

## 水稲多収品種における登熟期気象条件と収量との関係の品種間差

長田健二<sup>1)</sup>・大角壮弘<sup>2)</sup>・吉永悟志<sup>2)</sup>・中野洋<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup> 農研機構近畿中国四国農業研究センター, (<sup>2)</sup> 農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター, (<sup>3)</sup> 農林水産技術会議事務局)

**要旨**：水稲多収品種における登熟期気象条件と収量との関係とその品種間差異を明らかにする目的で、異なる栽培地における圃場試験データを収集し、出穂後 40 日間における単位日射量当たり収量 (Y/R) と平均気温 (T) の関係を整理した。多収品種「べこあおば」, 「モミロマン」, 「タカナリ」, 「北陸 193 号」と対照品種 (「日本晴」, 「アキヒカリ」) について T がおおむね 22~29°C の条件で得られた東北~四国での栽培試験データを品種ごとに収集し、T の各温度階層における Y/R の最大値を抽出して解析すると、両者の関係は 2 次式で近似できることが確認された。この 2 次式を品種間で比較したところ、2 次式の最大値は対照品種と比較して「べこあおば」, 「タカナリ」, 「北陸 193 号」では高く、「モミロマン」では対照品種とほぼ同等であった。一方、その最大値が得られる T 値については「べこあおば」は 21.1 と対照品種で得られた値 21.2 とほぼ一致したのに対し、インド型品種「タカナリ」, 「北陸 193 号」および日印交雑型品種「モミロマン」では 23.9~24.7 と、対照品種より高い値が得られた。以上の結果より、T に対する Y/R の反応には多収品種間で差があり、特に「タカナリ」, 「北陸 193 号」, 「モミロマン」では従来の日本型品種と比較して登熟適温が 3°C 程度高いものと考えられた。

**キーワード**：収量、水稲、登熟、登熟気温、日射量、品種間差。

近年、新規需要米生産への期待等を背景に水稲の多収栽培への関心が高まっており、高収量を期待できる品種の開発が進められている。生産現場での栽培においては、生産物の利用用途への適性ととも、栽培地の生育条件に適した品種の選択が重要となる。近年育成の多収品種はインド型の遺伝的背景を持つ品種や大粒性を備えた品種等、従来の品種とは異なる特性を有するものが増加している。特に「タカナリ」, 「北陸 193 号」等に代表されるインド型品種は収量性が高く、一定以上の温度条件においては高い乾物生産能や登熟安定性を示すことが明らかにされてきている一方 (Yoshinaga ら 2013)、インド型品種では生育期の低温条件での生産性低下が知られている (東 1988)。そのため、多収品種における生育収量の温度反応を把握することが適品種や適作期の選択を行う際には重要であるが、具体的な生育適温の品種間差異等の知見は十分には得られていない。

水稲の収量性は生育各期の気象条件に大きく影響を受けるが、登熟期の気象条件はその影響が大きい要素の一つである。村田 (1964)、Hanyu ら (1966) は、登熟期の日射量ないし日照時数当たり収量と登熟気温との関係に注目し、両者の関係は最大値を有する 2 次式で表現できることを見出した。この結果は、日射ないし日照条件が同一の場合、上述した 2 次式の最大値が得られる気温値 (登熟適温) より低温域では気温の上昇とともに収量が増加する一方、登熟適温より高温域では気温の上昇により収量の減少がみられることを示すものである。比較的近年に行われた林ら (2000)、林 (2001) の解析でも、先の報告と同様の結果が

得られている。このような登熟気温および日射量に対する収量の反応が多収品種についても定量的に把握できれば、出穂期と出穂後の気象条件をもとに、各栽培地における気象条件からみた潜在的な収量 (気象生産力示数 (村田 1966)、気候登熟量示数 (Hanyu ら 1966)) を推測することが可能となり、栽培適地や適作期の推定に利用できることが期待される (船場・矢島 1992)。しかし、過去のいずれの報告も日本で通常栽培されている日本型品種のデータをもとにして得られた結果であり、従来品種とは生態特性が異なる多収品種における関係性については明らかになっていない。

そこで本研究では、日本で育成された代表的な多収品種を対象に気象条件の異なる栽培地で得られた栽培データを収集し、登熟期の単位日射量当たり収量と登熟気温の関係に注目して解析を行い、収量と登熟期気象条件との関係における各品種の特徴を従来の日本型品種との比較を通じて明らかにしようとした。

### 材料と方法

日本で育成された多収品種を対象として、粗玄米重 (Y) を出穂後 40 日間積算日射量 (R) で除して得た値 (Y/R) と出穂後 40 日平均気温 (T) の関係を品種ごとに整理した。解析には、四国農業試験場 (所在地：香川県善通寺市、試験年次：1991~1996 年)、東北農業研究センター大仙研究拠点 (秋田県大仙市、2001~2007 年)、近畿中国四国農業研究センター (広島県福山市、2008~2014 年)、作物研究

第1表 解析に供したデータの栽培概要.

試験場所	所在地	試験年次	品種	移植時期 (月/旬)	窒素施肥量 (g m <sup>-2</sup> )
四国農試	香川県善通寺市	1991-96	タカナリ, (対照) 日本晴	5/中-6/下	12-18
東北農研	秋田県大仙市	2001-07	べこあおば, タカナリ, (対照) アキヒカリ	5/中	16
近中四農研 作物研	広島県福山市	2008-14	べこあおば, モミロマン, タカナリ, 北陸 193 号, (対照) 日本晴	5/中-6/下	17-20
	茨城県つくば市	2009-12	べこあおば, モミロマン, タカナリ, 北陸 193 号, (対照) 日本晴	5/中	9-18
中央農研北陸	新潟県上越市	2009-14	べこあおば, モミロマン, タカナリ, 北陸 193 号, (対照) 日本晴	4/下-6/上	17-18

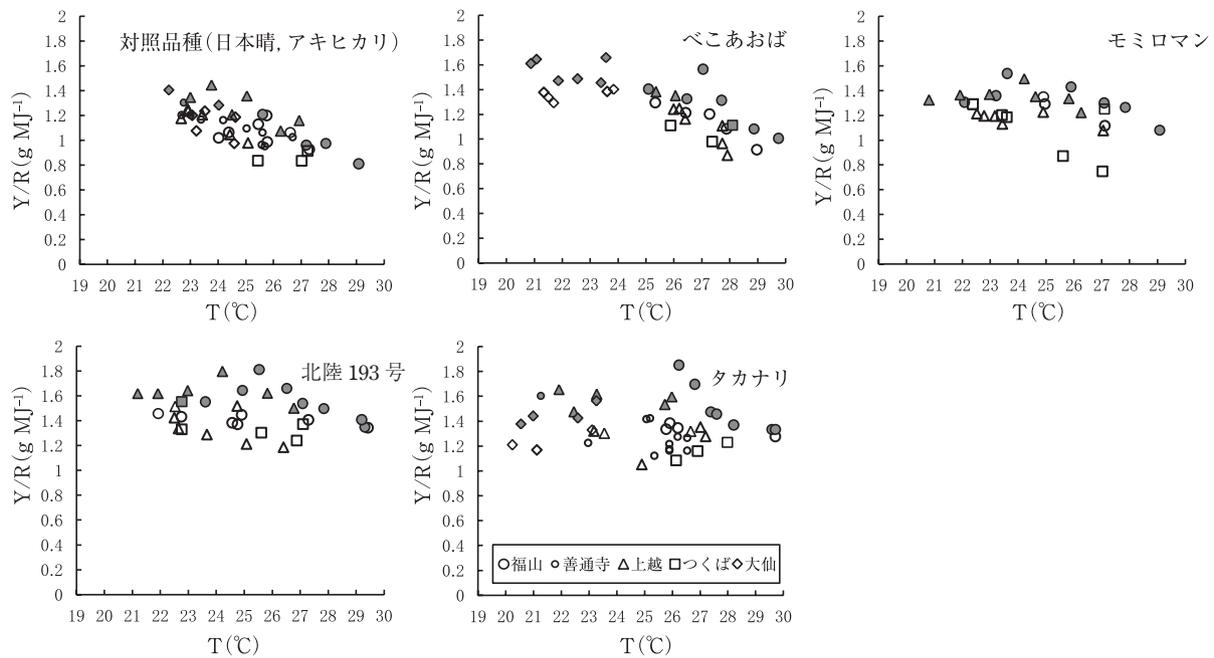
品種は試験年次内に1回でも供試したものを示す.

第2表 解析に供した収量および気象データの概要.

品種	栽培地	試験年次	移植時期 (月/旬)	出穂時期 (月/日)	n	出穂後40日間						収量 (Y)			Y/R		
						平均気温 (T) (°C)			積算日射量 (R) (MJ m <sup>-2</sup> )			平均	最大	最小	平均	最大	最小
対照品種 (アキヒカリ) (日本晴)	全体				43	24.9	29.1	22.2	626	808	457	689	858	527	1.11	1.45	0.81
	大仙	2001-07	5/中	7/28-8/4	7	23.6	24.6	22.2	656	777	530	776	858	733	1.19	1.41	0.97
	上越	2010-14	4/下-6/上	8/11-8/23	12	24.2	26.9	22.7	592	705	506	711	817	600	1.20	1.45	0.98
	つくば	2010-12	5/中	8/7-8/13	3	26.6	27.2	25.4	714	777	630	616	671	527	0.87	0.93	0.84
	福山	2008-14	5/中-6/下	8/4-8/24	11	26.3	29.1	24.0	673	808	590	688	766	641	1.03	1.21	0.81
	善通寺	1991-96	5/下-6/下	8/10-8/29	10	24.5	26.7	22.7	567	696	457	625	714	556	1.10	1.30	0.95
べこあおば	全体				33	25.5	29.7	20.9	675	850	517	846	979	634	1.27	1.66	0.87
	大仙	2001-05,07	5/中	8/5-8/14	11	22.3	23.8	20.9	615	677	517	897	972	833	1.47	1.66	1.29
	上越	2010-13	4/下-6/上	7/21-8/10	8	26.7	27.9	25.4	675	806	612	779	893	634	1.17	1.38	0.87
	つくば	2010-12	5/中	7/22-7/27	3	27.1	28.0	25.9	764	850	636	812	896	706	1.07	1.11	0.98
	福山	2008-14	5/中-6/下	7/20-8/18	11	27.3	29.7	25.1	710	839	603	853	979	753	1.22	1.56	0.91
モミロマン	全体				30	24.6	29.1	20.8	637	808	496	788	951	566	1.25	1.54	0.75
	上越	2009-14	4/下-6/上	8/8-8/29	13	23.9	27.1	20.8	583	714	496	738	829	604	1.27	1.50	1.08
	つくば	2009-12	5/中	8/8-8/15	7	24.5	27.1	22.4	697	765	647	778	916	566	1.12	1.29	0.75
	福山	2008-14	5/中-6/下	8/3-9/3	10	25.6	29.1	22.1	663	808	575	859	951	777	1.30	1.54	1.08
タカナリ	全体				43	25.2	29.7	20.2	654	834	470	882	1173	621	1.36	1.85	1.05
	大仙	2001-07	5/中	8/11-8/21	7	21.9	23.3	20.2	596	684	504	829	922	695	1.40	1.66	1.17
	上越	2010-13	4/下-6/上	8/5-8/20	11	24.7	27.2	21.9	617	749	514	867	1020	640	1.41	1.66	1.05
	つくば	2010-12	5/中	7/31-8/6	3	27.0	28.0	26.1	756	808	675	879	967	732	1.16	1.26	1.07
	福山	2008-14	5/中	7/30-8/5	11	27.6	29.7	25.8	729	834	545	1040	1173	930	1.44	1.85	1.28
	善通寺	1992-96	5/中-6/下	8/5-9/6	11	25.2	26.5	21.3	622	695	470	788	892	621	1.28	1.58	1.12
北陸 193 号	全体				37	25.0	29.4	21.2	649	810	512	947	1131	708	1.47	1.84	1.19
	上越	2009-14	4/下-6/上	8/8-8/27	13	23.9	26.8	21.2	585	697	512	865	1046	708	1.48	1.80	1.19
	つくば	2009-12	5/中	8/8-8/12	5	25.0	27.1	22.8	689	753	650	935	1017	847	1.38	1.55	1.24
	福山	2008-14	5/中-6/下	8/4-9/5	19	26.2	29.4	21.9	697	810	599	1029	1131	879	1.48	1.84	1.31

所(茨城県つくば市, 2009~2012年)および中央農業総合研究センター北陸研究センター(新潟県上越市, 2009~2014年)で行われた圃場試験において得られた値を用いた. 品種は日本型の大粒品種「べこあおば」(中込ら 2006), 日印交雑型の「モミロマン」(平林ら 2010), インド型の「北陸 193 号」(Gotoら 2009) および「タカナリ」(井辺ら 2004) とし, 対照とする日本型品種として東北農業研究センター大仙研究拠点では「アキヒカリ」, そのほかの栽培地では「日本晴」のデータを収集した. 各試験地での栽培

概要を第1表に示した. いずれの試験地とも稚苗~中苗程度の苗を手植え移植し, 多くの試験区で窒素施肥量が 12 g m<sup>-2</sup> 以上の多肥栽培により, 多収性が発揮されやすい条件で試験が行われていた. 収量はいずれも部分刈りによる粗玄米収量で, 含水率 15% に換算した値を用いた. 気象値は, 東北農業研究センター大仙研究拠点の気温は拠点内に設置されたアメダス, 日射量は秋田地方気象台の観測値を利用し, そのほかの試験地については各試験地内の気象観測装置による測定値を用いた.



第1図 多収品種における登熟期日射量当たり収量 (Y/R) 値と登熟気温 (T) の関係。

黒塗りの凡例は、回帰分析に用いた1℃ごとの温度階層区分に含まれるY/R値の上位2点を示す。

得られたデータについて、Hanyuら(1966)の手法を参考にTを1℃ごとに細分して各温度階層区分に含まれるY/R値の上位2点を抽出し、Hanyuら(1966)、林ら(2000)、林(2001)が得た以下の2次式への適合性を品種ごとに検討した。

$$Y/R_p = a - b(T - c)^2 \quad (1)$$

ここでY/R<sub>p</sub>は各温度階層のY/R最大値、a、b、cはパラメータである。得られた2次式および各パラメータ値については、品種間での比較を行った。

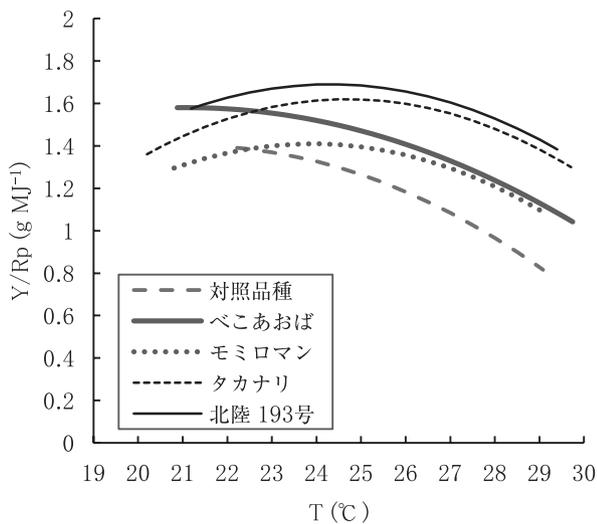
## 結 果

収集した気象および収量データの概要を第2表に示した。対照品種では2品種合計で43、多収品種では品種ごとに30~43の栽培データが収集された。Tは各品種ともおおむね22~29℃、Rは520~800 MJ m<sup>-2</sup>の範囲を中心に収集され、品種間で大差はなかった。YおよびY/Rの平均値は対照品種と比較して多収品種で高く、特に北陸193号の値が大きかったが、いずれの品種ともYおよびY/Rの変動が大きかった。栽培地間の気象条件および収量性の比較は試験年次や移植時期が多岐にわたっているために難しいものの、収集データの平均値で比較すると、Tは大仙で低く福山で高い傾向にあり、Rは上越、大仙、普通寺でやや低く、つくばと福山で高い傾向であった。一方、YおよびY/Rについては、対照品種と「べこあおば」は大仙で高く、「モミロマン」、「北陸193号」、「タカナリ」は福山での値が高い傾向にあった。

以上のようなデータについて、Tに対するY/Rの変動を

知るために両者の関係をプロットしたのが第1図である。品種間で比較すると、対照品種および「べこあおば」はTの上昇にともないY/Rが低下する傾向を示した。一方、「モミロマン」、「北陸193号」、「タカナリ」については、データ全体の分布としては明確な傾向がみられなかった。同じ気温条件でもY/Rに差がみられる要因として村田(1964)は栽培技術的、土壌的、あるいは災害の条件など日射と気温以外の条件の違いによることを考察しており、Hanyuら(1966)は、このような要因が除かれた場合は低いY/R値がより高い値へとシフトすると考え、Tの各温度階層の最大値に注目した解析を行っている。本研究でもこれと同様の考え方をもとにしてTの各温度階層の最大値(Y/R<sub>p</sub>)に注目したところ、「モミロマン」、「北陸193号」、「タカナリ」では24~25℃付近を最大としてそれよりも低温あるいは高温条件になるとY/R<sub>p</sub>が低下する傾向がみられた(第1図)。このようなTに対するY/R<sub>p</sub>の反応は、いずれの品種においても最大値を有する2次式で近似することが可能であり、得られた2次式を第2図において品種間で比較すると、Tが23℃を超える条件では対照品種と比較して多収品種のY/R<sub>p</sub>がいずれも高く、特に「北陸193号」と「タカナリ」が高い値を示した。一方、Tが23℃を下回る条件になると、「べこあおば」は対照品種と同様にTの低下に対してY/R<sub>p</sub>が高まる反応を示すのに対し、「モミロマン」、「北陸193号」、「タカナリ」ではY/R<sub>p</sub>の低下が認められるため、「北陸193号」および「タカナリ」では「べこあおば」との間で、また、「モミロマン」では対照品種との間で、それぞれ2次曲線の交差がみられた(第2図)。得られた2次式を(1)式の形で整理し、各パラメータ値を

求めて品種間で比較すると、2次式の最大値を示すパラメータ  $a$  値は対照品種の 1.40 に対して、「モミロマン」は 1.41 とほぼ同等であり、「べこあおば」、「タカナリ」、「北陸 193 号」は 1.58~1.69 と高い値を示した（第 3 表）。一方、 $Y/R_p$  の最大値が得られる  $T$  の値を示すパラメータ  $c$  値は対照品種で 21.2、「べこあおば」で 21.1 であったのに対し、「モミロマン」は 23.9、「北陸 193 号」では 24.3、「タカナリ」は 24.7 と、対照品種より高い値を示した。 $T$  の増減に対する  $Y/R_p$  の減少量に影響するパラメータ  $b$  値は対照品種で  $0.94 \times 10^{-2}$ 、「べこあおば」で  $0.72 \times 10^{-2}$  と低く、「北陸 193 号」、「モミロマン」、「タカナリ」では  $1.18 \times 10^{-2}$ ~ $1.28 \times 10^{-2}$  と高い値が得られた。これらのパラメータ値をもとに第 2 図における品種間の交点を求めたところ、「北陸 193 号」と「べこあおば」が交差する際の  $T$  値は 21.2 であり、「タカナリ」と「べこあおば」、および「モミロマン」と対照品種の場合ともに 22.5 であった。



第 2 図  $T$  に対する  $Y/R_p$  反応の品種間差。

Hanyu ら (1966) の手法を参考に、第 1 図における各温度階層の  $Y/R$  値の上位 2 点を用いて 2 次式を求めた。各曲線は本研究で収集した  $T$  値の範囲内で示す。

## 考 察

$T$  がおおむね 22~29°C の範囲で収集されたデータをもとに  $Y/R$  と  $T$  の関係を解析した結果、品種によっては  $T$  が同等の条件において  $Y/R$  値のばらつきが認められたものの、過去の報告 (Hanyu ら 1966, 林ら 2000, 林 2001) の手法に準じて  $T$  の各温度階層の最大値 ( $Y/R_p$ ) を抽出して検討すると、 $T$  に対する  $Y/R_p$  の反応は最大値を有する 2 次式で近似できることがいずれの品種においても確認された (第 1 図, 第 2 図, 第 3 表)。本研究では 22°C 未満のデータが少ないため過去の報告と単純に比較することは難しいものの、本研究で対照品種において得られた (1) 式のパラメータ値を、同様の手法で解析した林 (2001) の値 ( $a=1.28$ ,  $b=1.92 \times 10^{-2}$ ,  $c=21.9$ ) と比較すると、本研究で得られた  $a$  値は高く、 $b$  値は低く、 $c$  値はほぼ一致した。本研究で  $a$  値が高いのは、収集したデータが林 (2001) が農林水産省による作況調査データを利用しているのに対して、本研究では試験場で精密に管理された圃場での多肥栽培試験データを利用していること、また、 $b$  値が低いのは、林 (2001) の解析における  $T$  の分布幅 14~28°C と比較して本研究では 22~29°C と高温域側に限られており、低温域での  $Y/R_p$  の低下が考慮されていないことが関係しているためと推察された。一方、 $c$  値については、林ら (2000)、林 (2001) が得た 21.9 のほか、出穂後 40 日積算日照時間を用いて同様の解析を行った Hanyu ら (1966) の 21.4、8 月と 9 月の平均気温および同期間の日平均日射量を用いて解析した村田 (1966) の 21.5 とほぼ近い値が得られた。このように、対照品種において本研究で得た 2 次式は、過去の報告と照らし合わせてもおおむね妥当な結果が得られているものと判断された。

本研究で供試した多収品種の  $T$  に対する  $Y/R_p$  の反応について、第 2 図で品種ごとに得られた (1) 式のパラメータ値を対照品種と比較すると、 $a$  値は「べこあおば」、「タカナリ」、「北陸 193 号」では対照品種より高く、「モミロマン」では対照品種とほぼ同等であった (第 3 表)。一般品種と比較して多収品種では籾容量が大きく、収量ポテン

第 3 表 各温度階層の最大値を用いた回帰分析で得られた 2 次式のパラメータ値。

	$a$ ( $g MJ^{-1}$ )	$b$ ( $\times 10^{-2} g MJ^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$ )	$c$ ( $^\circ C$ )	$R^2$	$n$
対照品種	1.40	0.94	21.2	0.87	13
べこあおば	1.58	0.72	21.1	0.77	15
モミロマン	1.41	1.20	23.9	0.65	14
タカナリ	1.62	1.28	24.7	0.47	17
北陸 193 号	1.69	1.18	24.3	0.63	15

回帰分析には、 $T$  を 1°C ごとに細分して各温度階層区分に含まれる  $Y/R$  値の上位 2 点を抽出した値を用いた。 $a, b, c$  は第 2 図において得られた 2 次式

$$Y/R_p = a - b(T - c)^2$$

のパラメータ値、 $R^2$  は決定係数、 $n$  は 2 次式作成に用いた抽出データ数を示す。

シャルが高いために a 値が高まると推察されるが、「モミロマン」は籾容量が大きいものの登熟性が低く、「北陸 193 号」や「タカナリ」と比較して収量ポテンシャルが劣るために、これらの多収品種より a 値が低くなったものと考えられる (Yoshinaga ら 2013)。一方、c 値については、「べこあおば」では 21.1 と対照品種とほぼ一致していたのに対し、「モミロマン」、「タカナリ」、「北陸 193 号」は 23.9~24.7 と、対照品種と比較して 2.7~3.5 高い値を示した(第 3 表)。c 値は Y/Rp が最大となる T の値を示すことから、各品種の登熟適温と捉えることができる。Yoshida and Hara (1977) は、人工光気象室を用いたポット試験により登熟気温の異なる条件で千粒重の変動を調査し、インド型品種「IR20」では日本型品種「藤坂 5 号」と比較して千粒重が最大となる温度域が 3℃ 高いことを報告している。本研究でもインド型品種で登熟適温が 3℃ 程度高温域に存在するとみなされる点でほぼ同様の結果が得られたが、本研究ではさらに、「べこあおば」のように大粒性を有する品種でも日本型の生態型であれば従来の日本型品種に比較的近い特徴を示すこと、日本型とインド型の中間的な遺伝背景を有する日印交雑型品種「モミロマン」(山本ら 2010) についてはインド型に近い特徴を有することが明らかになった。(1) 式のパラメータ b 値については「べこあおば」で低く、「モミロマン」、「タカナリ」、「北陸 193 号」で高い値が得られた(第 3 表)。b 値が高い品種では気温条件が適温から外れた際の Y/Rp 減少程度が大きいことが考えられる。しかし、本研究では Y/Rp が最大となる T (パラメータ c) 値を下回るデータ数が品種により異なっている(第 1 図) ことが b 値の推定に影響している可能性が考えられたため、この値の品種間差についてはより広範な温度幅のデータを収集して検討する必要がある。

本研究で得られた結果をもとに、登熟期日射量を同一と仮定した場合の登熟気温に対する潜在的な収量レベルの変動を品種間で比較することで、個々の栽培地の登熟期気象条件下でより高収量を期待できる品種を効率よく選択できる可能性がある。第 2 図で示したように、T が 23℃ を超える条件ではインド型品種の「北陸 193 号」、「タカナリ」が他の品種と比較して安定して高い Y/Rp を示すとみられる一方、低温域ではこれらの品種の Y/Rp が低下し、「タカナリ」では 22.5℃、「北陸 193 号」では 21.2℃ を下回る T の条件になると「べこあおば」の Y/Rp の方が優位になると推測された。また、対照品種と「モミロマン」を比較した場合、T が 22.5℃ を下回る条件では対照品種の Y/Rp の方が「モミロマン」より優位になると予想される結果となった。これには、「モミロマン」ではインド型品種と同程度に低温域での Y/Rp の低下が生じることに加え、同品種の収量ポテンシャル ((1) 式におけるパラメータ a 値、第 3 表) が他の多収品種と比較して低いことが関係していると考えられる。ただし、本研究では対照品種において T が 22℃ 未満のデータが収集されていないため、詳細につ

いては今後の検証が必要である。

本研究では個々の品種ごとに解析を行ったため収集データ数が過去の解析事例と比較すると少なく、(1) 式の厳密なパラメータ値については今後データを積み重ねて精査する必要があるが、T に対する Y/Rp の反応が品種により異なることが本研究により明らかになった。両者の関係の定量化をさらに進めることで、栽培地の気象条件と出穂期をもとに潜在的な収量を推定することが可能となり、これを用いた地域の好適出穂期の推定等への利用が期待される(船場・矢島 1992)。また気候登熟量示数の概念は気温上昇等、将来の気候変動予測に対する水稻の収量変動予測への応用も行われている(林ら 2000、林 2001)。本研究の結果より、気象条件に対する多収品種の気候登熟量示数の反応は従来の日本型品種とは異なる挙動を示すと予想される。特に、気候温暖化が進む中ではインド型品種が有する登熟適温が高い特性の重要性が増す可能性があり、今後検討を進めていく予定である。

一方、水稻収量を左右する単位面積当たり籾数や稔実歩合は施肥量や出穂前の気象条件等に影響を受けることから、収量変動予測にはその影響程度や各品種の出穂特性、障害型冷害への耐性等を加味した検討も必要であろう。さらに、品種により登熟適温に差が生じる生理的メカニズムの解明も重要であるが、これらの点については今後の課題としたい。

## 引用文献

- 船場貢・矢島正晴 1992. 長崎県下の水稻作期策定に関する研究. 第 1 報. 長崎県下における好適出穂期予測のための気候登熟量示数の適用性について. 日作九支報 59: 48-51.
- Goto, A., Sasahara, H., Shigemune, A. and Miura, K. 2009. Hokuriku 193: a new high-yielding indica rice cultivar bred in Japan. JARQ 43 (1): 13-18.
- Hanyu, J., Uchijima, T. and Sugawara, S. 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 Natl. Agric. Exp. Stn. 34: 27-36.
- 林陽生・横沢正幸・鳥谷均・石郷岡康史・後藤慎吉・清野毅 2000. 温暖化における日本の水稻栽培に関する脆弱性の評価. 日本農業気象学会 2000 年度大会講演要旨. 400-401.
- 林陽生 2001. 温暖化が日本の水稻栽培に及ぼす影響 - 研究の現状と展望 -. 農及園 76: 539-544.
- 東正昭 1988. 水稻の超多収品種育種の現状と今後の課題. 農及園 63: 793-799.
- 平林秀介・根本博・安東郁男・加藤浩・太田久稔・佐藤宏之・竹内善信・石井卓朗・前田英郎・井辺時雄・出田収・平山正賢・岡本正弘・西村実・八木忠之・梶亮太 2010. 飼料用水稻品種「モミロマン」の育成. 作物研報 11: 31-47.
- 井辺時雄・赤間芳洋・中根晃・羽田丈夫・伊勢一男・安東郁男・内山田博士・中川宣興・古館宏・堀末登・能登正司・藤田米一・木村健治・森宏一・高橋謙治・上原泰樹・石坂昇助・中川原捷洋・山田利昭・古賀義昭 2004. 多用途向き多収品種「タカナリ」. 作物

研報 5: 35-51.

村田吉男 1964. わが国の水稲収量の地域性に及ぼす日射と気温の影響について. 日作紀 33: 59-63.

中込弘二・山口誠之・片岡知守・遠藤貴司・滝田正・東正昭・横上晴郁・加藤浩・田村泰章 2006. 直播栽培に適する稲発酵粗飼料専用品種「べこあおば」の育成. 東北農研報 106: 1-14.

山本敏央・米丸純一・江花薫子・矢野昌裕 2010. SNP アレイを用いて推定した日本の超多収稲品種群のゲノム構成. 育種学研究 12

(別 1): 18.

Yoshida, S. and Hara, T. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr. 23: 93-107.

Yoshinaga, S., Takai, T., Arai-Sanoh, Y., Ishimaru, T. and Kondo, M. 2013. Varietal differences in sink production and grain filling ability in recently developed high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Japan. Field Crops Res. 150: 74-82.

**Cultivar Difference in the Yield Response to Climatic Conditions after Heading Stage in High-Yielding Rice Cultivars** : Kenji NAGATA<sup>1)</sup>, Akihiro OHSUMI<sup>2)</sup>, Satoshi YOSHINAGA<sup>2)</sup> and Hiroshi NAKANO<sup>3)</sup> (<sup>1)</sup>NARO Western Region Agricultural Research Center, Fukuyama 721-8514, Japan; <sup>2)</sup>NARO Agricultural Research Center, <sup>3)</sup>Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat)

**Abstract** : We examined the cultivar difference in the relationship between rice grain yield per solar radiation (Y/R) and air temperature (T) during 40 days after heading using high-yielding cultivars Bekoaoba, Momiroman, Takanari and Hokuriku 193, and control cultivars Akihikari and Nipponbare. The relationship was regressed to a quadratic equation in all cultivars. The maximum Y/R in the equation was higher in Bekoaoba, Takanari and Hokuriku 193 than in the control cultivars. The T value at which the maximum Y/R was obtained was 21.1 in Bekoaoba, a japonica cultivar with a large grain size, and was similar to that in the control cultivars (21.2). In contrast, the T values in the indica cultivars Takanari and Hokuriku 193, and the indica-japonica cross Momiroman was 23.9–24.7, which was higher than in the control cultivars. We concluded that there is a cultivar difference in the response of Y/R to T, and that the optimum temperature during the grain filling period could be 3 degrees higher in Momiroman, Takanari and Hokuriku 193 than in Bekoaoba.

**Key words** : Air temperature after heading stage, Cultivar difference, Grain filling, Rice, Solar radiation, Yield.