

第1章 緒 言

イネ縞葉枯病の発生の歴史は古く、1890年頃に群馬県、栃木県、長野県などですでに発生がみられていた(栗林, 1931a)。第二次世界大戦前の発生の中心は関東地方で、1929年に大発生し被害を受けている(天野, 1933)。戦後、稲作の高位安定生産技術の一つとして早期栽培や早植栽培が全国的に普及したのにもとない、発生地域は急速に拡大し、被害も急増した(足立・山田, 1968; 新海, 1962; 上原・都築, 1975)。関東地方では1954年, 1957年, 1963年に(滝田, 1977; 安尾ら, 1965), また比較的発生が少なかった西日本でも1949年, 1950年に岡山県で(山田・山本, 1955 b), 1959年には九州の中・北部地方で(奈須, 1963)それぞれ多発生するなど全国的に流行の兆しが現れ、1960年から1965年に西日本一円で、さらに1967年には全国的に大発生した(桐谷, 1980; 岸本, 1980; 新海, 1985)。北海道ではその翌年1968年に初めて小林ら(1968)により留萌郡小平町字鬼鹿で本病の発生が確認された。

本病はゆうれい病とも呼ばれ、若いイネが罹病すると若葉がよじれ、次第に枯死する全身病で、栗林(1931a, b)によってヒメトビウンカが媒介するウイルス病であることが明らかにされた。引続き天野(1933, 1937)および栃木農試(1933, 1937)の研究により、ヒメトビウンカとイネの発病との関係、罹病植物および発病環境などが明らかにされ、一応の被害回避対策が確立された。戦後、本病の多発生を契機に多数の研究機関でヒメトビウンカ、イネ縞葉枯病およびこれらの防除法に関する研究が実施され、長年にわたって多岐にわたる研究成果が報告されている。しかしヒメトビウンカの発生時期や発生量などには地域間で大

きな差がみられる。この原因は気象、イネの栽培時期や栽培方法、ヒメトビウンカの寄主植物などのヒメトビウンカを取り巻く環境条件の相違にあることから、イネ縞葉枯病の発病様相や薬剤による防除効果などにも大きな相違がみられる。このことは当該地域における媒介昆虫の発生、生理、生態を明らかにし、それに基づいた防除対策の確立が不可欠であることを示している。

北海道では、従来はヒメトビウンカはムギ北地モザイク病の媒介昆虫として重要視され、畑作害虫として調査研究が行われてきた(石井, 1981)。しかし稲作地帯における本種の発生、生態に関する研究報告は極めて少なく、ウンカ類としては突発的に大発生したセジロウンカが重要視され、その発生調査に付随して本種の発生状況が記録された程度であった。またイネ縞葉枯病については未発生地とされていたため発病条件・推移は明らかではなく、防除対策は勿論確立されていなかった。このため1971年から北海道立上川農業試験場で研究が開始された。当初は府県での研究成果を基に化学的防除について検討されたが、本病の発生が年々拡大されたため、生産現場からは抜本的な防除対策の確立を強く要望された。このため1975年から本格的な研究に着手し、北海道におけるヒメトビウンカの越冬世代を中心とした発生生態(梶野, 1982; 梶野・八谷, 1983)、イネ縞葉枯病の発病経過(梶野・奥山, 1980)、保毒虫率の変動(奥山・梶野, 1980)などを明らかにし、これらの知見を基礎に、本病の体系的な防除対策を確立し得たので、ここに一連の研究成果を取りまとめた。

第2章 材料および方法

1. 実験材料

1) 供試昆虫

ヒメトビウンカ *Laodelphax striatellus* (Fallén) は北海道立上川農業試験場(旭川市永山)の水田畦畔雑草で毎年4月下旬に採集した個体群を供試した。産地別比較実験は、各産地毎に採集が容易なイネ収穫期の水田もしくは春季に水田畦畔雑草で採集した個体群を供試した。

2) 供試植物

飼育実験および累代飼育にはイネ(品種:「インカリ」)の芽出し苗を使用した。越冬世代成虫の羽化調査および11月以降の低温期の野外飼育にはコムギ(品種:秋播は「ホロシリコムギ」、春播は「ハルヒカリ」)を使用した。

3) 供試ウイルス源

上川郡東神楽町の水田畦畔雑草で採集した越冬世代幼虫から保毒幼虫を選抜し、保毒個体群をイネ縞葉枯ウイルス(Rice stripe virus)源として接種実験に供試した。

2. 供試昆虫の飼育方法

1) 個体飼育

試験管(径1.8cm, 深さ18cm)にイネ芽出し苗(1cm~2cm)を1本入れて水道水を少量与え、所定の供試幼虫を放飼し綿糞を施した。飼育温度は20℃(±1℃)で、照明時間は実験目的により異なった。齢期は脱皮殻の有無で判定し、調査は毎日一定時刻に行った。2日~3日ごとに新鮮なイネ芽出し苗を入れた試験管に移し替えた。

2) 累代飼育および集団飼育

累代飼育はウンカ・ヨコバイ類用の大量飼育箱(25cm×30cm×高さ30cm)を使用した。あらかじめ育苗容器(24cm×29cm, 高さ1cm)に人工育苗土を使用してイネ苗を育苗し(1cm程度)、これを大量飼育箱に設置して供試虫を放飼した。飼育密度は1箱あたり500~1,000頭前後に調整した。15日~20日ごとに飼育箱を天地替えして下部に新鮮なイネ苗を育苗した容器を設置し、飼育個体群を

払い落してから古い育苗容器を取り出した。

集団飼育は合成樹脂製容器(径7.5cm, 深さ12cm)を使用した。容器の底面にイネ種籾を入れ、28℃~30℃で出芽させ、緑化した苗に供試虫を放飼し、上部をガーゼで被覆した。飼育密度は1容器あたり100~200頭前後に調整し、ほぼ10日~15日ごとに新鮮な緑化苗に生育させた容器に移し替えた。

累代飼育および集団飼育はすべて20℃(±1℃)、24時間照明で行った。

3. ウイルスの検定方法

抗体感作赤血球凝集反応法(安尾・柳田, 1963)で実施した。抗血清は農林水産省農事試験場(現:農林水産省農業研究センター)および北海道立中央農業試験場病虫部で作成したものを供試した。

1) 作物体のウイルス検定

冷凍保存した植物体を乳鉢で磨碎し、ペロナール緩衝液で生体重の20倍~200倍に希釈して遠心分離(8,000rpm, 20分間)した上澄液を原液として、ペロナール緩衝液で等倍希釈し、各希釈液0.5ml, 血清0.1mlを加え、振とう後定温室(20℃±1℃)に静置し、6時間後に反応の有無を調査した。

2) 虫体のウイルス検定(保毒虫検定)

検定個体を試験管(0.8mm×12cm)に入れ、ガラス棒で磨碎し、これにペロナール緩衝液を0.5ml, 血清を0.1ml加えて振とう後室内に静置して、6時間以降に反応の有無を調査した。

4. ウイルス保毒個体群の選抜

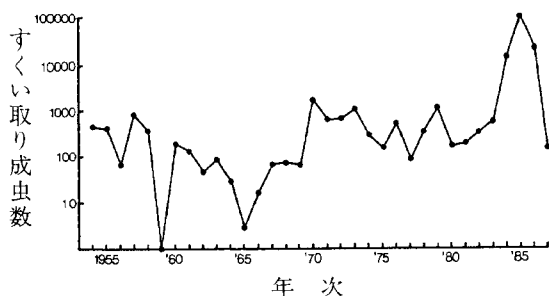
各年とも上川郡東神楽町の水田畦畔雑草から4月下旬に採集した越冬世代幼虫を個体飼育(25℃, 24時間照明)し、羽化成虫を雌雄一対にして産卵させた。産卵後、雌雄それぞれについて保毒虫検定を行い、保毒雌×無毒雄および保毒雌×保毒雄の組合せの卵から産出された子孫を保毒個体群として累代飼育した。

第3章 ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病の発生の沿革

1. ヒメトビウンカ

ヒメトビウンカはイネに寄生する主要なウンカ類の中で唯一休眠性を有する種で、稲作が北海道に導入された当初からイネに寄生していたものと推測される。桑山（1940, 1954）は水稻並びに陸稲から本種を含めて18種のウンカおよびヨコバイを記録している。このうちヒメトビウンカは北海道各地に発生し、稲や麦に寄生するが、水稻に著害を与えるものはセジロウンカのみであるとし、ヒメトビウンカの発生量はセジロウンカよりはるかに少ないのが常であると述べている。このように、本種の直接的な被害がほとんど問題にならなかったためか、戦前から戦後にかけての本種の発生についての北海道における記録は極めて少ない。

北海道におけるヒメトビウンカの発生経緯は、1931年から始まった病害虫発生予察事業の中で記録されている。また北海道立上川農業試験場では、1954年以降病害虫発生予察調査の中で本種の発生推移をすくい取りおよび予察灯を用いて調査しており、その年次変動を第1図に示した。これらの記録をみると、1957年および1958年に石狩、空知および上川支庁管内を中心に発生が目立った。その後は変動がみられるものの、全般に少発生に推移していた。ところが、1970年には上川地方を中心に多発し、特に8月下旬の予察灯での誘殺数は約35,000頭にも及び、多飛来現象が記録されている。1970

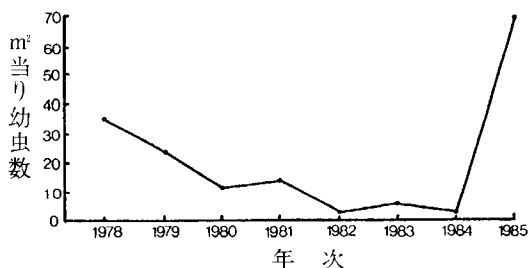


第1図 上川地方におけるヒメトビウンカ成虫の発生動向
すくい取り成虫数の年間合計値で示した。

年以降は年によって多少の変動がみられるが、それ以前に比較すると発生量は明らかに高いレベルで維持されており、この時期にイネ縞葉枯病の発生地域が拡大したことと関係が深い。

1983年頃から再び多発生の兆候が現れ、1984年は6月から9月にかけて高温・少雨に経過したことから、第2世代以降の発生量は上川、空知および石狩地方を中心に平年をはるかに上回る記録的な多発生となった。翌1985年は前年をさらに上回る大発生となり、イネ全体がヒメトビウンカの排泄物に二次的に寄生するすす病菌で汚染され、著しいすす症状を呈した圃場が各地でみられた。発生量は7月下旬から急増し、8月から9月にかけては平年の50~100倍にも達し、8月6半旬の予察灯での誘殺数は約380,000頭と本道稲作史上例を見ない記録的な異常発生であった（八谷ら、1987；梶野・秋山、1986）。1986年以降は各地とも発生量は大発生した両年に比較すると少なく経過している。

ヒメトビウンカの越冬幼虫密度の多少は、水田内での本種の発生量に強く影響を及ぼすことから、上川支庁管内では1978年から1985年にかけてサクシオンキャッチャーを用い、春季と秋季に越冬場所である水田畦畔における幼虫密度（ m^2 当り）を調査している。春季の越冬幼虫密度の年次変動を第



第2図 水田畦畔におけるヒメトビウンカ越冬後幼虫密度の変動
上川支庁管内の平均値で示した。
調査方法：サクシオンキャッチャー、
調査時期：4月下旬～5月上旬。

2 図に示した。1986年以降は調査方法がすくい取りに変更されたため図示しなかった。1978年以降、越冬後の幼虫密度は本研究で確立した畦畔防除の導入により低下傾向を示した。しかし1984年は夏期の多発生により越冬後の幼虫密度が著しく高まり、その結果、1985年の越冬後の幼虫密度は平年よりはるかに高く、これが夏期の異常発生を誘発した要因の一つと考えられている（八谷ら、1987）。

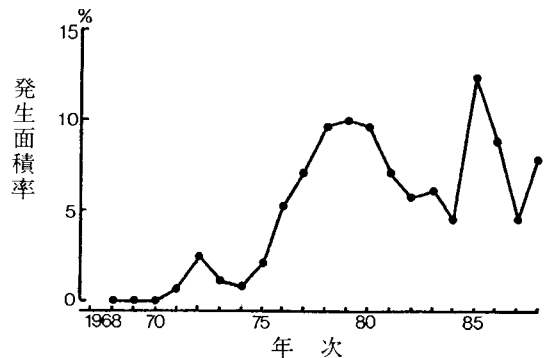
2. イネ縞葉枯病

イネ縞葉枯病は1968年7月下旬に留萌管内小平町字鬼鹿の水田（約50a）の数十株に本病に類似した症状が認められ、抗体感作赤血球凝集反応と接種発病検定の結果、イネ縞葉枯病であると確認されたのが北海道における最初の記録である（小林ら、1968）。栽培者の話によれば本病は4年程前から見られたとされている（岩田、1968）。翌1969年には日本海沿岸の桧山管内奥尻島、太平洋沿岸の日高管内新冠町、さらに内陸部の上川管内旭川市の各地で、散発的ではあるが次々と発病が確認され、本病はにわかに注目されるようになった。発生地が距離的にかなり離れていることから、当初は広範囲に分布しているのではないかと懸念された（馬場、1970）が、1970年以降桧山および日高管内での発生は全く認められないか、認められても極めて少なく、発生地域の拡大もみられなかった。また小平町でもその後の発生の報告はなく、1976年および1977年の実態調査でも発生は確認されていない（黒沢、1977）。

しかしながら、上川管内では1969年の初発生以来、漸次発生地域は隣接市町村に波及し、1970年に東神楽町および東川町、1971年には当麻町、比布町および美瑛町で新たに発生が確認された。1972年には旭川市を中心に発生面積は約4,000haにも及び、上川管内作付面積の約13%にも拡大した。その後、1973年～1974年にかけて一時減少傾向を示したが、1975年には再び拡大し、旭川市のほか東神楽町や東川町でも広範囲に発生がみられるようになった。さらに1976年には愛別町や稲作の北限地帯である風連町で、1977年には上川町でも発生が確認され

るなど、発生地域の拡大は急速に進み、1978年には15,258haと管内作付面積の約40%に発生がみられるようになった。

一方上川管内以外の地域でも1978年には、これまで未発生であった渡島管内の函館市、七飯町、大野町および上磯町で約1,900haに発生が認められた。1979年には渡島管内の森町、桧山管内の北桧山町および今金町でも新たに発生が確認され、過去に発生が記録されている日高管内でも静内町で散発的に発生が認められた。また1980年には渡島管内の八雲町、日高管内の平取町、石狩管内の恵庭市で発生が確認されるなど、発生地域は次第に道央の主要稲作地帯へと広がる傾向がみられた。北海道における本病の発生の推移は第3図に示し



第3図 北海道におけるイネ縞葉枯病の発生動向
北海道農作物有害植物発生予察事業年報による。

たとおりで、1981年以降は横這からやや低下する傾向にあった。しかしながら、1985年のヒメトビウンカの大発生に伴い発生地域は急速に拡大し、主要な稲作地帯である空知管内においても南部から北部まで広範囲に発生が認められた。また後志管内蘭越町でも確認されるなど、1985年の発生面積は全道作付面積の約13%にも達し、なかでも上川や道南地方における発生は著しかった。この年は6月から7月中旬の低温の影響でイネの初期生育が抑制されたため、例年ほとんど問題にならない出穂期前後の後期感染が多かったことが特徴的であった。1986年には胆振管内でも発生が認められたことから本病は北海道の主要な稲作地帯のほぼ全域に分布が拡大したことになる。

第4章 ヒメトビウンカの生態

ヒメトビウンカが媒介するイネ縞葉枯病の防除対策を確立するためにはヒメトビウンカの発生、生理、生態を解明することが不可欠である。本種の生態に関しては多数の研究報告があるが、北日本における報告は少なく、特に越冬世代に関する研究は極めて少ない。そこで越冬世代の生態を明らかにし、発生動態を検討して発生予測を試みた。

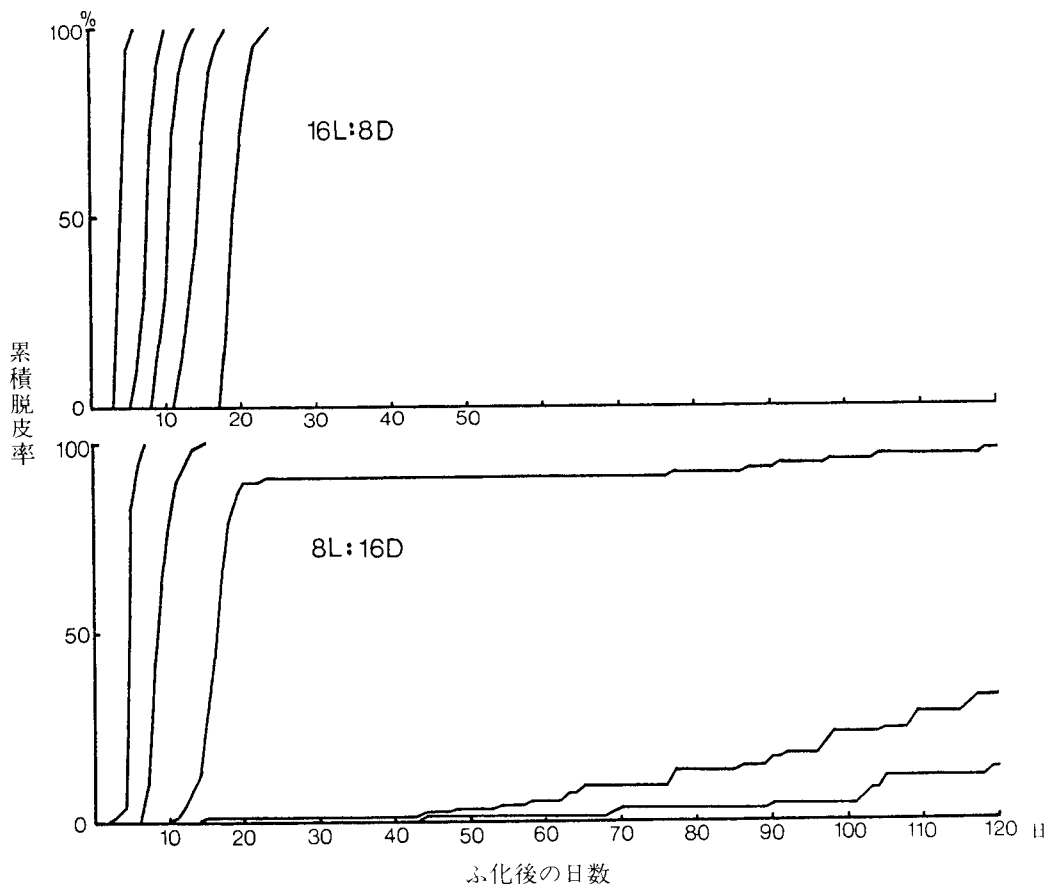
温条件下で幼虫初齢から発育すると休眠に入る。日長の感受期は1齢～3齢幼虫期とされている（Kisimoto, 1958；三宅, 1932）。自然状態における休眠幼虫の出現時期は9月中旬以降である（岸本, 1972）。しかし本種の休眠性には地理的変異がある（岸本, 1976；野田, 1986, 1988）ことから、道内各地産個体群の光周反応と野外における休眠幼虫の出現時期を検討した。

第1節 光周反応と休眠幼虫の出現時期

ヒメトビウンカは関東以西の地方では短日、低

第1項 光周反応

室内で3世代累代飼育した旭川産個体群のふ化



第4図 長日および短日条件下におけるヒメトビウンカ幼虫の累積脱皮曲線

飼育温度：20℃±1℃、実験は120日で打ち切った。

実験期間：1981年8月25日～12月25日。

後24時間以内の幼虫を長日（16L：8D）および短日（8L：16D）条件下で個体飼育して120日間観察し、累積脱皮曲線を第4図に、羽化した個体の各齢期の平均日数を第1表に示した。長日条件下では各齢期とも斉一な発育経過を示し、幼虫期間の平均は19.7日で、1齢と5齢期間が長く、他の齢期は短かった。一方短日条件下では3齢、4齢、

5齢期の発育に遅延が生じ、特に4齢期間が極端に長い個体が多かったが、個体間差も大きく、飼育開始後120日までに羽化した個体の幼虫期間の平均は92.9日（最短：44日，最長：119日）にも及んだ。

道内各地産ヒメトビウンカの光周反応を検討した。旭川産は1981年4月23日に、平取産は1981年

第1表 長日および短日条件下におけるヒメトビウンカ幼虫の発育

日 長	供 試 個体数	平均齢期間（日）						羽 化 個体数	生 存 個体数
		1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	計		
8 L：16D	100	4.7	4.3	7.7	46.2	31.1	92.9	10	66
16L：8 D	100	4.6	3.4	2.9	3.6	5.2	19.7	78	78

平均齢期間：羽化個体について算出，羽化個体数：飼育開始後120日までに羽化した個体数，生存個体数：飼育開始後120日の生存幼虫数と羽化虫数の合計値，供試個体群：旭川産，飼育温度：20℃±1℃，実験期間：1981年8月25日～12月25日。

第2表 道内4地点から採集したヒメトビウンカの日長と休眠個体率

日 長 (L：D)	旭 川 産				大 野 産			
	供 試 個体数	生 存 個体数	羽 化 個体数	休 眠 個体率	供 試 個体数	生 存 個体数	羽 化 個体数	休 眠 個体率
8：16	100	92	0	100%	50	48	0	100%
11：13	50	40	0	100	40	38	0	100
12：12	50	42	0	100	30	22	0	100
13：11	50	50	6	88.0	41	38	3	92.1
14：10	80	63	52	17.5	40	40	40	0
15：9	80	60	60	0	40	32	32	0
16：8	100	88	88	0	30	25	25	0
24：0	50	45	45	0	20	17	17	0

日 長 (L：D)	平 取 産				芽 室 産			
	供 試 個体数	生 存 個体数	羽 化 個体数	休 眠 個体率	供 試 個体数	生 存 個体数	羽 化 個体数	休 眠 個体率
8：16	50	46	0	100%	-	-	-	-%
11：13	50	40	0	100	-	-	-	-
12：12	26	24	1	95.8	15	13	0	100
13：11	26	23	8	65.2	25	22	10	54.5
14：10	24	22	22	0	27	26	26	0
15：9	20	18	18	0	25	21	21	0
16：8	30	27	27	0	20	19	19	0
24：0	25	21	21	0	20	20	20	0

生存個体数：飼育開始後30日までに羽化した個体と生存幼虫数の合計値，羽化個体数：飼育開始後30日までに羽化した個体数，休眠個体率：生存個体数に対する羽化個体数の割合，飼育温度：20℃±1℃，実験期間：1981年8月29日～1982年1月15日。

第3表 13時間および14時間日長で飼育したヒメトビウンカ幼虫の
休眠および不休眠による平均齢期間の差異

日長 (L:D)	休眠別	羽化 個体数	平均齢期間(日)					計
			1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	
13:11	不休眠	6	4.3	3.0	4.3	3.7	4.0	19.7
	休 眠	13	4.0	3.3	16.0	29.0	16.8	69.1
14:10	不休眠	52	4.7	3.2	3.5	3.7	5.2	20.3
	休 眠	11	4.1	4.5	21.1	27.1	7.7	64.5

供試個体群：旭川産，飼育温度：20℃±1℃，

実験期間：1981年9月11日～1982年1月10日。

第4表 長日(LD16:8)から短日(LD8:16)への移し替えの時期と休眠個体の出現

1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	供試個体数	休眠個体率	生存個体数
					40	100 %	38
LD8:16					80	100	75
					70	48.5	66
					40	0	34
LD16:8					40	0	36
					30	0	23

生存個体数：飼育開始30日後までに羽化した個体と生存幼虫数の合計値，

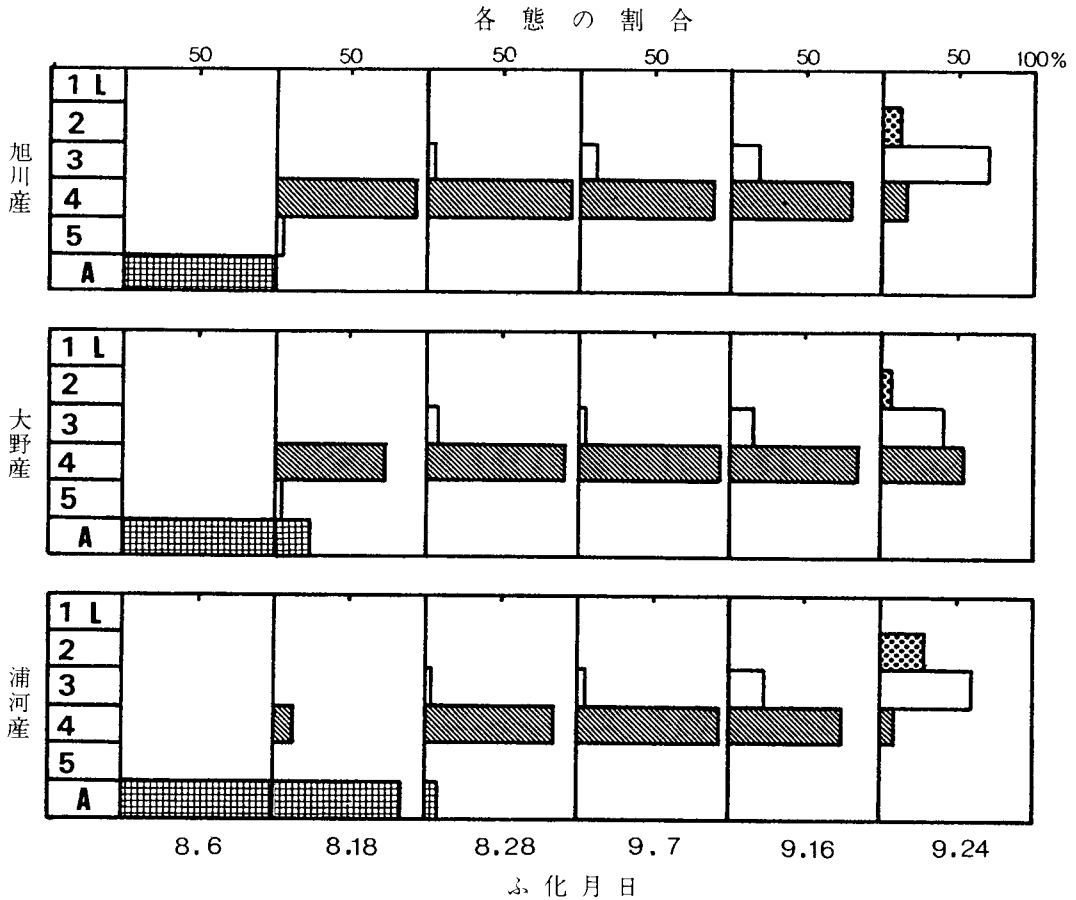
休眠個体率：生存個体数に対する飼育開始後30日後までの羽化個体の割合，

供試個体群：旭川産，飼育温度：20℃±1℃，実験期間：1982年8月25日～12月23日。

4月16日にそれぞれ水田畦畔雑草から、芽室産は1981年7月25日に秋播小麦圃場から採集した。大野産は1980年10月上旬に収穫期の水田圃場から採集したのち、旭川市で野外条件下で越冬させ、1981年4月14日に回収した。各地産とも室内で1～3世代累代飼育したのち、ふ化後24時間以内の幼虫を供試した。個体飼育によって8時間、11時間、12時間、13時間、14時間、15時間、16時間および24時間日長(照明時間)の8段階で光周反応を比較した。休眠幼虫と不休眠幼虫ではその発育経過が異なることから、飼育を開始してから30日以内に羽化しなかった個体を休眠幼虫として、日長と休眠個体率を求めた(第2表)。日長が8時間、11時間では各地産とも休眠個体率は100%であったが、12時間になると平取産で4%の不休眠個体が生じた。13時間日長では芽室産および平取産の不休眠個体率は旭川産および大野産に比較して高く、産地間で差異がみられた。日長が14時間でも旭川産には休眠個体が発生したが、他の産地の個体群には休眠個体はみられなかった。15時間以上の長日

条件では各地産とも全個体が不休眠となった。臨界日長は旭川産および大野産で13時間30分前後と推定され、平取産と芽室産はこれより短かった。13時間、14時間日長で休眠した幼虫の発育(第3表)は全個体が休眠に入る8時間日長に比較すると3齢期間が長くなり、4齢、5齢期間が短縮される傾向が認められ、3齢、4齢、5齢期間の偏差も大きかった。

発育中に長日(16L:8D)から短日(8L:16D)へ変化させ、光周期に対する感受期を検討した(第4表)。1齢期から短日に変化させた個体はすべて休眠した。2齢期から短日に移し替えた個体は3齢期から発育遅延がみられ全個体が休眠に入った。3齢期から短日に移した場合は不休眠個体と休眠個体がそれぞれ51%、49%となった。不休眠幼虫の発育期間は1齢期から長日で飼育した個体に比較して5齢期間がやや長く、幼虫期間も約4日長い傾向がみられた。4齢期および5齢期に短日に移し替えた場合は全個体が30日までに羽化し、休眠幼虫は出現せず、発育遅延も認められなかった。



第5図 時期別にふ化した幼虫の發育経過

1L～5：1齡幼虫～5齡幼虫，A：成虫，供試個体数：50～100頭，

イネ芽出し苗を供試して野外網室内で集団飼育，実験期間：1979年8月6日～11月1日。

以上の結果から、ヒメトビウンカが光周期を感受する時期は1齡～3齡期であると判断された。

第2項 野外における休眠幼虫の出現時期

旭川市永山で1979年と1982年に、自然条件下で時期別に幼虫を1齡から飼育して休眠幼虫の出現時期を検討した。

実験1：1979年8月6日からほぼ10日間隔で、ふ化後24時間以内の幼虫50頭～100頭を野外網室内で集団飼育し、發育状況を調査した(第5図)。旭川市、大野町および浦河町の水田畦畔雑草から4月中旬に越冬後幼虫を採集し、室内で3～4世代累代飼育した個体群を供試した。8月6日ふ化幼

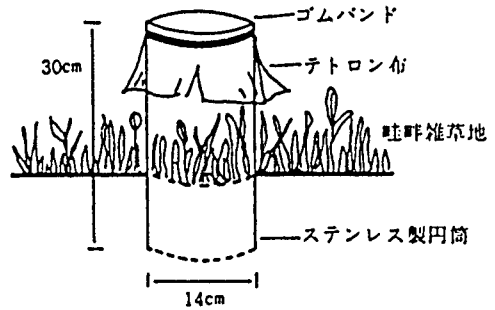
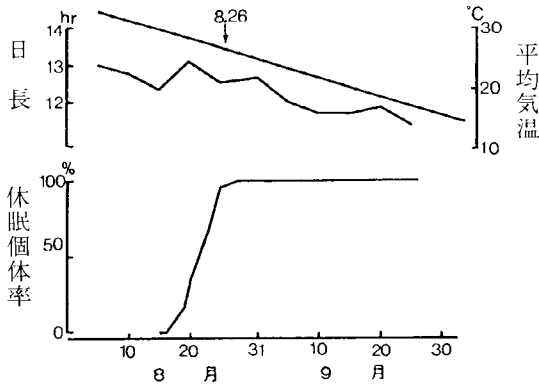
虫は各産地ともすべて羽化した。8月18日のふ化幼虫には發育停止個体がみられ、浦河産は83%、大野産は22%の個体が羽化した。旭川産では羽化個体はなく、ほとんどの個体が4齡幼虫で發育を停止していた。8月28日ふ化幼虫は浦河産で9%が羽化した。大野産および旭川産の個体は3齡～4齡幼虫であった。9月7日以降にふ化した幼虫は各地産とも羽化個体はみられず、ふ化時期が遅くなるほど若齡個体の割合は高かった。

実験2：室内で3～4世代累代飼育した旭川産個体群を供試し、1982年8月15日から1日～3日毎に、ふ化後24時間以内の幼虫20頭～40頭を試験管(径3cm、深さ20cm、イネ芽出し苗を10本入れ

た)に放飼して野外網室内で飼育し、發育状況を調査した(第6図)。休眠個体の出現推移は1979年

と同様の傾向で、休眠個体の出現は8月19日にふ化した幼虫から始まり、8月28日以降のふ化幼虫はすべて休眠した。

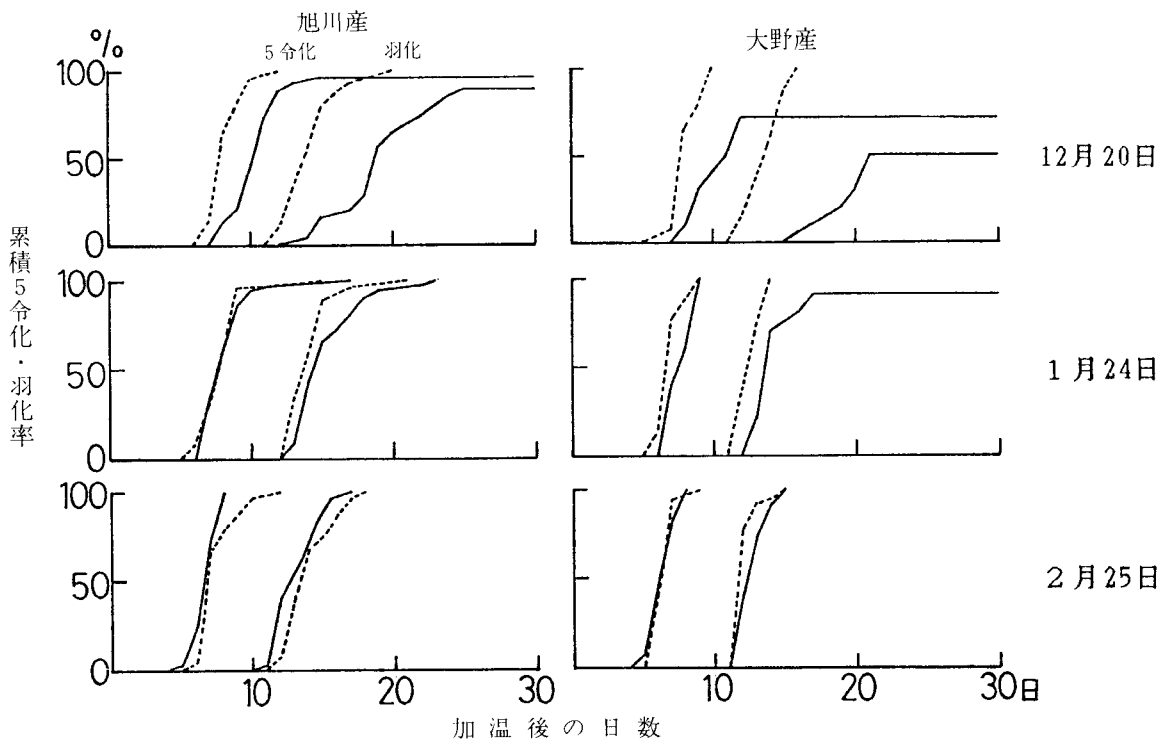
これらの結果から、自然条件下では休眠幼虫は8月中旬頃にふ化した幼虫から出現し始め、その後休眠個体率は上昇し、9月以降のふ化幼虫はすべて休眠することが示された。



第6図 ふ化時期別の休眠個体率と野外における日長および平均気温の推移

供試個体群：旭川産、供試個体数：20頭～40頭、イネ芽出し苗を供試して野外網室内で集団飼育、実験期間：1982年8月15日～10月30日。

第7図 野外ケージ



第8図 時期別に採集したヒメトビウカ越冬幼虫の5令化・羽化曲線
-----: LD16:8 ———: LD8:16

第2節 休眠覚醒

休眠覚醒時期を明らかにすることは越冬後幼虫の発育や越冬世代成虫の発生時期を予測するうえで極めて重要である。ヒメトビウカの休眠幼虫は休眠から覚醒すると短日条件下でも長日条件と同様の発育経過を示すことが知られている(岸本, 1966)ので、この性質を利用して越冬幼虫の休眠覚醒推移を時期別に検討した。また休眠覚醒に及ぼす低温の影響、さらに休眠に入った時期の早晩と休眠覚醒との関係を検討した。

第1項 野外における休眠覚醒時期

旭川市永山で1980年11月1日、イネ科雑草が自生している水田畦畔にステンレス製円筒(野外ケ

ージ, 第7図)を設置し、内部のクモ類および昆虫類を除去後に1ケージあたり100頭放飼した。旭川市および大野町の収穫期の水田圃場から1980年10月上旬に採集し、実験開始まで野外網室内で集団飼育した越冬前幼虫を供試した。12月20日からほぼ1か月ごとに野外ケージから幼虫を回収し、短日(8時間照明8L:16D)および長日(16時間照明16L:8D)条件下で個体飼育した。羽化個体は翅型別に記録した。

休眠齢期は産地間で異なり、旭川産は3齢~4齢期で主体は4齢幼虫であったが、大野産は3齢~5齢期で、4齢と5齢の割合は同程度で、4月中旬に採集した個体の中にも5齢幼虫が認められた(第5表)。そこで4齢で休眠した個体の累積5齢化・羽化曲線(第8図)をみると、12月20日

第5表 野外ケージから採集した越冬幼虫の加温時期と発育経過

採集地点	加温月日	日長	供試虫数	休眠令期	羽化虫数	加温後の日数		
						4令化	5令化	羽化
旭川	12月20日	L D8:16	50	4	25		8-16(12.5)	13-91(26.4)
		L D16:8	50	3	2	8-9(8.5)	15-16(15.5)	20-24(22.0)
				4	37		7-12(8.5)	12-20(14.5)
	1月24日	L D8:16	50	4	35		7-17(8.4)	13-23(15.6)
		L D16:8	50	3	2	8-10(9.0)	13-16(14.5)	19-23(21.0)
				4	26		6-15(8.2)	13-21(14.4)
2月20日	L D8:16	50	3	4	6-7(6.5)	10-12(11.3)	16-18(17.3)	
			4	32		5-8(7.0)	11-17(13.2)	
	L D16:8	50	3	9	6-9(7.4)	11-15(12.2)	18-22(19.7)	
			4	24		6-12(7.7)	12-18(14.3)	
大野	12月20日	L D8:16	50	4	10		8-48(20.6)	16-83(42.7)
				5	7			10-49(23.3)
			4	14		6-10(8.5)	12-16(14.1)	
		5	18			6-12(9.2)		
	1月24日	L D8:16	50	4	10		7-9(8.0)	13-59(18.8)
				5	20			4-15(8.9)
		L D16:8	50	4	17		6-14(7.2)	12-14(12.9)
	5			14			9-12(9.4)	
	2月20日	L D8:16	50	4	12		5-8(6.6)	12-15(12.9)
					5	4		
L D16:8		50	3	1	8	12	14	
		4	19		6-9(6.7)	12-15(12.4)		
		5	7			8-9(8.7)		

飼育は120日で打ち切り、120日までに羽化した個体について示した。

() 内は平均値。実験期間: 1980年12月20日-1981年4月19日。

第6表 ヒメトビウンカ越冬幼虫の時期別休眠覚醒率

供試 個体群	加温 月 日	供試 個体数	加温30日までの			休眠覚 醒率
			死亡 個体数	羽化 個体数	生存 個体数	
旭川産	12月20日	50	17	22	33	66.7 %
	1月24日	50	12	35	38	92.1
	2月20日	50	13	36	37	97.3
大野産	12月20日	50	18	10	32	31.3
	1月24日	50	18	29	32	90.6
	2月20日	50	34	16	16	100

生存個体数：加温後30日までに羽化した個体と生存幼虫数の合計値、
 休眠覚醒率：加温後30日の生存個体数に対する羽化個体数の割合、
 飼育条件：8L：16D、20℃±1℃、実験期間：1980年12月20日～1981年4月19日。

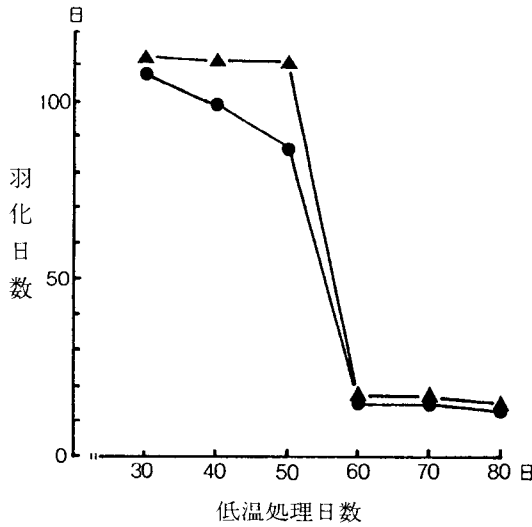
第7表 ヒメトビウンカ休眠幼虫の低温処理期間と休眠覚醒

低温処理 期間	日長	供試 個体数	発育期間(日)			羽化 個体数	休眠 覚醒率
			5齢化	5齢期間	羽化		
30日	8L：16D	25	72	42	105	16	0 %
	16L：8D	20	12	7	19	14	
40日	8L：16D	30	62	36	94	21	2.4
	16L：8D	20	10	7	17	17	
50日	8L：16D	40	35	49	75	26	20.0
	16L：8D	20	10	7	17	18	
60日	8L：16D	40	9	15	24	35	83.8
	16L：8D	20	8	7	14	17	
70日	8L：16D	40	8	11	20	36	89.2
	16L：8D	20	7	7	14	16	
80日	8L：16D	40	7	8	14	40	100
	16L：8D	20	7	7	14	18	

実験は加温開始後120日で打ち切った。
 5 齢化：5 齢までの平均日数、羽化：羽化までの平均日数、
 羽化個体数：加温開始後120日までの羽化個体数、休眠覚醒率：加温30日までの羽化個体の割合、
 供試個体群：旭川産、飼育温度：20℃±1℃、実験期間：1982年9月10日～1983年1月20日。

に加温した場合は短日条件における発育経過は長日条件に比較して明らかに遅れ、大野産個体群では加温後30日までに5齢化・羽化しない個体が多かった。1月24日に加温した旭川産は短日条件と長日条件とで発育にほとんど差がなかった。大野産では短日条件下で羽化遅延個体がわずかにみられたが、長日条件下の発育に近似した経過を示した。2月20日加温では両地産とも短日と長日で発育経過にほとんど差がなかった。大野産個体群の5齢休眠個体についてみると、12月20日に加温し

た短日の羽化時期は長日に比較するとやや遅れたが、1月24日になるとほとんど差がなく、4齢休眠個体より覚醒がやや早かった。3齢で休眠に入った個体の長日条件における発育経過をみると、羽化までの平均日数は22日で、最も遅れた個体でも加温後24日であった。そこで加温後30日までの羽化個体を休眠覚醒個体とし、加温時期と休眠覚醒率の関係を第6表に示した。12月20日の休眠覚醒率は高くはなかったが、1月24日加温では両地産とも90%以上になり、2月20日ではさらに休眠



第9図 低温処理期間と50%および75%羽化日の推移

●：50%羽化，▲：75%羽化，
供試個体群：旭川産，低温：3℃±2℃，
飼育温度：20℃±1℃，8L：16D，
実験期間：1982年9月10日～1983年1月20日。

覚醒率が上昇した。この結果から、北海道におけるヒメトビウンカの野外における休眠覚醒時期は12月中旬から始まり、1月下旬頃には大部分の個体は休眠から覚醒していると考えられた。

第2項 低温処理期間と休眠覚醒

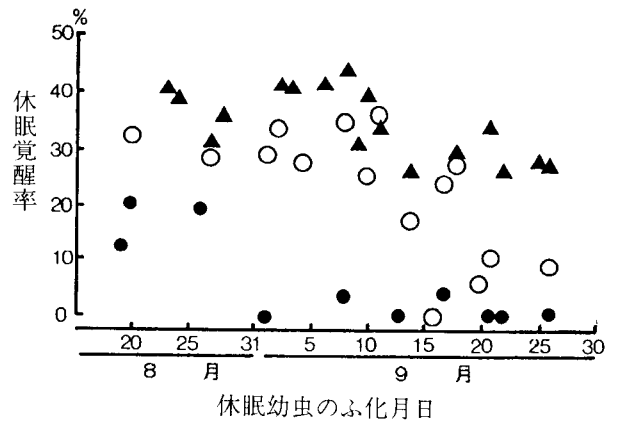
休眠覚醒に及ぼす低温の影響を明らかにするため、旭川産個体群を室内で4～5世代累代飼育したのち、1齢から休眠誘起条件下（8L：16D，20℃±1℃）で個体飼育し、4齢に達した時点で低温器（3℃±2℃，全暗）に移した。所定期間後、再び短日条件（LD8：16）と長日条件（LD16：8）下で個体飼育（20℃±1℃）した（第7表）。加温後30日以内に羽化した個体を休眠覚醒個体とすると、休眠覚醒個体は40日間低温処理区から少数がみられ、50日処理区で20%、60日処理区で84%と覚醒率は上昇したが、全個体が休眠から覚醒するためには少なくとも80日以上低温処理が必要であった。

低温処理期間と羽化までの平均日数との関係（第9図）は、低温処理期間が60日を境にして50%お

よび75%羽化までの日数は急激に減少した。短日条件下（8L：16D）で幼虫を1齢から飼育すると飼育開始後120日でも5齢化および羽化しない個体が多くみられたが、60日～80日の低温処理によって羽化が促進されたことから、低温は休眠覚醒に影響を及ぼしていると考えられた。

第3項 休眠に入った時期の早晚と休眠覚醒

1982年10月30日に休眠幼虫の出現時期の実験2で得たふ化時期別休眠幼虫を1試験管あたり10頭～15頭放飼し、野外網室内で引続き飼育した。飼育には畑土壌を3cm入れた試験管（径3cm，深さ20cm）に秋播小麦を2粒播種し、1cm程度に生育したものを使用した。飼育個体群を12月1日，15日，25日の3時期に短日（8L：16D，20℃±1℃）条件下で個体飼育し、その後の発育状況を調査した。加温後30日までに羽化した個体を休眠覚醒個体とし、休眠幼虫のふ化時期と休眠覚醒率との関係を第10図に示した。12月1日に加温を開始した場合の休眠



第10図 休眠幼虫のふ化時期と休眠覚醒率の関係

●：12月1日加温，○：12月15日加温，
▲：12月25日加温，供試個体群：旭川産，
飼育温度：20℃±1℃，8L：16D，
実験期間：1982年12月1日～1983年2月13日。

覚醒率はふ化時期の早晚にかかわらず全体に低かったが、8月20日～25日にふ化した幼虫では9月以降にふ化した幼虫と比較して高く、早期に休眠に入った個体ほど休眠覚醒率は高かった。しかし加温時期が遅れるほどその傾向は低く、12月25日

加温開始ではふ化時期の差がほとんどみられなかった。12月下旬の平均休眠覚醒個体率は30%~40%で、1980年の野外ケージの結果より低かった。

第3節 越冬場所および冬季間の生存率ならびに密度変動

ヒメトビウンカは水田畦畔、堤防、休閑田などの雑草、イネ科牧草やイネ刈株などで、3齢~4齢幼虫で越冬し（足立・山田, 1968; 稲生・高井, 1970; 石井, 1981; 岸本, 1966; 奥山・下田, 1965; 安尾ら, 1965), 越冬中に幼虫密度が減少する（足立・山田, 1968; 稲生・高井, 1970; 村松, 1979; 高山, 1985) が、冬季間の時期別の変動については明らかにされていない。そこで積雪寒冷地における越冬場所および齢期、冬季間の時期別生存率を明らかにし、さらに越冬幼虫密度の年次変動と気

象要因との関係について検討した。

第1項 越冬場所

上川地方において水田に隣接した畦畔、秋播小麦、牧草およびイネ科雑草が多い堤防用地などでサクシオンキャッチャー（動力捕虫機（共立製）、1㎡あたり2分間吸引）を使用して越冬幼虫密度

第8表 越冬場所におけるヒメトビウンカ越冬世代の幼虫密度

年次	調査場所別幼虫数			
	水田畦畔	牧草地	秋播小麦	堤防用地
1978	30.8 (247)	0.2 (6)	2.0 (6)	3.3 (3)
1979	19.6 (247)	0 (7)	0.7 (9)	1.0 (3)

幼虫数：1㎡あたり頭数、()：調査地点数、調査時期：4月下旬~5月上旬に動力捕虫機で調査。

第9表 ヒメトビウンカ越冬世代幼虫の齢期別構成割合

調査時期	年次	調査地点	齢期別構成割合 (%)						
			1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢		
越冬前	1979	旭川市	0.1	7.1	23.8	68.9	0.0		
		鷹栖町	0	4.1	12.7	83.1	0.1		
		当麻町	0.8	5.9	30.0	63.3	0		
		比布町	1.2	12.3	36.3	50.2	0		
		愛別町	0.2	1.1	26.7	66.7	0.4		
	1980	東川町	0	3.4	34.8	61.8	0		
		東神楽町	0.2	3.8	33.9	62.0	0.2		
		当麻町	0	1.1	20.4	78.3	0.2		
		越冬後	1971	旭川市	0	3.7	28.2	68.1	0
				旭川市	0	1.2	23.2	75.6	0
1979	旭川市		0	1.6	43.3	55.1	0		
	鷹栖町		0	0	15.2	84.8	0		
	当麻町		0	4.8	53.0	42.3	0		
	大野町		0	0	2.4	97.6	0		
	浦河町		0	0	15.5	84.4	0		
1980	旭川市	0	0	18.1	81.9	0			
	鷹栖町	0	1.6	17.8	80.6	0			
	当麻町	0	1.9	18.9	79.2	0			
	比布町	0	2.3	18.8	78.9	0			
	愛別町	0	0	12.9	87.1	0			

調査時期：越冬前は10月中旬~下旬、越冬後は4月下旬~5月上旬、調査個体数：水田畦畔から採集し、1市町あたり50頭~200頭。

を調査した(第8表)。越冬幼虫密度は水田畦畔で最も高く、秋播小麦、牧草地および堤防雑草地などでは低かった。この傾向の年次変動は少なく、北海道の稲作地帯におけるヒメトビウンカの主要な越冬場所は、水田に隣接した畦畔および農道などの雑草地であると考えられた。

第2項 越冬齢期

越冬前幼虫の齢期(第9表)は1齢から5齢幼虫まで各齢期が認められたが、1齢および5齢幼虫は極めて少なかった。2齢幼虫の割合も低く、大部分は3齢および4齢幼虫で、4齢幼虫の割合が最も高かった。年次および産地間での差異は大きくなかった。一方越冬後の齢期別構成割合は年次間で、また同一年次でも産地によって変動がみられ、1971年、1978年および1980年は4齢幼虫の割合が70%以上と高く、3齢幼虫は低かった。1979年は産地間変動が著しく、旭川産および当麻産では3齢幼虫の割合が高く、特に当麻産では3齢幼虫の割合が4齢幼虫より高かった。鷹栖産、大野産および浦河産では4齢幼虫の割合が高かった。各年とも2齢幼虫が認められたが、その割合は極めて低く、また1齢および5齢幼虫は認められなかった。以上の結果から、北海道におけるヒメトビウンカの越冬幼虫の齢期は2齢～4齢期で、その主体は4齢幼虫であった。

第3項 冬季間の生存率

休眠覚醒実験と並行して実施した。1980年11月20日、

第10表 野外ケージにおけるヒメトビウンカ越冬幼虫の時期別生存率

採集時期	生存率	
	旭川産	大野産
1980年11月20日	90.7±4.73(3)	—
1980年12月20日	81.0±6.24(3)	87.0±7.07(2)
1981年1月23日	77.3±6.11(3)	74.5±2.12(2)
1981年2月20日	72.0±24.04(2)	74.5±7.78(2)
1981年4月14日	30.2±6.76(5)	15.5±11.62(5)

供試個体数：1ケージあたり100頭、()：供試ケージ数、降雪始：1980年10月22日、根雪始：1980年12月5日、融雪期：1981年4月13日。

12月20日、1981年1月23日、2月20日、4月14日に野外ケージを下部土壤とともに回収し、室内で生存幼虫数を調査した(第10表)。越冬後の生存率は16%～30%であった。生存率の低下が最も著しいのは3月から4月で、低下率は40%～60%にも達した。次いで11月から12月で、積雪下の1月と2月の低下率は低かった。旭川産と大野産の比較では、越冬後の生存率は大野産が低かったが、生存曲線の推移は両産地ともほぼ同様な傾向を示した。また地中潜伏について1月23日に調査した。多くの個体は地上部に生息していたが、少数の個体が地下0cm～2cmの部位にみられた。

第4項 越冬幼虫密度の変動と気象要因

上川支庁管内中央部(旭川市、東神楽町、東川町、当麻町、比布町、鷹栖町、美瑛町、愛別町)の水田地帯におけるヒメトビウンカの越冬幼虫密

第11表 上川地方におけるヒメトビウンカ越冬幼虫密度の年次変動

年次	越冬前幼虫密度(秋季)				越冬後幼虫密度(春季)			
	地点数	最少	最多	平均	地点数	最少	最多	平均
1978	262	0	3,573	334.9	261	0	1,615	35.1
1979	263	0	2,232	136.4	263	0	985	23.9
1980	97	0	805	72.2	262	0	439	11.4
1981	55	0	651	51.7	153	0	283	14.5
1982	55	0	453	54.4	149	0	49	2.5
1983	19	0	66	13.9	144	0	131	5.1
1984	50	0	4,772	556.8	103	0	40	2.2

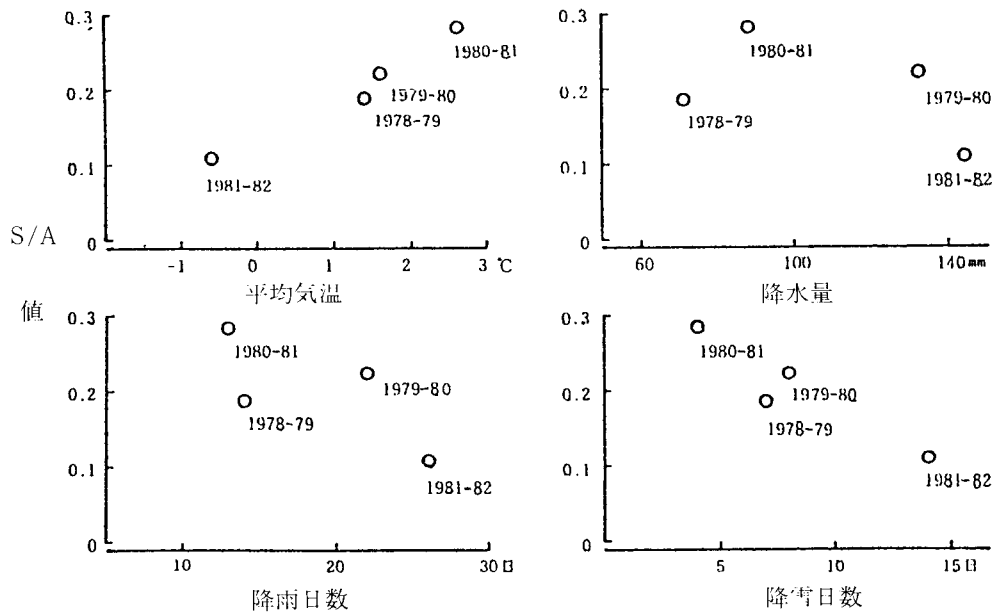
幼虫密度：1㎡あたり幼虫数、調査方法：動力捕虫機(1㎡あたり2分間吸引)、調査時期：越冬後は4月下旬～5月上旬、越冬前は10月中旬～下旬。

第12表 東川町におけるヒメトビウンカ越冬幼虫密度の年次変動

調査時期	地点数	幼虫密度 (頭/m ²)		S/A (A ≥ S)
		越冬前 (A)	越冬後 (S)	
1978年10月4日～1979年5月1日	29	229.0	27.8	0.187±0.282
1979年10月15日～1980年4月28日	27	63.2	8.1	0.223±0.351
1980年10月24日～1981年5月1日	34	50.5	14.1	0.283±0.261
1981年10月20日～1982年4月30日	39	69.0	1.0	0.111±0.266

調査時期：越冬前～越冬後で示した。

調査方法：動力捕虫機（1 m²あたり2分間吸引）。秋季に畦畔防除を実施した地点は除外した。



第11図 S/A値と11月の気象要因との関係
気象データは旭川測候所観測値を使用した。

度を1978年から1984年に動力捕虫機を使用して調査した(第11表)。年次によって実施市町村数および調査地点数が異なるため、幼虫密度は全調査地点の平均値で示した。越冬幼虫密度は春季と秋季、年次および調査地点によって異なった。春季の幼虫密度は1978年から年々低下傾向を示し、1982年から1984年には1 m²あたり5頭以下の低密度に経過した。秋季の幼虫密度も春季とほぼ同様の傾向を示したが、各調査地点とも春季に比較して幼虫密度は高かった。特に1978年、1979年および1984年は高密度であった。秋季の越冬前幼虫密度(X: log(N+1))と翌年の春季の越冬後幼虫密度(Y: log

(N+1)) の関係を求めると、有意な相関関係(Y = 0.104 X - 0.750, r = 0.9257*, n = 7)が認められた。回帰式から越冬期間中の生存率は10%前後と推定され、野外ケージでの結果より低かった。

越冬世代幼虫の秋季から春季にかけての密度低下の実態を明らかにするため、1978年から1982年に東川町内に39調査地点を選定して幼虫密度を調査した(第12表)。越冬前および越冬後の幼虫密度は年次変動がみられ、前述の上川管内中央部における結果と同じ傾向であった。越冬前と越冬後の調査は同一畦畔で実施したが、越冬前より越冬後の密度が高い調査地点が1979年に2地点、1981年

第13表 ヒメトビウンカ越冬後幼虫の羽化までの発育日数と温度

温度 (°C)	羽化までの発育日数 (日)								
	旭川産			平取産			八雲産		
	N	範囲	平均	N	範囲	平均	N	範囲	平均
13	29	14-77	47.5±12.95	34	32-59	42.5±8.47	0		
18	33	18-26	21.2±3.26	35	14-21	16.7±1.70	16	15-23	18.2±1.95
25	63	8-18	10.8±2.28	39	7-16	9.1±1.74	18	8-12	9.7±0.84
30	53	7-13	9.0±1.82	38	7-10	7.8±0.72	15	7-10	8.1±0.83

N：供試個体数，日長：16L：8D，実験期間：1980年4月7日～6月25日。

に1地点あった。調査は越冬前，後の2回のためS/A値（越冬後幼虫密度（S）÷越冬前幼虫密度（A））が越冬前の密度に対する越冬後の歩止り割合を示すとは必ずしも言い切り難い。しかし1980/1981のS/A値が同期間の野外ケージ内の値に近似していたことから，応用場面での一つの指標として利用できると考え， $A \geq S$ の場合のS/A値を示した。S/A値の年次変動は大きく，最も高かったのは1980/1981の0.283で，最も低いのは1981/1982の0.111であった。4か年の平均は0.202で，上川支庁管内中央部全体の値より高かった。

S/A値と11月の気象要因との間には（第11図），11月の気温が高い年ほどS/A値は高くなる有意な関係が認められた（ $r=0.9873^*$ ）。降水量，降雨日数および降雪日数との間には有意な関係は認められなかったが，降雨および降雪日数が少ない年ほどS/A値は高くなる傾向が認められた。一方S/A値と降雪初日，根雪期，積雪量，0℃以上の日数，融雪期および根雪終日などとの間には有意な関係は認められなかった。また越冬前の幼虫密度とS/A値との間にも有意な関係は認められなかった。

第4節 越冬後幼虫の発育と越冬世代成虫の発生時期

越冬後幼虫の発育経過は越冬世代成虫の発生時期を予測するうえで重要であるにもかかわらず，北海道では明らかにされていなかった。越冬世代成虫は水田内におけるヒメトビウンカの発生源になるとともに，イネ縞葉枯病の伝染環において重

要な役割を果たす。そこで越冬後幼虫の発育および羽化までの死亡要因，越冬世代成虫の羽化消長ならびに越冬世代成虫の翅型の地域間差を調査した。

第1項 越冬後幼虫の発育

旭川市，平取町および八雲町の水田から1981年10月上旬に採集して旭川市の野外網室内で集団飼育し，11月18日から1982年4月6日まで低温器（3℃±2℃，全暗）で集団飼育した越冬世代幼虫を13℃，18℃，25℃および30℃の4段階（±1℃，16L：8D）で個体飼育し発育状況を比較した（第13表）。各地産とも死亡率が高く，羽化個体数は少なかった。発育に要した日数は飼育温度が低いほど長く，個体間の差も大きかった。13℃区で特に旭川産個体群で差が大きかった。この要因は越冬齢期の違いによるものであった。産地別に羽化個体の越冬齢期別構成割合をみると，各地産とも4齢幼虫の割合が最も高かったが，旭川産は他の2地産に比

第14表 ヒメトビウンカ越冬幼虫（4齢幼虫）の発育と飼育温度

産地	温度 (°C)	5齢化 (日)	5齢期間 (日)	羽化 (日)
旭川産	13	18.7	24.7	43.1±5.82
	18	9.3	10.5	19.8±1.79
	25	4.7	4.9	9.7±1.03
	30	3.7	4.6	8.3±1.13
平取産	13	15.8	21.5	37.3±2.07
	18	7.4	9.0	16.4±1.88
	25	4.1	5.0	9.1±0.66
	30	3.4	4.4	7.8±0.56

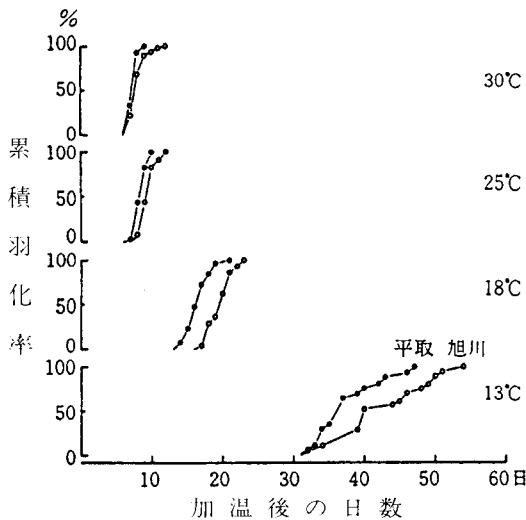
5齢化：加温後5齢までの平均日数

第15表 ヒメトビウンカ越冬後幼虫の羽化までの死亡要因

産地	供試 個体数	羽化 個体数	死亡 個体数	死亡率 (%)	要因別死亡個体数			
					カマバチsp.	糸状菌	脱皮直後	不明
大野町	50	33	17	34.0	3(6.0)	3(6.0)	1(2.0)	10(20.0)
平取町	198	128	70	35.4	5(2.5)	6(3.0)	19(9.6)	40(20.2)
旭川市	152	80	72	47.4	5(3.3)	3(2.0)	18(11.8)	46(30.3)
東神楽町	183	158	25	13.7	11(6.0)	0(0)	7(3.8)	7(3.8)
東川町	99	83	16	16.2	2(2.0)	1(1.0)	3(3.0)	10(10.1)
東鷹栖町	100	86	14	14.0	2(2.0)	0(0)	4(4.0)	8(8.0)
鷹栖町	77	65	12	15.6	1(1.3)	0(0)	4(5.2)	7(9.1)

供試個体群：各産地とも4月下旬に水田畦畔から採集した（大野町は前年秋季に採集し、旭川市の野
外ケージで越冬させた個体群）。

脱皮直後：脱皮直後の溺死と脱皮に失敗した個体、（ ）内は供試個体数に対する死亡率、
飼育温度：20℃±1℃（24時間照明）、実験期間：1981年4月下旬～5月下旬。



第12図 4齢で越冬したヒメトビウンカ幼虫の累積羽化曲線

較して3齢幼虫の割合が高かった。また旭川産および平取産の中には5齢個体が見られた。

越冬齢期によって羽化までの発育経過が異なるため、4齢越冬個体の発育と温度との関係を第14表に、また累積羽化曲線を第12図に示した。八雲産は羽化個体数が少ないため除外した。各温度における5齢化、5齢期間および羽化までの発育日数は産地間で異なり、羽化までの発育日数をみると、平取産は旭川産に比較して各飼育温度で短かった。また温度が低いほど累積羽化曲線の傾斜はゆるや

かで、平取産は旭川産より各温度とも羽化は早く始まり、短期間に一気に羽化する傾向がみられた。旭川産の50%羽化日は平取産より1日～3日遅れた。

両地産とも30℃では発育速度が緩慢であることから、30℃を除いた飼育温度と羽化までの発育速度との回帰式を求め、4齢で越冬した個体の羽化までの発育零点を算出した。旭川産で9.9℃、平取産で9.2℃、有効積算温度はそれぞれ149.0日度、145.3日度であった。

第2項 越冬後幼虫の死亡要因

1979年～1982年に、4月中旬～下旬に水田畦畔雑草から採集した越冬後幼虫を4月下旬から個体飼育して羽化成虫の翅型、羽化までの死亡要因およびカマバチ類の寄生状況を調査した（第15表）。越冬後幼虫を採集して室内飼育した結果であるため、捕食性天敵や気象的要因については明らかでない。死亡率は産地間で14%～47%と変動が大きかった。要因別にみると原因不明の死亡が各地産とも高く、脱皮直後の死亡も各地産で平均的にみられた。糸状菌の寄生による死亡個体も認められたが、死亡率は低かった。カマバチ類の寄生は各地産で認められ、1979年～1987年の調査結果でも道内で広範囲にみられたが、寄生率は1%～6%と低かった。カマバチの雄は各種とも形態が酷似しているため種の同定はできなかったが、雌成虫によるかぎり、道内のカマバチはクロハラカマバチ

Haplogonatopus atratus Esaki et Hasimotoの1種のみであった。

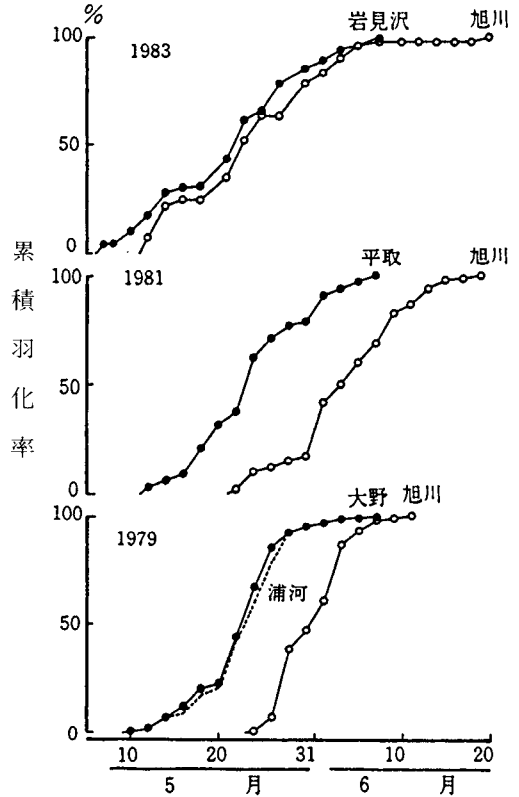
第3項 越冬世代成虫の羽化消長

旭川市永山で1979年～1983年に自然条件下における越冬世代成虫の羽化推移を検討した。

1979年～1981年は腰高シャーレ（径12cm、高さ9cm）に秋播小麦を移植し、シャーレ上部にガラス円筒（径12cm、高さ20cm）を接続させ、4月中旬～下旬に旭川市の水田畦畔雑草から採集した越冬後幼虫を1シャーレあたり20頭放飼し、上部をテロン布で被覆して網室内で飼育した。

1982年～1983年は畑土壌を3cm～4cm入れた試験管（径3cm、高さ20cm）に春播小麦を3粒播種し、1cm内外に生育したものに4月中旬～下旬に旭川市の水田畦畔雑草から採集した越冬幼虫を10頭放飼して上部をテロン布で被覆して網室内で飼育した。

各年とも羽化調査は羽化初日までは毎日一定時刻に行い、その後は2日ごとに実施し、羽化成虫は調査時に回収した。1979年には大野町および浦河町、1981年には平取町、1983年には岩見沢市の水田畦畔から4月中旬に採集した越冬後幼虫を供試し、産地間の差異を検討した。羽化初日が最も早かったのは1983年の5月12日、最も遅かったのは1980年の5月28日で、5か年の平均は5月20日であった（第16表）。この結果は水田周辺におけ



第13図 野外網室内における羽化消長

第16表 網室内でのヒメトビウンカ越冬世代成虫の羽化時期

年次	供試 個体数	羽化率 (%)	羽化 初日 (月日)	50% 羽化日 (月日)	羽化 終日 (月日)
1979	400	93.5	5.24	6.5	6.14
1980	228	50.9	5.28	6.7	6.21
1981	100	52.0	5.22	6.5	6.19
1982	238	81.9	5.15	6.1	6.17
1983	56	86.6	5.12	5.23	6.20
1984	48	58.3	5.16	5.28	6.5
平均	—	70.5	5.20	6.1	6.16

供試個体群：旭川産、各年とも4月下旬に採集し、野外網室内で小麦を供試して集団飼育した。

るすくい取り調査による越冬世代成虫の初発日（1979年～1983年の平均値：5月21日）と一致した。50%羽化日は羽化初日が早い年ほど早く、5か年平均は6月2日であった。水田周辺におけるすくい取り調査による越冬世代成虫の発生盛期（1979年～1983年の平均値：5月6半旬）とほぼ一致した。年次別にみると羽化消長は異なった。1982年と1983年は羽化初日は早かったにもかかわらず羽化期間は34日～40日と長い傾向を示した。これとは逆に1979年と1980年は羽化初日は遅れたが、羽化期間は22日～23日と短かった。

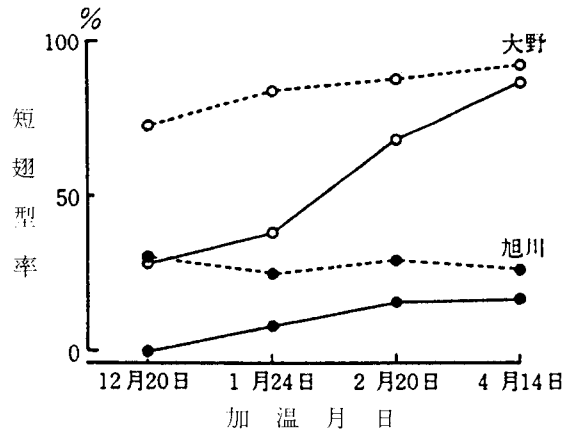
産地間でも羽化消長は異なった（第13図）。1979年の大野産、浦河産および旭川産の比較では、大野産および浦河産の個体群は旭川産より羽化初日、50%羽化日とも約14日早かった。1981年も平取産は旭川産より約10日早かった。1983年は岩見沢産と旭川産を比較したが、産地間で羽化推移に差異は

みられなかった。

第4項 越冬世代成虫の翅型

各地から採集した越冬後幼虫を個体飼育し、羽化成虫の翅型を調査した(第17表)。越冬世代成虫の翅型は年次間でも変動したが、道南部から太平洋沿岸地域の平取産、大野産および八雲産の短翅型出現率は55~90%と高かった。これに対して内陸部地域の岩見沢産および旭川市周辺部産の短翅型出現率は2~23%と極めて低く、この傾向は年次間で変わらなかった。

ヒメトビウンカは休眠を経過することにより短翅型の出現率、特に短翅雄の出現率が上昇することが知られている(岸本, 1956)。そこで1980年12月から1981年4月に行った休眠覚醒実験の長日条件(16L:8D)下での羽化成虫の翅型を第14図に示した。両産地とも短翅型雄の出現率は加温時期が遅くなるほど上昇した。大野産は12月20日加温開始区ですでに29%と高い出現率を示し、その後も直線的に増加し、4月14日加温開始区では短翅



第14図 越冬幼虫の加温時期と短翅型率
 -----: 短翅型雌, ———: 短翅型雄,
 飼育温度: 20℃±1℃ (16L:8D)。

型雌と同程度の出現率にまで増加した。しかし旭川産では増加の程度は緩慢で、4月14日加温開始区でも17%と低率であった。短翅型雌の出現率も産地間で明らかに異なり、大野産の出現率は非常に高く、旭川産の出現率は25%~32%の範囲にとどまった。この結果は短翅型出現率の産地間差(第17表)とよく一致した。

第17表 ヒメトビウンカ越冬世代成虫の翅型の地域間差異

年次	産地	供試 個体数	羽化 個体数	長翅型 雌	長翅型 雄	短翅型 雌	短翅型 雄	短翅 型率
1981	大野町	50	33	2	1	24	6	90.9
	平取町	198	128	31	27	51	19	54.7
	旭川市	152	80	30	32	12	6	22.5
	東神楽町	183	158	69	75	11	3	8.9
	東川町	99	83	35	46	0	2	2.4
1982	八雲町	100	46	2	9	28	7	76.1
	平取町	100	55	9	5	29	12	74.6
	旭川市	342	263	111	108	36	8	16.7
	東川町	150	94	33	43	15	3	19.1
1983	岩見沢市	150	136	51	65	15	5	14.7
	旭川市	109	101	40	44	13	2	14.9

供試個体群: 各年次および産地とも4月下旬に水田畦畔かおよびら採集した個体群を供試した(1982年の八雲産ケージで平取産は前年秋季に採集して旭川市永山の野外越冬させた個体群)。

短翅型率: (短翅雌+短翅雄)の羽化個体数に対する割合。

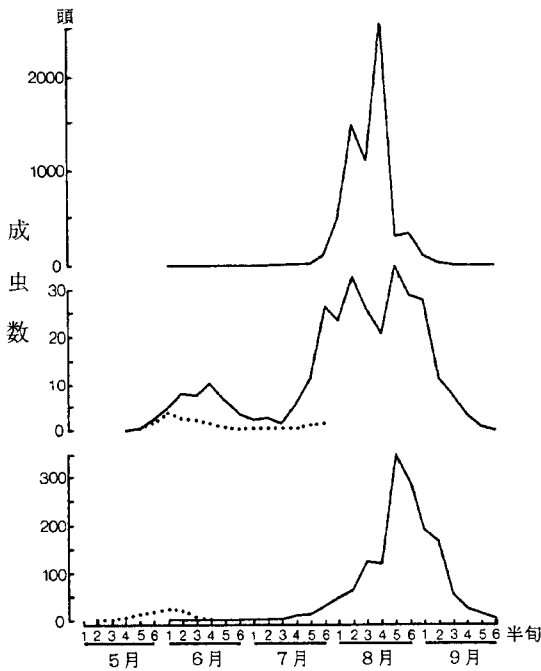
飼育温度: 20℃±1℃, 24時間照明, 実験期間: 4月下旬~5月下旬。

第5節 水田およびその周辺におけるヒメトビウンカの発生動向

水田およびその周辺におけるヒメトビウンカの発生推移はイネ縞葉枯病の感染および発病時期と深く関係し、防除対策を検討するにあたって極めて重要である。そこで旭川市永山の水田内におけるヒメトビウンカの発生推移を調査するとともに、水田転作物として作付が増加した小麦圃場における発生についても調査した。これらの結果を基に水田内における本種の発生変動を検討した。

第1項 ヒメトビウンカ成虫の発生消長

旭川市永山の水田内およびその周辺における成虫の発生消長をすくい取り法, 払い落とし法, 黄色水盤法および予察灯を使用し調査した。農作物有害動植物発生予察事業実施要領(農林省農政局,

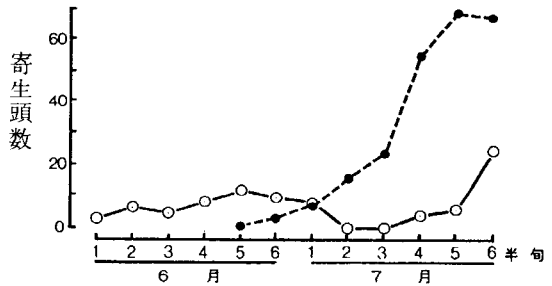


第15図 各種調査法によるヒメトビウカ成虫の発生消長

-----: 水田畦畔, ——: 水田内,
 上段: 予察灯, 中段: 黄色水盤,
 下段: すくい取り調査,
 調査年次: 1971年~1987年。

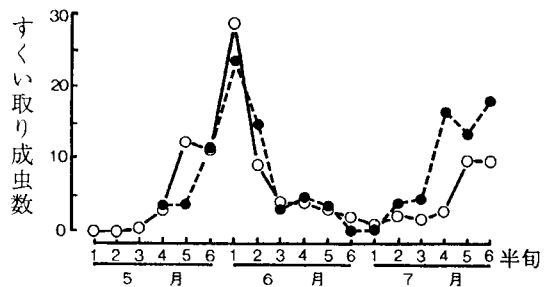
1971) に従い、すくい取り調査は捕虫網 (径36cm) を使用し、原則としてジグザグ前進による25往復50回振りとした。5月上旬から10月まで雨天および強風日以外は毎日行った。払い落とし調査は20~60か所、1か所あたり連続5株 (計100株~300株) について移植後から7月下旬までほぼ5日間隔で実施した。黄色水盤 (直径60cm, 深さ10cm) は水田内と畦畔に移植当日に設置した。また予察灯は青色蛍光灯を装着した乾式誘殺灯で、水田畦畔に5月1日に設置し、10月1日まで毎日調査した。

成虫の発生消長はすくい取り、黄色水盤および予察灯の各調査法によって異なった (第15図)。特に越冬世代成虫の発生消長は水田内におけるすくい取りおよび予察灯調査で把握することは出来なかった。越冬世代成虫が水田畦畔で最も早くすくい取られたのは1972年の5月6日、最も遅いのは1986年の5月30日、年次平均は5月22日、盛期は5



第16図 水田内におけるヒメトビウカの寄生消長

○: 成虫, ●: 幼虫,
 寄生個体数: 100株あたりで示した,
 調査年次: 1979年~1983年。



第17図 小麦圃場におけるヒメトビウカ成虫の発生消長

○: 秋播小麦, ●: 春播小麦,
 すくい取り成虫数: 20回振りすくい取り個体数,
 調査年次: 1979年~1983年。

月6半旬であった。また移植直後から設置した黄色水盤への初飛来は早い年で5月下旬から、通常は6月1半旬で、盛期は6月3半旬であった。

水田内における寄生消長を払い落とし法で1979年~1983年に調査した (第16図)。越冬世代成虫の寄生は移植直後から認められ、盛期は6月中旬から下旬であったが、寄生密度は最も多い場合でも株あたり0.06頭であった。第1世代成虫は7月4半旬から寄生がみられ、寄生密度は急増するが、茎葉の繁茂により払い落とし法では調査が困難となったので中止した。

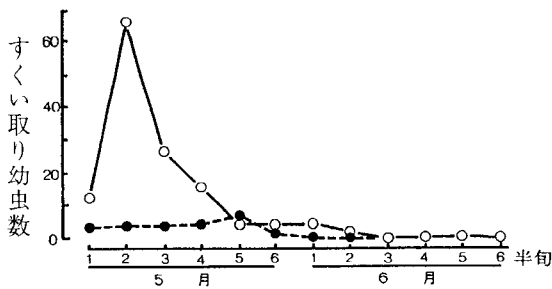
第1世代成虫以降は各調査方法ともかなり明瞭な発生経過を示した (第15図)。第1世代成虫の発生期は、水田内におけるすくい取り調査で7月中旬から発生がみられ、8月1半旬に盛期となった。

第2世代成虫は第1世代成虫と世代が重なり合うため、発生期は明らかではないが、盛期は8月6半旬から9月1半旬であった。

秋播小麦および春播小麦での成虫の発生活消長をすくい取り法で1979年から1984年に調査した(第17図)。越冬世代成虫の発生推移は水田畦畔におけるすくい取り調査結果と同様で、5月中旬から始まり、6月1半旬に盛期となった。春播小麦のすくい取り数は秋播小麦よりやや多かった。第1世代成虫の発生は7月中旬から始まったが、小麦は8月に収穫されるため調査出来なかった。第1世代成虫のすくい取り成虫数は春播小麦で明らかに多かった。

第2項 ヒメトビウンカ幼虫の発生活消長

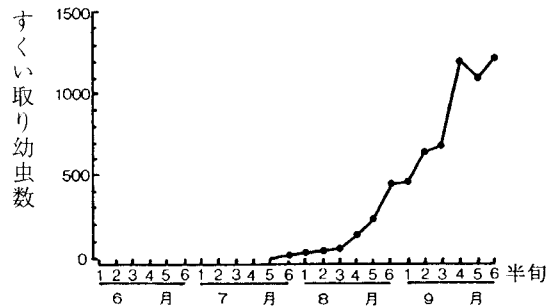
水田内、水田畦畔および小麦圃場における幼虫の発生活消長をすくい取り法で、水田内における幼虫の寄生消長を払い落とし法で調査した。越冬世代幼虫は4月下旬から水田畦畔ですくい取られたが、盛期は5月上旬から中旬で、越冬世代成虫の羽化とともに減少した。小麦圃場での密度は極めて低かった(第18図)。



第18図 水田畦畔雑草地および秋播小麦圃場における越冬世代幼虫の発生活消長

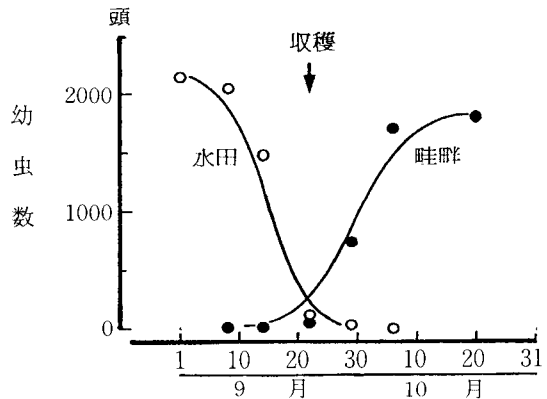
○：水田畦畔，●：秋播小麦，
すくい取り幼虫数：水田畦畔は50回、小麦は20回振りで50回振りに換算した、
調査年次：1979年～1983年。

第1世代幼虫の水田内における寄生は6月5半旬頃からみられ、7月以降は急激に増加して7月5半旬に盛期となった(第16図)。水田内および水田畦畔における第1世代幼虫の発生経過をすく



第19図 水田内でのヒメトビウンカ幼虫の発生活消長

すくい取り幼虫数：50回振りすくい取り個体数、
調査年次：1979年～1983年。



第20図 秋季の水田周辺におけるヒメトビウンカ幼虫の発生状況

すくい取り幼虫数：50回振りすくい取り個体数、
イネ収穫月日：9月22日、
調査期間：1978年8月25日～10月20日。

い取り法で把握することは出来なかった(第19図)。

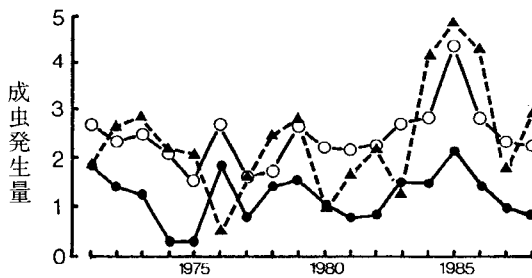
第2世代幼虫以降は世代が重なり合うため世代間の消長は明瞭でなかった。水田内におけるすくい取り幼虫数は7月下旬から8月中旬頃まで漸増し、その後イネの収穫期まではほぼ直線的に増加した。

収穫期前後の水田および水田畦畔における越冬前幼虫の発生動向をすくい取り法で調査した(第20図)。水田内のすくい取り幼虫数は収穫期を境にして急激に低下したが、収穫後1週間までは刈株などで若干すくい取られた。一方水田畦畔では収穫後すくい取り幼虫数は急激に増加し、収穫後

2週間以降になるとほぼ一定のレベルに達した。

第3項 発生量の変動と気象要因

ヒメトビウカの各世代の発生経過はたがいに重なり合うため、各世代の発生量(密度)を算出することは難しい。そこで有効積算温度の法則を使用して各世代の成虫密度を推定した。久野(1968)および平野(1942)の報告を参考に、発育限界温度を10℃に固定し、卵から成虫までの発育所要積算温度を300日度、産卵前期を100日度とし、6月1日からの積算温度を横軸に、水田内におけるすくい取り成虫数を縦軸にプロットした。ただし越冬世代成虫は水田内におけるすくい取り成虫数と水田内の黄色水盤での誘殺成虫数の幾何平均で求



第21図 推定した各世代の成虫発生量の年次変動
 ●：越冬世代成虫，○：第1世代成虫，
 ▲：第2世代成虫，
 成虫発生量：各世代とも推定値の対数変換値。

めた。越冬世代と第1世代は400日度を境にして分けられた。第1世代と第2世代は明瞭に区分出来なかったが、とりあえず800日度で分けて各世代の発生密度を推定した(第21図)。

水田へ侵入する越冬世代成虫(G0)の密度は各年とも低いが、越冬世代成虫から第1世代成虫(G1)への密度の増加は著しく、G0からG1の変化率(G1/G0) r1は平均約25倍であった。G0とG1は近似した変動を示し、対数変換した両者の相関係数は0.7616** (n=18)で、異常発生した1985年を除いても相関係数は大きく変わらなかった。決定係数は低いが、第1世代成虫の密度は越冬世代成虫密度に依存していることが示された。

第1世代成虫から第2世代成虫(G2)への密度変動は大きく、G2はG1に比較して増加、停滞、減少する年がみられ、変化率(G2/G1) r2は平均約4倍であった。各世代の密度の変動幅を(最多年の密度)÷(最少年の密度)として比較すると、78, 649, 26, 115倍で世代が進むにしたがって変動幅は大きかった。年間の最多密度世代は18年間で第1世代の年が8年、第2世代が10年あり、年間最多密度世代を特定することは出来なかった。

変化率 r1 および r2 と気象要因との関係は r1 と6月下旬から7月上旬の平均気温との間に、また r2 と8月の平均気温との間にそれぞれ有意な関係(r=0.5067*, r=0.7112**, n=18)が認められたが、降水量および日照時間との間には有意な関係は認められなかった。

第4項 越冬世代成虫の発生期と発生量の予測
 越冬後幼虫の発育限界温度と有効積算温度を使用し、三角法(坂神・是永, 1981)および法橋(1972)の修正計算法によって越冬世代成虫の50%羽化日(4月1日を起点とした)を算出して野外網室内における50%羽化日と比較したが、適合度は低かった。また水田畦畔におけるすくい取りによる越冬世代成虫の初発期と気象要因との間の相関係数も低かった(第18表)。相関係数が最も高

第18表 水田畦畔におけるヒメトビウカ越冬世代成虫のすくい取り初発日と気象要因との関係

要 因	相関係数	回帰係数(a)	Y切片(b)
有効積算温度	-0.7178**	-0.2205	28.8256
平均気温			
4月下旬	-0.6071*	-0.1664	34.1931
5月上旬	-0.4755	-0.1209	32.3506
降水量			
4月下旬	0.4635	0.2858	17.8936
5月上旬	0.1300	0.0607	19.8341
日照時間			
4月下旬	0.0624	0.0158	20.1514
5月上旬	-0.5500*	-0.2013	33.6132

有効積算温度：4月21日から5月10日までの有効温度の積算値で三角法で算出、

気象データ：旭川測候所の観測値を使用した、

初発期(Y)：5月1日を起算日とした、

有意水準：1%:**, 5%:* (d. f.=15),

供試年次：1971年～1987年。

かったのは4月21日から5月10日までの有効積算温度との間で、初発期の早晚と降水量および日照時間との関係は低かった。

越冬世代成虫の発生盛期と気象要因の関係は、5月上旬の平均気温 ($Y=8.7560-0.0297X$, $r^2=0.6619$, $n=11$) および5月上旬~中旬の日平均気温の合計値 ($Y=14.4701-0.0379X$, $r^2=0.6291$, $n=11$) との間に有意な相関関係が認められたが、日照時間および降水量との関係は認められなかった。

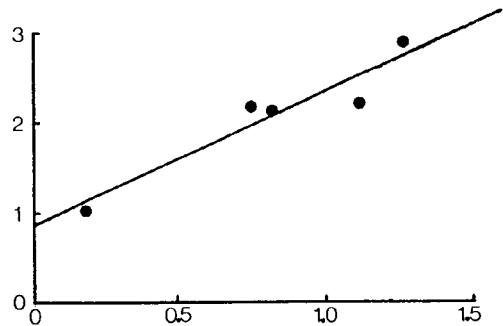
越冬世代成虫の密度 ($Y: \log(n+1)$) を6月の水田および畦畔におけるすくい取り成虫数の平均値、越冬世代幼虫の密度 ($X: \log(n+1)$) を5月の畦畔におけるすくい取り幼虫数とすると両者の間に有意な関係が得られた ($Y=0.4919X+0.6153$, $r^2=0.6586$)。決定係数は低いが、5月のすくい取り幼虫数から6月の水田および水田畦畔におけるすくい取り成虫数の予測の可能性が示された。また越冬世代幼虫から越冬世代成虫への変化率 r_0 と気象要因との関係を検討した結果、5月下旬の最高気温 ($r=0.7418^*$)、5月中旬の降水量 ($r=-0.6906^*$)、5月上旬の日照時間 ($r=0.7214^*$) との間に有意な相関関係が認められた。

発生予測のために5月のある時点の幼虫量と越冬世代の成虫密度 ($Y: \log(n+1)$) との関係を検討し、5月1半旬のすくい取り幼虫数 ($X: \log(n+1)$) との間に ($Y=0.5736 X+0.8846$, $r^2=0.8377$, $n=10$)、また5月4半旬のすくい取り幼虫数 ($X: \log(n+1)$) との間に ($Y=0.6388 X+0.8737$, $r^2=0.9775$, $n=10$) 有意な関係が認められた。

すくい取り調査で得られた6月の水田および水田畦畔におけるすくい取り成虫数 ($X: \log(n+1)$) は相対的密度であるが、6月のイネに寄生する成虫数 ($Y: \log(n+1)$) との間に有意な相関関係 ($Y=0.6438X-0.0941$, $r^2=0.8995$, $n=5$) が認められた。

第5項 第1世代幼虫の発生量の予測

水田内における6月の越冬世代成虫の寄生量と



第22図 水田内における6月の成虫の寄生密度と7月の第1世代幼虫の寄生量との間に直線的な関係がみられ(第22図)、成虫の寄生盛期(6月4半旬と5半旬)の寄生量 ($X: \log(n+1)$) と第1世代幼虫の寄生盛期(7月4半旬と5半旬)の寄生量 ($Y: \log(n+1)$) との間に ($Y=2.0738 X+0.6334$, $r^2=0.9744$, $n=5$) 有意な関係が得られた。また6月下旬の寄生量 ($X=\log(n+1)$) との間に ($Y=1.6083 X+0.4683$, $r^2=0.9717$, $n=5$)、さらに6月中旬の水田内の黄色水盤における誘殺数 ($X: \log(n+1)$) との間にも ($Y=8.7173 X+5.0639$, $r^2=0.9927$, $n=5$) それぞれ有意な関係が得られた。

7月の第1世代幼虫の寄生量との間に直線的な関係がみられ(第22図)、成虫の寄生盛期(6月4半旬と5半旬)の寄生量 ($X: \log(n+1)$) と第1世代幼虫の寄生盛期(7月4半旬と5半旬)の寄生量 ($Y: \log(n+1)$) との間に ($Y=2.0738 X+0.6334$, $r^2=0.9744$, $n=5$) 有意な関係が得られた。また6月下旬の寄生量 ($X=\log(n+1)$) との間に ($Y=1.6083 X+0.4683$, $r^2=0.9717$, $n=5$)、さらに6月中旬の水田内の黄色水盤における誘殺数 ($X: \log(n+1)$) との間にも ($Y=8.7173 X+5.0639$, $r^2=0.9927$, $n=5$) それぞれ有意な関係が得られた。

第6節 考 察

ヒメトビウンカはイネを加害する主要なウンカ類のなかで休眠性を有する唯一の種で、長日型の光周反応を示す(Kisimoto, 1958; 三宅, 1932)。北海道における本実験結果も従来の報告と同様に長日型の光周反応を示し、日長の感受期は1齢~3齢期であった。旭川産個体群の臨界日長は13時間30分前後と推定され、野外における休眠幼虫の出現時期はその光周反応とほぼ一致した。光周反応曲線は緯度や地域で異なり、緯度が高いほど臨界日長が長くなることから(Saunders, 1976)、休眠幼虫の出現時期は関東以西での報告(藤原, 1965; 岸本, 1972; 三宅, 1966; 三田, 1966)に比較し

て早く、野田 (1988) の示した本種の臨界日長の地理的傾斜とも一致した。しかし薄明薄暮の時間を含めると野外における臨界日長と休眠幼虫の出現推移とは合致しなかった。この原因は光周反応に対する温度の影響と考えられ、多くの昆虫において温度の低下が臨界日長を増加させることが知られており、特に夜間の温度が重要とされている (Danilevskii, 1965; Saunders, 1976)。旭川市における8月下旬から9月上旬の平均気温の平年値は16℃~20℃で、5日毎に1℃前後低下し、昼夜の温度較差も10℃前後と大きい。このような継続的な気温の低下と日長の減少が相補的に作用し、野外における休眠率を上昇させたと考えられる。

休眠齢期は4齢期が主体であるが、休眠誘起に好適な8L:16Dで1齢幼虫から飼育した場合、低率ではあったが5齢期に发育遅延個体が認められた。また休眠幼虫と不休眠幼虫とが出現する13L:11Dおよび14L:10Dの条件下では、休眠齢期の幅に広がりが見られ、岸本 (1956) および石井 (1981) の報告と一致した。このような休眠齢期の変動は野外個体群においても認められ、越冬世代幼虫の中には2齢および3齢幼虫が常に認められた。しかし岡本ら (1967)、村井ら (1984) が野外で確認した5齢越冬個体は、北海道の野外個体群には認められなかった。この原因は北海道における臨界日長は8月末にあたり、この時期は第2世代成虫の発生盛期にあたるため、第3世代幼虫は全て休眠に入る。また9月中旬以降のふ化幼虫が4齢期に達するには温量的に難しいために野外の越冬世代幼虫には2齢~4齢と齢期幅が生じると判断された。野田 (1986) は短日条件下の15℃で飼育すると、北方の個体群ほど3齢休眠個体の割合が上昇すると報告している。またKisimoto (1989) は北海道芽室産の個体群の中には3齢休眠系統が存在し、暗期の温度が低いほど3齢休眠個体の出現率は上昇すると報告している。2齢および3齢で休眠に入る形質は、短日化の進行と気温の低下が早い北海道に生活史を適応させるうえで重要な要素の一つであると考えられる。

一般に短日で誘起される休眠は低温や長日で覚醒あるいは短縮される。覚醒のための温度と期間

は、昆虫の種類や生息する緯度によって異なる。多くの昆虫では5℃前後で数10日間とされている (深谷, 1967)。本種の休眠覚醒と低温との関係を検討した結果、60日~80日間の低温処理によって羽化がかなり斉一になり低温処理の効果が認められた。岸本 (1966) も10℃で50日~60日間処理して同様の結果を得ていることから、休眠覚醒のための温度は10℃以下にあると想定される。北海道で日平均気温が10℃以下になるのは10月下旬から11月上旬で、この時期に休眠覚醒が始まることになり、野外においても12月上旬から休眠覚醒個体が認められた。しかし斉一な覚醒のためにはこの温度で2ヵ月以上を要することから、10月下旬頃から冬季にかけて休眠は徐々に覚醒され、90%以上の個体が覚醒するのは1月下旬以降であった。三田・南部 (1963) は各地域とも年内には休眠から覚醒した状態にある。香川県では1月上旬にはほとんどの個体が休眠覚醒している (岸本, 1966)。このように休眠覚醒時期についてかなり相違がみられる原因として、休眠に入る時期と秋季の気象条件の違いや休眠深度の違い、さらに地域個体群の日長や温度に対する感受性差などが考えられる。

北海道におけるヒメトビウカの主要な越冬場所は水田に隣接した畦畔および農道などの雑草地であった。防除対策上しばしば問題にされる秋播小麦圃場、牧草地、堤防用地での越冬密度は水田畦畔に比較して明らかに低く、重要性は低いと考えられた。石井 (1981) は札幌市における調査で水田畦畔やイネ科牧草で多く、イネ刈株や秋播小麦では少ないと報告している。岡本ら (1967) は中国地方では秋季は畦畔雑草に多いが、しだいに休閑田やイタリアンライグラスで多くなる。また深沢ら (1959)、熊沢ら (1958)、柳ら (1963) はそれぞれ静岡県、栃木県、長野県では休閑田よりむしろ生育のよい畦畔雑草に多い。奥山・下田 (1965) はイネの刈株内にも多数越冬していると報告している。本種の越冬場所は地域によって異なるが、臨界日長以降の気温の低下が著しい北海道では、水田で繁殖した第2世代成虫の移動が抑制されること、またイネ以外に好適な寄主植物が少ないことから、主にイネに産卵し、ふ化した第

3世代幼虫はイネの収穫とともに畦畔に移動するものと考えられる。

越冬期間中の幼虫の生存率は低く、年次変動が大きい本実験結果は従来の報告（足立・山田，1968；稲生・高井，1970；高山，1985）とよく一致した。群馬県における調査結果から越冬後の幼虫密度は越冬前幼虫密度のおよそ40%に減少する（高山，1985）。韓国の水田畦畔における越冬期間中の生存率は29.2%～85.1%である（Kim et al, 1987）と報告している。北海道の水田畦畔における生存率は10%～20%でこれまでの報告と比較して低かった。越冬期間中の生存率の推移を時期別に示した報告は少なく、特に積雪寒冷地における生存率の推移は不明であったが、本実験により根雪前と融雪期の2時期に生存率の低下が大きいことを初めて明らかにした。最も生存率が低下する3月～4月の時期は積雪内部が変成（積雪の結晶のザラメ化）する時期から気温の上昇にともなう加速的な融雪状態の時期にあたる（山梨，1980）ため、越冬幼虫の生息部位は融雪水の流れにより水分過多となる。このような生息環境の劣化が生存率の低下要因として大きいと考えられる。融雪現象からみて融雪期の生存率の低下割合は年次変動が少ないと考えられるので、越冬期間中の生存率は根雪前の環境要因によって左右されることが想定される。そこで根雪前の気象要因と越冬率（ S/A 値）との関係を見ると、11月の平均気温が高く、降雨および降雪日数が少ない年ほど生存率が高い傾向がみられた。村松（1979）は静岡県では11月～12月が低温で少雨の年は生存率が高いとし、群馬県でも12月から2月までの平均気温と越冬率との間に負の相関を認めている（高山，1985）。気温と越冬率との関係については、本実験結果は関東地方における結果と異なった。これは静岡県や群馬県などの無雪地帯との環境条件の差異によるものと考えられる。

寄生性天敵のカマバチ類は、北海道ではクロハラカマバチ1種のみが認められた。本種のヒメトビウンカに対する寄生率は越冬世代において高いと言われ（西岡：1980），越冬期における寄生率調査で、34%（小山ら，1986），67%（高山，1985）

と高い寄生率を得ており、越冬世代幼虫密度の変動に關与する要因として重要視されている。しかし北海道における調査では各地とも1%～6%の寄生率で低く、越冬密度に影響を及ぼす要因とは考えられなかった。

北海道におけるヒメトビウンカの発生経過とその特徴は1971年から行われた本研究によって明らかにされた。越冬世代成虫は関東以西では3月から発生して越冬場所にとどまるか、ムギ類や早期・早植栽培苗代などへ移動して1世代を経過する。水田への侵入世代は地方、年次および栽培法で変動するが、いずれにしても第1世代成虫以降である。しかし北海道では越冬世代成虫の発生期と水稻の移植時期が同調するため、越冬世代成虫が移植後の水田に直接侵入する。この現象は関東以西の地域との大きな相違点である。同様のことは宮城県においても一部の個体群で認められている（本蔵ら，1987）が、水稻移植期の水田個体群のすべてが越冬世代成虫であることは北海道における大きな特徴の一つである。

越冬世代成虫は関東以西の調査では短翅型が多いとされている（岡本ら，1967；三田，1966；杉野ら，1975）が、北海道の内陸地帯の個体群では異なる結果が得られた。すなわち道南部から太平洋沿岸地帯の個体群は従来の報告と同様に短翅型の出現率が高いが、岩見沢市や旭川市周辺部の内陸部の個体群は各年とも低率であった。岸本（1956）は短翅型雄の出現率は休眠を経過することによって上昇すると報告している。野外ケージ内で越冬させた幼虫を時期別に加温すると、加温時期が遅くなるほど雌雄の短翅型率に差がなくなり、岸本（1956）の報告と一致したが、この場合も大野産と旭川産とでは短翅型率に明らかな差がみられた。岸本（1959）は休眠に入った幼虫でも、その後不適当な食物条件下では雌雄とも短翅型率が低下する。岡本ら（1967）もイタリアンライグラスでは越冬世代成虫の雌の短翅型率はやや低い。また杉野ら（1975）は越冬世代成虫の短翅型率は越冬期密度と負の相関があると報告している。しかし本実験でみられた短翅型率の地域間差は食草条件や越冬密度によるとは考え難く、越冬世代成虫の短

翅型率が低いことは、北海道内陸部に生息する個体群の生態的特徴の一つであると考えられる。

北海道においてはヒメトビウンカはイネに強く依存し、水田周辺で周年生息していることも関東以西との大きな相違点である。水田における発生量は年次によって変動するが、その変動は水田に侵入する越冬世代成虫の密度に依存し、これに以降の気象要因が影響を及ぼしている。発生量の変動に関与する気象要因としては気温のみが認められ、特に越冬世代成虫の産卵時期である6月中旬の平均気温はその後の発生量に大きな影響を与えていると考えられる。降雨が幼虫の生息に悪影響することが指摘されている(山田・足立, 1971; 村松, 1979)が、発生量の変動に対する降雨の影響は本実験結果からは少なかった。しかし越冬世代成虫の産卵時期に降雨が多い年は第1世代幼虫

の発生量が低下する傾向がみられることから、降雨が成虫の産卵活動およびふ化幼虫の生存に影響を及ぼしていると考えられる。

北海道におけるイネ縞葉枯病の伝染環の中で越冬世代成虫の果たす役割は大きく、その発生時期と発生量はイネ縞葉枯病の防除対策上重要な要因である。越冬世代成虫の発生量は越冬世代幼虫の密度に強く依存することから、5月の水田畦畔における幼虫密度と6月の水田内における成虫密度との間に、また水田内における6月の越冬世代成虫の寄生量と7月の第1世代幼虫の寄生量との間にそれぞれ有意な関係が認められた。これらの関係から越冬世代成虫および第1世代幼虫の発生量を予測する回帰式を呈示した。この回帰式から発生量を予測することによって適切な防除対策を講ずることが可能である。

第5章 イネ縞葉枯病の発生と保毒虫の推移

イネ縞葉枯病はヒメトビウンカによって媒介される（栗林，1931）ため、圃場におけるイネの発病経過を追跡し、ヒメトビウンカとの関係を明確にすることが防除対策を構築するうえで重要である。またヒメトビウンカのウイルス保毒状況は本病の流行状態を示す指標となる（岸本，1985）ので、北海道におけるその実態を明らかにする必要がある。そこで北海道における本病の発生実態、発病経過およびイネ体への接種によるウイルスの増殖について調査し、保毒虫の分布と保毒虫率の変動を調査して発病と保毒虫との関係を検討した。

第1節 イネ縞葉枯病の発生実態と発病経過

イネ縞葉枯病の発生経過は地域や栽培様式によ

って異なることから、北海道における本病の発生分布と上川管内における発生実態についてとりまとめ、本病の発病経過について検討した。また接種によってイネ、秋播小麦におけるウイルスの増殖を検討した。

第1項 北海道におけるイネ縞葉枯病の分布

北海道におけるイネ縞葉枯病の発生が留萌支庁小平町で初めて確認されたのは1968年で、翌1969年には旭川市、奥尻町および新冠町で新たに発生が認められた（第19表）。その後1977年までは内陸部の上川支庁管内においてのみ認められ、他の支庁では認められなかったが、1978年に渡島支庁管内で広範囲に発生が認められ、1979年には松山および日高支庁で、1980年には道央の石狩支庁管内

第19表 イネ縞葉枯病発生面積の各支庁別年次推移

（単位：ha）

年次	渡島	檜山	後志	胆振	日高	石狩	空知	上川	留萌	網走	十勝	全道
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1969	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
1970	0	0	0	0	0	0	0	127	0	0	0	127
1971	0	0	0	0	0	0	0	1507	0	0	0	1507
1972	0	0	0	0	0	0	0	4100	0	0	0	4100
1973	0	0	0	0	0	0	0	1780	0	0	0	1780
1974	0	0	0	0	0	0	0	1570	0	0	0	1570
1975	0	0	0	0	0	0	0	4130	0	0	0	4130
1976	0	0	0	0	0	0	0	11072	0	0	0	11072
1977	0	0	0	0	0	0	0	14160	0	0	0	14160
1978	1935	0	0	0	0	0	0	15318	0	0	0	17253
1979	2141	360	0	0	1	0	0	14830	0	0	0	17332
1980	1806	200	0	0	2	1	0	13105	0	0	0	15114
1981	1000	0	0	0	0	0	0	9404	0	0	0	10404
1982	344	276	0	0	357	0	0	7438	0	0	0	8415
1983	1621	1	0	0	9	0	0	7209	0	0	0	8840
1984	0	5	0	0	134	0	0	7020	0	0	0	7159
1985	1411	11	1	0	1855	0	1503	15987	0	0	0	20768
1986	1237	11	1	64	366	0	24	12600	0	0	0	14303
1987	855	12	12	275	302	0	936	4662	0	0	0	7054
1988	1366	408	15	274	518	0	5	9274	0	0	0	11860

農作物有害動物発生予察事業年報（北海道農政部）およびより抜粋した。

でも認められた。さらにヒメトビウンカが異常発生した1985年は主要稲作地帯である空知および後志支庁管内でも発生し、空知管内での発生分布はほぼ全域にわたった。1986年には胆振支庁管内でも発生が認められ、イネ縞葉枯病の分布は網走および十勝支庁管内を除く、道内の主要な水稻栽培地帯のほぼ全域に拡大した。

第2項 上川管内におけるイネ縞葉枯病の発生実態

上川支庁管内の各市町村において1978年から1984年に本病の発生実態を調査した(第20表)。1980年以降本病の発生は減少し、特にこの傾向は本病の常発地帯である旭川市、東神楽町、東川町および当麻町において顕著であった。そこでこれら以外の町村を少発地帯として発病株率別の圃場割合をみると、常発地帯では1977年には発病株率10%以上の圃場は27.2%を占めたが、1979年以降は急速

第20表 上川管内におけるイネ縞葉枯病発病株率の市町村別年次変動

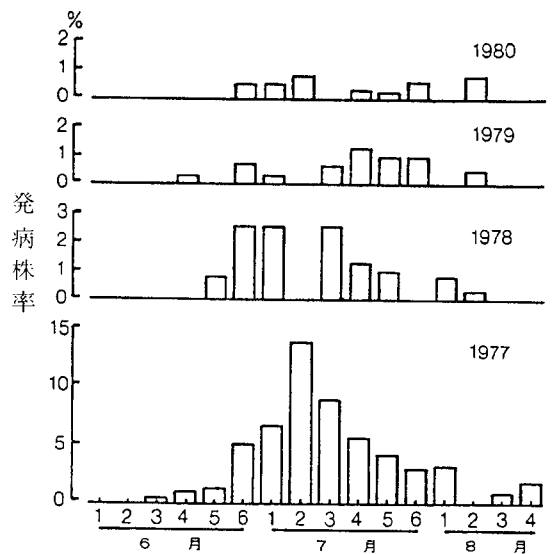
調査		発病株率(%)						
市町村名	地点数	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
美瑛町	16	0.4	0.1	0.0	0	0	0.0	0
東神楽町	37-10*	3.4	1.2	2.7	3.0	1.0	2.6	0.6
東川町	38	3.6	4.0	0.9	0.6	0.3	0.4	0.2
旭川市	68	4.7	3.4	1.6	1.4	0.8	0.5	0.1
鷹栖町	23	0.3	0.7	0.5	0.2	0.1	0	1.5
当麻町	36	3.8	3.5	2.8	1.4	0.1	0.1	0
比布町	20	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0
愛別町	15	0.4	0	0.0	0	0	0	0
上川町	16	0	0	0	0	0	0	0

調査時期：7月下旬～8月上旬、調査方法：1圃場3か所、1か所100株、計300株調査、調査地点数：東神楽町は1981年以降は10地点。

に低下し、1982年には10%以上の圃場は認められなかった。少発地帯でも同様の傾向で、多くの場合は1%内外の発病株率にとどまっていたが、1982年には殆ど発生が認められない程度にまで低下した。

第3項 イネ縞葉枯病の発病経過

上川郡東神楽町東聖の一般農家の水田でイネ縞葉枯病の発病経過を1977年～1980年の4年間調査した。調査圃場における耕種概要は第21表に示した。移植後から初発病までは頻繁に観察を行い、発病確認後はほぼ5日毎に全株について発病の有無を調査し、発病株は標識を付した。イネ縞葉枯病の発病経過を第22表に、品種「しおかり」について各調査時期別の発病消長を第23図に示した。本田における発病経過は年次、品種および地点で



第23図 イネ縞葉枯病の時期別発病株率の推移
品種：「しおかり」

第21表 イネ縞葉枯病発病消長調査圃場の耕種概要

年次	1977年 (a, b)	1978年 (a)	1979年 (a)	1980年 (a)
試験場所	東神楽町東聖 (a地点：塚田 弘氏圃場, b地点：木村秋義氏圃場)			
品種	「イシカリ」「うりゅう」「しおかり」「ともゆたか」			
移植月日	5月22日	5月21日	5月24日	5月26日
栽植密度	畦幅36cm, 株間12cm, 2本植え(手植え)			
区面積	14m ² , 5区制	14m ² , 5区制	17m ² , 1区制	17m ² , 1区制

第22表 イネ縞葉枯病の発病消長

①1977年												
調 査 月 日	「イシカリ」		「うりゅう」		「ともゆたか」		「しおかり」					
	a	b	a	b	a	b	a	b				
6. 13	0.3%	0%	0%	0%	0%	0%	0.3%	0%				
20	0.3	0	0	0.7	0.3	1.5	1.2	0.7				
24	0.9	1.4	0.3	1.5	0.6	1.8	2.4	1.8				
30	2.0	2.5	0.6	5.1	1.2	4.1	7.6	3.3				
7. 5	4.5	5.0	3.3	7.4	2.1	5.2	14.2	7.3				
11	7.1	5.7	8.0	9.6	4.3	8.5	28.1	11.4				
16	11.6	8.2	13.3	12.1	6.4	10.7	36.9	17.2				
20	15.9	10.7	16.6	14.7	11.0	12.5	42.6	22.7				
25	18.2	17.1	21.0	18.4	12.8	15.9	46.8	29.3				
8. 1	19.3	24.2	24.6	21.3	15.0	19.2	49.8	34.1				
6	22.7	27.0	28.7	23.5	16.8	21.4	52.9	38.1				
12	23.9	31.3	32.0	25.0	17.4	23.2	53.8	41.4				
17	23.9	34.2	32.5	25.4	19.0	24.7	55.6	44.3				

②1978年～1980年												
調 査 月・半 旬	「イシカリ」			「うりゅう」			「ともゆたか」			「しおかり」		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
6. 1	-%	-%	0%	-%	-%	0%	-%	-%	0%	-%	-%	0%
2	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-	0.3	0.3	-	0	0	-	0	0	-	0.3	0
5	0.3	-	-	0.5	-	-	0	-	-	0.8	-	-
6	0.5	0.3	0.5	1.0	0	0	0.3	1.3	0	3.4	1.0	0.5
7. 1	1.8	1.0	0.8	1.8	0.3	0.3	1.6	1.3	0.3	6.0	1.3	1.0
2	-	-	0.8	-	-	0.5	-	-	0.8	-	-	1.8
3	4.7	1.5	-	2.9	0.5	-	4.4	1.5	-	8.6	2.0	-
4	6.0	3.0	1.0	3.4	1.0	0.8	5.0	2.0	1.6	9.9	3.3	2.1
5	7.0	3.5	1.3	3.7	1.3	1.3	5.2	2.5	1.6	10.9	4.3	2.3
6	-	5.5	3.1	-	1.8	1.3	-	3.3	1.6	-	5.3	2.9
8. 1	7.8	-	-	3.9	-	-	5.5	-	-	11.7	-	-
2	8.3	6.0	3.1	4.2	2.3	1.8	5.5	3.3	2.1	12.0	5.8	3.7
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	8.3	-	-	4.2	-	-	5.5	-	-	12.0	-	-

発病株率：累積発病株率で示した。a、b：圃場別（1977年のみ、第19表参照）、調査圃場：東神楽町東聖、農家圃場（殺虫剤無施用）、調査方法：各区全株調査。

異なったが、初発時期は6月中旬から下旬で、移植後22日から32日であった。多発病年も少発病年もこの時期の発病株率は低かった。その後発病は8月中旬頃まで増加した。増加率は7月に最も高かった。発病株率は年次および品種によって異なる

り、1977年は19.0%～55.6%と高かったが、1978年以降は年々発病株率は低下し、上川管内における本病の発生実態と一致した。

時期別発病株率の推移を比較すると、多発生した1977年は初期の発病が多く、6月6半旬から7

月2半旬にかけて急速に発病が増大して大きな山を形成した。その後発病の増加割合は低下したが、後半の発病も多かった。1978年は1977年に比較すると少発生であったが、6月6半旬から7月3半旬にかけて発病は増加し、1977年に類似した推移を示した。少発生の1979年と1980年は初期の発病が少なく、発病の増加の山もみられず明瞭な発病経過を示さなかった。

品種間でも発病株率に差異がみられ、1977年は「しおかり」の発病株率が他の3品種に比較して高く、1978年も同様の傾向がみられた。しかし少発生年は品種間の差は明らかでなかった。

第4項 接種による発病

1981年6月5日にバット(28cm×47cm、深さ11cm)に苗床土壌を入れ、イネ11品種を等間隔に播種した。1.5~2葉期に株ごとにガラス円筒(径2.5cm、深さ29cm)をかぶせ、2世代累代飼育した保毒4齢幼虫を5頭放飼し、上部をテトロン布で被覆し、定温器(25℃、24時間照明)内で48時間管理した。この後に保毒虫を回収し、ガラス円筒を除去して定温器(27℃~28℃、16時間照明)内で栽培し、5日後と10日後に各品種から1株を採取して冷凍保存し、ウイルス検定を行った。

イネ体内のイネ縞葉枯ウイルス濃度は品種によって異なり、接種後5日のウイルス濃度は「なるかぜ」が最も高く、「きたこがね」および「上育縞379」(イネ縞葉枯病抵抗性品種育成のための中間母本)からはウイルスは検出されなかった。接種後10日では「上育縞379」以外の各品種でウイルスは検出されたが、「ユーカーラ」での増殖は他の品種に比較して緩慢であった(第23表)。「しおかり」のウイルス濃度は「イシカリ」、「ともゆたか」より高く、圃場における発病株率の品種間の差とほぼ一致した。

1981年8月25日から5日ごとに、秋播小麦(「ホロシリコムギ」)を1/5,000 aワグネルポット(畑土壌、標準施肥)に4粒播種した。2葉期にガラス円筒(径12cm、深さ18cm)をかぶせ、3~4世代累代飼育した保毒4齢幼虫を10頭放飼して上部をテトロン布で被覆し、野外条件下で管理した。接種後5日~6日に保毒虫を回収して野外で栽培した。PHC乳剤(50%)の1,000倍希釈液を積雪期間を除きほぼ1週間ごとに散布した。1981年10月23日と1982年5月26日に各ポットから2株ずつ採取して冷凍保存し、ウイルス検定を行った。越冬前の秋播小麦からウイルスが検出されたのは9月1日~5日に接種した場合のみであった。越冬後

第23表 接種によるイネ幼苗でのイネ縞葉枯ウイルスの検出

品 種	接種5日後(希釈倍数; $2^n \times 10^2$)								接種10日後(希釈倍数; $2^n \times 10^2$)							
	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵	2 ⁶	2 ⁷	2 ⁸	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵	2 ⁶	2 ⁷	2 ⁸
きたこがね	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	±	-	-
イシカリ	+	+	+	±	-	-	-	-	+	+	+	+	±	-	-	-
なるかぜ	+	+	+	+	+	±	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
しおかり	+	+	±	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	±	-
ともゆたか	+	+	+	±	-	-	-	-	+	+	+	+	+	±	-	-
キタヒカリ	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
ほうりゅう	+	+	±	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	±	-
ユーカーラ	+	±	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
おんねもち	+	+	+	+	±	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
かむいもち	+	+	±	-	-	-	-	-	+	+	±	-	-	-	-	-
上育縞379	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ : 陽性反応, - : 陰性反応, ± : 中間反応を示す。接種方法: 1.5~2葉期に保毒ヒメトビウシカ4齢幼虫5頭を48時間放飼した。接種条件: 25℃~26℃, 24時間照明。接種後は27℃~28℃, 16時間照明 下で栽培した。接種月日: 1981年6月5日。

の5月26日には9月下旬までに接種した区からウイルスが検出されたが、10月以降の接種では検出されなかった(第24表)。

第2節 保毒虫の分布と年次変動

イネ縞葉枯ウイルスを保毒したヒメトビウンカの分布や保毒虫率の年次変動は本病の流行状態を示す指標である(岸本, 1985)が、北海道における実態は明らかでない。そこで1977年から抗体感

作赤血球凝集反応法を使用して、主要稲作地帯における保毒虫の分布、保毒虫率の変動およびイネ縞葉枯病の発病との関係について検討した。

第1項 北海道における保毒虫の分布

北海道の水稲栽培地帯から採集したヒメトビウンカのイネ縞葉枯ウイルスの保毒状況を1977年～1984年に検定した(第25表)。保毒ヒメトビウンカの分布は、網走および十勝支庁管内を除く水稲栽培地帯で広く認められた。支庁および年次によ

第24表 接種による秋播小麦でのイネ縞葉枯ウイルスの増殖

接 種 月 日	1981年10月23日								1982年5月26日							
	希釈倍数 ($2^n \times 10^2$)								希釈倍数 ($2^n \times 10^2$)							
	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵	2 ⁶	2 ⁷	2 ⁸	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵	2 ⁶	2 ⁷	2 ⁸
9月1日～5日	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
9月5日～10日	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	±	-	-
9月10日～16日	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	±	±	-	-	-
9月21日～26日	-	-	-	-	-	-	-	-	±	±	±	±	-	-	-	-
10月2日～7日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
無 接 種	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

±：反復のうち一方が+（陽性反応）、もう片方が-（陰性反応）であることを示す。

接種時期：2葉期に1ポットあたり保毒ヒメトビウンカ4齢幼虫10頭を5日～6日間放飼した。

接種条件：野外条件下で行った、実験年次：1981年～1982年。

第25表 水稲栽培地帯におけるヒメトビウンカ保毒虫率の年次変動

支 庁	保 毒 虫 率 (%)							
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
渡 島	0.7(4)	3.1(9)	3.9(7)	5.5(5)	6.1(7)	7.4(6)		
檜 山		1.3(3)	0.4(3)			0.9(1)		
後 志		0(1)	0(2)			0.5(1)		
胆 振			1.1(2)	0(1)	0.5(2)	0(1)	0.9(3)	
日 高	0.7(1)	1.0(3)	0.6(3)	1.3(4)	7.0(2)			
石 狩		0(2)	0.4(2)	0(1)			0.5(1)	
空 知		0(3)	0(4)	0(3)	0(2)	0(2)	4.2(2)	0(6)
上 川	15.0(15)	9.5(48)	5.9(43)	5.1(31)	6.6(18)	11.1(11)	8.2(5)	11.0(12)
留 萌			0.5(2)	0.4(2)	0.7(1)			
網 走			0(1)					
十 勝					0(2)	0(1)		
全 道	15.0(15)	7.6(61)	4.2(70)	3.8(51)	4.7(34)	7.4(24)	4.8(18)	7.9(18)

()：検定地点数、検定個体：収穫期の水田または水田畔雑草から採集した越冬前の4齢幼虫を1地点あたり50頭～300頭検定した。

検定時期：10月中旬～11月上旬。

って検定地点数が異なったが、保毒虫率の支庁間の差は大きかった。保毒虫率が最も高かった上川管内では保毒虫は広範囲に分布し、保毒虫率は本病の常発地帯で15%~20%と高い値を示したが、少発地帯ではいずれも2%以下と低く、本病の発病程度と並行的な関係が認められた。1979年から保毒虫率は低下傾向を示し、1982年以降は10%前後を変動した。1978年に本病の発生が確認された渡島支庁管内では、1978年の越冬世代の保毒虫率は低かったが、その後上昇して1983年には7.4%にも達した。特に函館市西桔梗では25.0%と著しく高かった。一方上川管内と同時期に本病の発生が

確認された留萌、日高および松山支庁管内での保毒虫率は1%前後と低く推移したが、日高管内の平取町では1979年以降上昇し、1982年には7.0%に達した。

第2項 保毒虫率の年次変動

旭川市、東神楽町および東川町から10圃場を選定し、1977年~1982年に保毒虫率とイネ縞葉枯病の発病株率を調査した(第26表、第27表)。ヒメトビウカカの保毒虫率は検定を始めた1977年春季の越冬後幼虫から高く、保毒虫率の平均は東神楽町で18.3%、東川町で12.2%、旭川市で9.8%と関

第26表 同一圃場におけるヒメトビウカ保毒虫率の年次変動

市町別調査地点	保 毒 虫 率 (%)							
	1977S	1977A	1978	1979	1980	1981	1982	
旭川市	a	19.2	20.3	25.7	20.0	14.0	17.1	12.7
	b	—	25.6	40.0	11.6	16.0	8.7	13.3
	c	8.3	13.3	36.0	9.3	7.3	6.0	13.2
	d	2.0	4.0	5.7	7.3	5.3	11.0	8.5
東神楽町	a	21.0	26.0	28.0	14.1	15.7	15.0	16.1
	b	17.4	19.7	24.3	12.7	16.1	8.1	7.5
	c	16.5	21.7	20.0	11.0	12.3	15.5	6.5
東川町	a	20.8	25.3	29.0	16.3	11.0	8.0	10.1
	b	—	13.0	28.7	13.7	15.9	6.5	8.0
	c	3.6	11.3	18.0	17.3	9.7	7.4	16.6

市町のa、b、c、d：調査圃場番号、調査時期：1977年は春季越冬後幼虫(S)と秋季越冬前幼虫(A)を、1978年以降は秋季越冬前幼虫で検定した。検定齢期：4齢幼虫、検定個体数：1地点あたり300頭、

第27表 同一圃場におけるイネ縞葉枯病発病株率の年次変動

市町別調査地点	発 病 株 率 (%)							
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
旭川市	a	6.7	17.8	15.0	2.3	4.0	8.7	0.3
	b	—	19.8	15.0	1.7	1.0	1.0	1.3
	c	9.5	11.0	15.3	6.7	1.3	3.3	0.3
	d	0.1	0.4	2.5	3.3	1.3	3.5	1.0
東神楽町	a	17.5	9.3	15.2	8.8	9.3	3.7	0.7
	b	10.5	17.3	10.5	2.3	3.3	5.0	0.3
	c	11.5	7.7	9.0	2.3	1.0	6.0	1.0
東川町	a	14.2	12.6	22.3	8.4	2.5	0.7	0
	b	16.4	15.2	26.0	17.5	8.0	0	0
	c	1.4	2.5	5.7	4.6	—	1.0	0.3

市町のa、b、c、d：調査圃場番号、調査時期：7月下旬~8月上旬、1圃場3か所、1か所100株、計300株の発病株数を調査、

東地方の流行地と同程度の値であった。1977年秋季の越冬前幼虫の保毒虫率は春季に比較して各地点とも上昇し、1978年には多くの地点で20%を上回り、36%~40%に達した地点がみられた。1976年~1978年のイネ縞葉枯病の発病株率も各地点で上昇し、1978年には多くの地点で15%以上の高い発病株率となった。

1979年に保毒虫率は急速に低下し、前年の同時期と比較して28%も低下した地点がみられ、本病の発病株率も多くの地点で著しく低下した。1980年以降はイネ縞葉枯病の発生が少なかったにもかかわらず、保毒虫率の低下割合は緩慢であった。地点間で変動が大きかったが、概して横ばいからやや低下傾向を示し、1982年にはほぼ10%前後の保毒虫率を維持した。

第3項 経卵伝染

旭川産個体群の経卵伝染率は0%~100%と個体によって異なったが、平均すると86.6%であった(第28表)。保毒雌の産出した幼虫が全て無毒虫となる場合がみられ、これらの個体を除くと、経卵伝染率は80%~100%で、平均値は92.2%であった。

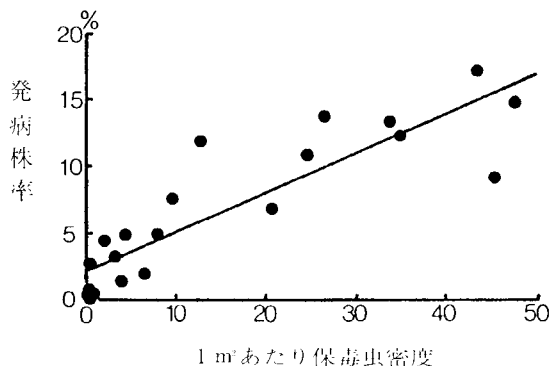
第28表 ヒメトビウンカによるイネ縞葉枯病ウイルスの経卵伝染

個体番号	供試個体数	保毒個体数	保毒虫率
47	40	38	95.0
50	15	14	93.3
52	34	29	85.3
57	39	35	89.7
67	26	26	100
72	17	17	100
86	15	12	80.0
89	15	0	0
91	28	28	100
97	15	15	100
計	247	214	86.6

供試個体群：旭川産保毒個体群、個体番号：供試した保毒雌成虫の番号、供試個体数：保毒雌の子孫で、保毒検定に供試した幼虫数、保毒検定：4齢幼虫、実験期間：1981年6月~7月。

第4項 保毒虫率と発病の関係

越冬前幼虫の保毒虫率が高いほど翌年のイネ縞葉枯病の発病株率は高まる傾向がみられ、発病株率10%を越える地点の保毒虫率は8%~10%以上であった。しかし媒介昆虫であるヒメトビウンカの密度を無視したため、両者の間の相関係数は低くかった。そこでこの関係に越冬世代幼虫密度を加味し、単位面積(1㎡)あたりの保毒虫密度と発病株率との関係を求めると、両者の間には有意な関係が認められ、越冬世代の保毒幼虫密度から発病程度の予測が可能であった(第24図)。



第24図 ヒメトビウンカ越冬世代の保毒幼虫密度と発病株率との関係

保毒幼虫密度：春季の水田畦畔における越冬幼虫密度(1㎡あたり個体数)に前年秋季の越冬前幼虫の保毒虫率を乗じた。
 発病株率：7月下旬~8月上旬の発病株率、
 調査年次：1978年~1979年。

イネ縞葉枯病の発病はイネに寄生するヒメトビウンカの保毒虫密度の関数として表され、発病株率(Y)とヒメトビウンカの密度(N)および保毒虫率(P)との関係は $Y = 1 - e^{-kNP}$ の式が適合する(岸本, 1985; 村松, 1979; 杉野ら, 1975)。そこで1971年から1982年の発病調査および防除試験で保毒虫率が明らかな圃場の結果(第29表)を使用して数式モデルへの適合性を検討した(第30表)。6月下旬の保毒虫密度および7月中旬の保毒虫密度、さらに両者の合計値と発病株率との間にそれぞれ有意な関係が認められた。これらの関係から、保毒虫密度が低い場合は保毒虫密度の増加にとも

第29表 圃場におけるヒメトビウカ寄生密度および保毒虫率とイネ縞葉枯病の発病

年次	保毒虫率	発病株率	寄生個体数(1株あたり)			
			6月中旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬
1977	0.168	17.2%	0.2050	0.1100	3.0100	2.1220
	0.036	12.7	0.0800	0.9500	1.4000	3.0830
1978	0.197	9.5	0.0150	0.1300	0.3400	0.6900
	0.197	10.0	0.0150	0.0950	0.4100	0.5600
	0.130	22.0	0.0050	0.5850	1.0800	2.0700
	0.260	15.2	0.0240	0.2390	0.2940	0.5510
	0.260	10.2	0.0050	0.0610	0.1280	0.3290
1979	0.287	17.5	0.0200	0.0750	0.4200	0.8150
	0.280	16.0	0.0700	0.1300	0.2100	0.4100
	0.057	3.3	0.0200	0.1070	0.3311	0.1330
1980	0.141	3.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0100
	0.141	7.5	0.0100	0.0200	0.1400	0.2800
	0.073	1.3	0.0185	0.0300	0.0965	0.2480
1981	0.159	6.8	0.0001	0.0300	0.1500	0.5650
	0.053	3.5	0.0100	0.0175	0.0775	0.1850
1982	0.065	4.5	0.0001	0.0050	0.0400	0.2400
	0.110	1.0	0.0100	0.0200	0.0925	0.1950

保毒虫率：前年秋季の越冬前幼虫の保毒虫率，1977年は春季の越冬後幼虫の保毒虫率，
発病株率：7月下旬～8月上旬の発病株率。

第30表 ヒメトビウカ保毒虫密度とイネ縞葉枯病発病株率の関係

時 期	決定係数(R ²)	回 帰 式
6月中旬	0.2533	$Y = 100 (1 - e^{-4.0419NP - 0.0821})$
6月下旬	0.6874	$Y = 100 (1 - e^{-2.6371NP - 0.0524})$
7月上旬	0.3580	$Y = 100 (1 - e^{-0.3588NP - 0.0763})$
7月中旬	0.7517	$Y = 100 (1 - e^{-0.6304NP - 0.0333})$
6月中旬+下旬	0.8057	$Y = 100 (1 - e^{-2.4919NP - 0.0435})$
6月中旬+7月上旬	0.3567	$Y = 100 (1 - e^{-0.3364NP - 0.0763})$
6月下旬+7月上旬	0.4972	$Y = 100 (1 - e^{-0.3952NP - 0.0666})$
6月下旬+7月中旬	0.8398	$Y = 100 (1 - e^{-0.5779NP - 0.0282})$
7月上旬+中旬	0.5562	$Y = 100 (1 - e^{-0.2540NP - 0.0563})$

Y：発病株率，N：1株当り寄生個体数，P：保毒虫率。

ない発病株率は急速に増加するが，保毒虫密度が高い場合は保毒虫密度がさらに増加しても発病株率の増加は緩慢になることが示された。

また第30表に示した回帰式から発病株率がほぼ100%となる株あたり保毒虫密度は，6月下旬で約5頭，7月中旬で約10頭となった。

第3節 考 察

北海道でイネ縞葉枯病の発生が初めて確認されたのは1968年で、都府県における発生と比較して遅かった。その経路は明らかでないが、中国大陸から約400km離れた東シナ海洋上で本種はセジロウンカ、トビイロウンカに次いで多く採集され、イネ縞葉枯ウイルスの保毒虫も含まれている（岸本, 1979）。ウラジオストック周辺でも1975年頃からイネ縞葉枯病の発生が見られ、1978年の保毒虫率は20%とされている（岸本, 1985）。このようなことから、本種には予想以上に移動する個体が存在するとみられ、北海道における本病の発生源が保毒ヒメトビウンカの飛来によるものと推察される。

保毒虫の分布はイネ縞葉枯病の発生分布とよく一致し、保毒虫検定調査で保毒虫の発生が確認された市町村では、1年～3年後に本病の発生が確認される事例がみられ、未発生地区における本病の発生子知方法として有効である。保毒虫率から発病の多少を予測することは難しいが、発病株率10%を越える地区では保毒虫率が8%～10%以上であることから、これ以上の保毒虫率を示す地区では本病が流行状態にあると考えられる。上川管内中央部における1977年、渡島および日高支庁管内における1978年以降の保毒虫率の推移は本病の蔓延状況をよく表しており、保毒虫率は本病の流行状態を示す指標として利用可能と考えられる。

保毒虫率の変動要因として経卵伝染率、罹病イネからの吸汁獲得率および保毒虫率の異なる個体群の混入があげられている（岸本, 1972）。北海道における経卵伝染率は80%～100%でこれまでの報告（新海, 1962；山田・山本, 1955a）とほぼ一致し、旭川市周辺のヒメトビウンカ個体群の経卵伝染率は90%前後と推定された。しかし保毒雌の産出個体群が全て無毒虫と判定された場合もある。経卵伝染率は個体変異、系統の変異が大きく、同様のことは浅賀・小野（1965）、桜井ら（1967）およびRagaら（1988）も認めている。

河野（1966）は保毒虫の変動を解析するための数理モデルを提案し、村松（1979）は河野のモデ

ルに年間世代数を加味した保毒虫率の変動モデルを示した。これらのモデル式から算出した北海道産個体群の吸汁獲得率（経卵伝染率は0.90とした）は0%～29%で、これまでの報告（新海, 1962, 山田・山本, 1955）とほぼ一致した。しかし吸汁獲得率と発病株率を対比させると、発病株率の上昇により吸汁獲得率が高くなる傾向はみられるが、関連性は低かった。

同一圃場における保毒虫率の年次変動はイネ縞葉枯病の発生程度の影響を受け、発病株の増加によって保毒虫率の急速な上昇が引き起こされた。しかし発病株の減少による保毒虫率の低下は緩慢であった。北海道においてヒメトビウンカはイネに依存して水田周辺で周年経過するため、発病株率の増加によってウイルスの吸汁獲得は容易となるが、一方年間の発生世代数が3世代と少ないため、経卵伝染による自然低下率の低いことが保毒虫率の低下を緩慢にしている要因と考えられる。同様のことは関東地方でも認められており、岸本（1979）は各地方の保毒虫率を解析し、地方によって保毒虫率の低下率に差がみられ、西日本では保毒虫率の低下は比較的早いのが、関東地方では低下が緩やかであると報告している。このような現象が経卵伝染の低下率だけによるかどうかはさらに解析する必要があるが、少なくとも北海道では保毒虫率の自然低下率が低く、イネ縞葉枯病の流行を長引かせる要因になっていると考えられる。

イネ縞葉枯ウイルスに対するイネの感受性は若葉期ほど高く、生育にともなって低下し、13葉期を過ぎると発病しないとされている（新海, 1962；山田・山本, 1956）。北海道のイネの生育相は本州とは異なり、「イシカリ」は10葉期、「しおかり」は11葉期以降にウイルスを接種しても発病しなかった（上川農試, 1977）。そこで圃場における発病経過から感染時期を推定すると、発病の初発期が移植後3週間～4週間であることから、感染は移植後と推定される。7月下旬～8月中旬の出穂前から出穂後にかけての発病は、7月下旬頃までに感染したものであり、北海道における重要な感染時期は移植後から7月中旬頃までと推定される。このことから本病の感染に関与するヒメト

ヒウンカの世代は越冬世代成虫と第1世代幼虫である。総発病株に占める割合は第1世代幼虫による感染が大きいと判断されるが、越冬世代成虫は水田内に病原ウイルスを持ち込むと同時に、次世代以降の発生源となることから防除対象として最も重要であり、ウイルス伝染環において果たす役割は大きい。

イネ縞葉枯病は発病時期が早いほどイネの生育に及ぼす影響が大きい(安尾ら, 1965)。北海道においても6月中旬から下旬に発病した株は枯死するものが多い。枯死をまぬがれた株も発病率は無効茎や不完全穂になるものが多い。発病時期が遅れるほど発病程度は軽くなり、株あたり穂数も増加するが、発病率の正常な出穂は少ない。関東以西では、出穂後の発病が出穂前より多い場合がある(上原・都崎, 1975; 松尾・高津, 1964; 安尾ら, 1965)。しかし北海道においては出穂後にも発病率は増加するが、出穂前に比較すると少ないのが通常年の発病推移である。

発病と収量との関係は地域、品種、栽培法、さらに発病様相などによって異なるため減収程度は一定ではない。発病率と減収率とはほぼ等しく(平尾, 1969; 重永・古山, 1961)、発病率はその0.25倍(森, 1977; 尾田, 1980)から0.5倍(平尾, 1969; 高橋ら, 1983)が減収率になっている。北海道における調査でも同様の結果が得られ、発病率5.0%で6.5%、発病率10%で6.3%の減収(上川農試, 1977)となっている。水稻収量の許容誤差は平均収量の3.5%であるとされ、これに防除経費1.5%を加えて平均収量の5%を被害許容水準としている(釜野, 1983)。上川農試(1977)の被害査定式(2本植え栽培)から被害許容水準5%に対応する発病率と発病株率を求めるとそ

れぞれ3.9%、8.0%と算出された。しかし実際には3本~5本植えが普通であり、株の全茎が発病することよりも、むしろ株の一部が発病する場合の方が多いため、被害許容水準は発病率で5%、発病株率で10%前後にあると推定される。

発病と保毒虫率とヒメトビウンカの発生密度との関係はイネ縞葉枯病発生の基本的な関係である。イネ縞葉枯病の発病は、移植後のイネに寄生する越冬世代成虫および第1世代幼虫の個体群密度と、その個体群に含まれる保毒虫の割合によって規定される保毒虫密度の関数として表された。この関係からイネ縞葉枯病の発病株率に対するヒメトビウンカの密度と保毒虫率の影響を検討した。まずヒメトビウンカの密度を一定とし、保毒虫率を変化させた場合の発病株率への影響をみると、密度が低い場合は、保毒虫率が上昇しても発病率は低く、ほぼ保毒虫率の増加に比例して発病率は増加する傾向がみられたが、密度が増加するにもなって、保毒虫率が低くても発病率は急速に高まり飽和曲線を示した。一方保毒虫率を一定とし、ヒメトビウンカの密度を変化させた場合にも同様な関係がみられ、ヒメトビウンカの密度か保毒虫率のどちらかが高まれば発病率は高まり、どちらか一方が低くなれば発病率が低下し、発病率が保毒虫密度に強く依存することが示された。そこで、推定被害許容水準の発病株率が10%になる保毒虫密度を求めると、6月下旬で株あたり0.02頭、7月中旬で0.115頭と算出された。各時期の被害許容保毒虫密度はヒメトビウンカの発生量の予測回帰式から予測され、これに基づいて必要な防除対策を生産者に指導することによって、イネ縞葉枯病の発生を被害許容水準以下に抑制することが可能である。