

高温が水稻の登熟に及ぼす影響

—作期移動実験と標高の異なる地点へのポット移動実験による解析—

森田敏*

(中国農業試験場)

要旨: ポット栽培水稻を用いて作期移動実験と標高の異なる地点へのポット移動実験とを行い、中国地方平坦部の福山市における登熟期の気温が登熟に及ぼす影響を解析した。標高が高く平均気温が4~5℃低い大朝町で出穂期以降に栽培した場合、福山市で栽培した場合に比べて良質粒歩合と粒厚1.9 mm以上の玄米1粒重が有意に大きくなったが、全玄米の平均1粒重には有意差は認められなかった。作期移動実験では玄米1粒重と良質粒歩合は開花後4日目から20日間の日平均気温の上昇による影響を受けなかった。一方、開花後4日目から20日間の日射量当りの玄米1粒重と同期間の気温間には有意な負の相関関係が認められた。また、開花後4日目から20日間の日射量当りの良質粒歩合と同期間の気温間にも有意な負の相関関係が認められた。これらのことから、作期間や標高の異なる地点間では日射量の影響のために登熟気温が玄米1粒重と玄米外観品質に及ぼす効果が現れ難いこと、そして潜在的には中国地方平坦部での適温を越える登熟気温が玄米1粒重と玄米外観品質を低下させる効果があることを明らかにした。

キーワード: 玄米1粒重、玄米品質、高温、作期、水稻、着粒位置、登熟、日射量。

前報(森田 2000)では、ポット栽培水稻を用いて人工気象室で設定した福山市の平年的な8月の気温、登熟適温とされるこれより4℃低い気温および将来予測されるこれより3℃高い気温(Hansenら 1984)が、登熟に及ぼす影響を解析した。その結果、玄米1粒重と良質粒歩合は低温区(28℃/19℃;最高/最低気温)に比べて福山平年区(32℃/23℃)で有意に低下し、高温区(35℃/26℃)ではさらに低下することを認めた。

実際の栽培における登熟気温の違いは、年次による違い、作期による違いおよび地域による違いによって生ずるが、これらの登熟温度の変化に伴い登熟期の日射量や出穂時の稲の生育状態も変化する場合が多い。このため、人工気象室で温度条件のみを変えた前報の結果を、そのまま年次間、作期間、地域間の収量や玄米品質の違いに適用することは難しいと考えられる。

そこで本研究では、作期移動実験と標高2 mの広島県福山市で生育させたポット栽培水稻を出穂期に標高400 mの大朝町に移動した実験を行い、これらの結果から登熟に及ぼす気温の効果を総合的に解析した。

なお、ポット栽培水稻を出穂期に標高の異なる地点へ移動することにより、出穂時の生育量が同じ稲を用いて登熟期の気象条件が登熟に及ぼす効果を戸外で評価することができるが、このような解析例はこれまでわずかしかない(西尾・橋本 1998)。

材料と方法

1991年に水稻品種中生新千本とキヌヒカリを用い、水田土壌(細粒質灰色低地土)を詰めた1/5000 aワグネルポットで土耕栽培した。育苗箱当たり100 g(乾粒換算)の催芽粒を播種し、30日間育てた苗をポット当たり2株(2本/株)移植した。移植時期は第1表に示したように、

中生新千本で5月9日から7月2日の5時期(作期1~5)、キヌヒカリで同様の範囲の3時期(作期1, 3, 5)とした。ポットは、中国農業試験場(広島県福山市)内のポット置き場(標高2 m)に東西方向で70 cm, 南北方向で60 cmの間隔となるように配置した。基肥として、窒素、リン酸、カリウムが各14%の緩効性被覆尿素肥料(140日タイプ)を、ポット当たり10 g与えた。追肥として、出穂前24日に窒素、リン酸が各17%の化成肥料を1.8 g与えた。

キヌヒカリの一部のポットは先端穎花の開花日の4日後から、広島県農業技術センター高冷地研究部(大朝町、標高400 m)の圃場に埋設し、これを大朝区とした。これに対して成熟期まで引き続き福山市に置いた試験区を福山区とした。

1試験区当たり2ポット、各ポットから開花日および穂の大きさの揃った10穂を供試した。開花後40~44日目に供試穂を穂首直下から切り取り、40℃で48時間以上通風乾燥後、各穂の粒数を数え、玄米を取り出して粒数と粒重を測定した。本実験では前報(森田 2000)と異なり、不稔粒と発育停止粒の区別は行わなかった。玄米は段篩いで0.2 mm間隔の粒厚別に分け、粒数および粒重を測定した。玄米1粒重は、着粒位置により1, 2次粒と3次粒に分けて調査した。この分類方法は、穂の形成過程を反映した小穂の類別(松葉 1991)に基づいている。登熟粒とみなした粒厚1.7 mm以上の玄米について品質判定機(静岡精器, RS-1000)で外観品質別粒数歩合を測定した。測定方法は前報(森田 2000)とほぼ同様とした。成熟期にポット当たりの穂数、地上部乾物重および草丈を測定した。

登熟期の日射量と気温は、福山区では中国農業試験場気象資源研究室の観測値を、大朝区ではアメダスデータ(地

第1表 各作期の移植日、開花日および成熟日。

作期	中生新千本					キヌヒカリ		
	1	2	3	4	5	1	3	5
移植日	5月9日	5月21日	6月4日	6月18日	7月2日	5月9日	6月4日	7月2日
開花日 ¹⁾	8月12日	8月16日	8月21日	8月28日	9月3日	7月27日	8月8日	8月22日
成熟日 ²⁾	9月24日	9月29日	10月3日	10月10日	10月16日	9月5日	9月17日	10月4日

1) 供試穂の先端穎花の開花日。2) 開花後40～44日目。

第2表 供試各品種・試験区の開花後4日目から20日間の日平均気温と日平均日射量、草丈、穂数、1穂粒数と3次粒数/全粒数比率。

品種・試験区 ¹⁾	日平均気温 (℃) ²⁾	日平均日射量 (MJ/m ²) ²⁾	草丈 (cm)	穂数 (本/株)	1穂粒数	3次粒数 ³⁾ / 全粒数 (%)
中生新千本						
作期1区	28.0	17.2	83.5 ± 0.3 ⁴⁾	43.0 ± 5.7	79.2 ± 0.4	29.6 ± 0.3
作期2区	28.2	16.2	80.9 ± 6.2	39.5 ± 9.2	80.1 ± 8.4	25.0 ± 3.4
作期3区	27.1	17.0	78.4 ± 1.9	48.5 ± 3.5	77.4 ± 2.3	30.0 ± 1.2
作期4区	26.1	14.8	80.8 ± 0.4	47.0 ± 2.8	71.5 ± 5.0	27.8 ± 0.5
作期5区	24.5	13.4	73.4 ± 3.2	37.5 ± 0.7	68.5 ± 1.6	28.2 ± 0.8
キヌヒカリ						
作期1・福山区	27.2	18.5	82.5 ± 0.0	43.0 ± 5.7	93.1 ± 1.1	26.0 ± 0.7
作期1・大朝区	22.5	13.5	84.1 ± 0.2	47.5 ± 2.1	99.0 ± 2.0	25.2 ± 0.5
作期3・福山区	27.9	17.3	83.7 ± 1.2	40.0 ± 2.8	93.8 ± 7.7	25.3 ± 0.8
作期3・大朝区	23.3	14.8	84.5 -	42.0 -	93.7 -	26.1 -
作期5・福山区	26.8	16.3	74.8 ± 0.6	44.5 ± 0.7	91.1 ± 0.7	25.8 ± 0.6
作期5・大朝区	21.9	12.6	77.6 ± 2.1	43.5 ± 6.4	97.5 ± 6.0	25.7 ± 1.0

1) 各品種・作期の移植日は第1表を参照。大朝区は開花日の翌日から広島県農業技術センター高冷地研究部（大朝町、標高400m）の圃場に埋設した試験区、福山区は成熟期まで引き続き福山市に置いた試験区。2) 開花後4日目から20日間の日平均気温あるいは日平均日射量。3) 粒の着粒位置により1次粒，2次粒，3次粒に分類した（松葉1991）。4) 平均値±標準偏差（ただし、キヌヒカリの作期3・大朝区では、欠測により反復なし）。

点名：大朝）を用いた。ただし、大朝の日射量は、実測値がなかったため、吉田・篠木（1978）により日照時間から日射量へ変換して用いた。

結 果

1. 作期移動と標高の異なる地点へのポット移動による登熟気温の違いが登熟に及ぼす影響

作期間および標高の異なる地点間では登熟気温が異なったが、これとともに登熟期の日射量も異なった（第2表，第1図）。すなわち、中生新千本における開花後4日目から20日間の日平均気温は、作期1で28.0℃，作期5で24.5℃であり，同期間の日平均日射量は同様に，17.2 MJ/m²，13.4 MJ/m²であった。また，キヌヒカリにおける3作期の開花後4日目から20日間の日平均気温は，大朝区が約22～23℃で，福山区の約27～28℃より4～5℃低く，同期間の日平均日射量は大朝区が約13～15 MJ/m²で，福山区の16～19 MJ/m²より低かった。

草丈，穂数，1穂粒数および3次粒数/全粒数比率に及ぼす作期移動の影響は小さかった（第2表）。ただし中生

新千本では作期5で草丈，穂数，1穂粒数が小さく，作期2で穂数がやや少ない傾向が見られた。キヌヒカリでは作期5で草丈がやや小さい傾向が見られた。

玄米1粒重は中生新千本では作期による影響が認められなかったが，キヌヒカリの大朝区では作期1よりも作期3，5で3次粒の玄米1粒重が小さくなる傾向が見られた（第3表）。ポット移動実験では粒厚1.9mm以上の玄米が大朝区で福山区より有意に大きかった。

穂にバッタの食害を受けた中生新千本の作期2と4およびポットの移動中に受精障害を受けたと見られたキヌヒカリの作期3と5の大朝区では，不稔歩合が高く，登熟歩合が90%を下回ったが，それ以外の試験区ではいずれも不稔歩合が5%前後と低く，登熟歩合は90～95%と高かった。

中生新千本の1茎あたり地上部重は作期2で最も大きく，作期が遅くなるほど小さい傾向が認められた。また，キヌヒカリの作期1，3で，大朝区では福山区より1茎あたり地上部重が小さい傾向が見られた。

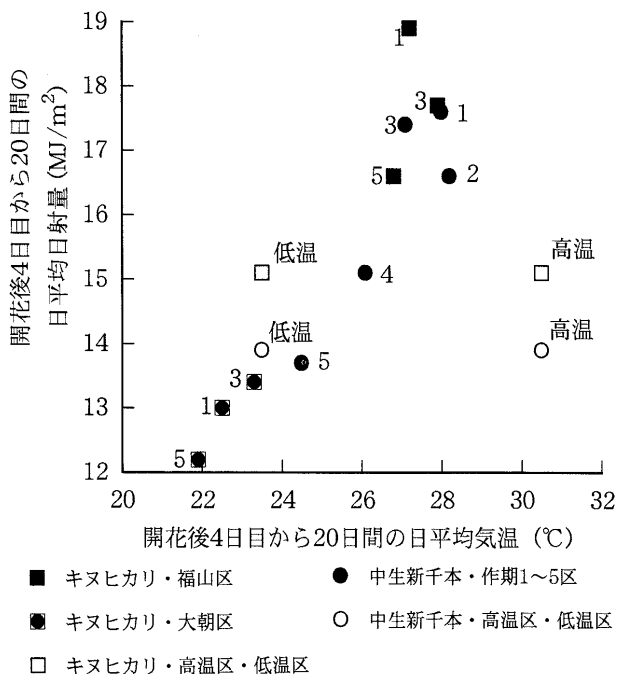
玄米の外観品質は，両品種で作期間の有意な差は認めら

れなかった。一方、キヌヒカリの大朝区では福山区より有意に良質粒歩合が高く未熟粒歩合が低かった (第4表)。良質粒歩合は、中生新千本の作期5を除くと、いずれの試験区でも1, 2次籾より3次籾で低かった。なお、キヌヒ

カリの3次籾の良質粒歩合の大朝区—福山区間と作期間の交互作用が有意であり、作期1では福山区より大朝区で高かったが、作期5では逆に大朝区で低かった。

2. 玄米1粒重と玄米外観品質に及ぼす登熟期の気温と日射量の影響

作期移動実験および標高の異なる地点へのポット移動実験における試験区間では登熟気温によって登熟期の日射量が異なった (第2表, 第1図) ため、日射量の効果を補正した上で玄米1粒重に対する気温の効果を検討する必要がある。ここでは、村田 (1964) を参照し、玄米1粒重を開花後4日目から20日間の日平均日射量で除した値 (Yg/S とする) と同期間の日平均気温との関係を検討した。なお、村田 (1964) は極大値を持つ2次曲線をあてはめたが、本実験では登熟適温とされる22℃付近より低い気温の試験区がなかったために単回帰で検討した。その結果、第2図に示したように開花後4日目から20日間の日平均気温が高くなるほどYg/Sが小さくなることが認められた。ここで図に見られるように、キヌヒカリよりポットあたりの籾数 (ポットあたり穂数に1穂籾数を乗じて算出した) が少なかった中生新千本の方が同じ気温におけるYg/Sの値が大きい傾向が認められた。そこで、キヌヒカリと中生新千本の11試験区を対象に、Yg/Sを目的変数、開花後4日目から20日間の日平均気温 (T) とポットあたりの籾数 (N) を説明変数として重回帰分析を行ったところ、



第1図 開花後4日目から20日間の日平均日射量と日平均気温との関係。

前報 (森田 2000) の人工気象室実験のキヌヒカリと中生新千本の高温区 (35℃/26℃; 最高気温/最低気温)・低温区 (28℃/19℃) のデータも示した。シンボルの横の数字は作期を示す (第1表参照)。

第3表 各試験区の玄米1粒重, 登熟歩合, 不稔歩合および1茎あたり地上部重。

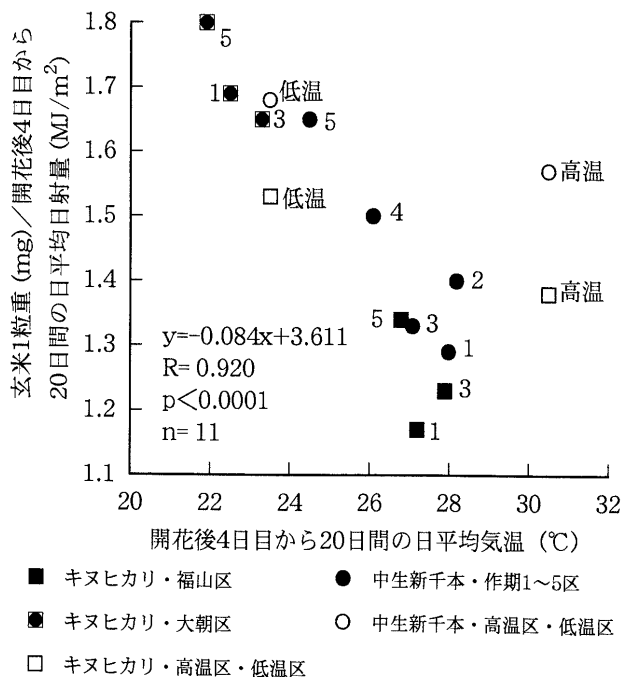
品種・試験区 ¹⁾	玄米1粒重 (mg)				登熟歩合 ²⁾ (%)	不稔歩合(%)	1茎あたり
	全玄米	粒厚1.9mm以上	1,2次粳 ¹⁾	3次粳 ¹⁾			地上部重(g)
中生新千本							
作期1区	22.7 ±0.2 ³⁾	22.8 ±0.3	22.9 ±0.2	22.2 ±0.4	95.4 ±1.4	4.5 ±1.0	4.20 ±0.17
作期2区	23.3 ±0.2	23.6 ±0.2	23.8 ±0.2	22.2 ±0.6	81.5 ±1.9 ** ⁴⁾	18.6 ±1.4 ** ⁵⁾	4.80 ±0.19 *
作期3区	23.0 ±0.2	23.3 ±0.5	23.5 ±0.5	22.0 ±0.4	95.9 ±0.6	3.8 ±0.4	3.82 ±0.00
作期4区	22.7 ±0.2	22.9 ±0.1	22.4 ±0.5	22.4 ±0.5	89.9 ±0.1 *	9.4 ±1.0 ** ⁵⁾	3.51 ±0.02 **
作期5区	22.7 ±0.3	23.0 ±0.5	22.4 ±0.5	22.4 ±0.5	96.5 ±1.0	2.6 ±0.5	3.36 ±0.32 **
LSD(0.05)	ns	ns	ns	ns	3.9	2.5	0.43
LSD(0.01)	ns	ns	ns	ns	5.8	3.3	0.64
キヌヒカリ							
作期1・福山区	22.0 ±0.2	22.4 ±0.0	22.5 ±0.4	20.4 ±0.0	90.9 ±3.6	6.7 ±0.9	4.44 ±0.51
作期1・大朝区	22.0 ±0.1	22.7 ±0.0	22.4 ±0.8	20.5 ±1.0	92.7 ±2.3	4.9 ±0.6	3.70 ±0.01
作期3・福山区	21.8 ±0.2	22.0 ±0.1	22.5 ±0.2	20.1 ±0.1	95.2 ±0.8	4.5 ±1.0	4.29 ±0.74
作期3・大朝区 ⁵⁾	22.1 -	22.6 -	22.9 -	19.4 -	88.2 -	10.5 -	3.83 -
作期5・福山区	22.3 ±0.2	22.5 ±0.1	23.2 ±0.1	19.6 ±0.1	93.6 ±0.5	6.1 ±0.9	3.14 ±0.04
作期5・大朝区 ⁵⁾	22.0 ±0.3	23.0 ±0.3	23.3 ±0.2	18.3 ±1.0	84.9 ±2.3	13.3 ±1.1	3.23 ±0.15
福山区-大朝区間	ns	*	ns	ns	*	*	ns
交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

1) 第2表参照。2) 玄米の粒厚が1.7 mm以上の籾を登熟籾とした。3) 平均値±標準誤差 (ただし、キヌヒカリの作期3・大朝区では、欠測により反復なし)。4) 中生新千本の作期1~5区における* と** は、作期1区と比較した場合に5%水準あるいは1%水準で有意差があることを示す。5) 中生新千本の作期2区, 作期4区はバッタによる食害を受けた。キヌヒカリの作期3・大朝区と作期5・大朝区はポットの移動中に受精障害を受けたと見られた。

第4表 各試験区の玄米外観品質。

試験区 ¹⁾	1,2次籾 ¹⁾			3次籾 ¹⁾		
	良質粒%	未熟粒%	被害粒%	良質粒%	未熟粒%	被害粒%
中生新千本						
作期1区	58.8 ±0.6	39.4 ±0.8	1.9 ±0.2	44.7 ±2.5	52.8 ±1.2	2.5 ±1.3
作期2区	36.0 ±1.1	56.2 ±3.7	7.9 ±2.6	35.7 ±5.5	52.5 ±3.4	11.9 ±9.0
作期3区	49.3 ±10.3	47.8 ±9.1	3.0 ±1.2	42.4 ±9.1	51.3 ±6.6	6.4 ±2.4
作期4区	55.1 ±0.2	39.8 ±1.9	5.1 ±1.7	50.6 ±7.0	46.0 ±8.3	3.4 ±1.3
作期5区	52.6 ±6.5	44.7 ±7.8	2.8 ±1.4	58.1 ±3.4	41.0 ±3.5	0.9 ±0.1
作期間	ns	ns	ns	ns	ns	ns
キヌヒカリ						
作期1・福山区	63.8 ±11.8	24.9 ±5.5	11.4 ±6.3	55.4 ±3.5	28.9 ±4.2	15.7 ±7.7
作期1・大朝区	81.2 ±0.0	15.4 ±0.0	3.4 ±0.0	65.0 ±0.0	31.3 ±0.0	3.7 ±0.0
作期3・福山区	70.7 ±1.3	26.6 ±0.4	2.7 ±0.9	53.6 ±8.5	43.8 ±8.6	2.6 ±0.2
作期3・大朝区	78.1 -	20.7 -	1.2 -	55.4 -	37.2 -	7.4 -
作期5・福山区	69.6 ±0.8	28.2 ±0.0	2.2 ±0.8	66.1 ±0.9	26.8 ±0.3	7.1 ±0.6
作期5・大朝区	81.9 ±3.1	15.0 ±0.9	3.2 ±2.3	49.3 ±4.6	42.1 ±0.9	8.6 ±3.8
福山区-大朝区間	*	**	ns	ns	ns	ns
作期間	ns	ns	ns	ns	ns	ns
交互作用	ns	ns	ns	*	ns	ns

1) 第2表参照。2) 平均値±標準偏差 (ただし、キヌヒカリの作期3・大朝区では、欠測により反復なし)。玄米の粒厚が1.7 mm以上の玄米を調査対象とした。*, ** は、それぞれ5%水準と1%水準で有意差があることを示す。



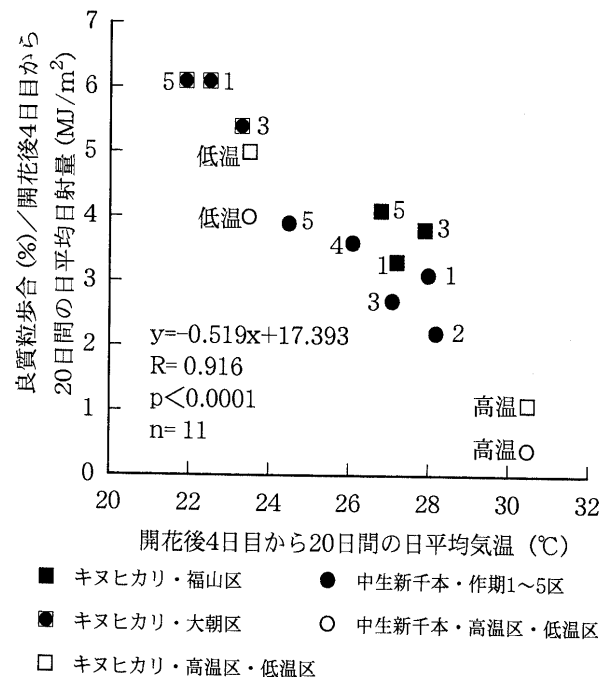
第2図 玄米1粒重を開花後4日目から20日間の日平均日射量で除した値と開花後4日目から20日間の日平均気温との関係。

回帰分析は高温区と低温区のデータを除いて行った。シンボルの横の数字は作期を示す (第1表参照)。

$$Yg/S = -0.09493 T - 0.00011 N + 4.30375$$

$$(R = 0.957^{***}) \dots\dots\dots (式1)$$

の重回帰式が得られた。ここで、Tの効果は0.1%水準で有意であり、Nの効果も5%水準で有意であった。したがって、玄米1粒重を登熟期の日射量で除した値は、登熟期



第3図 良質粒歩合を開花後4日目から20日間の日平均日射量で除した値と開花後4日目から20日間の日平均気温との関係。

回帰分析は高温区と低温区のデータを除いて行った。シンボルの横の数字は作期を示す (第1表参照)。

の日平均気温が高くなるほど、またポットあたりの籾数が多くなるほど小さくなることが示された。

なお、第2図には前報 (森田 2000) の高温区 (35°C/26°C; 最高/最低気温) と低温区 (28°C/19°C) の点を示した。2点を結んだ線の傾きは、出穂期の生育量および登

熟期の日射量が同等の条件下での玄米1粒重に及ぼす登熟期の気温の効果を示すと考えられる。この傾きは、登熟期の日射量が異なる11試験区で分析した、登熟期の日平均気温に対する Yg/S (玄米1粒重を登熟期の日射量で除した値)の回帰直線の傾きより明らかに小さかった。すなわち、低温区・高温区間の傾きの2品種の平均値が -0.019 であったのに対して、11試験区の回帰直線の傾きは -0.084 であった。

次に、登熟期の日平均日射量を日平均気温で除した値が低いと乳白粒歩合や腹白粒歩合が高くなるとした黒木ら(1988)の報告を参考にして、良質粒歩合を開花後4日目から20日間の日平均日射量で除した値と同期間の日平均気温の関係を検討した(第3図)。その結果、両者間に極めて高い負の相関関係が認められた。なお、第3図には、第2図と同様に前報(森田2000)の高温区と低温区の点を示した。玄米1粒重の場合と異なり、低温区・高温区間の傾きの平均値は11試験区による回帰直線の傾きと同程度であり、その値は前者で -0.536 、後者で -0.519 であった。

考 察

本研究では、中国地方平坦部にある福山市における登熟気温が登熟に及ぼす影響を作期移動実験と標高の異なる地点へのポット移動実験により解析した。

標高の異なる地点間のポット移動実験で、全玄米平均の1粒重は地点間で有意差が認められなかったが、粒厚1.9 mm以上の玄米1粒重と良質粒歩合は福山区より気温が $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 低い大朝区で有意に高かった。一方、作期移動実験では開花後4日目から20日間の日平均気温の上昇に伴って玄米1粒重と良質粒歩合とが影響を受けなかった。

これらの実験では、登熟気温以外の要因が異なっており、このことが登熟気温と登熟、特に玄米1粒重との関係について、前報(2000)の人工気象室での実験とは異なる結果となった原因と考えられた。このため各実験における環境条件の違いを整理しておく。人工気象室実験では、高温区・低温区間で異なるのは登熟気温のみで、出穂期の稲の生育量や登熟期の日射量に違いはなかった。これに対して、標高を異にした地点へのポット移動実験では同一作期内では出穂までは同じ気象条件にあり出穂期の稲生育量はほぼ同じであった(第2表)が、登熟期の日射量は福山区より大朝区で少なかった(第2表、第1図)。また、作期移動実験では作期間で出穂までの気象条件が異なり、作期によっては草丈、穂数、1穗粒数がやや異なった(第2表)のに加え、登熟期の日射量も異なった(第2表、第1図)。

登熟期の日射量は登熟の良否と密接に関係しており(松島・真中1957, Nagato and Chaudhry 1970, Yoshida and Hara 1977)、作期移動実験や標高を異にした地点へのポット移動実験では、登熟気温の変化とともに登熟期の

日射量も変動したために登熟気温と玄米1粒重の関係が必ずしも明確ではなかったと推定される。村田(1964)は玄米生産に及ぼす登熟期の日射量の影響を除去した上で登熟期の気温と玄米収量の関係を検討し、日平均気温が 21.5°C に登熟適温があることを報告した。本研究でも、これにならない玄米1粒重を登熟期の日射量で除した値と登熟気温の関係を検討したところ、両者間に有意な負の相関関係が認められた(第2図)。この研究結果は、登熟期の日射量の効果を除外すると高温が収量に対して負の効果を与えると指摘するこれまでの報告(村田1964, Hanyuら1966, 棟方ら1967, 鈴木・中村1978, 上田ら1998)と一致する。なお、Seshu and Cady (1983)は、12カ国での年次の異なる40種類の環境条件において、収量と登熟期の最低気温間で単相関係数が -0.84 であったことを報告している。

ところで、第2図において11試験区の Yg/S 値と登熟気温間の回帰直線の傾きは、人工気象室での高温区・低温区間の傾きより大きく、前者の傾きが玄米1粒重に対する気温の効果を過大評価していることを示唆している。このことは、出穂後40日間の積算日照時数を乗数とした気候登熟量示数(Hanyuら1966)が、適温より高温の領域では収量に対する登熟気温のマイナスの効果を過大評価すると指摘した鈴木(1982)の報告に符合する。

本研究ではまた、玄米の外観品質に対する登熟気温の効果を解析するために、良質粒歩合を登熟期の日射量で除した値と登熟気温の関係を検討した。その結果、登熟気温が高くなるほど良質粒歩合を登熟期の日射量で除した値が小さくなることが認められた(第3図)。この結果は、黒木ら(1988)の報告に符合した。また、第3図において、11試験区の回帰直線の傾きは高温区・低温区間の傾きとほぼ同じであり、玄米1粒重の場合のように気温の効果を過大評価しているとは見られなかった。このことは、玄米外観品質に対する登熟期の日射量の効果は玄米1粒重に対する登熟期の日射量の効果よりも大きいことを示唆している。この点は、今後、登熟期の高温が玄米1粒重と玄米外観品質に及ぼすマイナスの効果を、日射量の影響を除外した上で比較検討する際に問題となるため、今後さらに検討していく必要があるだろう。

次に、粒数と登熟歩合あるいは粒数と玄米1粒重の間には負の相関関係があることは周知のところであり、本研究でも同様の結果が得られた(式1)。しかし、登熟気温が高い作期ではむしろ粒数が多く(第2表)、作期移動実験で登熟気温と登熟の関係が不明瞭となった一因として、作期間での粒数に違いがあったことは考えられず、その主因は上述した日射量の効果にあったと考えられた。

以上より、本研究では作期移動実験と標高の異なる地点へのポット移動実験を行い、作期間や地点間では日射量の影響のために登熟気温が玄米1粒重と玄米外観品質に及ぼす効果が現れ難いこと、そして潜在的には中国地方平坦

部での適温を越える登熟気温が玄米1粒重と玄米外観品質を低下させる効果があることを明らかにした。

謝辞: 本研究を実施するにあたり、中国農業試験場栽培生理研究室松葉捷也室長（現北陸農業試験場企画連絡室長）に多くの御指導を頂いた。佐竹徹夫博士（元北海道農業試験場）には実験方法について貴重な御助言を頂いた。研究のとりまとめにあたって、広島大学生物生産学部藤田耕之輔教授と中国農業試験場栽培生理研究室高梨純一室長に御指導を頂いた。広島県農技センター高冷地支場伊藤夫仁氏（現作物部長）には移動したポット栽培水稻の管理に御配慮を頂いた。供試材料の管理、分析にあたっては中国農業試験場業務科および今川房江さんに御協力を頂いた。深く感謝いたします。

引用文献

- Hansen, J., A. Lacis, D. Rind, G. Russell, P. Stone, I. Fung, R. Ruedy and J. Lerner 1984. Climate process and climate sensitivity. Hansen, J. and T. Takahashi ed., Am. Geophys. Union. 130—163.
- Hanyu, J., T. Uchijima and S. Sugawara 1966. Studies on the agro-climatological method for expressing the paddy rice products. Part 1. An agro-climatic index for expressing the quantity of ripening of the paddy rice. Bull. Tohoku Nat. Agric. Sta. 34: 27—36.
- 黒木斌雄・米野操・三浦浩・神保恵志郎 1988. 日射量と気温のバランスが水稻品質に及ぼす影響. 日作東北支報 31: 10—11.
- 松葉捷也 1991. イネの穂の着粒構造の分析およびその形成機構論. 中国農試研報 9: 11—58.
- 松島省三・真中多喜夫 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究 XXXIX. 水稻の登熟機構の研究 (5). 生育各期の気温の高低・日射の強弱並びにその複合条件が水稻の登熟に及ぼす影響. 日作紀 25: 203—204.
- 森田敏 2000. 高温が水稻の登熟に及ぼす影響—人工気象室における温度処理実験による解析—. 日作紀 69: 391—399.
- 棟方研・川崎勇・仮谷桂 1967. 気象および稲体要因からみた水稻生産力の定量的研究. 中国農試研報 A 14: 59—96.
- 村田吉男 1964. わが国の水稻収量の地域性に及ぼす日射と温度の影響について. 日作紀 33: 59—63.
- Nagato, K. and F.M. Chaudhry 1970. Influence of panicle clipping, flag leaf cutting and shading on ripening of Japonica and Indica rice. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 39: 204—212.
- 西尾博之・橋本俊司 1998. 登熟気温がコシヒカリの玄米品質に及ぼす影響. 近畿中国農業研究 95: 37—40.
- Seshu, D.V. and F.B. Cady 1983. Response of rice to solar radiation and temperature estimated from international yield trials. Crop Sci. 24: 649—654.
- 鈴木守 1982. 近年における東北地方の気候登熟量示数について. 東北の農業気象 27: 1—5.
- 鈴木守・中村公則 1978. 暖地水稻の収量成立過程における気象要因の影響に関する二・三の解析. 日作紀 47: 529—535.
- 上田一好・楠谷彰人・浅沼興一郎・一井眞比古 1998. 香川県における水稻品種キヌヒカリの移植時期に関する研究—収量および食味と気象要因との関係—. 日作紀 67: 289—296.
- Yoshida, S. and T. Hara 1977. Effect of air temperature and light on grain filling of an indica and japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr. 23: 93—107.
- 吉田作松・篠木誓一 1978. 日本における月平均全日射量およびその年々の変動度のマップの作成. 天気 25: 375—389.

Effects of High Air Temperature on Ripening in Rice Plants—Analysis of ripening performance under climate conditions by changing in cropping seasons and/or transferring pots from lowland to upland: Satoshi MORITA* (*Chugoku Natl. Agr. Exp. Stn., Fukuyama 721-8514, Japan*)

Abstract: The effects of high temperature in August in Fukuyama city, Japan, on the grain weight and the grain quality of rice plants were examined. Air temperature was manipulated by 1) changes in cropping seasons by different planting dates and 2) transferring pots from lowland to upland at the heading stage. In the first experiment, no significant differences were found among the mean grain weights and the grain quality of any cropping seasons. In the second experiment, no significant difference was found in the mean grain weight between the two treatments, but significant differences in the grain quality and the weights of grain with a thickness of more than 1.9mm were observed. In experiments 1) and 2), the grain weight/mean solar radiation during 20 days from the 4 days after flowering stage at the top of the panicles (=S20) correlated negatively with the mean temperature at that stage. The rate of normal grains/S20 did also. These results suggest that the negative influence of high temperature, 27~28°C, on grain weight is counteracted when solar radiation increases, accompanied by temperature increase. When temperature increases without increases in solar radiation, however, the grain weight and grain quality were adversely affected.

Key words: Cropping season, Grain position, Grain quality, Grain weight, High temperature, Rice, Ripening, Solar radiation.