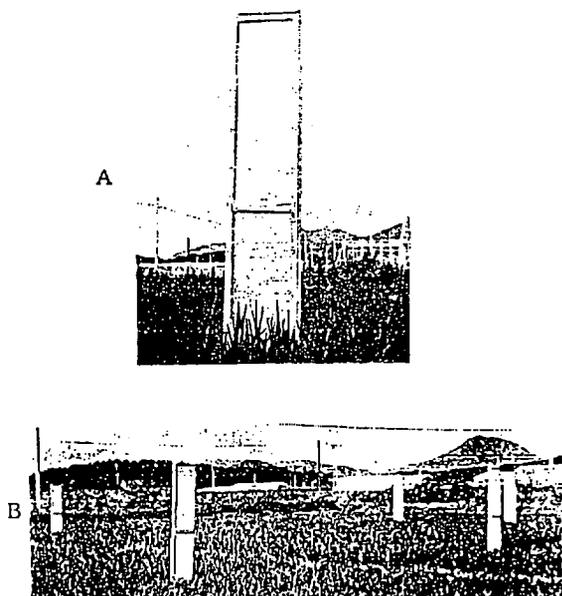


図3-10. 早生品種圃場と中生品種圃場の間に設置した粘着トラップ（高さ220cm, 幅30cm.）

3m), 幅30cmの粘着トラップ(以下, トラップと称する)を, 早生品種圃場と中生品種圃場の境界(幅約2m, 水稻を植え付けず)に垂直に立てて設置した(図3-10)。農業試験場では, 1980年は7月25日から9月24日まで16個, 1981年は7月10日から9月19日まで8個, 西城町では7月16日から9月4日まで2個設置し, 白色寒冷紗製テープを取り替えることにより, トラップを約5~7日ごとに更新した。

早生品種の出穂前後から登熟期間中, とりわけ穂孕期から黄熟期において, 水稻の主な生育期ごとに各々約5~7日間, 毎日午前9~11時に, トラップに捕殺された成虫の雌雄別個体数を20cm単位の高度別に調べた。トラップの下部20cmは支柱とした。したがってトラップに捕殺される高度は地上高20cmから220cmないし320cmの範囲であった。なお, 延べ調査回数は農業試験場の1980年では7回, 1981年では9回, 西城町では6回であった。

大久保⁵⁹⁾によれば, ツマグロヨコバイの飛翔開始時の行動は, トビイロウンカ *Nilaparvata lugens* Stål のように空に向かって真上に飛び立つのではなく, 稲株の先端から1m程度の高さを水平に飛翔するという。本研究で用いたトラップは, 圃場の境界に垂直に立てられていることから, 捕殺された成虫はトラップの各面に対峙する圃場から飛び立ったとみなすことができる。したがって, ここでは, アキヒカリ圃場を主体として個体の移出入を考え, 中生新千本圃場に面したトラップ片面で捕殺された個体をアキヒカリ圃場内への「移入個体」と定義し, 逆にアキヒカリ圃場に面したトラップ片面で捕殺された個体をアキヒカリ圃場外への「移出個体」と定義した。

また, トラップの設置期間中, 約7日ごとに周縁部の株を除いて1圃場につき20株を系統抽出し, ツマグロヨコバイの株当たり個体数を袋掛け法により調べた。

結 果

a. トラップ捕殺個体数の高度別割合

この項における水稻の生育期は特記しない限り、すべてアキヒカリについて記述した。

表3-8. 早生品種^{a)}と中生品種^{b)}の圃場間に設置^{c)}したトラップに捕殺されたツマグロヨコバイの個体数^{d)}

トラップの 高度	捕殺された成虫の個体数(頭/粘着トラップ) ^{d)}			
	雌		雄	
	移入 ^{e)} (中生から早生へ)	移出 ^{e)} (早生から中生へ)	移入 (中生から早生へ)	移出 (早生から中生へ)
20-80cm	172(42.1) ^{f)}	140(34.8)	172(31.3)	350(76.8)
80-200cm	124(30.3)	137(41.5)	265(48.2)	65(14.3)
200-320cm	113(27.6)	95(23.6)	113(20.5)	41(9.0)
合計	409(100)	402(100)	550(100)	456(100)

a) 品種：アキヒカリ(出穂：7月24日)。

b) 品種：ミネニシキ(出穂：8月17日)。

c) 設置期間：1981年7月23日～8月15日(西城町)。

d) トラップ2本の合計値。

e) 中生品種圃場(ミネニシキ)側のトラップ面で捕殺された個体を早生品種圃場へ移入した個体、早生品種圃場(アキヒカリ)側のトラップ面で捕殺された個体を早生品種圃場から移出した個体とみなした。

f) 比率。

表3-8に、1981年に西城町圃場(出穂期はアキヒカリ:7月24日、ミネニシキ:8月17日)に設置した粘着トラップ2個に全調査期間中捕殺されたツマグロヨコバイの高度別合計個体数(以下では捕殺個体数と称する)を示した。ミネニシキからアキヒカリへの移入個体は、雌雄成虫のいずれにおいても、全捕殺個体数のうちの20～30%が、200～320cmの高度で捕殺された。アキヒカリからミネニシキへの移出個体の高度別割合は、雌成虫では移入個体のそれとほぼ同様であったが、雄成虫では地上高20～80cmまでの比較的低い高度で捕殺される個体が77%を占めた。

図3-11は、1980年に農業試験場圃場(出穂期はアキヒカリ:8月3日、中生新千本:8月27日)において、穂孕期から黄熟期までの期間に設置した粘着トラップ16個に捕殺されたツマグロヨコバイの高度別合計個体数である。

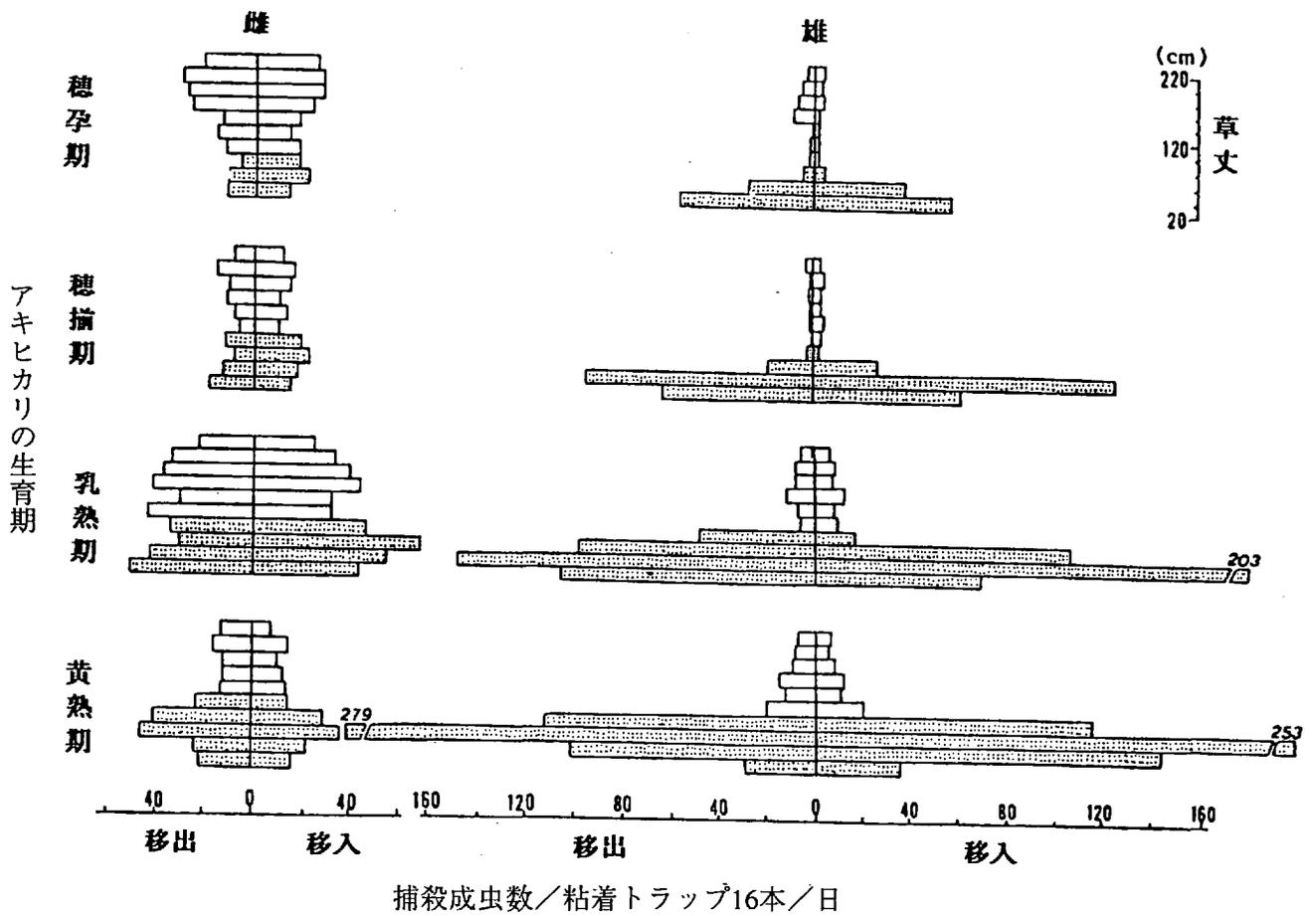


図3-11. 中生品種（中千本）圃場に隣接した早生品種（アキヒカリ）圃場におけるツマグロヨコバイ成虫の移出入（1980年）。

注）中生新千本側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場へ移入した個体、アキヒカリ側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場から移出した個体とみなした。網掛け部分：水稻の草丈に相当。

雌成虫に関しては移入個体，移出個体のいずれについても，穂孕期（7月25～29日），穂揃期（8月6～9日），乳熟期の調査（8月12～19日）では，草冠部（穂孕期の調査では地上高80cm以上，それ以降では同100cm以上とした）を超える高度での捕殺個体数は，草冠部以下の高度における捕殺個体数よりも多かった。特に穂孕期では，草冠部以下あるいは草冠部から140cmまでの高度に比較して，地上高140cm以上の高度において多く捕殺された。しかし，黄熟期（9月1～5日）の調査では，草冠部以下の高度での雌成虫の捕殺個体数は，草冠部以上での捕殺個体数を移入個体，移出個体とも上回った。すべての高度における雌成虫の捕殺個体数合計は，移入個体，移出個体のいずれも乳熟期調査値が最も多かった。

一方，雄成虫では全調査期間を通じて，草冠部以下の高度，とりわけ地上高60cmまでの高度での捕殺個体数が，移入個体，移出個体ともすべての高度における捕殺個体数の大半を占めた。また，草冠部以上の高度では，草冠部以下の高度の約20～30%の雄成虫が捕殺された。すべての高度における雌成虫の捕殺個体数合計は，移入個体，移出個体とも登熟の進展に伴って次第に増加し，黄熟期の調査値が最多であった。

1981年調査における出穂期は，アキヒカリでは7月31日，中生新千本では8月25日であった。捕殺個体数の高度別割合は，雌雄成虫とも各調査時期を通じて，1980年調査で得られた傾向とほぼ同様であった。すべての高度における捕殺個体数合計は，雌成虫では1980年よりもピークがやや早く穂揃期の調査値が最も多く，一方雄成虫では1980年と同様に黄熟期にピークが認められた。

b. 圃場間移動個体数および圃場生息個体数の推移

図 3-12（1980年）および図 3-13（1981年）に，農業試験場におけるアキヒカリの穂孕期以降に，アキヒカリ圃場内への移入個体数と同圃場外への移出個体数の差（トラップ1個当たり，1日当たりの成虫の捕殺個体数）およびアキヒカリ，中生新千本の両圃場内での成虫の株当たり個体数の推移を示した。

アキヒカリの穂孕期（7月下旬）から穂揃期～乳熟期（8月上旬）にかけて，アキヒカリ圃場における雌成虫の移入個体数と移出個体数の差が次第に拡大していく傾向が，1980年，1981年とも認められた。とりわけ，出穂以降の約1週間においては，その差が最も大きくなり，移入個体数が移出個体数を上回った。その結果，出穂後2週間のアキヒカリ圃場での生息個体数は中生新千本圃場での密度よりも多くなった。

中生新千本が出穂開花した8月下旬には，アキヒカリの生育期は登熟後期であった。この時期においては，アキヒカリ圃場における移入個体数と移出個体数の差がマイナスとなり，

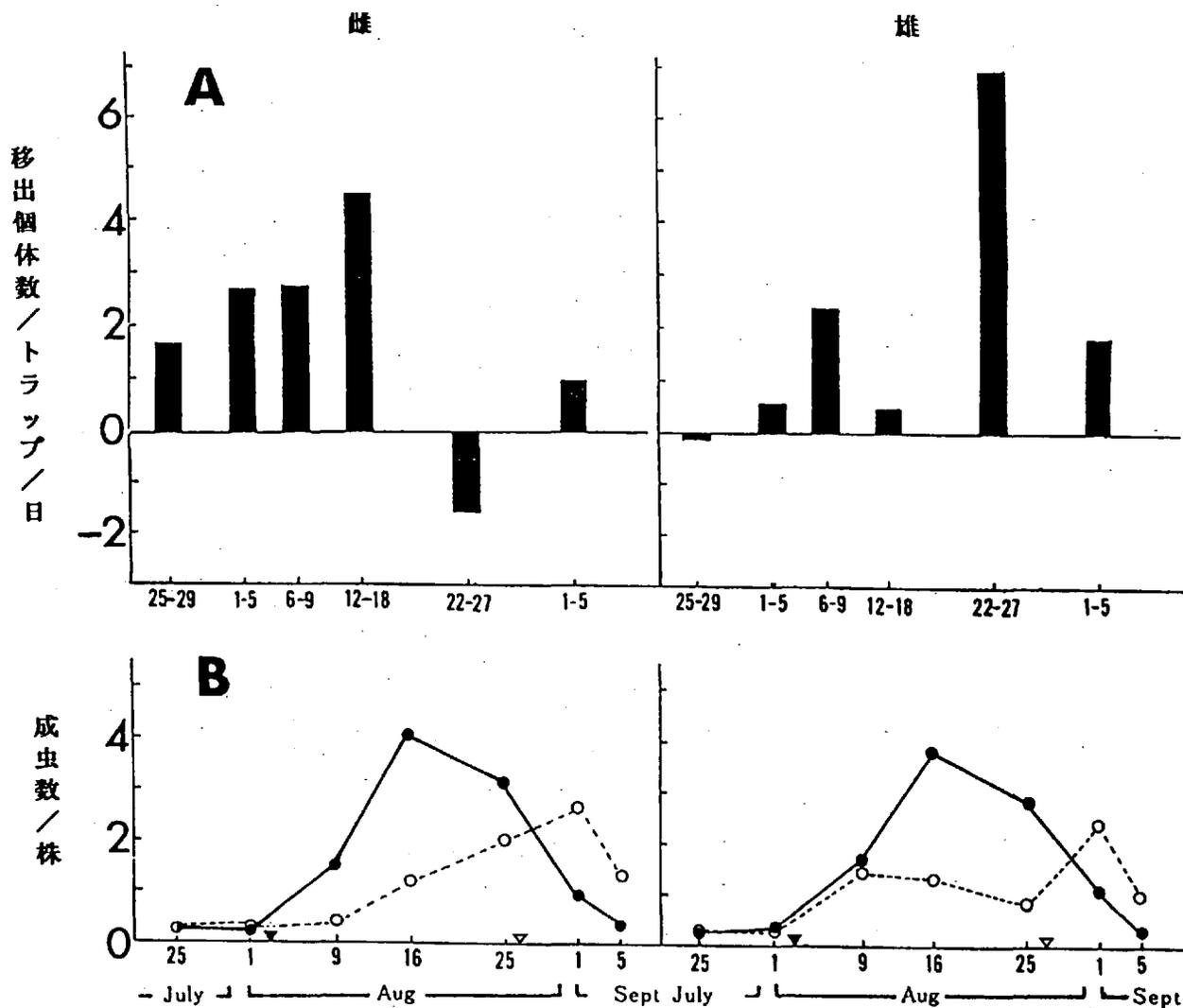


図3-12. 中生新千本圃場に隣接したアキヒカリ圃場におけるツマグロヨコバイ成虫の移出入と両圃場における密度変化（1980年）。

注) 中生新千本側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場へ移入した個体、アキヒカリ側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場から移出した個体とみなした。

●：アキヒカリ；○：中生新千本。

▼：アキヒカリの出穂；▽：中生新千本の出穂。

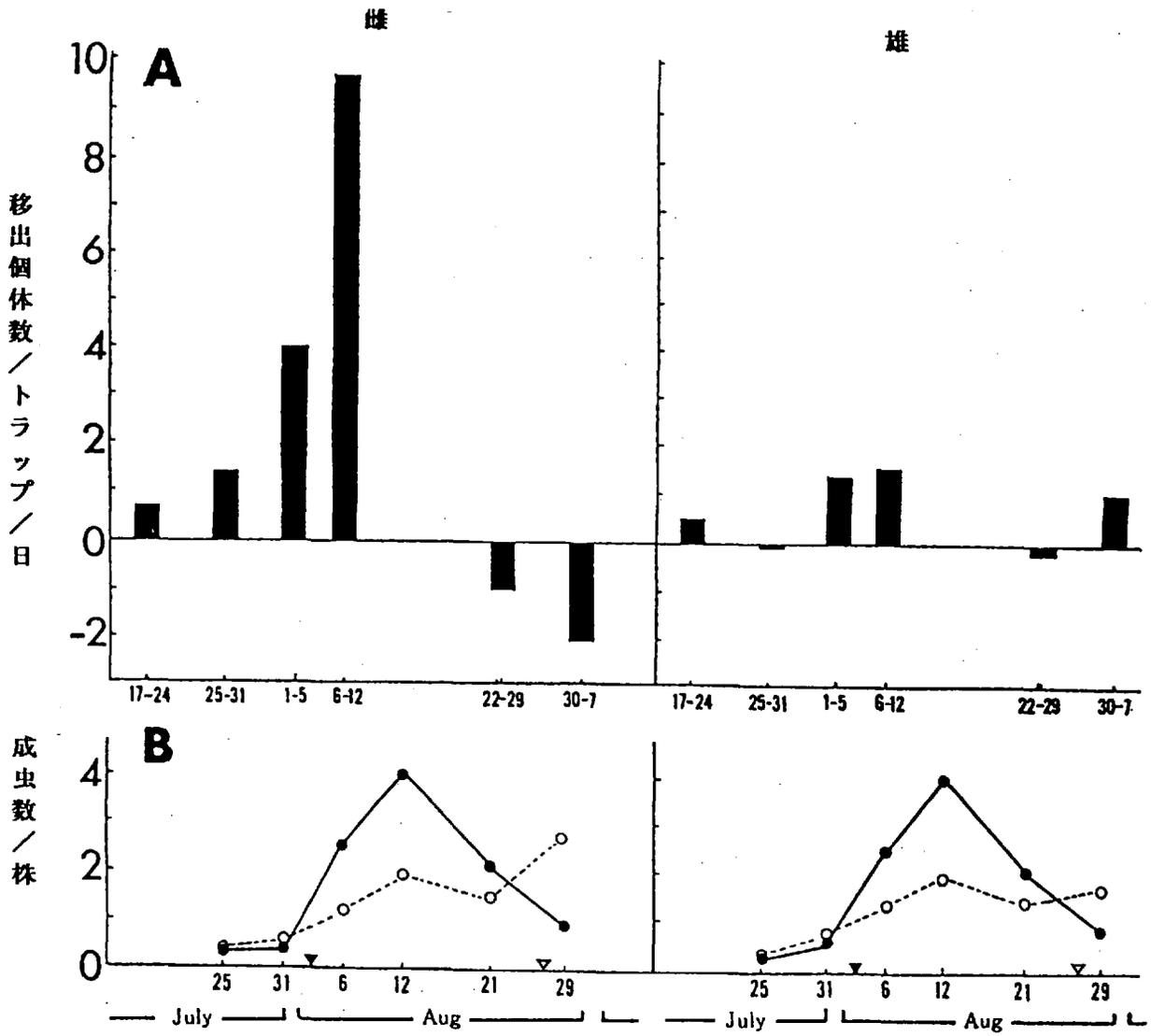


図3-13. 中生新千本圃場に隣接したアキヒカリ圃場におけるツマグロヨコバイ成虫の

移出入と両圃場における密度変化 (1981年) .

注) 中生新千本側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場へ移入した
 個体, アキヒカリ側のトラップ面で捕殺された成虫をアキヒカリ圃場から
 移出した個体とみなした.

●: アキヒカリ; ○: 中生新千本.

▼: アキヒカリの出穂; ▽: 中生新千本の出穂.

移出が移入を上回る現象が認められた。その結果、圃場内生息個体数はアキヒカリでは減少し、逆に中生新千本では増加した。

雄成虫についてみると、両年の調査ともアキヒカリの穂孕期～乳熟期であった7月下旬から8月中旬までにおいては、アキヒカリ圃場における移入個体数と移出個体数の差は概ねプラスとなり、移入が移出よりも多く認められた。ただし、移入個体数が移出個体数を上回る程度は、雌成虫で認められたほどではなく、その差も小さく推移した。しかし、中生新千本の出穂約1週間前からはアキヒカリ圃場では生息個体数が減少していき、逆に中生新千本圃場では出穂期前後から増加してアキヒカリ圃場を上回る傾向が雌成虫同様認められた。

第4節 圃場における空間分布

材料および方法

農業試験場および比婆郡西城町において、周囲にある水田群とほぼ同一の出穂期の水稻が栽培されている3圃場を対象とした。1976年と1977年に実施した東広島市における供試品種は中生新千本であり、出穂期および栽培面積は1976年試験では8月24日および4a、1977年試験では8月25日および12aであった。また、1980年に実施した西城町における供試品種はミネニシキであり、出穂期は8月15日、栽培面積は7aであった。各調査水田とも殺虫剤、殺菌剤はいずれも使用しなかった。出穂期前後から約7日毎に、周縁部の株を除く20株ないし25株を系統抽出し、袋掛け法を適用して成虫および幼虫の個体数を調べた。さらに、出穂期の異なる早生品種と中生品種を隣接して栽培した1980年、1981年の圃場間移動（前節第2項）を調査した6圃場における調査データをも解析の対象とした。

空間分布様式の解析は、平均こみあい度 \bar{m} と平均密度 m の直線回帰関係 $\bar{m} = \alpha + \beta m$ に基づく Iwao¹⁴⁾ の $\bar{m} - m$ 法に拠った。 \bar{m} 軸の切片 α は、対象とする種が個体群を形成する際に基本となる個体の集合の程度（平均他個体数）を意味し、基本集合度示数（Index of basic contagion）と呼ばれ、個体単位の分布では α の値はゼロになる。また、回帰係数 β は、密度の変化に伴う個体群の空間分布のパターンを意味しており、密度-集合度示数（Density contagiousness coefficient）と呼ばれ、ランダム分布では $\beta = 1$ 、集中分布では $\beta > 1$ となることが知られている。調査日ごとの平均こみあい度は、次式により計算した。

$$\bar{m} = m + (S^2 / m - 1)$$

(\bar{m} : 標本平均こみあい度, m : 標本平均密度, S^2 : 標本バリエンス)

結果

1976年, 1977年および1980年試験の, 同一出穂期の水稲が連続して栽培されている圃場群のなかに存在する3圃場でのデータをこみにした, 株単位の成虫および幼虫の分布における平均密度 (m) と平均こみあい度 (\bar{m}) との関係を図 3-14 にそれぞれ示した。成虫,

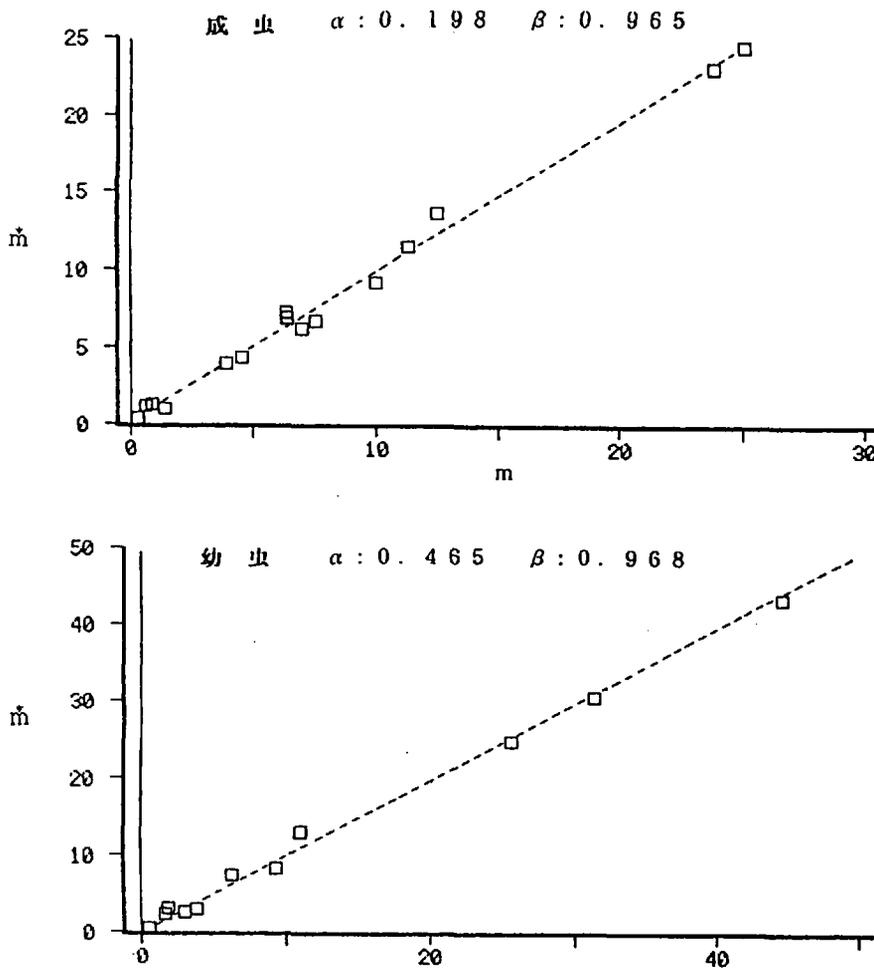


図3-14. 出穂期の斉一な圃場群におけるツマグロヨコバイの平均密度 (m) と平均こみあい度 (\bar{m}) との関係。
注) 破線: ポアソン分布の場合。

幼虫とも直線回帰 (それぞれの回帰係数は $r^2=0.993$ および 0.996) が成立し, 成虫では $\bar{m} = 0.198 + 0.965m$, 幼虫では $\bar{m} = 0.465 + 0.968m$ が得られた。成虫, 幼虫のいずれも α の値は 0 よりもわずかに大きく, β はほぼ 1 となった。このことから, 同一出穂期の水稲が連続して栽培されている圃場群では, 水稲の登熟の進展に伴うツマグロヨコバイの空間分布様式は個体単位のランダム分布に近い傾向で推移するとみなされた。

表3-9. 圃場におけるツマグロヨコバイの平均密度 (m) と平均こみあい度 (\bar{m}^*) との関係
 $\bar{m}^* = \alpha + \beta m$ におけるパラメータの値

出穂期の差異	発育ステージ	α	β	r^2
出穂期の斉一な圃場群	成虫	0.198	0.965	0.993
	幼虫	0.465	0.968	0.996
	成虫幼虫こみ	0.279	0.970	0.995
出穂期の異なる圃場群	成虫	0.256	1.143	0.959
	幼虫	0.101	1.319	0.945
	成虫幼虫こみ	0.264	1.191	0.947

表 3-9 に、1980年と1981年試験の、出穂期の異なる圃場群における株単位の成虫および幼虫の分布における平均密度 (m) と平均こみあい度 (\bar{m}^*) との関係を求めた時のパラメータ α および β の値を、同一出穂期の水稻が連続して栽培されている圃場群のそれらとともに示した。出穂期の異なる圃場群の β は出穂期の斉一な圃場群のそれよりも大きくなり、かつ 1 よりもいくぶん大きい値となった。このことから、出穂期の異なる圃場群におけるツマグロヨコバイは、水稻の登熟の進展に伴って、いくぶん集中性が高まって分布するとみなされた。

空間分布の相対的な集中度の推移をもっと明瞭に示す示数として、 \bar{m}^*/m の平均値を算出し、水稻の生育期との関係を 表 3-10 に示した。出穂期の斉一な圃場群の成虫の \bar{m}^*/m

表3-10. 出穂期の斉一あるいは異なる圃場群におけるツマグロヨコバイの平均密度 (m) に対する平均こみあい度 (\bar{m}^*) の比 (m/\bar{m}^*)

水稻の生育期	成 虫		幼 虫	
	出穂期の斉一な圃場群	出穂期の異なる圃場群	出穂期の斉一な圃場群	出穂期の異なる圃場群
出穂期	1.01	1.58	1.11	1.34
穂揃期	0.98	1.21	1.20	1.19
乳熟期	1.05	1.15	1.17	1.27
糊熟期	1.22	1.28	0.93	1.39

値は、穂孕期から乳熟期にかけてはほぼ1.0前後の値であり、ランダム分布をしていることが分かる。また、幼虫の値は成虫と比べてやや大きいですが、出穂期から乳熟期にかけては成虫と同様にほぼランダム分布している。一方、出穂期の異なる圃場群における m/m 値は成虫では1.15～1.58の範囲にあるが、穂揃期から乳熟期にかけて値はやや小さくなった。また、幼虫では1.19～1.39の範囲にあり、値は穂揃期に小さくなった。成虫、幼虫のいずれも、 m/m 値は出穂期の斉一な圃場群における値と比較して大きくなっている。これらのことから、出穂期の異なる水稻が栽培されている環境条件においては、本来の空間分布の特性はランダムであるはずのものが、食物としてより適した生育期的水稻を求めて、摂食のために成虫が圃場間移動する結果、軽度の集中的分布に変化すると考えられる。

第5節 個体群特性と吸汁害の関係に関する考察

水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁による被害症状として、これまで初の変色（表2-10 および中沢⁵⁰⁾）、止葉を中心とした上位葉のすす病汚染（表 2-2）や黄化現象³¹⁾といった、稲株の上層域に発生した外見的に目につきやすい被害が注目されてきた。たしかに、本種の生息状況を昼間の午前中に観察した本試験の結果（図 3-1）のように、穂軸、枝梗などの穂部や止葉などの草冠部付近の部位に分布する個体の割合が、とりわけ出穂期以降においては高くなった。

しかし、日中のみならず夜間をも連続して一昼夜以上の期間にわたって生息状況を観察すると、成虫、幼虫とも時刻によって株上の生息部位が変動することが判った（図 3-2; 図 3-3; 図 3-4）。特に、夕刻から前夜半にかけて成虫は穂部から茎葉部へ移動し、後夜半もしくは夜明けから日中にかけて茎葉部から穂部に再移動する（図 3-4）。内藤・正木⁴⁸⁾によれば、ツマグロヨコバイの活動性は摂食活動とよく一致しており、午前中は口針を挿入したままで静止するが、夕刻から前夜半にかけて盛んに活動を行い、口針の挿入頻度も高くなるという。これらのことから、生息部位の変動現象は本種の摂食習性と関連していると考えられる。また、穂孕期以降では株中下層域の高さ10～40cmの葉鞘下部に産卵が多く認められる（図 3-6）ことから、生息部位の変動は産卵あるいはこれに伴う摂食活動とも関連していると考えられる。

ここで興味深いのは、水稻の株基部付近に放飼された個体は、早かれ遅かれ穂部に移動し、そこで生息している時間が長いことである（図 3-4）。すなわち、穂部に連続して生

息した個体の大半は同一分げつ茎の穂部に留まり、異なる分げつ茎の穂部の間を移動した個体は少数であった。ツマグロヨコバイは絶食時間を長くとれないとされる⁴⁸⁾。また、吸汁痕が少ない個体は同一箇所での口針の挿入時間が長く、これに反して吸汁痕が多い個体は、同一箇所での口針挿入時間が短く次々に場所を変える⁴⁸⁾という。この研究で示されたように長時間同じ位置で生息が確認される個体が多かったことは、これらの個体は同じ場所で口針を長く挿入していることの現れとみられ、それが穂部での吸汁痕が茎葉部に比べて相対的に少ない理由であろうと思われる。

幼虫は稲株の下層域の茎葉部において生息することが多かったが、成虫は上位葉に生息することが多く、出穂後でも穂部よりもむしろ止葉の葉身などに生息することが多かった(図 3-3)。この点に関して、大兼・滝田⁵⁶⁾も、若齢幼虫の吸汁痕は稲体下部であったが発育が進むにつれて漸次上位に移行し、成虫のそれは葉身に多く、穂部ではいずれの発育ステージも少なかったとしている。また、穂部に生息する成虫は日齢を経るに伴って吸汁活動は活発となるが、籾殻や護穎よりも穂軸や枝梗の方を好んで吸汁する(表 3-2)。このような吸汁痕分布の一連の変化は、稲株での生息部位の変化の現れと考えられる。

稲株全体に成虫を放飼した場合、吸汁頻度が高い部位は上位3葉の葉身であった(表 3-1)。口針を篩管ないし導管に挿入して、主に篩管から光合成産物などの養分を吸汁し、導管から水分を吸汁する摂食習性^{27, 47, 64)}のため、維管束が相対的に多く分布する茎葉部の、とりわけ葉身に吸汁痕が多く認められたと考えられる。穂と茎葉の間に位置する通導器官である穂軸や枝梗でも乳熟期以降に吸汁痕は多くなるが、株全体からみると相対的には少ない(表 3-1, 大兼ら⁵⁷⁾)。すなわち、ツマグロヨコバイが好んで吸汁するのは、籾などの終末貯蔵器官よりもむしろ葉身などの養分、水分や同化産物が転流する器官であるといえる。したがって、従来いわれてきたような穂部への集中的な生息は、まず考えられない。

日齢不明の雌成虫を対象としたポット放飼条件での観察では、大半の個体は同じ分げつ茎の穂部に連続して生息し、異なる分げつ茎の穂部間を移動した個体は少数であった(図 3-4)。登熟期間中の圃場では、穂部に生息する雌成虫のうち約4分の3の個体は卵巣が未発育か、もしくは蔵卵していなかった(表 3-4)。穂部生息の成熟雌率がほぼ一定の値であることは、卵巣成熟以降は穂部にはあまり生息せず、穂部以外への生息部位への移動分散を行うことを示唆している。このことは雌成虫の日齢が判明しているポット放飼条件での観察結果で裏付けられた(図 3-5)。

雌成虫の株外への移出はどの日齢グループとも羽化6~7日後から確認されはじめ、同7~8日後にはピークとなった。この移出していく時期は、産卵開始期直前の羽化8日後頃に飛

翔ピークがあるとした垣矢・桐谷²⁰⁾の報告とほぼ一致している。また、片山²¹⁾はツマグロヨコバイは羽化後4日目頃から交尾しはじめ、羽化6~7日後に成熟卵を蔵卵した個体が出現することを観察し、また予察灯で採集された雌成虫のほとんどは卵巣が十分に発達し成熟卵を持っていたとし、これらの事実からツマグロヨコバイは交尾済みの状態で飛翔すると報告している。法橋⁷⁾もツマグロヨコバイ第2~3世代時期には成熟卵をもつ飛翔個体はかなり高率にみられると報告している。表3-2に示すように、水稻に対する成虫の口針挿入活動は、羽化直後しばらくは活発ではないが、羽化5日後以降に活発になった。内藤・正木⁴⁸⁾は飛翔活動と摂食活動(口針挿入頻度)の日周変化とは、互いによく一致したとしている。

これらの雌成虫に関する知見は、性的未成熟期に未交尾のまま飛翔するトビイロウンカ *Nilaparvata lugens* STÅL^{58, 84)}とは異なり、ツマグロヨコバイの飛翔活動性は羽化後しばらくの期間の摂食とこれに伴う卵巣の成熟過程に密接に関連しているとした法橋⁷⁾の示唆を裏付けるものである。すなわち、ツマグロヨコバイの雌成虫は、羽化後しばらくの間は主に穂部に生息して交尾を行い卵巣を發育させ、卵巣が十分に発達した交尾済みの個体は羽化7~8日後から稲株の内外へ飛翔するという習性をもつ推察される。ちなみに片山²²⁾は、このような本種の卵巣発達および交尾状況と飛翔の関係は、予察灯に飛来したシロセスジヨコバイ *Scaphoideus albovittatus* MATSUMURA, リンゴマダラヨコバイ *Orientus ishidae* MATSUMURA, ホシヨコバイ *Xestoccephalus japonicus* ISHIHARA などにもみられるとしている。

ツマグロヨコバイの産卵部位は主に稲株の中下層域の葉鞘部であり(図3-6)、また、表面積の多い葉身、とりわけ止葉を中心とした上位3葉に吸汁痕が多く分布したが、穂部では5~7%と少なかった(表3-1)。このことから、本種は卵巣發育以降の性成熟から死亡に至るまでの間は、稲株の茎葉部に主として生息し吸汁加害するとみてよい。

1978年及び1979年の調査で早生品種(アキヒカリ)および中生品種圃場(中生新千本)におけるツマグロヨコバイの発生経過は7月中旬まではほぼ同様の密度で推移した(表3-4, 3-5)。しかし、7月下旬のアキヒカリの穂孕期になるとアキヒカリ圃場の密度は中生品種圃場(中生新千本およびアキツホ)よりも概ね高く経過した(表3-6, 3-7)。そして、穂揃ないし乳熟期から糊熟期のアキヒカリ圃場においては、成虫、とりわけ雌成虫の密度は、穂孕期の中生品種圃場よりも高く経過した(図3-8 および表3-6, 3-7)。ここでのアキヒカリの穂孕期から出穂期にかけての時期は、その周囲にある中生新千本では出穂25日前の幼穂形成期に相当した。岸野・安藤³⁴⁾は、ツマグロヨコバイ幼虫に対する抗生作用が最も強まるのは、一般的には出穂前20日頃としている。武田・永田⁸⁵⁾もツマグロヨコバイ感受

性品種のトヨニシキでは、出穂30日前に幼虫を放飼した場合、生存率は水稻の他の生育期に比べて最も低かったと報告している。また、関口・成瀬⁷³⁾は、晩生品種では第2世代のツマグロヨコバイ成虫のサイズが早生品種に比較して小型化する原因は、食餌として不適な出穂前20日前後の水稻に遭遇することにあるとしている。

15mの高さのトラップを用いて成虫の利用空間を調査した吉目木⁹⁵⁾によれば、8~9月にはツマグロヨコバイの分散は活発であったが、捕殺された個体の性比には変動の規則性が認められなかったという。この調査圃場の供試品種は記述されていないが、6月末から7月初めに移植される晩生品種と推察され、周辺の圃場とは生育経過には差がない試験条件であったという（農水省九州農試の渡邊朋也博士の教示による）。しかし、出穂期に圃場間の密度差が認められた本調査では、アキヒカ리의出穂前後から中生新千本の出穂直前までの期間において、アキヒカリ圃場での雌成虫個体数および性比（雌成虫個体数の成虫個体数に対する割合）、雌成虫の成熟個体の割合のいずれも、水稻の他の生育期に比べて顕著に高くなった（図 3-8）。こうした作期の異なる圃場間におけるツマグロヨコバイの密度差現象は斎藤・片山⁶⁷⁾によっても報告されており、早期稲と普通期稲をめぐる圃場間移動の可能性が示唆されている。

水稻の器官のうち、ツマグロヨコバイが好んで摂食するのは、養分、水分や同化産物が転流する穂軸、枝梗および葉身である。水稻では出穂期から乳熟期に至るまでの期間にはツマグロヨコバイの摂食対象である糖などの同化産物が、茎葉部から穂部へ集中的に輸送される。このため、この時期の吸汁加害は、株上層の茎葉部のみならず穂部にも及ぶとみられる。雌成虫は調査トラップのすべての高度で捕殺され、とりわけアキヒカ리의出穂期前後では草冠部を超える高度を飛翔する個体が多かった。一方、雄成虫の多くは穂孕期から登熟後期まで、ほぼ一貫して草冠部以下の高度で主に捕殺された（図 3-11）。すなわち、雌は比較的高い高度を飛翔し、雄はより低い高度を飛翔するという空間利用の性差が認められた。この現象は、生息環境の不均質性の高まりにより、栄養要求度の高い雌成虫で活動空間のより大きな広がりとなって現れたと考えられる。

早生品種のアキヒカリ圃場で観察された成虫の個体数が、出穂後の約2週間において増加した現象は、圃場内での個体群増殖の結果のあらわれではなく、生息環境の異質性、すなわち栄養条件の差異に起因すると思われ、そのメカニズムは以下のように推察される。

ツマグロヨコバイの増殖にはあまり好適ではない生育期—幼穂形成期~穂孕期—である中生品種の圃場（例えば、中生新千本やアキツホなど）において成虫の飛翔活動が活発化し、圃場の内外に分散していく。その結果、一帯の圃場群の水稻がほぼ同じ生育期ならば、

生育むらによる葉色の違いなどにより密度が多少異なる場合があるものの、隣接した圃場間には密度の顕著な差は生じないと思われる。実際に、薬剤散布試験においては、残効性が短い薬剤をツマグロヨコバイに対して供試した時、散布後2～3日経過すれば散布前のレベルとほぼ変わらない程度にまで、密度が回復する事例を経験することが多い。

久野³⁸⁾、法橋⁷⁾、嘉藤・若松²³⁾により報告されているデータを交えて古・伊藤³⁷⁾は北陸地方と東海・西日本地方の両地域におけるツマグロヨコバイの分布型の差異の有無を検討した。これによると、両地域のいずれにおいてもツマグロヨコバイの分布は軽度の集中分布の傾向を示すが、これは水稻の生育の株間差を考慮すれば事実上ランダム分布とみなすことができるとし、本研究でもこれを支持する結果となった(図 3-14)。しかし、異なる生育期の圃場群がモザイク状に存在する場合には、圃場間のツマグロヨコバイの空間分布は異なった様相を呈すると考えられる。異なる出穂期の圃場が隣接している条件では、早生品種、中生品種ともツマグロヨコバイは、それぞれの出穂期前後においては弱いながらもやや集中分布する結果となり、同一出穂期の圃場群ではほぼランダムに分布する結果とは相違した(表 3-8)。

中生品種が幼穂形成期～穂孕期という、増殖にはあまり適さない生育期であり、これに隣接した早生品種が出穂～乳熟という増殖に好適な生育期である場合、飛翔分散する個体のうちで、出穂開花という、より好適な栄養条件の圃場に移入していく個体の割合が相対的に高まると思われる。中生品種と早生品種が隣接している圃場(E 2およびM 2～6)における薬剤散布後における圃場ごとの密度の偏在現象(表 3-6, 3-7)がよい事例であろう。

西日本においては、水田におけるツマグロヨコバイ個体群のピーク世代密度は年々きわめて安定に保たれているとされ、これには成虫期の種内関係にもとづく自己調節機構が関与しており、その主体は成虫の密度依存的分散活動であるとされる^{7, 8, 9, 32, 38, 39, 40)}。高密度となった早生品種(アキヒカリ)圃場では乳熟期以降、成虫の分散活動は活発な状態が続き、8月下旬になると、この早生品種に隣接した中生品種圃場(中生新千本)への移出個体が多くなった(図 3-12, 3-13)。これらの一連の現象は、水稻の栄養生理的条件の変化—アキヒカリ圃場における登熟の進展と中生新千本圃場における出穂の始まり—とツマグロヨコバイ成虫密度の過密とが相まって生じたと考えられる。

第4章 ツマグロヨコバイの吸汁加害に対する水稻の補償作用

網柵株ケージ放飼試験において、8月下旬から9月上旬に出穂する中生新千本やミネシキと比較すると、7月下旬から8月上旬にかけて出穂する早生品種のアキヒカリに対するツマグロヨコバイの吸汁加害の影響は大きく、前者においてはほとんど減収しないが、後者では収量のみならず品質も低下することが明らかとなった。また、全国各地の被害解析試験のデータ解析から、7月下旬から8月上旬にかけて出穂する品種を供試した東北日本地域と、8月下旬から9月上旬に出穂する品種を供試した西南日本地域とでは、ツマグロヨコバイの密度と水稻収量の関係の様相が顕著に相違し、減収を生じない密度の範囲は西南日本地域のほうが東北日本地域に比べて広く、同じ密度でも被害程度には地域差が認められることが明らかとなった。

第2章で述べたこれらの現象は、ツマグロヨコバイの吸汁加害に対する水稻の生理的反応が、水稻の生育特性、特に品種の早晩生、により異なっていることを示唆している。ここでは、ツマグロヨコバイの吸汁加害が水稻の登熟生理に与える影響を検討した。

第1節 吸汁加害に対する水稻の生理的反応

材料および方法

第3章で記述したのと同様の方法により、ツマグロヨコバイを室内飼育し、また水稻（品種：中生新千本）を隔離栽培して、1977年8月に供試した。

穂揃期または乳熟期の穂を、第2節の下から止葉をつけて採取した。吸水促進剤（清水・大杉⁷⁵⁾）として0.015%酢酸を含む蒸留水（以下、培養液と称する）100mlを入れた三角フラスコに、供試水稻を1本ずつ挿して、直径8cm高さ20cmの円筒形金網ケージを被せた。室温および自然日長条件で5日齢の雌雄成虫10対を48時間放飼した。繰り返しは3回行った。放飼終了後に葉色の変化を肉眼で調べ、残存培養液量を計り、さらに第2節間の葉鞘および稈内の澱粉の蓄積程度をヨード・ヨードカリ反応により調べた。

結 果

表 4-1に、出穂期または乳熟期の穂と止葉に成虫10対を48時間放飼した場合の水稲の水分および炭水化物の代謝に対する吸汁加害の影響を示した。

表4-1. ツマグロヨコバイの加害^{a)}による水稲^{b)}の水分代謝と炭水化物代謝への影響

水稲の生育期	ツマグロの加害の有無	培養液の残存量(ml) ^{c)}	貯蔵でんぷんの残存蓄積程度 ^{d)}	
			葉鞘 ^{e)}	茎 ^{e)}
出穂期	なし	92.3	2.0	5.0
	あり	89.0	0.0	0.0
乳熟期	なし	70.6	0.7	0.3
	あり	60.6	0.0	0.0

水稲の生育期	ツマグロの加害の有無	加害後の止葉の葉色	a) 5日齢成虫を室温自然日長条件で48時間放飼。 b) 品種：中生新千本。 c) 放飼当初は100ml。 d) ヨード・ヨードカリ反応； 無:0, 染色軽度:3, 染色重度:6。 e) 第2節間。
出穂期	なし あり	緑 黄緑	
乳熟期	なし あり	緑 黄緑	

培養液の減少量は、出穂期放飼、乳熟期放飼のいずれにおいても無放飼区に比較して放飼区で多かった。また、乳熟期放飼における培養液の減少量は出穂期放飼の場合よりも多かった。

第2節間内の澱粉は、無放飼区では実験終了時に少量の蓄積が認められたが、その程度は乳熟期放飼のほうが出穂期放飼よりも少なかった。しかし、放飼区ではいずれの放飼時期においても消失していた。

葉色は出穂期放飼、乳熟期放飼のいずれにおいても、無放飼区では実験開始時と同じ緑色であったが、放飼区では黄変しており、特に葉の先端部での変色が目立った。

第2節 登熟経過に及ぼす吸汁加害の影響

材料および方法

1978年に水稻のアキヒカリ（早生品種）と中生新千本（中生品種）を1/2000aのワグネルポットで栽培した。穂揃期または乳熟期の穂に直径10cm、高さ30cmの円筒形ポリエステル製寒冷紗ケージを被せた。水田から採集した雌成虫20頭を自然温および自然日長条件で6日間放飼した。繰り返しは5回行った。放飼終了後から成熟期まで、籾の乾物重、籾数および第2節間の貯蔵澱粉含有率を5日ごとに計った。貯蔵澱粉含有率については5回の繰り返しを混合したサンプルから200mgを採取し、ソモギー法により乾物当たりの還元糖（グルコース）含量として定量した⁴⁴⁾。また、無放飼区に対する放飼区における1000粒当たり籾重の登熟時期別比率を登熟指数として算出した。

結果

アキヒカリおよび中生新千本の出穂期は、それぞれ7月25日および8月15日であり、また登熟日数（出穂から成熟までの所要日数）は、それぞれ38日および43日であった。図 4-1, 4-2, 4-3 に、穂揃期または乳熟期の穂に雌成虫20頭を放飼した場合の、第2節間における貯蔵澱粉含有率および登熟指数の推移を示した。

a. 貯蔵澱粉含有率

第2節間における貯蔵澱粉含有率の推移は、茎葉から穂への同化産物の移行状況をあらわす。籾へ転流して収量となるべき貯蔵炭水化物は、出穂後に最大となる⁴⁵⁾。したがって、節間の貯蔵澱粉含有率は、登熟が進むにつれて次第に減少する。この含有率が高く推移すれば、同化産物の移行が阻害されていることを意味する。

5回の繰り返しの混合サンプルからの定量のため統計的検定はしていないが、両品種間における含有率の推移の違いは以下のように推察された。

穂揃期放飼：アキヒカリでは、吸汁加害直後において、放飼区の貯蔵澱粉含有率は無放飼区よりも高かった。しかし登熟後期になると、両区での推移の様相はほとんど変わらず、また含有率の区間差も最終調査時を除いてほとんど認められなかった（図 4-1の左）。一方、中生新千本では吸汁加害終了直後において、無放飼区よりも放飼区の方が含有率はや

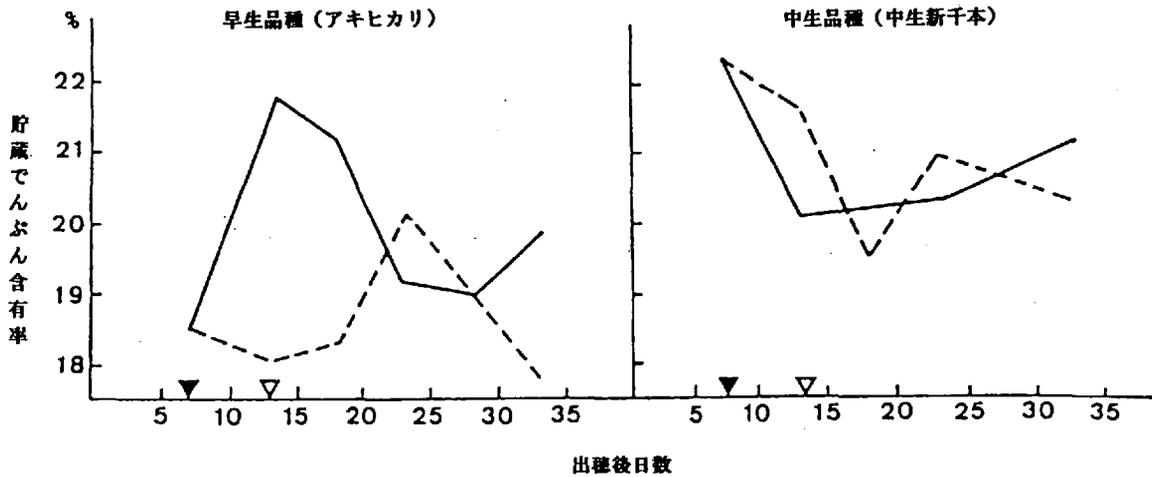


図4-1. 穂揃期の穂にツマグロヨコバイを加害させたときの第2節間の貯蔵でんぷん含有率の変化。
 注) ——: 雌成虫20頭を放飼; ----: 無放飼; ▼: 放飼開始; ▽: 放飼終了。
 貯蔵でんぷん含有率: 還元糖 (グルコース) として定量。

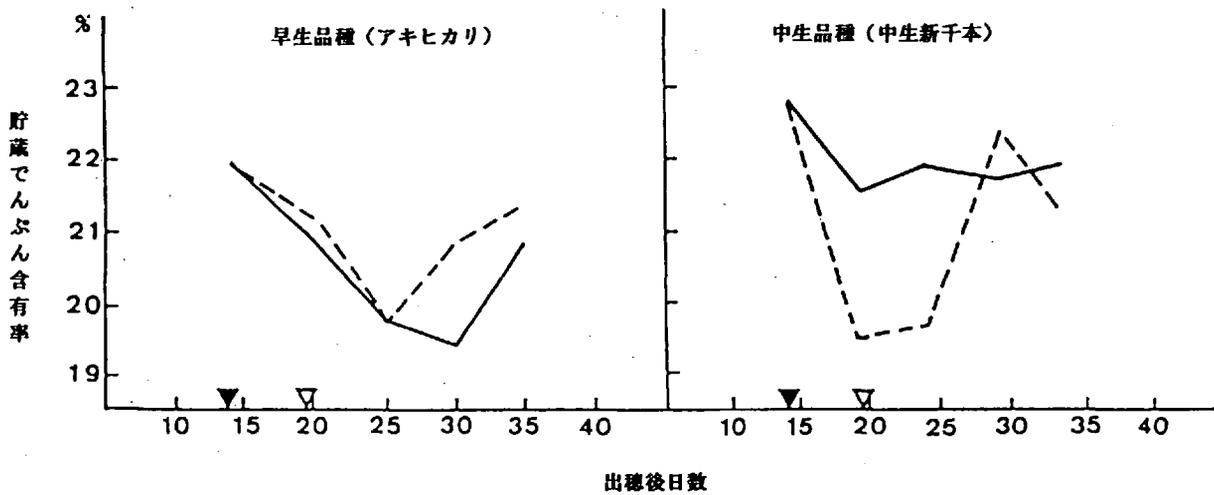


図4-2. 乳熟期の穂にツマグロヨコバイを加害させたときの第2節間の貯蔵でんぷん含有率の変化。
 注) ——: 雌成虫20頭を放飼; ----: 無放飼; ▼: 放飼開始; ▽: 放飼終了。
 貯蔵でんぷん含有率: 還元糖 (グルコース) として定量。

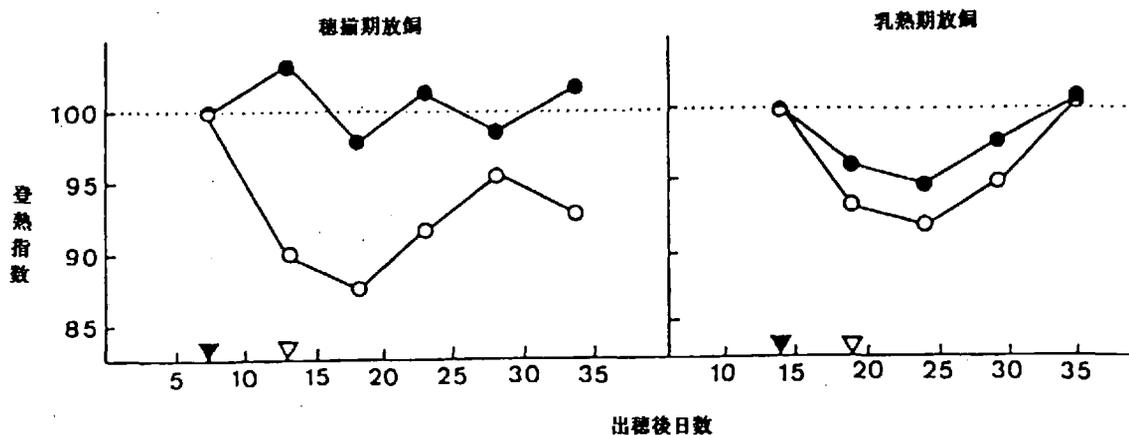


図4-3. 穂揃期の穂にツマグロヨコバイを加害させたときの登熟指数の変化。
 注) 雌成虫20頭を放飼; ▼: 放飼開始; ▽: 放飼終了; ○: アキヒカリ; ●: 中生新千本。
 登熟指数: 無放飼区に対する放飼区の1000粒当たりの初重の比率。

や低かったが、登熟後期では両区ともほぼ同様の推移をたどり、またほぼ同じ含有率を示した(図4-1の右)。

乳熟期放飼：アキヒカリでは放飼区、無放飼区のいずれにおいても、全期間にわたってほぼ同様の推移であり、両区の含有率の差は小さかった(図4-2の左)。中生新千本では吸汁加害終了直後において、放飼区が無放飼区よりも高かったが、登熟後期には両区ともほぼ同様の含有率で推移した(図4-2の右)。

b. 登熟指数

登熟指数の推移は、登熟に関わる同化産物の穂への転流に及ぼす吸汁加害の影響の現れ方を示す。

穂揃期放飼：アキヒカリでは吸汁加害終了後に最低は88までに低下した。後期には徐々に上昇したが、成熟期においても93であり、穂への吸汁加害の影響は消去されなかった。一方、中生新千本では吸汁加害終了後に振れが認められたものの、次第にその振幅は小さくなり、ほぼ全期間100前後で推移した(図4-3の左)。品種間の登熟指数の差は有意であった(出穂28日後の調査では $p<0.05$ 、その他の調査では $p<0.01$ ：t検定)。

乳熟期放飼：アキヒカリでは吸汁加害終了後に93まで低下したが、後期には徐々に上昇し、成熟期には100となった。中生新千本でも吸汁加害終了後は95まで低下したが、後期においてアキヒカリと同様に徐々に上昇し成熟期には100となった(図4-3の右)。ただし、品種間の登熟指数の差は有意ではなかった($p<0.05$ ：t検定)

第3節 水稻の生育特性、特に早晚生と吸汁害の関係に関する考察

水稻の幼植物を吸汁するツマグロヨコバイ雌成虫は、30℃の条件では、その体重の約60倍の甘露を1日に排泄する⁶³⁾。また、排泄された甘露中には大量の水分、低濃度の蔗糖および微量のアミノ酸が含まれる^{55, 64)}。切り取った穂と止葉にツマグロヨコバイを放飼した場合、培養液量が減少し、葉身の先端が黄化した(表4-1)。これは、吸汁により水稻の水分代謝が活発化して、穂ないし葉からの水分の消耗が激しくなり、葉身のクロロフィルが破壊されたことを示している。葉における水分含量の低下は光合成の速度を遅らせ¹¹⁾、穂における水分含量の減少に比例して登熟歩合が低下する⁸⁸⁾とされる。したがって、ツマ

グロヨコバイの吸汁加害による登熟阻害の一因は、炭水化物の同化と転流に不可欠な水分が大量に水稻から収奪されることにある。

立毛水稻の穂にツマグロヨコバイを放飼した場合、第2節間における貯蔵澱粉含有率は、無放飼区のそれよりも一時的に高い水準で経過した(図4-1)。これは、吸汁による水分や同化産物の収奪のために、穂における同化産物の集積が不十分となる一方で、穂へ移行すべき同化産物が節間に停滞したためであろう。切り取った穂への放飼実験では、節間に蓄積されていた同化産物は穂へ移行し、その多くは吸汁されてしまい、茎葉から新たには供給されない条件であるために、節間から消失したものと思われる(表4-1)。いずれの実験例も、ツマグロヨコバイの吸汁加害による炭水化物代謝への直接的な影響、すなわち同化産物の消費と転流阻害を示している。

ツマグロヨコバイの吸汁による減収あるいは登熟不良といった水稻の被害は、水分や同化産物が直接的に横取りされるか、あるいは間接的にそれらの転流が妨げられることによって、穂への同化産物の集積量が減少するか、またはその速度が遅くなることによって生じると考えられる。一方、光合成能力あるいは養分や水分の吸収能力などの水稻の登熟に関わる生理機能が大幅に損なわれない限り、茎葉部では同化産物は成熟期まで生産されつづけ、養分や水分とともに登熟後期まで籾へ転流される。吸汁加害による登熟への影響が成熟期までにどの程度まで回復するかによって、減収や品質低下などの直接吸汁害の発現有無や程度が決まると考えられる。

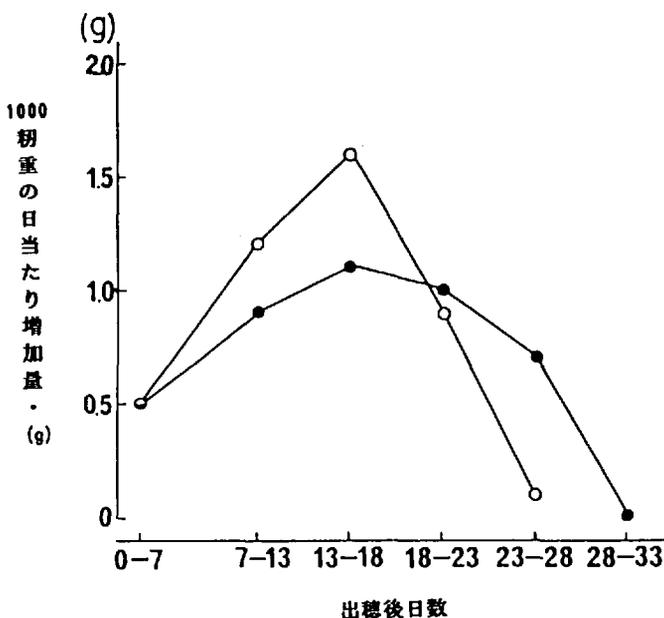


図4-4. アキヒカリと中生新千本における登熟経過の差異。
注) ○: アキヒカリ; ●: 中生新千本。

穂揃期に加害されると、アキヒカリでは登熟が大きく阻害されて減収したが、中生新千本では減収しなかった。乳熟期に加害を受けた場合には、アキヒカリ、中生新千本のいずれにおいても登熟への影響が認められ、特にアキヒカリでやや強く現れたが徐々に回復し、成熟期には減収とはならなかった(図4-3)。

アキヒカリと中生新千本における登熟経過を図4-4に示した。これは、前節において得られた無放飼区の籾千粒重の推移を日当たりの乾物増加量で示したものである。真夏の高温条件下で登熟するアキヒカリでは、同化産物は出穂直後から速やかに穂へ集積するが、

登熟のピークを過ぎると、その集積量は急激に減少する。一方、晩夏から初秋に登熟する中生新千本では、穂への同化産物の集積は緩やかに行われ、ピーク後においてもなだらかに減少していく。このような品種の早晩生に基づく登熟パターンの違いのために、水分や炭水化物の代謝、ひいては収量や品質に及ぼす吸汁加害の影響の現れ方が早生品種と中生品種の間で異なるものと考えられる。

中生新千本を供試した場合、登熟のピーク時である乳熟期にツマグロヨコバイを加害させると、出穂期加害の場合よりも水稻の水分代謝が活発になった(表 4-1)。また、アキヒカリの穂揃期放飼あるいは中生新千本の乳熟期放飼の場合における吸汁加害終了後の第2節間の貯蔵澱粉含有率は、無放飼区のそれよりも高かった(図 4-1の左、図 4-2の右)。アキヒカリ、中生新千本とも、これらの加害時期はいずれも登熟のピーク時に相当しており、吸汁加害による同化産物の転流阻害が、他の時期よりも強く現れたものとみられる。ちなみに、被害解析試験の全国各地のデータ(第2章)においても、穂孕期から登熟前期における加害は、登熟後期における加害よりも被害程度は大きい傾向がうかがえる。

第5章 本田後期におけるツマグロヨコバイの密度調査法と発生動向

直接吸汁害の発現様相に影響を与える種々の条件のうちで、まず重視する必要があるのは、ツマグロヨコバイの発生量、すなわち加害量の大きさである。本種の密度が水田でどのように推移するのか、そして出穂期前後から成熟期に至るまでの、水稻の生育後期（本田後期）に発生する第2世代の密度がどのようなレベルなのかが、防除の要否を判断する上で問題となる。ここでは、圃場における密度を実用的な精度で把握し、防除の要否を判断する上で現場適用が可能な密度調査法について検討した。さらに、広島県内での累年にわたる発生予察の調査データなどにもとづいて、本田後期におけるツマグロヨコバイの密度に関して、その季節的消長および経年的変化を解析した。

第1節 密度調査法

材料および方法

作物の立毛中における害虫の密度調査法には、ある面積（多くの場合は株単位）に存在する個体数（絶対密度）を直接観察して推定する「直接法」として、見取り払い落とし法、サクシオン・キャッチャーや電気掃除機などによる吸虫捕集法などがある。また、個体群の一部を抽出して相対密度を推定する「間接法」として、捕虫網による掬い取り法、ステッカー・トラップ、性フェロモントラップ、光トラップ、黄色水盤などによる採集法がある。ここではツマグロヨコバイやウンカ類などの水稻害虫に対して通常用いられている、見取り払い落とし法と掬い取り法の2つの調査法を対象とし、水稻の生育後期における密度調査法の効率について検討した。

検討の対象は第2章で記述したデータとした。すなわち、1976年の中生新千本（農業試験場圃場）、1980年のミネニシキ（西城町農家圃場）および1981年のアキヒカリ（農業試験場圃場）において見取り払い落とし法および袋掛け法により得られた個体数、さらにこれらの3圃場と1977年の中生新千本、1980年のアキヒカリ、1981年の中生新千本（以上、農業試験場圃場）、ミネニシキ、アキヒカリ（以上、西城町農家圃場）の計8圃場において掬い

取り法により得られた個体数である。各調査法のやりかたについては第2章で既述した。捕虫網の1回振りが半円形を描くとすると、1回振りによる掬い取り面積は約1.33m²となる。各調査圃場におけるm²当たりの栽植密度を考慮して、掬い取り法により得られた個体数を株当たり個体数に換算した。

結果

表5-1. 袋掛け法を対照とした見取り払い落とし法のツマグロヨコバイ密度推定の効率

調査年	調査月日	水稻の生育期	成虫				幼虫			
			D	C	P	E	D	C	P	E
1976	8月24日	出穂期	1.84	7.15	***	25.7	5.04	31.40	***	16.1
	9月1日	穂揃期	6.14	25.20	***	24.4	7.68	25.55	***	30.1
	9月7日	乳熟期	5.28	8.74	***	58.1	2.22	9.25	***	24.0
	9月14日	糊熟期	4.12	7.45	***	55.3	0.46	3.65	***	12.6
1980	8月12日	出穂期	4.35	16.75	***	26.0	7.05	6.80		
	8月19日	穂揃期	7.75	11.55	***	67.1	1.45	2.20	***	65.9
	8月26日	乳熟期	3.90	7.20	***	59.5	0.25	0.30		
	9月2日	糊熟期	0.65	1.40	**	46.4	-	-		
	9月17日	黄熟期	0.20	0.35			-	-		
1981	7月29日	出穂期	0.10	0.20			1.10	1.75		
	8月5日	乳熟期	1.00	1.40			0.55	0.65		
	8月10日	糊熟期	0.80	2.20	***	36.4	0.10	0.20		
	8月21日	黄熟期	0.75	1.70	*	44.1	-	-		
平均			44.3				29.7			

注) D : 見取り払い落とし法による密度。

C : 袋掛け法による密度。

P : DとCの相関係数のt-検定における危険率 ***: P < 0.001 ; **: P < 0.01 ; *: P < 0.05.

E : 効率 = D/C × 100.

a. 見取り払い落とし法による密度推定

表5-1に、水稻の生育後期において、ツマグロヨコバイの密度調査について見取り払い落とし法を適用した場合の効率を示した。調査圃場での品種は、1976年では中生新千本、

1980年ではミネニシキ, 1981年ではアキヒカリであった。ここでの効率とは、袋掛け法により得られた個体数 (C) を100とした場合の見取り払い落とし法による個体数 (D) の比率 (以下, E, 見取り効率と称する) である。

成虫についてみると, Cの平均値が株当たり約1.5頭以上になると, DとCとの間に有意差が認められ, 両者の間には $C=1.06+2.23D$ ($r=0.74, p<0.05$) の直線式が得られた。Cに対するDの見取り効率 (E) の平均は44.3であった。

幼虫においても, Cの平均値が株当たり2頭以上になると, DとCの間には有意差が認められ, $C=1.15+3.93D$ ($r=0.88, p<0.05$) の直線式が得られた。見取り効率 (E) の平均は29.7となり, 前述した成虫のそれよりも低くなった。

b. 掬い取り法による密度推定

図 5-1 は, 袋掛け法により得られた密度推定値を100とした場合の掬い取り法により得られた密度推定値の比率 (以下, 掬い取り効率と称する) と水稻の生育期との関係である。出穂期以前は成虫, 幼虫とも掬い取り効率は低く, 成虫では13.6~17.6%, 幼虫では0.8~6.2%であった。穂揃期では成虫, 幼虫とも分散は大きくなったが, 掬い取り効率は20%を超え, 乳熟期に至ると成虫, 幼虫のいずれにおいても25.9%となった。更に登熟が進むと, 糊熟期においては成虫は34.2%, 幼虫は39.6%となった。

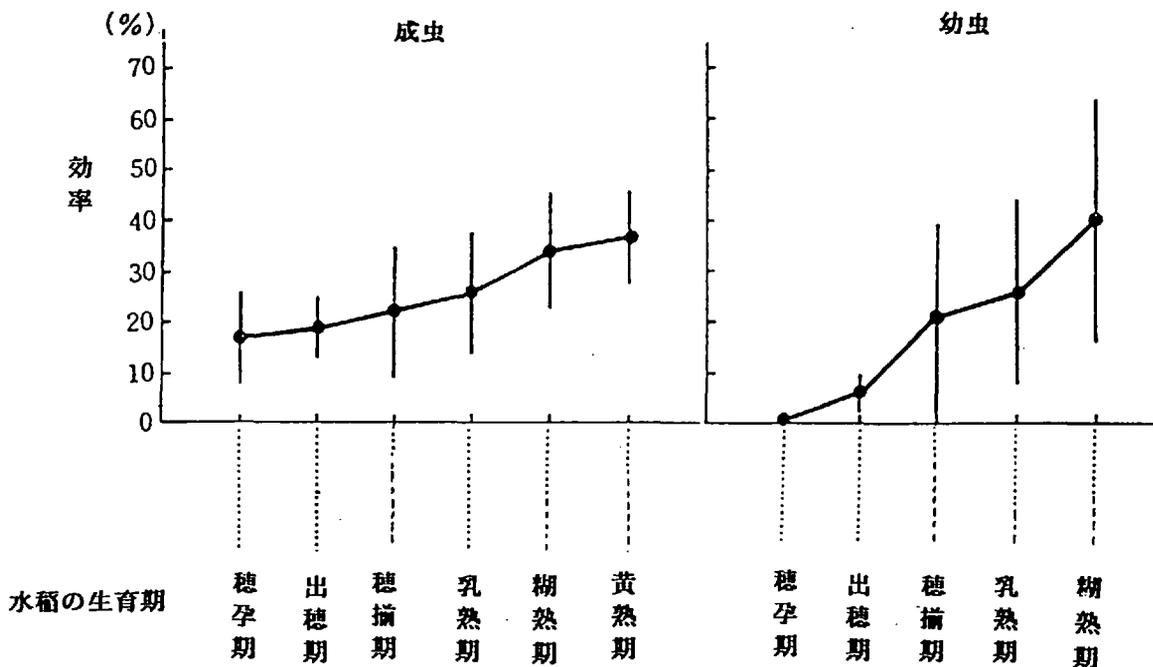


図5-1. 袋掛け法を対照とした掬い取り法のツマグロヨコバイ密度推定の効率。
注) 垂線: 標準偏差.

第2節 発生動向

(1) 東広島市における季節的発生消長

材料および方法

農業試験場本場の病害虫発生動態解析圃場（いわゆる予察田，面積14a）に，同一品種（中生新千本）を毎年ほぼ同じ時期（5月25日頃）に稚苗機械移植した。施肥その他の栽培管理は広島県水稻栽培基準に従って行い，病害虫防除は一切実施しなかった。なお出穂期は8月20日から30日の間であり，成熟期はほぼ10月上旬であった。

ツマグロヨコバイの密度は，25株から100株について見取り払い落とし法で推定した。1974年から1990年までの，ほぼ半旬毎の株当たりのツマグロヨコバイ個体数に，積算温度法則 $D = d(t - a)$ ，（ d :平均気温 t ℃における発育所要日数， D :発育臨界温度 a ℃以上の発育所要積算温度）に基づいた久野の手法³⁸⁾を適用し，各世代平均密度を定量化した。

世代の平均密度の定量化に用いたパラメータのうち，発育臨界温度及び産卵前期間は久野³⁸⁾のデータを適用して，各々12℃，100日度とした。水稻芽出し苗を入れた外径16mm，長さ150mmの試験管内での個体飼育（百葉箱内）を行った結果，卵期間は108日度及び幼虫期間は47日度が得られたので，これらを加えて1世代の発育有効積算温度を355日度とした。有効積算温度の算出のための気温データは農業試験場内での観測値を使用し，計算式は法橋⁷⁾の手法を用いて1月1日から起算した。世代の呼び方は本田侵入個体群を第0世代（G0）とし，これ以降の個体群を第1世代（G1），第2世代（G2）とした。見取り払い落とし法による密度調査は，出穂期以降ではその精度が低下する（前節参照）ので，第3世代については計算しなかった。

結果

1974年から1990年までのツマグロヨコバイ各世代の平均密度（株当たり個体数）および世代間増殖率を表5-2に，各世代密度の年次変化を図5-2に示した。1980年代後半における本田後期の発生動向は，1980年代前半のそれとは様相がやや異なった。

1974年から1983年までの期間における平均密度については，5～6月に発生する本田侵入世代（G0）は0.133頭，7～8月に発生する本田第1世代（G1）は3.896頭，8～9月に発生す

表5-2. 東広島市^{a)}におけるツマグロヨコバイ各世代平均密度^{b)}と世代間増殖率

調査年	項目	平均密度(頭・株当たり)			世代間増殖率		
		G0 ^{c)}	G1 ^{d)}	G2 ^{e)}	G1/G0	G2/G1	G2/G0
1974~1983	平均	0.113	3.896	10.122	44.6	3.4	97.6
	標準偏差	0.050	2.129	4.843	42.8	1.8	34.2
	変動係数	44.2	54.7	47.8	96.0	52.9	35.0
1986~1990	平均	0.021	0.975	2.184	120.5	3.9	307.8
	標準偏差	0.020	1.020	1.026	150.4	2.4	265.1
	変動係数	95.2	104.6	47.0	124.8	61.5	86.1

- a) 品種：中生新千本.
- b) 久野(1968)の手法により算出.
- c) 侵入世代.
- d) 本田第1世代.
- e) 本田第2世代.

る本田第2世代 (G2) は10.122頭であった。密度の変動係数 (C.V.) はG0:44.2, G1:54.7, G2:47.8といずれの世代においてもほぼ同様であった。

一方, 1986年~1990年における平均密度は, G0:0.021頭, G1:0.975頭, G2:2.184頭となり, 密度のレベルが各世代とも1974年~1983年平均に比べて約1/5と大幅に低下した。また, 同じ期間におけるC.V.は, G0:95.2, G1:104.6であり, これらの値は1974年~1983年におけるC.V.よりも大きくなった。しかし, 1986年~1990年におけるG2のC.V.は47.0であり, 1974年~1983年の47.8とほぼ同じであった。

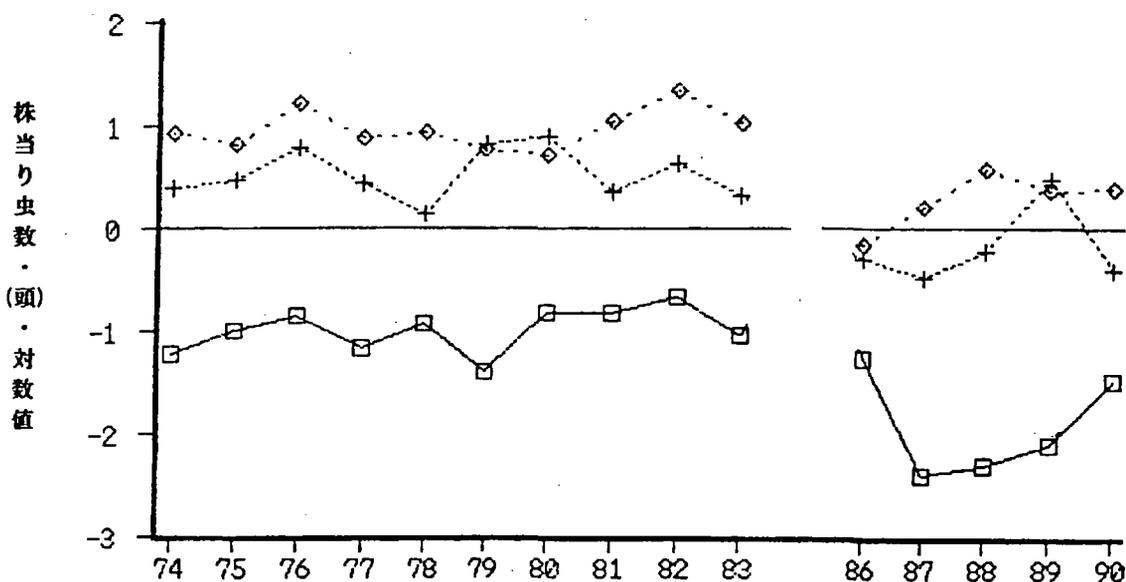


図5-2. ツマグロヨコバイの各世代密度の年次変化.

注) □: 本田侵入世代 (G0) ; +: 本田第1世代 (G1) ; ◇: 本田第2世代 (G2).
世代密度: 久野 (1968) の手法により算出.

世代間の密度増加率（当世代の平均密度/前世代の平均密度）についてみると、春季における本田侵入世代から第1世代に至る密度増加率（ $G1/G0$ ）は1974年～1983年平均:44.6、1986年～1990年平均:120.5と、後者の期間では前者と比較して約3倍であった。しかし、第1世代から第2世代に至る7～8月の密度増加率（ $G2/G1$ ）は、1974年～1983年平均:3.4、1986年～1990年平均:3.9と両者の期間ともほぼ同じであった。

（2）広島県内における発生実態

材料および方法

広島県病害虫防除所による県内120地点の水田における発生予察事業巡回成績にもとづいて、広島県全体でみたツマグロヨコバイの発生実態を解析した。「広島県普通作物病害虫発生予察事業年報」から平均発生程度（1圃場当たり25株調査し、株ごとの個体数を階級別に区分して算出）のデータを取り出し、1974～1983年及び1984～1989年の2期間に分けて計算した。楠¹²⁾の換算表を適用して平均発生程度を株当たりの個体数に換算した。

また、1980年および1981年7～8月に、標高が比較的高い中国山間地域において捕虫網による掬い取り法を実施し、早生品種が主に栽培されている県北部の農家圃場でのツマグロヨコバイの発生実態を調査した。掬い取り回数は60回とした。調査時における水稻の生育期は穂孕期から黄熟期に相当した。

結果

表 5-3 に県内の4地域（北部、中東部、中西部、南部）におけるツマグロヨコバイの平均発生程度を示した。7月下旬～8月下旬における平均発生程度は、県内の4地域間には顕著な差が認められない。年次間の比較では1974～1983年の県内平均では1.77～2.14であるのに対して、1984～1989年の県内平均では1.38～1.42と、1974～1983年平均に比べて低い値となっている。平均発生程度を株当たり個体数に換算すると、1974～1983年の平均は7月下旬：1.85頭、8月上旬：2.07頭、8月下旬：1.46頭であるのに対して、1984～1989年の平均は7月下旬：0.64頭、8月上旬：0.47頭、8月下旬：0.42頭であった。ただし、これらの巡回調査データは見取り払い落とし法によっており、この密度調査法での効率は約44～約50%

表5-3. 広島県におけるツマグロヨコバイ第2世代の地帯別発生量

調査年	地帯	平均発生程度(株当たり) ^{a)}		
		7月下旬	8月上旬	8月下旬
1974~1983	南部	1.85	1.97	1.92
	中東部	2.22	2.25	1.72
	中西部	2.22	2.31	1.83
	北部	1.98	2.03	1.61
	県平均	2.07	2.14	1.77

調査年	地帯	平均密度(頭・株当たり) ^{b)}		
		7月下旬	8月上旬	8月下旬
1974~1983	南部	1.25	1.55	1.43
	中東部	2.28	2.38	0.96
	中西部	2.28	2.31	1.83
	北部	1.60	2.03	1.61
	県平均	1.85	2.07	1.46

調査年	地帯	平均発生程度(株当たり) ^{a)}		
		7月下旬	8月上旬	8月下旬
1986~1990	南部	1.76	1.59	1.54
	中東部	1.36	1.38	1.30
	中西部	1.46	1.41	1.40
	北部	1.54	1.31	1.27
	県平均	1.48	1.42	1.38

調査年	地帯	平均密度(頭・株当たり) ^{b)}		
		7月下旬	8月上旬	8月下旬
1986~1990	南部	1.05	0.72	0.63
	中東部	0.38	0.40	0.32
	中西部	0.51	0.44	0.43
	北部	0.60	0.33	0.28
	県平均	0.64	0.47	0.42

a) 発生予察事業調査巡回成績. b) 楠(1982)の式による平均発生程度からの換算値.

(前述)とされているので、実際の密度は上記の数値の約2倍と推定される。したがって、広島県における一般農家圃場の密度(株当たり個体数)は、1974~1983年の平均で約3~4頭、1984~1989年の平均で約1頭とみなされた。

中国中山間地域において調査を実施した地区数は、1980年では比婆郡及び庄原市におい

て11地区，山県郡において4地区の計15地区，1981年では比婆郡及び庄原市において13地区，山県郡において14地区の計27地区であった。調査対象とした地区名は概ねの標高別に記すと，700m:東城町持丸；500m:高野町新市及び同下門田，東城町小奴可，比和町福田；450m:比和町比和谷及び永原，豊平町西宗及び志路原，大朝町筏津；400m:東城町川鳥，比和町元常，大朝町境；350m:口和町竹地谷，豊平町吉木及び今吉田，300m:西城町八鳥，東城町戸宇，口和町湯来，庄原市本村であった。調査圃場数は1地区当たり2～9圃場であった。

調査結果は表5-4に示した。標高300～350mの地区における捕虫網60回振り当たりの個体数は，標高400m以上の地区と比較すると総じて多かった。なかでも個体数が多かった圃

表5-4. 広島県北部におけるツマグロヨコバイ第2世代の発生実態

調査年	標高 (m)	調査圃場数	捕虫網60回振り虫数(頭)		
			最高	最低	平均
1980	500	6	565	4	214
	450	12	4870	10	1166
	400	6	341	11	151
	350	7	10374	13	4314
	300	15	3850	11	1662
1981	700	2	119	60	90
	600	4	1470	4	665
	500	15	205	0	38
	450	25	2983	5	587
	400	15	341	7	86
	350	20	5447	2	1337
	300	14	1441	8	392

場は，1980年調査の豊平町今吉田（標高350m）で10,374頭（うち成虫7,780頭，早生品種，糊熟期）及び4,351頭（うち成虫4,019頭，中生品種，出穂期），豊平町吉木で6,830頭（うち成虫6,549頭，中生品種，出穂期）及び4,368頭（うち成虫4,254頭，早生品種，糊熟期）であった。これらの掬い取りデータを，掬い取り法の密度推定効率:22%（前節参照），1回振りの掬い取り面積:1.33m²，栽植密度:22株/m²として株当たり個体数に換算すると，各々11.1頭，27.0頭，17.8頭，11.4頭と推定された。

第3節 密度調査法と発生動向に関する考察

HOKYO and KUNO⁸⁾は，水稻の全生育期における調査結果から，見取りによるツマグロヨコ

バイ雌成虫の密度推定値は、サクシオン・キャッチャーによるその約50%とみなした。本研究の結果からは、出穂期以降では成虫の見取り払い落とし法の効率は50%よりもやや低いと思われた。見取り払い落とし法による密度推定の精度が登熟期において低くなる理由としては、成虫の摂食活動や産卵活動に伴う生息部位の変化により稲株の中下層での生息個体が多くなり、これらの個体数が過小評価されやすいこと、繁茂した茎葉や垂れた穂などにより稲株が相互に接しやすくなって調査時には生息場所が攪乱されやすいことなどが考えられる。

掬い取り法は、調査時の気象条件、植生、対象とする種の生息部位の垂直分布などによって、その効率が影響されやすいが、簡便さ、迅速さ、高価な器具が不要などの利点により、分布の集中度が比較的低い種に適用されることが多い調査法である⁷⁸⁾。出穂期前後のツマグロヨコバイに適用した場合の精度について、高井ら⁸⁰⁾は同一調査日に水稻の品種と生育期を変えて検討し、掬い取り法により得られた成虫密度の分散はきわめて小さいとした。

ここで得られた掬い取り効率の平均値は、上記の高井ら⁸⁰⁾のマーキング法による密度推定値と比較した場合の穂孕期から糊熟期における効率、10~30%とほぼ同様であった。穂孕期以降においては水稻の生育期の進展に伴い、成虫、幼虫とも掬い取り効率はいくぶん高まる(図5-2)。効率のばらつきを考慮すると、水稻の生育後期における掬い取り法の適用は、出穂期から乳熟期までに限定することが妥当と考えられる。

タイワンツマグロヨコバイ (*Nephotettix virescens*) に対する掬い取り法の効率を Farmcop法との比較で検討した ASTIKA *et al.*⁴⁾は、成虫、3-5齢幼虫とも効率が水稻の生育後期(移植9週後以降)では初期に比べて高くなり、また雌成虫よりも雄成虫、健全虫よりもアタマアブの被寄生虫での効率が高く、こうした効率の違いは生息部位の差異によると示唆した。本研究では、こうした性差や天敵寄生の有無を考慮には入れてはならず、調査事例を今後は集積していく必要がある。

ある一定の相対精度 ($D=SE/m$, SE:標準誤差, m :平均値) で密度を推定するために必要な抽出標本数 (q) は次式で得られる¹⁵⁾。

$$q = \frac{t^2}{D^2} \left(\frac{\alpha + 1}{m} + \beta - 1 \right)$$

ただし、t は正規分布の基準値。

株を単位としたツマグロヨコバイの成虫と幼虫をこみにした平均こみあい度 (\bar{m}) と平均密度 (m) との関係を求めると、 $\bar{m}=0.279+0.970m$ ($r^2=0.995$) となった。この空間分布様式から、 $\alpha=0.279$ 、 $\beta=0.970$ を上式に与えれば、単純任意抽出にもとづく株単位の絶対密度の推定(本研究における袋掛け法など)の必要標本数が得られる。野外個体群を対象とした場合、密度の倍増または半減といった程度の差を有意に捉えられる精度が最低限必要である^{7, 38)}とすれば、 $t=1$ とおくときDの値は0.2で充分である。相対精度 $D=0.2$ とすると、水稻の生育後期に適用すべき株数(q)は、株当たりの平均個体数が0.5頭の場合は63株、1頭の場合は31株、10頭の場合は2.4株となる。

ツマグロヨコバイの吸汁による加害と水稻の被害の関係は、一般的には株当たり個体数と減収率の関係によって表現されており、また個体数変動の解析も株当たり個体数を用いて行われることが多い。捕虫網n回振りの掬い取り個体数(N_s)を、株当たり個体数(N_h)に換算するためには、次式を用いればよい。

$$N_h = \frac{100}{e} \cdot \frac{N_s}{a \cdot b \cdot n}$$

e: 掬い取り効率(%)

a: 捕虫網の1回振りが半円形を描くとすると、1回振りの掬い取り面積=約1.33m²

b: 1m²当たりの栽植密度

成虫および幼虫の水稻生育期別の掬い取り効率は次表のようになる。

发育ステージ	出穂期	穂揃期	乳熟期
成虫	18%	22%	26%
幼虫	6	21	26

出穂期から乳熟期にかけての掬い取り法による密度の推定効率を22%、1回振りの掬い取り面積を1.33m²、栽植密度を20株/m²とすると、株当たりの成虫密度20頭は、捕虫網20回振りでは約2,340頭と算出される。福島県の大沢ら⁶⁰⁾は、要防除水準の株当たり成虫密度20

頭は捕虫網の20回振りでは約5,000頭に相当し、栃木県の斎藤ら⁶⁸⁾は同じく株当たりの成虫個体数が20頭は捕虫網の25回振りでは3,400頭に相当するとした。また、宮城県の高野⁸²⁾は捕虫網による20回振りの掬い取りで約3,000頭を超える密度から登熟歩合が低下している。掬い取りの効率は気象条件によっても変動し、慣行の栽植密度が地域により異なるので、一概にはいえないが、早生品種の被害許容密度（株当たりの成虫個体数）の20頭は、捕虫網20回振りでは約2,500～3,000頭に相当すると思われる。

栗原⁴¹⁾は、出穂期後の水田での掬い取り回数を検討し、20回振り以上で密度推定値の個人差がなくなると報告している。筆者らも別の調査において、出穂期前後の同一圃場で調査者3名が各々20回振りの掬い取り法を繰り返し実施したところ、成虫、幼虫のいずれも調査者間には有意差を認めなかった（未発表）。本研究では同一範囲を反復する「往復掬い取り法」を検討しなかったが、秋野・岡本²⁾は出穂後の水田において5往復10回振りの掬い取りを同一範囲を実施し、反復の初回掬い取り個体数がそれ以後のそれに比較して最も多かったとした。往復掬い取り法による密度推定は、掬い取り効率をより高めるために有効であると考えられ、今後更に検討されるべき課題であろう。

圃場では様々な発育ステージの個体がある期間にわたり加害する。成瀬⁵¹⁾は、網枠ケージ放飼試験において得られた密度と減収程度の関係を実地にそのまま適用することは難しいとし、加害量の指標として密度×加害期間＝延べ個体数（“ツマグロ・日数”）の考え方を提起している。この指標はツマグロヨコバイの発生実態に即して累積的加害量と被害の関係をつえようとする点では考慮に値する。しかし、第2章および第4章で述べたように、加害期間よりも加害時期（水稻の生育期）の違いが被害の発現により重要に関係しており、実際には出穂期から乳熟期までの約3週間における加害量が問題となる。“ツマグロ・日数”は、防除要否の判断基準として提示されても農家には理解され難く、実用的には出穂期から乳熟期までの期間中のツマグロヨコバイの密度を防除要否のめやすとするのが妥当である。

東広島市における季節的発生消長の解析結果から、ツマグロヨコバイの本田第2世代の株当たり個体数は、1974～1983年の平均で約10頭、1986～1990年の平均で約2頭であった。また、広島県における一般農家圃場の株当たり個体数は、1974～1983年の平均で約3～4頭、1984～1989年の平均で約1頭であった。こうした発生動向の近年における変化の要因には、イネミズゾウムシ *Lissorhoptus oryzophilus* KUSCHEL が1983年に広島県に侵入したことに伴う防除薬剤の投入状況がおおいに関係しているとみられる。1984年以降からイネミズゾウムシの発生分布域が県内で年々拡大し、育苗箱施薬（カーバメート系剤、有機りん系剤

およびネライストキシン系剤) や水面施用 (有機りん系剤および合成ピレスロイド系剤) によってイネミズゾウムシ対象の薬剤が本田初期の5月から6月まで、地区単位にしかも広範囲にわたり施用されてきた。この結果、5~6月の本田への侵入世代のツマグロヨコバイも同時に併殺されるようになった。引き続き次世代以降では増殖率は相対的に高まる傾向がみられるものの、イネミズゾウムシの県内侵入以前に比べてツマグロヨコバイの密度のレベルは年々低下したと推察される。

東広島市における各世代の密度のレベルは1980年代半ば以前とそれ以後では異なっているが、ほぼ毎年低い密度で安定していることが明らかとなった (表 5-2, 図 5-2)。密度の変動係数は、1983年のイネミズゾウムシの県内侵入以前 (1974~1983年) と侵入以後 (1986~1990年) では本田侵入世代 (G0) および第1世代 (G1) では異なった。しかし、第2世代 (G2) では両期間ともほぼ同じであった。また、世代間の密度増加率についても $G1/G0$ は変化した、 $G2/G1$ は両期間ともほぼ同じであった。同様に、広島県内の一般農家圃場における出穂期前後のピーク世代 (本田第2世代) 密度も毎年安定して低いことが判った。こうした解析結果は、西日本で発生するツマグロヨコバイは春季の侵入密度の高低にかかわらず、個体群の密度依存的調節機構が強く働くために本田後期のピーク世代における密度は毎年ほぼ一定であり、安定した発生傾向を示すとの考え方^{7, 25, 29, 32, 38)} を支持するものである。

第6章 総合考察

ツマグロヨコバイによる直接吸汁害の現れ方が地域によって相違し、西南日本地域よりも東北日本の方が被害が大きくなることは古くから多くの研究者により指摘されていた^{86, 91)}。1970年代以降の水稻においても、西南日本と東北日本とでは直接吸汁害の発現様相が顕著に異なることを本研究において見いだした。すなわち、東北日本では、密度と被害の関係は西南日本に比べてより明瞭であり、低い密度レベルから減収が起こり得る。この地域性の違いには生育期や登熟パターンなどの水稻の生育特性、とりわけ品種の早晩生が密接に関連していると考えて、ツマグロヨコバイの密度と水稻の被害程度の関係から、出穂期の早晩で区分した2種類の被害許容密度を設定した。水稻の登熟初期における吸汁加害は、後期よりも悪影響が発現しやすく、穂孕後期から出穂期にかけての密度を低下させる必要がある。そのため、本研究で設定した被害許容密度は、そのまま要防除密度とみなしても差し支えない。

本研究では、主として網柵ケージへの放飼による試験結果に基づいて、被害許容密度が設定された。BOTTRELL⁵⁾は、ケージの使用により微気象が変化し、作物の生育や害虫の生態が攪乱されるとともに天敵が排除されるなどの問題点を指摘し、経済的被害許容水準は有用生物の働きをも組み込む必要があるとしている。また、被害許容密度は水稻の生理生態、天敵相、気象などの条件によって変動するものであり、異なる作期や栽培法の地域ではそのままの適用が困難な場合もあり得る。とりわけ比較的低密度から直接吸汁害が予想される早生品種の栽培地域ではツマグロヨコバイの密度や発育ステージ、クモ類などの天敵、水稻の生育時期および気象条件などを組み入れた時間依存的 (dynamic) 被害許容水準³⁰⁾を設定する必要がある。

水稻の同化産物や養分、水分などの吸汁加害による損失が成熟期までにどの程度まで補償されるかで、直接吸汁害の発現程度が決まる。そのため品種の早晩生、および生育期を違えて加害させた場合における水稻の生理的反応を解析した。その結果、同化産物の転流阻害などの吸汁による影響は、早生品種への加害が中晩生品種への加害よりも、また登熟前期における加害の場合が登熟後期における加害よりも大きく生じることが判った。補償作用の現れ方には水稻品種の登熟に要する日数とそのパターンの違いが関連していると考えられた。ツマグロヨコバイの防除要否を判断するに際しては、本種の発生動向とともに、

水稻栽培品種の特性、とりわけ登熟特性をも考慮しなければならない。全国13カ所での被害解析試験成績において得られた被害程度は、同一場所や同一密度でも年により変動している。本種による被害量の予測のためには各地域の栽培様式や栽培環境ごとに、ツマグロヨコバイの吸汁加害による水稻の生理機能への影響を定量的に明らかにしておく必要がある。

水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの稲株での生息部位は、發育ステージにより変動する。幼虫は稲株の下層域の葉、成虫は上層域の葉から吸汁することが多いが、出穂後でも成虫は穂部よりも止葉をはじめとする上位葉を加害することが多いことを明らかにした。羽化後数日間における摂食とこれに伴う性成熟過程には飛翔活動性が関係する。特に雌成虫は羽化後しばらくの間は主として穂部に生息し、卵巣が發育した羽化7~8日後から死亡までの期間には主に茎葉部で摂食・産卵すると推察された。本種が口針を水稻に挿入すると唾液鞘物質が形成され、これにより維管束において篩部や木部が閉塞する。したがって吸汁痕の多少は同化産物の転流や移行阻害とも関係することが予想される^(7, 18)。本研究では吸汁量そのもの、あるいは甘露の排泄量を調査していないため、口針挿入の結果である吸汁痕の分布状況からは、加害による減収や品質低下に結びつく水稻の生理機能への影響に関して直接的には論じることは難しい。しかし、ツマグロヨコバイの生息部位が幼虫期、成虫期のいずれにおいても穂部のみならず株全体にわたって散在し、とりわけ

上位3葉に吸汁痕の分布割合が高いことは、吸汁加害による炭水化物や水分の代謝が通常の発生の場合には大きく阻害されることがなく、本種による直接吸汁害が顕著に発現しない原因と考えられる。すなわち、収穫対象である穂部よりもむしろ対象外である同化産物を送り出す器官の茎葉部への加害が多いことは、水稻に補償作用を生じさせやすいとみなされる。特に登熟前期に加害される場合や加害期から収穫期までの時間的隔たりが大きい中晩生品種の場合では、こうした補償作用が強く働きやすいと思われる。

東北日本地域と西南日本地域における水稻の登熟パターンを 図 6-1 に、登熟期間における気象条件を表 6-1 に示した。7月下旬か

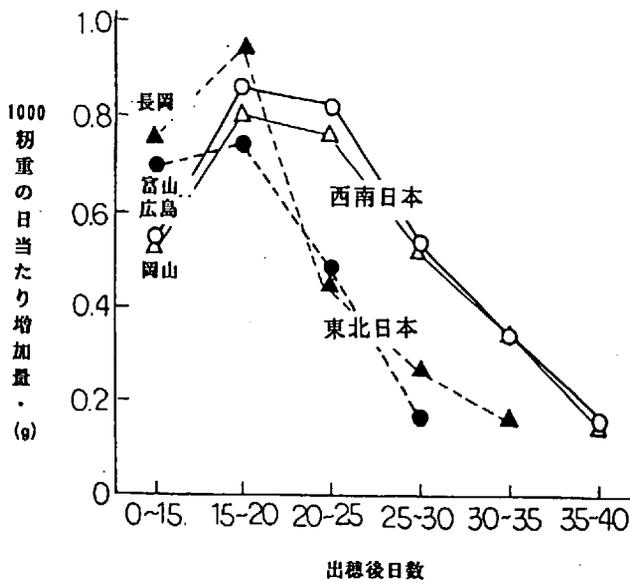


図6-1. 西南日本と東北日本における水稻の登熟経過の差異。

注) 長岡: 越智早生; 富山: コシヒカリ;
岡山: アケボノ; 広島: 中生新千本

出典: 農林省「水稻作況試験 (1968年~1972年)」

表6-1. 水稻の登熟期間における気象条件

栽培地域	栽培品種	左記の出穂期	出穂後10日間		
			平均気温(°C)	日照時間(hrs)	
東北日本	富山県(富山)	はつかおり	7月下旬	26.4	75.9
	新潟県(長岡)	越路早生	7月下旬	26.5	78.7
	栃木県(宇都宮)	コシヒカリ	8月初旬	25.3	59.4
	茨城県(水戸)	コシヒカリ	8月初旬	26.2	66.9
西南日本	兵庫県(明石)	はりま	8月下旬	25.7	64.9
	岡山県(瀬戸)	アケボノ	8月下旬	23.1	54.3
	広島県(東広島)	中生新千本	8月下旬	25.3	—
	香川県(仏生山)	セトホマレ	9月初旬	25.7	59.6

栽培地域	栽培品種	出穂後30日間		登熟日数	
		平均気温(°C)	日照時間(hrs)		
東北日本	富山県(富山)	はつかおり	26.0	196.1	36
	新潟県(長岡)	越路早生	26.2	213.2	34
	栃木県(宇都宮)	コシヒカリ	24.8	174.0	39
	茨城県(水戸)	コシヒカリ	25.8	178.4	36
西南日本	兵庫県(明石)	はりま	24.0	161.5	47
	岡山県(瀬戸)	アケボノ	21.1	164.3	54
	広島県(東広島)	中生新千本	23.7	—	44
	香川県(仏生山)	セトホマレ	23.5	152.3	46

出典：各県の1970年代の“普通作物病虫害発生予察事業年報”。

ら8月上旬にかけて出穂し高温条件で登熟する品種（いわゆる早生品種）では、茎葉で同化された光合成産物は出穂直後から速やかに穂へ集積していく。高温条件下では呼吸による同化産物の消耗も多いとされる。同化産物の日当たり集積量は出穂後15～20日頃にピークが認められ、この時期を過ぎれば急激に減少する。登熟のピークである出穂後15～20日頃は、通常の発生経過であればツマグロヨコバイの密度のピークが重なることが多い。このため、出穂後まもない時期に多発生したツマグロヨコバイの加害を受けると、水分や同化産物の損失および転流の遅延が生じ、登熟への悪影響が大きくなる。一方、登熟半ば頃に加害を受けた場合、登熟初期の加害に比べて被害程度は比較的軽い。しかし、8月中旬から9月上旬にかけて出穂し秋冷に向かう気象条件で登熟する品種（いわゆる中晩生品種）に比べると出穂から成熟に至るまでの登熟日数が35～40日と短いため、同化産物などの吸汁による損失分が補償されないまま成熟期に達すると、減収や品質の低下が生じる可能性が高い。特に、低温の年では登熟速度が劣り（大沢,^{61, 62}）、直接吸汁害が顕著に発現しやすくなる。

これに対して中晩生品種では、早生品種と比べると対照的な登熟パターンを示す。すな

わち、茎葉から穂への同化産物の集積は総じて緩やかに行われる。そのピークは出穂後20～25日頃にあり、その後の集積量の減少も緩慢である。したがって、ツマグロヨコバイの吸汁加害を受けると登熟が一時的に阻害されるが、登熟日数が45～55日と長いために、同化産物の損失分は成熟期までにはほとんど補償されてしまう。それゆえ、減収などの吸汁による悪影響が顕著に生じることはまずない。

東広島市における季節的発生消長あるいは県内における発生実態調査から、ツマグロヨコバイの本田第2世代の密度は、毎年低いレベルで安定していることが明らかとなった。一方、北陸地方や東北地方などの東北日本地域では冬季における積雪の多少や低温条件により、ツマグロヨコバイの越冬後密度に年次変動が生じる。その春先の密度レベルの高低が夏季まで継続する一方で、個体群密度の制御機構が有効に働かず高い増殖率となる結果、水稻の出穂期前後にしばしば大発生して吸汁害が生じるとされている^{13, 17, 18, 23, 28, 36, 52, 60, 61, 62, 72, 82, 83, 92, 94}。

しかし、広島県北部においても冬季に積雪日数が約40日となる地域（例えば比婆郡高野町）があるが、富山県での事例¹⁷のように株当たり数百頭という著しい高密度に達した記録は過去には認められていない。広島県では個体群密度の変動機構に対する積雪などの環境要因の影響は、東日本ほどには顕著には発現しないと思われる。1980年と1981年の県北部における発生実態調査において、出穂期前後に約15頭/株と、比較的高密度に発生した圃場が認められた。この事例が広島県での高密度発生の場合における圃場での密度レベルの上限であろう。したがって、広島県内においてツマグロヨコバイの第2世代における密度（株当たり成虫と幼虫の合計個体数）の通常のレベルは、中生品種に対する被害許容密度の設定レベル（200頭）よりはるかに低く、早生品種の被害許容密度の40頭よりも更に下回るレベルであるとみなせる。

Iwao¹⁴のm- \bar{x} 法により、水稻の生育後期における成虫と幼虫の空間分布構造を解析したところ、どちらの発育ステージもランダムに近い分布となった。久野³⁸は、ツマグロヨコバイは他のウンカ類（セジロウンカ *Sogatella furcifera* HORVÁTH, トビイロウンカ *Nilaparvata lugens* STÅL, ヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* FALLEN）に比べて分布の集中度が低いと報告している。また、水稻の坪枯れをもたらすトビイロウンカは、分布集中度が著しく高く、局所的に密度が高いレベルに達しやすい、個体あたりの加害力が大きいなどの特徴も加わって、激しい被害を与えると久野³⁸は述べている。岸本³³も坪枯れ形成に対するトビイロウンカの集中分布の意義に言及している。水稻の生育後期における圃場での株単位での分布様式がほぼランダムであり、分布集中度が低いといったツマグ

ロヨコバイの個体群特性は、加害が株単位には機会的であり、圃場全体にみれば吸汁による被害が緩やかに同じ程度に発現することを意味する。本種の空間分布様式は、水稻の補償作用の働きやすさや密度レベルの低さなどとあいまって、西南日本地域では顕著な減収とはならない要因を形づくっている。

以上の知見を総括すると、広島県、ひいては西南日本地域では水稻の中晩生水田での出穂期以降のツマグロヨコバイが通常発生の場合には、密度は被害許容密度以下のレベルにあり、かつ水稻が秋冷に向かってゆっくりと登熟するため吸汁加害の影響が補償されやすい。これらの諸条件からみて本田後期における防除は原則として不必要である。しかし、中山間地域で主に栽培される早生品種では、穂孕期から出穂期にかけて株当たり成虫個体数が20頭以上の場合のみに、殺虫剤の単剤使用により密度低下を図ることが必要である。早生品種と中晩生品種が隣接あるいはモザイク状に栽培されている場合には、出穂前後に早生品種圃場でツマグロヨコバイが一時的に密度が高まる可能性がある。本種の移動分散性は、水稻の登熟の進行に伴う栄養生理的条件の変化に対応したものである。こうした圃場間移動の事例は宮城県でも近年報告されている³¹⁾。したがって、早生品種と中晩生品種の混植地域ではツマグロヨコバイの発生動向に注意し、多発生した場合の早生品種における直接吸汁害の軽減回避に努める必要がある。

広島県におけるツマグロヨコバイの8月下旬の発生面積率（発生予察巡回調査において本種の生息が認められた地点率に基づいて算出。出典：『広島県普通作物病虫害発生予察事業年報』）の推移を図6-2に示した。1973年代から1983年までは発生面積率概ね90%を超えていたが、1984年以降から1988年までは減少し、1986年～1988年には約70%に低下した。し

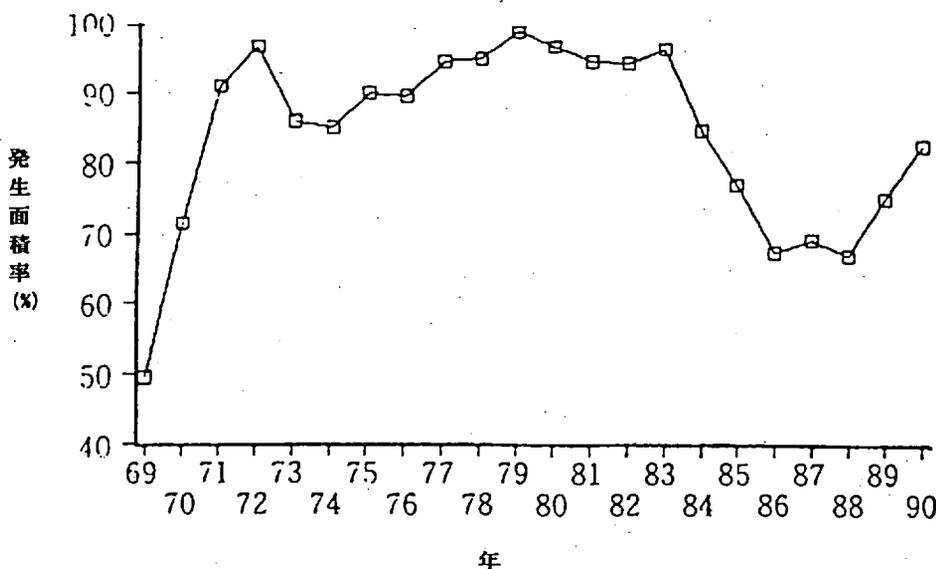


図6-2. 広島県におけるツマグロヨコバイの発生面積率の年次変化。

注) 発生面積率=発生面積/水稻作付面積×100

出典：広島県病虫害防除「普通作物病虫害発生予察年報」。

しかし、1989年から再び増加しはじめ、1990年には約80%となっている。広島県中北部の一部地域（三次市など）で1980年代後半に比べて最近、圃場における密度が若干高まりつ

つある兆候が認められている。また、1980年代後半にはほとんど認められなかった水稻黄萎病の発生も1990年代初めに再生稻のみならず本田でも確認された。本田への侵入世代から第1世代へのツマグロヨコバイの密度の増加率の1986年～1990年の平均値がそれ以前(1974年～1983年)に比べて約3倍となっている現象は、次のことから説明される。

西南日本地域では1980年代末からいわゆる「暖冬年」が続いており、これが食餌植物であるスズメノテッポウなどの冬季雑草の生長を促し、本種の越冬に好適な条件をつくっているとみなされる。また、コシヒカリやあきたこまちなどの早生品種の普及に伴う水稻栽培の早期化が最近広く普及しつつある。この早期栽培は本田初期におけるツマグロヨコバイの侵入密度を高める要因となり、ひいては稲萎縮病や稲黄萎病などの虫媒伝染性病害の再流行化につながる要因になり得る。

広島県のツマグロヨコバイには1969年にカーバメート系殺虫剤抵抗性の発達が認められており¹⁰⁾、最近においてもBPMC剤などの防除効果は芳しくない(例えば、広島農試、1990年：『平成2年度日本植物防疫協会一般委託試験成績』)。イネミズゾウムシ防除に使用される育苗箱施用剤の多くはカーバメート系剤(カルボスルファンやベンフラカルブなど)である。有機りん系のプロパホス剤やネライストキシン系のカルタップ剤はツマグロヨコバイに対して効果が高く、イネミズゾウムシの侵入以前は県北部の黄萎病発生地域を中心として施用されてきた。しかし、これらの剤はイネミズゾウムシに対する効果はカーバメート系剤(カルボスルファン剤やベンフラカルブ剤など)より劣るため、イネミズゾウムシ侵入以後の1980年代後半以降では広島県内での使用面積は少ない。育苗箱施用剤の大半がカーバメート系剤である現状では、ツマグロヨコバイの侵入世代の密度が年々増加する要因となり得る。

また、本田後期におけるいもち病や紋枯病防除を主体とした殺菌殺虫混合剤のスケジュール散布の近年における慣行化は、本種に対する薬剤の淘汰圧を一層高め、薬剤抵抗性のさらなる発達と複雑化を促進している。ツマグロヨコバイの薬剤に対する感受性の低下を抑制し、稲萎縮病や稲黄萎病などの顕在化を回避するためには、殺虫作用機作の異なる複数の薬剤のローテーション使用に努めるとともに、被害許容密度水準以下での過剰防除を行わないことが大切である。このためには、発生量の的確なモニタリングが必要となる。水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイはランダム分布するため、分布の集中度が高いトビイロウンカとは異なり、圃場における密度調査が比較的簡便に実施できよう。Iwao and Kuno¹⁵⁾の単純任意抽出法により絶対密度の推定を目的とする場合の必要標本数を求め、また見取り払い落とし法および捕虫網での掬い取り法による密度推定効率を算出し、両法

の適用時期を明らかにした。これらの成果は現場における発生量の把握に広く役立つと思われる。

本研究の成果が稲作現場に広く普及された結果、主な病害虫の防除時期と使用農薬を記載した、地域の防除暦の内容が1980年代後半から変化した。広島県では病害虫防除技術に関する公定ガイドブックとして『病害虫防除基準・除草剤使用基準（広島県農政部）』を毎年公刊しているが、本研究の成果を根拠として1982年版からツマグロヨコバイの要防除水準の記載事項が改訂された。それまでは「株当たり40頭以上」としていたのを、「株当たり40頭以上（早生品種を対象）」と改訂し，“中晩生品種に対する防除は不要”との指導内容を変更した。この結果、1980年代後半以降では広島県中南部の中晩生品種栽培地域におけるほとんどのJA（農業協同組合）の防除暦には、薬剤による基幹防除の対象害虫からツマグロヨコバイが外されている。こうした防除指導の変化を反映して、広島県におけるツマグロヨコバイの防除面積（日本植物防疫協会・「農薬要覧」所収）は1985年から次第に減少し、近年（1989年以降）では激減した。例えば、1990年では広島県では水稻の作付面積が37100ha、発生面積が31091haであるに対して、ツマグロヨコバイの防除面積はわずか100haと少ない。

第7章 要 約

ツマグロヨコバイ, *Nephotettix cincticeps* UHLER, は年間3~4世代を経過する土着性の水稻重要害虫である。水稻の登熟期間中に多発生した場合, その汁液吸収により, 籾の褐変, 上位葉の黄変, 穂や茎葉のすす病汚染などが認められ, 登熟歩合低下や千粒重減少及び不稔粒やしいな粒の増加によって, 品質の低下や減収する被害—直接吸汁害—が生じる。この被害の量的評価については西南日本と東北日本とでは見解が従前から大きく相違していた。1972年から1984年まで広島県立農業試験場においてツマグロヨコバイの直接吸汁害の解析試験を実施して, 減収に関する被害許容密度の設定を検討し, 摂食に関連した本種の個体群特性および吸汁加害に対する水稻の生理的反応, という害虫の加害と水稻の被害の両面から直接吸汁害の発現様相の要因を解明した。そして, 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイに対する防除の要否を水稻の生育特性, 特に早晩生に関連づけて論じるとともに, 直接吸汁害に対する防除戦略を考察した。主要な結論を以下に要約する。

1) 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの直接吸汁被害の解析を実施した。広島県立農業試験場をはじめ全国13ヵ所で実施された吸汁害再現試験を比較検討し, 東北日本地域では株当たり成虫10~20頭の密度レベルから約5~10%の減収が生じ, 密度の増加に伴って収量が急激に低下するのに対して, 西南日本地域では100頭までは減収せず, 200頭の加害で約5%の減収であり, 密度が増加しても収量低下の傾向は極めて緩やかであることを見いだした。これらを含む既往の諸報告を総括した結果, 7月下旬から8月上旬に出穂する早生品種に対しては株当たり成虫20頭(成幼虫合計では40頭), 8月中旬から9月上旬に出穂する中晩生品種に対しては株当たり成虫100頭(成幼虫合計では200頭)の被害許容密度を設定した。

2) 生育後期の稲株におけるツマグロヨコバイの生息部位の変動を調査した。穂孕期の稲株では日中は株の中下層に, 夜間は株の上層と下層に主として生息した。出穂期以降では幼虫は株全層にわたり生息するが, 成虫の一部は夕刻から前夜半にかけて穂部から茎葉部へ, 後夜半から朝方にかけて茎葉部から穂部に再移動した。稲株内の食痕の分布割合は穂部で低く, 逆に茎葉部, 特に上位葉の葉身で高かった。産卵部位は稲株の中下層の葉鞘下

部であり、登熟期間において穂部に生息した雌成虫のうち、成熟卵を蔵卵する個体の割合はおおむね約1/4であった。雌成虫は羽化7日後頃までは穂部に主に生息して性成熟し、卵巢の發育後は主に莖葉部に摂食・産卵する。また、穂孕期以降では、株当たりの成虫および幼虫の個体数は、ほぼランダムに空間分布する。こうした摂食と産卵に伴う加害部位の変動とランダムな分布様式という本種の個体群特性が、通常の発生の場合には顕著な吸汁被害が生じにくい要因と推察した。

3) 早生品種と中生品種を隣接して栽培し、ツマグロヨコバイの発生経過と圃場間移動を調査した。早生品種では出穂から登熟前期にかけて他の生育時期に比べて雌成虫の生息割合が高くなり、また成熟雌率も高くなる現象が認められた。出穂の時期に圃場間差がある場合、雌は比較的高い高度を飛翔し、雄は低高度を飛翔するという空間利用の性差が認められた。早生品種の出穂開花という水稻の栄養条件の変化に伴って、幼穂形成～穂孕という増殖に好適でない中生品種圃場から早生品種圃場へ、成虫が移動し高密度化現象が生じたと考察した。

4) ツマグロヨコバイの吸汁加害に対する水稻の生理的反應を穂部への放飼実験により調査した。籾や護穎などの同化産物の貯蔵器官よりも枝梗、穂軸のような養水分の通過器官からの吸汁の頻度が高かった。吸汁により水稻の水分代謝が活発化し、これと同時に節間に蓄積されていた澱粉が消失した。登熟日数(約35日)が短い早生品種では、出穂直後の吸汁加害による同化産物の転流阻害の影響が成熟期になっても回復せずに減収した。一方、登熟日数(約45～50日)が長い中生品種では、同化産物の損失分が登熟後期に補償されるために減収しなかった。補償作用の現れ方には水稻品種の登熟に要する日数とそのパターンの違いが関連していると考察した。

5) 平均こみあい度と平均密度の直線回帰関係から、絶対密度の推定を目的とする、見取り払い落とし法などの直接調査法を適用する場合の抽出すべき必要標本株数を算出した。水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの密度調査法を比較した。登熟盛期における見取り払い落とし法の効率は、成虫では約44%、幼虫では約30%であった。掬い取り効率は成虫、幼虫とも出穂期以前では低く、穂揃期では22%、乳熟期では26%となった。掬い取り法により得られた単位面積当たりの個体数から、株当たりの個体数を求めるパラメータを設定した。

6) 広島県において7~8月に発生するツマグロヨコバイの第2世代の発生量のレベルを久野(1968)の方法を適用して算出した。1974年から1983年までの平均密度は約10頭/株、1983年のイネミズゾウムシの侵入以降から1990年までの平均密度では約2頭/株であった。1980年代の半ば以前とそれ以後とでは密度のレベルが異なっているが、その年次変動は小さく、中晩生品種の被害許容密度を大幅に下回るような、ほぼ一定の密度レベルで毎年発生することを明らかにした。後期補償が可能な登熟パターンをあわせて考慮すれば、直接吸汁害に関するツマグロヨコバイの防除は中晩生品種では原則として不必要であると結論した。

7) 早生品種では登熟前期における吸汁加害の影響は補償されにくい、ツマグロヨコバイは通常の場合には防除不要の発生量で登熟期間に推移する。しかし、高温年などにおける水稻の登熟に伴って密度が上昇するような発生経過の場合や、早生品種と中晩生品種のモザイク的栽培地区においては、出穂期前後に成虫が圃場間移動するために早生品種での高密度が予想される場合がある。これらの場合には早生品種の穂孕期前後から本種の発生の動向に注意する必要があることを指摘した。

8) 本研究の成果が稲作現場に広く普及された結果、地域の防除暦の内容が1980年代後半から変化した。『病虫害防除基準・除草剤使用基準(広島県農政部)』の1982年版からツマグロヨコバイの要防除水準の記載事項が、それまでは「株当たり40頭以上」としていたのを「株当たり40頭以上(早生品種を対象)」と改訂し、“中晩生品種に対する防除は不要”との指導内容を変更した。この結果、1980年代後半以降では広島県中南部の中晩生品種栽培地域におけるほとんどのJAの防除暦からは、基幹防除の対象害虫からツマグロヨコバイが除外されている。広島県における防除面積は1985年から次第に減少し、1990年には水稻の作付面積が37100ha、ツマグロヨコバイの発生面積が31091haであるに対して防除面積はわずか100haと少ない。

謝 辞

本研究をとりまとめるに当たり、京都大学農学部教授久野英二博士には懇切なご指導と綿密なご校閲ならびに厳しいご批判を賜った。また、岡山大学農学部教授中筋房夫博士には懇切なご助言と温かいご激励を賜った。ここに心から厚く御礼を申し上げます。

この研究を進める過程において、次の方々から有形無形の多くのご援助を賜った。広島県立農業技術センター次長中沢啓一氏には研究の計画当初から適切なご教示と多くのご支援を頂き感謝の気持で一杯である。元農林水産省農業環境技術研究所昆虫管理科長桐谷圭治博士には終始温かいご理解と励ましを頂いた。広島県比婆郡西城町の横山哮氏には現地調査圃場を快く使用させて頂いた。農林水産省九州農業試験場法橋信彦博士，農林水産省東北農業試験場宮井俊一博士，農林水産省草地試験場清水矩宏氏，元農林水産省中国農業試験場三田久男氏，元三重大学農学部教授岸本良一博士，元広島大学総合科学部教授高橋史樹博士，元山口大学農学部教授平尾重太郎博士，岡山大学農学部助教授藤崎憲治博士には多くの有益なご教示を頂いた。農林水産省北陸農業試験場大矢慎吾氏，農林水産省九州農業試験場渡邊朋也博士，元農林水産省北陸農業試験場里見綽生氏，京都大学東南アジア研究センター田中耕司氏，元岡山県農業試験場坪井昭正氏，元栃木県農業試験場大兼善三郎氏，元群馬県農業試験場高山隆夫氏，茨城県農業総合センター松井武彦氏，元山梨県庁小菅喜久弥氏，富山県農業技術センター成瀬博行博士および同今井富士夫氏，長野県中信農業試験場小林壮一氏，元岩手県農業試験場佐々木幸夫氏には多くの未発表を含む有益な資料や文献を頂いた。元広島県庄原病虫害防除所山口懋氏，元広島県可部病虫害防除所本実慈朗氏，同川崎健次氏，同福田正雄氏には現地調査の際にご支援を頂いた。元広島県立農業試験場河野富香氏，同平岡憲昭氏，元広島県立農業技術センター前田博文氏，広島県立農業技術センター細田昭男氏，同若山 讓氏には試験実施の際にご援助を頂いた。元広島県立農業試験場長中村啓二氏，元同次長藤原昭雄氏，広島県立農業技術センター所長前重道雅博士，同環境研究部長半川義行博士，元広島県東広島病虫害防除所梅田公治氏，同信野一明氏，広島県立農業技術センターの環境研究部（旧病虫害部）林 英明氏ほか同僚職員，元広島県立農業技術センター松本蘭子氏および広島県立農業技術センター児玉謙治氏ほか業務課職員の方々には研究の遂行に当たり，多くのご協力を頂いた。那波真須美氏と故那波洋子氏にはご助力を頂いた。各位にここに謹んで深謝の意を表する。

引用文献

- 1) 阿部忠三郎・板垣賢一：1960. ツマグロヨコバイによる水稻加害について.北日本病虫研究会報 11:79-81.
- 2) 秋野浩二・岡本大二郎：1959. ツマグロヨコバイ掬取調査における同一範囲反復掬取について. 中国農業研究. 16:50-52.
- 3) ANDOW, D.A. : 1984. Microsite of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Homoptera:Cicadellidae), on rice: host nitrogen and leafhopper density. Res. Popul. Ecol. 26:313-329.
- 4) ASTIKA, G.N., N.S.ASTIKA, K.R. WIDRAWAN and Y.SUZUKI. : 1992. Sweeping net efficiency as affected by insect satge and sex, pinpunculid parasitism and rice stage. IRRN 17(4):20.
- 5) BOTTRELL.D.G : 1990. Crop loss and Pest and pesticide management. "Crop Loss Assessment in Rice" . Internatinal Rice Research Institute, pp.11-18.
- 6) 平野耕治：1988. 北日本のツマグロヨコバイ大発生の機構. 植物防疫 42:2-8.
- 7) 法橋信彦：1972. ツマグロヨコバイの生活史と個体群動態に関する研究. 九州農試報告 16:283-382.
- 8) HOKYO, N. and E.KUNO : 1970. Estimating the survival rate and mean longevity for adults in a field population of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER by the application of Hokyo and Kiritani' method. Res. Popul. Ecol.12:71-80.
- 9) ——and ——：1977. Life table studies on the paddy field population of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera : Cicadellidae), with special refference to the mechanism of population regulation. Res.Popul. Ecol. 19:107-124.
- 10) 細田昭男・藤原昭雄：1976. 薬剤抵抗性害虫防除対策に関する研究 1. 広島県におけるカーバメート剤抵抗性ツマグロヨコバイの出現とそれに対する複合剤の効果. 広島農試報告 37:25-30.
- 11) 石井龍一：1976. 物質生産の基礎としての光合成. 作物の光合成と生態 (村田吉男・玖村敦彦・石井龍一 共著) . 東京：農山漁村文化協会, pp.45-96.
- 12) ITO Y. and K. MIYASHITA : 1961. Studies on the dispersal of leaf - and planthoppers. I. Dispersal of *Nephotettix cincticeps* UHLER on paddy fields at the flowering stage. Jpn. J.

Ecol. 11(5):181-186.

- 13) ——— and T. JOHRAKU : 1982. Differences in population dynamics of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER in two district of Japan. Appl. Ent. Zool. 17:337-349.
- 14) IWAO, S. : 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. Res. Popul. Ecol. 10(1):1-20.
- 15) ——— and KUNO, E : 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. Res. Popul. Ecol. 10(2):210-214.
- 16) 常楽武男 : 1966. ツマグロヨコバイの発生と防除. 農業及び園芸 41:1214-1218.
- 17) ——— : 1976. ツマグロヨコバイおよびセジロウンカの発生予察. 農業および園芸 51:1367-1372.
- 18) ———・関口 亘・嘉藤省吾・成瀬博行・今井富士夫・若松俊弘 : 1983. 北陸地方におけるツマグロヨコバイの個体数変動. 応動昆 27:146-151.
- 19) ——— : 1984. ツマグロヨコバイ個体数変動の地域差—北陸と九州の比較—. 農業及び園芸 59:62-66.
- 20) 垣矢直俊・桐谷圭治 : 1972. ツマグロヨコバイの飛しょう能力に及ぼす親の日齢・密度の影響. 応動昆 16:79-86.
- 21) 片山栄助 : 1975. 稲のウンカ類およびツマグロヨコバイの卵巣発育と交尾との関係. 応動昆 19:176-181.
- 22) ——— : 1987. 予察灯に飛来したウンカ・ツマグロヨコバイ類の卵巣発達程度と交個体の関係. 応動昆 31:264-266.
- 23) 嘉藤省吾・若松俊弘 : 1978. 富山県におけるツマグロヨコバイの個体数変動. 北陸病虫研究会報26:12-17.
- 24) ———・若松俊弘 : 1978. ツマグロヨコバイによる加害と収量への影響. 北陸病研究会報 26:18-21.
- 25) 葛西辰雄・尾崎幸三郎 : 1972. イネの穂揃期におけるツマグロヨコバイの被害. 四国植物防疫研究 7:1-4.
- 26) 川瀬英爾 : 1958. 北陸のツマグロヨコバイの被害と防除. 植物防疫 12:401-404.
- 27) 河部 暹 : 1979. ツマグロヨコバイの吸汁行動とイネの抵抗性. 植物防疫 33:9-15.
- 28) 城所 隆・船迫勝男 : 1977. 東北地方におけるツマグロヨコバイの密度調節作用につ

いて. 北日本病虫研報 28:107.

- 29) KIDOKORO, T. : 1979. Geographic trend in the annual population fluctuation of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera : Deltocephalidae). Appl. Ent. Zool. 14:127-129.
- 30) 城所 隆・桐谷圭治 : 1982. 被害許容水準と防除戦略(1) E I L の定義とその展開. 植物防疫 36(1):5-10.
- 31) ——— : 1990. 宮城県における最近のツマグロヨコバイの多発とイネ上位葉の黄化現象. 北日本病虫研会報 41:105-108.
- 32) KIRITANI, K., HOKYO, N., SASABA, T. and NAKASUJI, F. : 1970. Studies on population dynamics of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER : Regulatory mechanism of the population density. Res. Popul. Ecol. 12:137-153.
- 33) 岸本良一 : 1965. トビイロウンカにおける多型現象とそれが個体群増殖の過程で果たす役割. 四国農試報告 13:1-106.
- 34) 岸野賢一・安藤幸夫 : 1979. 水稻のツマグロヨコバイ耐虫性に関する研究 2. 稲の生育時期による抗生作用の変動. 応動昆 23:129-133.
- 35) 是石 鞏 : 1954. 最近のツマグロヨコバイの発生と対策. 植物防疫 8:87-390.
- 36) 腰原達雄 : 1972. 東北地方のツマグロヨコバイ発生 の地域性. 北日本病虫研会報 23 :71-77.
- 37) 古 徳祥・伊藤嘉昭 : 1982. 野外アミ室内におけるツマグロヨコバイ雌成虫の寿命. 応動昆 26:228-231.
- 38) 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(2):131-246.
- 39) KUNO, E. and HOKYO, N : 1970. Comparative analysis of the population dynamics of rice leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* UHLER and *Nilaparvata lugens* STÅL, with special reference to natural regulation of their numbers. Res. Popul. Ecol., 12: 154-184.
- 40) 久野英二・法橋信彦 : 1976. ツマグロヨコバイの個体群における密度調節と成虫の分散活動. 生理生態 17:117-123.
- 41) 栗原徳二 : 1966. すくい取り法による水田のツマグロヨコバイ個体数の調査. 関東東山病虫研報 13:87.
- 42) 楠 博之 : 1982. 巡回調査におけるウンカ・ヨコバイ類の生息密度と平均発生程度 の関係. 広島県植物防疫シリーズ. 広島県農政部 7:17-21.

- 43) LIU, J. and TAKAHASHI, S. : 1991. Influence of plant extracts on survival and feeding behaviour of *Nephotettix* spp. (Homoptera: Deltocephalidae). *Appl. Ent. Zool.* 26:523-533.
- 44) 村山 登 : 1957. 植物有機成分分析法. 作物試験法 (村山 登・谷田沢道彦 編著). 東京 : 農業技術協会, pp303-313.
- 45) 村田吉男 : 1972. 施肥論. 作物の光合成と物質生産 (戸苅義次監修). 東京:養賢堂, pp, 330-338.
- 46) 内藤 篤 : 1964. ウンカ・ヨコバイ類の食痕の検出法とその応用. *植物防疫* 18:482-484.
- 47) ————・正木十二郎 : 1967a. ツマグロヨコバイの摂食行動に関する研究. I 寄主植物への口針挿入. *応動昆* 11:50-56.
- 48) ————・————— : 1967b. ツマグロヨコバイの摂食行動に関する研究. II 成虫の口針挿入頻度. *応動昆* 11:150-156.
- 49) 中筋房夫・野村性孝 : 1968. ツマグロヨコバイの被害. *四国植物防疫研究* 3:21-26.
- 50) 中沢雅典 : 1952. 穂におけるツマグロヨコバイの加害に関する2・3の観察. *愛知農試彙報* 6:137-143.
- 51) 成瀬博行 : 1983. 富山県におけるツマグロヨコバイの被害とその防除. *農薬* 30(3): 25-28.
- 52) ———— : 1985. 北陸地方における異常気象とツマグロヨコバイの発生. *植物防疫* 39:375-378.
- 53) ———— : 1986. 北陸地方と九州地方のツマグロヨコバイ地域個体群の質的な相異. *今月の農業* 30(6):58-62.
- 54) 楡井幹男・仲里隆之 : 1975. ツマグロヨコバイによる水稻の減収事例. *北陸病虫研究会報*. 23:21-26.
- 55) NODA, H., K. SOGAWA and T. SAITO : 1973. Aminoacids in honeydews of the rice plant-hoppers and leafhoppers (Homoptera: Delphacidae, Deltocephalidae). *Appl. Ent. Zool.* 8:191-197.
- 56) 大兼善三郎・滝田泰章 : 1977. ツマグロヨコバイの稲体口針そう入部位. *関東東山病虫研究会報* 24:87-88.
- 57) ————・————— : 内藤 篤 : 1979. 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁部位. *応動昆* 23:11-16.
- 58) 大久保宣雄・岸本良一 : 1971. トビイロウンカ第4, 5回成虫期の飛しょう行動の日

周期性. 応動昆 15:8-16.

- 59) ————: 1980. 稲ウンカ類の移動飛翔の行動学および生態学的研究. 大久保宣雄自費出版. pp.141.
- 60) 大沢守一・斎藤 満: 1987. 福島県におけるツマグロヨコバイ発生の地方的差異について. 北日本病虫研会報 38:189.
- 61) ————: 1987. ツマグロヨコバイの出穂および乳熟期における吸汁害の被害解析. 北日本病虫研会報 38:189.
- 62) ————: 1987. イネの出穂および乳熟期におけるツマグロヨコバイの加害とその被害解析. 今月の農業 31(7):44-46.
- 63) 大矢慎吾: 1978. ツマグロヨコバイの摂食習性とイネの耐虫性. 応動昆自由シンポジウム p.18[講要].
- 64) OYA, S: 1980. Feeding habits and honeydew components of the green rice leaf-hopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera: Deltocephalidae). Appl. Ent. Zool. 15:392-399.
- 65) 大矢慎吾: 1980. ツマグロヨコバイの吸汁による分けつ初期水稻の被害. 北陸病虫研会報 28:17-22.
- 66) 大矢剛毅: 1970. ツマグロヨコバイによる水稻の被害について. 北日本病虫研会報 21:76.
- 67) 斎藤浩一・片山栄助: 1969. 夏季におけるツマグロヨコバイの発生消長について 2. 成幼虫の発生消長について. 関東東山病虫研会報 16:85.
- 68) ————・滝田泰章・大兼善三郎・片山栄助: 1980. ツマグロヨコバイの生態と防除に関する研究. IV 吸汁害の解析. 栃木農試研報 26:65-70.
- 69) 佐藤昭夫: 1974. 出穂期のツマグロヨコバイの被害と防除. 今月の農業 9:64-66.
- 70) SATO, A and K. SOGAWA: 1981. Biotic variations in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera: Deltocephalidae), in relation to rice varieties. Appl. Ent. Zool. 16:55-57.
- 71) 里見綽生: 1993. ツマグロヨコバイが西南日本より北日本で多発する要因. 植物防疫 47:391-395.
- 72) 関口 亘・成瀬博行・今井富士夫: 1979. ツマグロヨコバイの多発要因解析. I 稲熟期とツマグロヨコバイの発生消長. 北陸病虫研会報 27:23-27.
- 73) ————: 1980. ツマグロヨコバイの多発要因解析. II 稲熟期と成虫サイズの推移. 北陸病虫研会報 28:13-16.

- 74) 嶋田一明：1985. ツマグロヨコバイの穂加害による減収について. 九州病虫研究会報 31:82-83.
- 75) 清水矩宏・大杉 立：1977. 牧草類の切穂の人工培養による種子の形成と発芽習性. II イタリアンライグラスおよびペレニアルライグラスにおける培養条件の確立. 草地試研報 11:34-46.
- 76) 寒川一成・佐藤昭夫：1981. 稲品種に対する寄主性を異にするツマグロヨコバイ個体群. 応動昆 25:280-285.
- 77) ———・佐藤昭夫：1983. 稲品種に対する反応を異にする上越および筑後産ツマグロヨコバイ個体群の形態的および生理的形質の比較. 応動昆 27:22-27.
- 78) SOUTHWOOD, T. R. E : 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. pp. 391. Methuen and Co. Ltd. London.
- 79) 末永 一：1959. ウンカ・ヨコバイ類による被害機構と減収量査定の考え方. 応動昆第3回シンポジウム記録. 12-14.
- 80) 高井 昭・伊藤嘉昭・中村和雄・宮下和喜：1965. マーキング法とすくい取り法によるツマグロヨコバイ個体数の推定. 応動昆 9:5-11.
- 81) 高木信一：1959. 被害査定法. 昆虫実験法 (深谷昌次・石井象二郎・山崎輝男編). 東京：日本植物防疫協会, pp. 603-617.
- 82) 高野俊昭：1988. 宮城県におけるツマグロヨコバイの多発生とその地域性. 北日本病虫研究会報39:153-156.
- 83) 高山隆夫・原 栄一・中里筆二・五十嵐誠治：1976. ツマグロヨコバイの防除と問題点. 関東東山病虫研究会報. 23:77.
- 84) 竹田真木生：1974. トビイロウンカの配偶行動. 応動昆 16(2):43-51.
- 85) 武田光能・永田 徹：1987. ツマグロヨコバイ抵抗性中間母本の抗生作用の時期別変動. 北日本病虫研報 38:103-106.
- 86) 田村市太郎：1957. 作物害虫による被害査定, イネクロカメムシとツマグロヨコバイによる水稻の被害査定. 植物防疫 11:79-82.
- 87) 富山県農業技術センター農業試験場：1990. 北陸地方におけるツマグロヨコバイの吸汁被害. 病害虫試験成績 72-93.
- 88) 津野幸人：1970. イネの科学. 東京：農山漁村文化協会, 212p.
- 89) 上田勇五：1955. 本年大発生した病害虫. (2)新潟県におけるウンカ類の大発生. 植物防疫 9:481-485.

- 90) 上田勇五：1956. ツマグロヨコバイの被害と防除. 植物防疫 10:387-388.
- 91) ————・1957. 9月の害虫防除, 稲の害虫Ⅳ. 植物防疫 11:412-414.
- 92) 卯月恒安・佐藤利美・佐藤健治:1991. 山形県村山地方におけるツマグロヨコバイの多発生について. 北日本病虫研会報 42:91-93.
- 93) 山口福男・藤本 清：1969. ツマグロヨコバイの被害に関する2, 3の考察. 兵庫農試報告 17:41-43.
- 94) 山本公志・西野一夫：1986. 福井県嶺南地域におけるツマグロヨコバイの多発生とその要因. 北陸病虫研会報 34:20-22.
- 95) 吉目木三男：1966. 数種ウンカ・ヨコバイ類の分散動態とその生理・生態学的考察. 九州農試彙報 12(1):1-78.

Studies on Population Characteristics of the Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER, and Its Direct Feeding Damage on Rice Plants

Kunihiko NABA

Summary

The green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER, (hereafter, GRL) is one of the common and important insect pests of paddy rice in Japan. The feeding damage caused by GRL varies with the geographical location, namely north-eastern and south-western Japan. The difference in the degree of feeding damage between both areas is not always consistent with the difference in the population density of GRL between both areas.

In the present paper, I studied on the loss assessment of GRL's feeding damage both from pest side and from plant side ; the characteristics of GRL's population in relation to the food requirement and the physiological response of rice plants injured by GRL. As a result, I proved that no pesticide control needs under the ordinary population density of GRL in the latter growing season of the medium - and late - maturing cultivars.

1) The loss assessment of the direct feeding damage by GRL were carried out by releasing adults into caged rice plants and estimating yield loss in rice paddy fields in the Chugoku Mountainous regions. Besides, loss assessment data reported from 13 Agricultural Experiment Stations located in different parts of Japan were reviewed. The tolerant injury level was estimated as 20 adults or 40 leafhoppers per plant for early-maturing cultivars, while it was estimated as 100 adults or 200 leafhoppers per plant for the medium - and late - maturing cultivars.

2) GRL was feeding on the middle and lower parts of rice plants during the day, while on the upper and lower parts at night in the booting stage. Nymphs were inhabiting all parts of rice plants in the ripening stage. Although some of adults females were inhabiting on panicles in the day, they moved to foliage from evening till midnight. Furthermore, they moved to panicles again during post-midnight to morning in and after the heading stage of rice plants. Seventy-five per cent of adult females inhabiting on panicles and panicle bases in the paddy fields were immature. Egg clusters were laid mainly on leaf sheathes of the middle and lower parts of rice

plants at the reproductive stages. Feeding marks of adult females on rice plants from full-heading to milk-ripe stage were highly distributed on leaf blades of upper folliages, while some feeding marks were found on panicles. Adult females were mainly inhabiting on panicles when they developed their ovaries, i. e. about seven days after emergence, and then moved to the folliages of rice plants or dispersed out to the other plants. The mature females were feeding mainly on upper folliages and partly on panicles, and they oviposit on leaf sheathes of lower folliages. Such changes in their inhabiting parts with age cause no remarkable feeding damage on rice plants at the reproductive stages under the ordinary population density of GRL.

3) When the paddy fields of early-maturing cultivars were surrounded by the paddy fields of medium-maturing cultivars, the population density of GRL, the sex ratio and the ratio of maturing females in the fields of early-maturing cultivars became higher than those in the fields of medium-maturing cultivars on and after the heading date. Sticky traps were set up on the boundary between the fields of early- and medium-maturing cultivars in order to elucidate the interfield movement of adult leafhoppers. Many female adults were caught in the parts of sticky traps above the plant-height. On the contrary, most of male adults were caught below the plant-height. The immigrated number of adults into the fields of early-maturing cultivars exceeded the emigrated number out of the fields from the booting stage to the heading stage.

4) GRL which fed on panicles of rice plants inserted their stylets much more frequently into the rachis-branch and the rachis which represent the initial pathway of water and photosynthetic products than into the chaff and glume. Then, the translocation of water and photosynthetic products to panicles was prevented by sap-sucking of GRL. The physiological response of rice plants injured by GRL differd depending on the pattern of ripening of the rice plants. In the early-maturing cultivars, the yield was markedly reduced due to the delay of ripening. In contrast, even a severe infestation inflicted minimal yield losses in the medium-maturing cultivars, due to the compensation of the loss of photosynthetic products subsequently. Therefore, the control threshold should be established for each rice cultivar in taking account of the physiological response of the cutivar to GRL's infestation in the ripending period.

5) The spatial distribution patterns of adults and nymphs among hill during the latter growing season of rice plants were proved to be nearly random by Iwao (1968)'s \bar{m} - \bar{m} regression method. Sample sizes necessary for the absolute GRL's population density were calculated from the relationship between mean crowding and mean density by applying Iwao and Kuno (1968)'s

method. The efficiency direct counting method was measured by the comparison with the absolute population estimation. The mean efficiency of direct counting method for adults and nymphs during the latter growing season of rice plants were ca. 44% and 30%, respectively. The efficiency of sweeping method was also measured by the comparison with the absolute density. It became higher gradually with the advance of ripening. That is, the efficiency for adults was ca. 18%, 22% and 26% at the heading, full-heading and milkripe stages, respectively and the sweep efficiency for nymphs was ca. 6%, 21% and 26% at the above three stage, respectively.

6) The population density of second generation of GRL in Hiroshima Prefecture was annually stable and the mean density per plant was ca. 10 leafhoppers during 1974 to 1983, however it decreased to ca. 2 leafhoppers after the beginning of nursery box application of insecticides to control the rice water weevil in 1983. Generally speaking, yield losses of medium- and late-maturing cultivars injured by GRL are negligible because the abundance of GRL is low and the cultivars have a long ripening period. However, in case of the early-maturing cultivars with short ripening period, the abundance of GRL should be monitored in reproductive stages of rice plants because a temporarily high density of GRL might affect the yield especially in a mix cultivation areas where the rice fields of early-maturing cultivars were surrounded by the rice fields of medium-maturing cultivars.

広島県立農業技術センター研究報告 第61号

平成 7 年 3 月 10 日 印刷

平成 7 年 3 月 14 日 発行

編集
発行 広島県立農業技術センター

〒739-01 広島県東広島市八本松町原

印刷所 有限会社 は と 印刷

〒722-23 因島市田熊町1086-1
電話 (08452) 2-3558
