

## 1988年にみられた低温による水稻の不稔籾発生の様相

—出穂日と穂上位置の違いに着目して—

黒田 栄喜・本庄 一雄・平野 貢

(岩手大学農学部)

平成2年4月26日受理

**要 旨**：1988年7月中～下旬の穂ばらみ期における異常低温により著しい不稔籾が発生したので、出穂日の相違に着目し、不稔籾の発生状況および穂の部位による稔実歩合の違いを検討した。

まず、水稻個体群における主茎と分げつの出穂日の相違とその品種間差異について検討した。ひと株全茎の出穂開始から完了までに要する日数には、比較的大きな品種間差異があった。同一個体の主茎と各1次分げつの出穂日を比較すると、(1) 主茎に比べ中位の分げつの出穂が早く、下位の分げつの出穂が遅れる品種、(2) 主茎と中位の分げつの出穂がほぼ同じで、下位の分げつの出穂が若干遅れる品種、(3) 主茎にくらべてすべての1次分げつの出穂が遅れ、とくに下位および上位の分げつの出穂がかなり遅れる品種の3グループに大別された。

品種、株内の茎に着目してもわずかな出穂日の違いによって稔実歩合は明らかに異なった。出穂日が同じでも個々の茎の稔実歩合にはかなり大きな変異がみられたが、主茎と1次分げつの稔実歩合には、明瞭な相違は認め難かった。また、一本の穂についてみると、稔実歩合は、先端部が最も低く、中央部、基部の順に高い場合と穂の各部位間で明瞭な相違がみられない場合とがあったが、各部位の稔実歩合には、主茎と1次分げつとの間で明瞭な違いはみられなかった。これらのことから、圃場における穂の部位による不稔籾発生の相違には、低温に遭遇した時の幼穂あるいは幼穂の各部位に着生する穎花の発育段階の違いに加えて、穂上位置の異なる穎花の低温感受性の相違も密接に関連していることが推察された。

**キーワード**：主茎、出穂日、水稻、低温感受性、不稔、分げつ、穂上位置。

**Sterile Spikelets of Rice Plants Induced by Low Temperature in 1988** —Difference in heading date among stems and spikelet locations on the panicle— : Eiki KURODA, Kazuo HONJYO and Mitsugu HIRANO (Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020, Japan)

**Abstract** : A large number of sterile spikelets were induced by low-temperature at the booting stage of rice plants during the middle to the end of July in 1988. The authors investigated various aspects of occurrence of sterile spikelets and the difference in fertility percentage of spikelets at different sites on the panicle with reference to the difference in heading date among tillers.

The difference in heading date between the main stem and the tillers and varietal differences of them were studied by investigating whole stems of planted hills in paddy fields. There was a large varietal difference in the heading date among whole stems on a hill. The difference in heading date between the main stem and each primary tiller in the individual rice plants was divided into the 3 classes. (1) The tillers originating from 4th to 6th main stem nodes (middle tillers) headed earlier than the main stem, and the heading in tillers originating from 2nd and 3rd main stem nodes (lower tillers) delayed; (2) The heading in the main stem and middle tillers was almost the same, and lower tillers headed later; (3) The whole primary tillers headed later than the main stem, and the heading in the lower and upper tillers significantly delayed.

The fertility percentage significantly varied according to slight differences in heading date, and the individual stems at the same heading date showed great variation in fertility percentage. However, an obvious difference in fertility between the spikelets on the main stems and the tillers was not observed. There were 2 types of spikelet fertility pattern; i. e. 1) the spikelets located on the upper part of panicle showed the lowest fertility and fertility increased forward the down part of the panicle and 2) little variation in fertility was found according to the spikelet locations on the panicle. Furthermore, fertility percentage of spikelets at each location on the panicle was almost equivalent between the main stems and the tillers. From the above results, we concluded that the difference in fertility due to different locations on the panicle was influenced by the difference in the developmental stage of spikelets at different locations on the panicle and that it was closely correlated with the difference in susceptibility to low temperature among spikelets on the panicle.

**Key words** : Heading date, Main stem, Rice plants, Spikelet locations on the panicle, Sterility, Susceptibility to low temperature, Tiller.

1988年は7月中～下旬にかけて異常な低温となり、岩手県では水稻生産は、作況指数 85、10 a 当

り収量 435 kg と著しい不作であった。

著者らの研究室において、極早生から中生までの

品種を圃場で栽培し、主茎と分げつ間の生育の相違を品種間で比較する実験をしていたところ、減数分裂期が異常低温の時期と一致した品種に著しい不稔籾の発生が認められた。そこで、出穂日の違いに着目し、株を構成する各茎の不稔籾の発生状況および穂の部位による稔実歩合の違いを調査した。その結果、1) 主茎と分げつの出穂日の相違は品種によって異なるが、出穂日が同じであれば主茎と分げつの不稔籾の発生には相違がないこと; 2) すでに1956年以降の多くの冷害年において報告されているように、不稔の発生は、低温に遭遇したときに低温感受性の高い発育段階にあったかどうかによって決まる<sup>4,18,19)</sup>が、穂の先端部に比べ中央部と基部に着生する穎花の低温感受性が小さい傾向のあること<sup>12-14)</sup>を認めたので、ここに報告する。

### 材料と方法

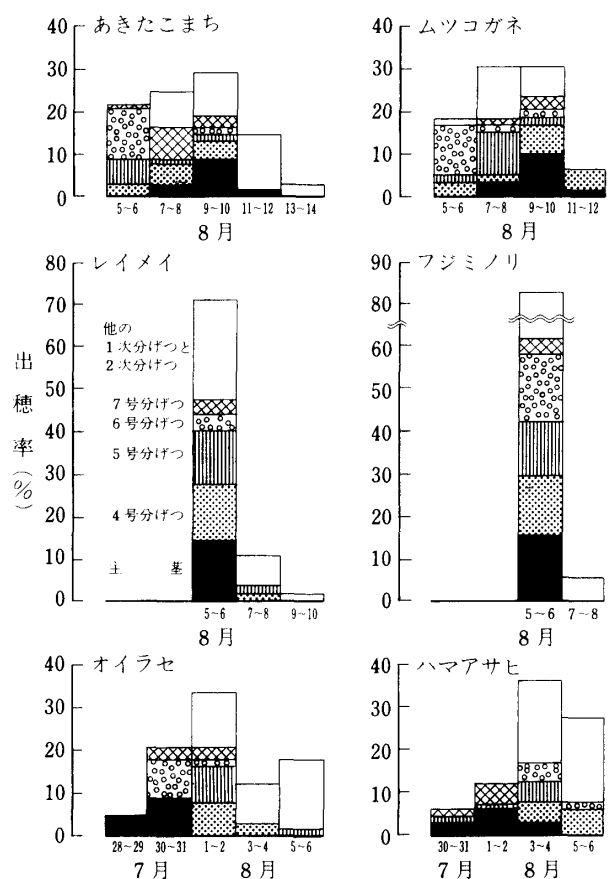
供試水稻は、第1表に示した極早生から中生の12品種で、岩手大学農学部構内の水田に栽培した。5月11日に、葉齢4.2~4.6の苗を畦間30 cm、株間15 cm、1株3本植の栽植密度で移植し、施肥は、化成肥料のかたちでN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oを各6.5、10.0、6.5 kg/10 a 基肥として施用した。その他の管理は慣行に従って行った。7月中~下旬の異常低温の影響を除けば、生育は比較的順調であった。

各品種とも7~8葉抽出期に生育中庸な4~8株(12~24個体)を選び、生育調査の過程で株を構成する各個体の主茎および4号、6号の各分げつを識別できるようにした。また、出穂日を知るために、止葉葉鞘から穂の先端が抽出した日を記した札を各茎に取り付けた。なお、周囲の株の生育と比較しても、この様な取り扱いをした影響は認められなかった。

収穫期に採取した各株はそれを構成する3個体に分離し、ほとんど全ての茎の穂について、各枝梗別の稔実籾・不稔籾の着生状況を調査し、以下の検討に用いた。なお、稔実籾・不稔籾の判断は、触指により行い、米粒の発達が認められないものを不稔籾として扱った。最高・最低気温は、盛岡地方気象台発表の気象月報を参考にした。

さらに、主茎と分げつの低温感受性に相違があるかどうかを検討するため、1989年につぎのような実験をした。水稻品種あきたこまち、アキユタカおよびさわみのりを、5月16日、岩手山火山灰土壌を充填した1/5,000 a ワグネルポットに葉齢

3.6~4.0の苗を1ポット2株、1株3本植えとし、実験終了まで湛水状態で生育させた。肥料は基肥として、ポット当りN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oを各0.7、2.45、0.7 g 施し、その後、追肥として、6月24日に化成肥料(14-14-14)をポット当り各2 g、さらに、8月15日に硫酸をポット当り各1 g 施用した。各株の個体ごとの主茎と分げつを特定するために、5号と6号分げつに色の異なる糸の輪を取り付けた。各品種とも生育のすすんだ茎の葉耳間長が-2~+2 cmに達した日の午前10時に、各品種3ポットづつ自然光ファイトロン(昼夜温17/13°C)に搬入し7日間低温処理を行った。その後、野外におき、前年と同様に出穂日を記した札を各茎に取り付け、収穫期まで自然条件下(8月上旬から9月中旬の旬別平均気温は25.5~19.5°Cで、平年より約1~2°C高かった)で生育させた。



第1図 各品種の出穂日別にみた主茎と各分げつの出穂率の頻度分布。

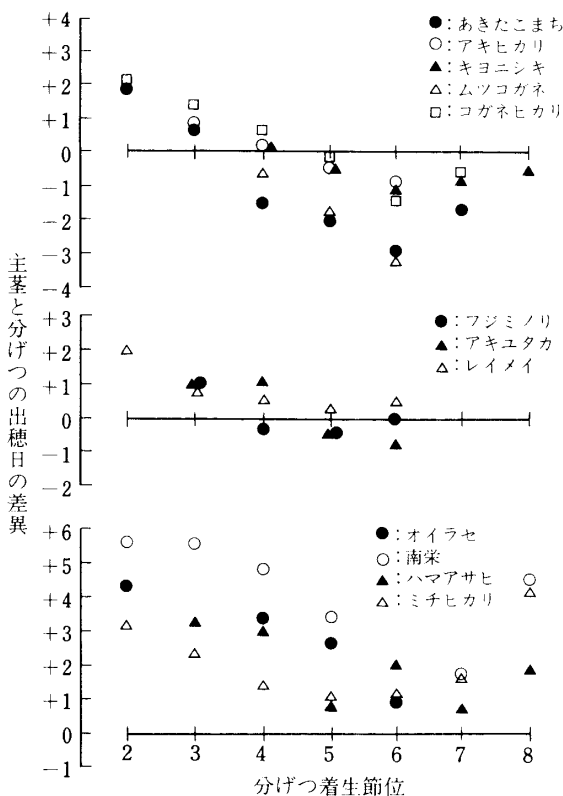
調査個体数は9個体。出穂日不明の茎の比率は、各品種10~15% (1株当り2~3本) 程度であった。

## 結果と考察

## 1. 主茎と分げつの出穂日の相違

(1) 主茎と分げつの出穂率<sup>(注1)</sup> 分布

水稻個体群内の株を構成する全茎の出穂状況を把握するために、主茎および分げつの出穂率を2日間ごとにまとめてみると(第1図)、いずれの品種においても出穂率は、ほぼ正規分布に近いかたちを示した。しかし、出穂開始から完了までに要する日数には品種間差異があり、フジミノリ、レイメイのように比較的短い品種と、オイラセ、あきたこまちのように長い品種とがあった。各出穂日別の主茎と分げつの出穂率を比較すると、主茎に比べ分げつの出



第2図 各品種における同一個体を構成する主茎と分げつの出穂日の差異。

- 1) 調査個体数は9~18個体、個々の点は、主茎および各分げつとも6本以上の茎の平均値。なお、主茎の間、同一節位の分げつ間のそれぞれの出穂日の差は、1~2日程度であった。
- 2) 縦軸の-は主茎に比べ分げつが出穂日早いことを、また、+は遅いことを表す。

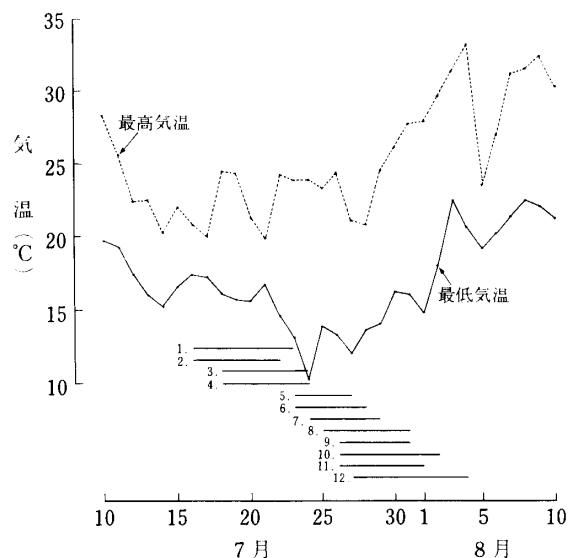
注1) 各品種ごとにある特定の日に出穂した茎数を調査した全茎数で割った値を出穂率とし、これを主茎と分げつに分けて求めた値を、それぞれ主茎、分げつの出穂率とした。

穂日が早い品種 (A: あきたこまち, ムツコガネ), 主茎と分げつが出穂日がほぼ同じ品種 (B: フジミノリ, レイメイ), 主茎に比べ分げつが出穂日が遅い品種 (C: オイラセ, ハマアサヒ) の3つの品種群に別けられた。この結果は、主稈と分げつの間や分げつ相互間の出穂日には違いがあり、この違いによって日本稲品種はいくつかのタイプに分類できるという松崎ら<sup>9,11)</sup>の報告と一致する。

## (2) 同一個体の主茎と1次分げつの出穂日の差異

供試した12品種の調査結果をもとに、同一個体の主茎と分げつが出穂日の差を第2図に示した。なお、分げつについては、同一節位の分げつごとに主茎と分げつが出穂日の差を平均した。すべての品種で、一般に中位の分げつが出穂日早く、上位および下位の分げつが出穂が遅れる傾向があった。さらに、主茎と分げつが出穂日を比較すると、1) 主茎に比べ中位の分げつが早く、下位の分げつが遅れる品種、2) 主茎と中位の分げつがほぼ同じで、下位の分げつが若干遅れる品種、3) 主茎にくらべてすべての分げつが遅れ、とくに下位および上位の分げつが遅れる品種の3つの品種群に分類できた。

株内分げつ間の出穂日の相対的關係は、栽培条件あるいは年次が異なっても変わらないとされている<sup>10)</sup>ので、1988年は7月中旬~下旬にかけて異常な低温であったが、以上述べた主茎と各分げつが出穂日の関係の分げつ節位による相違や品種間差異は比



第3図 1988年7月中旬以降8月上旬までの最高、最低気温の推移と供試各品種の推定減数分裂期。

- 1) 図中の数字は、第1表に示す品種番号を表す。
- 2) 推定減数分裂期は、各品種の生育調査および出穂の開始と終了日の資料をもとに推定した。
- 3) 盛岡地方気象台発表の気象月報から引用。

第1表 供試品種における出穂時期, 平均稔実歩合および耐冷性程度.

品種	調査 株数	穂数 本/株	1日の出穂率* 10%以上の期間 月 日	平均出 穂日 月 日	平均稔 実歩合 %	耐冷性** 程度
1. オイラセ	3	22.3	7/30~8/5	8/1.6	58.6	III
2. 南 栄	3	25.0	8/3~8/5	8/2.8	17.6	—
3. ハマアサヒ	3	23.0	8/3~8/5	8/3.2	13.6	IV
4. ミチヒカリ	3	25.3	8/2~8/5	8/3.7	14.7	—
5. フジミノリ	3	18.3	8/5~8/6	8/5.3	7.3	V
6. レイメイ	3	18.3	8/5~8/6	8/5.5	8.0	V
7. アキヒカリ	3	18.0	8/5~8/9	8/6.3	10.0	VI
8. ムツコガネ	3	19.7	8/6~8/9	8/8.0	36.0	III
9. キヨニシキ	3	20.7	8/6~8/9	8/8.1	22.1	VI
10. あきたこまち	3	23.0	8/6~8/11	8/8.5	32.3	V
11. アキユタカ	3	19.0	8/6~8/10	8/8.5	14.8	V
12. コガネヒカリ	6	25.2	8/8~8/12	8/12.0	63.8	V

\* : 1日の出穂率 (%) = 各出穂日の出穂数 / 全穂数 × 100.

\*\* : 松永・佐々木 (1985) による耐冷性分級<sup>7)</sup>.

較的安定して認められるものと考えられる。

## 2. 穂ばらみ期の低温による稔実歩合の低下

7月中旬から8月中旬の最高気温と最低気温の推移および供試各品種の生育調査と各茎の出穂日とから推定した減数分裂期を第3図に示した。最高気温は、7月14、16~17、21および28日の5日間を除き21°C以上であったが、最低気温は、7月16、17日の両日を除き7月13日から8月1日まで17°C以下で、とくに、23~29日の7日間は連続して14°C以下、中でも24日は10.3°Cと著しく低温であった。第3図からわかるように、12品種すべて推定減数分裂期全期間の最低気温はほぼ16°C以下であった。品種別にみると、8月5~6日に収穫したフジミノリ、レイメイおよびアキヒカリの推定減数分裂期のほとんどの期間の最低気温は14°C以下で、これらの品種の稔実歩合が最も低かった。これに対して、8月5~6日以前に収穫した4つの品種では、穂の先端から基部に着生している穎花の推定減数分裂期間の最低気温は10.3~17°Cであった。また、残りの5品種では、穂の先端部の穎花の推定減数分裂期間の最低気温は12~14°Cの低温下であったが、中央部あるいは基部の穎花のうち推定減数分裂期間が14°C以下の低温であったのは比較的わずかであった。

### (1) 平均稔実歩合の品種間差異

第1表は、調査した12品種について、1日の出穂率10%以上の期間、平均出穂日および1株の平均稔実歩合をまとめたものである。平均出穂日には

オイラセの8月1.6日からコガネヒカリの8月12.0日まで品種の早晚によって約10日の相違があったが、1日の出穂率が10%以上の期間には、品種の早晚によってその違いに一定の傾向はなかった。平均稔実歩合は、平均出穂日が8月5.3と5.5日のフジミノリとレイメイが10%以下と最も低く、出穂日が8月5日から前後に離れるにつれて高くなる傾向があった。このことは、従来の結果<sup>2,3,5,17,18)</sup>から、8月5日頃収穫した穂の最高感受性期<sup>(注2)</sup>が、最低気温が最も低かった7月24~27日であったと考えられる。

8月5日以降でほぼ同じ平均出穂日の品種を比較すると(第1表)、耐冷性程度Vのアキユタカの平均稔実歩合がVIのキヨニシキよりかなり低かったことを除けば、平均稔実歩合はムツコガネ、あきたこまち、キヨニシキの順に低く、耐冷性程度の大小関係と一致していた。しかし、出穂日がわずかに異なっても、たとえば平均出穂日が8月6日の耐冷性程度VIのアキヒカリの平均稔実歩合は、8月5日の耐冷性程度Vのフジミノリとレイメイにくらべわずかに高くなった。さらに、出穂日10%以上となる日が8月6日と同じムツコガネとあきたこまち

注2) 低温感受性の最も高い時期は減数分裂期とされてきた<sup>2,3,5,17,18)</sup>が、厳密な意味での最高感受性期は小孢子初期(4分子期と小孢子前期を含む時期)である<sup>15)</sup>。本論文では1穂全体の不稔粉発生の状況を対象とし、従来の現地調査の結果と比較する上から、最高感受性期を減数分裂期とした。

とでは、耐冷性程度がかなり異なったが、平均稔歩合の相違は比較的小さかった。これは耐冷性程度の小さいあきたこまちの出穂率10%以上を示す最後の日がムツコガネよりも2日間遅く、低温の影響を受けることが少なかったことと関係している。このように、1988年にみられた平均稔歩合の品種間差異は、出穂日、出穂期間の違いを考慮すれば、松永らの耐冷性程度の分級結果<sup>7)</sup>と比較的よく一致した。

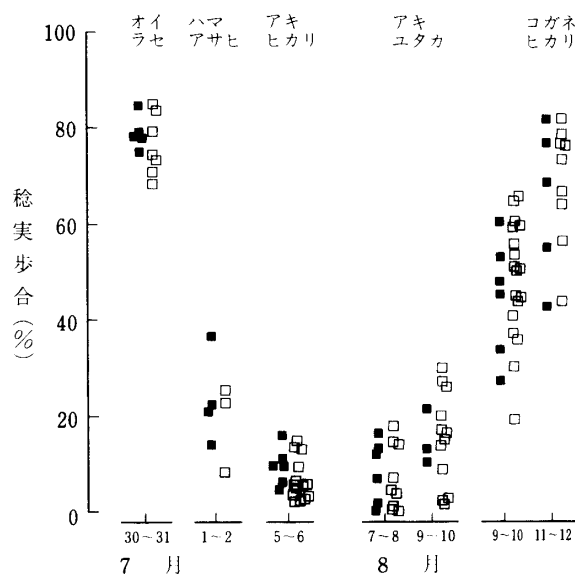
以上の結果から、穂ばらみ期の低温による稔歩合の低下程度は、品種固有の耐冷性程度の強弱に依

って、株を構成している各茎の平均出穂日、出穂期間の違いによって大きく影響を受けることが確認できた。とくに、品種の出穂期間の長いことは、登熟の不揃いなど栽培管理上問題があるとされているが、1988年のように異常低温が短期間の場合には、各茎の出穂期が異なることによって、危険分散を通じて株の稔歩合の低下を防ぐことにつながることを示唆された。

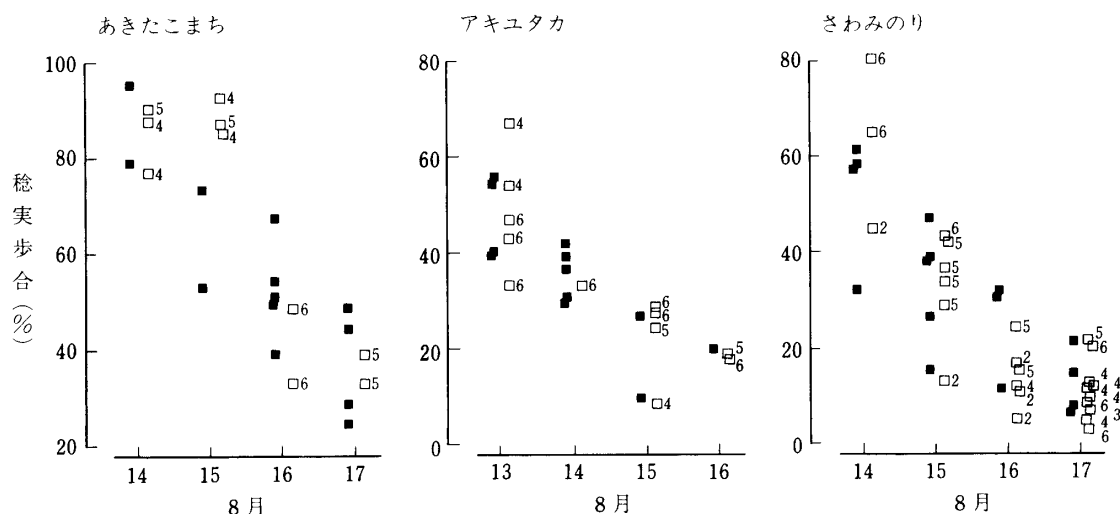
## (2) 同一出穂日における主茎と1次分げつの稔歩合の比較

各個体の主茎と分げつの不稔歩合を比較するために、品種ごとにもっとも多く穂が出た2日間に、出穂した主茎と分げつの稔歩合を第4図に示した。出穂日が同じでも個々の茎の稔歩合にはかなりのばらつきがあったが、いずれの品種においても、主茎と分げつの稔歩合のばらつきの間には明瞭な違いはなく、主茎と分げつの中で低温感受性に相違のないことが推定された。この推定を確かめるため、ファイトトロンで低温処理を行った品種について、出穂日が同じ主茎と分げつの稔歩合を比較したのが第5図である。3品種とも、出穂日が遅れるに従って稔歩合は著しく低下しているが、4日間を通してみると、主茎と分げつの稔歩合は、ほぼ同じ範囲で変化しており、主茎と分げつの間および発生節位の異なる分げつの中で稔歩合の違いは認められなかった。

以上の結果から、出穂日が同じでも個々の茎の稔歩合にはかなり大きな違いがみられるが、生理的にやや異なることが示唆されている<sup>6)</sup>。主茎と分げつとの間で、主茎または分げつの稔歩合がとくに



第4図 出穂日が同じ主茎（黒四角）と分げつ（白四角）の稔歩合の比較。  
個々の点は、1次枝梗9本以上をもつ穂の稔歩合を表す。



第5図 出穂日が同じ主茎（黒四角）と分げつ（白四角）の稔歩合の比較（低温処理実験）。  
1次枝梗9本以上の穂について調査し、図中の数字は、分げつの着生節位を表す。

高いあるいは低いということではなく、低温に対する感受性に主茎と分げつの間で明瞭な相違のないことがわかった。

### (3) 穂上位置の違いによる稔実歩合の比較

多くの冷害年における不稔籾（不受精籾）発生の実態調査の結果から、減数分裂期の低温による不稔籾の発生は、一般に先端部に多く基部に少ない傾向のあることが報告されている<sup>1,4,16,18,19)</sup>。

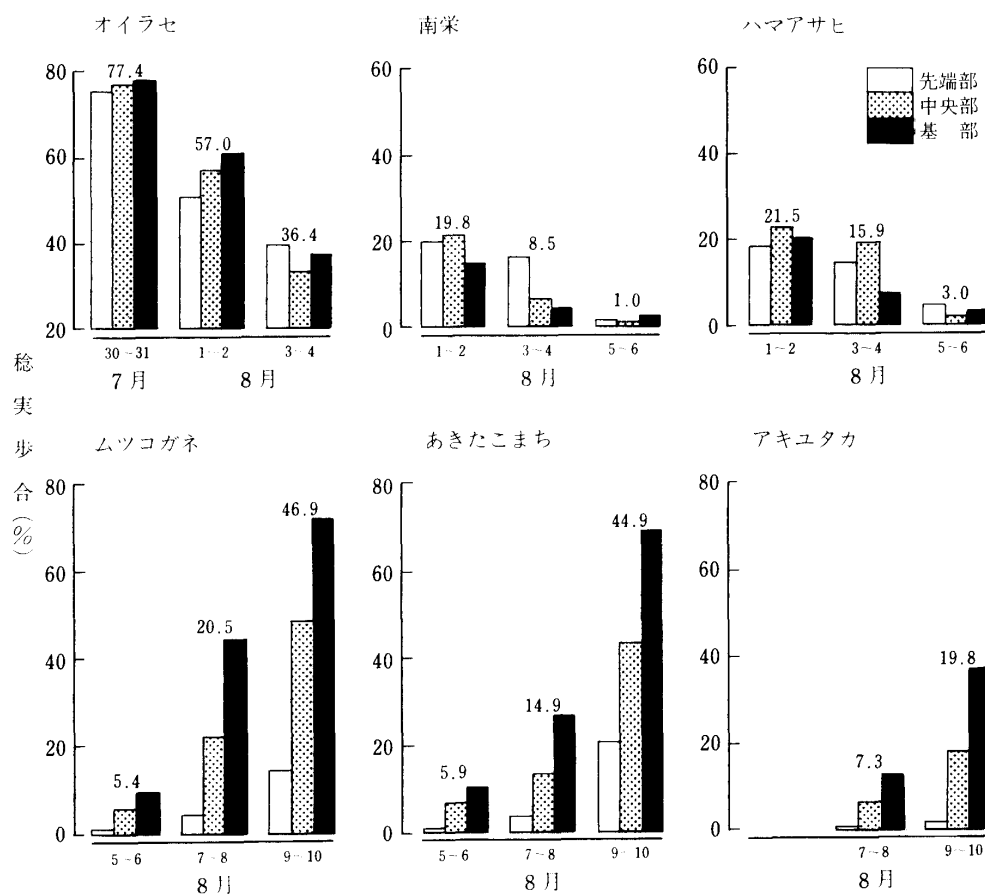
穂上位置の違いによる稔実歩合の相違を検討するために、穂を先端、中央および基部の3つに分け、各出穂日ごとに部位別の平均稔実歩合を示したのが第6図である。稔実歩合が最も低かった8月5～6日より後に穂出したムツコガネ、あきたこまち、アキユタカでは出穂日が異なっても、先端部の稔実歩合が最も低く、中央部、基部の順に明瞭に高くなった。これに対して、8月5～6日より以前に穂出したオイラセ、南栄、ハマアサヒでは、前述のような穂上位置の違いによる稔実歩合の相違はほとんどなく、同一出穂日では先端部、中央部、基部の稔実歩合はほぼ等しかった。

すでに述べたように、7月23～29日の最低気温は14℃以下、とくに24日は10.3℃で、この時期

第2表 同じ日に出穂した同一個体の主茎と分げつにおける穂上位置別稔実歩合の比較

品種	穂上位置	主 茎		分 げ っ*		有意差の検定
		%		%		
オイラセ (7/30,31)	先	76.2± 5.9	80.1± 6.3			ns
	中	79.4± 6.3	77.2±10.0			ns
	基	78.9± 6.4	74.3±13.9			ns
コガネヒカリ (8/7,8)	先	4.4± 5.1	10.2± 8.1			ns
	中	30.1±10.6	39.3±18.1			ns
	基	54.0± 5.3	53.6±24.3			ns
コガネヒカリ (8/9,10)	先	13.6±15.7	16.8±12.5			ns
	中	45.3±18.2	47.7±18.7			ns
	基	66.1±15.7	69.6±18.0			ns

- 1) 稔実歩合は、1次枝梗9本以上をもつ穂4本(コガネヒカリの分げつは5本)の部位別平均値(±標準偏差)。
- 2) 品種名の下( )は当該茎の出穂日。
- 3) \*, 5号および6号分げつ。



第6図 各出穂日における穂の先端部、中央部、基部における稔実歩合の比較。

- 1) 図中の数字は、穂全体の平均稔実歩合を表す。
- 2) 1次枝梗9本以上をもつ穂6本以上を用いた。

に減数分裂期であった穎花で最も不稔が多く、減数分裂期がこの時期から離れるほど不稔が少なくなることが予想される。穂の先端部に比べ中央部および基部の穎花における減数分裂期は、それぞれ2~3日および3~4日程度遅れることが知られている<sup>8)</sup>。これを参考にすれば、8月5~6日以降に出穂した穂では、先端部の穎花ほど減数分裂期が上述した最低気温時期に近く、稔実歩合が低く、中央部および基部の穎花はこの時期から離れ稔実歩合が高くなることが予想され、第6図ではそのようになっていた。一方、8月5~6日以前に出穂した穂では先端部の穎花ほど最低気温時期から離れるので稔実歩合が高く、中央部あるいは基部の穎花ほどこの時期に近いので稔実歩合が低くなることが予想されるが、すでに述べたように第6図では、部位による相違はほとんど認められなかった。すなわち、8月5~6日以前に出穂した穂では、先端部より基部の穎花の方が低温の影響を強く受けたと思われるが、穂上位置別の稔実歩合に大きな相違がみられず、先端部に比べて基部の穎花の方が低温感受性が小さい傾向のあることが認められた。この結果は、すでに西山らにより指摘されているように、穂の上部の穎花は下部の穎花に比べて花粉数が少なく<sup>12,13)</sup>、低温処理による花粉数の減少率が高いこと<sup>14)</sup>によって穂の上部の穎花が下部の穎花より低温感受性が大きいという結果でよく説明できる。

最後に、主茎と分けつの中で穂の部位による不稔粉の発生に相違があるかを比較するために、同じ日に出穂した同一個体の主茎と分けつの穂上位置別の稔実歩合を第2表に示した。コガネヒカリは主茎および分けつとも各部位における稔実歩合に相違がみられたが、各部位の稔実歩合にはいずれの場合にも主茎と分けつとの間で有意な違いは認められず、穂上位置の違いによる低温感受性には主茎と分けつとの間で相違はないものと考えられた。

**謝辞：**本試験を行うにあたり、本学学生佐藤和也君（現在福島県庁職員）および照井富也君（現在岩手県庁職員）に協力戴いた。ここに記して、謝意を表する。

## 引用文献

1. 福井 正・東 豊・東 文吾 1968. 水稻障害不稔にともなう傷粉について. 日作東北支部報 10: 13—14.
2. 福家 豊・近藤頼巳 1939. 水稻の冷害現象に関する実験的研究 (第1報). 寡照低温による生育障害, 特
- に稔実粉数の減少機構に就いて [1], [2]. 農及園 14: 2049—2060, 2261—2269.
3. Hayase, H., T. Satake, I. Nishiyama and N. Ito 1969. 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. Japan 38: 706—711.
4. 東 豊・福井 正・東 文吾 1965. 水稻障害不稔の様相と減収率. 農業技術 20: 430—433.
5. 柿崎洋一・木戸三夫 1938. 水稻の穂の生育過程上低温による稔実障礙を来し易き時期. 農及園 13: 59—62.
6. 黒田栄喜・大川泰一郎・石原 邦 1989. 水稻の株を構成している各茎に着生する葉身の光合成速度の相違 第1報 主茎と1次分げつ茎の同伸葉の葉身の比較. 日作紀 58 (別 1): 116—117.
7. 松永和久・佐々木武彦 1985. 寒冷地域におけるイネ品種系統の耐冷性. 日作東北支部報 28: 53—56.
8. 松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5: 1—271.
9. 松崎昭夫・中元朋実・町田寛康 1987. 稲分蘖の葉数と出穂日の関係. 日作関東支部報 2: 23—24.
10. ————・————— 1989. 水稻分蘖の葉数と出穂日. 2. 栽培条件による出穂日の変動. 日作紀 58 (別 1): 28—29.
11. ————・————— 1989. ————. 3. 出穂パターンの分類. 日作紀 58 (別 2): 15—16.
12. Nishiyama, I. and T. Satake 1979. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. X IX. The difference in susceptibility to coolness among spikelets on a panicle. Japan. Jour. Crop Sci. 48: 181—186.
13. ———— 1982. ————. XXIII. Anther length, pollen number and the difference in susceptibility to coolness among spikelets on the panicle. Japan. Jour. Crop Sci. 51: 462—469.
14. ———— 1983. ————. XXVI. The number of ripened pollen grains and the difference in susceptibility to coolness among spikelets on the panicle. Japan. Jour. Crop Sci. 52: 307—313.
15. Satake, T. and H. Hayase 1970. ————. V. Estimation of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 39: 468—473.
16. 谷藤雄二・吉田富雄 1966. 水稻障害型不稔が粒重に及ぼす影響. 日作東北支部報 8: 9—10.
17. 寺尾 博・大谷義雄・白木 實・山崎正枝 1940. 水稻冷害の生理學的研究 (豫報). (II) 幼穂發育上の各期に於ける低温障害. 日作紀 12: 177—195.
18. 鳥山国土・和田純二・蓬原雄三 1958. 水稻早植栽培に伴う障害型冷害とその対策. —昭和 32 年の青森県における事例—. 農及園 33: 1043—1047.
19. 角田公正・和田純二・佐藤亮一 1965. 水稻冷害の實際的研究. 第21報 障害型不稔粉の穂上分布について. 日作紀 34: 44—46.