

## 水稻の障害型冷害に関する調査研究(1)

誌名	千葉県農業試験場研究報告 = Bulletin of the Chiba-Ken Agricultural Experiment Station
ISSN	05776880
著者	武市, 義雄 渡部, 富男
巻/号	19号
掲載ページ	p. 169-179
発行年月	1978年3月

## 水稲の障害型冷害に関する調査研究

### 第1報 1976年の冷害について

武市 義雄・渡部 富男

たものである。

#### I 緒 言

1976年の稲作は、6月下旬以降オホーツク海高気圧の異常な発達によって、北日本を中心に広く冷害を受けた。なかでも、北海道の東北部、東北・関東北部の山間高冷地、東北部から千葉県に至る太平洋岸の偏東風地帯、東山・新潟県の山間高冷地帯は他地域に比べて障害の程度が著しかった。

全国的にみた '76年の冷害の特徴は、全生育期を通じて断続的に襲来した低温と少照によるもので、一部には不稔の多発による障害型冷害を受けた地帯はあるが、大部分は生育後半の生育遅延による典型的な遅延型冷害であった。

千葉県の水稲が低温障害によって大きな被害を受けたのは、近年では '53, '54および '69年で、'76年の冷害も含めていずれも不稔の多発による障害型冷害<sup>1,20)</sup>である。これは、本県が早期栽培であり、早生種では7月上旬が低温の影響を受け易い穂孕期となるため、この時期に異常低温が襲来すると障害不稔を多発することになる。水稲の障害型冷害についての研究は、'35年頃から現在に至るまで数多く行われているが、これら冷害研究の史的概要については、極く最近の新しい研究も含んで佐竹<sup>14,15,16,17,18,19)</sup>がまとめている。最近では、不稔の原因はおしべの側にあつて、直接的には葯の裂開不良による不受精であり、葯の裂開不良は葯内における花粉の充実不良と関係のあること<sup>5,7)</sup>、冷温感受性のもっとも高い時期は、従来定説となっていた減数分裂期ではなく、厳密にはその直後の小孢子初期(4分子期~第1収縮期)である<sup>12)</sup>ことが確定された。減数分裂期と小孢子初期とではせいぜい1日か1.5日くらいの時間差にすぎないので、実用的にはこの修正のおよぼす影響はそれほど大きくない。しかし、減数分裂期と小孢子初期とでは、葯組織の発育の諸相や、生理的活性に著しい差があり、不稔機構を解明する上ではこの修正は大きな意義をもっている<sup>19)</sup>。

本調査研究は、'76年に千葉県に発生した水稲の障害型冷害の被害実態を明らかにし、被害を軽減、回避する有効な手段を構ずる上での基礎資料とするために行なっ

#### II 材料および方法

水稲奨励品種決定基本調査に供試した粳品種を材料として出穂期と被害の関係を調査した。移植は成苗で4月30日、施肥量は窒素成分基肥8kg/10a、穂肥3kg/10aで栽培した。1穂粒数、登熟歩合等の調査は、それぞれの品種の成熟期に抜取った10株について調査した。

品種の耐冷性検定のため、ポット植の水稲について冷水掛け流し試験を行なった。ポットは1/5,000アールワグネルポットを用い、直径約10m、約100tを貯留できる水槽に、ポットを上端5cm程度まで水がくるように設置し、17℃前後の水を朝8時半から夕方5時まで掛け流した。なお夜間は止水したが、水温が急激に上昇する可能性はない。

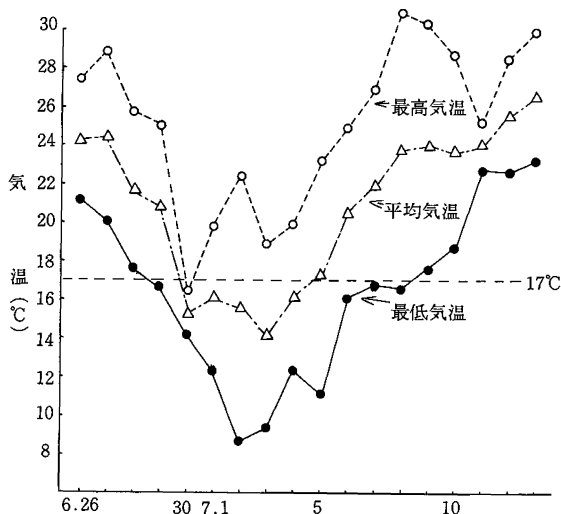
施肥量の多少と障害不稔の発生程度の調査には、水稲奨励品種決定基本調査(前出)および稚苗移植用品種試験の標準肥料区(基肥8kg/10a)と多肥料区(基肥10kg/10a)の抜取り株を用いた。移植はすべて4月30日、穂肥は3kg/10a施用した。

なお、登熟歩合の調査は比重1.06の塩水をもって行ない、沈んだ籾を完全籾とし、表面に浮いた籾は指で押し内容物の有無によって不稔籾と屑籾に分け、中間に浮いた籾を屑籾として類別した。また、冷温感受性のもっとも高い時期は前述のように減数分裂期の直後と確定されたが、実際圃場の場合には大きな問題ではないので、本報告ではこの時期を減数分裂期前後と表現することにした。

#### III 結果および考察

##### 1. 気象経過

'76年の水稲に冷害被害をもたらした直接の要因は、6月29日からの低温である。第1図に示したように、最低気温17℃以下の日が6月29日から7月8日まで連続10日間、平均気温で17℃以下の日が6月30日から7月4日まで連続5日間続き、とくに7月2, 3の両日は低温で、



第1図 低温期間の日別気温

注) 千葉市大膳野町観測

10℃以下の最低気温を記録した。

7月第1半旬における最低気温の平均10.8℃、平均気温の平均15.9℃とともに千葉市の5月第1半旬の平年値と等しい。また本県の7月における最低気温の極値<sup>2)</sup>は、銚子13.8℃(1887~1967年)、富崎13.3℃(1922~1967年)、千葉13.9℃(1954~1967年)、勝浦12.4℃(1916~1967年)であり、'76年の低温は近年にない記録的なものであったといえる。

## 2. 出穂期と被害の関係

水稻奨励品種決定基本調査に供試した粳品種について、出穂期の差異による低温被害程度を調査した結果を第1表に示した。

本県の代表的品種ホウネンワセ、コシヒカリの'75年の出穂期は、過去5か年の平均値と一致しており、平年並みといえる。また、'76年の場合、6月末から7月上旬の低温が襲来するまでは、水稻は極めて順調な生育を示していた。したがって、第1表にみられるように、出穂期は'75年に比較して、9品種平均で約4.5日遅延しているが、これは低温に原因するものと考えられる。

出穂期別の出穂遅延日数をみると、7月15日~7月18日に出穂した品種・系統(以下系統は省略)は2~3日、この時期以降7月中に出穂した品種では5~6日となっている。このことは、幼穂の生育段階によって、低温による出穂遅延の影響が異なることを示すもので、供試品種でみれば、出穂前10~13日の減数分裂期前後の生育段階のものは遅延程度が少なく、出穂前17~26日の幼穂形

成期乃至穎花分化初期のものはその程度が大きい。

7月15日~7月18日に出穂した品種には、穂の先端穎花の枯死による白稈が生じた。このため西南61号、ハヤヒカリは面積当たり籾数が30,000以下と減少したが、低温襲来時までの好天候により全般に穂数が多かったため、他の品種ではそれほど極端な減少は認められなかった。7月22日以降に出穂した品種には白稈はほとんどなく、穂数の増加が寄与して面積当たり籾数は増加の傾向が認められる。

不稈歩合は、7月15日~23日に出穂した品種の平均が22%前後となっており、'75年の不稈歩合が6%前後となっていることから明らかに低温障害による不稈といえる。とくに、7月15日~18日に出穂した品種の不稈歩合は非常に高い。これは、これらの品種が出穂前10~15日のもっとも低温感受性の高い減数分裂期前後に低温に遭遇したことによるものである。

屑稈の発生は、品種の登熟性や耐倒伏性などによって大きく異なり、品種間差が非常に大きいため一概に論ずることは困難である。しかし、'75年における19品種の平均屑稈歩合は15%前後であり、出穂期と同様この歩合を平常値とみれば、7月15~22日に出穂した品種は、1品種を除いて10%以下と非常に少ない。これは光合成産物が不受精稈の発生によってその転流先が減少したため、通常であれば屑稈となる弱勢穎花へも転流したためと考えられる。なお、7月30日以降に出穂した品種のなかで屑稈歩合の高いものがみられるが、コシヒカリ、越南118号は倒伏、北陸110号、関東117号は登熟能力にやや難点があることによるもので、これら品種の幼穂形成始期にあたる6月末~7月上旬の低温のためとは異なる。

玄米重は、穎花の退化と障害不稈の発生との二重の被害を受けた7月15日~18日に出穂した品種が、北陸101号を除いて30kg/a前後と極めて低収で、'75年に比較して20kg/a程度の減収となった。その後、7月25日頃までに出穂した品種においても、前年よりわずかながら減少傾向が認められた。7月27日以降に出穂した品種は低温による影響はなく、穂数増による単位面積当たり籾数増が寄与して収量は多かった。

## 3. 品種の耐冷性

### (1) 圃場栽培水稻の抜取株による調査

出穂期別の被害調査から、北陸101号、トドロキワセが出穂期が早い割に障害不稈の発生が少なく、障害型冷害に対する耐冷性は強いと判断され、逆に奥羽294号、ホウネンワセなどは耐冷性は弱いと認められた。また、東北123号、中部18号の出穂遅延日数は7~8日であり、本県では遅延型冷害はほとんど心配する必要はないが、

第1表 出穂期別の被害調査

品種 (系統)名	項目 出穂期	同左前 年比較	籾数 100個/m <sup>2</sup>	同左前 年比較	一穂 数 個/本	同左前 年比較	歩合			前年度の 不稔歩合	玄米重 kg/a	同左前 年比較
							完全籾 %	屑 %	不稔籾 %			
西南 61号	7. 15	—	277	—	99	—	45.0	7.8	47.2	—	29.0	—
ハヤヒカリ	7. 16	+ 2	294	—	79	—	55.1	7.6	37.3	—	29.3	-21.1
ふ系 107号	7. 17	+ 4	379	+38	90	- 7	56.3	9.0	34.7	6.1	41.4	-13.8
北陸 101号	7. 18	—	339	—	97	—	76.1	8.2	15.7	—	53.5	—
奥羽 294号	〃	+ 3	359	- 9	96	- 5	38.4	3.5	58.1	7.8	27.4	-25.5
ハウネワセ	〃	+ 2	334	+ 6	66	- 5	49.4	2.8	47.8	8.7	35.5	-17.0
西南 58号	7. 22	+ 5	303	+14	81	+ 1	79.1	3.5	17.4	4.5	49.3	- 4.4
奥羽 297号	〃	—	422	—	81	- 1	62.9	11.9	25.2	—	54.6	—
トドロキワセ	〃	+ 5	297	-25	71	- 6	89.5	4.1	6.4	5.2	52.0	- 3.9
中部 26号	7. 23	+ 6	325	-28	82	- 2	78.4	10.4	11.2	6.0	53.4	- 0.9
愛知 26号	〃	+ 5	334	+12	80	+ 3	80.4	10.4	9.2	2.1	53.7	- 0.7
奥羽 298号	〃	+ 3	381	+25	94	+ 4	73.6	17.9	8.5	7.7	56.8	+ 0.2
北陸 102号	〃	—	359	—	89	—	75.6	3.9	20.5	—	49.8	—
中部 32号	〃	—	370	—	79	—	82.5	9.0	8.5	—	55.7	—
越南 116号	〃	+ 6	357	+58	86	+ 6	77.8	6.7	15.5	5.2	57.4	- 1.2
トヨニシキ	〃	+ 4	348	+11	93	+ 3	80.6	8.3	11.1	6.9	55.0	- 1.4
越南 119号	〃	—	388	—	98	—	74.5	12.3	13.2	—	55.8	—
越南 120号	〃	—	410	—	98	—	71.3	13.9	14.8	—	56.1	—
東北 123号	7. 25	+ 7	335	- 1	87	- 5	85.9	10.1	4.0	6.8	55.3	- 0.3
越南 121号	〃	—	367	—	88	—	82.5	11.8	5.7	—	61.4	—
中部 17号	7. 27	+ 4	410	+32	98	- 1	75.3	17.3	7.4	7.4	57.2	+ 0.9
中部 18号	〃	+ 8	330	- 1	72	- 4	87.4	14.7	4.1	3.5	53.9	- 1.1
コシヒカリ	7. 30	+ 6	402	+12	99	- 8	76.4	14.7	8.9	7.9	58.3	+ 0.3
北陸 97号	〃	+ 6	340	+36	81	0	90.9	5.0	4.1	4.8	59.2	+ 7.2
北陸 100号	7. 31	+ 5	396	- 4	90	- 1	71.2	19.6	9.2	10.3	58.1	+ 3.2
佐系 10号	〃	+ 6	351	+13	86	- 7	83.4	9.4	7.0	9.2	55.3	+ 2.6
コチヒビキ	8. 2	+ 2	378	+13	88	+ 9	74.6	18.4	7.0	13.4	59.1	+ 1.6
関東 117号	〃	—	388	—	84	—	68.6	20.2	11.2	—	61.1	—
越南 118号	8. 3	—	462	—	98	—	66.5	22.4	11.1	—	62.2	—

注) — は、前年度試作しなかったか、調査データのないもの。

遅延型冷害に対する耐冷性は弱いといえる。

このように品種による耐冷性の差異が認められたので、これら品種の障害不稔の発生状況を分けつ稈に分類して調査した。その結果は第2表に示したとおりである。

耐冷性が強いと判定された北陸 101号と、弱いとされているハウネワセについて分けつ次位別の不稔歩合を比較すると、いずれの分けつ次位でも北陸 101号はハウネワセより不稔歩合がかなり少ない。また、第2図に示したように、北陸 101号は主稈、第1次分けつ稈、

第2次分けつ稈の順に、幼穂の形成や生長の遅くなった稈ほど不稔歩合は低くなっているのに対し、ハウネワセではほとんど分けつ次位による差は認められない。両品種の出穂期から推定して、7月5日までの低温条件下にすでに減数分裂期前後に入っていた稈は、主として生育の進んでいた稈、すなわち主稈や第1次分けつ稈の大部分であり、第1次分けつ稈の一部と第2次分けつ稈は7月6日以降であったと考えられる。

不稔誘発の臨界温度は、耐冷性の強い品種では15℃～

第2表 分けつ次位別の登熟歩合

品種 (系統)名	項目 出穂期	主 稈						一 次 分 げ つ 稈				二 次 分 げ つ 稈			
		一穂 数	歩 合			一穂 数	歩 合			一穂 数	歩 合				
			完全 穂	屑 穂	不稔 穂		完全 穂	屑 穂	不稔 穂		完全 穂	屑 穂	不稔 穂		
月 日	個/本	%	%	%	個/本	%	%	%	個/本	%	%	%			
西南 61 号	7. 15	113	39.0	7.9	53.1	108	45.9	6.3	47.8	74	52.6	7.7	39.7		
ハヤヒカリ	7. 16	107	58.5	8.5	33.0	78	54.2	7.7	38.1	59	53.9	5.8	40.3		
北陸 101 号	7. 18	128	70.6	10.7	18.7	99	77.8	6.2	16.0	69	77.7	11.8	10.5		
奥羽 294 号	〃	135	31.8	3.0	65.2	95	39.1	3.0	57.9	75	43.4	5.6	51.0		
ハウネンワセ	〃	91	51.5	2.5	46.0	70	49.8	2.7	47.5	51	48.7	2.9	48.4		
奥羽 297 号	7. 22	143	71.4	14.6	14.0	111	60.2	10.3	29.5	83	62.2	14.0	23.8		
トドロキワセ	〃	97	89.3	3.4	7.3	76	89.5	3.6	6.9	58	89.3	5.4	5.3		

17℃、耐冷性の弱い品種では17~19℃位と推定されている<sup>14)</sup>。温度が比較的上昇傾向にあった7月6日以降は、最低気温が17℃前後で、日平均気温が17℃以上であり、北陸101号ではこの期間に減数分裂期前後に入ったものは、低温による不稔がほとんど発生しなかったために、全体として不稔歩合が少なく、かつ生育の遅い稈ほど不稔の発生は少ない。逆にハウネンワセは17~19℃でも不稔が発生したため不稔歩合は高く、かつ生育の遅速による不稔歩合の差がなかったものと考えられる。

このことは、7月22日に出穂したトドロキワセ、奥羽297号を比較するとより明らかとなる。すなわち、これら2品種は出穂期から推定して、減数分裂期前後は7月

10日頃であり、発生した不稔は最低気温が17℃前後の低温による障害不稔である。耐冷性の強いトドロキワセの不稔歩合は、'75年をわずかに上廻る6.4%にとどまり、逆に奥羽297号はかなり高い不稔歩合を示し、障害不稔発生誘発温度はトドロキワセより高く、耐冷性の弱い品種といえる。

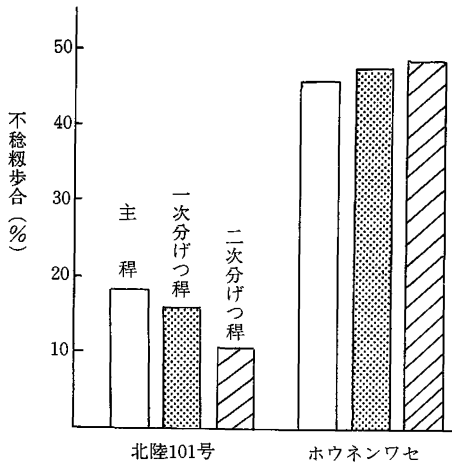
(2) ポット植水稲の冷水掛け流しによる耐冷性検定

ハヤヒカリ、ハウネンワセ、トドロキワセ、トヨニシキをポット栽培し、それぞれの品種の幼穂形成期から出穂期まで、水温17℃前後の用水貯留槽に入れて長期の低温処理をし、耐冷性を検定した。その結果は第3表に示したように、ハヤヒカリ、ハウネンワセ、トヨニシキの不稔歩合が70~90%の範囲にあるのに対し、トドロキワセは38%とかなり少なく、かつ完全歩合も43%と他の品種に比べて非常に高かった。

冷温感受性のもっとも高い時期は、前述した如く減数分裂期直後の小孢子初期であり、ついで減数分裂の直前にも2次的な冷温感受性期がある<sup>13)</sup>ことが明らかにされており、同時に幼穂形成期間中これらの時期以外の低温では不稔は発生しないことが確かめられている。しかし、冷温感受性期の低温処理に加えて幼穂形成期から小孢子初期までの間(前歴)、或いは小孢子初期以後(後歴)に17℃、3日の低温処理を行なうと、共働効果によって冷温感受性期の低温処理のみの区よりさらに不稔の発生が多くなる<sup>8)</sup>ことが明らかにされている。

本試験の不稔の発生が(1)試験の圃場栽培の抜取株にみられた不稔の発生より非常に高いのは、この前歴、後歴の効果によるものである。

また、今回は低温時における幼穂の位置については調査を欠くが、深水にした場合障害不稔の発生が軽減されることは広く知られていることから考えると、幼穂の位置の高低差による不稔の発生程度は大きく異なると推定



第2図 分けつ次位別不稔歩合

第3表 品種の耐冷性検定

品種名	項目 低温処理 の有無	幼穂		出穂期 期間 日	一穂 穂数 個/本	歩合		
		形成期 月 日	月 日			完全穂 %	屑穂 %	不稔穂 %
ハヤヒカリ	無有	6. 22	7. 19	—	68	59.1	12.6	28.3
	無有	"	7. 24	33	54	1.8	10.3	87.9
ハウネンワセ	無有	6. 22	7. 22	—	47	70.5	4.2	25.3
	無有	"	7. 28	37	41	3.8	25.3	70.9
トドロキワセ	無有	6. 25	7. 23	—	73	78.5	15.9	5.6
	無有	"	7. 30	36	49	43.0	19.0	38.0
トヨニシキ	無有	6. 27	7. 26	—	89	83.2	12.7	4.1
	無有	"	8. 2	37	56	5.1	15.3	79.6

注) 水槽は日中（AM8.30～PM5.00）17℃前後の水をかけ流し、夜間は止める。水槽の大きさは直径約10m、深さ1.5mで、夜間急激に水温が上昇する可能性はない。

される。耐冷性が強である北陸101号は、成熟期における稈長がハウネンワセの83cmに対して65cmと低く、幼穂の位置はハウネンワセより水面に近かったと考えられる。北陸101号は生態的に耐冷性がもともと強いため、不稔誘発の臨界温度が低いことに加えて、このように稈長が

日までの出穂期の品種に障害不稔の発生が認められているので、西南53号、ハヤヒカリ、オトメモチ、はつかおりには障害不稔がある程度発生したと考えられる。そこで、これらの品種についてみると、出穂期が7月20日と早い西南53号は不稔穂の発生が多く、多N区でその程度が大

第4表 基肥量と不稔穂発生程度

品種 (系統)名	項目 基肥 N量	出穂期		一穂 穂数 個/本	m <sup>2</sup> 当たり 100個/m <sup>2</sup>	玄米重 kg/a	歩合		
		月 日	月 日				完全穂 %	屑穂 %	不稔穂 %
西南53号	8	7. 20	71	308	48.8	77.0	6.0	17.0	
	10	7. 20	74	326	51.5	74.9	5.0	20.1	
ハヤヒカリ	8	7. 24	75	330	52.8	82.3	11.1	6.6	
	10	7. 23	81	356	53.0	78.4	14.5	7.1	
オトメモチ	8	7. 24	83	329	56.5	84.7	10.9	4.4	
	10	7. 24	86	412	62.1	73.1	19.5	7.4	
はつかおり	8	7. 24	70	339	57.9	81.1	10.2	8.7	
	10	7. 24	74	390	59.7	72.0	14.6	13.4	
ハウネンワセ	8	7. 26	65	329	55.8	88.0	7.0	5.0	
	10	7. 25	66	330	57.3	87.7	7.8	4.5	
中部17号	8	7. 29	88	369	58.9	86.4	8.4	5.2	
	10	7. 29	92	385	61.8	85.2	10.7	4.1	
信濃糯3号	8	8. 4	101	356	54.6	78.4	16.5	4.9	
	10	8. 4	96	395	56.0	75.7	15.5	8.8	
北陸97号	8	8. 5	72	333	60.6	91.0	6.0	3.0	
	10	8. 4	77	356	61.0	84.6	10.4	5.0	
北陸100号	8	8. 5	88	412	60.1	64.7	25.9	9.4	
	10	8. 4	83	402	59.9	64.5	27.7	7.8	
コシヒカリ	8	8. 7	82	400	57.9	67.9	23.6	8.5	
	10	8. 5	83	432	54.4	68.1	23.3	8.6	

低いという形態的な特性からも障害不稔の発生が少なかったものと考えられる。

4. 栽培条件と被害

(1) 施肥量

基肥施用量の多少によって、障害不稔の発生程度がどのように異なるかについて調査した結果は第4表のとおりである。出穂期別の被害の調査結果から、7月24

日までの出穂期の品種に障害不稔の発生が認められているので、西南53号、ハヤヒカリ、オトメモチ、はつかおりには障害不稔がある程度発生したと考えられる。そこで、これらの品種についてみると、出穂期が7月20日と早い西南53号は不稔穂の発生が多く、多N区でその程度が大であった。はつかおりも多N区で不稔歩合が高く、ハヤヒカリ、オトメモチにも同様の傾向が認められた。

このように基肥にNを多くした場合に不稔穂歩合の高くなる傾向は、低温の影響を受けたと考えられる出穂期の品種が中心で、この時期以降の出穂期の品種では、倒伏程度の大きかった信濃糯3号と、基肥にNの少ない区で不稔穂歩合が3%と極端に少ない北陸97号の2品種だけでなく他の品種は基肥のNの多少に関係がなかった。

一般圃場において窒素肥料を多用すると障害型冷害に対す

第5表 植付時期と不稔籾発生程度

植付日	品 種 名	出穂期	籾 数	歩 合			収 量
				完全籾	屑 籾	不稔籾	
月 日	月 日	100個/m <sup>2</sup>	%	%	%	kg/a	
4. 15	ハヤヒカリ	7. 21	421	53.4	6.2	40.4	44.7
	ハウネンワセ	7. 23	349	69.6	9.0	21.4	48.8
4. 20	ハヤヒカリ	7. 21	395	54.9	10.0	35.1	43.1
	ハウネンワセ	7. 22	316	62.3	5.1	32.6	39.6
4. 25	ハヤヒカリ	7. 22	404	70.1	14.7	15.3	56.3
	ハウネンワセ	7. 23	344	75.7	7.3	17.0	52.3
4. 30	ハヤヒカリ	7. 23	360	67.9	6.7	25.0	48.7
	ハウネンワセ	7. 23	310	76.6	8.8	14.6	47.7
5. 5	ハヤヒカリ	7. 24	306	83.0	10.6	6.4	48.5
	ハウネンワセ	7. 26	273	86.4	7.3	6.3	47.3
5. 10	ハヤヒカリ	7. 27	317	78.1	14.0	7.9	49.3
	ハウネンワセ	7. 28	306	85.6	8.1	6.3	52.6

稔籾歩合が高い。これは、低温に遭遇した時点での生育ステージが、植付時期の早い方が進んでいたためと考えられる。ハヤヒカリ、ハウネンワセで、出穂期の差が1日程度であるのに、不稔籾歩合がハヤヒカリでやや高くなつたのも、低温襲来時の幼穂長が4月15日植でハヤヒカリが平均3.0cm、ハウネンワセ0.5cmであり、同じ理由と考えられる。

注) 植付苗はすべて20日育苗の稚苗を用いた。

る抵抗性を弱くし、冷害年に不稔を多発して減収率を高めることが経験的に知られており<sup>15)</sup>、また佐々木ら<sup>11)</sup>は窒素施用量を上げてポット栽培した水稻を人工気象箱で低温処理した結果、窒素増肥は不稔歩合を増加させることを認めているが、本調査においても同様の結果が得られた。

屑籾の発生は、不稔籾の発生が多かった西南53号で比較的少なく、基肥の多少による差は少なかった。これは前述のように不稔籾が多かったので、補償的に屑籾が少なくなったためとみられる。しかし、7月24日に出穂期となった3品種では多肥にした場合に屑籾歩合が高かった。また、このような傾向は、低温の影響は少ないとみられる7月26日以降に出穂した品種でも認められる。これは多肥による穂数や単位面積当たり籾数の増加や、品種によっては倒伏程度が大きくなったことによる登熟不良が原因とみられる。

(2) 植付時期

'76年の奨励品種に採用されたハヤヒカリの栽培法試験のなかで、植付時期の問題についてハウネンワセと対比しながら検討した。この試験では、4月15日から5日毎に6回の植付を行なっていたので、植付時期と障害不稔発生程度との関係を知るのに好都合と考え、調査を行なった。結果は第5表に示したとおりである。

4月15日～30日に植付けた区では、両品種とも出穂期が7月21日～23日となっており、これまでの調査結果と同様に障害不稔が発生した。また、出穂期が早い区ほど不稔籾歩合は高い傾向が認められた。なお同じ出穂期であっても、同一品種の場合は植付時期の早い区の方が不

このように生育ステージが異なっていた稲が低温に遭遇した結果、出穂期にほとんど差がなくなった理由は、品種や生育ステージより、低温による生育停滞の度合いがかなり微妙であることや、当試験がコンクリート枠圃場で実施された関係上、その後の気温上昇が水・地温の上昇を促進したため、一畝に出穂したことなどが考えられる。

したがって、障害型冷害における不稔発生を考える場合、低温時にその稲がどんな生育ステージにあったかがもっとも重要であることは論をまたないが、出穂時期と同様植付時期がいつであったかも検討する必要があることが示唆された。

5. 葉耳間長と被害

葉耳間長は低温による不稔発生の危険期を知るためのすぐれた方法として利用され、葉耳間長0 cmを中心とした時期がもっとも冷温感受性の高い時期とされている<sup>6,9,10)</sup>。

4月30日に成苗移植したフジミノリについて、低温襲来時の7月5日に葉耳間長別に稈にラベルを付し、成熟期に調査を行なった。葉耳間長の類別はプラス3～4cm、

第6表 葉耳間長と障害不稔

項目	一 穂	歩 合			
		籾 数	完全籾	屑 籾	不稔籾
葉耳間長	cm	個/本	%	%	%
+	3～4	95	48.8	24.6	26.7
±	0	91	54.7	8.1	37.1
-	1～10	90	43.0	16.6	40.5

注) 品種フジミノリ、出穂期7月14日、葉耳間長調査時期7月5日。

プラス・マイナス0および-1~-10cm（止葉未展開）の3区分とした。調査結果は第6表に示したとおりである。

不稔歩合は、葉耳間長が-1~-10cmとプラス・マイナス0の稈で40%前後と多く、プラス3~4cmの稈ではやや少なかった。屑歩合は葉耳間長がプラス3~4cmの稈で最も多く、次いで-1~-10cmおよびプラス・マイナス0の稈の順であった。葉耳間長プラス3~4cmの稈では、低温時にはすでに危険期の終期に近づいているため、不稔の発生は少なくなったものと考えられるが、屑歩合が高くなったのは高位節分けつの発生が多かったことによるものであろう。葉耳間長が-1~-10cmの稈で屑歩合が高いのは、調査対象としたフジミノリの出穂期は7月14日となっており、7月5日時点で止葉が展開していない稈は劣勢稈であるためと判定される。しかし、総合的にみれば、葉耳間長がプラス・マイナス0でみられるように、不稔の発生が多ければ補償的に屑歩合は少なくなると考えられる。

6. 再生稲の収量

水稻の収穫後、刈株よりヒコバエが発生するのは極く普通にみられる現象であるが、気温の高い時期に収穫される暖地の早期栽培では、これが出穂結実することが多く、環境によってはその収量が無視できないことがある。ヒコバエの発生と刈高は密接な関係があり、刈高が高いほど出穂迄日数が短くなる傾向を示し、また、稈基部デンプン蓄積量が多いほど再生量も多くなることが明らかにされている<sup>3,4)</sup>。

障害不稔が非常に多いと確認された8月1日に、品種試験圃場のフジミノリ、か系1208、か系1210の3品種の地上部を青刈し、その後の再生稲の収量を調査した結果は第7表のとおりである。

障害不稔の多い株では、出穂後2週間目ですでに1本の稈に高位節分けつが2本発生していた。そのため、青刈の刈高が15~20cmの区では高位節分けつが一諸に刈取られたが、50cmでは刈残されてそのまま成熟した。25cm区でも一部分は刈残されて成熟に至った。青刈の際、高刈された

場合には稈基部のデンプン蓄積量が多いため、第7表にみられるように刈高が高いほど完全歩合も高く、玄米重、玄米千粒重が大きくなった。対照と玄米重を比較すると、50cmで刈取った場合にはかなり接近しているが、上廻るまでには至っていない。また全般に再生稲の玄米千粒重は小さい。このようなことから、地上部を刈取り再生稲で減収を補うためには、出穂後2週間では遅すぎると考えられる。親株の穂摘期から枯熟期まで1週間毎に刈取を行ない、その再生量を調査した結果でも、穂摘期から2週間後までは稈基部デンプン蓄積量の減少とともに再生量が顕著に減少することが認められている<sup>4)</sup>。

しかし、障害不稔によって青立ちになるか否かの判断は、出穂後かなりの日数を要しないと困難であることを考慮すると、この方法は実際上適用不可能と思われる。

7. 低温の影響の地域差

地域別の低温の影響を品種現地試験の奨励品種について検討した結果を第8表に示した。調査に使用した標本の植付時期が5月上旬で、出穂期は調査を計画した時点で予想した時期よりやや遅く、極端な障害不稔の発生は認められなかった。

もっとも出穂期の早いハヤヒカリでは、鴨川、君津は比較的温暖のためか播種期、植付期がその他の地域より遅いにもかかわらず生育が進んでいたものと思われ、出穂期は逆に早くなった。しかし、不稔歩合は、出穂期の早い鴨川とそれより5~7日遅い野栄、干潟ではほぼ同じ値となった。このことは、'76年の場合、鴨川でこの試験よりも早く植えたホウネンワセに障害不稔が多発していることからみて、地域による温度差も考えられるが、むしろ「植付時期」の項で明らかにしたように、播種期、植付時期の早い野栄、干潟では低温時の生育ステージが

第7表 再生稲の収量

項目 品種名	刈り高 cm	青刈り 出穂後 日数 日	穂数 本/m <sup>2</sup>	一穂 数 個/本	歩合			玄米重 kg/a	玄米 千粒重 g
					完全歩 %	屑歩 %	不稔歩 %		
フジミノリ	対照	—	275	105	34.4	6.6	59.0	18.4	19.4
	15	18	295	30	10.9	67.8	21.3	1.6	16.6
	25	18	304	31	35.4	51.0	13.6	6.0	18.2
か系1208	対照	—	254	81	17.0	1.0	81.2	11.2	17.8
	20	14	316	23	12.5	53.6	33.9	1.3	14.6
か系1210	対照	—	214	76	21.4	0.6	78.0	13.6	18.6
	50	14	343	29	71.5	10.6	17.9	11.8	16.6

注. 1) 対照稲：刈り高は地際、穂数・1穂数は青刈した株で調査、登熟歩合は成熟期に抜取った株で調査、玄米重・玄米千粒重は坪刈したもの。  
2) 再生稲：再生稲については15株から算出した値である。



第8表 地域別の低温の影響

品種名	現地名	項目	出穂期 月 日	一 穂		歩 合			玄米重 kg/a	同 左 前年比較 kg/a
				穂 数 個/本	×100個	完全穂 %	屑 穂 %	不稔穂 %		
ハ	鴨川	川	7. 17	100	352	70.4	6.8	22.8	52.7	7.1
ヤ	君津	津	19	79	330	81.2	7.4	11.4	47.7	- 1.5
ヒ	成田	田	24	86	359	73.8	9.3	16.9	52.9	0.7
カ	野栄	栄	22	81	392	73.7	5.3	21.0	55.8	- 4.0
リ	干潟	潟	24	81	428	73.1	3.4	23.5	54.9	- 4.0
ホ	鴨川	川	7. 21	71	359	79.8	9.9	10.3	56.8	7.4
ウ	君津	津	21	62	314	81.0	7.0	12.0	49.9	3.9
ネ	成田	田	27	59	299	89.6	3.5	6.9	57.4	3.0
ン	野栄	栄	24	61	362	81.9	8.2	9.9	63.6	1.5
ワ	野栄	栄	24	61	362	81.9	8.2	9.9	63.6	1.5
セ	干潟	潟	25	65	379	84.3	5.8	9.9	58.9	12.9
ト	鴨川	川	7. 21	75	347	87.4	6.6	6.0	57.1	8.2
ド	君津	津	24	66	319	80.4	15.0	4.6	53.9	4.4
ロ	成田	田	30	70	293	92.1	2.7	5.2	55.5	0.2
キ	野栄	栄	24	63	347	86.9	8.2	4.9	67.5	3.5
ワ	野栄	栄	24	63	347	86.9	8.2	4.9	67.5	3.5
セ	干潟	潟	27	66	363	92.5	3.5	4.0	65.6	11.8
ト	鴨川	川	7. 24	95	397	68.8	25.2	6.0	59.4	2.5
ヨ	君津	津	27	80	380	79.3	15.9	4.8	60.1	5.4
ニ	成田	田	31	77	322	89.2	5.5	5.3	61.5	3.8
シ	野栄	栄	28	71	359	76.2	17.9	5.9	73.9	13.0
キ	野栄	栄	28	71	359	76.2	17.9	5.9	73.9	13.0
コ	干潟	潟	31	81	428	75.7	18.3	6.0	59.1	3.4
コ	鴨川	川	8. 3	111	513	60.7	26.7	12.6	58.2	2.5
シ	君津	津	2	103	408	76.5	15.5	8.0	59.6	3.3
ヒ	成田	田	7	91	340	80.5	11.9	7.6	63.1	6.0
カ	野栄	栄	7	92	486	62.7	23.7	13.6	60.3	1.6
リ	野栄	栄	7	92	486	62.7	23.7	13.6	60.3	1.6
リ	干潟	潟	4	88	420	64.6	27.5	7.9	48.4	15.3

注 1) 鴨川市：4月7日播種、5月8日移植。  
 2) 君津市：4月2日"、5月7日"。  
 3) 成田市：3月28日"、5月5日"。  
 4) 野栄町：3月29日"、5月3日"。  
 5) 干潟町：3月28日"、5月2日"。

第9表 品種構成、田植時期と被害率

支庁	項目	作付率上位2品種		4月中の 田植率 %	被害率 %
		%	%		
千	葉	コシヒカリ (52), ホウネンワセ (34)		22	6.4
君	津	コシヒカリ (33), ホウネンワセ (31)		24	5.5
安	房	ホウネンワセ (49), コシヒカリ (32)		6	12.9
夷	隅	ホウネンワセ (54), コシヒカリ (26)		54	23.1
長	生	ホウネンワセ (51), コシヒカリ (23)		48	22.4
山	武	トドロキワセ (32), コシヒカリ (27)		57	12.5
海	匝	トドロキワセ (32), フジミノリ等 (21)		23	19.1
香	取	フジミノリ等 (33), トヨニシキ (30)		67	19.1
印	旛	コシヒカリ (53), トヨニシキ (14)		10	7.1
東	葛飾	コシヒカリ (64), ホウネンワセ (11)		4	0.0

注) 県農産課資料より作製。

鴨川と同程度に進んでいたためと考えられる。同じ出穂期でも播種、植付時期がやや遅れた成田では不稔歩合がやや減少したのもこのためであろう。若津の不稔歩合の値が低い原因は明らかでなかった。

ホウネンワセは、ハヤヒカリより出穂期がさらに遅くなっており、不稔の発生は出穂期の早い鴨川、君津で不稔歩合が10%強、野栄、干潟で10%とやや多くなった程度であり、成田ではほぼ平年並の不稔歩合といつてよい。

トドロキワセ、トヨニシキ、コシヒカリについてはさらに出穂期が遅いこともあり、障害不稔の発生は認められなかった。なお、鴨川、野栄のコシヒカリの不稔歩合が多くなったのは倒伏のためである。収量的には障害不稔の多かったハヤヒカリが前年より減収したが、その他の品種はいずれの地域でも高く、低温の影響は確認できない。なお、干潟での収量の前年比較がとくに高いのは、前年倒伏とイモチ病で極端に減収したことによる。

また、県内地域別の品種構成および移植時期と障害不稔による被害率の関係を見ると第9表に示したようになる。夷隅・長生地区ではホウネンワセの作付が50%を超え、しかも移植時期が早かったことが被害を大きくしたといえる。また、海匝・香取地区ではフジミノリ等の極早生種の作付が多く、これらの品種に発生した障害不稔が被害率を高めたものである。コシヒカリの作付が多く、しかも移植時期の遅い千葉、君津、印旛、東葛飾の各地域では被害は軽微で

あった。このように品種構成と移植時期の早晚によって地域による被害の差が大となったことが認められる。

#### IV 摘 要

'76年の6月末～7月上旬にかけての低温によって発生した障害型冷害について、主として'76年に実施していた試験圃場の稲を対象に障害不稔発生程度等を調査した。結果は次のとおりである。

1. 6月29日から7月8日まで最低気温17℃以下の日が連続10日間続いた。とくに7月第1半旬は最低、平均気温の平均が10.8℃、15.9℃と極めて低温であった。

2. 出穂の遅延程度は、減数分裂期前後に低温に遭遇した場合は大きく、幼穂形成初期のものでは小さかった。

7月24日までに出穂期となった品種は障害不稔が発生し、不稔籾歩合は10%以上となった。なおこれらの品種では屑籾の発生が少なかった。また7月18日までに出穂期となった品種は玄米収量が30kg/a前後と少なく、前年より20kg/a程度の減収となった。

3. '76年の品種試験のなかでは、北陸101号、トドロキワセが障害型冷害に強く、中部18号、東北123号が遅延型冷害には弱いと判断された。また、最低気温が17℃前後で日平均気温が20℃以上の場合（7月6日～7月10日）、障害型冷害に強い品種は不稔籾の発生が少なく、弱い品種では多いことが認められた。

4. 基肥の窒素過用は障害不稔の発生を多くすることを認めた。

5. 出穂が同時期であっても、植付時期が早い場合に不稔の発生程度が大となるので、障害型冷害の不稔発生を調査する場合には、品種、出穂期と同時に、植付時期を検討する必要がある。

6. 同一品種では、低温を受けた生育ステージによって被害は異なり、葉耳間長がプラス3～4cmでは不稔籾の発生はやや少なく、屑籾の発生が多くなったが、葉耳間長がプラス・マイナス0、マイナスでは不稔籾の発生が多かった。

7. 障害不稔籾歩合が70～80%の場合、出穂後できるだけ早い時期に高刈すれば、再生稲の収量がもとの収量を上廻る可能性がある。しかし、障害不稔を確認できる時期は一般には出穂後2週間位であり、この時期の青刈では遅すぎるので、再生稲利用による事後対策は困難である。

8. 不稔籾歩合からみて県内の地域による温度差の影響による被害の差は少ないとみられ、早生品種が多く、しかも植付時期の早い夷隅・長生・海匠・香取・山武お

よび気候が温暖で生育の進みが早い安房地区で障害型冷害の被害が大きかった。

#### 引用文献

1. 千葉県農林部：水稻の低温障害の実態（1975）。
2. 銚子地方気象台：千葉県気象災害史、198—201、日本気象協会銚子支部（1969）。
3. 橋爪 厚・武市義雄・山岸 淳：再生稲に関する研究。第1報 二、三の処理が出穂分げつ発生に及ぼす影響。日作紀（講要） 34(4), 504—505(1966)。
4. ————：再生稲に関する研究、第2報 再生量に及ぼす施肥条件ならびに化学物質の影響。日作紀（講要） 36(2), 284 (1967)。
5. HAYASE, H, T. SATAKE, I. NISHIYAMA and N. ITO : Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilizing ability of pistils. Proc. Crop Sci. Soc. Jap., 38(4), 706—711 (1969)。
6. 早瀬広司：イネ障害型冷害危険期の簡易推定法。農及園 51(5), 641—645 (1976)。
7. ITO, N., H. HAYASE, T. SATAKE and I. NISHIYAMA : Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. III. Male abnormalities at anthesis. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 39(1), 60—64 (1970)。
8. ———— : Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. XV. Effect of moderate cooling before or after the critical stage on the sterility induced by cooling at the critical stage. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 45(4), 558—562 (1976)。
9. 松島省三：稲作の理論と技術。第1版、87—90、養賢堂、東京（1959）。
10. 西山岩男：小孢子初期における葉耳間長の日変化。日作紀 46(2), 317—318 (1977)。
11. 佐々木一男・和田 定：イネの冷害不稔発生に及ぼす窒素、燐酸および加里の影響。日作紀 44(3), 250—254 (1975)。
12. SATAKE, T. and H. HAYASE : Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V. Estimations of pollen developmental stage and the most

- sensitive stage to coolness. Proc. Crop Sic. Soc. Jap. **39**(4), 468—473 (1970).
13. ———— : Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. X. A secondary sensitive stage at the beginning of meiosis., Proc. Crop Sci. Soc. Jap. **43**(1), 36—39 (1974).
14. 佐竹徹夫：障害型冷害におけるイネの雄性不稔〔1〕。農及園 **46**(11), 1534—1538(1971).
15. ———— : 障害型冷害におけるイネの雄性不稔〔2〕。農及園 **46**(12), 1675—1680 (1971).
16. ———— : 障害型冷害におけるイネの雄性不稔〔3〕。農及園 **47**(2), 285—290 (1972).
17. ———— : イネの障害型冷害①。農業技術 **29**(7), 293—297 (1974).
18. ———— : イネの障害型冷害②。農業技術 **29**(8), 352—355 (1974).
19. ———— : イネ障害型冷害における不稔の機構。植物の化学調節 **12**(1), 29—39 (1977).
20. 武市義雄：千葉県の水稲作柄に影響を及ぼした要因。昭和51年度稲作検討会の概要，農林省，179—194 (1977).

## Investigations on the Cool-Summer-Damage due to Floral Impotency in Paddy Rice Plants

### I. The cool-summer-damage in 1976

Yoshio TAKEICHI and Tomio WATANABE

#### Summary

In connection with the cool-summer-damage due to floral impotency caused by the low temperature ranging from the end of June to the early July in 1976, we mainly investigated about the sterility of the paddy rice plants in the field experiments. The results were summarized as follows:

1. During the period from the 29th of June to the 8th of July in 1976, the daily minimum temperature below 17°C continued for 10 days. Especially, during the period from 1st to the 5th of July, the average of the daily minimum temperature and that of the daily mean temperature were 10.8°C and 15.9°C respectively.

2. When the temperature was low at about the meiosis stage, the heading was delayed greatly, but on the early days at the panicle-formation stage it was delayed slightly. In the rice varieties of which heading dates fell on the days up to the 24th of July, the sterility due to the cool-summer-damage was observed. And then the sterility ratio amounted to 10 % or more. In the rice varieties which came into ears not later than the 18th of July, the husked rice yield was about 30 kg/a, showing the decrease by about 20 kg/a, as compared with that in the previous crop year.

3. Basing upon the variety tests in 1976, it was judged that Hokuriku No. 101 and Todorokiwase varieties were resistant to the cool-summer-damage, but Chubu No. 18 and Tohoku No. 123 were susceptible to the cool-summer-damage which led to the delayed growth. When the daily minimum temperature was about 17°C and the daily mean temperature was higher than 20°C (from the 6th to the 10th of July), the sterility ratio was lower in the resistant varieties, but in the susceptible varieties, it was higher.

4. It was noticed that the sterile paddies were more produced by the heavy nitrogen application as the basal dressing.

5. Even in the case of the varieties of which heading dates were the same, when the planting time was earlier, the sterile paddies were found more often. As a result, when we investigate the occurrence of sterile paddies due to the cool-summer-damage, we should attend to the trans-planting dates as well as rice varieties and heading dates.

6. In the same rice variety, the cool-summer-damage rate was changed according to the difference of growth stage exposed to the low temperature. When the distance between the last two auricles (auricle distances) were 3 to 4 cm, the sterile paddies were not produced so much, but the broken paddies were produced much. When auricle distances were -1 to -10 cm, the sterile paddies were produced much more.

7. When the rate of sterile paddies amounted from 70 to 80 %, if the rice plants were cut as high as possible from the surface of ground immediately after heading, there was very fair possibility of producing more yield from the regrown rice plants than that from the rice plants before cutting. As the time when the sterility can be confirmed is confined generally to the two weeks after heading, the harvest of the soiling at that time is too late. As a result, it is hard to take ex post facto countermeasures by means of the regrown rice plants.

8. Judging from the sterility ratio, it was observed that the difference of temperatures was not so great at each areas in Chiba prefecture. In the areas such as Isumi, Chōsei, Kaisō, Katori and Sanbu where early rice varieties were grown mostly and the planting date was earlier, and in such area as Awa where the rice plants grew rapidly owing to the warm climate the cool-summer-damage was greater than that in the other areas.