HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	新品種のいもち病抵抗性判定に関する二・三の考察 ： 稲の交雑に関する研究　第ＸＸＸＸIII報
Author(s)	武田, 和義; TAKEDA, Kazuyoshi; 高橋, 萬右衞門 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 7(4), 513-523
Issue Date	1970-12-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11814
Type	departmental bulletin paper
File Information	7(4)_p513-523.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

稲品種のいもち病抵抗性判定に関する二・三の考察

—— 稲の交雑に関する研究，第 XXXXIII 報[1] ——

武田和義・高橋萬右衞門
(北海道大学農学部育種学教室)

Some considerations on assessment for varietal differences of resistance to rice blast disease

— Genetical studies on rice plant, XXXXIII —

Kazuyoshi TAKEDA and Man-emon TAKAHASHI
(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received July 14, 1970

緒　　言

いもち病は稲作に重大な被害を与える病害の一つであり，古くからその防除法，抵抗性の遺伝および抵抗性の機作が研究されてきた。

抵抗性の遺伝に関しては，1922年に佐々木が主働遺伝子による遺伝現象を報告して以来，多くの研究が行なわれ，一般に優性の主働遺伝子に支配される形質であるとの解釈のもとに，いくつかの高度抵抗性品種が育成されたが，1950年頃から，これらの高度抵抗性と考えられていた品種が激しく罹病する現象が現れるに従い，いもち菌には病原性に関して分化した多くの菌型が存在することが知られるようになった。同時に，稲の側にも，それぞれの菌型に対して特異的に抵抗性を示す多くの抵抗性主働遺伝子が分化していることも判明しつつある。しかしながら，圃場に分布しているいもち菌のフロラは地域あるいは年次によって容易に変異することが明らかになり，抵抗性育種は特異的抵抗性を示す主働遺伝子によるだけでは十分ではないと考えられるようになった。その一例として，翁支江に由来する抵抗性主働遺伝子 *Pi-k* を持つ品種クサブエ，ユーカラ，テイネがそれを犯し得る菌型 C-3 が出現したことによって激しく罹病した事例があり，その理由としてこれらの品種が，いわゆる圃場抵抗性を欠いていたことによると考えられている（後藤等 1961，清沢 1967，伊藤 1968)。

そこで著者等は罹病性反応を起こす場面で品種の罹病程度に差異が認められるか否か，また特異的抵抗性を発現する主働遺伝子が罹病程度にどのような影響を及ぼすかを明らかにするために一連の実験を行ない，併せて抵抗性の判定基準として一般に用いられている病斑型が遺伝的にどの程度安定な形質であるかを知るためにその誤差変異の大きさを検討し，若干の知見を得たのでここにとりまとめ報告する。

なお実験は山形大学農学部植物病理学研究室において高橋(喜)教授，後藤博士，斎藤嬢の多大な援助のもとに遂行されたものであり，供試品種の一部は農林省農業技術研究所，岡部技官，同北海道農業試験場，佐本技官，および同中国農業試験場，鳥山技官の御好意により与えられたものである。また岩見沢における畑地晩播試験は北海道立中央農業試験場，江部技師の御協力によって行なわれたものであり，共に記して感謝の意を表する次第である。

材料および方法

実　験　1

病原性を異にするいもち菌3菌系を，抵抗性を異にする水稲10品種に噴霧接種して病斑型を調査した。供試品種および菌系は Table 1 に示す如くであり，これらの品種および菌系は山形大学農学部植物病理学研究室の保存系統である。

1) 北海道大学農学部育種学教室業績

38×27×5 cm のホーローびきバットに川砂をつめ，硫安3g，過石1g，塩加1gを施与し，5月中旬に2葉期の幼苗を移植して，ガラス室内に湛水状態で育成した。

各バットを主区とする分割試験区法により，それぞれの菌系に3バットをあて，各バットに10品種を任意に配列し，1区17個体とした。

5葉期にバット当り硫安1gを追肥し，6葉期に150倍の顕微鏡1視野当り20～30個の胞子濃度の胞子懸濁液をバット当り25～30 cc 噴霧接種し，24°C の湿室に15時間保った後，通常の管理を行ない，1週間後に個体毎に接種時展開葉の最弱病斑型を調査した。病斑型の分類は1963年にフィリピンの国際稲研究所で行なわれた，いもち病に関するシンポジウムで定められた規準に従っており，病斑型の尺度を病斑型指数として分散分析を行なった。

いもち菌は高橋(喜)の処法のうち，稲藁をオートミールに置き換えた培地で培養し，前培養7日，後培養3日とした (高橋, 1955)。病斑型の概要は Fig. 1 に示す如く

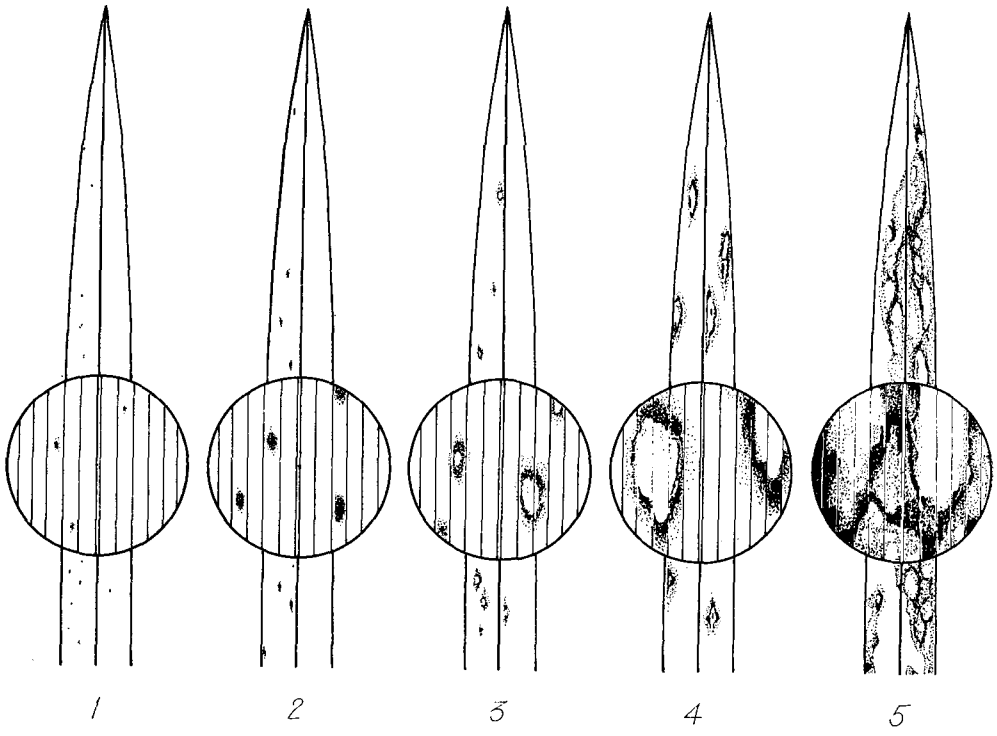

Fig. 1. Leaf lesion types of the rice blast disease.

Scale 1=HR.: Only small brown specks of pinhead size are produced on the leaves. The number of apecks may be few or many and they are on occasion unrecognizable; none has necrotic (collapsed cells) spots.

Scale 2=R.: Slightly larger brown specks (about 1/2 mm in diameter) than Scale 1; there are no necrotic spots.

Scale 3=MR.: Necrotic gray spots about 1–2 mm in diameter that are surrounded by a brown margin which is roundish or tends to be elliptical; the lesions may be many, but the leaves are not usually killed by the infection.

Scale 4=MS.: Typical blast lesion which is elliptical, 1–2 cm long, and is usually confined to the area of the two main veins; there is a large, necrotic, gray center with a brown or reddish-brown margin. Usually less than 5 per cent of the leaf area is damaged; there are relatively few lesions on each leaf.

Scale 5=S.: Many large blast lesions as in Scale 4, though here they offten larger and broader. The upper portion of one or two of the leaves of seedlings of four or five leaves may be killed by coalescence of the lesions, but the total area killed does not exceed 25 per cent.

Table 1. Materials in the experiment 1.

Rice variety	Fungus strain
Aichiasahi	Hoku-1
Fujisaka No. 5	Ina-168
Homarenishiki	Ken-54-04
Imochishirazu	
Kameno-o	
Norin No. 22	
Pi No. 1	
Sensho	
Usen	
Zenith	

である。

実 験 2

病原性を異にするいもち菌2菌系を，抵抗性を異にする水稲5品種に接種して病斑型を調査した。供試品種および菌系は Table 2 に示す如くで，それぞれの菌系を4品種に接種した。これらの品種，および菌系は山形大学植物病理学研究室の保存系統である。

Table 2. Materials in the experiment 2.

Rice variety	Fungus strain
(A)	
Ginga	Hoku-2
Ishikarishiroke	
Chokoto	
Kameno-o	
(B)	
Homarenishiki	Nagano-87
Ishikarishiroke	
Chokoto	
Kameno-o	

水稲の育成，菌の培養，接種および病斑型の判定は実験1に準じ，各バットに4品種を任意に配列し，1バット1反復として2反復を設け，1区75個体とした。

実 験 3

清沢の分類による新2号型，および愛知旭型に属し，本邦に普遍的に分布している N 群のいもち菌に特異的抵抗性を示さない水稲33品種を北海道岩見沢市の北海道立中央農業試験場稲作部圃場，および山形県鶴岡市の山形大学農学部圃場において畑地晩播法で栽培し，自然感染により発病させ，病斑面積率を指標にして罹病程度を判定した。供試品種は Table 3 に示す如くで，これらは北海道大学農学部作物育種学研究室，農林省北海道農業試験場および同中国農業試験場の保存系統である。

Table 3. Materials in the experiments 3 and 4.

Rice variety	Type of resistance
Akamuro	Shin No. 2
H-90	〃
Hokkai No. 112	〃
Iwakogane	〃
Kamenishiki	〃
L-14	〃
Mokoto	〃
Nagaminori	〃
Nan-ei	〃
Norin No. 20	〃
Shin-ei	〃
St No. 1	〃
Tomoemasari	〃
Tomoenishiki	〃
Toyohikari	〃
Yachiminori	〃
Akage	Aichiasahi
Bozu No. 5	〃
Eiko	〃
Fukoku	〃
H-28	〃
H-45	〃
H-60	〃
H-69	〃
Kanmasari	〃
Kokushokuto-2	〃
N-7	〃
Sasahonami	〃
Shiokari	〃
Shirayuki	〃
Tokachikuromomi	〃
Wasenishiki	〃
Yukimochi	〃

実験は乱塊法2反復，1区約100個体とし，播種期は6月中旬，病斑の初発は，鶴岡では7月中旬，岩見沢では7月下旬であった。病斑面積率の調査は視察により，鶴岡では7月19日から8月3日まで隔日に行ない，岩見沢では8月10日に行なった。病斑面積率0～10%を1，10～30%を2，…70～90%を5，90%以上を6として指数を与え，場所別に罹病程度の品種間差を分散分析法で

検討した。別に岩見沢で観察された罹病程度と，鶴岡で観察された罹病程度との順位相関を SPEARMAN の方法で計算した。罹病程度の順位は岩見沢では8月10日の病斑面積率により，鶴岡では7月25日の病斑面積率によって定めた。

実 験 4

実験3と共通の水稲33品種に，これらのすべての品種に病原性を示すいもち菌系，研53-33を噴霧接種し，罹病性病斑数を調査した。供試菌系は山形大学植物理学研究室の保存系統である。

水稲の育成，菌の培養，接種方法は播種期を6月中旬とした以外は実験1と同様である。1品種15個体を供試し，反復は設けなかった。接種時展開葉の先端1/6，および基部1/3を除いた部分の罹病性病斑数を調査し，半葉当り罹病性病斑数とし，対数変換して分散分析を行なった。

この材料について4人の視察者が，視察で罹病程度の順位を判定し，その順位の一致係数を KENDALL の方法で計算した。さらに4人の視察による判定結果を平均した罹病程度の順位と半葉当り罹病性病斑数の順位との順位相関を計算した。

実 験 5

抵抗性主働遺伝子型を異にする水稲15品種に，これらのすべての品種に対して病原性を示すいもち菌系，研53-33を噴霧接種し，単位葉長当り罹病性病斑数を調査した。供試品種は Table 4 に示す如くで，これらは北海道大学農学部作物育種学研究室，農林省農業技術研究所，同北海道農業試験場および同中国農業試験場の保存系統であり，清沢の分類による愛知旭型，石狩白毛型，関東51号型。新雪型，および杜稲型の5群から任意に3品種を選んだものである。供試いもち菌系は山形大学農学部植物病理学研究室の保存系統である。

Table 4. Materials in the experiment 5.

Rice variety	Type of resistance
Akage	Aichiasahi
Eiko	〃
Tokachikuromomi	〃
Fukuyuki	Ishikarishiroke
Ishikarishiroke	〃
Kitaminori	〃
Chugoku No. 31	Kanto No. 51
Kanto No. 51	〃
Yakeiko	〃
Jyoiku No. 230	Shinsetsu
Takanenishiki	〃
Shinsetsu	〃
Hokkai No. 183	Toto
Teine	〃
Yukara	〃

水稲の育成，菌の培養，接種方法は実験4と同様である。実験は乱塊法により1バット1反復として4反復を設け，各バットに15品種を任意に配列し，1区7個体とした。

実験4の方法で半葉当り罹病性病斑数および半葉長を調査し，葉長10 cm当り罹病性病斑数を算出し，対数変換して分散分析を行なった。

実 験 結 果

A. 病斑型で示される抵抗性の品種間差異

実 験 1

バットを主区とする分割区法で分散分析を行ない，菌系間差，品種間差および両者の相互作用について有意性検定をすると Table 5 に示す如く，いずれの要因も有意であった。特に菌系と品種の相互作用は高い水準で有意であり，菌系の病原性遺伝子型と品種の抵抗性遺伝子型の組合せによる特異反応の存在が強く示唆された。なおここではそれぞれの主区が1個のバットからなっているので，各菌系内の反復間変異（バット間変異）を主区誤差として取り扱った。

Table 5. Analysis of variance on leaf lesion type.

Source of variance	d.f.	m.s.
Main plots	8	0.7533
Fungus strains	2	2.2894*
Main plot error	6	0.2413
Rice varieties	9	14.4013***
Strain×Variety	18	3.1176***
Error	54	0.1282

*, ***: Signicfiant at the 5% and 0.1% levels, respectively.

菌系毎に分散分析を行なうと Table 6 に示す如く一般に反復間差はほとんど有意とは認められず，区単位の遺伝力も極めて高い値が得られた。しかしながら病斑型指数の区内個体間変異を標準偏差の形で算出し，同指数の区平均値との関係を見ると Fig. 2 に示す如く，病斑

Table 6. Analysis of variance on leaf lesion type.

Source of variance	d.f.	m.s. Hoku-1	Ina-168	Ken-54-04
Varieties	9	6.3140***	6.5851***	7.2317***
Repications	2	0.4901*	0.0335	0.2289
Error	18	0.0974	0.0610	0.1427
Heritability (%)		95.91	97.27	94.30

*, ***: Significant at the 5% and 0.1% levels, respectively.

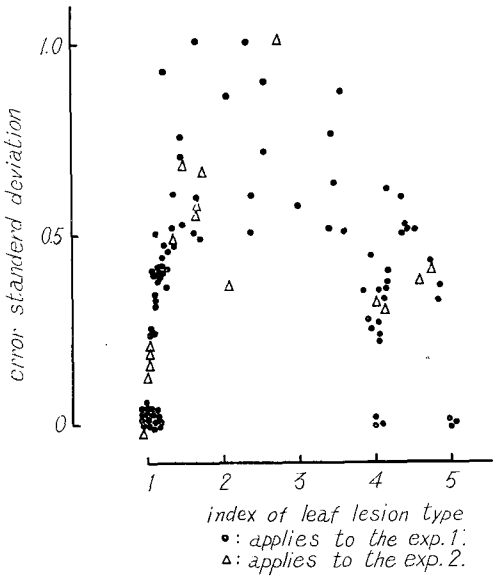

Fig. 2. Relationship between the index of leaf lesion type and it' s error standard deviation.

型指数1（高度抵抗性）および4以上（高度罹病性）では病斑型の発現はかなり安定していると見られるが，病斑型指数2～3（中度抵抗性）では個体変異が大きく，変動係数を算出すると，20～50%の値に達した。

本実験での発病率は極めて高く無病斑個体は全体の約0.7%にすぎず，かつ無病斑個体は罹病性を発現する品種×菌系の組合せには全く認められず，高度抵抗性を発現する組合せにのみ現われた。

実 験 2

菌系毎に病斑型指数の品種間差異を分散分析するとTable 7に示す如く，いずれの場合も品種間差異は高い水準で有意であった。しかしながら，病斑型指数の区内個体間変異を標準偏差の形で算出し同指数の平均値との関係を見ると，Fig. 2に示すように，実験1で認められた結果と全く同様に病斑型指数2～3では個体変異が極めて大きかった。病斑型指数の頻度分布はTable 8に示す如くである。病斑型指数1および2は，褐点型で抵抗性病斑と看做されるものであり，同指数3以上は崩壊

Table 7. Analysis of variance on leaf lesion type.

Source of variance	d.f.	m.s. Hoku-2	Naga-87
Varieties	3	3.6434***	6.0747**
Repications	1	0.0200	0.0098
Error	3	0.0108	0.0776

, *: Significant at the 1% and 0.1% levels, respectively.

Table 8. Frequency distribution of leaf lesion type.

Fungus strain	Variety	Total no. of plants	Leaf lesion index 1.	2.	3.	4.	5.	Mean of index
Hoku-2	Ginga	121	118	3				1.025
	Ishikarishiroke	151	57	91	1	2		1.660
	Chokoto	132	66	50	16			1.615
	Kameno-o	152			3	136	13	4.070
Naga-87	Homarenishiki	141	111	30				1.210
	Ishikarishiroke	126	7	83	17	19		2.410
	Chokoto	132	130	2				1.015
	Kameno-o	140				27	113	4.805

部を持ち罹病性病斑と看做されるものである。従っていわゆる中度抵抗性を発現する石狩白毛×北-2，長香稲×北-2，および石狩白毛×長-87 では同一品種内に抵抗性病斑を持つ個体と罹病性病斑を持つ個体とが混在していることになり，このような中度抵抗性を個体単位で判定することの危険性が示唆された。

B. 病斑面積率で示される抵抗性の品種間差異

実 験 3

岩見沢で実施された畑地晩播試験で発現した罹病程度の指標である病斑面積率の品種間差を分散分析した結果が Table 9 である。それによると品種間差は明らかに有意であるが，反復間にも高い水準で有意性があり，区単位の遺伝力は約 60% と計算され，実験1で得られた病斑型指数における遺伝力に較べて低い値を示した。また，新2号型品種群と愛知旭型品種群の間の罹病程度の差異を検定すると，$t_{31}=0.035$，$P>0.9$ となり，有意性は認められなかった。

鶴岡で実施された畑地晩播試験で発現した品種間差を分散分析すると，Table 10 に示す如く，品種，調査時期，品種×調査時期および品種×反復のいずれにも高い水準で有意性が認められ反復による変異も有意であった。更にこれらの分散成分を変量型模型に従って分割すると，Table 10 の下段の如くであり，品種と調査時期の二要因による分散が大きな値を示した。

品種×調査時期の相互作用に有意性が認められることは，病斑面積の拡大する早さに品種間差異が存在することを示唆するものと考えられるので，品種×調査時期の相互作用を包括して品種の罹病程度を示す尺度が必要となる。そこで茎葉が枯死するに至る早さを品種の罹病程度の尺度と看做し，病斑面積率が 90% 以上になった暦日を指標として分散分析を試みたのが Table 11 である。それによると反復による変異は有意性を示さず，区単位の遺伝力は約 70% と高い値を示した。

Table 9. Analysis of variance on leaf lesion area, tested under field-bed codition at Iwamizawa.

Source of variance	d.f.	m.s.
Varieties	32	3.1201***
Repricatations	1	27.3674***
Error	32	0.7893

***: Significant at the 0.1% level.

Table 10. Analysis of variance on leaf lesion area, tested under field-bed condition at Tsuruoka.

Source of variance	d.f.	m.s.
Varieties (V)	32	11.9551***
Date of observation (D)	7	104.1017***
Repricatations (R)	1	9.9550*
(V)×(D)	224	1.1649***
(V)×(R)	32	1.8290***
(D)×(R)	7	0.4388
Error	224	0.4289

*, ***: Significant at the 5% and 0.1% levels, respectively.

$\sigma^2_{DR}=0.0003$ $\sigma^2_{R}=0.0362$
$\sigma^2_{VR}=0.2000$ $\sigma^2_{D}=1.6082$
$\sigma^2_{VD}=0.3680$ $\sigma^2_{V}=0.6707$

Table 11. Analysis of variance on varietal disease reaction estimated by the leaf killing range's rapidity to get to over 90 per cent.

Source of variance	d.f.	m.s.
Varieties	32	6.3106***
Repricatations	1	1.8833
Error	32	0.8333

***: Significant at the 0.1% level.

この指標を用いて新2号型品種群と愛知旭型品種群の間の罹病程度の差異を t 検定すると $t_{31}=1.396$，$0.2>P>0.1$ となり，岩見沢での結果と同様に有意性は認められなかった。

病斑面積率が 90% 以上になる早さを指標にして，供試33品種を11品種ずつ強，中，弱の3群に分け，群間の分散と群内の分散が調査時期によってどのように変動するかを示したのが Table 12 である。それによると病斑面積率が未だ大きくない発病の初期，およびほとんどの品種が枯死している後期には品種間差異が比較的小さく，中期において差異が顕著に認められた。また品種間変異は発病の初期には主として強，中，弱の群間変異によって惹き起こされているのに対して，発病の中期以後は主として強品種群内の品種間変異によって惹き起こされていることが注目された。

岩見沢で観察された罹病程度の順位と，鶴岡で観察された罹病程度の順位との順位相関は $r_s=0.3934$ と計算され，これは5% 水準で有意であった。

Table 12. Analysis of variance on leaf lesion area, tested under field-bed condition at Tsuruoka.

Source of variance	d.f.	m.s. July 19	21	23	25	27	29	31	Augst 2
Varieties	32	n.s.	***	***	***	***	***	***	**
Inter groups	2	***	***	***	***	***	**	n.s.	n.s.
Intra R. group	10	n.s.	n.s.	*	***	***	***	***	***
Intra M. group	10	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Intra S. group	10	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Repricatios	1	n.s.	n.s.	**	*	**	**	*	n.s.
Error	32	2.0099	1.0000	0.6338	0.4214	0.2893	0.1806	0.1413	0.1548
Heritability (%)		29.93	65.60	77.84	79.02	68.36	72.90	62.53	46.68

n.s.: Non-significant
*, **, ***: Significant at the 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

C. 罹病性病斑数で示される抵抗性の品種間差異

実 験 4

半葉当り病斑数はその平均値と分散の間に正の相関が認められるので，対数変換して品種間差を分散分析したものが Table 13 である。それによると品種間差は明らかで，個体単位の遺伝力も約70% と高い値が得られた。新2号型品種群と愛知旭型品種群の半葉当り罹病性病斑数の差異を t 検定すると $t_{31}=0.496$, $0.7>P>0.6$ で実験3の結果と同様，有意とは認められなかった。

Table 13. Analysis of variance on leaf lesion number in logarithmic scale.

Source of variance	d.f.	m.s.
Varieties	32	0.1098***
Error	462	0.0031

***: Significant at the 0.1% level.

この材料について4人の観察者が視察によって罹病程度を判定し，その判定結果がどの程度客観的なものであるかを知るために各観察者が出した順位の一致係数を算出したところ $W=0.7574$ と 0.1% 水準で有意性があり，4人の判定結果は良く一致していることが示された。

4人の判定を平均した順位と半葉当り罹病性病斑数の順位相関は $r_s=0.8544$ で 0.1% 水準で有意となり，観察者の判定規準が半葉当り罹病性病斑数と密接な平行関係にあったことが示唆された。

岩見沢および鶴岡で調査された畑地晩播試験による罹病程度の順位と半葉当り罹病性病斑数の順位との順位相関は，それぞれ $r_s=-0.0282$ 及び $r_s=-0.0147$ と計算され，いずれも有意な相関関係は認められなかった。

実 験 5

葉長 10 cm 当り罹病性病斑数の品種間差および抵抗性主働遺伝子型によって分類された品種群の群間差を分散分析したものが Table 14 である。葉長 10 cm 当り罹病性病斑数はその平均値と分散の間に正の相関が認められるので統計処理には対数変換した値を用いている。

Table 14. Analysis of variance on leaf lesion number in logarithmic scale.

Source of variance	d.f.	m.s.
Varieties	13	0.0824***
Inter groups	4	0.1805*
Intra group	9	0.0389
Repricatios	3	0.1841***
Error	39	0.0185

*, ***: Significant at the 5% and 0.1% levels, respectively.

なお関東51号型として供試した中国31号が非特異的に中度抵抗性を発現する主働遺伝子 *Pi-f* を保有することが報告されたので（鳥山ら，1968），解析の対象から除外した。

品種間差異は 0.1% 水準で有意と認められ，群間変異も群内変異に較べて 5% 水準で有意と認められた。そこで DUNCAN の多重検定法を適用したところ Table 15 に示すように *Pi-k* 遺伝子を保有する関東51号型および *Pi-k* と *Pi-a* 遺伝子を保有する杜稲型品種群が他の群に較べて有意に弱いことが認められた。

Table 15. Difference of disease reaction between types of resistance determined by DUNCAN's Multiple range test. ($P=0.01$)

Type of resistance	Mean of leaf lesion number in log-scale	
Shinsetsu	7.3071	a[1)]
Aichiasahi	7.6645	ab
Ishikarishiroke	7.9730	b
Kanto No. 51	8.4362	c
Toto	8.5063	c
Standerd error	0.0882	

1) Reading vertically, means followed by the same letter do not differ significantly at $P=0.01$.

論　　義

近年，清沢等により，いもち病抵抗性の遺伝子分析が精力的に進められ，*Pi-a*, *Pi-i* 等1969年現在で11種類の抵抗性主働遺伝子の存在が報告され，そのうちのいくつかは，複対立関係にあることも明らかにされてきた。

一方，高橋(萬)等の連鎖分析によれば，現在知られている抵抗性主働遺伝子はすべて第I連鎖群 (w_z 連鎖群)，第VII連鎖群 (f_s 連鎖群)，および第VIII連鎖群 (l_a 連鎖群) のいずれかに座乗することが見出され，抵抗性主働遺伝子の分化と言う観点から興味が持たれると同時に，抵抗性主働遺伝子が相互に連鎖するという事実は，多数の抵抗性主働遺伝子を同一品種に集積する際の障害になる可能性があり，抵抗性育種の立場からも関心が持たれている。

他方，同一の抵抗性主働遺伝子型に属すると見られる品種の中にも病斑数，病斑面積率等で表現される，いわゆる量的な抵抗性に関して品種間差異の存在することが知られ，このような品種間差異はその生理的および遺伝的本性は未知のものではあるが，一般に圃場抵抗性と呼ばれ，少なくとも実際の育種の立場からは重大な配慮がはらわれるようになって来た。

実験1および実験2は病斑型を指標とする抵抗性の品種間差異に関する解析であり，分散分析の結果からも極めて高い水準で有意な品種間差異，および品種×菌系相互作用が認められ，従来の知見と同様，病斑型で示される抵抗性は質的形質，ないしはそれに近いものとして取り扱い得ると云えよう。しかしながら，病斑型の品種内変異は場合によって非常に大きく，Fig. 2に示される病斑型指数とその誤差標準偏差の関係から示されるように病斑型指数1.5～3.5のいわゆる中度抵抗性の場合には病斑型指数の誤差変動係数が40%以上に及び，極めて変動の大きい形質であると言える。またTable 8の頻度分布表からは，石狩白毛に対して北-2菌を接種した場合に発現する病斑型は，個体によって1から3ないし4に及ぶことが示される。病斑型指数1および2は褐点型で抵抗性病斑と看做されるものであり，病斑型指数3以上は崩壊部を持つ罹病性病斑と看做されるものである。また石狩白毛の北-2および長-87に対する抵抗性の発現は清沢の *Pi-i* による反応と考えられるから，抵抗性主働遺伝子 *Pi-i* は同一実験内においても，個体によって抵抗性病斑のみならず罹病性病斑をも発現することになり，このような，いわゆる中度抵抗性の遺伝解析を質的形質ないしはそれに準ずるものとして行なうことは危険と云わざるを得ない。一方，実験1において清沢の *Pi-a*, *Pi-k*, *Pi-z* 及び *Pi-ta* によると見られる抵抗性の発現は非常に安定なものであった。

実験3は畑地晩播法によって自然感染した場合の病斑面積率を指標とし，実験4および実験5は人為接種によって発病した場合の罹病性病斑数を指標としたいわゆる量的抵抗性の品種間差異に関する解析である。

実験3の結果からは同一抵抗性主働遺伝子型に属する品種群内にも病斑面積率に関して明らかな品種間差異が存在することが示されたが，分散分析の結果，反復間にも有意差が認められ，病斑面積率は病斑型で示される抵抗性に較べてかなり誤差の大きい形質であることがうかがわれた。一方，鶴岡で実施された畑地晩播試験における病斑面積率の経時的な観察からは品種×調査時期に顕著な相互作用が認められ，病斑面積の進展速度に品種間差が存在することが示された。従って畑地晩播試験による病斑面積率の判定には経時的に数回の調査を行なう必要があると言えよう。またTable 12に示されるように発病の初期には強，中，弱，品種群間の変異が大きく，発病の後期には中，弱品種はほとんど枯死して，強品種群内の変異のみが有意に認められた。すなわち，抵抗性育種への応用場面では，弱系統を大まかに淘汰するには発病の初期，強系統を選抜するにはほとんどの系統が枯死する発病の後期に抵抗性を判定するのが有利であるということになる。また鶴岡で判定された品種の順位と岩見沢で判定された品種の順位が有意な相関関係にあったことは，山形県と北海道という自然条件に大きな差異のある地域においても品種の抵抗性はかなり平行的に発現されることを示している。

抵抗性主働遺伝子型で分類された新2号型品種群と愛

知旭型品種群との間で，実験3および実験4を通じて病斑面積率および罹病性病斑数に関して有意差が見出されなかった事実から考えて，*Pi-a* 遺伝子はいわゆる量的抵抗性にはほとんど関与しないと言えよう。

抵抗性育種の場面で，いわゆる圃場抵抗性を選抜対象にする場合には，一般に畑地晩播法によって発病した病斑面積率を圃場抵抗性の指標として選抜している。しかしながら畑地晩播法は自然感染によって発病させる方法であるから，検定圃場に分布するいもち菌のフロラの影響をまぬがれることはできず，例えば対象品種を犯す菌型が存在しない場合には罹病性病斑が発現せず，量的抵抗性を判定することはできない。また圃場面積および労力の節約のためにも，いわゆる圃場抵抗性をガラス室内で人為接種によって判定する方法の開発が要求されている。清沢 (1966 a) は病原力の比較的弱いいもち菌を注射接種することによって発現する罹病性病斑数，または全病斑数に対する罹病性病斑数の割合によって，いわゆる圃場抵抗性を判定し得ると報告している。しかしながらこの方法には供試品種に対する病原性を持ち，かつ非特異的に病原力の弱いいもち菌が必要であり，その様な菌系は一般に容易には得がたいという欠点がある。

これに対して新関 (1967) は供試品種に病原性を有するいもち菌系を接種し，全病斑数に対する罹病性病斑数の割合をもって，いわゆる圃場抵抗性の指標と為し得ることを報告している。

しかしながら黒崎 (1960) が報告しているように，いもち病の抵抗性病斑は顕微鏡下での観察によれば，その大部分が 1/3.7 mm 以下の長さであり，従って肉眼で抵抗性病斑数を数えることは厳密には不可能であり，全病斑数の測定精度はかなり低いものと云えよう。

一方，罹病性病斑数の多少のみで，いわゆる圃場抵抗性を検定しようとする試みもある (中国農業試験場報告, 1967)。罹病性病斑数はその定義上，崩壊部を有する大型病斑であるから，相互に重複しないかぎりその数をかぞえることに可能であり，これがいわゆる圃場抵抗性と平行関係にあれば，その判定の指標として好適のものであろう。ところで実験4の結果からは人為接種によって発病した罹病性病斑数に顕著な品種間差が認められたが，その品種順位と実験3の畑地晩播法で発現された抵抗性の品種順位との間には相関関係が認められず，また罹病性病斑数はその誤差変動係数が平均 40% を越えるほどに変動しやすい形質であることを考え併せると，いわゆる圃場抵抗性がガラス室内での人為接種によって判定し得るとする立場には疑問を提せざるを得ない。

一方，4人の観察者の判定した順位が相互に良く一致し，かつ罹病性病斑数の多少と密接な平行関係にあったことは，多数の系統を検定しなければならない実際の選抜過程で抵抗性の肉眼判定がかなり客観的に行ない得ることを示唆するものであろう。

実験5は抵抗性主働遺伝子型によって分類された5つの品種群間で罹病性病斑数に有意差が認められるか否かを検討したものであるが，Table 14 および Table 15 に示される如く品種群間に有意差が認められ，DUNCAN の多重検定の結果，*Pi-k* を持つ品種群が有意に弱いことが示された。従来，圃場に分布する菌のフロラの変化によって大きく抵抗性が変動した例として知られるクサブエ，ユーカラ，テイネが共に沼支江に由来する抵抗性主働遺伝子 *Pi-k* を持つことを考え併せると，いわゆる圃場抵抗性に *Pi-k* 遺伝子が何らかの形で関与している可能性があると云えよう。この点に関しては清沢 (1966b), 新関 (1967) が抵抗性遺伝子 *Pi-k* に対応する非病原性遺伝子 *Av-k* が病原性遺伝子 *Av-k*$^+$ に変わる突然変異率はその他の非病原性遺伝子のそれより相当高いことを報告しており，また清沢・藤巻 (1967) は非病原性菌系と病原性菌系を混合接種した場合に，非病原性菌系が病原性菌系の病原性を抑制するという，いわゆる混合効果が *Pi-k* 品種には認められないことを報告していることから見ても，*Pi-k* 遺伝子の存在が量的抵抗性に何らかの影響を及ぼしていることが推定される。また北海道の育成品種で，石狩白毛に由来する *Pi-i* を保有する，農林34号，ミタミノリ，新雪，大雪，およびフクユキのうち，フクユキを除くすべての品種が中～強の圃場抵抗性を示すことから見ると，*Pi-i* も圃場抵抗性に何らかの影響を及ぼしている可能性がある。

本実験では供試品種数が必ずしも十分ではないので，ユーカラ (*Pi-a, Pi-k*)×石狩白毛 (*Pi-i*) の交雑後代を用いて，*Pi-a, Pi-i, Pi-k* の3遺伝子と量的抵抗性との関連を解析する実験を進めつつあるので，詳細は別に報告することにしたい。

しかしながら抵抗性主働遺伝子が，いわゆる圃場抵抗性に及ぼす影響はいずれにしてもそれほど大きなものとは考えられないので，抵抗性範囲の広い主働遺伝子を持つ品種，ないしは多数の抵抗性主働遺伝子を集積した品種を育成しても，それが直ちにその品種のいわゆる圃場抵抗性を十分に高めることにはならず，一度その抵抗性主働遺伝子型を犯し得る菌型が現われるとその品種が激しく罹病する危険性があることになり，ここに抵抗性育種の困難さが改めて指摘されたと云ってよい。

摘 要

1. いもち病抵抗性を異にする水稲品種に噴霧接種法および畑地晩播法によって，いもち菌を感染，発病させて病斑型および罹病性病斑数ないし病斑面積率で表現される抵抗性の品種間差異を検討した。

2. 病斑型で表現される抵抗性の発現は，一般に誤差変異が小さく，質的形質に準ずるものとして取り扱い得るが，いわゆる中度抵抗性は誤差変異が大きく，そのような抵抗性を個体単位で判定することは危険である。

3. 畑地晩播法で発病した病斑面積率には有意な品種間差異が認められ抵抗性の品種順位は，異なる場所においても，かなりの平行性が認められた。

4. 噴霧接種で発病した罹病性病斑数には有意な品種間差異が認められるが，誤差変異が大きく，罹病性病斑数の品種順位と畑地晩播試験で発現した病斑面積率の品種順位との間に相関関係は認められなかった。

5. 畑地晩播法で抵抗性を選抜する場合，極く弱い系統を淘汰するには発病の初期に，強い系統を選抜するには，発病の後期に病斑面積率を判定するのが効率的である。

6. 病斑型で表現される抵抗性の発現を支配する抵抗性主働遺伝子のうち，*Pi-k* は罹病性病斑数で表現される抵抗性の発現に影響を及ぼす可能性がある。

文 献

後藤和男・他 (1961)： 稲いもち菌のレースに関する共同研究． 第1集，病害虫発生予察特別報告，5，1-89.

伊藤隆二 (1967)： いもち病抵抗性品種の罹病化とその育種的対策． 育種学最近の進歩，第8集，61-66.

清沢茂久 (1966 a)： 水稲のいもち病圃場抵抗性の室内検定法に関する研究．農業および園芸，41，1229-1230.

――― (1966 b)： いもち病菌の病原性の自然突然変異について． 植物防疫，20，159-162.

――― (1967)： いもち病抵抗性品種の育成と抵抗性の遺伝． 植物防疫，21，145-152.

―――・藤巻 宏 (1967)： いもち病菌の混合接種に関する研究． 農技研報告 D，17，1-20.

黒崎良男 (1960)： いもち病における病斑の大きさの分布と抵抗性． 日植病，25，167-171.

新関宏夫 (1967)： いもち病菌の変異現象からみた耐病性育種． 育種学最近の進歩，第8集，71-78.

佐々木林太郎 (1922)： 稲熱病に対する抵抗性の遺伝について． 遺伝学雑誌，1，81-85.

高橋喜夫 (1955)： 人工培地にいもち菌胞子を多量に作る方法． 農業技術，10，563-565.

鳥山国士・他 (1968)： いもち病抵抗性品種の育成に関する研究． 育種学雑誌，18，別冊1，145-146.

農林省中国農業試験場報告 (1967)： 50-72，抵抗性品種のいもち病激発の育種的対応に関する基礎的研究.

The rice blast disease. Proceedings of a symposium at The International Rice Reaearch Institute. 1963 Johns Hopkins.

Summary

The accumulation of numerous reports concerning the mechanism and genetics of rice blast resistance is growing. Some major genes for resistance have been proposed based on the assumption that the resistance phenomenon is a result of the interaction of specific pathogenicity of parasite races and the corresponding genotypes for resistance of the host plant, and further the release of resistant varieties has been undertaken using these genotypes.

However based on the fact that at times when these resistant varieties are actually planted in the field they suffer severe damage from rice blast, and the fact that in certain varieties which are considered to have the same genic constitution for reantsist major genes, when their disease reaction is rated by "leaf lesion number" or "leaf lesion area" etc., a varietal difference which is a so-called quantitative character appears. The above facts seem to indicate that certain problems among them remain to be solved.

Thus the present authors as a preliminary step for the futher studies of the genetic mechanism of resistance, using many varieties with different reactions for so-called true resistance, inoculated and infected these plants with the blast pathogens, by the "spraying seendling" method in the green house and also by the "upland field bed" method. Then the changes in varietal difference of the degree of resistance evaluated by leaf lesion type, leaf lesion number and leaf lesion area were investigated.

First, it was found that the resistance group assessed by leaf lesion type showed a small error variance so much so that it may be dealt with as a near qualitative character, however since the error variance is large in the intermediately resistant group, it is risky to assess the resistance on an individual basis when the degree of resistance is at this level. Next, with regard to the rate of leaf lesion area infected by the upland field bed method

a significant varietal difference was recognized, and moreover the varietal order concerning the degree of resistance showed little change even when the planting locations were varied.

Further, in the leaf lesion number induced by the spraying seedling method while it showed a significant varietal difference, the error variance was large, and no correlation was seen between this varietal order in the leaf lesion number and the varietal order in the leaf lesion area obtained from the upland field bed method. Still further, when the rice plant resistance to blant is to be evaluated by the upland field bed method, the following was found to be effective. In order to remove susceptible lines the rate of leaf lesion area should be investigated at the early stage of the onset of the infection and in order to select highly resistant lines the rate of leaf lesion area should best be investigated at the latter stage of the infection.

Lastly, it should be pointed out that among the resistant major genes which govern the resistance as expressed by the leaf lesion type, *Pi-k* has a possibrility of influencing the appearance of resistance as expressed by leaf lesion number.