

# 茨城県におけるムギ類土壤伝染性ウイルス病の 発生生態と防除に関する研究

## 第1報 病原ウイルスの系統と発生生態

小川 奎\*・渡辺 健・飯田幸彦\*\*・千葉恒夫\*\*\*  
山崎郁子\*\*\*\*・柏崎 哲\*\*\*\*\*・土崎常男\*\*\*\*\*

Studies on the epidemiology and control of  
soil-borne virus diseases of barley and  
wheat in Ibaraki Prefecture.

### I. Epidemiology.

Kei OGAWA, Ken WATANABE, Yukihiro IIDA, Tsuneo CHIBA,  
Ikuko YAMAZAKI, Satoshi KASHIWAZAKI and Tsuneo TSUCHIZAKI

キーワード：ムギ類土壤伝染性ウイルス病, オオムギ縞萎縮病, コムギ縞萎縮病, ムギ類萎縮病,  
BaYMV, WYMV, SBWMV, ウイルス系統, 発生生態

目		次			
I	諸言	2	3. ムギ類萎縮ウイルスの系統	26	
II	茨城県に発生するムギ類土壤伝染性 ウイルスの種類	5	4. 考察	27	
	1. 病徴	5	IV	オオムギ縞萎縮病の発生生態	29
	2. ELISA法による病原ウイルスの診断と 地域的分布	5		1. 圃場におけるオオムギ縞萎縮病の蔓延	30
	3. 考察	17		1) 未発生圃場に伝染源を投入した場合の 蔓延過程	30
III	茨城県における病原ウイルスの系統	18		2) 畑と水田における蔓延の比較	30
	1. 判別品種によるオオムギ縞萎縮ウイルス系統 の判別と地域的分布	18		2. 伝染源	33
	2. オオムギ縞萎縮ウイルスⅡ型・Ⅲ型系統の 発生実態	22		1) 罹病残渣の病原力	33
	1) オオムギ縞萎縮ウイルスⅡ型系統の変遷	22		2) トラクタのロータリ付着土量	33
	2) オオムギ縞萎縮ウイルスⅢ型系統	22		3. 土壤硬度とオオムギ縞萎縮病の発病との 関係	34
	(1) 抵抗性品種ミサトゴールデンの罹病	23		1) 現地における実態調査	34
	(2) 圃場の発病前歴とミサトゴールデンの 罹病程度	24		2) 土壤硬度とオオムギ縞萎縮病との関係	34
	(3) ミサトゴールデン連作における発病の 増加	24		4. 土壤pHと発病との関係	35
	(4) オオムギ縞萎縮ウイルスⅢ型系統の 地域的分布と蔓延	25		5. 考察	35
			V	総合考察	36
				摘要	38
				引用文献	40
				Summary	43
				図版	47

\*現農水省農業研究センター, \*\*現農業総合センター生物工学研究所, \*\*\*現農業総合センター園芸研究所,  
\*\*\*\*元茨城県農業試験場, \*\*\*\*\*農水省農業研究センター, \*\*\*\*\*鯉淵学園

## I 緒 言

現在、わが国で発生が認められるムギ類のウイルス病には、アブラムシやウンカ類によって媒介される虫媒伝染性の北地モザイク病、黄萎病、黄葉病、すじ萎縮病、縞葉枯病および土壌生息菌でムギ類の根に寄生する *Polymyxa graminis* によって媒介される土壌伝染性の縞萎縮病や萎縮病がある。なかでも土壌伝染性ウイルス病は、病原ウイルスが土壌中の *Polymyxa* 菌の休眠胞子中に存在<sup>14, 20</sup>し、連作によって保毒 *Polymyxa* 菌の濃度が増加することにより被害が増大するため、難防除病害として広く知られている。また、発病程度が甚だしいと収穫皆無になるなど、被害が大きく、重要病害の一つとして恐れられている。これらの土壌伝染性ウイルス病は古くから発生の認められていた病害であるが、1940年代に全国的にオオムギ縞萎縮病が大発生し、これを契機として多くの研究が行われた。

しかし、1961年に施行された農業基本法のもとで野菜、果樹、畜産などの収益性作物への選択的拡大が推進されたため、1948～1951年には1,700,000 haあったムギ類は全国的に作付面積が低下し、1973年には過去最低の154,800 haまで落ち込んだ。このような麦作衰退のもとでは土壌伝染性ウイルス病はほとんど問題にならなくなったが、1974年から水田転換作物の一つとしてムギ類の作付けが奨励され、再び作付けが増加するようになるにつれて発生が顕在化し、その発生も全国規模に及んだ。第1表に示すように、1980年代には全国の発生面積は年ごとに拡大する傾向にあり、1986年の縞萎縮病を主とした土壌伝染性ウイルス病の発生面積は30,817 haと、総作付面積の一割近くに達した。北海道を除く本州の代表的な麦産地である茨城、栃木、群馬、埼玉の各県を中心とする北関東麦作地帯や福岡、佐賀、熊本の各県を中心とする北九州麦作地帯および徳島、香川の各県を中心とする四国ハダカムギ地帯など、軒並みに本病の発生に見舞われている。なかでも茨城県の発生面積は10,189 ha (1986年)と総発生面積の1/3を占めている。とくに、ビール醸造用二条オオムギ栽培地帯ではオオムギ縞萎縮病の被害が激しくビール麦作の将来にとって危機的状態になった<sup>5</sup>。本研究はこのような状態の時期の1984年に開始した。

わが国のムギ類を侵す土壌伝染性ウイルス病には barley yellow mosaic virus (BaYMV) によるオオムギ縞萎縮病、wheat yellow mosaic virus (WYMV)

によるコムギ縞萎縮病および soil-borne wheat mosaic virus (SBWMV) によるムギ類萎縮病がある。BaYMVとWYMVはともに Baymovirus サブグループに属する、巾約13 nm、長さが約275 nmと約550 nmの2種類の粒子よりなるひも状ウイルス<sup>6)</sup>で両者の間には血清学的関係がある<sup>6)</sup>。一方、SBWMVは Furovirus グループに属し、巾20 nm、長さが90～160 nmと250～300 nmの2種類の粒子よりなる桿状ウイルスである<sup>1)</sup>。

いずれの病害も古くから発生が認められ、多くの研究が行われてきた。わが国ではコムギ縞萎縮病ならびにムギ類萎縮病はすでに1916年頃より佐賀や静岡で認められていた<sup>6)</sup>が、当時は病原不明の病害であった。ムギ類萎縮病はアメリカ合衆国においても1919年頃より認められており、Mckinney<sup>25)</sup>によって rosette disease に侵されたコムギの細胞内からX体の存在が確認され、また汁液接種に成功し、初めて本病が土壌伝染するウイルス病であることが明らかにされた。現在はわが国の他、アメリカ合衆国やイタリアなどで発生が認められている<sup>1)</sup>。また、コムギ縞萎縮病はWYMVの一系統である wheat spindle streak mosaic virus (WSSMV) がカナダおよびアメリカ合衆国で発生していることを Slykhuis<sup>4, 40)</sup>が報告している。一方、オオムギ縞萎縮病は1934年に岡山県下で発見され、鑄方・河合<sup>10)</sup>によって初めて記載された。その後、外国における報告はなく、わが国固有の病害と考えられてきたが、1970年代後半からドイツ<sup>7, 8)</sup>、フランス<sup>20)</sup>、イギリス<sup>9)</sup>、ベルギー<sup>20)</sup>などで次々に認められ、現在、ヨーロッパ諸国では秋播きオオムギの極めて重要な病害となっている<sup>9)</sup>。これらムギ類土壌伝染性ウイルス病の伝染に関しては、長い間ウイルスの媒介者は不明とされてきたが、Canova<sup>3)</sup>、Rao<sup>38)</sup>によってコムギの土壌伝染性ウイルス (SBWMV) がムギの根に寄生する変形菌の一種 *Polymyxa graminis* によって媒介されることが明らかにされた。オオムギ縞萎縮病についてはわが国の遠山・草葉<sup>5)</sup>、草葉ら<sup>19, 20, 21)</sup>が *Polymyxa graminis* Ledingham によって媒介されることを証明した。

これらのウイルスの寄主範囲はムギ類の種類によって異なる。SBWMVはコムギおよびその近縁種、オオムギ、ライムギを侵し、寄主範囲が広いのに対し、BaYMVはオオムギのみを、WYMVはコムギのみを侵し、寄主範囲が極めてせまいことが認められている<sup>10)</sup>。

茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

第1表 全国におけるムギ類の縞萎縮病発生面積（ha）の推移

都道府県名	1983年		1984年		1986年	
	作付面積	発生面積	作付面積	発生面積	作付面積	発生面積
北海道	105,500	0	101,600	0	98,400	0
青森	3,620	0	3,860	0	3,700	0
岩手	3,690	0	4,040	0	3,250	0
宮城	1,840	0	2,080	0	2,190	21
秋田	4,270	0	4,260	0	2,950	0
山形	1,910	0	1,880	0	1,290	0
福島	2,290	0	2,260	0	1,810	0
茨城	19,300	3,836	19,400	4,888	17,900	10,189
栃木	26,600	594	27,500	4,759	25,900	3,786
群馬	16,300	0	16,400	741	16,500	1,514
埼玉	15,100	22	15,800	359	16,400	1,190
千葉	2,660	0	2,670	0	2,200	10
東京都	188	0	178	0	161	0
神奈川県	708	0	720	0	672	0
山梨	610	0	573	0	420	2
長野	2,060	0	2,180	2	1,560	20
静岡県	540	0	571	0	687	0
新潟	3,710	0	3,820	0	2,640	0
富山	4,290	0	4,410	0	3,170	0
石川	1,880	0	2,000	0	1,680	0
福井	2,910	0	2,970	0	2,400	0
岐阜	1,900	1	2,100	2	1,900	3
愛知	2,500	11	2,800	5	2,990	50
三重	3,580	0	3,590	0	2,830	0
滋賀	3,870	0	4,180	1	3,320	3
京都	493	7	562	17	567	11
大阪	2	0	7	0	28	0
兵庫県	2,150	0	2,310	2	2,560	43
奈良	141	0	154	0	171	0
和歌山	11	0	13	0	11	0
鳥取	556	5	717	5	709	22
島根	322	2	329	1	303	21
岡山	5,060	80	5,210	165	5,390	110
広島	765	0	795	0	732	0
山口	1,440	10	1,500	1	1,960	5
徳島	4,430	0	4,330	784	4,230	2,450
香川	8,070	3,090	7,850	3,110	7,570	2,645
愛媛	4,190	51	4,340	41	4,290	307
高知	31	0	32	0	21	0
福岡	23,800	291	24,400	480	27,400	2,334
佐賀	23,500	62	24,300	1,803	27,300	4,254
長崎	5,580	100	5,640	110	6,760	221
熊本	15,400	150	15,500	2,400	18,200	1,303
大分	12,700	4	13,200	429	13,400	133
宮崎	4,340	0	4,230	0	3,180	161
鹿児島	5,840	6	6,010	0	5,350	9
沖縄	2	0	2	0	3	0
計	350,649	8,322	353,273	20,105	347,055	30,817

注) 数字は植物防疫年報（農蚕園芸局植物防疫課）および作物統計（農林水産省統計情報部）から抜粋。

茨城県における主要麦種は、ムギ類の作付面積17,900 haのうち、二条オオムギは4,970 ha、六条オオムギは4,570 ha、コムギは8,150 haと三麦がほぼ同じような割合で栽培されている(茨城農林水産統計協会, 1986)。このような特徴に加えて、県内に分布するムギ類の土壤伝染性ウイルスも、吉岡<sup>60)</sup>によってBaYMV, WYMV, SBWMVの三種類が分布していることが確認されている。しかし、これら三種の土壤伝染性ウイルス病の病徴は酷似しているため、外観上からはどのウイルスに感染しているのか正確に診断することは極めて困難である。これらの土壤伝染性ウイルス病は*Polymyxa graminis*に媒介されるなど生態的には極めて類似点が多いが、ウイルスの寄主範囲は種類によって異なるので、防除のために麦種の転換や抵抗性品種を利用する場合には事前にそこに分布するウイルスの種類を知る必要がある。

これらウイルス病の診断にはX体の観察、感染ウイルス粒子の電子顕微鏡観察および血清学的診断法がある。BaYMVおよびWYMVに感染したムギ表皮細胞中のX体はほぼ円形、SBWMVは楕円形~棒状、不規則塊状である<sup>10,63,66)</sup>ので、これを診断の決め手とする。しかし、病徴の鮮明なものでは区別できるが、病徴の不鮮明なものでは困難と言われている。BaYMVおよびWYMVのウイルス粒子はひも状、SBWMVは稈状であり<sup>12,13,39,42)</sup>、電子顕微鏡による直接観察で正確に診断できる。しかし、宿主体内における濃度が低いと検出頻度が低く、時間を要するので、多数の試料の同時検定には適さない。これに対して、血清学的診断法の一つとして宇杉ら<sup>60)</sup>によって開発されてきたELISA法(enzyme-linked immunosorbent assay method, 酵素結合抗体法)は多数の試料を同時に処理でき、高精度にBaYMVおよびWYMVとSBWMVとを判別することができる。さらに高橋ら<sup>49,50)</sup>はウイルス保毒虫検定に利用される簡易ELISA法を用いて労力と時間を著しく削減することに成功し、ムギ類土壤伝染性ウイルス病への応用も可能となり、現地圃場におけるウイルスの分布調査は容易になった。そこで本研究でも茨城県内のムギ類土壤伝染性ウイルス病の地域的分布を明らかにしようとした。

一方、抵抗性品種の育成が急ピッチで進められていたが、BaYMVによって壊滅的な打撃を被っていたビール醸造用二条オオムギに、高度抵抗性品種木石港3を母本としたミサトゴールデンをはじめとするオオムギ縞萎縮病抵抗性品種が育成された<sup>5,24,43)</sup>。ところが、その普及に当たり茨城県の一部の地域ではミサトゴールデンが罹病する現象が筆者らによって発見された。BaYMVの系

統については以前からその存在が示唆されており、異なる地域から採集した病土間の病原性に差異があることを、斎藤・岡本<sup>41)</sup>は主として六条オオムギおよびハダカムギ品種で、また岡本ら<sup>30)</sup>、安・吉野<sup>67)</sup>、草葉ら<sup>20)</sup>は二条オオムギ品種で認めている。しかし、高橋ら<sup>46,47,48)</sup>は病土および汁液接種による検定の結果、系統の存在は不明瞭とし、多数のオオムギ品種および系統のオオムギ縞萎縮病抵抗性検定のなかから中国から導入した六条オオムギの木石港3が各地のオオムギ縞萎縮病常発地で全く発病しないことを見だし、その抵抗性が部分優性遺伝子Ymにより支配されることを明らかにするとともに、仮に病原ウイルスに系統分化があるとしても、高度抵抗性品種木石港3がいずれの病土でも発病しなかったことから、育種上特に考慮する必要はないと結論づけた。しかし、ミサトゴールデンの罹病はウイルス系統分化の問題の重要性を改めて提起した。

さらに宇杉ら<sup>60)</sup>は茨城県から採集した六条オオムギ品種カシマムギの罹病株から分離したBaYMVは、汁液接種の結果から栃木分場分離株、九州農試分離株とは反応が異なることを明らかにし、系統名を暫定的にIおよびII型とした。さらに柏崎ら<sup>15,16,17)</sup>の全国的な系統調査の結果、オオムギの品種反応の差異からBaYMVの系統はI型はI-1, I-2およびI-3に、II型はII-1およびII-2に、ミサトゴールデンなどの抵抗性品種を侵す系統はIII型と、わが国では未発見であったオオムギマイルドモザイクウイルス<sup>17,20)</sup>(barley mild mosaic virus, BaMMV)に分類した。本研究ではこの新しい抵抗性品種を長く活用できるよう、抵抗性品種を侵すウイルス系統の把握に全力をあげた。さらに、茨城県におけるオオムギ縞萎縮病の発生生態について詳細な研究を行った。

本論文の一部は既に報告<sup>2,31,32,33,34,51,52,66)</sup>したが、ここにとりまとめて報告する。

本研究を進めるにあたり、農林水産省農業研究センター病害虫防除部ウイルス病防除研究室長日比野啓行博士にはELISA法によるウイルスの診断にあたり、終始御懇篤な御指導を賜わった。九州農業試験場ウイルス病研究室長林 隆治博士および前室長宇杉富雄博士(現熱帯農業研究センター)にはムギ類萎縮ウイルス系統に関して御懇篤な御指導を賜わった。

前茨城県農業総合センター農業研究所長稲生 稔氏、元茨城県農業試験場長新妻芳弘氏、同元場長松田 明博士、同元場長関口計主博士、元茨城県農林水産部改良普及課(現農業技術課)専門技術員川田惣平氏には研究遂行上の便宜と激励を賜わった。茨城県農業試験場病虫部

長（現茨城県農業総合センター農業研究所病虫研究室長）下長根 鴻博士，同前部長米山伸吾博士，同元部長祝迫親志博士，同元部長高井 昭氏および同元作物部長（現農産課技佐）石原正敏氏には研究遂行上種々の御配慮をいただいた。

栃木県農業試験場栃木分場ビール麦育種部早乙女和彦氏には二条オオムギ品種の同定をしていただいた。

茨城県農業試験場（現農業研究所）作業技術部主任研究員（現環境研究室長）平沢信夫氏には研究遂行上多大の御協力をいただいた。

また，茨城県病害虫防除所の各位には，罹病ムギサン

ブルの収集にあたり多大な御協力をいただいた。現地試験では，茨城県下館地区，結城地区，真壁地区農業改良普及所を中心とした県内各農業改良普及所および各担当農家の各位の助力に負うことが大きかった。

ここに記して，各位に衷心より感謝の意を表する。

なお，本研究の大部分は中核研究「北関東麦作地帯における麦類（二条オオムギ，六条オオムギ，コムギ）縞萎縮病の総合防除法の確立」（1984～1986）と特定研究「転換畑高度畑作技術確立試験研究」（1987～1988）および「地域水田農業技術確立試験研究」（1989～1991）の中で行われたものである。

## II 茨城県に発生するムギ類土壤伝染性ウイルスの種類

茨城県内に分布する三種類のムギ類の土壤伝染性ウイルス病，オオムギ縞萎縮病（BaYMV），コムギ縞萎縮病（WYMV），ムギ類萎縮病（SBWMV）はウイルスの種類によって寄主範囲が異なるが，その生態や病徴は極めて酷似している。そこで，血清学的診断法の一つとして宇杉ら<sup>6)</sup>によって開発されてきたELISA法（酵素結合抗体法）を用いて茨城県下の広くから採集した罹病標本について感染ウイルスの種類を同定し，県内のウイルス病の地域的分布の特徴を明らかにしようとした。

### 1. 病 徴

BaYMVに感染した二条オオムギの病徴は初め茎葉に黄緑色で細長いかすり状の斑点が生じ，発病最盛期の2月下旬から3月中旬には株が萎縮し，分けつは少なくなる。葉身全面にモザイクが現れ黄化が甚だしくなるとともに下葉は黄変し，褐色の壊死斑点を生ずる（写真1，2）。極めて弱い品種では枯死に至ることもある。六条オオムギでは二条オオムギとほぼ同様な病徴を呈するが，萎縮の程度は二条オオムギほど激しくない（写真3）。

WYMVに感染したコムギの病徴はBaYMVによく似ているが比較的軽く，不鮮明で，一見すると肥料切れのように見える。分けつは少なくなるが萎縮の程度はBaYMVほど顕著ではなく，葉がねじれることはない（写真4）。

SBWMVの病徴は前二者に比べて植物体の節間の伸長は悪く，さらに萎縮の程度が激しくなり，分けつが増加し叢生となる。六条オオムギでとくに顕著であり，新葉はねじれ，葉のモザイクは黄緑色で長く，緑の部分がやや濃い傾向にある（写真5）。コムギでは葉色がアン

トシアンを帯び紫褐色となる（写真6）。

また，SBWMVはBaYMVおよびWYMVと重複感染することが多い。その病徴は萎縮の程度がより激しくなり，モザイクが強調される。葉のモザイク部分はマスキングされずに壊死することもある。

これらのウイルスによる病徴は分けつ茎のすべてに一斉に現れるのではなく，1株の中でも茎葉に病徴の認められる分けつ茎とそうでない分けつ茎とがある。

4月になると病徴は気温の上昇とともにマスキングされ，モザイクは次第に消失するが罹病株は草丈が低いので健全株と区別することはできる。

以上は一般的な病徴を述べたものであって，品種あるいは圃場条件の違いによって植物体の栄養条件が異なれば，さまざまな病徴となって発現する。したがって，外観上の病徴から感染ウイルスの正確な診断を行うことは困難である。

### 2. ELISA法による病原ウイルスの診断と地域的分布

これらの土壤伝染性ウイルス病を回避する最も手軽で有効な方法は，異なる寄主範囲の麦種や抵抗性品種を導入することであるが，圃場に分布する病原ウイルスの種類を診断を誤ると麦種や品種の選択が有効に働かない。したがって，病原ウイルスの種類を把握することは，本病対策にとって極めて重要なことである。

また，茨城県内の病原ウイルスの地域的分布に特徴がみられれば，比較的容易に病原ウイルスが判断できることになる。その基礎的な知見を得るために茨城県内全域から各麦種の罹病標本を採集し，ELISA法によりウ

ウイルス診断を行った。

### 材料および方法

1985～1987年の3年間にわたり、ウイルス病の病徴が最も顕著に現れる3月中～下旬に茨城県内各市町村のムギ栽培圃場から罹病ムギを採集した。1985年は64市町村から、二条オオムギ68点、六条オオムギ74点、コムギ54点を、1986年は60市町村から二条オオムギ53点、六条オオムギ67点、コムギ77点を、1987年は69市町村から二条オオムギ47点、六条オオムギ68点、コムギ58点を採集した。標本の採集は茨城県水戸、銚田、土浦および下館防除所が行ったが、採集した罹病株は根圏ごと掘り上げ、径7.5 cmのデスカップに仮植し、ELISA検定を行うまで茨城県農業試験場のグロースキャビネット(13～15℃)内に一時保管した。ELISA法によるウイルス診断は、宇杉ら<sup>9)</sup>の方法に従い、農林水産省農業研究センター病虫害防除部ウイルス防除研究室で一斉に行った。

BaYMVおよびWYMVの抗血清は宇杉・斎藤<sup>7,8)</sup>、SBWMVはTsuchizaki *et al.*<sup>10)</sup>が作成したものをを用いた。検定液は0.05% Tween 20を含む50倍のリン酸緩衝生理食塩水(PBS-T)<sup>11)</sup>を加えて、乳鉢内で磨碎して抗原とした。

### 実験結果

ELISA法でウイルスが検出されたのは二条オオムギ119点、六条オオムギ149点、コムギ162点であった。茨城県内におけるムギ類土壌伝染性ウイルスの地域的な分布を明らかにするため、1981年の茨城県作物統計から各市町村の二条オオムギ、六条オオムギ、コムギの作付け面積の比率を求め、優先的に栽培されている麦種構成をもとに7種類の栽培地帯にタイプ分けした。三麦のうち、①二条オオムギが60%以上を占める市町村を二条オオムギ優先栽培地帯、②六条オオムギが60%以上

を占める市町村を六条オオムギ優先栽培地帯、③コムギが60%以上を占める市町村をコムギ優先栽培地帯、④二条オオムギと六条オオムギが優先で双方の合計が80%以上を占める市町村を二条オオムギ+六条オオムギ優先栽培地帯、⑤同様に二条オオムギ+コムギ優先栽培地帯、⑥六条オオムギ+コムギ優先栽培地帯、さらにこれら以外の三麦が混在している市町村を⑦三麦混在地帯とした。

調査結果を市町村の地域別にとりまとめたものが、第2～第22表で、全体を集計したものが第23表である。茨城県内におけるムギ類土壌伝染性ウイルスの発生は麦種によって異なった様相を呈した。

栽培されている二条オオムギ品種はニューゴールデン、あかぎ二条、あまぎ二条、はるな二条などのビール醸造用であるが、すべてBaYMVの単独感染でSBWMVの感染は認められなかった。

これに比べて六条オオムギの品種はカシマムギが大半であるが、BaYMVの単独感染は38%、SBWMVの単独感染は12%、BaYMVとSBWMVとの重複感染も50%認められ複雑であった。なかでも栽培地帯別に病原ウイルスの種類をみると、いくつかの特徴がみられた。すなわち、BaYMVの単独感染は①二条オオムギ優先栽培地帯に栽培されている六条オオムギに多くみられた。その他の地帯ではBaYMVとSBWMVとの重複感染が大半を占めた。とくに重複感染の比率が高いのは②六条オオムギ優先栽培地帯であった。また、SBWMVの単独感染は②六条オオムギ優先栽培地帯で比較的多くみられた。

コムギは茨城県内では主として農林61号が多く栽培されているが、WYMV単独感染が60%と大半を占め、次いでSBWMVの単独感染が27%であった。WYMVとSBWMVの重複感染は六条オオムギと異なって13%と少なかったが、コムギが優先的に栽培されている③、⑤、⑥の地帯で多くみられた。一方、SBWMVの単独感染は六条オオムギが優先的に栽培されている②、④、⑥、⑦の地帯であった。

第2表 二条オオムギ栽培地帯の二条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	二条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類 <sup>a)</sup>		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
麻生町	84%	1985	原畑		
江戸崎町	79%	1985	佐倉原		
		1986	佐倉原(2)		
		1987	佐倉原		
勝田市	75%	1985	長砂, 中根		
		1986	高野		
		1987	長砂, 中根		
大洋村	75%	1985	汲上, 江川		
		1986	江川		
		1987	汲上		
桜川村	75%	1987	須賀津		
美浦村	74%	1985	興津		
那珂湊市	73%	1985	磯崎, 十三奉行		
		1987	磯崎		
鹿島町	71%	1986	清水(2)		
東海村	67%	1985	村松, 照沼		
		1986	須和間		
阿見町	64%	1985	掛馬台		
		1987	下小池		
水戸市	60%	1985	西原		
		1986	飯島		
11	—	—	28	0	0

a) BaYMV, BaY: オオムギ縞萎縮ウイルス  
SBWMV, SB: ムギ類萎縮ウイルス

第3表 二条オオムギ栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	二条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
東村	94%	1986		佐原組新田	
江戸崎町	82%	1985	佐倉原, 村田		
		1986	佐倉原, 村田		
		1987	佐倉原		
大洋村	75%	1986	大蔵		
		1987	大蔵		
桜川村	75%	1987		須賀津	
那珂湊市	73%	1986	磯崎		
鹿島町	71%	1986		清水	
利根町	63%	1986		加納新田	
水戸市	60%	1985	上大野		
		1986	上大野, 中大野		
		1987	飯富	上大野	
8	—	—	12	5	0

第4表 二条オオムギ栽培地帯のコムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	二条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類 <sup>a)</sup>		
			WYMV	WY・SB	SBWMV
勝田市	79%	1986	三反田		
那珂湊市	73%	1985	部田野		
		1986	磯崎, 原		
		1987	磯崎		
鹿島町	71%	1985	明石	明石	
		1986	清水, 明石(4)		
		1987	明石		
東海村	67%	1986	船場		
友部町	63%	1985	上市原	平町	
		1986	南友部		
5	—	—	15	2	0

a) WYMV, WY : コムギ縮萎ウイルス  
SBWMV, SB : ムギ類縮萎ウイルス

第5表 六条オオムギ栽培地帯の二条オオムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	六条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
河内村	76%	1985	二本松		
		1986	下片巻		
		1987	源清田		
藤代町	73%	1985	清水, 百井戸		
潮来町	66%	1985	大賀		
真壁町	63%	1985	塙世, 源法寺		
		1986	原山 塙世, 須賀津 材		
4	—	—	12	0	0

第6表 六条オオムギ栽培地帯の六条オオムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	六条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
五霞村	75%	1987	本屋敷		
藤代町	73%	1985	清水(2)	渋沼, 浜野 百井戸, 神住	
牛堀町	71%	1985	永山	後根切, 大台前 牛堀(2) 宿後(2) 堀の内(3)	堀の内(2)
		1986	牛堀		
		1987			
潮来町	66%	1985		十四番(2)	大賀, 日の出
		1986			
真壁町	63%	1985	原山	塙世, 源法寺 原山	亀熊 亀熊 中村
		1986	林		
		1987	羽鳥		
5	—	—	8	18	7



茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

第7表 六条オオムギ栽培地帯のコムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	六条オオムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			WYMV	WY・SB	SBWMV
五霞村	75%	1987	浮戸		堀口
藤代町	73%	1985 1987			山王(2) 配松, 山王
猿島町	71%	1987			山
潮来町	66%	1986 1987	日の出		十四番 大生
真壁町	63%	1985 1987	上谷貝, 原方		塙世, 源法寺 亀熊 白井
5	—	—	4	0	12

第8表 コムギ栽培地帯の二条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	コムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
石下町	65%	1987	峰		
常陸太田市	63%	1985 1987	下落合 小島		
2	—	—	3	0	0

第9表 コムギ栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	コムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			BaYMV	BaY・SB	SBWMV
金砂郷町	66%	1985 1986 1987	下利員	下利員	下宮河内
1	—	—	1	1	1

第10表 コムギ栽培地帯のコムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	コムギの栽培比率	採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
			WYMV	WY・SB	SBWMV
波崎町	100%	1986	仲新田		仲新田
千代川村	83%	1985		唐崎	唐崎
		1986			
		1987	鎌庭, 大園木		
水府村	71%	1985	和久		
		1986	桐原, 松平		
		1987	国安		
取手市	70%	1987			永山
玉里村	65%	1985	高崎		
		1987	高崎		
石下町	65%	1985		豊田, 西豊田 新石下 南石下	豊田, 三坂
		1986	南石下		
		1987	横堤		
金砂郷町	66%	1985	下利員		
		1986	赤土, 久米(2)		
		1987	久米		
常陸太田市	63%	1985	稲木		
		1986	下大門, 天神 島町, 上落合		
		1987	瑞竜		
下妻市	62%	1987	大串, 糸繰格		
桜村	61%	1987			平須
10	—	—	24	5	6

第11表 二条オオムギ, 六条オオムギ優先栽培地帯の二条オオムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
茎崎町	58	23	19	1985	小茎		
				1987	上岩崎, 駒込		
内原町	52	28	19	1985	中原		
				1986	築地		
茨城町	43	38	5	1985	小鶴, 石崎		
				1986	雨宮		
				1987	駒場 新興, 前原		
下館市	33	50	17	1985	下野殿		
				1986	小川		
				1987	茂田, 鎌庭新田 野殿		
境町	29	51	20	1987	山崎		
明野町	24	57	19	1986	山王堂		
6	—	—	—	—	18	0	0

茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

第12表 二条オオムギ，六条オオムギ優先栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
明野町	24	57	19	1985	倉持	勝宮	築地
				1986			
				1987			
境町	29	51	20	1986		下小橋，中坪	
下館市	33	50	17	1985		下野殿 小川 国府田，山崎	
				1986			
				1987			
茨城町	43	38	5	1985	新興，前原 大高，五里峯	石崎 長岡	
				1986			
				1987			
常北町	48	32	19	1985	増井		
				1986			
茎崎町	58	23	19	1985	ノ切		
6	—			—	9	9	2

第13表 二条オオムギ，六条オオムギ優先栽培地帯のコムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		WYMV	WY・SB	SBWMV
新利根村	63	16	21	1987	太田		
内原町	52	28	19	1985	有賀 中原		万蔵寺 万蔵寺
				1986			
				1987			
明野町	24	57	19	1985	海老ヶ島，勝宮	勝宮	築地，倉持 倉持，山王堂 宮山
				1986			
				1987			
下館市	33	50	17	1985			上野殿 下野殿 野殿
				1986			
				1987			
4	—			—	5	1	10

第14表 二条オオムギ，コムギ優先栽培地帯の二条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
結城市	59	17	24	1985	下小埞，下り松 鹿窪(2)，芳賀崎 粕札，下り松 二軒地		
				1986			
牛久市	51	19	30	1987	柏田		
笠間市	46	13	36	1985	来栖		
				1987			
三和町	44	20	36	1987	上和田		
4	—			—	12	0	0

第15表 二条オオムギ, コムギ優先栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
牛久市	51	19	30	1985	柏田	結束	
				1987	柏田		
結城市	59	17	24	1985	大木	芳賀崎 今宿 山王	
				1986			
				1987			
笠間市	46	13	36	1985	来栖	来栖	来栖
				1986			
				1987			
3	-			-	4	5	1

第16表 二条オオムギ, コムギ優先栽培地帯のコムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		WYMV	WY・SB	SBWMV
笠間市	46	13	36	1985	稲田	稲田	
				1986			
				1987	稲田		
三和町	44	20	36	1987			上根
結城市	59	17	24	1985	山王	粕札 南宿	
				1987			
3	-			-	3	3	1

第17表 六条オオムギ, コムギ優先栽培地帯の二条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
大穂町	19	47	34	1985	大曾根		
				1987	大曾根		
緒川村	18	43	38	1985	上小瀬		
筑波町	16	27	57	1987	洞下		
伊奈町	11	52	37	1986	板橋, 野堀		
水海道市	6	39	53	1985	米山, 中郷		
				1986	白畑		
				1987	篠山		
5	-			-	10	0	0

茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

第18表 六条オオムギ，コムギ優先栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
土浦市	11	54	32	1986		笠師	
				1987		神立	
伊奈町	11	52	37	1985	野堀	豊体 板橋(2)	
				1986			
大穂町	19	47	34	1987		吉沼，口ノ堀 花園	
岩井市	9	47	43	1985	新屋敷	鹿東	駒寄橋
				1987			
緒川村	18	43	38	1985	小舟		
水海道市	6	39	55	1986	米山，中郷	三要，中郷 北山，菅生	
				1987			
谷和原村	4	39	53	1985		加藤	
				1986		加藤	
				1987		加藤，鬼長	
八千代町	16	37	47	1987		久下田	
八郷町	18	22	59	1985	籠田	張間	
				1987			
9	—	—	—	6	19	1	

第19表 六条オオムギ，コムギ優先栽培地帯のコムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類				
	二条	六条	コムギ		WYMV	WY・SB	SBWMV		
八郷町	18	22	59	1985	籠田 張間，上曾 宇治会				
				1987					
筑波町	16	27	57	1986	中菅間 田中				
				1987					
水海道市	6	39	55	1985	羽生，北山	山納，大輪 上羽生，砂原	砂原		
				1986					
				1987				谷津	
八千代町	16	37	47	1985		高崎(2)	高崎		
				1986					
岩井市	9	47	43	1985	駒寄橋 弓田	猫実新田	出口		
				1986					
伊奈町	11	52	37	1985		野堀			
				1986			板橋		
大穂町	19	47	34	1986			高野		
土浦市	11	54	32	1985	白鳥，粟野 神立(3)				
				1986					
8	—	—	—	16	8	5			

第20表 三麦混合栽培地帯の二条オオムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
那珂町	50	23	23	1985	横堀, 木ノ倉		
				1986	豊喰		
				1987	飯田		
桂村	46	29	24	1985	孫根, 坏(2)		
				1986	孫根, 坏		
				1987	阿野沢 坏		
山方町	42	24	31	1985	山方宿, 野上		
				1987	照田 山方宿		
谷田部町	38	23	39	1986	高須賀, 萱丸		
大和村	37	34	29	1985	不坪, 平面		
				1986	平面, 阿部田		
				1987	福泉		
協和町	35	43	22	1985	蓮沼, 新治		
				1986	小栗		
関城町	34	29	37	1986	上野		
				1987	上野西郷 下河原		
常澄村	29	40	10	1986	小泉, 下大野		
岩瀬町	29	26	44	1985	加茂部		
				1986	加茂部		
				1987	豊谷		
出島村	29	20	48	1985	大坪		
				1986	大和田		
美和村	18	44	31	1985	永沢		
11	—			—	36	0	0

## 茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

第21表 三麦混合栽培地帯の六条オオムギにおける土壤伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		BaYMV	BaY・SB	SBWMV
美和村	18	44	31	1985	永山		下桧沢
				1986			
協和町	35	43	22	1985		太陽寺	
豊里町	29	41	22	1985		金村	椿本
				1987			
常澄村	29	40	10	1985		太陽	
御前山村	21	39	39	1985		野口	
大和村	29	34	37	1985		平面	大国玉
				1987			
桂村	46	29	24	1985	孫根, 阿野沢 孫根, 阿野沢 阿波山		
				1986			
				1987			
関城町	34	29	37	1985	中藤ヶ谷  上野西郷	井上 木有戸	上野, 井上
				1986			
				1987			
新治村	25	29	46	1987		下坂田	
岩瀬町	29	26	44	1985	久原	加茂部 久原, 大泉	
				1986			
				1987			
山方町	42	24	31	1985	山方宿 山方宿		
				1986			
谷田部町	38	23	39	1985		飯田, 鍋沼新田  境松	萱丸
				1986			
				1987			
那珂町	50	23	23	1985	豊喰 額田		
				1986			
石岡市	29	20	45	1985	御前山村 中津川	関川, 高浜 三村	
				1986			
				1987			
出島村	29	20	48	1985	萩平 穴倉		
				1987			
15	—			—	17	17	6

第22表 三麦混合栽培地帯のコムギにおける土壌伝染性ウイルスの診断

市町村	ムギ類栽培比率(%)			採集年	サンプル採集地のウイルスの種類		
	二条	六条	コムギ		WYMV	WY・SB	SBWMV
出島村	29	20	48	1985 1987	大和田 大和田, 西成井		
新治村	25	29	44	1985	小高		
石岡市	29	20	45	1985 1986 1987	中津川 中津川 関川	井関	
岩瀬町	29	26	44	1985 1986 1987	富谷(2) 南飯田, 中黒		加茂部(2) 加茂部, 富谷
谷田部町	38	23	39	1985 1986	高須賀		飯田
御前山村	21	39	39	1985 1986	野口 門井, 野口		
関城町	34	29	37	1987	橋本		
山方町	42	24	31	1986	長沢, 山方		
豊里町	27	41	31	1985 1986 1987	手子生	上郷	大宿
美和村	18	44	31	1985 1986	上桧沢	下桧沢	氷沢
大和村	37	34	29	1985 1987	阿部田		福泉, 阿部田
那珂町	50	23	25	1986 1987	木ノ倉, 横堀 木ノ倉		
桂村	46	29	24	1985 1986 1987	孫根 阿野沢, 阿波山 坏 坏		
協和町	35	43	22	1985			蓮沼
14	—			—	29	3	10



第23表 茨城県における麦種栽培地帯別の麦種別土壤伝染性ウイルスの種類と分布

市町村の 優先栽培麦種	二条オオムギ			六条オオムギ			コ ム ギ		
	BaY	BaY・SB	SB	BaY	BaY・SB	SB	WY	WY・SB	SB
二条オオムギ	28	0	0	12	5	0	15	2	0
六条オオムギ	12	0	0	8	18	7	4	0	12
コ ム ギ	3	0	0	1	1	1	24	5	6
二条+六条オオムギ	18	0	0	9	9	2	5	1	10
二条オオムギ+コムギ	12	0	0	4	5	1	3	3	1
六条オオムギ+コムギ	10	0	0	6	19	1	16	8	5
三 麦 混 合	36	0	0	17	17	6	29	3	10
合 計	119	0	0	57	74	18	96	22	44

### 3. 考 察

茨城県は醸造用二条オオムギ、カシマムギを主体とする六条オオムギおよびコムギとバラエティに富んだ麦種が栽培されている。一方、ムギ類を侵す土壤伝染性ウイルスには二条オオムギ、六条オオムギを侵すBaYMV、コムギのみを侵すWYMVのほかにもオオムギ、コムギの両者を侵すSBWMVが存在し、これらのウイルスが単独あるいは混在して発生しており、麦種とそれらに病原性を有するウイルスとは複雑な関係にある。これら三種類の土壤伝染性ウイルス病は、葉身にモザイクが現れ、株が萎縮する共通の病徴を呈し、病徴からウイルス病を正確に診断することは難しい。しかし、宇杉ら<sup>9)</sup>によって確立されたELISA法を適用すれば三種のウイルス病の診断は、正確に行うことができた。

そこで、1985～1987年の3年間にかけて、茨城県内各地のムギ栽培圃場から病害虫防除所が採集した罹病ムギ、三麦合計566試料についてELISA法で検定した。試料採集した市町村は延べ139にのぼったが、この三種のムギ類土壤伝染性ウイルスの地域的な分布を、その地域でそれまで栽培されてきた主要麦種と照合した。

二条オオムギがSBWMVに罹病した例はなく、全てBaYMVの単独感染であったが、これは二条オオムギがSBWMVに免疫性ということではなく<sup>10)</sup>、現在栽培されている醸造用の二条オオムギ品種がSBWMVに抵抗性を有しているために、このような状態になったものと思われる。

これに対して、六条オオムギはBaYMV、SBWMVの双方に罹病性のカシマムギが茨城県の六条オオムギ品種の大半を占めているため、両ウイルスに単独あるいは重複感染する例もあり、複雑であった。とくに、重複感

染が最も多くみられるのがカシマムギの特徴で、その傾向は六条オオムギ栽培地帯でのカシマムギに目立った。次いで、BaYMVの単独感染が多かったが、二条オオムギ栽培地帯に作付けられたカシマムギに特徴的に認められた。このような地帯ではBaYMVが二条オオムギの作付けで優先されるため、その影響を受けて六条オオムギにもBaYMVの単独感染が多いものと思われる。

コムギはWYMVの単独感染が大半を占めた。次いで、SBWMV単独感染であったが、これは六条オオムギ栽培地帯に作付けられたコムギに多く認められた。茨城県における主要なコムギ品種である農林61号はWYMV、SBWMVの双方に罹病性であり、それらの重複感染もみられたが、六条オオムギのカシマムギとは逆に単独感染の例に比較して少なかった。重複感染はコムギ栽培地帯あるいは六条オオムギ混在地帯に多くみられる傾向にあった。

このように疫学的な見地からみるとその地域に分布する病原ウイルスは、長年その地域で栽培されている優先麦種と密接な関係にあると思われる。特徴的な点をまとめると、二条オオムギ、コムギはそれぞれBaYMVおよびWYMVに優先的に感染し、これら病原ウイルスの増殖源となっていると思われる。一方、六条オオムギ（カシマムギ）はBaYMV、SBWMVに等しく感染する傾向がみられ、ここで増殖されたSBWMVがその跡地に作付けされたコムギに受け渡され、コムギでの感染例が増えるのではないかと考えられる。このように茨城県の麦作において、ウイルスの混在化、複雑化に六条オオムギ（カシマムギ）が果たした役割は大きいものと思われる。したがって、カシマムギ栽培跡地に作付けされるコムギは初作であってもSBWMVに注意する必要がある。

### Ⅲ 茨城県における病原ウイルスの系統

抵抗性品種はムギ類土壌伝染性ウイルス病の防除に欠かせない手段であるが、抵抗性を侵すウイルス系統の出現には常に気を付けておかねばならない。BaYMVの系統については岡本ら<sup>30)</sup>、斎藤・岡本<sup>4)</sup>、安・吉野<sup>6)</sup>、草葉ら<sup>20)</sup>がその存在を指摘していたが、系統を判別するための指標品種に統一性がなく、曖昧さを残していた。さらに、高橋ら<sup>47)</sup>は病土および汁液接種による検定の結果、系統の存在はなお不明瞭とした。

ところが、宇杉ら<sup>80)</sup>は茨城から採集した六条オオムギ品種カシマムギの病株から分離したウイルスについて、汁液接種の結果、栃木分場分離株および九州農試分離株とは品種反応が異なることを明らかにし、系統名を暫定的にⅠ、Ⅱ型とした。一方、茨城県内でも現地普及所からBaYMVの被害を受けた圃場において、育成地では罹病性と判定される二条オオムギ品種はるな二条が抵抗性を示す事例も報告されていた。

そこで、本研究では前章の麦種と病原ウイルスの地域的分布の知見を参考にして、二条オオムギ優先地帯、六条オオムギ優先地帯、三麦混在地帯を選び、判別品種を直接現地圃場に播種するという方法でウイルス系統の探索を広域的に行った。

その結果、宇杉らの分類したⅠ、Ⅱ型系統の存在を実際の現地圃場で確認するとともに、六条オオムギの木石港3由来の新しいBaYMV抵抗性品種ミサトゴールデンの罹病を現地圃場で初めて発見し、BaYMV抵抗性品種育成に大きな問題を投げかけた。このウイルスはその後Kashiwazaki *et al.*<sup>16)</sup>によってⅢ型系統と分類されたが、この新しいウイルス系統について、抵抗性品種の罹病過程、地域的な分布・拡大状況等について詳細な調査を行った。

#### 1. 判別品種によるオオムギ縮萎ウイルス系統の判別と地域的分布

BaYMVの系統は、宇杉ら<sup>80)</sup>、Kashiwazaki *et al.*<sup>16)</sup>の汁液接種および土壌伝染試験結果から醸造用二条オオムギ品種が示す罹病反応を基にすると第24表のように3つのグループに整理できる。すなわち、Ⅰ型系統は主要な醸造用品種でこれまで罹病性といわれてきたニューゴールデン、あかぎ二条、はるな二条、あまぎ二条、ヤシオゴールデンに感染する。しかし、抵抗性品種として

1985年に育成されたミサトゴールデンは感染しない。Ⅱ型系統はⅠ型系統罹病性品種のうち、はるな二条、あまぎ二条、ヤシオゴールデンには汁液接種では感染しない。もちろん、ミサトゴールデンも罹病しない。Ⅲ型系統はⅠ型系統罹病性品種に加えて木石港3由来の抵抗性遺伝子(Ym)を持つ抵抗性品種ミサトゴールデン、ミカモゴールデンにも感染する。

第24表 BaYMV系統に対する醸造用二条オオムギ品種の反応

品 種	BaYMV		
	Ⅰ型系統	Ⅱ型系統	Ⅲ型系統
ニューゴールデン	+	+	+
あかぎ二条	+	+	+
はるな二条	+	-	+
あまぎ二条	+	-	+
ヤシオゴールデン	+	-	+
ミサトゴールデン	-	-	+
ミカモゴールデン	-	-	+

注) 宇杉ら(1985)、Kashiwazaki *et al.* (1989)より改変。

このようなBaYMV各系統の品種反応の違いに着目して、系統を判別するため上述した品種のなかから判別品種を選定した。そして茨城県内の代表的な麦作地域の現地農家圃場に直接播種し、発病状況から地域的な病原ウイルスの系統の分布を明らかにしようとした。

#### 材料および方法

判別品種と発病調査：醸造用二条オオムギはニューゴールデン、あかぎ二条、はるな二条、あまぎ二条、ミサトゴールデン、六条オオムギはカシマムギ、コムギは農林61号を供試した。関城町上野は1987年の11月中旬に、それ以外は1985年の10月下旬～11月上旬に各判別品種の種子を約80粒づつ各圃場の前年までにBaYMVの発生が確認された地点に条播した。発病は病徴が最も鮮明に現れる3月中旬から4月上旬に発病株率を調査した。

系統の判別：ニューゴールデン、あかぎ二条、はるな二条、あまぎ二条、カシマムギが高率に発病する場合はⅠ型系統。ニューゴールデン、あかぎ二条

およびカシマムギは高率に発病するがこれに比べて、はるな二条、あまぎ二条は発病しないか、発病してもごく軽微である場合はⅡ型系統。ミサトゴールデンを含め、二条オオムギの全ての品種ならびにカシマムギが発病する場合はⅢ型系統とそれぞれ判定した。但し、Ⅲ型系統と判定される場合、その中のⅠ型、Ⅱ型系統の存在は区別できない。同様にⅠ型系統と判定される場合、その中のⅡ型系統の存在は区別できない。したがって、Ⅱ型系統と判定される場合のみ、Ⅱ型系統単独の可能性が高い。本実験ではこれらの点については一応考慮せず、判定を下した。また、前章でも述べたように、茨城県内にはムギ類土壤伝染性ウイルスはBaYMVの他WYMV、SBWMVが混在し、2種のウイルスに重複感染する例も多くあるため、これらのウイルスの重複感染も判別できるように、BaYMVとSBWMVに感染する六条オオムギのカシマムギ、WYMVとSBWMVに感染するコムギの農林61号も加えた。したがって、カシマムギとコムギの農林61号が発病する場合はSBWMV混在の可能性があり、このような圃場では六条オオムギおよびコムギの罹病株を1～2株採取し、ELISA法でBaYMV、SBWMVの感染の有無を診断した。

調査場所：現地農家圃場を対象に二条オオムギ栽培圃場から結城市片蓋および下り松、北浦村南高岡、那珂湊市阿字ヶ浦の4地点、六条オオムギ栽培圃場から谷和原村上長沼、河内村荒地、下館市伊讚美、関城町井上の4地点、六条オオムギと二条オオムギの交互栽培圃場から明野町竹垣、下館市伊讚美、関城町上野、茨城町長岡、那珂町豊喰の5地点を選んだ。また、これとは別に1986年に茨城県の各農業改良普及所に同様な判別品種を配布し、管内の農家圃場に播種し、発病を調査した結果を集計した。

実験結果

その結果は第25表および第26表に示した。結城市片蓋および下り松、北浦村南高岡、那珂湊市阿字ヶ浦の4圃場では、ニューゴールデン、あかぎ二条、はるな二条、あまぎ二条およびカシマムギが発病する一方、ミサトゴールデンおよび農林61号には全く発病が認められないため、Ⅰ型単独汚染圃場（写真7）とみられる。4圃場のうち、結城市下り松の圃場は全般的に発病株率が低く、とくにあかぎ二条、はるな二条、カシマムギの発病株率が低かったが、全般的に病原ウイルスの汚染程度が低いためと思われる。

第25表 二条オオムギ判別品種によるBaYMV系統の判別

No	圃場	二条オオムギ					六条オオムギ	コムギ	ウイルスの種類・系統	
		ニューゴールデン	あかぎ二条	はるな二条	あまぎ二条	ミサトゴールデン	カシマムギ	農林61号	BaYMV	SBWMV
A	結城市片蓋	100	100	100	100	0	77	0	Ⅰ型	-
B	北浦村南高岡	100	96	92	100	0	66	0		
C	那珂湊市阿字ヶ浦	100	95	85	92	0	57	0		
D	結城市下り松	85	46	76	39	0	8	0		
E	明野町竹垣	98	95	78	80	0	95	100	Ⅰ型	SB
F	下館市伊讚美	100	100	100	100	57	96	24	Ⅲ型	SB
G	関城町上野	-	100	100	-	93	100	0	Ⅲ型	-
H	茨城町長岡	97	100	0	0	0	90	0	Ⅱ型	-
I	那珂町豊喰	98	95	21	17	0	29	0		
J	谷和原村上長沼	96	95	0	5	0	100	100	Ⅱ型	SB
K	下館市伊讚美	88	100	0	0	0	92	33		
L	河内村荒地	78	48	10	0	0	92	94		
M	関城町井上	0	0	0	0	0	58	100	-	SB

注) 数字は発病株率(%)。

A～F, H～Mは1985年10月下旬～11月上旬播種, 1986年3月調査。Gは1987年11月中旬播種, 1988年4月調査。

第26表 BaYMV系統と圃場の栽培前歴との関係

区 分	圃場No.	地 名	栽 培 前 歴 (品種)	ウイルスの種類・系統	
				BaYMV	SBWMV
二条オオムギ連作	A	結 城 市 片 蓋	二条オオムギ (はるな二条)	I 型	-
	B	北 浦 村 南 高 岡	二条オオムギ (ニューゴールデン)		
	C	那 珂 湊 市 阿 字 ヶ 浦	二条オオムギ (ニューゴールデン)		
	D	結 城 市 下 り 松	二条オオムギ連作		
六条オオムギ 二条オオムギ 交 互	E	明 野 町 竹 垣	六条オオムギ6連作→二条オオムギ3連作 (カシマムギ) (はるな二条)	I 型	SB
	F	下 館 市 伊 讚 美	六条オオムギ10連作→二条オオムギ6連作 (カシマムギ) (あかぎ二条)	III型	SB
	G	関 城 町 上 野	不 明	III型	-
	H	茨 城 町 長 岡	六条オオムギ6連作→二条オオムギ1作 (カシマムギ) (あかぎ二条)	II型	-
	I	那 珂 町 豊 喰	六条オオムギ3連作→二条オオムギ2連作 (あかぎ二条)		
六条オオムギ 連 作	J	谷 和 原 村 上 長 沼	六条オオムギ (カシマムギ) 6連作	II型	SB
	K	下 館 市 伊 讚 美	六条オオムギ (カシマムギ) 10連作		
	L	河 内 村 荒 地	六条オオムギ (カシマムギ) 4連作		
	M	関 城 町 井 上	六条オオムギ (カシマムギ) 連作		

これら4圃場と同様な傾向を示した明野町竹垣の圃場では農林61号が発病し、SBWMVの混在が示唆されたが、ELISA法による診断においてもカシマムギでBaYMVとSBWMVとの重複感染が認められ、本圃場はBaYMV I型系統とSBWMVの混在汚染圃場とみられる。このような圃場はI型系統単独汚染圃場に比較して、SBWMVの感染によってカシマムギ、農林61号の稈長が低かった(第27表)。

下館市伊讚美と関城町上野の圃場はミサトゴールデンを含め二条オオムギの全ての判別品種および六条オオムギが高率に発病したことから、III型ウイルス汚染圃場とみられる。なかでも関城町上野の圃場はIII型単独汚染とみられるが、下館市伊讚美の圃場は農林61号に発病が認められ、ELISA法による診断でもSBWMVが検出されたことから、BaYMV III型系統との混在圃場とみられる。茨城町長岡、那珂町豊喰、谷和原村上長沼、下館市伊讚美、河内村荒地の5圃場ではニューゴールデン、あかぎ二条およびカシマムギが高率に発病するのに対し、ミサトゴールデンはもちろんのこと、BaYMV II型系統抵抗性のはるな二条およびあかぎ二条が全く発病しないか、発病しても軽微で稈長に対する影響もほとんど

と認められず(第27表)、II型系統汚染圃場(写真8、9)とみられる。

前2圃場は農林61号に発病が認められないことから、II型系統単独汚染圃場とみられるが、後3圃場は農林61号が発病し、ELISA法による診断でもSBWMVが検出されたことから、II型系統との混在圃場とみられる。

これらに対して、関城町井上の圃場は二条オオムギの全ての判別品種が発病せず、カシマムギと農林61号に発病が認められ、ELISA法による診断の結果からBaYMVの感染は認められず、SBWMVの単独汚染圃場とみられる。

BaYMV I型系統単独汚染圃場は全て二条オオムギの連作圃場であった。I型系統とSBWMVの混在圃場は1圃場と少なかったが、六条オオムギ6連作後の二条オオムギが3連作された圃場で認められた。一方、II型系統はII型系統単独汚染圃場とSBWMVの混在圃場が認められたが、いずれも六条オオムギ連作圃場であった。このようにBaYMVの系統は長年栽培されている麦種前歴と密接な関係にある傾向にあったがIII型系統と麦種前歴との関係は明らかではなかった(第26表)。

茨城県におけるムギ類の土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究（第1報）

茨城県内の農業改良普及所管内の判別品種の反応から、BaYMVの系統を判別した結果を第28表に示した。これによるとI型系統圃場が圧倒的に多く、38地点であっ

た。これに比較してII型圃場は7地点と少なく、III型圃場はさらに少なく1地点のみ確認されたにすぎなかった。

第27表 オオムギ縞萎縮ウイルスI、II型系統汚染圃場における各判別品種の稈長に及ぼす影響

品 種	I 型 系 統 圃 場		II 型 系 統 圃 場	
	単独汚染	SBWMV混合汚染	単独汚染	SBWMV混合汚染
ミサトゴールデン (稈長 cm)	100 (82)	100 (95)	100 (77)	100 (86)
ニューゴールデン	-14.6	-24.2	-23.4	-31.4
あかぎ二条	-26.8	-34.7	-41.6	-15.1
はるな二条	-18.3	-17.9	+2.6	0
あまぎ二条	-26.8	-20.0	0	+1.2
カシマムギ	-11.0	-47.4	-20.8	-34.9
農林61号	+17.1	-20.0	+18.2	-7.0

注) 数字はI、II型系統抵抗性品種ミサトゴールデンの稈長を100とした場合の比率の差。

第28表 茨城県におけるBaYMV系統の分布

I 型 系 統 圃 場			
市 町 村	字 名	市 町 村	字 名
茨城町	前原, 八光, 新興	真壁町	原方
勝田市	中根	大和村	東飯田
那珂湊市	阿字ヶ浦	下館市	大谷
東海村	竹互	関城町	桜塚, 上野
大宮町	若林	水海道市	細野
常陸太田市	下河内, 島町	結城市	芳ヶ崎, 上山川, 下り松
大洋村	中居		小林
竜ヶ崎市	長戸	三和町	諸川
河内村	小林町歩	五霞村	江川
藤代町	手有, 下萱場, 大沼, 渋沼	境町	場崎
	百井戸	岩井市	大馬新田, 猫実, 大崎
八郷町	大增	猿島町	内野山
荃崎町	下岩崎		
協和町	小栗		
明野町	竹垣		
		25	38
II 型 系 統 圃 場		III 型 系 統 圃 場	
河内村	庄市川	関城町	上野
八郷町	小見		
谷和原村	上長沼		
伊奈町	上平柳		
桜村	石束		
下館市	落合		
水海道市	長助		
7	7	1	1

## 2. オオムギ縞萎縮ウイルスⅡ型・Ⅲ型系統の発生実態

BaYMVのⅡ型およびⅢ型系統ウイルスはいずれも茨城県内で初めて発見され、宇杉、柏崎らによって分類されたものである。また、柏崎ら<sup>15,16)</sup>を中心とした全国的なBaYMVの系統分布調査の結果でも6種類の系統が見つかっている。このようにBaYMVは系統分化が著しいウイルスであるため、抵抗性の育成に当たって、ミサトゴールデンのように折角育成された新品種の抵抗性の崩壊がみられることがある。抵抗性品種育成のこのようリスクを小さくするには、ウイルス系統分布の地域的分布調査を展開するとともに、ウイルス系統の変異の可能性についての知見を集積する必要がある。

### 1) オオムギ縞萎縮ウイルスⅡ型系統の変遷

現地BaYMVⅡ型系統圃場とみられる圃場にⅡ型系統抵抗性のはるな二条を連作した場合に、そのⅡ型抵抗性が維持され続けるのか、あるいはⅠ型系統の出現によってⅡ型抵抗性が失効するのか、その変遷を年次を追って調査した。

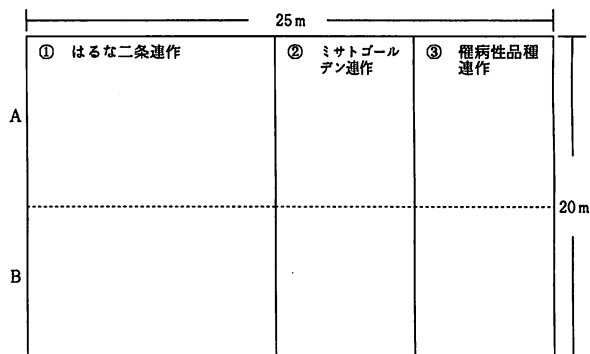
### 材料および方法

供試圃場：茨城県東茨城郡内原町内原のBaYMV発生現地圃場。ムギ類の栽培前歴は六条オオムギ品種カシマムギの連作が5～6年続き、試験開始前年に二条オオムギ品種ニューゴールデン（Ⅰ、Ⅱ型系統罹病性）が作付けされたが、判別品種として播種されたはるな二条、ミサトゴールデンは罹病せずBaYMVⅡ型系統単独あるいは優先圃場と思われた。

試験区の構成：20m×25mの圃場を第1図のように3つに区切り、①Ⅰ型系統には罹病するが、Ⅱ型系統には抵抗性のはるな二条連作区、②Ⅰ、Ⅱ型系統ともに抵抗性を示すミサトゴールデン連作区、③Ⅰ、Ⅱ型系統ともに罹病性品種の連作区、ただし、1987、1990年播種はニューゴールデン、1988、1989年播種はあかぎ二条連作区とし、4年間発病の推移をみた。

栽培および発病調査：1987年は11月2日、1988年は11月7日、1989年は11月9日、1990年は11月5日に条間30cmに播種した。

発病調査はそれぞれ翌年の1988年3月24日、1989年3月15日、1990年3月28日、1991年3月20日に試験区をA、Bの2ブロックに分け、50株について発病



第1図 オオムギ縞萎縮病Ⅱ型系統圃場における系統変遷調査のための試験構成

の有無を調べ、発病株率を算出した。1989年には①、②区、1990年には①、③区の各ブロック内にBaYMVⅠ、Ⅱ型系統を判別するため指標品種としてあかぎ二条およびはるな二条を50粒程度とごく少量播種した。

### 実験結果

結果は第29、30表に示した。③区ではあかぎ二条は試験1年目からA、Bブロックとも発病株率100%とBaYMVの発生は激しかった。これに対して、①区のはるな二条は作付け初年目にはほとんど発病が認められず、調査4地点のうち、1地点で発病株率4%が認められたに過ぎず他地点は無発病であった。2年目はAブロックでの発病は相変わらず認められなかったが、前年4%の発病株率が認められたBブロックの2地点では発病株率36、38%の発生が認められた。3年目ではこのBブロックの発病はさらに顕著になり、発病株率100%となった。発病はAブロックにも拡大し、72、82%の発病がみられた。4年目では、A、Bブロック全体が100%の発病株率となった（第29表）。

判別品種でウイルス系統を診断すると①区ではあかぎ二条、はるな二条とも同様に罹病し、Ⅰ型系統の特徴を示した。一方、②区のⅠ、Ⅱ型系統抵抗性であるミサトゴールデンはこの4年間全く発病が認められなかった。そして連作3年目の判別品種によるウイルス系統診断ではあかぎ二条は罹病するが、はるな二条は罹病せず、Ⅱ型系統の特徴を保持していた。したがって、①区はⅡ型からⅠ型へBaYMV系統が遷移していたが、②のA、③のA、B区はⅡ型系統のままであった（第30表）。

### 2) オオムギ縞萎縮ウイルスⅢ型系統

木石港3由来のYm抵抗性遺伝子<sup>4)</sup>を持つミサトゴールデンはBaYMVに免疫性であると考えられ、

第29表 BaYMV II型系統優先圃場におけるII型系統抵抗性品種の罹病過程

試験区	連作物種	地点	各年次の発病株率(%)			
			1988	1989	1990	1991
①	II型系統抵抗性	A 1	0	0	82	100
	I型系統罹病性	2	0	0	72	100
	品種（はるな二条）	B 1	4	38	100	100
		2	0	36	100	100
②	I, II型系統抵抗性	A	0	0	0	0
	品種（ミサトゴールデン）	B	0	0	0	0
③	II型系統罹病性	A	100	98	78	95
	品種（あかぎ二条）	B	100	100	99	100

第30表 BaYMV II型系統優先圃場における栽培品種の違いによるウイルス系統の変遷

年次	判別品種	① II型系統抵抗性 I型系統罹病性品種連作				② I・II型系統 抵抗性品種連作		③ II型系統 罹病性品種連作	
		A		B		A	B	A	B
		1	2	1	2				
1990	あかぎ二条（I）	94		100		74	94		
	はるな二条（II）	84		100		0	40		
	あまぎ二条（II）	88		98		0	40		
1991	あかぎ二条（I）	100	100	100	100			95	100
	はるな二条（II）	100	100	100	100			0	6
	あまぎ二条（II）	100	100	100	100			3	8

注) 数字は発病株率(%)。

II型系統罹病性品種：あかぎ二条；II型系統抵抗性，I型系統罹病性品種：はるな二条，I・II型系統抵抗性品種：ミサトゴールデン。

オオムギ縞萎縮病の救世主として登場した。ところが、茨城県内でその罹病が発見され、その地域的分布ならびに今後の蔓延の可能性等早急にその実態の解明が現場はもちろん行政的にも育成地からも求められた。

(1) 抵抗性品種ミサトゴールデンの罹病

材料および方法

1984年10月31日，下館市伊讚美3カ所，藤代町配松，明野町押尾の5カ所の現地圃場のごく一部約3㎡にミサトゴールデンを含めていくつかのBaYMV系統判別品種を約50粒播種し，1985年3月19日に発病を調査した。なお，ミサトゴールデンの作付け

は初めてであった。

実験結果

第31表に示したように下館市伊讚美1カ所の圃場で初作のミサトゴールデンにオオムギ縞萎縮病の病徴が認められ，直ちにELISA法による診断を行い，BaYMVに感染していることを確認した。罹病したミサトゴールデンは萎縮症状は認められず，葉にモザイク症が確認される程度であった（写真10）。本圃場ではあかぎ二条やはるな二条などが100%発病したのに対し，ミサトゴールデンの発病株率は17%と低かった。他の4カ所の現地圃場ではミサトゴールデンの罹病は確認されなかった。

第31表 現地圃場における二条オオムギ品種の反応

品 種	現地圃場における二条オオムギの発病株率(%)				
	下館市伊讚美A	下館市伊讚美B	下館市伊讚美C	藤代町配松	明野町押尾
ニューゴールデン	100	96	98	100	5
あかぎ二条	100	100	100	100	7
あまぎ二条	100	46	4	0	0
はるな二条	100	86	18	6	0
ミサトゴールデン	17	0	0	0	0

(2) 圃場の発病前歴とミサトゴールデン罹病程度

1986年10月下旬、抵抗性品種ミサトゴールデンの罹病化が認められた下館市伊讚美Aの現地圃場全面にミサトゴールデンを作付けし、発病状況を調べ、前々年、前年の他の麦種における発病程度と関係があるかどうかを照会した。

材料および方法

下館市伊讚美Aの供試圃場は1984年からBaYMV発生状況調査定点圃場としてあった。圃場全体1,300㎡内にA、B、Cの定点を設定した。発病調査は1985年～1987年の3年間にわたり、いずれの年次も発病最盛期の3月中旬に圃場内同一地点における発病株の有無を約50株について継続調査した。1984年はあかぎ二条、1985年はカシマムギ、1986年はミサトゴールデンが農家自身の手で作付けられた。

実験結果

結果は第32表に示した。ミサトゴールデンの罹病はミサトゴールデンの第1作目から各定点で認められた。しかし、発病の多少は定点によって異なった。1987年のミサトゴールデンの発病の多少は、C地点の発病株率18%>B地点9%>A地点2%の順に多かったが、こ

第32表 BaYMV III型系統発生圃場における前年の普及栽培品種の発病状況と新品種ミサトゴールデンの発病の多少との関係

調査地点	1985年	1986年	1987年
	あかぎ二条	カシマムギ	ミサトゴールデン
A	28 (BaY)	52 (BaY)	2 (BaY)
B	60 (BaY)	80 (BaY・SB)	9 (BaY)
C	92 (BaY)	92 (BaY・SB)	18 (BaY)

注) 数字は発病株率(%)。( )内はELISA法によるウイルス診断の結果。

の結果は1985年のあかぎ二条のC地点92%>B地点60%>A地点28%および1986年のカシマムギC地点92%>B地点80%>A地点52%の発病の多少の傾向と一致した。

(3) ミサトゴールデン連作における発病の増加

BaYMV III型系統によるミサトゴールデンの発病程度は初作では軽微であったが、連作した場合に発病程度が高まるか否かについて検討した。

材料および方法

供試圃場：1985年に初作のミサトゴールデンが罹病した下館市伊讚美の圃場の一面に定点を設け、1985～1988年にかけてニューゴールデン、あかぎ二条、あまぎ二条、はるな二条およびミサトゴールデンを約80粒播種し、連作した。発病調査は播種翌年の3月中旬に全株について発病株率を調査した。

また、1987～1991年にかけては下館市小川において同一の農家が連作しているミサトゴールデンについて圃場内に定点6地点を設け、3月中旬に畦1m間の発病株率を調査した。

実験結果

結果は第33、34表に示した。ニューゴールデン、あかぎ二条などの罹病性品種はいずれの年次も84～100%の高い発病株率を示したが、ミサトゴールデンは連作によって発病株率は増加する傾向にあった。すなわち、初年目の1985年の発病株率17%に対して4連作目の1988年には84%となった。しかし、1989年は発生年次変動が大きく発病株率は低下した(第33表)。

一方、農家が作付けたミサトゴールデンのなかに設けた各定点間の発病程度の差は5連作でも維持され、罹病性品種ニューゴールデンやあかぎ二条のように連作によ



て急激に発病が激化することはなかった（第34表）。

第33表 下館市伊讚美の定点圃場におけるBaYMVⅢ型系統によるミサトゴールデンの罹病状況

品 種	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年
ニューゴールデン	100	100	100	100	94
あかぎ二条	100	100	84	100	—
あまぎ二条	100	100	92	100	—
はるな二条	100	100	100	100	92
ミサトゴールデン	17	57	66	84	34

注) 数字は発病株率(%)。

第34表 BaYMVⅢ型系統発生圃場におけるミサトゴールデンの発病の年次推移

調査地点	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
A	80	100	37	46	97
B	58	80	26	17	45
C	98	96	27	44	96
D	—	40	12	8	46
E	—	32	12	8	25
F	32	84	19	30	74

注) 数字は発病株率(%)。

(4) BaYMVⅢ型系統の地域的分布と蔓延

ミサトゴールデンのBaYMV罹病が確認された発生圃場を有する耕作者が離れた他地区に複数の圃場を有し、

ミサトゴールデンを栽培したことから、この地区におけるⅢ型系統の分布と蔓延の様相を把握しようとした。

材料および方法

1990年4月27日および1991年4月22日に下館市小川地区(字東新道, 字松本)の二条オオムギ栽培地域内の圃場70筆について、栽培麦種、品種とオオムギ縮萎病の発病の有無を調査した。また、発病圃場の耕作者から農業改良普及所を通じて聞き取り調査を行い、発病した品種の確認は栃木農試栃木分場ビール麦育種部に依頼した。

実験結果

結果は第35表に示した。1990年は調査70筆のうち、二条オオムギ栽培圃場は64筆で、品種はミサトゴールデンが48筆と最も多く全体の75%を占め、ミサトゴールデンと同様にBaYMVⅠ,Ⅱ型系統に抵抗性を有する品種きぬゆたかも5筆で栽培されていた。これらのうちミサトゴールデン11筆、きぬゆたか1筆の計12筆で発病が確認された。また、Ⅰ,Ⅲ型系統に罹病性である品種はるな二条は11筆で栽培されており、その全ての圃場で発病が認められた。

第35表 下館市小川地区におけるBaYMVⅢ型系統発生実態および発生推移

1990年における発病状況	1991年における発病状況						
	ミサトゴールデン圃場数(筆)		きぬゆたか圃場数(筆)		はるな二条圃場数(筆)		六条オオムギ・ 休閑圃場数(筆)
	発病圃場数	健全圃場数	発病圃場数	健全圃場数	発病圃場数	健全圃場数	
ミサトゴールデン 発病圃場数 11筆	6	0	0	0	2	3	0
健全圃場数 37	5	28	0	1	1	1	1
きぬゆたか 発病圃場数 1筆	0	0	1	0	0	0	0
健全圃場数 4	0	1	0	3	0	0	0
はるな二条 発病圃場数 11筆	2	4	0	0	5	0	0
健全圃場数 0	0	0	0	0	0	0	0
六条オオムギおよび休閑圃場数 6	0	3	0	0	0	0	3
計	70	13	36	1	4	8	4 (計70)

1991年の品種の作付け動向は若干の変動があり、ミサトゴールデン発病圃場は13筆に増加した。その内訳は、1990年にミサトゴールデンが発病した圃場11筆のうち同一品種を連作し、発病が確認された圃場は6筆で、同年は発病が認められなかったが、ミサトゴールデンの

連作により新たに発病が認められた圃場が5筆、1990年にはるな二条に発病が認められ、1991年のミサトゴールデンにも発病が認められた圃場が2筆確認された。一方、きぬゆたかは前年と同一圃場の1筆で発病が確認された。また、はるな二条連作圃場の発病はⅠ型あるいは

Ⅲ型系統のいずれによるものかは不明であるが、ミサトゴールデン、きぬゆたかおよびミサトゴールデン発病圃場に作付けられたはるな二条に発病が認められた16圃場にはⅢ型系統が存在していることが明らかとなった。このように本地区においてはミサトゴールデンを連作することにより発生地域が徐々に拡大する傾向にあった。

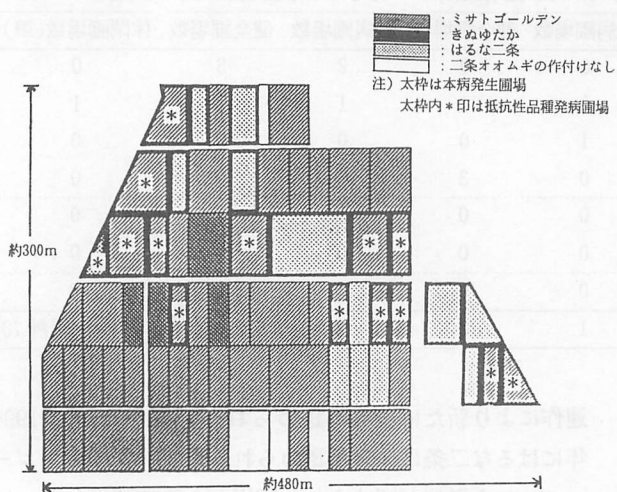
1990年にミサトゴールデンが発病した圃場のうち5筆で1991年ははるな二条が作付けされ、このうち3筆では発病が認められなかったがこの理由は明らかではない。

1991年におけるミサトゴールデンおよびきぬゆたかの発病圃場14筆の耕作者とその栽培圃場における発病状況を第36表に示した。発病圃場は第2図のように一面に偏ることなく、調査地域内に点在していた。発病圃場の耕作者は7人で、そのうち5人が調査地域に栽培しているミサトゴールデンの圃場は全て発病が認められ、発病圃場は同一の耕作者が保有している圃場に多い傾向にあった。

第36表 異なる耕作者のミサトゴールデン・きぬゆたか作付け圃場における発病状況

耕作者	作付け圃場数(筆)	発病圃場数(筆)	発病圃場率(%)
A	4	4	100
B	3	3	100
C	3	3	100
D	1	1	100
E	1	1	100
F	3	1	33
G	5*	1*	20

\* : きぬゆたか



第2図 下館市小川地区におけるミサトゴールデン、きぬゆたか発病圃場

### 3. ムギ類萎縮ウイルスの系統

コムギ萎縮ウイルス(WYMV)においてはすでに、和田・深野<sup>64)</sup>、鑄方・河合<sup>10)</sup>、斎藤・岡本<sup>41)</sup>らによって系統の存在が認められており、ムギ類萎縮ウイルス(SBWMV)においても土崎ら<sup>54)</sup>によって系統の存在が認められている。しかし、両ウイルスについてはBaYMVと異なり、全国的な調査がされておらず、系統調査に用いる指標品種も統一されていない。しかし、SBWMVについては、1985年より農林水産省九州農業試験場でSBWMV系統調査が開始され、その系統はコムギ栽培(連作)圃場のコムギによく感染し、オオムギには感染しないコムギ系統とオオムギ栽培(連作)圃場のオオムギによく感染しコムギにはわずかに感染するオオムギ系統に類別される<sup>52)</sup>ことが明らかとなった。そこで、茨城県内に分布する系統を調査した。

#### 材料および方法

1988～1990年の3年間にわたり茨城県関城町井上のSBWMV単独汚染圃場に九州農業試験場分譲種子(品種は第37, 38表)を約50粒播種し、各品種の発病を調査した。いずれの年次も10月下旬から11月上旬に播種し、発病は翌年の3月下旬から4月上旬に発病の有無から発病株率を算出し、罹病株は九州農業試験場でELISA法によるウイルス検定を行った。

#### 実験結果

結果は第37, 38表に示した。コムギでは畠田小麦、農林42号が3年間無発病であり、埼玉27号の発病も軽微であった。一方、オオムギでは六条オオムギ品種横綱および二条オオムギ品種西海皮39号が無発病であった。

第37表 ムギ類萎縮病に対するコムギ品種の抵抗性の差異

品 種	発 病 株 率 (%)		
	1989年	1990年	1991年
畠 田 小 麦	0	0	0
埼 玉 27 号	2.4	0	0
農 林 42 号	0	0	0
鴻 巣 25 号	0	0	15.6
中 国 131 号	3.8	0	100
農 林 61 号	73.1	100	100
農 林 63 号	60.0	100	100
フクホコムギ	76.1	100	100
CHIROCA "S"	0	53.5	23.3
ヒヨクコムギ	0	82.9	57.9
ジュンレイコムギ	0	4.0	0

第38表 ムギ類萎縮病に対するオオムギ品種の抵抗性の差異

品 種 (麦種)	発 病 株 率 (%)		
	1989年	1990年	1991年
木石港3 (六条)	10.0	58.6	62.7
カシマムギ (〃)	21.6	92.5	54.8
御掘裸3号 (〃)	3.2	90.0	57.1
スワンハルス (〃)	—	89.7	100
横綱 (〃)	—	0	0
関東二条19号 (二条)	5.9	21.6	88.9
トルコ525 (〃)	—	8.0	0
キリン直1号 (〃)	7.5	38.0	61.9
西海皮39号 (〃)	0	0	0
西海皮40号 (〃)	3.7	0	0
栃系141 (〃)	—	22.0	81.3

注) 六条: 六条オオムギ, 二条: 二条オオムギ

また、二条オオムギ品種西海皮40号の発病も試験初年目にわずかに発病が認められたにすぎなかったが、他の供試品種はいずれも高率に発病した。これらの結果と九州農業試験場での結果(第39表)を比較すると、関城町井上の圃場はコムギ系統とオオムギ系統との中間型を示していた<sup>82)</sup>。

第39表 関城町井上における結果と九州農業試験場における系統類別結果との比較

品 種	関城町井上 (1990年結果)	参考(九州農業試験場)	
		オオムギ圃場 (オオムギ系統)	コムギ圃場 (コムギ系統)
畠田小麦	0*	(0)	31
埼玉27号	0*	0*	35
農林42号	0*	0*	20
鴻巣25号	0*	0*	37
ジュンレイコムギ	4*	0*	12
中国131号	(50)	0*	13
CHIROCA“S”	54*	0*	44
ヒョクコムギ	83*	0*	3
フクホコムギ	100*	0*	26
農林61号	100*	0*	0
農林63号	100*	0*	0
横綱	0*	(0)	0*
西海皮39号	0*	0*	0*
西海皮40号	0*	(0)	0*
トルコ525	8*	(0)	0*
木石港3	59*	42*	0*
カシマムギ	93*	15*	0*
御掘裸3号	90*	27*	0*
スワンハルス	90*	(21)	0*
関東二条19号	22*	(23)	0*
キリン直1号	38*	(33)	0*
栃系141	22*	4*	0*

注) 数字は発病株率。

( ) 内数字はELISA法による感染率検定結果(感染株数/調査株数)。

\*: ELISA法によってウイルス感染の有無を確認したもの。

参考(九州農業試験場における成績)は1990年総合農業試験成績・計画概要集-生産環境・病害-から一部抜粋, 改変したもの。

#### 4. 考 察

1980年代醸造用二条オオムギはオオムギ萎縮病によって、大きな被害を受けて産地は危機的な状況になっ

た。1960年代に本病に完全な抵抗性を示す中国の在来品種である六条オオムギの木石港3が高橋ら<sup>83)</sup>によって見いだされ、この抵抗性遺伝子を導入したミサトゴールデンなどの抵抗性品種が次々と育成され、崩壊寸前の二

条オオムギ産地を蘇らせ、本病克服に抵抗性品種の導入は大きな役割を果たした。しかし、本研究で明らかにしたように茨城県内の一部の BaYMV 汚染現地圃場で、ミサトゴールドンの罹病が初作から確認され、関係者に大きな衝撃を与えた。この点から明らかのように抵抗性品種を育成するうえで、また、現地に抵抗性品種を導入し、有効に活用するためには、病原ウイルスの系統の存在とその地域的分布を明確することは重要である。

地域によって土壤伝染性ウイルス病に対するムギ類の品種の反応が異なることはかなり以前から示唆されてきた。オオムギ萎縮病では斎藤・岡本<sup>4)</sup>は全国から集めた8病土中、東京および高知の病土が他のものとはかなり異なった品種反応を示すこと、安・吉野<sup>5)</sup>は埼玉県内の平坦地と秩父地方とでは一部の品種の反応が異なることを認めている。さらに草葉<sup>6)</sup>は鳥取、岡山、山口の病土はアサヒ9号に病原性が高く、神奈川8号に比較的低い型、それとは逆に神奈川8号に病原性の高い型およびその中間の型の3種に分類されると報告している。また、これらの品種は岡山県農試、栃木県農試、山口県農試および高橋らの結果ともほぼ同様な傾向にあるとしている。しかし、これまで病原ウイルスの系統の存在については示唆されながら、系統を具体的に提案した報告はなく、草葉らも病原ウイルスに系統があっても、木石港3などの強度抵抗性品種は罹病しないことから、抵抗性品種の育成および利用上問題にならないだろうという結論を下し、それ以上の発展はなかった。

ところが、本研究ならびに宇杉ら<sup>7)</sup>やKashiwazaki *et al.*<sup>15)</sup>の研究によって少なくとも6系統に類別されることになった。これらの6系統は血清学的には識別されないため、オオムギ判別品種に対する汁液接種または土壤伝染による発病によって病原性を調べることで類別される。すなわち、はるな二条、ミサトゴールドンの二条オオムギの反応を中心に整理すると、はるな二条のみに感染するものをI型系統、両品種に感染しないものをII型系統、両品種に感染するものをIII型系統とする。これに六条オオムギのカシマムギ、ハダカムギの上州白裸での反応からI型系統を両品種に感染しないI-1型、カシマムギのみ感染するI-2型、両品種に感染するI-3型、II型系統はカシマムギに感染しないII-1型と感染するII-2型に類別した。

ところで、実際の生産現場の農家圃場に品種を導入するに当たっては、その地域および圃場に存在する病原ウイルスの系統を事前に把握しておく必要がある。その方法としては汁液接種あるいは土壤伝染による検定が考え

られるが、汁液接種は発病適温を制御できる施設が必要となうえ、発病効率も必ずしも高くなく、多くのサンプルを検定するには適しない。これに対して、農家圃場に直接判別品種を播種し、その発病の有無を検定する方法が誰にでもできる簡便な方法として優れている。

茨城県内にはBaYMV以外に、ムギ類土壤伝染性ウイルスはWYMVとSBWMVが混在しているので、これらウイルスの識別を合わせて行うことのできる方法として、判別品種に現在主に栽培されている品種を中心にBaYMV I, II, III型の全ての系統に罹病するニューゴールドンあるいはあかぎ二条, I, III型系統に罹病し, II型系統に抵抗性を示すはるな二条あるいはあまぎ二条, I, II型系統には抵抗性を示すが, III型系統のみ罹病するミサトゴールドン, それにBaYMVの全ての系統およびSBWMVに罹病する六条オオムギ品種カシマムギとSBWMVおよびWYMVに罹病するコムギ品種農林61号を用いることにした。この方法を用いて、農業改良普及所が県内46カ所の現地圃場のウイルス診断を行ったところ、I型系統圃場が圧倒的に多く、II型系統圃場はその約1/5、そしてIII型系統圃場は関城町の1カ所であった。

前章においてBaYMV, SBWMV, WYMVの地域的分布は栽培麦種前歴とよく一致することを明らかにしたが、BaYMVの系統についても同様な傾向が認められた。茨城県内の二条オオムギおよび六条オオムギにおけるBaYMV系統分布と麦種前歴との関係は、BaYMV I型系統単独汚染圃場は全て二条オオムギの連作圃場であり、I型系統は二条オオムギに極めて親和性の高い系統と思われる。したがって、二条オオムギ栽培圃場ではI型系統が優先的に増殖するものと推察される。I型系統とSBWMVの混在圃場は少なかったが、六条オオムギ6連作後の二条オオムギが3連作された圃場で認められた。

一方、II型系統はII型系統単独汚染圃場とSBWMVとの混在圃場が認められたが、いずれも六条オオムギ連作圃場であり、I型系統と異なって六条オオムギに親和性の高い系統と思われる。このことはI型およびII型系統圃場で罹病したカシマムギの稈長の障害の程度を比較すると、II型系統圃場の方がI型系統圃場のものに比べて低く、被害が強く現れていることとも一致する。III型系統については、III型系統単独汚染圃場とSBWMVとの混在圃場が認められたが、III型系統と麦種前歴との関係は明らかにすることはできなかった。しかし、BaYMVの系統も長年栽培されている麦種と密接な関係にあるこ

とが明らかにされた。

抵抗性遺伝子（*Ym*）を有するミサトゴールデンは1985年に栃木分場で育成された。栃木分場は *Ym* 遺伝子を有する品種系統が長期間栽培されているが、ここでは *Ym* 遺伝子を有する品種系統の罹病化は全く観察されていない。しかし、ミサトゴールデンは茨城県では準奨励品種として採用され、同年の秋播きより現地に普及したものであり、これまで *Ym* 抵抗性遺伝子を有する品種は県内では栽培されていなかったが、初めてミサトゴールデンが作付けされた年に本病に罹病した。したがって、Ⅲ型系統はミサトゴールデンの連作によってⅠあるいはⅡ型系統が変異もしくは分化してきたウイルス系統とは言いがたい。また、同一圃場内でのミサトゴールデンの場所的な発病の多少は、前々作のあかぎ二条および前作のカシマムギの発病の多少と一致しており、ミサトゴールデンが作付けされる以前から存在していた土着のウイルス系統の一つと考えるのが妥当である。

さらに、ウイルス系統の変遷については、カシマムギが長年栽培されて当初 BaYMV Ⅱ型系統単独汚染であった圃場にⅡ型系統抵抗性品種はるな二条を栽培し続けてその罹病過程を追跡した。Ⅰ、Ⅱ型系統罹病性品種あかぎ二条ならびにⅠ、Ⅱ型系統抵抗性品種ミサトゴールデンの連作区でⅡ型系統反応が維持されたにもかかわらず、はるな二条の連作区は連作2ないし3年目から、はるな二条の罹病化が認められた。このように、ウイルス系統の変遷が短期間のうちに認められたことは、一見Ⅱ型系統単独汚染とみられていたものの、ごく少数ながらⅠ型系統が存在しており、Ⅱ型系統抵抗性でⅠ型系統罹病性の品種が作付けされたことによって、選択的にⅠ型系統の感染が生じ、感染・増殖してⅠ型系統が優先になったものと推察された。このような場合のウイルスの変遷はその系統の罹病性品種を連作することによって急激に起こるものと思われる。しかし、ウイルス系統の変異・分化についての研究はこのような圃場における現象観察だけでは結論を出すには至らない。

BaYMV Ⅲ型系統はこれまで高度抵抗性と考えられて

きた木石港3由来の抵抗性遺伝子（*Ym*）を有する醸造用二条オオムギ品種を侵すので、大きな問題を含んでいる。Ⅲ型系統は茨城県内の下館市伊讚美とその隣接した小川および関城町上野に限られ、現在のところ局地的である。しかし、1992年の栃木県病害虫防除所の5月22日付け病害虫発生予察特殊報によると、下館市に比較的近い栃木県下都賀郡壬生町でもⅢ型系統が確認されたことを報告している。今後、分布の拡大を引き続き監視する必要がある。

1990年の下館市小川地区の現地圃場におけるⅢ型系統の地域的分布と拡大を調査したところ、調査圃場70筆のうちミサトゴールデン11筆、きぬゆたか1筆が発病しているのが確認された。1991年には新たに発病が確認された圃場を含めて、Ⅲ型系統発生圃場は16筆と増加した。これらのⅢ型系統発生圃場は同一耕作者によるものが多く、地区内のⅢ型系統の分布拡大は大型機械による病土の拡散によるものと推察された。今後はⅢ型系統汚染圃場からの病土の拡散を防止するような作業体系が必要である。

新しい抵抗性遺伝子を組み入れた抵抗性品種の育成が急がれるところであるが、はがねむぎ、竹林茨城Ea 52などの *ym3* 抵抗性遺伝子を導入した品種育成も進められてきている<sup>18,20)</sup>。最近、宮城県において、はがねむぎ、竹林茨城Ea 52が高率に罹病する新系統が発見されており<sup>21)</sup>、今後も新品種の導入にあたってはBaYMV新系統やBaMMVの出現にさらに注意しなければならない。

一方、SBWMVの系統については、農林水産省九州農業試験場によってコムギ系統とオオムギ系統に類別され、これら両系統の外被蛋白はオオムギ系統がやや分子量が小さく、汁液接種によっても両系統間に差が認められた<sup>22)</sup>とされた。しかし、茨城県関城町井上の現地圃場では両系統の中間型の品種反応を示し、両系統が同等に存在するか、あるいは全く別系統が存在する可能性が示唆された。茨城県内のSBWMV系統は今後さらに広域に調査し、検討する必要がある。

#### IV オオムギ縞萎縮病の発生生態

オオムギ縞萎縮病は1940年に鑄方・河合<sup>23)</sup>によって初めて記載された。1949年に大発生し、本病に関する関心が高まり、安・吉野<sup>24)</sup>や草葉ら<sup>25)</sup>によって伝搬や感染および発病と気温との関係などの詳細な生態的研究が

行われたが、1960年代にはムギ類の栽培面積が150,000 haに落ち込んだため、その発生はほとんど問題にされなかった。しかし、その後水田転換作物としてムギ類の栽培面積が500,000 haに回復するにつれて、北海道を

除く全国の主要な麦作地帯に蔓延するに至った。このような全国的な蔓延の背景には加工業界の指定による罹病性品種が画一的に栽培されたことが大きな要因であるが、近年の大型機械の利用による病土の広域的な移動も被害を加速したのではないかと考えられる。そこで、本章ではこれら近代的な作業技術と本病発生要因との関連、とくに、水田と畑における本病の伝搬・拡大の様子、また土壌管理に関連する土壌硬度や土壌 pH との関連について現地の実態調査を主として検討した。

### 1. 圃場におけるオオムギ縞萎縮病の蔓延過程

茨城県西地域における 1985 年産のムギ類土壌伝染性ウイルス病の田畑別の発生面積率は水田が 47.2%、畑が 22.9% で、水田の方が畑よりも発生面積が多い<sup>30)</sup>。また、畑では発病の激しい部分が坪状にずり込むことが多いが、水田では圃場全面に均一に発病する例が多い。そこで、水田および畑における伝搬・拡大の様子を経年的に調査し、比較するとともに、本病未発生圃場に少量の伝染源を投入した場合、その発生がどのように拡大していくのかを 7 年間にわたって追跡調査した。

#### 1) 未発生圃場に伝染源を投入した場合の蔓延過程

モデル実験として未発生圃場にオオムギ縞萎縮病の罹病残渣を含む土壌を投入し、本病の圃場内蔓延過程を 7 年間にわたって調査した。

#### 材料および方法

1984 年 6 月にオオムギ縞萎縮病に罹病した六条オオムギ品種カシマムギの残渣を含む土壌 10 kg を採取し、茨城県農業試験場の本病未発生圃場である約 5 a (22.6 m × 21.5 m) の水田の中央部に投入した。その後 7 年間連続して夏作は水稻、冬作は二条オオムギを作付した。ただし、6、7 年目は圃場の供試部分を半分縮小した。二条オオムギ品種は 1984 年のみあまぎ二条を用いたが、それ以外の年次はあかぎ二条を供試し、60 cm の畦間に播種量 0.6 kg/a で播種した。

播種はいずれの年次も 10 月下旬～11 月上旬にかけて行い、発病調査は 4 月中旬に全株について行った。

#### 実験結果

結果は第 40 表および第 3 図に示した。各年次の発病

株数は、1985 年 8 株、1986 年 10 株、1987 年 394 株、1988 年 4,777 株、1989 年 21,628 株と増加し、1990 年は約 18,500 とほぼ前年と同等であったが、1991 年は圃場の全株 (約 45,000 株) が発病した。当初、発病株は残渣を投入した圃場中央部に集中していたが、畑のように一部分が坪状に激しく発病することはなく、投入 3～6 年目には発病株は圃場全面に拡散した。しかし、発病株は比較的圃場中央部に多い傾向にあった。7 年目には圃場全面で 100% 近い発病株率となった。外観的な圃場の黄化、萎縮が顕著になったのは 7 年目であり、圃場全体が 47.5% であった 5 年目でも黄化、萎縮は目立たなかった。

第 40 表 罹病残渣投入水田におけるオオムギ縞萎縮病の発生

調査年次	発病株数(株)	発病株率(%)
1985年(1年目)	8	0.016
1986年(2年目)	10	0.02
1987年(3年目)	394	1.0
1988年(4年目)	4,777	7.7
1989年(5年目)	21,628	47.5
1990年(6年目)	約18,512	41.1
1991年(7年目)	約45,000	100

注) 6、7 年目の発病株数は未調査部分についてもほぼ同様の発生と仮定して調査実数から算出。

#### 2) 畑と水田における蔓延の比較

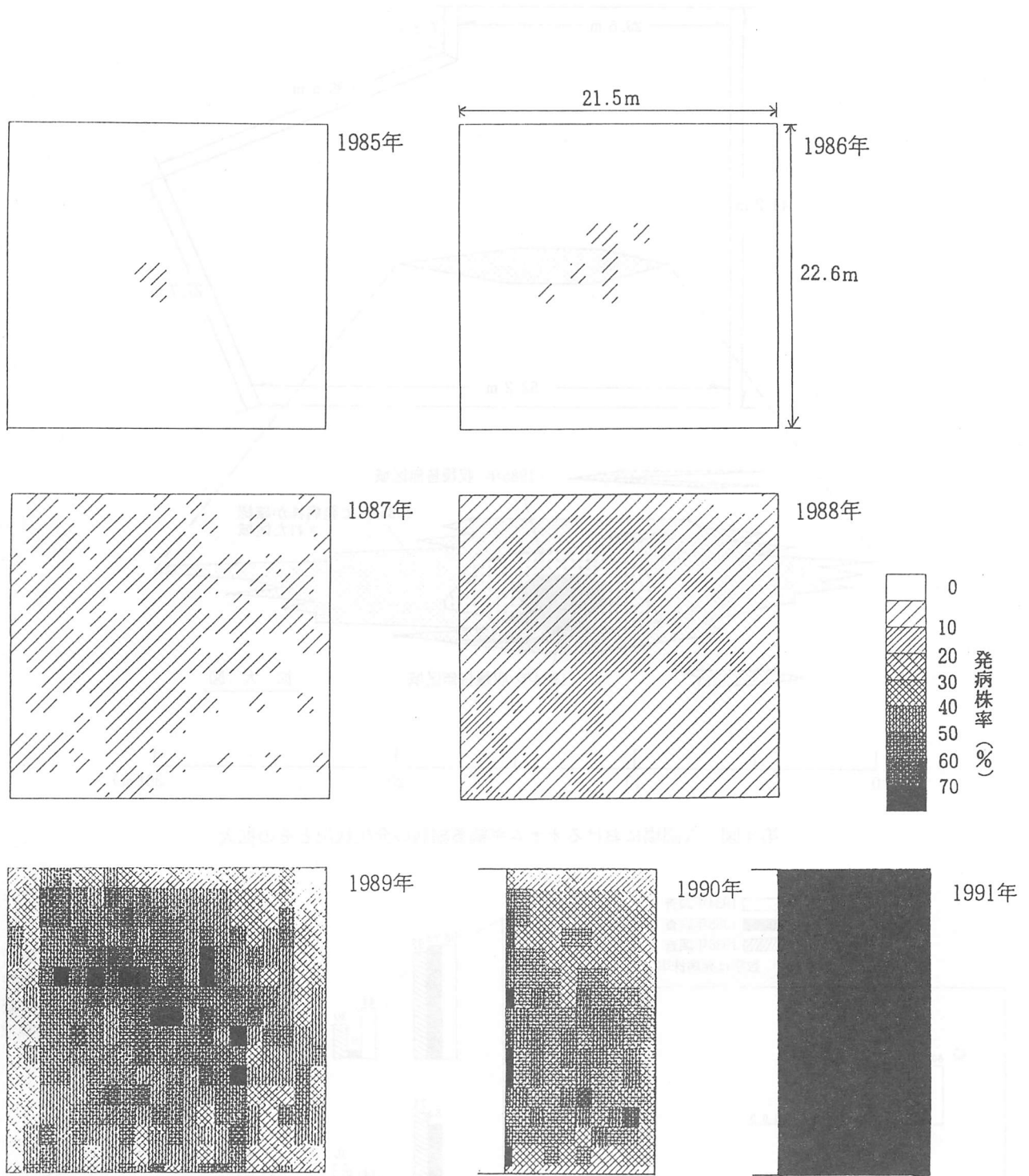
現地の畑と水田圃場におけるオオムギ縞萎縮病の蔓延・拡大状況を調査し、比較した。

#### 材料および方法

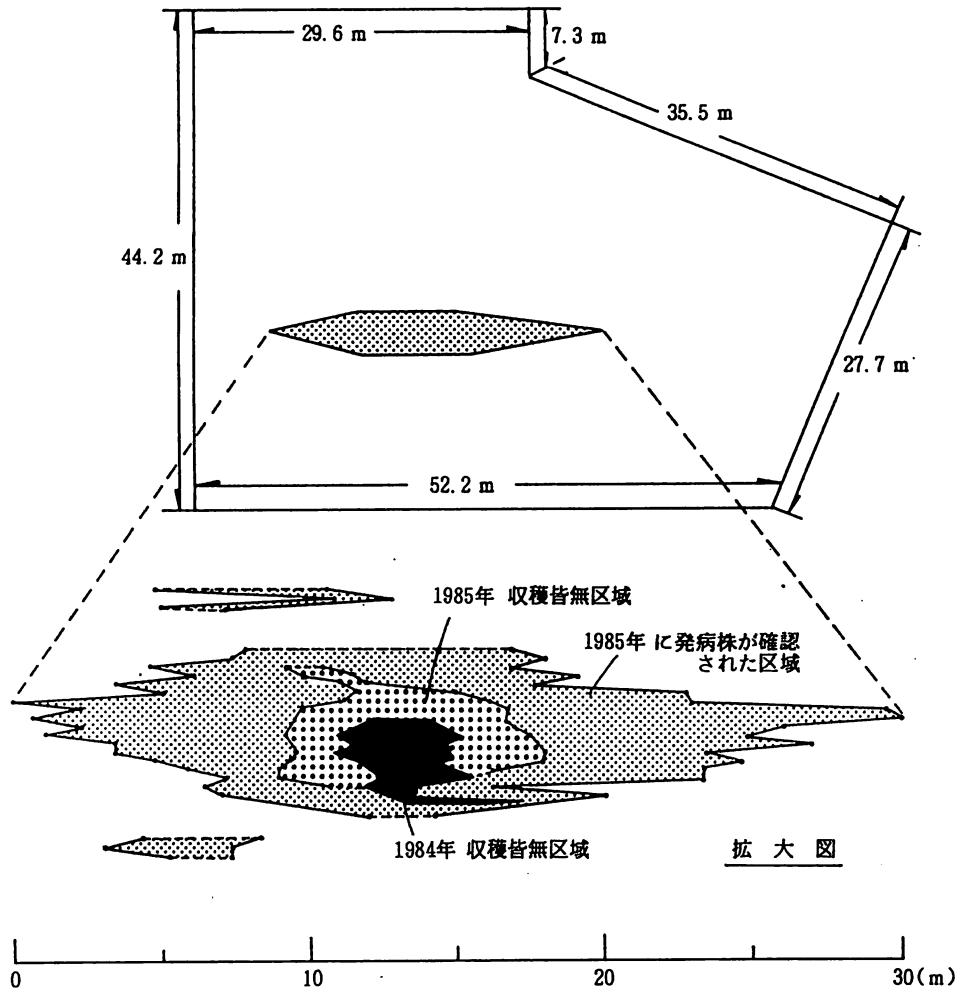
A 畑：那珂町豊喰の農家圃場。夏作はダイズ、冬作は二条オオムギ (あかぎ二条) の体系。1984 年 4 月 21 日、1985 年 3 月 22 日に全株について発病を調査し、圃場の発病域を図面上にプロットした。

B 畑：那珂湊市日野の農家圃場。夏作はサツマイモ、冬作は二条オオムギ (ニューゴールデン) の体系。1984 年～1986 年の 3 年間にわたり、圃場内に 4 カ所の定点を設け、1 地点 50 株について発病株率を例年 3 月下旬に調査した。

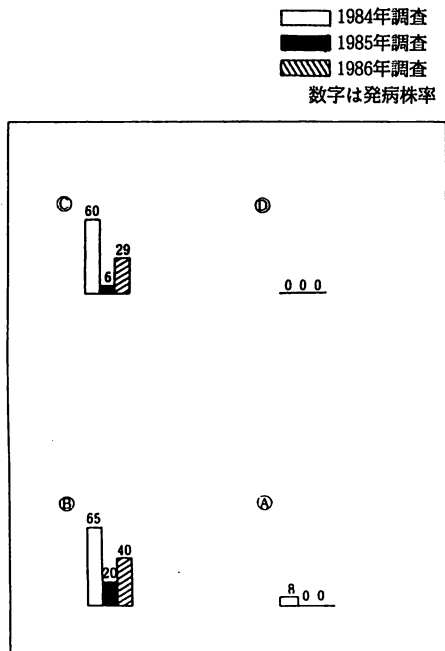
C 水田：那珂町豊喰の農家圃場。夏作は水稻、冬作は二条オオムギ (あかぎ二条) の体系。1984 年～1986 年の 3 年間にわたり、圃場内に 9 カ所の定点を設け、1 地点 50 株について発病株率を例年 3 月下旬に調査した。



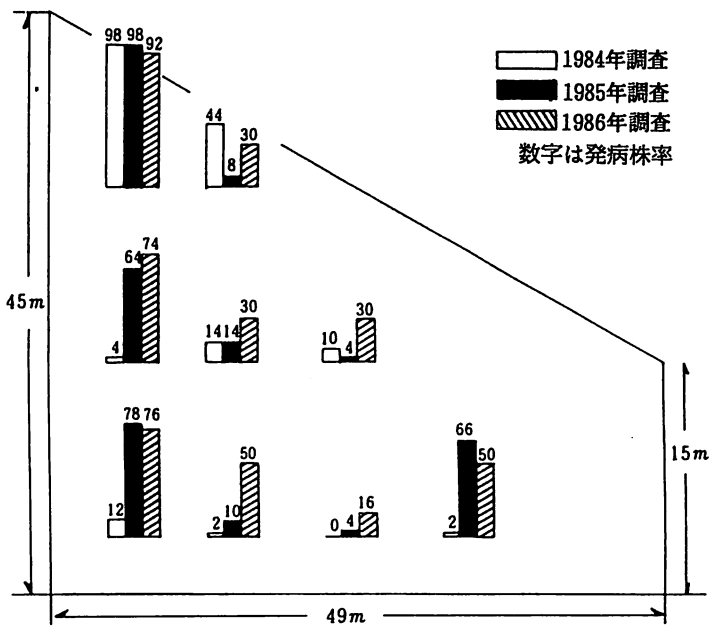
第3図 罹病残渣投入水田におけるオオムギ縞萎縮病の伝搬, 拡大経過



第4図 A圃場におけるオオムギ縮萎病の発生状況とその拡大



第5図 B圃場内定点の3年間の発病推移



第6図 C圃場内定点の3年間の発病推移



## 実験結果

発病が坪状にみられるA畑での拡大経過は第4図に示した。1984年に比較して、1985年は発病域が拡大したが、坪状の発病域を中心にわずかに拡大した程度であった。その拡大の方向は畦に沿って広がる傾向にあり、トラクター作業の進行方向と一致していた。

B畑での発病状況は第5図に示した。本圃場では、3年間を通じて4定点中、2地点のみ発病が認められ、無発病地点まで発病域が拡大することはなかった。

C水田での拡大経過は第6図に示した。本圃場では調査1年目では発病は局所的であったが、2年目にはその周辺部での発病域の拡大が顕著になり、3年目には圃場中央部の発生が増加するなどで、年次を重ねるにしたがって徐々に圃場全域に発病域の拡大が認められた。

## 2. 伝 染 源

ムギ類萎縮病、オオムギ縞萎縮病およびコムギ縞萎縮病の病原ウイルスは土壤生息菌の *Polymyxa graminis* により伝搬されるが、種子伝染せず、また、罹病植物体の地上部の茎葉を土壤中に埋め込んでも伝染源とならない<sup>10,25,67)</sup> ことが認められている。さらにムギ類土壤伝染性ウイルスは *P.graminis* の休眠胞子中に存在することから、病土および罹病株の根に強い病原性があること<sup>20,26,27,28,40,67)</sup> が明らかにされている。そこで、病土および罹病残渣の病原性について調査するとともに、それらを広域的に運ぶものの一つとして、トラクタのロータリ付着土量を計測した。

### 1) 罹病残渣の病原性

病土および罹病残渣を健全土壤に混和し、それらの病原性の強さを検定した。

### 材料および方法

1985年6月10日に罹病残渣あるいは病土の所定量を無病土の入っている無底の枠（1m×1m）に入れた。同年11月5日に罹病性二条オオムギ品種あかぎ二条を2列に約100粒播種した。試験は1区1㎡2連制で行い、発病は1986年4月9日に発病株率を調査した。

罹病残渣：那珂町豊喰のBaYMV II型系統圃場から採取した畦間の土壤およびあかぎ二条の罹病株を供試し

た。後者については根圏土壤（微小な細根を含む）、根、稈、および穂に分別した。

病土の希釈：病土は下館市伊讚美のBaYMV I型系統圃場から採取し、茨城県農業試験場内の無病の黒褐色火山灰土壤を用い、無病土壤20kgに対し、病土を1/1, 1/2, 1/4, 1/20に希釈した。

## 実験結果

結果は第41, 42表に示した。罹病残渣のうち、稈で205株中1株にわずかに発病が認められたものの、地上部の穂および稈には病原性は認められなかった。罹病株の根部の病原性は最も強く、混入量が病土の重量比で1/10であったにもかかわらず、病土と同等の発病株率を示した（第41表）。

病土は無病土で希釈されるにしたがって、病原性は低下したが、1/2希釈では病土の原土に対して発病株率が約70%、1/4希釈で約40%、1/20希釈で約10%の割合であった（第42表）。

第41表 オオムギ縞萎縮病残渣混入による発病

無病土に混入した罹病残渣の種類	混入量 <sup>a)</sup> (kg)	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)
病 土	10.0	105	32	30.5
根圏土壤	4.5	207	43	20.8
根	1.1	112	34	30.4
稈	0.7	205	1	0.5
穂	1.0	206	0	0

a) 無底の枠（1m×1m）中の無病土に混入した量

第42表 オオムギ縞萎縮病土混入割合と発生との関係

混入量 <sup>a)</sup> (kg)	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)	比率
20	100	10	18.0	100
10	304	38	12.5	69
5	100	7	7.0	39
1	100	2	2.0	11

a) 無病土壤20kgに対して混入した量

### 2) トラクタのロータリ付着土量

トラクタのロータリ部位別に付着土壤をかきとり、その量を計測した。

材料および方法

機種インター574, 76馬力のトラクタに装着するロータリ, ニプロLM-2000(幅2m)および機種シバウラSD-4000, 40馬力のトラクタに装着するロータリ(幅1.7m)の耕うん作業後の付着土をロータリの部位別にかきとり, その量を計測した。

実験結果

結果は第43表に示した。ロータリに付着する土量はロータリの大きさによって異なり, 2.0mロータリの付着土量45.3~48.2kgに対して1.7mロータリでは31.5kgと大型の方が多かった。付着土はロータリカバーおよびロータリ軸への付着量が多かった。

第43表 各種ロータリに付着する土の量

調査部位	付着土量(kg)		
	1.7mロータリ	2.0mロータリ	2.0mロータリ*
整地板	6.0	5.1	6.7
ロータリカバー	14.5	12.7	16.0
定規車	2.8	6.5	4.0
ロータリ車	8.2	21.0	21.5
計	31.5	45.3	48.2

注) 調査時の土壌水分は30%。

\*は75a耕うん後のもの。

3. 土壌硬度とオオムギ縞萎縮病の発病との関係

本病はくぼ地や排水の悪い場所に発生しやすい<sup>6)</sup>とされているが, 現地調査をしている際, 畦沿いに発病むらがある事例に遭遇し, 調査をした。また, 土壌硬度が発病に及ぼす影響について検討した。

1) 現地における実態調査

発病むらのある現地農家圃場の土壌硬度を測定し発病程度と土壌硬度との関係を調査した。

材料および方法

下館市小川の発病むらのある現地農家圃場において, 1982年3月30日に発病率の調査と併せて, その地点の深さ0cm, 5cm, 10cm, 15cmの土壌硬度を山中式土壌硬度計(藤原製作所, 山中式標準型)で4カ所測定した。

実験結果

結果は第44表に示した。発病率83.0%の発病がみられる畦の深さ5~15cmの土壌硬度は3.5~4.0kg/cm<sup>2</sup>であったのに対し, 発病率39.6%の畦では10.0kg/cm<sup>2</sup>と硬く, 土壌硬度が硬いほど発病程度が低い傾向にあった。この土壌硬度の硬い畦はトラクタの耕起幅ごとに出現し, ロータリ耕起中に生じたものと思われる。

第44表 発病程度の異なる調査地点における深さ別土壌硬度

深さ (cm)	発病率39.6%地点の 土壌硬度(kg/cm <sup>2</sup> )					発病率83.0%地点の 土壌硬度(kg/cm <sup>2</sup> )						
	調査地点	1	2	3	4	平均	調査地点	1	2	3	4	平均
0		2	2	3	3	2.5	2	2	2	2	2	2.0
5		10	8	14	7	10.0	3	3	3	4	3.5	3.5
10		9	9	10	12	10.0	3	3	3	4	3.5	3.5
15		9	10	11	10	10.0	3	5	3	4	4.0	4.0

2) 土壌硬度とオオムギ縞萎縮病との関係

人為的に土壌硬度をかえたオオムギ縞萎縮病汚染土壌に罹病性二条オオムギを播種し, 発病程度を調査した。

材料および方法

下館市伊讚美より採取したオオムギ縞萎縮病発病土壌を1/5000aのワグネルポットに詰め, 土壌硬度を山中式土壌硬度計で5, 10, 15, 20kg/cm<sup>2</sup>になるように調整した。1983年10月下旬に罹病性二条オオムギ品種あかぎ二条を播種し, 網室で栽培した。試験は3連制で行い, 1984年4月に発病率を調査した。

実験結果

結果は第45表に示した。土壌硬度5kg/cm<sup>2</sup>では, 発病率94.9%であったのに対し, 10kg/cm<sup>2</sup>では91.8%, 15kg/cm<sup>2</sup>では75.7%, 20kg/cm<sup>2</sup>では32.9%と土壌硬度が硬くなるにしたがって発病率は低くなった。

第45表 土壌硬度がオオムギ縞萎縮病の発生に及ぼす影響

土壌硬度	発病数/総基数(%)			平均(%)
	調査地点1	2	3	
5	82/82(100)	82/91(90)	97/102(95)	94.9
10	99/99(100)	72/88(82)	88/95(93)	91.8
15	68/91(75)	69/100(69)	75/89(84)	75.7
20	12/62(19)	35/81(43)	-	32.9

#### 4. 土壌 pH と発病との関係

土壌 pH とムギ類土壤伝染性ウイルス病の発病との関係について、安・吉野<sup>7)</sup>はオオムギ縮萎病は中性ないし、アルカリ性で発病が多いことを認めたが、斎藤<sup>8)</sup>はコムギ縮萎病で、また草葉<sup>9)</sup>はオオムギ縮萎病で土壌 pH と発病との関係を検討したところ、その関係は判然としないとされている。そこで、現地圃場におけるオオムギ縮萎病発生状況と土壌 pH との関係を調査した。

##### 材料および方法

茨城県内の下館市、水戸市、那珂湊市、内原町、那珂町、藤代町の 47 圃場の 59 地点の発病株率と土壌 pH を調査した。発病株率は 1 地点 50 株について調査し、土壌 pH は H<sub>2</sub>O で浸出し、pH メーター（岩城硝子製、M-225）で測定した。

##### 実験結果

結果は第 46 表に示した。調査圃場の土壌 pH は 5.1～7.0 に分布し、平均は 6.0 であった。発病株率 40 % 以上の多発生地点の平均 pH は 6.07、発病株率 10～30 % の中発生地点の平均 pH は 5.98、発病株率 10 % 以下の少発生地点の平均 pH は 5.98 であり、発生程度の違いによって土壌 pH に差は認められなかった。

#### 5. 考 察

オオムギ縮萎病の発生分布について、草葉<sup>9)</sup>は発病の激しい部分を中心としてほぼ同心円状に拡がり、順次中～軽の発病になることが多いことを報告している。このような発生分布になることは、茨城県内でも多くみられるが、圃場内におけるその発生分布の拡大は畑地と水田裏作地とは異なる。

畑地では発病の激しい部分を中心にはほぼ同心円状に発生し、全面には拡がりにくい。連作を続けると年々周辺に発生部分が拡大する。その拡大傾向は、畦方向に向かって拡大する傾向が強く、トラクタによる耕起作業によって生じる病土の移動が要因と考えられる。一方、水田裏作地では田植え時の代かき作業によって汚染が拡げられ、全面に発生する例が多い。このように本病の蔓延には大型機械の管理作業が大きな役割を果している可能性が高い。

第46表 農家圃場におけるオオムギ縮萎病発生程度と土壌 pH との関係

土壌pH	発病株率(%)		
	多発生地点	中発生地点	少発生地点
5.1			0
5.2	94, 52		4
5.3			
5.4		24	1
5.5			0
5.6			
5.7	79, 60	13	5, 0
5.8	90		4, 4, 2
5.9	46	22, 21	8, 4, 2
6.0	95, 90, 65	14, 14, 12	
6.1	59, 49		2, 1, 0, 0
6.2	97,89,88,43,42	16,11,28,28,28	5, 3, 0
6.3	77, 63		
6.4			8, 2, 0
6.5	74		8
6.6			
6.7			
6.8			
6.9			
7.0			6
平均pH	6.07	5.98	5.98

また、トラクタのロータリ部分に付着している土壌の量を計測したところ、30～45 kgの土壌が付着している。病土を健全土で 20 倍に希釈しても原土の約 1 割の発病がみられ、かなり病原力が強く、このような少量の汚染源が大型機械に付着して、本病未発生圃場に持ち込まれる可能性が示唆される。そのモデル実験として、本病発生圃場から採取した罹病残渣を含む土壌約 10 kg を健全圃場の中央に投入し、7 年間にわたって夏作は水稻を、冬作は二条オオムギを栽培して、発生の拡大経過を調査した。本圃場における発生状況は、坪状および同心円状に激しく発病することではなく、まず、圃場全体に本病の発生域が薄く拡がり、その後被害が全面的に生じた。このことは、水田における本病の蔓延は代かき作業によって汚染源が拡散され、連作によって汚染源の密度が高まり、被害を生じるようになったものと推察される。

次に被害の様子を発病株率の推移でみると、投入 1～2 年後は推定発病株率は 0.02 % と極めて低く、健全圃場とほとんどかわることはなかった。その後、3 年目以降からは発病株率が増加しはじめ、4 年目、5 年目と年々指数的に発病が増加し、6 年目ではやや停滞した

ものの、投入7年目では発病株率は100%に達し、外観的な圃場の黄化、萎縮が生じて収量的な被害が認められるようになった。このように、発生域の拡大は病原密度の低い初期には徐々に進むが、病原密度がある一定の水準を超えると、急激に発生が拡大し、被害が生じることを示す典型的なケースである。

しかし、残渣投入5年目までは外観的に本病の発生はあまり目立つことはなく7年目になってやっとその異常に気づく程であった。したがって、現地の農家ではそれまでの間、本病の蔓延の進行を見逃す危険性は高い。本病の蔓延をできるだけ阻止するためには、被害が顕著になる以前から圃場をよく観察し、早めに防除を考える必要がある。また、このように少量の汚染源の持ち込みでも、数年後には大発生する危険性があることから、トラ

クタなどの大型機械による管理作業の順序も発生圃場を最後にするような作業体系を組み、作業終了時には必ず機械を洗浄するように心掛ける必要がある。さらに、近年のトラクタによるロータリ耕は土壌を膨軟にし、播種・施肥作業を容易にするが、本研究の結果では土壌硬度が軟らかいほど発生しやすい傾向にあり、この点も本病を助長する要因の一つとなっている可能性も考えられる。一方、土壌pHについては、現地において各圃場の発病の激しい部分と比較的軽い部分について調査したところ、土壌pHと発生程度の間には明瞭な差は認められず、草葉ら<sup>20)</sup>の結果と一致した。同一圃場内の発病むらについては、さらに別の土壌要因からの解析が必要であると思われる。

## V 総合考察

茨城県に分布するムギ類土壌伝染性ウイルス病には三種類あり、barley yellow mosaic virus (BaYMV) によるオオムギ縞萎縮病はオオムギに、wheat yellow mosaic virus (WYMV) によるコムギ縞萎縮病はコムギに、soil-borne wheat mosaic virus (SBWMV) によるムギ類萎縮病はコムギ、オオムギにそれぞれ発生している。

茨城県は二条オオムギ、六条オオムギ、コムギの三麦種の主要な産地である。ビール醸造用の二条オオムギは1985年作付け順位第4位、麦茶原料用六条オオムギは同第1位、日本麺用コムギは同第9位であり、これら三麦についての前述した三種の土壌伝染性ウイルス病を包含した総合的な防除対策の確立が求められている。しかし、これまでの研究は個々のウイルス病に関する研究が大半で、これら三種の土壌伝染性ウイルス病を一括して取り上げた報告は比較的少ない。

三種の病原ウイルスのうち、BaYMVおよびWYMVはともにひも状、SBWMVは稈状の粒子であるが、これらウイルスはすべて *Polymyxa graminis* によって媒介される<sup>3,19,20,38,53)</sup> など生態的な類似点は多く、病徴はいずれもよく似ており、病徴からのウイルス診断は難しい。しかし、それぞれの病原ウイルスに対する品種間抵抗性や麦種の寄主範囲が異なるため、抵抗性品種の利用や麦種転換など耕種的防除法を確立するためには、ウイルスの種類を正確に診断しなければならない。特に抵抗性品種を利用する場合にはウイルス系統の存在の把握が極めて重要になる。従来、これらのウイルス病の診断はX体

の光顕観察や電顕観察によって行われてきた。X体の観察は操作が簡易で、病徴の鮮明なものでは葉裏の表皮細胞のX体の形状によってある程度ウイルスの区別ができる。しかし、病徴の不鮮明なものではX体の観察によるウイルスの同定は困難である。一方、電顕観察による診断はX体の観察よりも確実であるが、BaYMVならびにWYMVは宿主体内における濃度が低いため、ウイルス検出頻度が極めて低く、ウイルスの検出に時間を要するので多数の試料の診断には適さない。

宇杉ら<sup>20)</sup>は血清学的診断法の一つであるELISA法(酵素結合抗体法)を用いてBaYMVまたはWYMVの検定とSBWMVの検定を同時に行う診断法を確立した。本方法は多数の試料を同時に処理することが可能で、かつ高い精度をもつ診断法である。そこで、ELISA法を用いて茨城県内全域から1985~1987年の3年間にわたり各種罹病標本566点を採集し、ウイルスの種類を診断したが、このような大規模な試みは初めてのことと思われる。それだけに貴重な調査結果ではあるが、ムギ類土壌伝染性ウイルスの分布はその地域で栽培されている構成麦種の影響を強く反映していた。その特徴的な点を述べると、二条オオムギはすべてBaYMVの単独感染であったのに対し、六条オオムギはやや複雑で、二条オオムギ主体の地帯ではBaYMVの単独感染が多いが、六条オオムギおよびコムギ主体の地帯ではBaYMVとSBWMVの重複感染が多い傾向にあった。特に、コムギとの混在地帯においてこの傾向がより強かった。また、コムギではWYMVの単独感染が大半を占めているが、

S B W M V の単独感染が六条オオムギ主体の地帯に目立った。しかし、六条オオムギと異なって重複感染は少なく、コムギと六条オオムギの混在地帯に特異的に重複感染がみられたにすぎなかった。このように二条オオムギ、コムギはそれぞれ BaY M V および W Y M V に優先的に感染するようであり、これら病原ウイルスの増殖源となっているが、六条オオムギ品種カシマムギは BaY M V, S B W M V に等しく感染する傾向がみられ、ここで増殖された S B W M V がその跡地に作付けされたコムギに受け渡され、コムギでの被害を助長しているのではないかと考えられる。茨城県におけるウイルスの混在化、複雑化にカシマムギが果たした役割は大きいものと思われる。また、二条オオムギは S B W M V に罹病した例はなく、全て BaY M V の単独感染であったが、飯田<sup>11)</sup> はさらに多くの二条オオムギについて S B W M V の抵抗性を検討したところ供試したほとんどの品種が罹病せず、わが国の二条オオムギ品種には S B W M V 抵抗性遺伝子が存在する可能性を示唆している。

BaY M V の系統については斎藤・岡本<sup>4)</sup>、安・吉野<sup>6)</sup> および草葉ら<sup>20)</sup> がその存在を認め、岡本ら<sup>36)</sup> は病土によって二条オオムギ品種に対する病原性の異なるものがあることを報じた。しかし、明確な分類はされず、またその性状についても不明な点が多かった。1984年、本研究で抵抗性品種として育成されたミサトゴールデンが初作からオオムギ縞萎縮病に罹病したため、BaY M V 系統の解明が急務となった。宇杉ら<sup>30)</sup> は各地から集めた BaY M V のオオムギ品種に対する病原性を汁液接種で検定したところ、茨城県から採集した六条オオムギ分離株は栃木分場および九州農試から採集した罹病二条オオムギ分離株とは品種反応が異なり、三系統に分類できるとした。さらに柏崎ら<sup>15,17)</sup> は全国各地から罹病株を集め、供試品種を増やして汁液接種を行った結果、新たに病原性の異なる三系統を見いだすとともにオオムギ縞萎縮病には BaY M V に加えて BaM M V (barley mild mosaic virus) が関与していることを明らかにした。すなわち、オオムギ縞萎縮病の病原ウイルスは I-1, I-2, I-3, II-1, II-2, III型の各系統および BaM M V に分けられた。これらウイルスをはるな二条、ミサトゴールデンの二条オオムギの反応を中心に整理すると、はるな二条のみに感染するものを I 型系統、両品種に感染しないものを II 型系統、両品種に感染するものを III 型系統とする。これに六条オオムギのカシマムギ、ハダカムギの上州白裸での反応から I 型系統を両品種に感染しない I-1 型、カシマムギのみ感染する I-2 型、両品種に感染する I-3

型に、II 型系統はカシマムギに感染しない II-1 型と感染する II-2 型に類別される。BaM M V は BaY M V のいずれの系統も感染しないイシユクシラズに感染する。現在のところ BaM M V の発生は山口県と香川県で認められており、茨城県では確認されていない。

BaY M V I, II 型系統の地域的な分布はこれまで長年栽培されてきた麦種と密接な関係にある。すなわち、I 型系統は二条オオムギに親和性があり、二条オオムギ栽培地帯に広く分布する。II 型系統は六条オオムギ（カシマムギ）に極めて親和性が高い。このことは I 型および II 型系統圃場で罹病したカシマムギの稈長の障害の程度を比較すると、II 型系統圃場の方が I 型系統圃場のものに比べて低く、被害が強く現れていることとも一致する。III 型系統はこれまで高度抵抗性と考えられてきた木石港 3 由来の抵抗性遺伝子 Ym を持つものとして育成されたミサトゴールデンをはじめとする品種・系統を侵すため、重大な問題を含んでいる。本系統はこれまで一般的な罹病性品種を作付けし、発病がみられたところに発生し、特にミサトゴールデンを連作しなくても出現したことから、もともとそこに存在していた土着のウイルスと言える。ウイルス系統の変遷については、カシマムギが長年栽培されて当初 BaY M V II 型系統単独汚染であった圃場に II 型系統抵抗性品種はるな二条を栽培し続けてその罹病過程を追跡したところ、連作 2 ないし 3 年目からはるな二条が罹病し、短期間のうちにウイルス系統の変遷が認められた。このことは、一見 II 型系統単独汚染とみられていたものの、ごく少数ながら I 型系統が存在しており、II 型系統抵抗性で I 型系統罹病性の品種が作付けされたことによって選択的に I 型系統が捕捉されて、感染・増殖して I 型系統が優先になったものと推察された。BaY M V 系統の変異・分化についての研究はこのような圃場における現象観察だけでは結論を出すには至らないが、ウイルスの変遷はその系統の罹病性品種を連作することによって急激に起こるものと思われる。最近、III 型系統は栃木県（1992年、栃木県病害虫防除所病害虫発生予察特殊報）で発見され、また宮城県でははがねむぎ、竹林茨城 Ea52 が高率に罹病する新系統が発見され<sup>37)</sup> しており、さらには、S B W M V の系統<sup>38)</sup> についても明らかにされつつある。これらウイルスの系統の変異・分化がどのようなしくみで生じるか極めて興味深い点であるが、今後遺伝子レベルでの解析が望まれる。

ウイルスの系統を二条オオムギの抵抗性からみると、ゴールデンメロンの血を受け継ぐあかぎ二条、ニューゴールデンなどは I, II, III 型のいずれの系統にも罹病する。

あまぎ二条, はるな二条, ヤシオゴールド, ダイセンゴールド, さつき二条, ミホゴールドなど大半の品種はI, III型の系統に罹病する。III型系統のみ罹病する品種は, 近年いわゆる抵抗性品種として育成されたミサトゴールド, ミカモゴールド, ニシノゴールド, きぬゆたかななどである。これまでBaYMV抵抗性遺伝子としては木石港3に由来する $Ym$ , 御堀裸3号の持つ $Ym2$ および突然変異による $ym3$ の三種の遺伝子が報告されており, 日本では $Ym$ および $ym3$ 遺伝子が抵抗性品種育成に利用されてきたが, 本研究ならびに柏崎らの研究によって $Ym$ 遺伝子を侵すBaYMV系統や $ym3$ 遺伝子を侵すBaMMVの存在が明らかにされ, 抵抗性育種をこの両遺伝子だけに頼ることは危険である。今後, 豊富な抵抗性遺伝子源の収集と利用を図ると同時に抵抗性遺伝子の同定, 異なる遺伝子の導入, 有効な抵抗性選抜の方法の開発が育種戦略上重要となるものと思われる。

本研究により茨城県内のムギ類土壌伝染性ウイルスの種類・系統の分布状況が明らかになり, さらにこれらのウイルスは長年その地域で栽培されている麦種と密接な関係にあることが判明した。

本研究で明らかとなったBaYMV III型系統の知見が今後の抵抗性品種育種に活用され, 研究が進展することが期待される。

次に, 近年, 全国各地の主要な麦作地帯ではムギ類土壌伝染性ウイルス病の発生が著しく, 大きな問題となっている。この大きな要因として水田転換作物の一つとしての作付面積の増大, 抵抗性を持たない品質重視の品種の作付け, さらに麦作産地の定着化にともなう連作があげられる。

本研究でも伝染源の拡散と抵抗性を持たない品種の連

作によって大きな被害が生じることを明らかにした。すなわち, オオムギ縞萎縮病の病土は健全土で20倍に希釈しても発病を起こさせるような高い病原性を有しているので, 少量の汚染源が大型機械に付着して本病未発生圃場に持ち込まれ, 発生のきっかけとなる可能性は大いに考えられる。事実, トラクタのロータリ部分に30~45kgの土壌が付着しているのを計測した。また, 新たに発見されたBaYMV III型系統の地域的な拡大の様子をみても, 同一耕作者によって拡大されている傾向がみられ, このことを裏付けている。次にモデル実験として, 本病発生圃場から採取した罹病残渣を含む土壌約10kgを5aの健全圃場の中央部に投入し, 7年間にわたって夏期は水稻を, 冬期は本病に抵抗性を持たない二条オオムギを連作して発生の拡大を調査した。投入1~2年後では本病の発病株率は極めて低く, 外観上は健全圃場とほとんど変わることはなかったが, 3年目以降から発病株率は増加し, 連作4年目以降, 年々指数的に発病株率が急増して7年目には発病株率は100%に達した。これらのことから当初の汚染源の持ち込みが少量であっても, 連作によって圃場内の発生域の拡大は徐々に進み, さらに連作が進むと病原ウイルス密度がある一定水準を超え, 大きな被害が生じることが明らかとなった。このようにトラクタなどの大型機械による圃場の管理作業が病土の拡散に関与している可能性は高く, これに加えて連作は発生を助長しているものと思われる。したがって, 本病防除の第一歩として病土の拡散の機会がなるべく少ない作業体系をとることが望まれる。

なお, 本病の被害と防除対策については第2報において述べる。

## 摘 要

### 1 茨城県に発生するムギ類土壌伝染性ウイルスの種類とその系統

1) 茨城県内の各地より土壌伝染性ウイルス病に罹病した各種ムギを採集し, 血清学的手法(ELISA法)により病原ウイルスの診断を行った。その結果, 茨城県内に分布する病原ウイルスは, 長年その地域で栽培されている優先麦種と密接な関係にあった。二条オオムギ, コムギ栽培地帯ではそれぞれオオムギ縞萎縮ウイルス(barley yellow mosaic virus, BaYMV)およびコムギ縞萎縮ウイルス(wheat yellow mosaic virus, WYMV)

が優先的に検出されたが, 六条オオムギ栽培地帯ではムギ類萎縮ウイルス(soil-borne wheat mosaic virus, SBWMV)の単独あるいはBaYMVとの重複感染の割合が高かった。茨城県におけるウイルスの混在化, 複雑化に六条オオムギ(カシマムギ)が果たした役割は大きいものと思われた。

2) 茨城県内で栽培されている二条オオムギがSBWMVに罹病した例はなく, 全てBaYMVの単独感染であった。これは二条オオムギがSBWMVに免疫性ということではなく, 現在栽培されている醸造用の二条オオムギ品種がSBWMVに抵抗性を有しているために, このような

状態になったものと思われた。

3) BaYMV I型系統は、二条オオムギ栽培地帯に広く分布していたが、II型系統は六条オオムギ（カシマムギ）栽培地帯に分布しており、BaYMV I・II型系統も栽培麦種と密接な関係にあることが明らかとなった。一方、III型系統の分布は下館市、関城町の県内一部地域に限られていた。

4) 現地圃場における簡易なウイルスの種類・系統判別法として、判別品種あかぎ二条（BaYMV I・II・III型系統罹病性）、はるな二条（BaYMV I・III型系統罹病性）、ミサトゴールデン（BaYMV III型系統罹病性）、カシマムギ（BaYMV, SBWMV罹病性）、農林61号（WYMV, SBWMV罹病性）の5品種を圃場の片隅に播種し、品種反応から検定する方法を提案した。本方法では結果がでるまで半年間を要するが、誰にでもできる簡易で確実な方法として優れているものと思われる。

5) BaYMV II型系統単独汚染であった圃場にII型系統抵抗性品種はるな二条を栽培し続けてその罹病過程を追跡したところ、連作2ないし3年目から、はるな二条の罹病化が認められた。このことは、一見II型系統単独汚染とみられていたものの、ごく少数ながらI型系統が存在しており、II型系統抵抗性でI型系統罹病性の品種が作付けされたことによって選択的にI型系統が捕捉されて、感染・増殖してI型系統が優先になったものと推察された。

6) BaYMV III型系統は、ミサトゴールデンが初作で罹病したことおよび同一圃場内でのミサトゴールデンの場所的な発病の多少は、前々作のあかぎ二条および前作のカシマムギの発病の多少と一致していることからミサトゴールデンが作付けされる以前から存在している土着のウイルス系統の一つと考えられた。

7) 下館市小川におけるBaYMV III型系統の地域内の蔓延は、同一耕作者によるミサトゴールデンの連作で増加する傾向にあった。

8) 茨城県関城町井上の現地圃場のSBWMVの系統については、農林水産省九州農業試験場によって類別されたコムギ系統とオオムギ系統の中間型の品種反応を示

し、両系統が同等に存在するか、あるいは全く別系統が存在する可能性が示唆された。

## 2 オオムギ縞萎縮病の発生生態

1) オオムギ縞萎縮病の病土および罹病残渣の病原性は高く、病土を健全土で20倍に希釈しても原土の約1割の発病がみられた。また、トラクタのロータリ部分に付着している土壌の量を計測したところ、30~45kgの土壌が付着していることが明らかとなり、トラクタなどの大型機械によって病土が拡散されるものと考えられた。

2) 少量のオオムギ縞萎縮病汚染源（10kg）を水田（5a）に投入した場合の本病発生病況は、汚染源投入1~2年後では本病の発病株率は極めて低く、外観上は健全圃場とほとんど変わることはなかった。しかし、3年目以降から発病株率は増加し、連作4年目以降、年々指数的に発病株率が増加して7年目では発病株率は100%に達した。水田においては坪状および同心円状に激しく発病することはなく、圃場全体に本病の発生域が薄く拡がり、その後被害が全面的に生じるようになった。このように、水田における本病の発生域の拡大は病原密度の低い初期には徐々に進むが、病原密度がある一定の水準を超えると、急激に発生が拡大する傾向にあった。

3) 畑地におけるオオムギ縞萎縮病の発生病況は水田とは異なり、発病の激しい部分を中心にほぼ同心円状に発生し、全面には拡がりやすく連作を続けることで年々周辺に発生域が拡大した。その拡大は畦方向に拡大する傾向が強く、トラクタによる耕起作業によって生じる病土の移動が要因と考えられた。

4) オオムギ縞萎縮病は土壤硬度が低いほど発生しやすい傾向にあった。

5) 土壤pHとオオムギ縞萎縮病の発生程度の間に関連な関係は認められなかった。

以上要するに、本研究は茨城県内のムギ類土壤伝染性ウイルス病の分布とBaYMVの新系統であるIII型系統を含むBaYMV系統の分布を明らかにするとともにこれら土壤伝染性ウイルス病の発生生態を明らかにした。

引用文献

- 1) Brakke, M.K. (1971). Soil-borne wheat mosaic virus. C.M.I./A.A.B. Descriptions of Plant Viruses. No.77.
- 2) 千葉恒夫・小川 奎・秋山 実・高橋 修・茂垣慶一・菊地久穂・清水芳徳・原敬之助・小林 誠・西野新次・村田勝利・仲田道生 (1986). 茨城県におけるムギ類土壌伝染性ウイルス病の分布. 茨城県病害虫研報 25 : 11-13.
- 3) Canova, A. (1966). Ricerche sulle malattie da virus delle Graminacee III. *Polymyxa graminis* Led. Vettore del virus del mosaico del Frumento. *Phytopath. Mediterranea* 5 : 53-58.
- 4) Clark, M.F. & Adams, A.N. (1977). Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. gen. Virol.* 34 : 475-483.
- 5) 藤井敏男 (1987). 大麦縞萎縮病抵抗性ビール麦の品種育成—栃木県における—. 農業技術 42 : 397-400.
- 6) Hill, S.A. & Evans, E.J. (1980). Barley yellow mosaic virus. *Pl. Path.* 29 : 197-199.
- 7) Huth, W. & Lesemann, D. (1978). Eine für die Bundesrepublik Deutschland neue Virose an Wintergerste. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz.* 30 : 184-185.
- 8) Huth, W. (1979). Die Getreidevirosen in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz.* 31 : 53-55.
- 9) Huth, W. (1990). The yellow mosaic inducing viruses of barley in Germany. *Proceedings of the 1st Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors, Braunschweig.* pp. 113-115.
- 10) 鑄方末彦・河合一郎 (1940). 小麦縞萎縮病に関する研究. 農事改良資料 154 : 1-123.
- 11) 飯田幸彦 (1990). 大麦縞萎縮病における病原ウイルス系統と品種抵抗性をめぐる諸問題—六条オオムギ, 二条オオムギ品種の各ウイルス系統に対する抵抗性(土壌伝染の結果から). 農業技術 45 : 71-74.
- 12) 井上忠男 (1964). 縞萎縮病オオムギにみられる稈状粒子について(予報). 農学研究 50 : 117-122.
- 13) 井上忠男 (1969). コムギ縞萎縮病の病原ウイルス. 農学研究 53 : 61-68.
- 14) Jianping, C., Swaby, A.G., Adams, M.J. & Yili, R. (1991). Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. *Ann. appl. Biol.* 118 : 615-621.
- 15) Kashiwazaki, S., Ogawa, K., Usugi, T., Omura, T. & Tsuchizaki, T. (1989). Characterization of several strains of barley yellow mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 55 : 16-25.
- 16) 柏崎 哲 (1990). 大麦縞萎縮病における病原ウイルス系統と品種抵抗性をめぐる諸問題—病原ウイルス系統の研究の現状と今後の課題—. 農業技術 45 : 111-115.
- 17) 柏崎 哲 (1991). オオムギ縞萎縮病の病原ウイルスの遺伝子構造および系統に関する研究. 東京大学博士論文.
- 18) Kawada, N. & Tsuru, M. (1987). Genetics and breeding of resistance to barley yellow mosaic virus. *Barley Genetics V. Proc. 5th In. Barley Genet. Symp., Okayama.*
- 19) 草葉敏彦・遠山 明 (1970). オオムギ縞萎縮病の伝染について 第1報 病根を浸漬した水の感染性. *日植病報* 36 : 214-222.
- 20) 草葉敏彦・遠山 明・油本武義・建部美次 (1971). 二条オオムギにおけるオオムギ縞萎縮病の生態および防除に関する研究. *鳥取農試特研報* 2 : 1-208.
- 21) 草葉敏彦 (1976). ムギ類ウイルスのポリミキサによる伝搬. *植物防疫* 30 : 181-184.
- 22) Kobayashi, S., Yoshida, H. & Sohtome, K. (1987). Breeding for resistance to yellow mosaic disease in malting barley. *Barley Genetics V. 5th In. Barley Genet. Symp. Okayama.* pp. 667-672.
- 23) Lapierre, H. (1980). Nouvelles maladies a virus sur cereales d'hiver. *Le Producteur Agrucolc Francais* 56 (270) : 11.
- 24) Maroquin, C., Cavelier, M. & Rassel, A. (1982). Premieres observations sur le virus de la mosaïque jaune de l'orge en Belgique. *Bulletin Recherches*



- Agronomique de Gembloux 17 : 157-176.
- 25) Mckinney, H.H. (1923) . Investigation of the rosette disease of wheat and its control. J. Agr. Research 23 : 771-800.
- 26) Mckinney, H.H. (1957) . Maintenance of naturally infection cultures of the soil-borne viruses of wheat mosaic and oat mosaic, without the use of soil. Plant Dis. Repr. 41 : 254-255.
- 27) Mckinney, H.H., Paden, W.R. & Koehler, B. (1957) . Studies on chemical control and overseasoning of, and natural inoculation with the soil-borne viruses of wheat and oats. Plant Dis. Repr. 41 : 256-266.
- 28) Miyamoto, Y. (1959). Studies on soil-borne cereal mosaic IV. Further studies on the nature of soil-transmission in soil-borne cereal mosaic viruses. Ann. Phtopath. Soc. Japan. 24 : 207-212.
- 29) 野村 研・柏崎 哲・中田栄一郎・日比野啓行・奥山 哲 (1991) . Barley mild mosaic virus (BaMMV) 分離株の性状の比較. 日植病報 57 : 447 (講要) .
- 30) 小川 奎 (1986) . ムギ類土壤伝染性ウイルス病の発生生態と防除対策. 植物防疫 40 : 143-144.
- 31) 小川 奎・飯田幸彦・千葉恒夫・渡辺 健・宇杉富雄・土崎常男 (1986). オオムギ縞萎縮病罹病性品種の病土間における反応の違い. 日植病報 52 : 152 (講要).
- 32) 小川 奎・渡辺 健・飯田幸彦・戸嶋郁子・柏崎 哲・土崎常男 (1987) . オオムギ縞萎縮病抵抗性品種「ミサトゴールド」の罹病について. 日植病報 53 : 123 (講要) .
- 33) 小川 奎・渡辺 健・戸嶋郁子・上田康郎・飯田幸彦・柏崎 哲・土崎常男 (1987) . 茨城県におけるオオムギ縞萎縮病, コムギ縞萎縮病およびムギ類萎縮病の発分布と麦種との関係. 関東病虫研報 34 : 27-29.
- 34) 小川 奎・渡辺 健・戸嶋郁子・千葉恒夫 (1989) . 水田および畑におけるオオムギ縞萎縮病の伝搬, 拡大経過. 日植病報 55 : 546 (講要) .
- 35) 小川 奎・渡辺 健・戸嶋郁子 (1990) . オオムギ縞萎縮病の発生生態と耕種的な防除法. 農業技術 45 : 25-29.
- 36) 岡本 弘・松本和夫・日野稔彦 (1963) . オオムギ縞萎縮病抵抗性品種検定法について (予報) . 中国農業研究 27 : 29-30.
- 37) 長田 茂・高橋智恵子・柏崎 哲・日比野啓行 (1992) . 宮城県におけるオオムギ縞萎縮病の発生状況と BaYMV の系統. 日植病報 58 : 614-615 (講要) .
- 38) Rao, A.S. (1968) . Biology of *Polymyxa graminis* in relation to soil-borne wheat mosaic virus. Phytopathology 58 : 1516-1521.
- 39) 齊藤康夫・高梨和雄・岩田吉人・岡本 弘 (1964). 土壤伝染性ムギウイルス病に関する研究. I 病原ウイルスの諸性質; 農技研報 C 17 : 1-19.
- 40) 齊藤康夫・高梨和雄・岩田吉人・岡本 弘 (1964) 土壤伝染性ムギウイルス病に関する研究. IV 土壌および病植物の根におけるウイルスの残存; 農技研報 C 17 : 61-74.
- 41) 齊藤康夫・岡本 弘 (1964) . 土壤伝染性ムギウイルス病に関する研究. V 品種抵抗性の検定; 農技研報 C 17 : 75-102.
- 42) 齊藤康夫・土崎常男・日比野啓行 (1968) . コムギ縞萎縮病の病原ウイルス. 日植病報 32 : 347 (講要).
- 43) Seko, H. (1987) . History of barley breeding in Japan. In Barley Genetics V. Proc. 5th Int. Barley Genet. Symp., Okayama. pp. 915-922.
- 44) Slykhuis, J.T. (1960) . Evidence of soil-borne mosaic of wheat in Ontario. Can. Plant Dis. Survey 40 : 43.
- 45) Slykhuis, J.T. (1970) . Factors determining the development of wheat spindle streak mosaic caused by soil-borne virus in Ontario. Phytopathology 60 : 319-331.
- 46) 高橋隆平・林 二郎・山本秀夫・守屋 勇・平尾忠三 (1966) . 大麦縞萎縮病抵抗性に関する研究 第1報 二条および六条大麦品種の抵抗性検定試験. 農学研究 51(3) : 135-152.
- 47) 高橋隆平・井上忠男・林 二郎・守屋 勇・平尾忠三・光畑興二 (1968) . 大麦縞萎縮病抵抗性に関する研究 第2報 品種の抵抗性程度と被害との関係ならびに異なる常発地の病原ウイルスに対する品種反応比較. 農学研究 52(2) : 65-78.
- 48) 高橋隆平・林 二郎・守屋 勇・平尾忠三 (1970) . 大麦縞萎縮病抵抗性に関する研究 第3報 抵抗性の遺伝と連鎖. 農学研究 53 : 153-165.
- 49) Takahashi, Y., Omura, T., Shohara K. & Tsuchizaki, T. (1987) . Rapid and simplified ELISA for routine field inspection of rice stripe virus. Ann. Phutopath. Soc. Japan 53 : 254-257.

- 50) 高橋義行・匠原監一郎・柏崎 哲・土崎常男 (1988). 簡易エライザ法によるオオムギ縞萎縮ウイルスの検出. 関東病虫研報 35: 29-30.
- 51) 戸嶋郁子・渡辺 健・飯田幸彦 (1990). オオムギ縞萎縮病Ⅱ型汚染圃場における「はるな二条」の連作による発病推移. 関東病虫研報 37: 41-42.
- 52) 戸嶋郁子・渡辺 健・飯田幸彦 (1991). 茨城県におけるオオムギ縞萎縮病Ⅲ型系統発生実態調査 下館市小川地区における「ミサトゴールド」の発病状況. 関東病虫研報 38: 35-36.
- 53) 遠山 明・草葉敏彦 (1970). オオムギ縞萎縮病の伝染について 第2報 *Polymyxa graminis* Led. による媒介. 日植病報 36: 223-229.
- 54) 土崎常男・日比野啓行・斉藤康夫 (1970). ムギ類萎縮ウイルスの各種系統. 日植病報 36: 187-188 (講要).
- 55) Tsuchizaki, T., Hibino, H. & Saito, Y. (1973). Comparisons of soil-borne wheat mosaic virus isolates from Japan and the United States. *Phytopathology* 63: 634-639.
- 56) 鶴飼保雄・山下 淳 (1980). オオムギにおける縞萎縮病抵抗性の突然変異. 育雑 30: 125-130.
- 57) 宇杉富雄・斉藤康夫 (1976). オオムギおよびコムギ萎縮ウイルスの純化および血清学的関係について. 日植病報 42: 12-20.
- 58) Usugi, T. & Saito, Y. (1981). Purification and some properties of oat mosaic virus. *Ann. Phytopath.Soc. Japan* 47: 581-585.
- 59) 宇杉富雄・桑原達雄・土崎常男 (1984). 酵素結合抗体法 (ELISA) によるオオムギ縞萎縮病, コムギ縞萎縮病およびムギ類萎縮病の血清学的診断. 日植病報 50: 63-68.
- 60) 宇杉富雄・柏崎 哲・土崎常男 (1985). オオムギ縞萎縮ウイルスの系統について. 関東病虫研報 32: 53-55.
- 61) Usugi, T., Kashiwazaki, S., Omura, T. & Tsuchizaki, T. (1989). Some properties of nucleic acids and coat proteins of soil-borne filamentous viruses. *Ann. Phytopath.Soc. Japan* 55: 26-31.
- 62) 宇杉富雄・大貫正俊・酒井淳一・林 隆治・河田尚之・藤田雅也・狭間 渉・小田俊介・渡辺 健 (1992). 九州農試筑後圃場に発生するムギ類萎縮ウイルスの系統と品種抵抗性. 日植病報 58: 615 (講要).
- 63) 和田栄太郎・深野 弘 (1934). 小麦モザイク病の種類とX-体の差異. 農及園 9: 1778-1790.
- 64) 和田栄太郎・深野 弘 (1936). 小麦 yellow mosaic 病に於ける系統の存在. 農及園 11: 2697-2702.
- 65) 和田栄太郎・深野 弘 (1937). 小麦モザイク病の種類と其差異並びに判別法に就いて. 農事試験場集報 3: 93-128.
- 66) 渡辺 健・小川 奎・上田康郎・飯田幸彦・秋山 実・高橋 修・清水芳徳・千葉恒夫・原敬之助・西野新次・仲田道生・柳橋 泰・村田勝利・茂垣慶一 (1987). 茨城県におけるムギ類土壤伝染性ウイルス病の分布 第2報-ウイルスの種類と系統-. 茨城県病害虫研報 26: 45-48.
- 67) 安 正純・吉野正義 (1964). オオムギ縞萎縮病に関する生態的研究. 埼玉農研報 25: 1-115.
- 68) 吉岡 恒 (1959). X体による麦類モザイク病の判別について. 関東病虫研報 6: 20.
- 69) 吉岡 恒 (1959). 茨城県における土壤伝染性麦類モザイク病について. 関東病虫研報 6: 21.

## Studies on the epidemiology and control of soil-borne virus diseases of barley and wheat in Ibaraki Prefecture.

### I. Epidemiology.

Kei OGAWA, Ken WATANABE, Yukihiro IIDA, Tsuneo CHIBA,  
Ikuko YAMAZAKI, Satoshi KASHIWAZAKI and Tsuneo TSUCHIZAKI

#### Summary

Barley and wheat are important winter crops in Ibaraki Prefecture, Japan. These crops are grown in paddy fields where rice is grown in summer on the flooded condition as well as in upland fields with soybean or other summer crops. Soil-borne virus diseases cause serious damage to both barley and wheat crops either in paddy or upland fields. Three different viruses, barley yellow mosaic (BaYMV), wheat yellow mosaic (WYMV) and soil-borne wheat mosaic viruses (SBWMV), all of which are transmitted by the root-inhabiting fungus *Polymyxa graminis*, have been reported in the prefecture. BaYMV and SBWMV occur either singly or together in barley, and WYMV and SBWMV also occur either singly or together in wheat. However, it is very difficult to diagnose each virus by field observation, because these viruses cause similar symptoms in barley or wheat plants. Thus, the precise distribution of each virus in the prefecture and its damage have scarcely been assessed. In this paper and another paper presented in this volume, we describe the data obtained mostly by field work during the 1984 to 1991 crops seasons on the occurrence and distribution of soil-borne viruses and their strains in barley and wheat growing areas in the prefecture, their epidemiology, and management with cultivar resistance and other cultural or chemical measures.

#### Geographical distribution of soil-borne viruses of barley and wheat.

During the 1985 to 1987 crop seasons, samples of two-rowed or six-rowed barley and wheat plants with virus disease-like symptoms were collected from naturally infested fields throughout the prefecture and examined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). All of the 119 two-rowed barley samples (excluding samples with no detectable viruses) contained barley yellow mosaic virus (BaYMV) only. Eighty-eight percent of the 149 six-rowed barley samples had BaYMV and 62% had soil-borne wheat mosaic virus (SBWMV), with 50% containing both viruses. Seventy-three percent of the 162 wheat samples had wheat yellow mosaic virus (WYMV) and 41% had SBWMV, with 14% containing both viruses. BaYMV was prevalent in areas where two-rowed barley is grown intensively. BaYMV and SBWMV were equally common in areas where six-rowed barley, mostly cultivar (cv.) Kashimamugi, is grown intensively. WYMV was prevalent in areas where wheat is grown intensively. These viruses were also distributed in combination in other areas with two-rowed barley, six-rowed barley and/or wheat fields, and relationships were also observed between the viruses occurring in each area and the crops planted there.

#### Occurrence of BaYMV strains.

A set of differential barley cultivars for diagnosing BaYMV strains, containing four susceptible two-rowed cvs. New Golden, Akagi Nijo, Haruna Nijo and Amagi Nijo, a resistant two-rowed cv. Misato Golden and a susceptible six-rowed cv. Kashimamugi, were tested in small field plots at twelve sites in the prefecture. The reactions of these cultivars in the field plots showed three different patterns which could represent the occurrence of three different BaYMV strains (pathotypes), BaYMV-I, BaYMV-II and BaYMV-III. In five fields where two-rowed barley has primarily been planted, New Golden, Akagi Nijo, Haruna Nijo, Amagi Nijo and Kashimamugi were frequently infected whereas Misato Golden had no infection, indicating

the occurrence of BaYMV-I. In five other fields where Kashimamugi has long been planted, Kashimamugi, New Golden and Akagi Nijo were frequently infected, whereas Haruna Nijo and Amagi Nijo were scarcely infected and Misato Golden had no infection, indicating the occurrence of BaYMV-II. All these cultivars were frequently infected in the remaining two fields (at Shimodate and Sekijo), indicating the occurrence of BaYMV-III, although there was no sufficient information on barley cultivars planted there in the past.

Further survey with the differential cultivars in 46 other field plots indicated that BaYMV-I was most widespread in the prefecture (found in 38 plots) and distributed primarily in two-rowed barley areas. The survey also showed that BaYMV-II occurred in 7 plots in six-rowed barley areas and BaYMV-III occurred only in one plot.

#### Effects of planting of different barley cultivars on BaYMV strains.

Effects of planting of different barley cultivars on the incidence of BaYMV strains were examined in a naturally infested field at Uchihara where Kashimamugi had long been planted before. Three barley cvs. Akagi Nijo, Haruna Nijo and Misato Golden were planted for four years in separate blocks in this field and the disease incidence (referring hereafter to the percentage of plants with symptoms examined in mid-March to mid-April, unless otherwise stated) was examined each year in each block. During four years, Akagi Nijo was severely infected and Misato Golden was virus-free. Haruna Nijo was scarcely infected in the first year, but the disease incidence increased rapidly with years and reached 100% in the fourth year. These results suggest that continuous planting of Haruna Nijo in the field increased the population of BaYMV-I which was probably been present there, at much lower incidence than BaYMV-II when Kashimamugi was planted.

Investigation in the field at Shimodate where BaYMV-III occurred that Misato Golden had infection with BaYMV-III at the first planting and that the distribution of infected plants in the first crop of Misato Golden within the field well corresponded to the distribution of infected plants in the previous crop of cv. Kashimamugi. The results suggest that BaYMV-III was already present there before the introduction of Misato Golden. The disease incidence in Misato Golden was increased from 17% to 84% in four years after the introduction, indicating that continuous planting of Misato Golden could increase the population of BaYMV-III. Indeed, the field survey in Shimodate area showed that the number of fields where Misato Golden became infected with BaYMV increased with continuous planting of this cultivar.

#### Spread and distribution of BaYMV in fields.

Detailed observation of fields infested naturally with BaYMV indicated differences between upland and paddy fields in disease spread and distribution. In upland fields, the disease usually distributed unevenly and the affected plants tended to occur within circular patches. The patches of affected plants enlarged very slowly year by year in the direction of the ridges, with the most severely affected plants in its center. By contrast, in paddy fields, the disease very rapidly spread uniformly, with no clear patches comparable to those observed in upland fields.

About 10 kg of BaYMV-infested soil was put into the center of a non-infested paddy fields (5 a) and the spread of disease was examined for seven years by planting every year susceptible barley in winter and rice in summer. In the first to second year, the disease occurred in small area in the center. In the third to sixth year, the disease rapidly spread year by year from the center to the margins and the disease incidence was increased from 1% to 48%. In the seventh year, the disease spread over the entire field with 100% incidence and the whole crop showed severe yellowing and stunting. The results demonstrate rapid spread of disease in paddy fields, which would be attributable to the stirring effects of paddling and levelling, and to the continuous irrigation, for rice cultivation on the flooded condition.

Inoculum potential of infested soil was examined by mixing different amount (1, 5, 10 and 20 kg) of BaYMV-infested soil into blocks (1/100 a) of a non-infested field, followed by planting susceptible barley. The disease incidence was increased as the amount of infested soil was increased, with 2% infection in plots with 1 kg infested soil and 18% infection in plots with 20 kg infested soil.

The soil clinging to rotary plow was measured after plowing an upland field. 43.5 and 31.5 kg of soil was recovered from 2.0 and 1.7 meter-wide rotary plows, respectively, suggesting that rotary plowing could move large amount of infested soil for disease spread.

Relationships between disease incidence and soil hardness were examined in a BaYMV-infested field where the disease distributed unevenly. The average hardness at 5 to 15 cm depth was 3.5 to 0.4 kg/cm<sup>2</sup> in severely diseased plots with an average disease incidence of 83%, but that was 10.0 kg/cm<sup>2</sup> in less severely diseased plots with an average incidence of 40%. The belts with high soil hardness occurred in the field at intervals corresponding to the width of the rotary plow.

To examine further relationships between disease incidence and soil hardness, BaYMV-infested soil was put into pots and pressed to four different degrees of hardness, and then susceptible cv. Akagi Nijo was sown. The disease incidence at the respective soil hardness was 94.8% (5 kg/cm<sup>2</sup>), 91.8% (10 kg/cm<sup>2</sup>), 75.7% (15 kg/cm<sup>2</sup>) and 32.9% (20 kg/cm<sup>2</sup>), demonstrating a trend towards lower disease incidence as the soil hardness was increased.

Investigation of disease incidence and soil pH at 59 plots in 47 BaYMV-infested fields showed no clear relationship between them.