

## 登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響

長田健二<sup>\*,1)</sup>・滝田正<sup>1)</sup>・吉永悟志<sup>1)</sup>・寺島一男<sup>2)</sup>・福田あかり<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 農業・生物系特定産業技術研究機構・<sup>2)</sup> 農林水産技術会議事務局)

**要旨：**胴割れ米発生と登熟期の気象条件との関係を明らかにする目的で、圃場試験およびポット試験を行った。水稻 13 品種を圃場で 5 年間計 6 回栽培し、刈り遅れ条件で収穫時の胴割れ発生を調査した結果、供試したいずれの品種も登熟初期の高温多照条件で胴割れ率が高くなる傾向にあった。特に日最高気温との関連が強く、出穂後 1～10 日ないし 1～5 日の平均日最高気温と胴割れ率との間には、供試した全品種で 5%水準以上の有意な正の相関関係が認められた。また、ポット試験を行った結果、開花後 6～10 日に高温処理を行うと胴割れ発生が著しく増加した。この時期は、最終籾乾物重の約 14～40%を示す穎果発育ステージに相当した。以上より、米粒の胴割れは、登熟初期の高温条件で発生が増加することが明らかになった。

**キーワード：**気温、気象条件、米、水稻、登熟、胴割れ。

米粒の胴割れは玄米の胚乳部に亀裂を生じる現象で、精米時の碎米発生を助長するほか、外観品質や食味にも影響をおよぼすため、米の生産流通場面で問題となっている。近年、このような胴割れ米発生により品質が低下する年次や地域が増加する傾向にあり（高城ら 1980、滝田 1992、木野田ら 2001、日塔 2001、有坂 2002、高橋ら 2002、滝田 2002、中村ら 2003）、米の生産現場においては胴割れ発生防止が緊急な課題になっている。

米粒の胴割れは圃場に立毛中の状態でも発生することが知られており、発生程度の品種間差や生育環境条件による差が報告されている。このうち、品種間差を生じる要因については粒形（田畑・滝沢 1930、伴 1971、滝田 1992）、穂や枝梗の老化（滝田 2002）、胚乳デンプン特性（寺中・原城 1967）等の観点から検討が行われている。一方、生育環境条件については、登熟期や収穫日前後の気象条件との関係が検討されているものの（石倉・升尾 1967、寺中・原城 1967、高松ら 1983）、発生に関与する具体的な生育時期やその要因については十分明らかになっておらず、年次・作期での発生程度の差異を定量的に説明するには至っていない。最近になって高橋ら（2002）は、品種コシヒカリを用いて、登熟後期の日射量とともに出穂後 0～9 日の日射および気温条件と胴割れ発生程度との間に高い正の相関関係が認められることを報告した。しかし、1 品種のみを用いた圃場試験をもとに気象条件との相関関係を解析して得られた結果であり、他の多くの品種での発生動向や、制御された生育環境条件下で実際に胴割れ発生程度に差を生じるかについては不明である。

そこで本研究では、多品種を供試した圃場試験を行うとともに、ポット試験により穎果の発育ステージを揃えた条件での温度処理試験を加えて、米粒の胴割れ発生と登熟期間の気象条件との関係を精査し、胴割れ発生をもたらし生育時期と穎果発育ステージを明確にすることを目的とした。

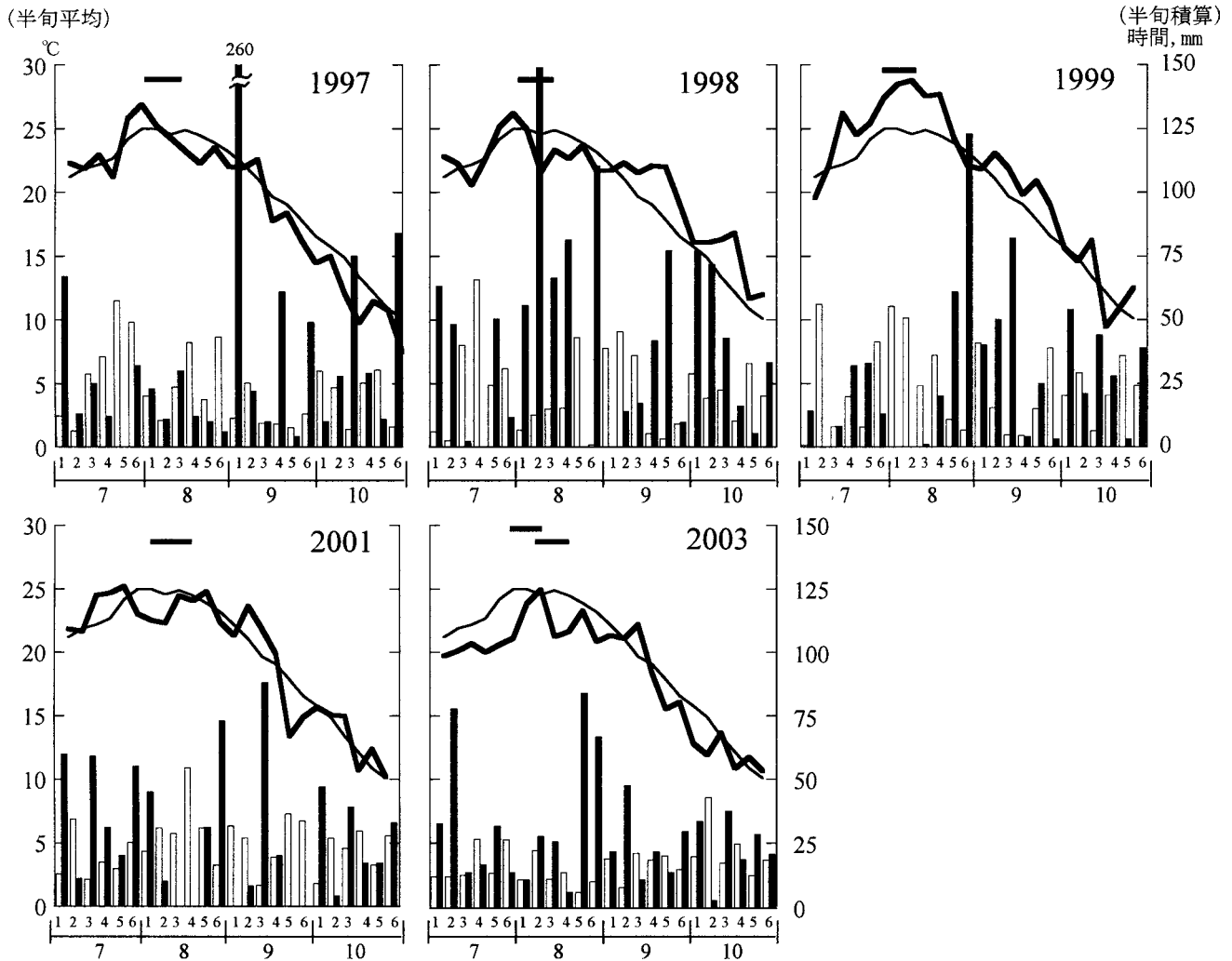
### 材料と方法

#### 1. 圃場試験

東北地域で育成された水稻品種を中心に 13 品種を選定し（第 1 表参照）、東北農業研究センター水田利用部圃場（秋田県大曲市、灰色低地土）において 1997、1998、1999、2001 および 2003 年（2003 年は 2 作期）に栽培した。苗箱播種後約 30 日の苗を 5 月 29 日（1997 年）、5 月 28 日（1998 年）、5 月 21 日（1999 年）、5 月 23 日（2001 年）、5 月 13 日および 6 月 3 日（2003 年）に、栽植密度  $22.2 \text{ 株 m}^{-2}$  ( $0.30 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$ ) で、1 株 3 本（1997、1998、1999 年）ないし 2 本（2001、2003 年）の手植えを行った。施肥は窒素、リン酸、カリをいずれも成分量で 5（2001、2003 年）、6（1997 年）、ないし  $7 \text{ gm}^{-2}$ （1998、1999 年）を、いずれも基肥として施用した。試験区は 1997、1998、1999 および 2001 年は 1 区、2003 年は 3 区を設けた。収穫時期は、1997、1998 および 1999 年は全品種の標準的な収穫時期（出穂後積算気温  $1000^{\circ}\text{C}$  程度）を過ぎた同一日とし、それぞれ 10 月 9 日（1997 年）、10 月 18 日（1998 年）および 10 月 8 日（1999 年）に行った。また、2001 年および 2003 年は出穂後積算気温  $1200^{\circ}\text{C}$  を目安として、各品種ごとに収穫日を設定するとともに、収穫時の穂全体の平均籾含水率を  $105^{\circ}\text{C}$ 、48 時間乾燥により測定した。

収穫後、ガラス室内で自然乾燥させた後、1997、1998 および 1999 年においては計 10 穂を、2001 年および 2003 年には各区につき 5 株から各 4 穂ずつ計 20 穂を無作為に選んで調査に供した。1 穂ごとに手で脱穀・脱ぶ後、玄米胚乳部に僅かでも亀裂を生じている粒数の全粒数に占める割合（以後、「胴割れ率」と表記）を求めた。粒重は粒厚  $1.8 \text{ mm}$  以上の玄米約 100 粒を対象にして計測し、千粒重に換算した。

各試験年次における気象値は、研究センター内に所在するアメダスの観測値を用いた。



第1図 試験年次の7～10月の気象条件。

半旬ごとの値を示す。折れ線（左側縦軸）は平均日平均気温で、太線は当該年次、細線は平年値（1971～2000年）。縦棒線（右側縦軸）は白抜きが積算日照時間、黒塗りが積算降水量。図上部の横棒線は供試品種全体の出穂期間を示す。

## 2. ポット試験

2001年から2003年にかけて計4回実施した。品種ひとめばれの催芽種子を、4月28日（2001年）、4月24日（2002年）、4月23日および5月27日（2003年）に、1/5000 aワグネルポットへ円形20粒播種した。施肥は窒素、リン酸、カリをいずれも成分量で1ポット当たり1.0 g（2001年）ないし0.8 g（2002, 2003年）を施用した。いずれの年次も発生した分けつは順次切除して主稈のみとし、ガラス室内で出穂期まで生育させた。各穂を対象に、出穂日およびその翌日に開花した穎花をマークした後、ポットを直ちに昼25℃/夜20℃に設定した自然光型人工気象室に搬入した。2001年は出穂後30日間、2002年および2003年には出穂後40日間について、それぞれ5日おきに5日間ずつ、昼30℃/夜25℃に制御した人工気象室内にポットを適宜移動させ、高温処理を行った。

各処理について、処理終了後から成熟期（出穂後40日）まで5日おきに3穂ずつサンプリングし、マークのついた籾のうち上位4本の一次枝梗着生籾のみを採取して105

℃、48時間乾燥後の乾物重を測定した。また、成熟期には、さらに5穂を収穫し、ガラス室内で自然乾燥させた後、乾物重測定と同様の方法で採取した籾を脱ぶ後、1粒ごとに粒長、粒幅、粒厚および粒重の測定と胚乳部の胴割れの有無の調査を行った。

## 結 果

### 1. 圃場試験

試験期間中の7～10月の気象条件を第1図に示した。1998年は8月上中旬に低温多雨条件となった。また、1999年は特に7月下旬から8月中旬にかけて高温多照条件で推移したのに対し、2003年は全般に低温寡照条件となった。このように、試験期間の気象条件には大きな年次間差が生じた。

供試した13品種の出穂期、胴割れ率および千粒重を第1表に示した。各品種とも出穂期は高温で経過した1999年で早まり、2001年では遅くなった。2003年は移植時期が他の年次と大きく異なるため単純な比較は出来ないもの

第1表 供試品種の出穂期、胴割れ率と千粒重 (圃場試験)。

| 品種名    | 出穂期(月・日) |      |      |      |        |        | 胴割れ率(%) |      |      |      |        |        | 平均 | 品種間差  | 千粒重<br>g |
|--------|----------|------|------|------|--------|--------|---------|------|------|------|--------|--------|----|-------|----------|
|        | 1997     | 1998 | 1999 | 2001 | 2003-1 | 2003-2 | 1997    | 1998 | 1999 | 2001 | 2003-1 | 2003-2 |    |       |          |
| むつほまれ  | 8.01     | 8.01 | 7.29 | 8.03 | 7.30   | 8.09   | 25      | 19   | 86   | 30   | 41     | 15     | 36 | ab    | 22.9     |
| まいひめ   | 8.02     | 8.02 | 7.29 | 8.03 | 7.29   | 8.10   | 24      | 7    | 73   | 29   | 38     | 8      | 30 | abcd  | 23.2     |
| はなの舞   | 8.02     | 8.02 | 7.29 | 8.04 | 7.30   | 8.12   | 5       | 0    | 68   | 26   | 14     | 1      | 19 | cdef  | 21.9     |
| つがるロマン | 8.02     | 8.01 | 7.30 | 8.06 | 7.31   | 8.11   | 28      | 10   | 81   | 31   | 35     | 9      | 32 | ab    | 22.8     |
| あきたこまち | 8.05     | 8.05 | 7.31 | 8.11 | 8.03   | 8.15   | 27      | 8    | 65   | 31   | 12     | 23     | 28 | bcde  | 22.3     |
| ふくひびき  | 8.08     | 8.07 | 7.30 | 8.13 | 8.06   | 8.15   | 22      | 11   | 54   | 58   | 13     | 21     | 30 | abc   | 24.6     |
| 雪化粧    | 8.09     | 8.07 | 7.30 | 8.12 | 8.03   | 8.18   | 29      | 24   | 61   | 62   | 33     | 35     | 41 | a     | 23.5     |
| トヨニシキ  | 8.07     | 8.07 | 8.02 | 8.13 | 8.06   | 8.19   | 20      | 20   | 75   | 39   | 9      | 16     | 30 | abc   | 22.5     |
| おきにいり  | 8.08     | 8.08 | 8.03 | 8.13 | 8.08   | 8.20   | 36      | 6    | 46   | 63   | 11     | 25     | 31 | ab    | 24.5     |
| ササニシキ  | 8.08     | 8.10 | 8.02 | 8.15 | 8.07   | 8.18   | 4       | 0    | 60   | 23   | 5      | 17     | 18 | def   | 23.0     |
| まなむすめ  | 8.10     | 8.08 | 8.03 | 8.15 | 8.08   | 8.18   | 13      | 3    | 67   | 48   | 16     | 3      | 25 | bcdef | 24.3     |
| ひとめぼれ  | 8.10     | 8.08 | 8.04 | 8.17 | 8.08   | 8.19   | 9       | 1    | 56   | 28   | 7      | 2      | 17 | ef    | 23.3     |
| はえぬき   | 8.13     | 8.12 | 8.08 | 8.18 | 8.10   | 8.20   | 4       | 0    | 29   | 33   | 11     | 7      | 14 | f     | 22.6     |
| 13品種平均 | 8.07     | 8.06 | 8.01 | 8.11 | 8.04   | 8.16   | 19      | 8    | 63   | 39   | 19     | 14     | 27 |       | 23.2     |
| 年次間差   |          |      |      |      |        |        | c       | d    | a    | b    | d      | cd     |    |       |          |

2003-1, 2003-2 はそれぞれ 2003 年 5 月 13 日, 2003 年 6 月 3 日に移植した区の値。

千粒重は計 6 回の圃場試験の平均値。

アルファベットは各品種または各年次における胴割れ率の平均値の有意差を示し、同一文字間には LSD5% 水準で品種間差または年次間差が認められないことを示す。

第2表 登熟期間の気象条件と胴割れ率との相関係数 (圃場試験)。

| 気象要素  | 出穂後日数       |       |       |       |         |
|-------|-------------|-------|-------|-------|---------|
|       | 1~10        | 11~20 | 21~30 | 31~40 | 41~50 日 |
| 日平均気温 | <b>0.86</b> | 0.68  | 0.74  | 0.17  | 0.16    |
| 日最高気温 | <b>0.91</b> | 0.68  | 0.53  | 0.01  | 0.14    |
| 日最低気温 | 0.69        | 0.68  | 0.71  | 0.25  | 0.18    |
| 日照時間  | <b>0.86</b> | 0.42  | -0.12 | -0.14 | -0.04   |
| 日降水量  | -0.62       | -0.36 | 0.14  | 0.39  | 0.23    |

計 6 回の圃場試験について、登熟各期間の気象値を積算し、胴割れ率との相関係数 (r) を各品種ごとに求めた。数値は供試した全 13 品種の平均値で、太字は  $r=0.8$  以上、囲いは  $r=0.9$  以上を示す。

の、低温の影響で通常条件よりも出穂が遅延する傾向にあった。2001 年および 2003 年 (2 作期) の収穫時の穂全体の平均粒含水率は 13 品種平均でそれぞれ 19.3%, 21.0% および 20.9% であり、通常収穫時の標準とされる 25% を大きく下回った。13 品種平均の胴割れ率は 1999 年で 63% と最も高く、以下、2001, 1997, 2003 年の順で高く、最も低かった 1998 年では 8% と、発生程度に大きな年次間差を生じた (第 1 表)。また、雪化粧、むつほまれ、つがるロマン等で胴割れ率が高く、はなの舞、ササニシキ、ひとめぼれ、はえぬき等で低い傾向にあるなど、品種間で発生程度に差が認められた。千粒重にも品種による差が認められたものの (第 1 表)、胴割れ率と千粒重との間の相関係数は  $r=0.29$  で、両者間に統計上有意な関係は認められなかった。

次に、登熟期間を 10 日ごとに細分して、各期間中の気象条件 (気温、日照時間、降水量) と胴割れ率との相関係数を品種ごとに求め、各 13 品種で得られた相関係数の平均値を第 2 表に整理した。第 2 表に示すように、出穂後 1

第3表 出穂後 1~10 日の平均日最高気温と胴割れ率との間に得られる回帰直線の品種間比較 (圃場試験)。

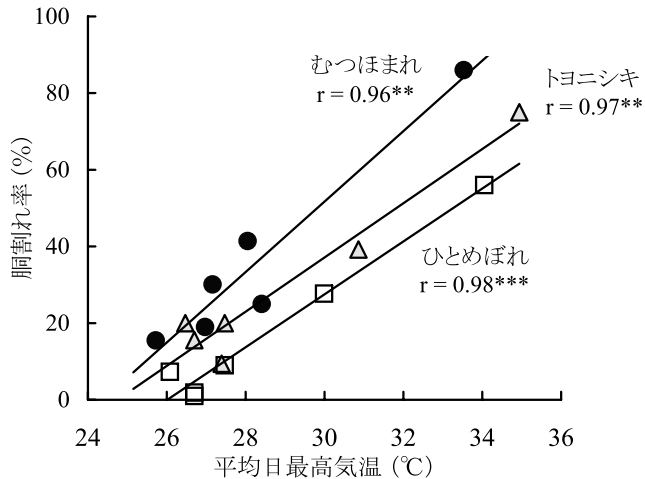
|      | $\chi^2$ 値 | F 値  | 自由度    | P 値    |
|------|------------|------|--------|--------|
| 残差分散 | 12.13      | -    | 12     | 0.4353 |
| 傾き   | -          | 1.30 | 12, 52 | 0.2488 |
| 切片   | -          | 3.74 | 12, 64 | 0.0003 |

供試した 13 品種間を比較した。残差分散の差の検定は Bartlett 法による。切片の差の検定は、傾きに差が認められないと仮定して行った。

~10 日が高温多照条件になると胴割れ発生が多くなる傾向が認められた。気象要素の中では日最高気温との間に最も強い相関関係が認められ、出穂後 1~10 日の平均日最高気温と胴割れ率との間には 13 品種平均で  $r=0.91$  と高い正の相関係数が得られた (第 2 表)。両者の間には、品種別にみても供試した 13 品種中 11 品種で 5~0.1% 水準の有意な相関関係が認められ、残りの 2 品種 (おきにいり、はえぬき) においても出穂後 1~5 日の平均日最高気温との間に 5% 水準で有意な正の相関関係が認められた (データ略)。出穂後 1~10 日の平均日最高気温と胴割れ率との間に得られる回帰直線を供試した 13 品種間で比較すると、回帰直線の残差分散および傾きには差が認められなかった (第 3 表)。それに対し、回帰直線の切片には有意な品種間差が認められ (第 3 表)、胴割れ率の高い品種ほど切片が大きくなる傾向が認められた (第 2 図)。

## 2. ポット試験

各試験における出穂日は、それぞれ 8 月 7 日 (2001 年)、8 月 4 日 (2002 年)、8 月 7 日および 8 月 19 日 (2003 年)



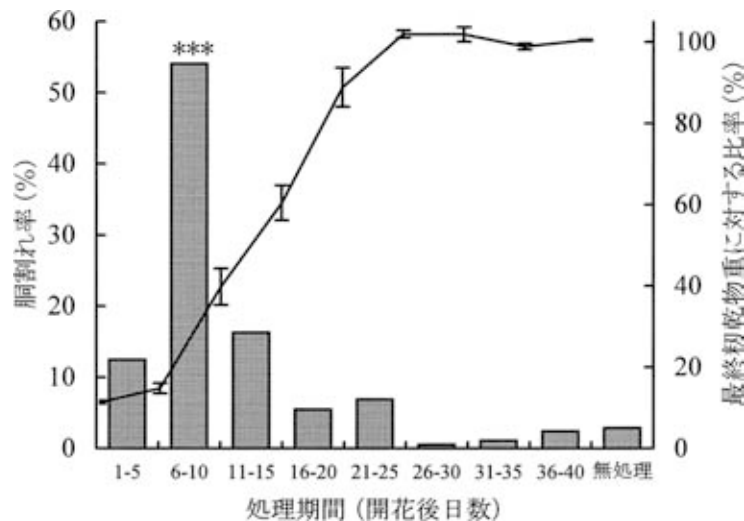
第2図 出穂後1～10日の平均日最高気温と胴割れ率との関係（圃場試験）。

むつほまれ、トヨニシキ、ひとめぼれの3品種について示した。\*\*, \*\*\*はそれぞれ1%および0.1%水準で有意な相関関係が認められることを示す。

第4表 登熟期間中に高温処理した水稻玄米の粒径、粒重および胴割れ率（ポット試験）。

| 処理時の<br>開花後日数  | 粒長<br>mm   | 粒幅<br>mm    | 粒厚<br>mm   | 粒重<br>mg    | 胴割れ率<br>% |
|----------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|
| 無処理            | 5.21       | 2.85        | 2.06       | 22.4        | 2.8       |
| 1～5日           | 5.20       | 2.83        | 2.08       | 22.7        | 12.5      |
| 6～10           | 5.20       | 2.80        | 2.07       | 21.9        | 54.1      |
| 11～15          | 5.15       | 2.80        | 2.06       | 22.2        | 16.3      |
| 16～20          | 5.16       | 2.78        | 2.03       | 21.7        | 5.5       |
| 21～25          | 5.17       | 2.81        | 2.07       | 22.7        | 6.9       |
| 26～30          | 5.17       | 2.82        | 2.07       | 22.7        | 0.5       |
| 31～35          | 5.19       | 2.86        | 2.07       | 23.2        | 1.1       |
| 36～40          | 5.22       | 2.86        | 2.08       | 23.4        | 2.4       |
| LSD (5%)       | NS         | 0.05        | 0.05       | 1.1         | 19.0      |
| 胴割れ率との<br>相関係数 | 0.03<br>NS | -0.38<br>NS | 0.07<br>NS | -0.51<br>NS |           |

品種ひとめぼれ。数値は4回（31～35、36～40は3回）の試験の平均値。LSD（5%）は無処理区および高温処理区相互間の5%有意水準の最小有意差で、NSは有意差がないことを示す。胴割れ率との相関係数の欄のNSは、5%水準で有意な相関関係が認められないことを示す。



第3図 登熟期間中に高温処理した水稻玄米の胴割れ率（棒線）と無処理区の粉乾物重の推移（折れ線）（ポット試験）。

折れ線上の縦棒線は標準誤差を示す。\*\*\*：他のすべての区に対してLSD0.1%水準で有意差あり。

であった。玄米粒径や粒重には処理間差が認められ、特に開花後16～20日の高温処理により、粒径および粒重が小さくなる傾向が認められた（第4表）。一方、胴割れ率は、開花後6～10日の高温処理で著しく増加した（第4表）。この時期は粉乾物重が最終粉乾物重の約14～40%程度を示し、乾物重が急激な増加を開始する穎果发育ステージに相当した（第3図）。粒径、粒重と胴割れ率との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった（第4表）。

## 考 察

本研究では、米粒の胴割れ発生と登熟期間の気象条件との関係を明確にし、胴割れ発生をもたらす生育時期と穎果

发育ステージを明らかにすることを目的として、圃場およびポット試験を行った。胴割れ米は、登熟が進み粉含水率が低下して硬度の増した米粒が、気象条件等による吸水や放水のために内部水分分布の不均衡を生じ、米粒内での部位別膨縮差が大きくなることによって発生すると考えられている（近藤・岡村1932、長戸ら1964、佐藤1964）。このため、過去における研究は、登熟全般の高温条件等による粉含水率の低下（中村・原城1966、石倉・升尾1967、高松ら1983）、粉含水率が低い条件下での降雨（長戸ら1964、石倉・升尾1967）や収穫日前後の複雑な気象条件（寺中・原城1967）、収穫後の乾燥調製条件（伴1971）等、登熟後期以降の粉含水率の低下と粉内の急激な水分含量の变

化に視点を置いた解析が多かった。このような中、高橋ら (2002) は品種コシヒカリを用いて、出穂後 0~9 日の日射量および気温など、登熟の初期段階における気象条件と胴割れ発生程度との間に高い正の相関関係が認められることを報告している。本研究では 6 回の圃場試験平均で 14% から 41% まで胴割れ率の異なる 13 品種を用いて解析した結果 (第 1 表), いずれの品種の胴割れ発生も登熟初期の気象条件との関連が強く、高橋ら (2002) と同様に高温多照条件で発生が多くなる傾向にあることが確認された (第 2 表)。また本研究では、胴割れ率と出穂後 1~10 日の平均日最高気温との間に特に強い関連性が認められること (第 2 表), 登熟初期の気温変動に対する胴割れ発生の反応には品種間差はなく、同一気温条件下における発生程度に品種間差が認められることが明らかになった (第 3 表, 第 2 図)。米粒の胴割れ難易度の品種間差を評価する場合には、その差が出穂期の違いによる登熟期間中の気象条件の影響なのか、それとも品種特有の粒質の差異なのか判断が困難な場合があった (滝田 2002)。しかし、本研究の結果から、登熟初期の気温条件の差異を考慮してもなお、胴割れ発生における品種間差は有意に存在することが示された。

さらに本研究では、気温が胴割れ発生におよぼす影響について、ポット栽培した水稻を用いた登熟各期の高温処理試験により直接評価し、高温に対する感受性が顕著に高まる時期は開花後 6~10 日頃、籾乾物重が最終乾物重の約 14~40% を示す穎果発育ステージであることを明らかにした (第 4 表, 第 3 図)。なお、籾乾物重には穎果重に加えて籾殻重も含まれている。開花直後の籾乾物重の大部分を籾殻重とみなし、開花期以降籾殻重が変化しないと仮定すると、同時期の穎果は最終穎果重の 3~28% 程度を示すと推測される (第 3 図)。したがって、穎果発育の初期段階における限られた時期の気温条件が、登熟が進んだ段階で生じる胴割れ発生程度に関与している可能性が強く示唆された。

以下に、このような穎果発育初期の気温条件が米粒の胴割れ発生に影響をおよぼす要因について考察する。長戸・小林 (1959) や星川 (1967a, b, 1968a, b) の報告を参考にとすると、開花後 6~10 日頃の穎果は胚乳の縦方向への伸長をほぼ終えているものの、胚乳内の細胞分裂を継続しているのと同時に幅、厚み方向への細胞肥大が旺盛となっていること、胚乳組織の内部細胞を中心にデンプン蓄積が行われていることが推察される。また、登熟初期の温度条件は、胚乳組織の大きさや細胞層数、糊粉層数、胚乳細胞の配列や米粒の背径および腹径等、玄米の内部および外部形態に関わる形質に影響を与えることが報告されている (長戸・江幡 1960, 1965, 星川 1967d, e)。このことから、登熟初期の高温条件が玄米形態特性や胚乳デンプン蓄積過程に作用し、胴割れ発生に何らかの影響を与えている可能性が考えられる。従来から、胴割れの品種間差の要因として、粒重や粒形といった外部形態に係る形質と胴割れ発生の関連について検討されている (田畑・滝沢 1930, 伴

1971, 滝田 1992)。しかしながら、本研究における圃場試験では千粒重と胴割れ率との関連性は認められず、ポット試験における胴割れ発生程度と粒径、粒重との間にも関連は見いだせなかった (第 4 表)。一方、胴割れ発生と玄米内部形態や胚乳デンプン蓄積との関係についての研究はほとんど進んでいない。本研究の圃場試験における解析では、胴割れ発生が気象条件の中でも特に日最高気温との関係が強いという結果が得られ (第 2 表), さらに、発生程度に品種間差が認められることが明らかになった (第 3 表, 第 2 図)。米粒の胚乳の大きさや細胞層数には品種間差があること (星川 1967f), 胚乳細胞の分裂の進行には昼夜で差が認められること (星川 1967c), 昼温や夜温の高低により穎果の登熟速度や米粒の外側と中心部の充実度に変化が認められること (長戸・江幡 1960, 1965) 等から、品種特性や昼夜それぞれの温度条件が米粒内の細胞分裂や肥大の進行、デンプン蓄積過程に影響を与えている可能性が考えられるが、まだ推測の域を出ない。今後、これらの点に注目して胴割れとの関連の有無について調査を進めていく予定である。

登熟後期の気象条件と胴割れ発生との関係について、高橋ら (2002) は、登熟初期の気象条件に加えて出穂後 30 日~成熟期の日射量と胴割れ発生程度との間に関連を認めているが、本報告では登熟後期の気象条件と胴割れ率との間に有意な相関関係は得られなかった (第 2 表)。北陸地域で 7 月 27~30 日に収穫する条件で行われた高橋ら (2002) の報告と比較して、東北地域で 7 月末から 8 月中旬にかけて収穫する条件で行われた本研究の圃場試験では (第 1 表), 特に登熟後期の気温が低く推移している可能性が高い。早期収穫ほど登熟期の籾含水率の低下が早い傾向にあること (石倉・升尾 1967) や登熟後期の籾含水率の低下速度と出穂後積算気温との間には密接な関連性が認められること (佐々木 2000) 等を考慮すると、本研究では登熟後期の籾含水率の低下が緩やかに進行したことが想像される。このことが、急速な籾含水率の低下と深く関連する胴割れ発生に対する登熟後期の気象条件の影響程度を小さくしたとも考えられるが、この点については今後更なる検討が必要である。いずれにしても、米粒の胴割れ発生には登熟初期と登熟後期の気象条件がそれぞれ異なる形で関与していると考えられ、後者は籾含水率の低下の進行程度や籾の急激な吸水等、過去に指摘されてきた胴割れの発生メカニズムに直接関係する条件であるのに対し、前者は米粒の質的な胴割れ難易程度に強く関与しているものと思われる。米の生産・加工場面では、収穫作業や籾乾燥調製の効率・低コスト化、精米時や無洗米加工時の胴割れ発生回避等のため、胴割れを生じにくい粒質が求められている (川崎ら 2001, 滝田 2002)。したがって、胴割れ米の発生抑制対策として従来から生産現場で試みられている登熟後期の落水および収穫の適切な時期設定に加えて、登熟初期の栽培管理法についても今後検討することが重要と考えられ

る。

一方、登熟期の高温条件では、乳白等の白未熟粒の発生が助長されることが知られている（長戸・江幡 1960）。本研究ではポット試験において胴割れと同時に白未熟粒発生の調査も行ったが、マークした籾については高温処理区でも白未熟粒の発生は少なかった。これは、本研究におけるポット試験での調査対象が上位一次枝梗に着生する強勢穎果であったのに対し、白未熟粒の発生は一般に弱勢穎果に発生しやすいこと（長戸・江幡 1960）、処理期間や温度が白未熟粒発生には不十分であったこと等が影響していると考えられる。したがって、今後は弱勢穎果も含めた検討や、本研究とは異なる温度設定による試験等を行うことにより、胴割れ発生と白未熟粒発生の関連性の有無について明らかにする必要があると考える。

## 引用文献

- 有坂通展 2002. 新潟県における 2000 年産米の胴割米の発生要因解析. 北陸作物学会報 37 : 52—53.
- 伴敏三 1971. 人工乾燥における米の胴割に関する実験的研究. 農業機械化研報 8 : 1—80.
- 星川清親 1967a. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 1 報 胚乳細胞組織の形成過程について. 日作紀 36 : 151—161.
- 星川清親 1967b. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 2 報 胚乳細胞の肥大成長について. 日作紀 36 : 203—209.
- 星川清親 1967c. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 3 報 胚乳細胞の分裂の様相について. 日作紀 36 : 210—215.
- 星川清親 1967d. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 4 報 糊粉層数の品種間差異および登熟期の環境条件による変異について. 日作紀 36 : 221—227.
- 星川清親 1967e. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 6 報 早期栽培による胚乳の大きさおよび細胞層数の変異について. 日作紀 36 : 389—394.
- 星川清親 1967f. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 7 報 日本に栽培される水稻品種の胚乳の大きさと細胞層数について. 日作紀 36 : 395—402.
- 星川清親 1968a. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 10 報 胚乳澱粉粒の発達について. 日作紀 37 : 97—106.
- 星川清親 1968b. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第 11 報 胚乳組織における澱粉粒の蓄積と発達について. 日作紀 37 : 207—216.
- 川崎哲郎・河内博文・杉山英治 2001. 立毛状態での成熟期以降における品質変化——水稻の収穫作業期間延長に関する研究——. 農作業研究 36 : 25—32.
- 木野田憲久・清藤文仁・桑田博隆・高城哲男 2001. 青森県における品質低下の実態と今後の対策. 東北農試編, 東北地域における夏の異常高温が水稻生育およびコメ品質におよぼす影響の解析と今後の対策. 東北農試, 盛岡. 19—24.
- 近藤萬太郎・岡村保 1932. 玄米が吸湿せし時の膨張の方向と胴割米生成との関係. 農学研究 19 : 128—142.
- 石倉教光・升尾洋一郎 1967. 水稻の立毛胴割米の発生. 農業技術 22 : 281—283.
- 長戸一雄・小林喜男 1959. 米の澱粉細胞組織の発達について. 日作紀 27 : 204—206.
- 長戸一雄・江幡守衛 1960. 登熟期の気温が水稻の稔実に及ぼす影響. 日作紀 28 : 275—278.
- 長戸一雄・江幡守衛・石川雅士 1964. 胴割れ米の発生に関する研究. 日作紀 33 : 82—89.
- 長戸一雄・江幡守衛 1965. 登熟期の高温が穎果の發育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀 34 : 59—66.
- 中村啓二・橋本良一・永島秀樹 2003. 登熟期間の水管理の違いが胴割粒・乳白粒の発生に及ぼす影響. 北陸作物学会報 38 : 18—20.
- 中村公則・原城隆 1966. 胴割米発生機構の解析に関する研究. 第 1 報 寒冷地における立毛胴割米発生の実態と加温乾燥に伴う胴割米発生の变化について. 東北農試研究速報 6 : 47—52.
- 日塔明弘 2001. 宮城県における品質低下の実態と今後の対策. 東北農試編, 東北地域における夏の異常高温が水稻生育およびコメ品質におよぼす影響の解析と今後の対策. 東北農試, 盛岡. 33—42.
- 佐々木次郎 2000. 水稻刈取適期の予測への籾水分の利用. 日作紀 69 (別 2) : 284—285.
- 佐藤正夫 1964. 籾の胴割機構について. 農業及び園芸 39 : 1421—1422.
- 田畑清光・滝沢正 1930. 米の品種とその物理的性質との関係に就いて. 日作紀 4 : 287—300.
- 高城哲男・浪岡実・立田久善・小野清治 1980. 昭和 54 年水稻立毛胴割米発生の特徴. 東北農業研究 27 : 39—40.
- 高橋渉・尾島輝佳・野村幹雄・鍋島学 2002. コシヒカリにおける胴割米発生予測法の開発. 北陸作物学会報 37 : 48—51.
- 高松美智則・香村敏郎・釈一郎・谷口学・伊藤和久 1983. 水稻品種の特性解析に関する研究. 第 5 報 県内主要品種の刈り遅れによる米質変動と刈り取り許容幅. 愛知農総試研報 15 : 35—46.
- 滝田正 1992. 日本型およびインド型稲における胴割米発生の品種間差異. 育種 42 : 397—402.
- 滝田正 2002. 胴割れ米発生の品種間差異と関連形質および遺伝. 東北農研報 100 : 41—48.
- 寺中吉造・原城隆 1967. 胴割米発生機構の解析に関する研究. 第 2 報 サンプリング時の気象条件並びにコメ澱粉の粘性と胴割れ率との関係. 東北農試研究速報 7 : 37—43.

**Effect of Air Temperature during the Early Grain-filling Stage on Grain Fissuring in Rice** : Kenji NAGATA<sup>\*,1)</sup>, Tadashi TAKITA<sup>2)</sup>, Satoshi YOSHINAGA<sup>1)</sup>, Kazuo TERASHIMA<sup>3)</sup> and Akari FUKUDA<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>*Dept. of Paddy Farming, Natl. Agric. Res. Cent. for Tohoku Region, Omagari 014-0102, Japan;* <sup>2)</sup>*Natl. Inst. of Crop Sci.;* <sup>3)</sup>*Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat*)

**Abstract** : We conducted field and pot experiments to elucidate the effect of meteorological conditions during grain filling on grain fissuring in rice. A total of 13 cultivars were grown in paddy fields in 1997, 1998, 1999, 2001 and 2003. The percentage of fissured grains was closely related with the temperature and solar radiation condition during the early stage of grain filling. A high temperature and long sunshine hours during this period increased the grain fissuring of all cultivars tested. Especially, the average daily maximum temperature during 10 days after heading showed the highest correlation with the percentages of fissured grains. In the pot experiments, high temperature treatments at split periods during grain filling were done using growth chambers. Given at 6 to 10 days after flowering, during which the dry weight of spikelets was 14 to 40 percent of that at maturity, caused the greatest grain fissuring. We concluded that high temperatures during the early stage of grain filling increases the rice grain fissuring at maturity.

**Key words** : Grain filling, Grain fissuring, Meteorological condition, Rice, Temperature.

---