



Title	遠縁稲間交雑における胚乳糯稈性に関する分離の歪みとその変異性：稲の交雑に関する研究、第L 報
Author(s)	森, 宏一; 木下, 俊郎; 高橋, 萬右衛門
Citation	北海道大学農学部附属農場報告, 19, 51-63
Issue Date	1974-03-15
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/13331">http://hdl.handle.net/2115/13331</a>
Type	bulletin (article)
File Information	19_p51-63.pdf



[Instructions for use](#)

# 遠縁稲間交雑における胚乳糯稈性に 関する分離の歪みとその変異性

—稲の交雑に関する研究、第LX報<sup>1)</sup>—

森 宏 一・木 下 俊 郎・高橋萬右衛門

(北海道大学農学部作物育種学教室)

## 緒 言

稲の日本型と印度型のような遠縁間の交雑では近縁間では見られないような形質の分離の歪みが生じ、しばしば現われる。これがいわゆる異常分離として知られているものであるが、特に胚乳の糯稈性に関して報告が多く (CHAO 1928, RAMIAH 1931, 岡1953, 水島・近藤1961, 1962, 岩田・大村1964), 著者らが糯稈性の糯遺伝子座について得た知見では、I) 交雑親を異にすることにより大きく趣きを異にし、特に日本稲の糯と外国稲 (主にインド原産) の稈との交雑ではそのほとんどが胚乳の表現型において異常分離となること、II) 同一交雑組合せ内の  $F_1$  個体間及び相反交雑間にも明らかに胚乳形質の分離に差異がみられること、III)  $F_2$  での胚乳分離が正常、異常にかかわらず、 $F_1$  花粉は稈花粉：糯花粉に常に 1 : 1 であること、IV) 戻交雑  $B_1$  の結果から、 $F_1$  を花粉親に用いた場合、 $F_2$  で正常分離を示した組合せにおいては  $B_1$  の胚乳で稈：糯が 1 : 1 であったのに対し、 $F_2$  で異常分離を示した交雑組合せにおいては 1 : 1 とならず、その割合は  $F_2$  から逆算した  $F_1$  の配偶子比のそれによく一致し、一方  $F_1$  を雌性親に用いた場合は、 $F_2$  での正常分離・異常分離を問わず、 $B_1$  ではいずれも稈：糯が 1 : 1 となったことである。これらをもとに著者らは、I) 糯稈性の異常分離は花粉の受精率を支配する遺伝子 ( $ga$ ) によるものであること、ならびに、II) それは 2 種の遺伝子 ( $ga_A$  および  $ga_B$ ) よりなり、共に第 I 連鎖群に所属して、 $ga_A-C-ux-ga_B$  なる配列順序に

あることを推論した。このような遺伝的機構を推論する基礎となった分離の歪みの現われ方については前報 (1973) にも述べてある。しかし紙面の関係もあり、その全容を記すことはできなかった。本報はそれを補い、またその後得られた成績を加えて、このような歪みの詳細を明らかにしようとするものである。

すなわち本報告では、多数の各種の糯稈性交雑組合せを用いて、各種交雑における分離比の変異の程度、および同一交雑組合せ内での糯稈性分離の変異、ならびに環境に対する糯稈性分離の変異の程度、そして更に種子稔性と糯稈性分離との関連について順を追って調査した結果がとりまとめられている。

## 材料及び方法

供試材料は日本稲糯29種、稈59種の計88種、外国稲糯17種、稈38種の計55種、合わせて143種におよぶが、このうち特に多用したものは Table 1 のとおりである。交雑は日本稲内の糯稈間交雑、日本稲糯・外国稲稈間の交雑、日本稲稈・外国稲糯間の交雑、及び外国稲群内の糯稈間交雑の4通りに分類される。 $F_1$  の養成は北海道大学農学部附属温室並びに岩手県水沢市の実験水田である。胚乳形質の調査に当ってはその糯稈性のほかに稔性が調べられたが、それと共に花粉の稔性とヨード反応による花粉の糯稈性も確めてある。胚乳の糯稈性は *Xenia* の現象を現わすから、 $F_1$  個体上に着生した種子の形質表現は一般形質の  $F_2$  のそれに相当する。胚乳の糯稈性の判定は外観や切断面で

1) 北海道大学農学部作物育種学教室及び附属農場育種部業績

Table 1. List of varieties and strains used.

Stock No.	Name of stock	Origin	Character of endosperm	Stock No.	Name of stock	Origin	Character of endosperm
A-43	Hokkai-mochi 1 go.	Japan	waxy	I-35	Modan	India	non-waxy
A-58	Kokushokuto-2	"	"	I-44	Bhutmuri-36	"	"
H-9		"	non-waxy	I-67	Dular	Pakistan	"
H-52		"	"	I-84	Ketan Gadjih	Indonesia	waxy
H-59		"	waxy	I-88	Assam III	India	non-waxy
H-69		"	non-waxy	I-93	Pahzumatahal	Taiwan	waxy
H-97		"	"	I-96	Para	Indonesia	"
H-138		"	waxy	I-100	Chinmen-Teomen -Hongmi	China	non-waxy
H-143		"	non-waxy	I-102	Fully purple	India	"
E-39	Gaisen-mochi	"	waxy	E-41	Pappaku	China	"
F1-138		"	non-waxy	L-2		U. S. A.	waxy
F1-159		"	"	HO-830	Nan Jin Xiang Dao	China	"
I-16	Niao Jian	Taiwan	"	HO-1009	Sinaba	Philippines	"
I-33	Surjamukhi	India	"				

行ない、それが困難な場合にはヨードヨードカリ溶液による染色の方法によった。なお、ガンマー線が配偶子あるいは接合体での糯稈性の分離に与える影響を調べる目的から材料の一部を農林省放射線育種場内のガンマー圃場（茨城県那珂郡大宮町）において $Co^{60}$ の生体緩照射に供した。その際、処理条件は次の如くである。すなわちフィールド内に4処理区（12.5R/day区、40R/day区、97R/day区、430R/day区）を設け、フィールド外に無照射対照区をおき、7月25日より採種日まで継続して緩照射した。糯稈性の分離の調査は、1交雑組合せごと、約1,000粒を基準として行なっているが、なかには $F_1$ 採種種子数が不足のため、1,000粒未満にとどまったものもある。さきに著者ら(1972)が指摘した如く、観察個体数が少ない場合の分離の正常異常の判定には特別な配慮が必要なので、今回も前報(1972)に用いた判定基準、すなわち糯の占める割合（以後  $wx$  percent と略称）を分離の様相を示す尺度とし、それと通常の $\chi^2$ 検定とを併用した。なお、 $wx$  percent とは  $\frac{\text{糯個体数}}{\text{全観察個体数}} \times 100(\%)$  で表わされるものことである。

## 実験結果

### a) 各種の交雑組合せにみられる分離比の変異

本実験に用いた391交雑組合せの $F_2$ について上記の4種の交雑型、すなわち交雑I型（外国稲内の糯稈間交雑）、交雑II型（外国稲糯と日本稲稈の間の交雑）、交雑III型（日本稲糯と外国稲稈の間の交雑）及び交雑IV型（日本稲内の糯稈間交雑）の糯稈性の分離の変異性を  $wx$  percent によって示したのがTable 2である。ここではまず  $wx$  percent が9%（交雑I型）から43%（交雑II型）に至る広い変異巾を有していること、および交雑IV型での変異巾は交雑I、II及びIII型の変異巾よりも狭いことが注目される。いま正常分離と異常分離の限界を  $wx$  percent が29%以上の場合（糯過多型）と21%以下（糯過少型）にとるならば、いずれの交雑型でも糯過少型が糯過多型に比して多いことが指摘される。また正常分離と判定された交雑組合せのなかでも  $wx$  percent が22~25%にある交雑組合せの方が25~28%を示す交雑組合せよりも多かった。

**Table 2.** Distribution of *wx* percent in  $F_2$ s of the four kinds of crosses.

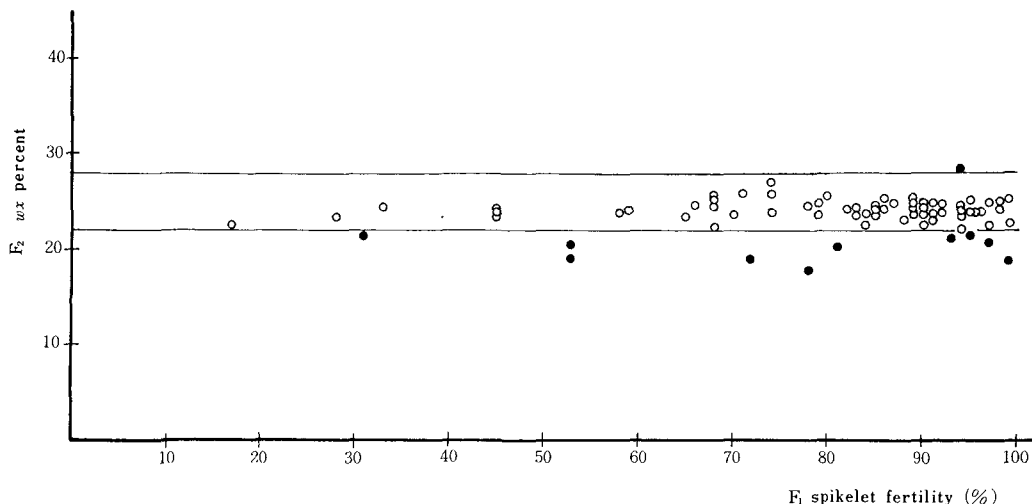
Type of cross	<i>wx</i> percent																																			Total			
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	-	39	-	43									
I	1	2	1				2	1	5	5	12	6	7	9	4	8	9	10	6	1	2	1	1																
II								1		1	2	3		5	3	10	20	22	10	4					1	1	1										1		
III				1	6	3	10	6	15	14	15	10	7	10	9	6	3	2			1	1	1				2								1				
IV								1	1	1	3			3	3	9	31	29	7	1	1																		
Total	1	2	2	6	5	12	12	22	29	27	17	24	20	36	66	64	25	6	4	2	2			1	3	1								1	1				

- Note I Crosses between foreign glutinous and non-glutinous varieties.
- II Crosses between Japanese non-glutinous and foreign glutinous varieties.
- III Crosses between Japanese glutinous and foreign non-glutinous varieties.
- IV Crosses between Japanes glutinous and non-glutinous varieties.

**b) 種子稔性と分離の不規則性**

遠縁稲間交雑組合せにおいては、 $F_1$  個体に不稔性が現われることがしばしばである。このような不稔性について岡 (1953) は雑種不稔性に関する配偶子発育遺伝子を仮定し、その一つが糯遺伝子と連鎖し、その結果として糯・粳にも異常分離が生ずるものとしているが、本実験でも4種の交雑型について計391種の交雑組合せを対象に、 $F_1$  の種子稔性と  $F_2$  における糯粳の分離の関係を調査

してみた。そのうちの代表的な交雑型3種について  $F_1$  の種子稔性と  $F_2$  の *wx* percent の関係を示したのが、Fig. 1～3である。まず Fig. 1は日本稲群内での糯と粳の交雑  $F_2$  における *wx* percent と  $F_1$  の種子稔性との間の関係を示したものであるが、ここでは両者に関連は認められず、また、日本稲糯と外国稲粳（インド原産）の交雑の場合（Fig. 2）及び外国稲糯（台湾原産）と外国稲粳（インド原産）との交雑の場合（Fig. 3）でも同様に



Note ; Solid circle means the cross combination showing anomalous segregation in Fig. 1-3.

**Fig. 1.** Relation between  $F_2$  *wx* percent and  $F_1$  spikelet fertility in the crosses between Japanese glutinous varieties and Japanese non-glutinous varieties.

$wx$  percent と種子稔性との間は無関係であるといっ てよい。

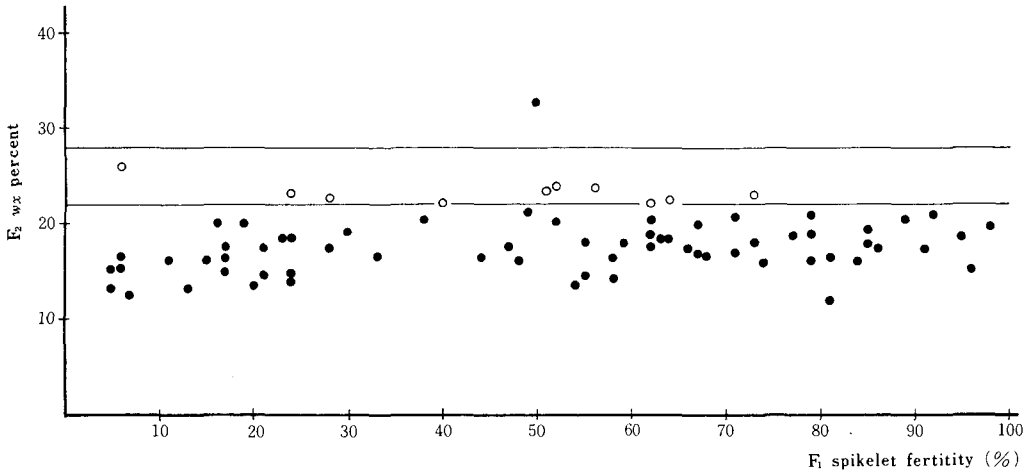


Fig. 2. Relation between  $F_2$   $wx$  percent and  $F_1$  spikelet fertility in the crosses between Japanese glutinous varieties and Indian non-glutinous varieties.

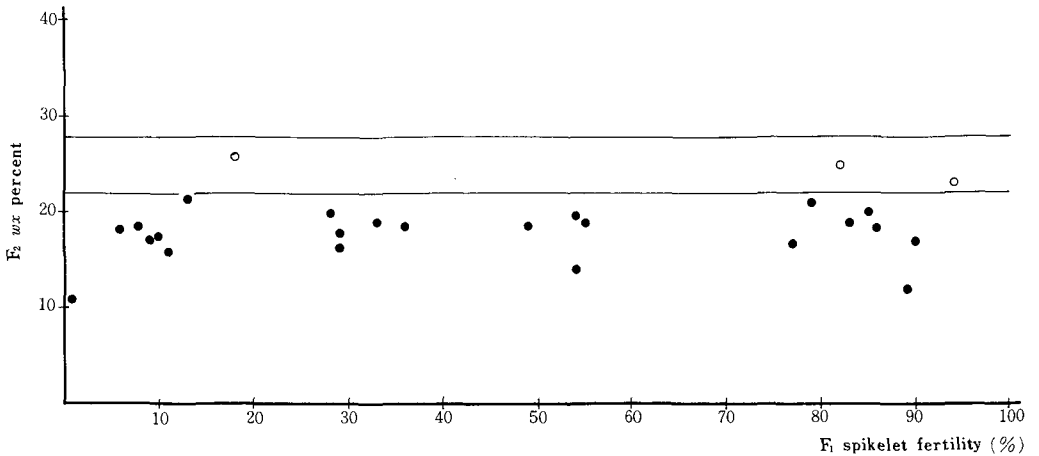


Fig. 3. Relation between  $F_2$   $wx$  percent and  $F_1$  spikelet fertility in the crosses between Taiwan glutinous varieties and Indian non-glutinous varieties.

### c) 同一交雑組合せ内での変異

同一交雑組合せで、しかも同じ雄性個体から得られた  $F_1$  個体間で糯稈の分離の歪みの程度にどのような変異があるのであろうか。それを調べてみた成績が Table 3 に示されている。すなわち同一交雑組合せであるにもかかわらず、組合せによって

は  $F_1$  個体間で差異が認められ、特に日本稲籾及びインド原産の粳との間の交雑組合せでそれが著しいといつてよい。その代表的な交雑組合せの例を分離の観察値と共に Table 4 に示した。すなわち、 $A-58 \times I-102$  では 3 個体中 2 個体において  $wx$  percent が低くなり、また  $A-58 \times H-143$  にお

**Table 3.** F<sub>2</sub> segregations of waxy character among the F<sub>1</sub> individuals from an identical cross

wx		Source									Total					
		Japan	Korea	China	Taiwan	Thailand	Philippines	Indonesia	U. S. A.							
Japan	♀	26*	3**	23	1	9	2	5	3	5	1	75	6			
	♂	34		6	1	4			1	2	1	46	3			
China	♀	3				1	1				1	5	2			
	♂	1								1		1				
Taiwan	♀	5	1	1				1			1	10	1			
	♂	4	1	1		2						7	1			
India	♀	49	5	1	17	2	4	5	1	1	6	84	8			
	♂	26	4	4	8	3	2		4			44	7			
Pakistan	♀	4			2		1	2			3	12				
	♂	2										2				
U. S. A.	♀					1						1				
	♂						1					1				
Others	♀	5			3							8				
	♂	5										5				
Total	♀	92	9	5	46	3	16	3	13	4	1	15	1	4	195	17
	♂	72	5	5	16	4	6		1	5	2	1			106	11

Note \* Number of crosses to be eligible for homogeneity in F<sub>2</sub>s produced from different F<sub>1</sub> individuals of identical cross.  
 \*\* Number of crosses to be eligible for heterogeneity.

**Table 4.** Segregation for waxy character in F<sub>2</sub>s produced from different F<sub>1</sub> individuals of the four crosses

Cross combination	F <sub>1</sub> indiv.	F <sub>2</sub> segregation			Goodness of fit			wx percent (%)	Spikelet fertility (%)
		wx*	wx	Total	Ratio	χ <sup>2</sup>	P		
A-58×I-102	:1	908	284	1192	3:1	0.88	.5-.3	23.8	80
	:2	857	217	1074	3:1	13.17	<.001	20.2	73
	:3	831	172	1003	3:1	32.98	<.001	17.1	89
	Total	2596	673	3269	3:1	33.95	<.001	20.6	81
Homogeneity χ <sup>2</sup> =13.08, d. f.=2, P<0.001									
A-58×H-143	:1	684	260	944	3:1	3.25	.1-.05	27.5	76
	:2	779	276	1055	3:1	0.76	.5-.3	26.2	88
	:3	1260	377	1637	3:1	3.39	.1-.05	23.0	78
	Total	2723	913	3636	3:1	0.02	.9-.8	25.1	81
Homogeneity χ <sup>2</sup> =7.38, d. f.=2, .05>P>.02									
I-35×A-58	:1	837	164	1001	3:1	39.64	<.001	16.4	87
	:2	821	161	982	3:1	38.78	<.001	16.4	82
	:3	814	157	971	3:1	40.39	<.001	16.2	87
	:4	805	173	978	3:1	27.88	<.001	17.7	81
	Total	3277	655	3932	3:1	145.93	<.001	16.7	84
Homogeneity χ <sup>2</sup> =0.76, d. f.=3, .9>P>.8									
H-69×I-93	:1	356	115	471	3:1	0.09	.8-.7	24.4	71
	:2	393	134	527	3:1	0.05	.9-.8	25.4	39
	:3	331	119	450	3:1	0.50	.5-.3	26.4	61
	Total	1080	368	1448	3:1	0.13	.8-.7	25.4	57
Homogeneity χ <sup>2</sup> =0.51, d. f.=2, .8>P>.7									

いても  $F_1$  個体間の分離の均一性はよくなかった。ただし、同じような組合せでも  $I-35 \times A-58$  及び  $H-68 \times I-93$  では  $F_1$  個体間に均一性が保たれている。

次いで相反交雑間での差異を検討した結果を示すと Table 5 の如くである。供試した相反交雑組合せは47組合せにすぎなかったため、交雑型を異にすることによる分離様式との関係を見出すことは困難であったが、少なくとも8組合せについては相反交雑間に明らかに分離比の差があった。その代表例が Table 6 である。ここでは差異のあ

る2例を差異のない3例と共に示してあるが、差のある組合せはいずれも日本稲の糯と外国稲の粳との間の交雑型である。差のある交雑組合せのうち  $A-58 \times I-67$  とその相反交雑では前者は異常分離 ( $wx$  percent=18.2%) となったのに対し、後者は正常分離 ( $wx$  percent=25.7%) であり、同じく  $E-39 \times E-41$  とその相反交雑では前者は正常分離 ( $wx$  percent=26.4%)、後者は異常分離 ( $wx$  percent=32.8%) であった。しかし他の3例、すなわち差のない場合のうち日本稲粳と外国

Table 5. Comparison of  $F_1$  segregation mode of waxy character in reciprocal crosses.

$wx$		Source								Total		
		Japan		Korea	China		Taiwan	Philippines				Indonesia
Source	Japan	1**			2					2	4	1
	China	1									1	
	Taiwan	1*	2	1	1						3	2
	India	18	1	2	3		6	1	1		30	2
	Pakistan	1	1		1						1	2
	Iran	1									1	
	Total	21	6	3	6		1	6	1	1	2	39

Note \* : Number of crosses with homogeneity in reciprocal cross.

\*\* : Number of crosses with heterogeneity in reciprocal cross.

Table 6.  $F_2$  segregations for waxy character in the reciprocal crosses

Cross combination	Number of $F_1$	Genotype of cross	$F_2$ segregation		Total	Goodness of fit			$wx$ percent (%)	Homogeneity between reciprocal cross	
			$wx^+$	$wx$		Ratio	$\chi^2$	P		$\chi^2$	P
$A-58 \times I-67$ reciprocal	1	$wx \times wx^+$	539	120	659	3:1	16.21	<.001	18.2	6.12	.02~.01
	1	$wx^+ \times wx$	223	77	300	"	0.07	.8~.7	25.7		
	Total			762	197	959	"	10.16	.01~.001		
$E-39 \times E-41$ reciprocal	3	$wx \times wx^+$	495	178	673	3:1	0.75	.5~.3	26.4	5.47	.02~.01
	3	$wx^+ \times wx$	279	136	415	"	13.37	<.001	32.8		
	Total			774	314	1088	"	8.65	.01~.001		
$A-97 \times I-84$ reciprocal	3	$wx^+ \times wx$	974	307	1281	3:1	0.73	.5~.3	24.0	1.10	.3~.2
	3	$wx \times wx^+$	930	323	1253	"	0.40	.7~.5	25.8		
	Total			1904	630	2534	"	0.03	.9~.8		
$H-58 \times I-102$ reciprocal	3	$wx \times wx^+$	2596	672	3268	3:1	34.31	<.001	20.6	0.06	.9~.8
	5	$wx^+ \times wx$	4210	1106	5316	"	49.89	<.001	20.8		
	Total			6806	1778	8584	"	84.14	<.001		
$H-138 \times I-33$ reciprocal	1	$wx \times wx^+$	748	160	908	3:1	26.37	<.001	17.6	0.01	>.9
	5	$wx^+ \times wx$	4186	895	5081	"	147.81	<.001	17.6		
	Total			4934	1055	5989	"	174.17	<.001		

稲糯との交雑であるところのH-97×I-84とその相反交雑では共に正常分離であり、また日本稲糯と外国稲梗との交雑であるH-138×I-33やA-58×I-102ではそれらの相反交雑が共に異常分離であった。

#### d) 栽培条件との関係

F<sub>2</sub>で異常分離を示す交雑組合せI-33×H-59(*ux percent*=19.6%)のF<sub>1</sub> 5個体につき株分けにより、

それぞれを3株ずつに増殖し、温室内(I)、ビニールハウス内(II)及び圃場内(III)で採種し、これら3条件の下で糯稈性の分離がどのように異なるかを調べた。その結果がTable 7 a)である。ここで、3条件の間では有意な差異は認められなかった。一方、正常分離を示すL-2×I-100 (*ux percent* = 25.1%)のF<sub>1</sub>株を越年栽培し、出穂期を異にする穂を生じさせてそれから採種し、それらの種子

Table 7. Variance analysis for *ux percent* among seeds produced in different places and seasons.

#### a) I-33×H-59

No. of indiv.	Block			Mean
	I	II	III	
1	18.3	21.2	19.4	19.6
2	21.6	17.9	21.5	20.3
3	18.6	19.7	21.2	19.8
4	18.8	19.0	20.8	19.5
5	17.6	19.4	19.8	18.9
Mean	19.0	19.4	20.5	19.7

Source	D. F.	S. S.	M. S.	F
Block	2	3.3738	1.6869	1.6955
Indiv.	4	1.5779	0.3945	0.3965
Error	8	7.9593	0.9949	
Total	14	12.9110		

\* Variance analysis by the data transformed to angle of arc  $\sin\sqrt{\%}$ .

#### b) L-2×I-100

No. of indiv.	Season		Mean
	'69 Summer	'70 Spring	
1	25.7	26.8	26.3
2	24.2	25.6	24.9
3	24.2	28.9	26.6
4	25.1	22.4	23.8
Mean	24.8	25.9	25.4

Source	D. F.	S. S.	M. S.	F
Season	1	1.0368	1.0368	0.5217
Indiv.	3	4.3305	1.4435	0.7263
Error	3	5.9623	1.9874	
Total	7	11.3296		

についての *ux percent* を比較した。1969年夏産と1970年春産の比較がTable 7b)であるが、ここでは有意な差は認められなかった。

一方、外国稲内の稲梗間交雑、日本稲梗と外国稲糯の間の交雑及び日本稲糯と外国稲梗の間の交雑の3交雑型を含む計8の交雑組合せのF<sub>1</sub>につき株分けにより増殖し、その一方を北海道大学農学部附属温室(札幌市)に、また他方を農林省放射線育種場(茨城県)で生育せしめ、各々から得ら

れたF<sub>2</sub>種子を比較した(Table 8)。その結果、採種地を異にすることにより種子稈性には若干の差異を生じたが、*ux percent*についてはHO-1009×H-9を除いてはみるべき変化はなかった。HO-1009×H-9に現われた *ux percent* の両地域間の差5.9%は同一交雑組合せでのF<sub>1</sub>個体間差を越えることはない。



Table 8. Segregations for waxy character in  $F_2$  seeds produced in Sapporo and Ibaragi

Cross combination	Location	$F_2$ segregation		Total	Goodness of fit		Homogeneity for location		$F_2$ wx percent (%)	$F_1$ spikelet fertility (%)
		wx <sup>+</sup>	wx		$\chi^2$	P	$\chi^2$	P		
F1-138×HO-830	(1)	527	163	690	0.70	.5~.3			23.6	82
	(2)	1224	376	1600	1.92	.2~.1			23.5	95
	Total	1751	539	2290	2.61	.2>.1	0.01	>.9	23.5	86
F1-159×HO-830	(1)	610	205	815	0.01	>.9			25.2	82
	(2)	815	282	1097	0.29	.7~.5			25.7	95
	Total	1425	487	1912	0.23	.2~.1	0.07	.8~.7	25.5	86
HO-1009×H-9	(1)	1116	176	1292	89.20	<.001			13.6	90
	(2)	1191	288	1479	24.10	<.001			19.5	87
	Total	2307	464	2771	100.71	<.001	12.59	<.001	16.7	94
H-52×HO-830	(1)	491	386	877	169.10	<.001			44.0	53
	(2)	623	433	1056	144.25	<.001			41.0	77
	Total	1114	819	1933	311.03	<.001	2.32	.2~.1	42.4	65
I-16×E-39	(1)	236	89	325	0.99	.5~.3			27.4	50
	(2)	926	254	1180	7.60	.01~.001			21.5	45
	Total	1162	343	1505	3.92	.05~.02	4.67	.05~.02	22.8	48
I-100×I-96	(1)	340	91	431	3.47	.1~.05			21.1	33
	(2)	613	175	788	3.28	.1~.05			22.2	32
	Total	953	266	1219	6.57	.02~.01	0.18	.7~.5	21.8	33
A-43×I-44	(1)	62	16	78	0.84	.5~.3			20.5	10
	(2)	479	109	588	13.10	<.001			18.5	29
	Total	541	125	666	13.79	<.001	0.15	.8~.7	18.8	20
I-88×HO-1009	(1)	81	18	99	2.45	.2~.1			18.2	4
	(2)	341	93	434	2.95	.1~.05			21.4	25
	Total	422	111	533	4.95	.05~.02	0.45	.7~.5	20.8	15

### e) ガンマー線照射との関係

$F_2$  で正常分離を示した 3 交雑組合せ, および異常分離で糯過少の 4 交雑組合せ, 更に異常分離で糯過多の 1 交雑組合せ, 以上 8 交雑組合せについて, その  $F_1$  株を減数分裂期よりガンマー線の生体緩照射にさらし糯稈の分離が  $F_1$  の花粉や  $F_2$  種子の分離に如何なる影響を与えているかを調べた。まず, 花粉における糯花粉と稈花粉の分離と花粉稈性についてであるが, ここでは正常分離型, 糯過少型, 糯過多型各 1 交雑組合せずつ計 3 交雑組合せを対象として調べた結果を Table 9 に示しておく, いずれの

交雑組合せにおいても花粉稈性は照射線量率が増加するにつれて低下することがうかがわれる。花粉の糯稈性の分離については H-52×HO-830 における無処理区を除いては他の処理区の全てが稈:糯=1:1 に適合した。照射個体における wx percent と種子稈性の関係は Table 10 の如くであって, 花粉稈性の場合と同様に, いずれの組合せにおいても照射効果が稈性の低下という形で認められた。wx percent については線量率との間に一定の関係はみられず, ただ, H-52×HO-830 の処理-2 (線量率 40R/day 区) で若干高い値となったことが

注目された。しかし、これを例外的な現象と考えるならば、放射線照射による種子稔性の低下は一般に  $wx$  percent には関係がなかったとみるべきである。

**Table 9.** Segregations for waxy character and the pollen fertility examined in pollens of  $F_1$  hybrids after gamma irradiation

a) FI-159×HO-830

Treatment*	Pollen fertility	Segregation		Total	Goodness of fit	
		$wx^+$	$wx$		$\chi^2(1:1)$	P
Control	97	539	545	1084	0.03	.9~.8
T-1	98	554	563	1117	0.07	.8~.7
2	99	606	620	1226	0.16	.7~.5
3	91	604	629	1233	0.51	.5~.3
4	75	580	634	1214	2.40	.2~.1

b) HO-1009×H-9

Treatment*	Pollen fertility	Segregation		Total	Goodness of fit	
		$wx^+$	$wx$		$\chi^2(1:1)$	P
Control	96	578	604	1182	0.57	.5~.3
T-1	94	591	621	1212	0.74	.5~.3
2	91	601	611	1212	0.08	.8~.7
3	87	577	614	1191	1.15	.3~.2
4	75	564	626	1190	3.23	.1~.05

c) H-52×HO-830

Treatment*	Pollen fertility	Segregation		Total	Goodness of fit	
		$wx^+$	$wx$		$\chi^2(1:1)$	P
Control	95	508	612	1120	9.66	.01~.001
T-1	96	579	642	1221	3.25	.1~.05
2	88	530	573	1103	1.68	.2~.1
3	87	548	633	1181	6.12	.02~.01
4	83	561	618	1179	2.76	.1~.05

Note

- \* T-1... Irradiated with the exposure rate of 12.5 R/day during two months from meiosis stage.
- 2... Irradiated with the exposure rate of 40.0 R/day during two months from meiosis stage.
- 3... Irradiated with the exposure rate of 97.0 R/day during two months from meiosis stage.
- 4... Irradiated with the exposure rate of 430.0 R/day during two months from meiosis stage.

**Table 10.** Spikelet fertility and *wx* percent examined in the  $F_1$  hybrids after the gamma irradiation

Cross combination		Gamma irradiation				
		Control	T-1	T-2	T-3	T-4
F1-138×HO-830	spikelet fertility	95	92	84	92	48
	<i>wx</i> percent	23.5	24.9	24.0	24.3	24.5
F1-159×HO-830	spikelet fertility	95	94	92	89	50
	<i>wx</i> percent	25.7	24.3	24.3	23.4	22.3
HO-1009×H-9	spikelet fertility	87	85	84	87	67
	<i>wx</i> percent	19.5	17.1	17.2	18.6	16.3
H-52×HO-830	spikelet fertility	77	74	74	74	59
	<i>wx</i> percent	41.0	40.3	51.5	40.5	42.0
I-16×E-39	spikelet fertility	45	36	26	44	30
	<i>wx</i> percent	21.5	21.2	21.8	23.1	24.7
I-100×I-96	spikelet fertility	33	21	27	23	12
	<i>wx</i> percent	22.2	20.7	19.6	23.4	15.0
A-43×I-44	spikelet fertility	29	29	15	26	2
	<i>wx</i> percent	18.5	12.7	22.2	16.7	22.1
I-88×HO-1009	spikelet fertility	25	9	18	13	—
	<i>wx</i> percent	21.4	19.9	20.3	23.6	—

## 考 察

遠縁稲間交雑にみられる胚乳の糯稈性の異常分離が日本稲糯と外国稲稈の間の交雑で最も多く現われることは従来報告と同じであるが、そのほかに著者らは日本稲群内の糯稈の間の交雑、外国稲群内の糯稈の間の交雑あるいは日本稲糯と外国稲糯の間の交雑でも、ある特定の交雑組合せにおいてはそれがみられることを前報（1973）並びに本報告で明らかにした。岩田ら（1964）、著者ら（1973）により、異常分離を起こすとみられる遺伝的要因の一つは、 $F_1$  個体上の小花の受精時に、糯及び稈花粉の受精率を左右するような遺伝子が作用

を現わすことによるのであろうと報告されている。しかも、この遺伝子には数種あり、それが分離比の変異の多様性（本実験でのTable 2に見られるような）の原因の一つとなっていることを推論した。

一方、遠縁稲間交雑には雑種不稈性という事実が広く存在している。その遺伝的機構の基盤が遺伝子的であるのか、染色体的ないしは細胞質的であるのかは長年の論争的であるが、このうち遺伝子説の一つに不稈性に関与する遺伝子の考え方がある。しかもその一つとしての配偶子発育遺伝子が *wx* 遺伝子と連鎖するとき、それが胚乳の異常分離を引き起こすとの説が岡（1953）によって提起されている。同氏の言う配偶子発育遺伝子とは、

それは一種の重複遺伝子であり、例えば、 $X_1$  座と  $X_2$  があり、両座のそれぞれの優性遺伝子一つずつ別に持つ2品種間の交雑では  $F_1$  雑種の配偶子のうち両座の劣性遺伝子を重複して受け取った配偶子 ( $x_1 x_2$ ) は退化するという機構から成るものである。そしてある形質を支配する遺伝子がこの配偶子発育遺伝子と連鎖する場合には、その遺伝子による形質の分離は結果として歪むことになる。岡によると2種の配偶子発育遺伝子 ( $x_1$  及び  $x_2$ ) の一つは糯遺伝子と連鎖しており、そのため糯稈性の分離は歪むという。この説によれば分離が歪む場合は常に稈性の低下を伴っているはずであるが、著者らが実際に得た結果では Fig. 1~3 に見られる如く、低稈性下での異常分離はこの説で説明が可能であるとしても、高稈性下での異常分離についてはそれを説明することは困難である。しかし岡(1973)はその故に、この配偶子発育遺伝子に多数の重複遺伝子の組を考慮し、しかもその中でこの重複遺伝子に関して、 $++$ 花粉と $+x_2$ 花粉との受精力に差異があることを追加報告した。すなわち、この場合 $++$ と $+x_2$ の間の交雑  $F_1$  では不稈性を示さないが、 $++$ 花粉と $+x_2$ 花粉との間に受精競争があることから、 $x_2$  遺伝子の分離が乱れ、このため  $x_2$  と連鎖する形質が異常分離を示すということである。従ってもし  $x_2$  が糯と連鎖するならば、高稈性下で異常分離を示した交雑組合せについてそれなりの説明は可能となる。従って著者らのこの結果をもって糯稈性分離の歪みの原因のなから岡の説をはずすことはもちろんできない。

さて、本実験の目的の一つとして、このような胚乳の糯稈性の分離というものの安定性すなわち糯稈性分離が環境等の影響により、どの程度変異するものであるかを調べた結果について考察を加えてみたい。著者らは、まず、同一交雑組合せ内の  $F_1$  個体間における分離の変異を調べたのであるが、その結果、Table 3,4の如く特定の交雑組合せにおいては  $F_1$  個体間で分離の差異が見られた。このことは何らかの外的内的要因がそれに関与していることを示唆している。また相反交雑間での分離の差異についての調査からも特定の交雑組合せ

を用いると、相反で分離に有意な差異がみられている (Table 5,6)。それは細胞質要因の作用を示唆するものであるが、必ずしも大きなものではなく、従ってそれはむしろ同一交雑組合せの異なる  $F_1$  個体間に差を生じたのと同じ原因が、たまたま相反交雑の  $F_1$  個体間でもおきていたのではないかと考えることもできそうである。ただ、ここに問題として残るのは次の2つの実験結果の解釈である。その一つは外部環境を変化させた場合、例えば、異なる出穂期別に採種した場合、あるいはまた採種時期や場所を異にすることにより異常分離を示す  $wx$  percent にみるべき差異が現われなかった事実 (Fig. 7,8) であり、その第二はガンマー線の生体緩照射等によっても  $wx$  percent の変動はあまり見られず、特に照射線量増加に比例する種子稈性低下などが糯稈性の異常分離の変異とは何らかの関連をも持たなかった事実である (Table 9,10)。すなわち、同一交雑組合せ内の  $F_1$  個体間に見られるような分離の差異、あるいは相反交雑に見られるような分離の差異というものが、たとえ用いた交雑組合せが異なっていたにしても、環境を変えたような場面では分離の差異という形では何ら発現されなかったということである。同一交雑組合せを用いてこのような実験を行ない正確な比較をするという方法を行なうことにより、この間の事情を明らかにしたいと考えている。

以上を要するに、遠縁稲間交雑における胚乳の糯稈性の歪みの変異性 (あるいは特定交雑組合せにおける分離比の不安定性) に関する一連の現象をあまねく説明する仮説は今のところまだないといってよい。しかし事実として異常分離の原因となる遺伝子、すなわち配偶体遺伝子(岩田ら1964, 著者ら1973) が環境によって影響を受けやすいもののものであり、かつ細胞質的要因によっても左右される可能性の存するもののものであることは先ず疑いが無い。従って今後の方向として、これら分離の不安定性の原因を追求するに当り、遺伝的要因による場面と環境的要因による場面とをはっきりと区別できるような詳細な実験を重ね、それを検証してゆかねばならない。

## 摘 要

遠縁稲間交雑に見られる胚乳の糯稈性分離の変異及び稔性との関連を調べる目的で行なった実験は次の如くである。

I) 各種の交雑組合せにおける分離比の変異は *wx percent* で 9% から 43% までの広い変異巾を有するものである。

II) 同一交雑組合せ内  $F_1$  個体間及び相反交雑間で分離の歪みの程度を異にする場合があった。

III) 交雑不稔性と糯稈性の異常分離との間には有意な関係はない。

IV) 出穂期あるいは採種地をかえて *wx percent* についての環境の変異を調べたが、 $F_1$  個体間の変異をこえるような大きな変異はみられなかった。

V) ガンマー線の生体照射を行なった結果、花粉稔性及び種子稔性はガンマー線の線量率に比例して低下したが、*wx percent* についてはみるべき影響はなかった。

VI) 遠縁稲間交雑における胚乳の糯稈性の異常分離の変異性に関しては、今後、遺伝的要因による場面と環境的要因による場面とを区別せねばならない。

## 参 考 文 献

CHAO, L. F. (1928): The disturbing effect of the glu-

tinous gene in rice on a Mendelian ratio. *Genetics* 13: 191-225.

岩田伸夫・永松士巳・大村 武 (1964): イネの第 I 連鎖群に属する配偶体遺伝子によるモチ性および稈先色の異常分離. 育種雑 14 (1): 33-39.

水島宇三郎・近藤 晃 (1961): 日本稲と外国稲との交雑による育種の基礎的研究. III. 遠縁品種間雑種で見られる糯稈性の異常分離. 育種雑 11 (4): 1-8.

————— (1962): 同上. IV.  $F_2$  における糯稈性の異常分離. 育種雑 12 (1): 1-7.

森 宏一, 木下俊郎, 高橋萬右衛門 (1972): 稲の交雑に関する研究. 第 XLVI 報. 遠縁稲間交雑に見られる胚乳の糯稈性の異常分離, 予報. 北海道大学農学部邦文紀要 8 (2): 85-90.

————— (1973): 同上.

LVIII 報. 遠縁稲間交雑における胚乳の糯稈性に関する分離の歪みとその原因. 北海道大学農学部邦文紀要 9 (1): 74-86.

————— 高橋萬右衛門 (1972): 同上. XLVII 報. 胚乳における糯稈性分離のひずみ度の検出に当たっての  $\chi^2$  検定法の適用について. 北海道大学農学部邦文紀要 8 (2): 98-101.

岡 彦一 (1953): 栽培稲の系統発生的分化. 第 6 報. 栽培稲における品種間雑種不稔性の機構. 育種雑 2 (4): 217-224.

————— (1973): 同遺伝質系統の利用による稲  $F_1$  不稔性の遺伝子分析. 育種雑 23. 別冊 2: 84-85.

RAMIAH, K., S. JABITHARA and S. D. MUDALIAR (1931): The inheritance of characters in rice. IV. *Mem. Dept. Agr. India. Bot. Ser.* 18: 159-229.

# Segregation distortion and its variability of endosperm character in crosses of distantly related rice varieties

— Genetical studies on rice plant, LX —

Koh-ichi MORI, Toshiro KINOSHITA and Man-emon TAKAHASHI

(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

## Summary

As a follow up on our previous report, segregation distortion largely characterized with a deficit or excess of waxy endosperm in  $F_1$  hybrids between Japanese and foreign varieties are described.

In the previous experiment, it was clearly shown that one of the causes of segregation distortion in the crosses of distantly related varieties occurred arising from gametophyte gene or genes.

In this experiment, the authors used numerous crosses, and examined the variation of segregation ratio and the relation between segregation distortion and various environmental conditions, which are as follows;

1. The variation of segregation ratio in the used cross combination, when segregation ratio is indicated by  $wx$  percent, involved a wide range from 9% to 43 %.

2. In some crosses, the degree of segregation distortion varied considerably within  $F_1$  individuals from an identical cross combination. With respect to the pattern of distortion some noticeable differences were observed between two crossing phases, namely the reciprocal crosses.

3. On the other hand, the segregation distortion showed no relationship with the fertility of pollens and spikelets by which the endosperm develops.

4. In the difference of heading date or planting site, the degree of segregation distortion was not in excess of the difference within  $F_1$  individuals from an identical cross.

5. Under gamma-ray irradiation, the spikelet fertility of  $F_1$ s showed a marked fall in proportion to the increase in exposure rate, however, the degree of segregation distortion did not show a significant effect by irradiation.