

収量予測・情報処理・環境

# 宮城県における水稲玄米品質低下要因の解析 —気象要因の影響について—

宮野法近<sup>1,2)</sup>・国分牧衛<sup>2)</sup>

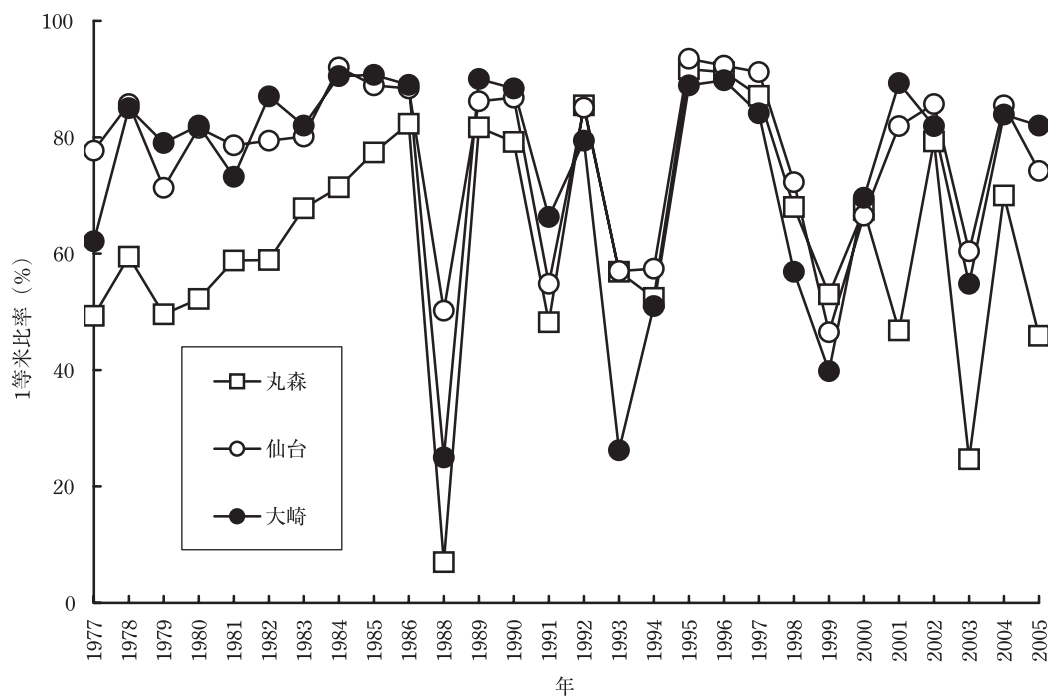
(<sup>1)</sup> 宮城県農業・園芸総合研究所, <sup>2)</sup> 東北大学大学院農学研究科)

**要旨**：近年、宮城県産米の玄米品質等級は東北の他県と比べ低くなる傾向があり、さらに年次によっては大きく低下する場合がある。特に宮城県の南部、いわゆる仙南地域の玄米品質等級の低さが指摘されている。この原因として仙南地域の登熟期の気象要因が玄米品質等級を低下させているのではないかと推察されてきたが、これまでその気象条件を詳細に検討した事例は少ない。そこで本研究では、宮城県における水稲玄米品質低下要因を明らかにするために、仙南地域を中心に過去 28 年間で 1 等米比率が大きく低下している年次について、幼穂形成期から出穂期、出穂期から 20 及び 40 日間における気温、日照時間の特徴を県内各地域と比較した。その結果、幼穂形成期から出穂期の日最低気温が 20℃ 以下の場合、出穂後 20 日間の日平均気温が 25℃ 以上でかつ日最低気温が 22～23℃ を越す場合には、地域を問わず玄米品質の低下が顕著であることが分かった。また、出穂期前に低温となった年次や出穂後高温となった年次のいずれにおいても、同程度の日最低気温に対する 1 等米比率は、仙南地域が他地域より低いことから、仙南地域の品質低下には気温以外の要因の関与も示唆された。幼穂形成期から出穂期の日最低気温が 20℃ 以下となった年次や、出穂後 20 日間の日平均気温が 25℃ でかつ日最低気温が 22～23℃ を越えなかった年次は、出穂後 20 日間の少日照が品質低下の要因と推定された。

**キーワード**：気温、玄米品質、日照時間、宮城県。

近年、わが国の水稲作では、登熟期の高温に起因する腹白米、背白米、心白米などの白未熟粒の発生増加が玄米品質の低下を招き全国的に問題となっている（寺島ら 1999,

井上 2003, 月森 2003, 河津ら 2007.）。宮城県においても 8 月上旬の出穂時に高温となることが多くなり、特に宮城県南部に位置し県内でも温暖な気候を示す仙南地域（白石



第 1 図 1977—2005 年における宮城県内各地域内の 1 等米比率 (1987 年除く)。  
東北農政局各地域化発表データによる。

第1表A 仙南地域の1等米比率が低かった年次における幼穂形成期～出穂期の日最低気温 (1977～1988)。

年	地域	1等米比率 (%)	日最低気温 (℃)		
			幼穂形成期 ～出穂期	減数分裂期 ～出穂期	幼穂形成期 ～減数分裂期
1977	丸森	49.3	20.5	21.5	18.9
	仙台	77.7	21.5	22.4	20.5
	大崎	62.1	20.9	21.6	20.2
1978	丸森	59.5	20.4	22.2	20.2
	仙台	85.7	22.7	23.9	21.2
	大崎	85.0	22.2	22.8	21.4
1979	丸森	49.6	20.0	22.1	17.3
	仙台	71.3	20.3	22.4	17.7
	大崎	79.0	19.9	21.2	18.2
1980	丸森	52.2	16.8	15.6	18.7
	仙台	81.6	17.9	17.0	19.0
	大崎	82.0	17.3	16.4	18.4
1981	丸森	58.8	19.4	18.9	20.3
	仙台	78.6	20.6	20.0	21.5
	大崎	73.2	19.7	18.6	20.9
1982	丸森	58.9	19.2	19.9	18.2
	仙台	79.4	19.6	20.2	19.0
	大崎	87.0	19.4	19.9	18.7
1983	丸森	67.8	20.4	21.3	19.1
	仙台	80.1	21.4	22.1	20.3
	大崎	82.0	21.1	21.9	20.0
1984	丸森	71.4	21.3	21.4	21.1
	仙台	92.0	22.7	23.6	21.6
	大崎	90.5	22.2	22.5	21.7
1985	丸森	77.4	20.9	22.1	19.4
	仙台	88.9	22.2	23.3	20.8
	大崎	90.7	21.3	22.5	19.9
1988	丸森	7.0	18.9	21.0	15.6
	仙台	50.2	19.7	22.2	16.2
	大崎	25.0	19.3	21.7	15.9

市、角田市、丸森町、蔵王町、柴田町、村田町、大河原町、川崎町、七ヶ宿町)では近年、他地域に比べ、登熟期の高温が原因と考えられる腹白米、乳白米、背白米など、いわゆる白未熟粒の発生が多く見られ、1等米比率低下の一要因とされている。現在、この仙南地域では約7900 haの水稲が作付されており、水稲作付面積において県全体約の約10%を占めている。これまで、この仙南地域の1等米比率が県内他地域に比べ、度々低くなることがあり宮城県産米の1等米比率を下げの一因となっていた。これらのことから、生産者、流通関係者からは、仙南米の品質劣化要因の解明と品質安定化対策が以前から強く望まれてきた。

宮城県の公設農業試験場では、毎年の作柄についてその年度の気象データ、土壌条件等から水稲の生育を分析する作柄解析を行っており、これまでは宮城県全体における玄

第1表B 仙南地域の1等米比率が低かった年次における幼穂形成期～出穂期の日最低気温 (1990～2005)。

年	地域	1等米比率 (%)	日最低気温 (℃)		
			幼穂形成期 ～出穂期	減数分裂期 ～出穂期	幼穂形成期 ～減数分裂期
1990	丸森	79.2	19.4	19.7	19.0
	仙台	86.8	20.4	21.1	19.3
	大崎	88.4	19.7	20.2	19.2
1991	丸森	48.2	19.8	20.9	18.2
	仙台	54.8	20.3	21.4	18.4
	大崎	66.3	19.5	20.8	17.7
1993	丸森	56.9	17.9	17.5	18.2
	仙台	57.0	18.2	18.5	17.6
	大崎	26.2	17.6	17.9	17.1
1994	丸森	52.4	20.7	21.7	19.3
	仙台	57.4	22.3	23.4	20.8
	大崎	51.0	21.8	23.0	20.1
1999	丸森	53.0	18.9	21.7	18.6
	仙台	46.5	22.0	23.4	20.0
	大崎	39.8	21.3	22.1	20.1
2001	丸森	46.8	20.3	20.6	20.1
	仙台	81.9	21.8	21.3	22.5
	大崎	89.3	20.6	19.9	21.6
2003	丸森	24.7	17.5	18.7	15.8
	仙台	60.4	18.7	20.5	16.0
	大崎	54.8	18.3	20.2	15.5
2004	丸森	70.0	20.4	21.0	19.4
	仙台	85.5	21.5	22.6	20.1
	大崎	83.9	20.9	21.8	19.7
2005	丸森	45.9	20.6	21.8	19.0
	仙台	74.2	21.4	22.4	19.8
	大崎	82.0	20.4	21.5	18.8

1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

米品質等級の低下は、出穂期前の低温少照、登熟期の少照が大きな要因とされてきた(宮城県農業センター 1984)。しかし、問題視されてきた仙南地域に着目した検討はあまり行われておらず、昭和50年度に宮城県農業センター(当時)による仙南米等級不良原因調査と、近年では佐々木(2006)による宮城県の玄米品質低下についての検討例が見られるだけである。仙南地域における玄米品質に関しては、ここ数年は登熟期の高温によると考えられる影響が見られるが、過去においては出穂期前後の低温によると考えられる品質低下の事例も見られる。このように仙南地域においては様々な生育ステージで気象(気温、日照)の影響を受けていると考えられるが、1等米比率が大きく低下した年次での気温、日照時間の影響については、いまだ不明な点が残されており、品質劣化を防止する手段を講じる上でも、品質低下要因の解明は極めて重要と考えられる。そこで、本報では仙南地域の玄米品質低下要因を解明するた

第2表A 仙南地域の1等米比率が低かった年次における1等米比率と出穂後40日間の気象条件（1977～1988）。

年	地域	1等米比率 (%)	出穂後20日間の平均				出穂後21日～40日の平均			
			日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)	日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)
1977	丸森	49.3	20.5	23.3	18.1	3.0	22.8	26.5	19.7	4.0
	仙台	77.7	21.4	24.3	19.1	2.4	22.5	25.8	19.7	3.4
	大崎	62.1	21.0	23.9	18.5	2.8	21.8	25.7	18.7	4.8
1978	丸森	59.5	26.0	30.7	22.0	7.7	21.2	26.3	16.2	7.2
	仙台	85.7	26.1	30.4	22.8	7.2	21.9	26.0	17.9	6.6
	大崎	85.0	25.6	30.3	22.0	6.1	21.2	26.1	16.8	6.4
1979	丸森	49.6	24.3	28.7	20.6	7.1	21.4	26.5	16.5	6.4
	仙台	71.3	25.0	28.8	21.7	7.4	22.6	27.1	18.7	6.6
	大崎	79.0	24.5	29.1	20.5	7.1	20.8	25.6	16.4	5.8
1980	丸森	52.2	20.7	23.5	18.4	1.8	20.7	24.9	17.3	4.7
	仙台	81.6	20.8	23.7	18.4	2.5	20.8	24.5	17.8	3.8
	大崎	82.0	20.8	23.7	17.9	3.7	20.3	23.7	16.6	5.6
1981	丸森	58.8	22.2	26.4	18.2	5.0	16.7	22.1	12.0	5.7
	仙台	78.6	22.4	26.4	18.2	5.7	18.2	22.3	14.5	5.6
	大崎	73.2	21.2	25.6	17.3	5.8	17.4	22.3	13.1	5.7
1982	丸森	58.9	23.7	27.3	20.8	3.6	19.3	23.2	16.0	3.7
	仙台	79.4	24.4	27.4	22.2	3.4	19.2	22.7	16.2	4.2
	大崎	87.0	24.5	28.1	22.0	4.5	18.4	22.4	14.7	4.9
1983	丸森	67.8	23.2	26.6	20.8	3.4	21.1	24.6	18.4	4.1
	仙台	80.1	23.4	26.5	21.1	3.3	20.8	23.9	18.5	2.9
	大崎	82.0	23.1	26.6	20.5	4.1	20.3	23.8	17.6	3.9
1984	丸森	71.4	25.1	29.0	21.2	7.9	20.2	24.8	16.4	4.9
	仙台	92.0	25.5	29.5	22.3	7.3	20.9	24.6	17.7	4.7
	大崎	90.5	25.2	29.9	21.6	7.1	20.0	23.7	16.6	4.7
1985	丸森	77.4	25.6	30.8	20.9	8.9	22.8	28.0	18.3	7.0
	仙台	88.9	26.0	30.4	22.9	8.6	23.1	27.5	19.6	7.0
	大崎	90.7	26.0	31.3	22.0	9.3	22.5	27.4	18.5	7.4
1988	丸森	7.0	23.8	26.9	21.6	2.6	19.7	23.4	16.7	2.4
	仙台	50.2	23.8	26.9	21.8	2.2	20.5	23.6	17.5	3.0
	大崎	25.0	23.9	27.6	21.8	2.4	19.9	23.7	16.7	3.5

めに、宮城県内でアメダスデータが記録されている1977年以降の過去28年間に於いて、玄米品質に影響を与えたと考えられる出穂期前（幼穂形成期、減数分裂期）および登熟期（出穂後40日間）の気象要因（気温、日照）を県内各地域間で比較し、1等米比率との関係について検討した。

### 材料と方法

対照地域は宮城県南部の丸森町、県中央部に位置する仙台市、県北部に位置する大崎市とし、それぞれの1等米比率は、丸森が県内ではやや低い、仙台は県のほぼ平均、大崎はやや高い傾向となっている。本報では1977年～2005年における仙南地域（丸森町を中心とする地域）の1等米比率が県内他地域と比べ著しく低くなっている年度における、気象条件（日平均気温、日最高気温、日最低気温、日

照時間）を比較した。なお、1987年は玄米等級データが欠落のため除外した。宮城県内の1等米比率については東北農政局の食料部各地域課（旧食料事務所）が公表しているデータを、気象値は県内に設置されているアメダス丸森、仙台、古川観測値を使用した。県内各地域の出穂期は、宮城県が実施している各年度の生育調査データを使用した。幼穂形成期、減数分裂期の判定はそれぞれ、幼穂形成期が出穂期から25日前、減数分裂期については出穂期から15日前とした。

### 結果と考察

#### 1. 地域別にみた1等米比率の年次変動と気象条件

1987年を除く1977年～2005年の28年間で、丸森が1等米比率の低かった年次は、1977、1978、1979、1980（冷害年）、1981、1982、1983、1984、1985、1988（冷害年）、

第2表B 仙南地域の1等米比率が低かった年次における1等米比率と出穂後40日間の気象条件 (1990~2005).

年	地域	1等米比率 (%)	出穂後20日間の平均				出穂後21日~40日の平均			
			日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)	日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)
1990	丸森	79.2	25.4	29.7	21.4	5.9	23.3	28.1	19.0	5.8
	仙台	86.8	26.1	30.4	23.2	6.3	24.3	28.2	20.8	5.5
	大崎	88.4	25.9	30.3	22.3	6.3	23.4	27.7	19.7	5.1
1991	丸森	48.2	21.3	24.4	18.9	2.2	22.3	26.6	18.7	4.7
	仙台	54.8	21.6	24.7	19.7	3.1	23.2	24.6	20.2	5.0
	大崎	66.3	21.9	25.5	19.5	2.7	22.6	26.9	19.1	4.7
1993	丸森	56.9	23.8	26.3	19.5	4.1	18.8	22.7	14.9	2.9
	仙台	57.0	23.8	25.7	19.6	4.5	19.6	23.4	16.1	4.0
	大崎	26.2	23.9	25.6	18.3	4.1	18.7	23.1	14.5	4.4
1994	丸森	52.4	27.6	32.9	22.8	8.3	23.6	28.1	19.7	5.2
	仙台	57.4	27.4	31.7	24.1	8.5	24.7	28.8	21.6	6.1
	大崎	51.0	27.1	31.9	23.1	6.9	24.3	29.4	20.3	5.2
1999	丸森	53.0	26.1	30.4	22.1	6.5	23.5	27.9	20.0	4.3
	仙台	46.5	26.3	29.7	23.6	6.8	24.0	27.7	21.1	4.5
	大崎	39.8	26.1	30.2	23.0	5.1	22.9	27.2	19.5	4.1
2001	丸森	46.8	21.2	24.3	18.3	2.1	21.1	24.4	18.0	2.6
	仙台	81.9	21.3	24.7	18.7	2.7	22.4	25.5	20.1	2.9
	大崎	89.3	21.0	24.6	17.8	2.4	21.8	25.4	18.7	3.1
2003	丸森	24.7	21.9	25.1	19.4	2.4	21.4	25.7	17.8	2.6
	仙台	60.4	21.4	24.3	19.1	2.4	22.0	25.8	18.9	3.4
	大崎	54.8	21.0	24.3	18.3	1.9	20.9	25.1	17.3	3.1
2004	丸森	70.0	25.1	31.2	19.8	7.1	21.0	25.7	16.5	3.8
	仙台	85.5	24.9	29.8	21.2	6.8	22.0	26.2	16.9	4.3
	大崎	83.9	23.8	29.1	19.7	6.4	20.9	25.6	16.9	4.1
2005	丸森	45.9	24.1	27.8	21.3	2.7	22.5	26.9	18.2	5.6
	仙台	74.2	24.6	28.0	22.5	2.5	23.7	27.5	20.3	5.8
	大崎	82.0	24.3	28.3	22.0	2.7	22.4	27.4	18.2	5.3

1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

1990, 1991, 1993 (冷害年), 1994, 1999, 2001, 2003 (冷害年), 2004, 2005 年であった (第1図)。1987 年以前は丸森が大きく落等している年次が続いている。丸森以外の地域が大きく落等することは冷害年を除けば少なかった。1992~2000 年は必ずしも丸森の1等米比率は低くないが、2001 年以降は再び丸森が大きく落等する頻度が高くなっている。これらの年次について、出穂期前 (幼穂形成期, 減数分裂期) および登熟期 (出穂後40日間) の気象要因 (気温, 日照) を調べたところ (第1表A, B, 第2表A, B), 気象条件による影響を受けたと考えられる時期, 温度が各年次で異なり, おおむね幼穂形成期~出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次, 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次, そのいずれにも該当しない年次に区分できた。そのため, それぞれ該当する年次についてもさらに詳しく検討を行った。

## 2. 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次における気象条件の解析

出穂後20日間の日平均気温が26℃を越えると乳白米発生率が増加し1等米比率が低下することが報告されている (近藤ら2006) が, 今回検討した県内3地域のうち, 仙南地域では出穂後20日間の日平均気温が25℃以上の年次で1等米比率の低下が見られた (第2表A, B)。このため, 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次について, 出穂後20日間及び出穂後21~40日間の気象条件を比較した (第3表)。出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次は, 1978, 1984, 1985, 1990, 1994, 1995, 1999 年で, この7カ年のうち全県的に玄米等級が低くなったのは1994, 1999 年であったが, この両年では丸森の等級が特異的に低くはなかった。そこで, まず県内全域において登熟期の高温によって玄米品質が低下したと見られる1994, 1999 年における気象条件について検討した。

第3表 仙南地域の1等米比率が低かった年次で出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次における1等米比率と出穂後40日間の気象条件。

年	地域	1等米比率 (%)	出穂後20日間の平均				出穂後21日～40日の平均			
			日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)	日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)
1978	丸森	59.5	26.0	30.7	22.0	7.7	21.2	26.3	16.2	7.2
	仙台	85.7	26.1	30.4	22.8	7.2	21.9	26.0	17.9	6.6
	大崎	85.0	25.6	30.3	22.0	6.1	21.2	26.1	16.8	6.4
1984	丸森	71.4	25.1	29.0	21.2	7.9	20.2	24.8	16.4	4.9
	仙台	92.0	25.5	29.5	22.3	7.3	20.9	24.6	17.7	4.7
	大崎	90.5	25.2	29.9	21.6	7.1	20.0	23.7	16.6	4.7
1985	丸森	77.4	25.6	30.8	20.9	8.9	22.8	28.0	18.3	7.0
	仙台	88.9	26.0	30.4	22.9	8.6	23.1	27.5	19.6	7.0
	大崎	90.7	26.0	31.3	22.0	9.3	22.5	27.4	18.5	7.4
1990	丸森	79.2	25.4	29.7	21.4	5.9	23.3	28.1	19.0	5.8
	仙台	86.8	26.1	30.4	23.2	6.3	24.3	28.2	20.8	5.5
	大崎	88.4	25.9	30.3	22.3	6.3	23.4	27.7	19.7	5.1
1994	丸森	52.4	27.6	32.9	22.8	8.3	23.6	28.1	19.7	5.2
	仙台	57.4	27.4	31.7	24.1	8.5	24.7	28.8	21.6	6.1
	大崎	51.0	27.1	31.9	23.1	6.9	24.3	29.4	20.3	5.2
1995	丸森	91.7	25.5	31.0	20.9	6.3	21.2	25.7	16.4	6.3
	仙台	93.5	26.2	30.4	22.7	6.1	21.7	25.4	18.2	6.1
	大崎	88.9	25.5	30.1	21.6	4.5	20.9	24.8	17.3	4.5
1999	丸森	53.0	26.1	30.4	22.1	6.5	23.5	27.9	20.0	4.3
	仙台	46.5	26.3	29.7	23.6	6.8	24.0	27.7	21.1	4.5
	大崎	39.8	26.1	30.2	23.0	5.1	22.9	27.2	19.5	4.1

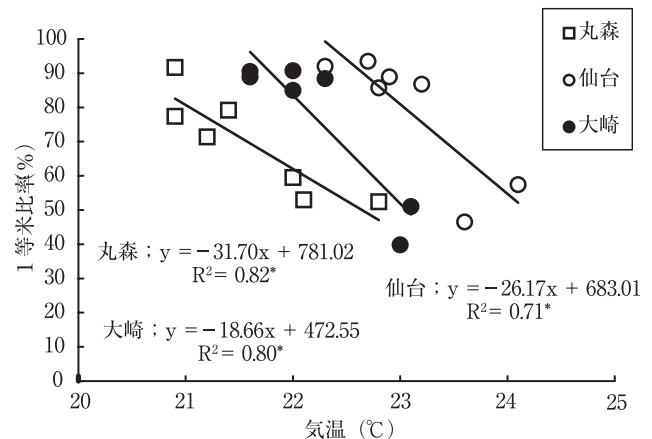
1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

### (1) 1994年

宮城県内3地域の1等米比率は丸森が52.4%、仙台が57.4%、大崎地域が51.0%であった。高温による玄米品質への影響が最も大きいと言われている出穂後20日間の日最高気温、日平均気温、日最低気温の平均は、それぞれ丸森が32.9、27.6、22.8℃、仙台が31.7、27.4、24.1℃、大崎が31.9、27.1、23.1℃（第3表）であった。丸森は他地域と比較し日最高気温は最も高いが、日最低気温が最も低かった。日照時間については1等米比率が最も高かった仙台で最も多かったが、丸森と殆ど差は無く、日照時間の影響は少ないと考えられた。これらのことから丸森が比較的1等米比率が高かったのは、他地域と比べて日最低気温が低かったためと考えられた。

### (2) 1999年

丸森の1等米比率は53.0%であった。仙台は46.5%、大崎が39.8%であった。出穂後20日間の日最高気温、日平均気温、日最低気温の平均は、それぞれ丸森が30.4、26.1、22.1℃、仙台が29.7、26.3、23.6℃、大崎が30.2、26.1、23.0℃であった。日照時間は丸森が6.5時間、仙台が6.8時間、大崎が5.1時間であった。丸森は県内で最も日最高気温が高かったが、1994年同様に日最低気温が他地域より低くなっており、1999年についても出穂



第2図 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次の出穂後20日間の日最低気温と1等米比率との関係。

\*5%水準で有意。

後20日間の日最低気温の違いが等級に影響を与えたものと考えられた。

このため、出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次における出穂後20日間の日最低気温と1等米比率との関係について各地域別に検討した（第2図）。その結果、各地域において出穂後20日間の日最低気温と1等米

第4表 仙南地域の1等米比率が低かった年次で幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次における1等米比率と幼穂形成期～出穂期の日最低気温.

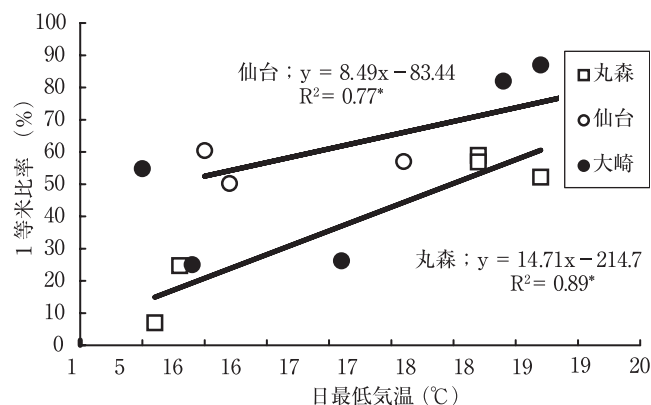
年	地域	1等米比率 (%)	日最低気温 (℃)		
			幼穂形成期 ～出穂期	減数分裂期 ～出穂期	幼穂形成期 ～減数分裂期
1980	丸森	52.2	16.8	15.6	18.7
	仙台	81.6	17.9	17.0	19.0
	大崎	82.0	17.3	16.4	18.4
1982	丸森	58.9	19.2	19.9	18.2
	仙台	79.4	19.6	20.2	19.0
	大崎	87.0	19.4	19.9	18.7
1988	丸森	7.0	18.9	21.0	15.6
	仙台	50.2	19.7	22.2	16.2
	大崎	25.0	19.3	21.7	15.9
1993	丸森	56.9	17.9	17.5	18.2
	仙台	57.0	18.2	18.5	17.6
	大崎	26.2	17.6	17.9	17.1
2003	丸森	24.7	17.5	18.7	15.8
	仙台	60.4	18.7	20.5	16.0
	大崎	54.8	18.3	20.2	15.5
1995 (参考)	丸森	91.7	20.0	20.8	19.0
	仙台	93.5	21.4	22.5	19.8
	大崎	88.9	20.7	21.7	19.4

1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

比率との間には負の相関があり、それぞれ地域毎にその温度域は異なっていた。出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次では、出穂後20日間の日最低気温の低い地域で1等米比率が高くなる傾向があった。1等米比率に影響を及ぼす日最低気温の温度域が各地域で異なっており、同一年次であっても、丸森が最も低い温度で影響を受けていると考えられた。

一方で、出穂後21日～40日の気温の影響も考えられたので、出穂後21～40日における気温について検討した(第3表)。日最高気温、日平均気温、日最低気温、日照時間と1等米比率との関係について検討を行ったが、各地域どの組み合わせにおいても明確な関係は見られなかった。

これらのことから、出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次では県内各地域において出穂後20日間の日最低気温が玄米品質に大きく影響しており、地域によって影響を受ける温度域が異なっていることが示唆された。これまで、出穂後20日間の日平均気温が27～28℃(寺島ら2001, 若松2007)、あるいは26℃(近藤ら2006)を越えた場合、また、日最低気温が22℃を越える(島根県農業試験場2001, 月森2003)と、乳白米発生率が増加し、1等米比率が低下することが報告されているが、今回の検討の結果、問題となっている仙南地域では、出穂後20日間の日平均気温が25℃を越え、かつ、日最低気温が22℃を越える場合に1等米比率の低下が助長されるものと考え



第3図 幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次の幼穂形成期から減数分裂期における日最低気温と1等米比率との関係。

\* 5%水準で有意。

られた。

### 3. 幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次における気象条件の解析

幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下の年次であった1980, 1982, 1988, 1993, 2003年について、幼穂形成期～出穂期、減数分裂期～出穂期、幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温と1等米比率との関係を検討した(第

第5表 仙南地域の1等米比率が低かった年次で幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次における1等米比率と出穂後40日間の気象条件.

年	地域	1等米比率 (%)	出穂後20日間の平均				出穂後21日～40日の平均			
			日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)	日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)
1980	丸森	52.2	20.7	23.5	18.4	1.8	20.7	24.9	17.3	4.7
	仙台	81.6	20.8	23.7	18.4	2.5	20.8	24.5	17.8	3.8
	大崎	82.0	20.8	23.7	17.9	3.7	20.3	23.7	16.6	5.6
1982	丸森	58.9	23.7	27.3	20.8	3.6	19.3	23.2	16.0	3.7
	仙台	79.4	24.4	27.4	22.2	3.4	19.2	22.7	16.2	4.2
	大崎	87.0	24.5	28.1	22.0	4.5	18.4	22.4	14.7	4.9
1988	丸森	7.0	23.8	26.9	21.6	2.6	19.7	23.4	16.7	2.4
	仙台	50.2	23.8	26.9	21.8	2.2	20.5	23.6	17.5	3.0
	大崎	25.0	23.9	27.6	21.8	2.4	19.9	23.7	16.7	3.5
1993	丸森	56.9	23.8	26.3	19.5	4.1	18.8	22.7	14.9	2.9
	仙台	57.0	23.8	25.7	19.6	4.5	19.6	23.4	16.1	4.0
	大崎	26.2	23.9	25.6	18.3	4.1	18.7	23.1	14.5	4.4
2003	丸森	24.7	21.9	25.1	19.4	2.4	21.4	25.7	17.8	2.6
	仙台	60.4	21.4	24.3	19.1	2.4	22.0	25.8	18.9	3.4
	大崎	54.8	21.0	24.3	18.3	1.9	20.9	25.1	17.3	3.1

1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

4表)。

幼穂形成期～出穂期、減数分裂期～出穂期の日最低気温と1等米比率の間にはどの地域についても明確な相関は見られなかったが、幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温と1等米比率との間には、丸森と仙台において正の相関が見られた(第3図)。すなわち、丸森、仙台ともに幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温が高い年次ほど1等米比率が高くなる傾向が見られたが、大崎においては明確な相関は見られなかった。また、仙台と丸森を比較すると、同様な低温条件下においても、1等米比率は丸森において顕著に低いことが分かった。

あわせて、出穂後40日間の気象条件による影響も検討した(第5表)。出穂後20日間および同21～40日の気象要素と1等米比率との間には、各地域において明確な傾向は見られなかった。

#### 4. 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上でも、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下でもなかった年次の気象条件の解析

出穂後20日間の日平均気温が25℃以上でも、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下でもなかった年次で、1等米比率の低かった1977, 1979, 1981, 1983, 1984, 1991, 2001, 2004, 2005年の9ヵ年について出穂後40日間の気象条件を検討した(第6表)。

この9ヵ年において、出穂後20日間の日照時間と1等米比率との関係を調べたところ、丸森では出穂後20日間の日最低気温が20℃以上の場合と20℃未満の場合では、1等米比率と日照時間との関係が異なっていることが分かつ

た(第4図)。一方、他地域ではこのような関係は見られなかった。丸森で出穂後20日間の日平均気温が25℃以上でも、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下でもなかった年次で、出穂後20日間の日最低気温が20℃以上の場合では明確な相関は見られなかったが、出穂後20日間の日最低気温が20℃未満の場合は、出穂後20日間の日照時間が長いほど1等米比率が高くなる正の相関が見られた。

#### 5. 県内各地域における登熟全期間の気温と品質との関係

これまで、宮城県における玄米品質の低下原因については、幼穂形成期～出穂期の低温、出穂期前後の高温が大きな要因と考えられてきた(宮城県農業センター1984)が、今回、過去28年間における仙南地域の1等米比率が大きく低下した年次について、気象条件と1等米比率の関係を検討した結果、出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次では出穂後20日間の日最低気温、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次では幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温、それ以外の年次については出穂後20日間の日照時間の影響が示唆され、仙南地域における玄米品質低下をもたらす気象要因は第7表のように要約される。

しかし、丸森の幼穂形成期～出穂期、出穂後40日間の気象条件は、比較を行った県内他地域と比べ特別不良であるとは言えず、丸森において影響が示唆された期間の温度、日照についても、他地域と比べて大きな違いはなかった。このことは、丸森では他地域と比較して、出穂期前後が同様な気象条件でも1等米比率が低下しやすい(影響を受け

第6表 仙南地域の1等米比率が低かった年次で出穂後20日間の日平均気温が25℃以上、幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下、以外の年次における1等米比率と出穂後40日間の気象条件.

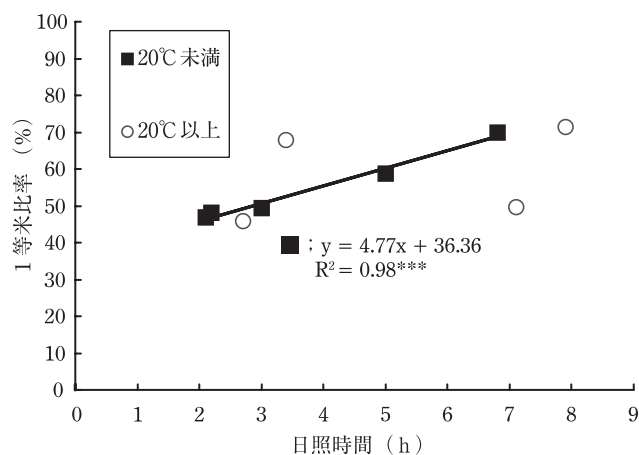
年	地域	1等米比率 (%)	出穂後20日間の平均				出穂後21日～40日の平均			
			日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)	日平均気温 (℃)	日最高気温 (℃)	日最低気温 (℃)	日照時間 (h/日)
1977	丸森	49.3	20.5	23.3	18.1	3.0	22.8	26.5	19.7	4.0
	仙台	77.7	21.4	24.3	19.1	2.4	22.5	25.8	19.7	3.4
	大崎	62.1	21.0	23.9	18.5	2.8	21.8	25.7	18.7	4.8
1979	丸森	49.6	24.3	28.7	20.6	7.1	21.4	26.5	16.5	6.4
	仙台	71.3	25.0	28.8	21.7	7.4	22.6	27.1	18.7	6.6
	大崎	79.0	24.5	29.1	20.5	7.1	20.8	25.6	16.4	5.8
1981	丸森	58.8	22.2	26.4	18.2	5.0	16.7	22.1	12.0	5.7
	仙台	78.6	22.4	26.4	18.2	5.7	18.2	22.3	14.5	5.6
	大崎	73.2	21.2	25.6	17.3	5.8	17.4	22.3	13.1	5.7
1983	丸森	67.8	23.2	26.6	20.8	3.4	21.1	24.6	18.4	4.1
	仙台	80.1	23.4	26.5	21.1	3.3	20.8	23.9	18.5	2.9
	大崎	82.0	23.1	26.6	20.5	4.1	20.3	23.8	17.6	3.9
1984	丸森	71.4	25.1	29.0	21.2	7.9	20.2	24.8	16.4	4.9
	仙台	92.0	25.5	29.5	22.3	7.3	20.9	24.6	17.7	4.7
	大崎	90.5	25.2	29.9	21.6	7.1	20.0	23.7	16.6	4.7
1991	丸森	48.2	21.3	24.4	18.9	2.2	22.3	26.6	18.7	4.7
	仙台	54.8	21.6	24.7	19.7	3.1	23.2	24.6	20.2	5.0
	大崎	66.3	21.9	25.5	19.5	2.7	22.6	26.9	19.1	4.7
2001	丸森	46.8	21.2	24.3	18.3	2.1	21.1	24.4	18.0	2.6
	仙台	81.9	21.3	24.7	18.7	2.7	22.4	25.5	20.1	2.9
	大崎	89.3	21.0	24.6	17.8	2.4	21.8	25.4	18.7	3.1
2004	丸森	70.0	25.1	31.2	19.8	7.1	21.0	25.7	16.5	3.8
	仙台	85.5	24.9	29.8	21.2	6.8	22.0	26.2	16.9	4.3
	大崎	83.9	23.8	29.1	19.7	6.4	20.9	25.6	16.9	4.1
2005	丸森	45.9	24.1	27.8	21.3	2.7	22.5	26.9	18.2	5.6
	仙台	74.2	24.6	28.0	22.5	2.5	23.7	27.5	20.3	5.8
	大崎	82.0	24.3	28.3	22.0	2.7	22.4	27.4	18.2	5.3

1等米比率は東北農政局食料部各地域課発表データによる。気象データは気象庁が公表しているアメダスデータを使用。

易い) 事を意味している。

このため、今後は出穂期前後が同様な気象条件でも1等米比率が低下しやすくなる(影響を受け易い)原因についても検討を行う必要があると考えられる。

1等米比率へ影響を及ぼす要因については、気象要因だけでなく品種や栽培条件による影響も考えられたため、県内各地におけるこれまでの品種の変遷や移植時期、施肥量についても検討したが、今回検討した過去28年間における丸森と他地域の品種構成は、1993年以降は県内他地域とほぼ同じであった。1993年までは丸森も他地域もササニシキの作付け割合が最も高くなっている。しかし、丸森においては早生品種の割合が若干高い年次もあるため、品種構成の影響については今後の検討課題の一つとして残された。移植時期や施肥量については、県内各地間で過去28年間では大きく異なっていないが、その影響についても今後詳細な検討が必要と考えられた。



第4図 仙南地域の1等米比率が低かった年次で丸森における出穂後20日間の日平均気温が25℃以上、幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下以外の年次での出穂後20日間の日最低気温が20℃以上と20℃未満の年次の日照時間と1等米比率の関係。  
\*\*\* 0.1%水準で有意。

第7表 仙南地域における低等級年における気象条件と1等米比率の傾向.

温度区分	幼穂形成期～減数分裂期	出穂後20日		1等米比率 の傾向
	日最低気温	日最低気温	日照時数	
出穂期前低温年	高	—	—	上がる
	低	—	—	下がる
登熟期高温年	—	高	—	下がる
	—	低	—	上がる
登熟期高温年以外	—	—	多	上がる
	—	—	少	下がる

出穂期前低温年は幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年.

登熟期高温年は出穂後20日間の平均気温が25℃以上であった年.

また、高温による玄米品質低下要因には、作物側の品種や栄養状態、栽培条件など様々な要因が関係しているとの報告（松村 2006）や、宮城県における移植時期と初期生育の問題点も指摘（佐々木 2006）されており、今後は、今回解析対象とした期間以外である、移植以後の天候、土壌条件、施肥条件、水管理などの栽培条件の差が玄米品質に及ぼす影響について検討を進め、仙南地域産米、さらには宮城県産米の品質向上へつなげていきたい。

## 引用文献

- 井上健一 2003. 高温のイネ生産への影響と技術的対策－福井県の場合－. 日作紀 72(別2) : 440－445.
- 河津俊作・本間香貴・堀江武・白岩立彦 2007. 近年の日本における稲作気象の変化とその水稲収量・外観品質への影響. 日作紀 76 : 423－432.
- 近藤始彦・森田敏・長田健二・小山豊・上野直也・細井淳・石田義樹・山川智大・中山幸則・吉岡ゆう・大橋善之・岩井正志・大平陽一・中津紗弥香・勝場善之助・羽嶋正恭・森芳史・木村浩・坂田雅正 2006. 水稲の乳白粒・基白粒発生と登熟気温および玄米タンパク含有率との関係. 日作紀 75(別2) : 14－15.
- 松村修 2006. 高温登熟性を向上する. 農及園 81 : 96－101.
- 宮城県農業センター 1984. 宮城農セ臨時報 15 : 46.
- 佐々木武彦 2006. 宮城県内の稲作で起きている玄米品質の低下. 日作東北支報 49 : 11－14.
- 島根農業試験場 2001. 高温登熟条件下における乳白粒発生を抑制する「コシヒカリ」の適正初数. 平成 13 年度近畿中国農業研究成果情報 : 89－90.
- 寺島一男・齋藤祐幸・酒井長雄・渡辺富男・尾形武文・秋田重誠 2001. 1999年の夏季高温が水稲の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70 : 449－458.
- 月森寛 2003. 島年県における高温のイネ生産への影響と技術的対策. 日作紀 72(別2) : 434－439.
- 若松謙一・佐々木修・上蘭一郎・田中明男 2007. 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76 : 71－78.

**Analysis of Climatic Conditions Responsible for Degradation of Rice Grain Quality in Miyagi Prefecture, Japan :** Norichika MIYANO<sup>1,2)</sup> and Makie KOKUBUN<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>Miyagi Pref. Agr. and Hort. Res. Cent., Natori 981-1243, Japan; <sup>2)</sup>Grad. Sch. of Agr. Sci., Tohoku Univ.)

**Abstract :** The percentage of the first grade rice grain is generally lower in Miyagi prefecture than in other prefectures of Tohoku district ; it is particularly low in the Sennan area in southern Miyagi prefecture. However, the reason for the inferior grain quality in the Sennan area has not been clarified. We examined the climatic factors responsible for the regional difference in the degradation of rice grain quality in Miyagi, particularly in the Sennan area. Meteorologic data (temperature, sunshine hours) during specific growth stages (panicle formation stage, 20 days after heading, and 40 days after heading) in the past 28 years were compared among several regions in Miyagi. Regardless of the region, degradation was marked when daily minimum air temperature during panicle formation stage was below 20℃, or when the average of daily mean and minimum temperatures for 20 days after heading exceeded 25℃ and 22-23℃, respectively. Even in such years, the first grade grain percentage was significantly lower in the Sennan area than in the other order areas, suggesting that unknown factors other than air temperature are responsible for the degradation of rice quality in this area. When daily minimum temperature during panicle formation stage declined below 20℃, or when the average of daily mean and minimum temperatures for 20 days after heading did not exceed 25℃ and 22-23℃, respectively, the degradation of rice quality in the Sennan area appeared to be caused by fewer sunshine hours during the 20 days after heading.

**Key words :** Air temperature, Grain quality, Miyagi prefecture, Sunshine hours.