

研究資料

東北地域における2010年産米の品質低下要因と対策技術

白土 宏之^{*1)}・清藤 文仁^{*2)}・市田 忠夫^{*2)}・木村 利行^{*2)}
 石岡 将樹^{*2)}・菅原 浩視^{*3)}・吉田 宏^{*4)}・浅野 真澄^{*5)}
 菅野 博英^{*5)}・佐藤 一良^{*5)}・松本 眞一^{*6)}・佐藤 雄幸^{*6)}
 三浦 恒子^{*6)}・金 和裕^{*6)}・結城 和博^{*7)}・早坂 剛^{*7)}
 本間 猛俊^{*8)}・今田 孝弘^{*9)}・藤田 智博^{*10)}・神田 英司^{*11)}
 大平 陽一^{*1)}・山口 弘道^{*1)}

抄 録：東北地域における2010年の1等米比率は岩手県を除き70%から75%であり、過去10年の東北地域の平均87%に対して低かった。今後の高温障害対策のために、東北各県の2010年産米の品質の実態を示した上で、品質に影響した要因を解析し、対策技術について検討した。2等以下の主な格付け理由は、青森県や秋田県では玄米の充実度不足で、宮城県、山形県、福島県では、白未熟粒であった。東北地域における2010年夏季の気温は平年差+2.3℃と1950年以来第1位の高温であった。米の主要産地の多くで、8月の平均気温が26℃を超えており、高温が品質低下の主要因と考えられた。しかし、県間の1等米比率の違いは気温だけでは説明できず、各県の主要品種の高温障害に対する耐性の違いがその一因と推察された。有効な対策技術として、高温耐性品種の栽培、遅植え、穂肥施用、斑点米カメムシ対策、登熟期の掛け流し灌漑、早期落水防止、適期収穫等が挙げられた。2010年の特徴として、草丈が長く推移したため穂肥施用が控えられて品質低下を助長したことがあったことと、8月の高温と収穫期の降雨により、出穂期から刈取期の積算気温が1,200℃・日を大きく超え、刈遅れの事例が認められたことが指摘された。

キーワード：水稻、高温障害、品質、1等米比率、充実度不足、心白、腹白、積算気温

Factors and Technologies Affecting Rice Grain Quality in the Tohoku Region in 2010 : Hiroyuki SHIRATSUCHI^{*1)}, Fumihito SEITO^{*2)}, Tadao ICHITA^{*2)}, Toshiyuki KIMURA^{*2)}, Masaki ISHIOKA^{*2)}, Hiromi SUGAWARA^{*3)}, Hiroshi YOSHIDA^{*4)}, Masumi ASANO^{*5)}, Hiroei KANNO^{*5)}, Kazuyoshi SATO^{*5)}, Shinichi MATSUMOTO^{*6)}, Yuko SATO^{*6)}, Chikako MIURA^{*6)}, Kazuhiro KON^{*6)}, Kazuhiro YUKI^{*7)}, Tsuyoshi HAYASAKA^{*7)}, Taketoshi HONMA^{*8)}, Takahiro KONTA^{*9)}, Satohiro FUJITA^{*10)}, Eiji KANDA^{*11)}, Youichi OHDAIRA^{*1)} and Hiromichi YAMAGUCHI^{*1)}

- * 1) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Shimofurumichi, Yotsuya, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
- * 2) 青森県産業技術センター農林総合研究所 (Aomori Prefectural Industrial Research Center Agricultural Research Institute, Tanaka, Kuroishi, Aomori 036-0522, Japan)
- * 3) 岩手県農業研究センター (Iwate Agricultural Research Center, Narita, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan)
- * 4) 岩手県農業研究センター県北農業研究所 (Iwate Agricultural Research Center Kenpoku Agricultural Institute, Sannai, Karumai, Kunohe, Iwate 028-6222, Japan)
- * 5) 宮城県古川農業試験場 (Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station, Fukoku, Oosaki, Furukawa, Miyagi 989-6227, Japan)
- * 6) 秋田県農林水産技術センター農業試験場 (Akita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center Agricultural Experiment Station, Genpachizawa, Aikawa, Yuuwa, Akita 010-1231, Japan)
- * 7) 山形県農業総合研究センター水田農業試験場 (Yamagata Integrated Agricultural Research Center Rice Breeding and Crop Science Experiment Station, Yamanomae, Fujishima, Tsuruoka, Yamagata 999-7601, Japan)
- * 8) 山形県庁 (Yamagata Prefectural Government, Matsunami, Yamagata, Yamagata 990-8570, Japan)
- * 9) 山形県農業総合研究センター (Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Minorigaoka, Yamagata, Yamagata 990-2372, Japan)
- * 10) 福島県農業総合センター (Fukushima Agricultural Technology Centre, Shimonakamichi, Takakura, Hiwada, Koriyama, Fukushima 963-0531, Japan)
- * 11) 農研機構 東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Akahira, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0198, Japan)

2011年9月21日受付、2012年1月16日受理

Abstract : Except in Iwate prefecture, the percentage of first-grade rice grains was lower throughout the Tohoku region in 2010 than the average for the past 10 years. This study examines grain quality and factors affecting grain quality, with a discussion of methods to improve grain quality in the Tohoku region. The reason for the assignment of the second or lower grade was the presence of immature grains in Aomori and Akita, while in Miyagi, Yamagata, and Fukushima, the rice crop had many white-core and white-belly grains. The mean air temperature in the summer of 2010 in Tohoku was higher than normal by 2.3°C. The mean air temperature was higher than 26°C in most of the main rice production areas, suggesting that high temperatures degraded the grain quality. In some cases, top-dressing was applied insufficiently because the shoots were longer than usual, which seemed to exacerbate the grain damage caused by high temperatures. Differences in grain quality among the six prefectures are apparently attributable to differences in the high-temperature tolerance of the main varieties in each prefecture as well as to differences in temperature. Moreover, the cumulative air temperature from heading to harvest in 2010 was much higher than 1200°C·day, reflecting a late harvest. Methods that improved grain quality include the use of high-temperature-tolerant varieties, late transplanting, top dressing, control of rice-ear bugs, continuous irrigation, late drainage, and harvest at the proper time.

Key Words : Rice, High temperature damage, Grain quality, First grade percentage, Immature grain, White-core grain, White-belly grain, Cumulative air temperature

目 次

I 青森県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	68	VI 福島県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	93
II 岩手県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	76	VII 東北地域における2010年夏季の気象経過と その特徴	101
III 宮城県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	80	VIII 東北地域における2010年産米の品質低下要因 ...	106
IV 秋田県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	84	IX 東北地域における高温障害対策技術と今後の 課題	111
V 山形県における2010年産米の品質低下要因と 対策技術	88	X 用語の定義	116

I 青森県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

青森県の2010年産米の品質は近年では最も劣り、2等米以下に格付された理由は「充実度」、「着色粒(カメムシ類)」、「着色粒(その他)」の順であった。また、品種別の1等米比率は、例年、良質米生産実績が高い津軽地域(日本海側)での主要作付品種である「つがるロマン」が低くなり、津軽地域より気象条件が厳しい南部・下北地域(太平洋側、県南地域)の主要作付品種「まっしぐら」では「つがるロマン」ほどの品質低下はみられなかった(表1~3)。収量についても、津軽地域が10a当たり586kgの

表1 水稲うるち米の1等米比率

年度	2010年度	2009年度	2008年度	2007年度	2006年度
1等米比率(%)	71.7	91.6	89.1	83.0	81.2

青森農政事務所(2011年3月末日現在)。

表2 主な格付け理由

格付け理由	2等以下(%)	総検査数量に対する割合(%)
充実度	36.0	10.2
着色粒(カメムシ類)	33.9	9.6
着色粒(その他)	10.8	3.1

青森農政事務所(2011年3月末日現在)。

作況指数「97」、南部・下北地域が10 a 当たり566kgの作況指数「105」であったように、2010年は例年、収量・品質の年次変動の小さい津軽地域で品質低下が大きく、減収が目立った（表4）。

2 気象

2010年の稲作期間（4月～10月）の半旬別気象図を示した（図1、黒石アメダス：農林総合研究所、十和田アメダス：農林総合研究所藤坂稲作研究部）。両地点とも5月は寒暖の差が大きかったが、6月第3半旬以降9月上旬までの最高及び最低気温は平年

表3 品種別検査結果（%）

品種	1等	2等	3等	規格外
つがるロマン	63.4	35.2	1.4	0.1
まっしぐら	79.4	18.7	1.7	0.2

青森農政事務所（2011年3月末日現在）。

表4 水稻の作柄表示地帯別収量

区分	収量 (kg/10 a)	作況指数
青森	578	100
（青森）	571	101
（津軽）	586	97
（南部・下北）	566	105

東北農政局（2010年）。

を大きく上回った。また、この間の日照時間は、黒石では6月第3半旬以降8月第1半旬まで連続的に平年を下回ったのに対し、十和田では少照傾向ではあったものの平年を上回る時期もみられた。降水量は十和田で6月第4半旬が平年に比べかなり多く、大部分の圃場で刈取適期となった9月中旬では両地点ともかなり多かった。

黒石（農林総合研究所作況試験）の「つがるロマン」及び十和田（藤坂稲作部作況試験）の「まっしぐら」を基に、水稻の生育時期別の気象推移をみると、黒石で幼穂分化期から出穂へと生育が進むにつれ、高温・少照に遭遇する日が多い傾向がみられた。

登熟期では両地点とも出穂後40日間の平均気温が25.0℃となり、アメダス観測史上最高となった。また、日照時間も両地点とも平年より多く、特に十和田ではかなり多かった（図1、表5）。

3 品質に影響した要因

1) 充実度不足

2010年は津軽地域で主要作付品種である「つがるロマン」の作柄が不良で1等米比率も低かった。また、作況試験及び県生育観測圃の調査結果では、津軽地域で稈数レベルの割には登熟歩合が低くなっており（表6）、これらの原因を農林総合研究所有機

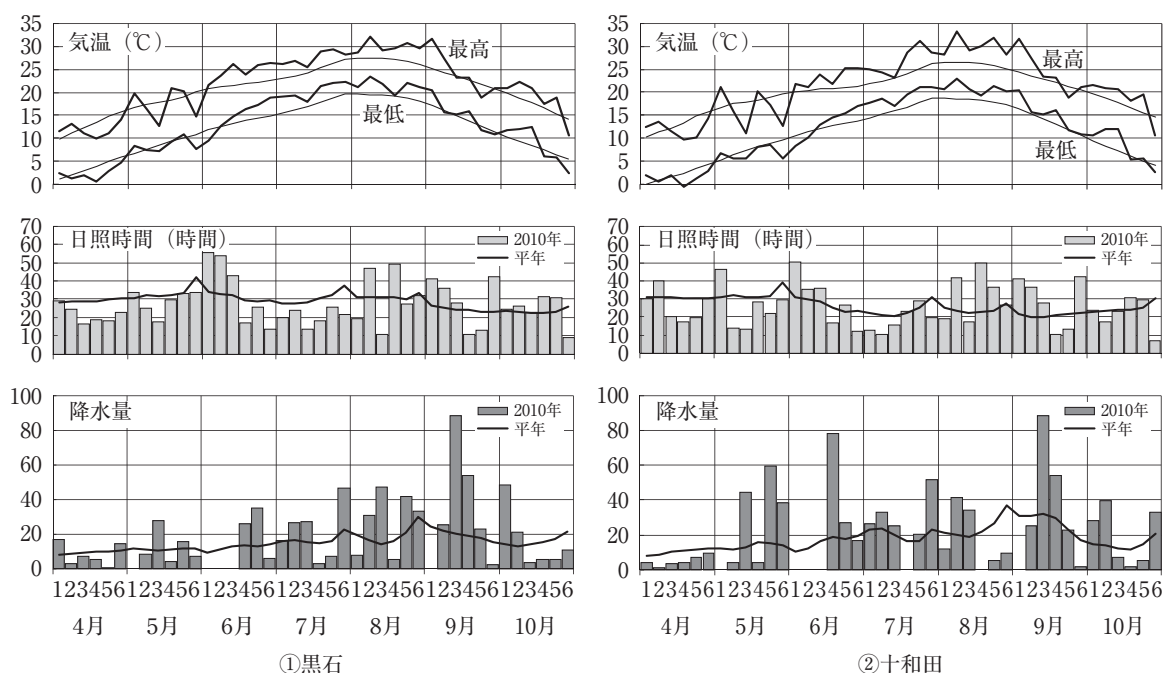


図1 半旬別気象図
気象データはアメダスデータ。

表5 作況田の水稲生育ステージと気象

地点名	項目	年度	幼穂分化期		登熟期 (出穂後日数)		
			穂分期～幼形期	幼形期～出穂期	1～20	21～40	1～40
黒石	平均気温 (°C)	2010年	22.4	24.7	25.8	24.2	25.0
		平年	19.9	22.3	22.9	20.5	21.7
		平年差	2.5	2.4	2.9	3.7	3.3
	日照時間 (時間)	2010年	30.8	71.2	143.5	117.9	261.4
		平年	44.5	142.5	123.9	105.0	228.9
		平年比	69	50	116	112	114
十和田	平均気温 (°C)	2010年	20.7	22.9	25.1	24.9	25.0
		平年	18.6	21.2	21.9	19.5	20.7
		平年差	2.1	1.7	3.2	5.4	4.3
	日照時間 (時間)	2010年	15.7	92.2	106.8	137.2	244.0
		平年	34.1	125.7	91.9	84.0	175.9
		平年比	46	73	116	163	139

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験。

品種：つがるロマン (黒石)、まっしぐら (十和田)。

平年値は黒石が2007～2009年、十和田は2005～2009年までの平均値。

気象データはアメダスデータ (黒石、十和田)。

表6 収量調査結果

場所	年次	全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精糶重 (kg/10a)	糶/わら比	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒)	総粒数 (百粒/m ²)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	収量 (kg/10a)	屑米重 (kg/10a)	検査等級
黒石	2010年	1,754	804	785	98	422	85.8	352	22.5	76.6	608	41	1中～1下
	平年	1,528	667	764	115	379	76.4	290	22.9	90.8	606	17	1中～1下
	平年比・差	115	121	103	85	111	112	121	98	-14.2	100	241	-
十和田	2010年	1,630	715	823	115	411	91.4	376	22.0	75.5	624	45	1中～1下
	平年	1,609	755	788	104	431	83.4	360	21.9	79.4	623	43	3上
	平年比・差	101	95	104	110	95	110	104	100	-3.9	100	105	-

青森県産業技術センター農林総合研究所 (黒石) 及び藤坂稲作部 (十和田) における作況試験 (中苗移植、穂肥1回 (幼穂形成期)、中干しは幼穂形成期前10日程度)。

品種：つがるロマン (黒石)、まっしぐら (十和田)。

収量は、粗玄米を1.9mmのふるいで選別した値。十和田の玄米千粒重は、2008・2009年は1.9mmのふるいで選別した値で、2006・2007年は1.8mmのふるいで選別した値。

物連用試験「つがるロマン(慣行区)」より解析した。

まず、2010年は穂揃期の窒素吸収量の割には総粒数 (m²当たり粒数) が少なかった (図2)。これは、幼穂形成期から穂揃期にかけて気温が高かったものの日照時間が少なく、幼穂形成期では過去3か年を上回っていた乾物重が、穂揃期ではこれを下回るなど乾物生産の増加が抑制されたことが要因と考えられた (表7、県南地域はデータなし)。

さらに、糶へのデンプン蓄積の量的指標となる充填率が、登熟期が低温・少照となり登熟が遅延した1996年及び1997年と同様に粒数レベルの割には他の年次に比べ低い傾向を示していた (図2、図3、表8)。

充填率と穂揃期後10日の穎果が利用可能なデンプン量との間には高い正の相関がみられることから、登熟向上のために穎果のデンプン受容能力を高めるためには、この時期に利用可能なデンプン量を増加

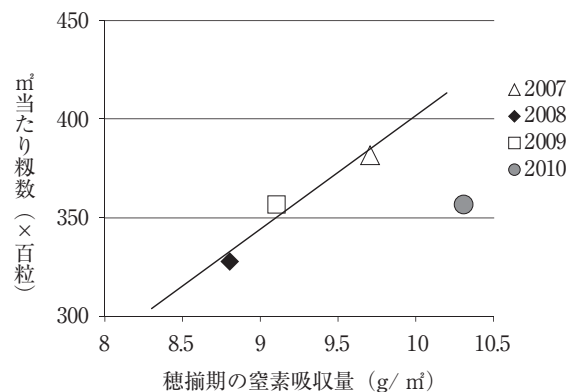


図2 穂揃期の窒素吸収量と粒数

青森県産業技術センター農林総合研究所における有機物連用試験 (堆肥連用区、2007年～2010年)。

品種：つがるロマン。

移植日：5/21、中苗手植え (24.3株)、窒素施肥：基肥6kg/10a、追肥2kg/10a (幼穂形成期)、りん酸及びカリは基肥にそれぞれ10kg/10a。堆肥は1,000kg/10a。中干しは幼穂形成基前10日程度。

直線は2007年～2009年の結果による回帰直線。

させることが重要であるとされている（塚口ら、1996）。さらに、出穂前の遮光処理により1穂粒数の減少、登熟歩合の低下、千粒重の減少がみられ、その程度は高温年で大きくなる（小谷ら、2006）。

これらのことから、県南地域に比べ出穂前の高温・少照の影響が大きかった津軽地域では、出穂期にかけて乾物生産の停滞がみられ、既に登熟不良を起こしやすい生育となっていたことに加え、登熟期の高温が稲体の老化を促進し、早期に登熟が停止し

充実の劣る粒が多くなったものと考えられた（図4）。

2) 着色粒（カメムシ類）

(1) 2010年の防除実態

斑点米カメムシ類に対する防除は水稲作付面積の97%で実施され、平均防除回数は1.6回であり、当初計画以外の追加散布はほとんど実施されていない。2回散布は航空防除や無人ヘリによる委託防除が主体であり、個人防除では1回散布の場合が多かった。

表7 幼穂分化期の気象と乾物重

年次	幼穂形成期～出穂期		時期別乾物重(g/m ²)	
	平均気温(°C)	日照時間(時間)	幼穂形成期	穂揃期
2007	22.5	114	338	1,097
2008	22.9	115	375	678
2009	21.1	69	346	917
2010	24.1	80	398	848
前3か年平均	22.2	99	353	897

農林総合研究所における有機物連用試験（堆肥連用区）。
品種：つがるロマン。
気象データはアメダスデータ（黒石）。

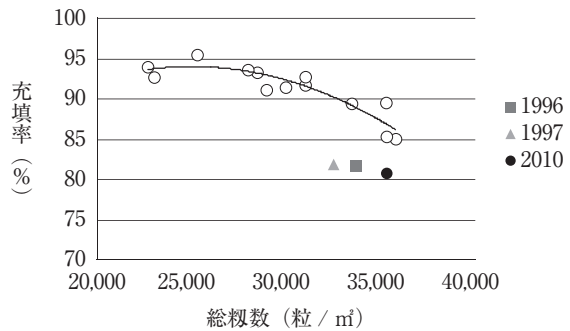


図3 総粒数と充填率

充填率(%)：粗玄米重(g/m²) / (総粒数(粒/m²) × 千粒重(g)/1,000) × 100。
青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験(1996～2010年)。
品種：つがるロマン。

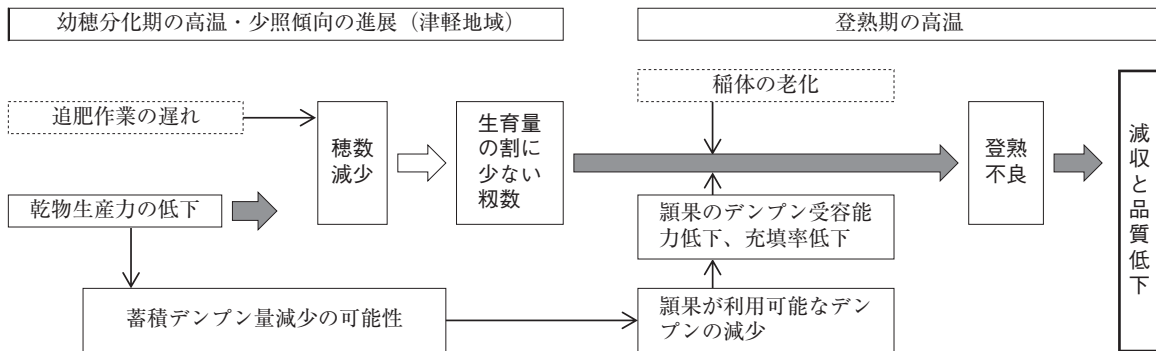


図4 幼穂分化期の高温・少照、登熟期の高温が作柄等に及ぼした影響

表8 県生育観測圃の収量調査結果（平均）

地域	品種	穂数(本/m ²)		1穂粒数(粒)		総粒数(百粒/m ²)		登熟歩合(%)		千粒重(g)		収量(kg/10a)	
		2010年	平年比	2010年	平年比	2010年	平年比	2010年	平年差	2010年	平年差	2010年	平年比
津軽	つがるロマン	348	88	93.6	112	326	99	77.2	-7.2	23.2	0.3	573	92
	まっしぐら	354	89	83.2	102	293	91	86.9	1.9	23.5	0.8	585	90
県南	つがるロマン	362	100	78.2	93	284	93	85.6	2.9	23.0	0.4	571	99
	まっしぐら	381	100	82.9	102	318	103	89.1	7.1	23.9	1.5	621	108

青森県農林水産部農林水産政策課による調査。
ふるい目は1.9mm。



①2010年にみられたくさび米
(つがるロマン、青森県産業技術センター農林総合研究所)



②イネシンガレセンチュウによる黒点症状米
(1995年、農業環境技術研究所提供、品種不明)



③斑点米カメムシ類による着色粒
(上段：頂部加害、下段：側部加害)
(つがるロマン、2008年、青森県産業技術センター農林総合研究所)

写真1 水稻に発生した着色粒

使用薬剤はネオニコチノイド系剤が主流で、エチプロール剤の使用も多い。航空防除における薬剤割合はネオニコチノイド系剤60%、エチプロール剤27%、合成ピレスロイド系13%で、2回防除の場合ではいずれかの1回にネオニコチノイド系剤が使用されていた例がほとんどであった。

津軽地域の農業普及振興室で調査を行っている生育観測圃にアカヒゲホソミドリカスミカメのフェロモントラップを設置し、誘殺数の推移と防除履歴、斑点米の発生状況を調査した。岩木、田舎館、平賀といった津軽平野南部では出穂期を含む週かその翌週に、1週間当たり15～40頭の誘殺が認められた。エチプロール剤やネオニコチノイド系剤の適期散布が実施されたことにより、明瞭な誘殺数の減少がみられ、調査を継続していた8月中の密度回復はみられなかった。その結果、これら、いずれの地点でも1回防除のみでも落等することはなかったと言える。

(2) カメムシ防除の問題点

出穂期以降の薬剤散布の適期として、エチプロール剤は出穂期～出穂1週間後、ネオニコチノイド系剤では出穂1～2週間後と指導しているが、航空防除事業の計画・実績でこれらの順番が逆転している場合がある。

ピレスロイド系や有機リン系を使用する場合は2回防除を徹底するよう指導しているものの、ほとんどの場合は1回散布で終わっている。この場合は、本年のようなカメムシ多発年では落等するおそれが高い。特に県南地域の個人防除では依然として、ピレスロイド系剤や有機リン系剤の使用例が少なくなく、実際に落等した事例が多かった。

3) 着色粒 (その他)

(1) 発生状況

2010年産米には、玄米の腹側に横の亀裂が入り、亀裂周辺部が黒褐色に変色した着色粒(くさび米)の発生が目立ち、特に津軽地域で発生が多かった。この着色粒はイネシンガレセンチュウやイネアザミウマ等による「黒点症状米」に類似しているが、2010年の農林総合研究所病虫部の調査の結果、本年多発したくさび米は虫害等による「黒点症状米」とは異なるものと考えられた。また、農林総合研究所への問い合わせ状況からみて、検査開始当初は斑点米カメムシ類による着色粒と混同されていた可能性もある(写真1)。

奨励品種決定試験圃場におけるくさび米の発生は、「つがるロマン」及び「ユメコガネ」が他の品種に比べ発生率が高く、品種間差が認められた(図5)。

くさび米の発生は、上部から数えて5～9本目の枝梗に多かった。また、枝梗の中で開花が早い第1次及び第2次小穂より、開花が遅い第3次小穂で発生が多かった。また、くさび米は粒厚の薄い玄米で発生が多く、発生が多い場合は粒厚が薄い粒での発生に加え、粒厚が厚い粒でもみられた(表9、表10)。

出穂後積算気温とくさび米率との関係は、出穂後積算気温が高くなるほど、くさび米率が高くなる傾向を示した(図6)。出穂～収穫日までの積算気温が約1,000℃・日以上でくさび米率が着色粒の落等基準となる0.2%以上を超えた。出穂後積算気温が1,100℃・日以上では、ほとんどの場合で0.2%以上のくさび率となっていた(図6)。

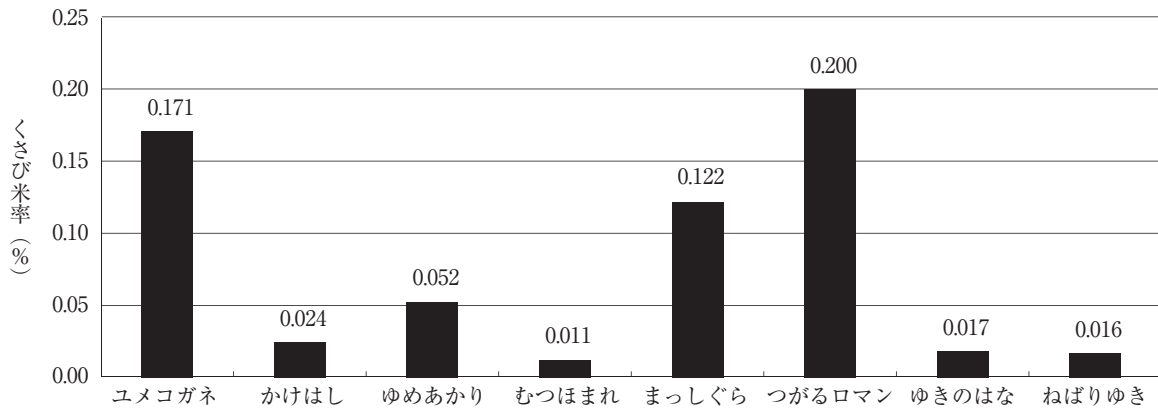


図5 品種ごとのくさび米率

青森県産業技術センター農林総合研究所によるあおり米優良品種選定試験（2010年）。ふるい目：1.9mm。

表9 枝梗位置別のくさび米率 (%)

枝梗位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第1～2次小穂	0	0	0	0	0.30	0	0.32	0	0.46	0.90	1.82	0
第3次小穂	0	0	1.20	0	6.25	3.77	2.63	5.13	3.70	0	0	0

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

中庸株3株について、遅れ穂を除いた全穂を調査。枝梗位置は穂の上部からの順番。くさび米率は精玄米について調査。ふるい目：1.9mm。

表10 粒厚分布とくさび米発生状況

区分	精玄米* (1.9mm以上)	粗玄米粒数に対する階層別くさび米率 (%)						全階層
		2.2mm以上	2.2mm未満 ～2.1mm以上	2.1mm未満 ～2.0mm以上	2.0mm未満 ～1.9mm以上	1.9mm未満 ～1.8mm以上	1.8mm未満	
多発生	0.29	0.02	0.01	0.08	0.10	0.16	0.13	0.50
少発生	0.12	0.00	0.01	0.05	0.05	0.15	0.16	0.42

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

*精玄米に対するくさび米の粒数比。

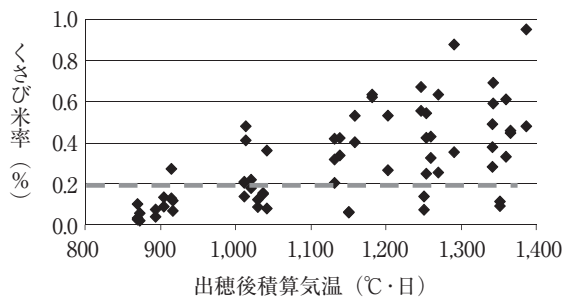


図6 出穂後積算気温とくさび米率との関係

青森県産業技術センター農林総合研究所による作期移動試験（2010年）。

品種：つがるロマン。

ふるい目：1.9mm。

破線は1等米における混入限界。

(2) 気象からみた要因の推定

くさび米率は出穂期が遅いほど低く、特に出穂期が8月10日では、0.1%以下と他に比べ発生は少なかった。平均気温との関係は、出穂後1～10日間で相関が高く ($r=0.921^{**}$)、出穂後1～10日間の平均気温が26℃を下回ると発生が少なかった。また、日照時間との関係は、出穂後11～20日間で高い相関がみられ ($r=0.983^{***}$)、出穂後11～20日間の日照時間が65時間以下の時に発生が少なかった。

以上より、2010年のくさび米の発生については出穂直後の高温に加え、登熟期の日照の関与も示唆された(表11)。そして、これら気象条件と降雨等による刈遅れが精玄米中のくさび米の増加につながり、特に「つがるロマン」で、この傾向が顕著であ

表11 出穂期とくさび米率

出穂期	移植日 (播種日)	くさび米粒数 (約1,150℃)			平均気温 (℃)			日照時間 (時間)		
		調査粒数 (粒)	くさび米 (粒)	率 (%)	出穂前 10~1日	出穂後 1~10日	出穂後 11~20日	出穂前 10~1日	出穂後 1~10日	出穂後 11~20日
8月1日	5月17日	18,107	72	0.398	25.3	26.3	24.7	39.1	66.9	68.2
8月3日	5月25日	19,388	92	0.475	24.8	26.8	25.3	34.4	69.5	73.2
8月6日	6月4日	15,167	59	0.389	25.1	26.2	24.9	34.5	53.8	68.2
8月8日	(5月12日)	3,193	8	0.251	25.6	25.2	25.0	48.4	47.3	65.0
8月10日	6月11日	17,190	11	0.064	26.1	24.8	25.5	55.3	60.1	58.3

青森県産業技術センター農林総合研究所における水稲直播作柄試験、作期移動試験 (2010年)。

品種：つがるロマン。

5月12日播種は直播栽培。その他は移植栽培。くさび米は精玄米について調査。ふるい目：1.9mm。

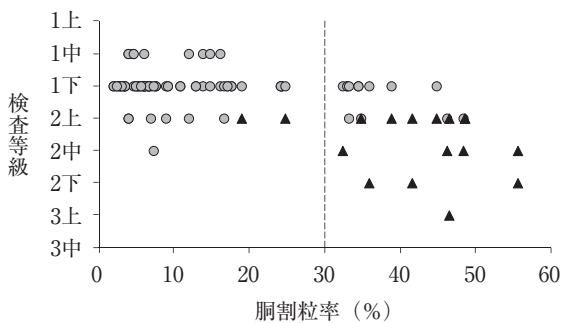


図7 胴割粒率と検査等級

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験 (2009年)

品種：つがるロマン。

ふるい目：1.9mm。

凡例の▲は、格付け理由が胴割粒過多によるもの。

胴割粒率は、微細な薄割れも含めてグレインスコープ (TX-200：ケット社製) により目視で調査し、その重量割合とした (以下、同じ)。

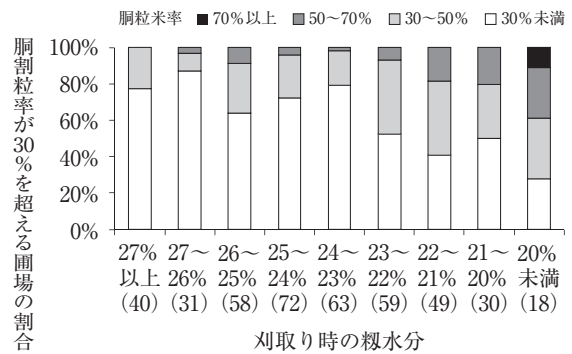


図9 刈取り時の籾水分と胴割粒率の相対度数

青森県産業技術センター農林総合研究所による調査 (JA津軽みらい管内、2010年)。

品種：つがるロマン。

括弧内の数値は該当した圃場数。

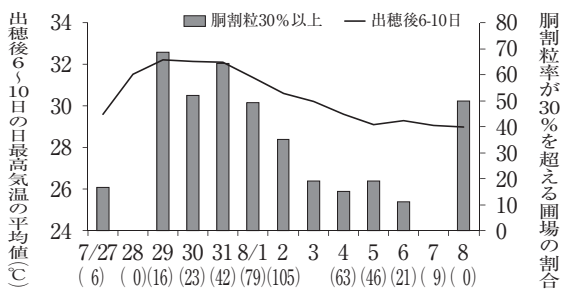


図8 出穂後6~10日の日最高気温の平均値と胴割粒率が30%を超える圃場の割合

青森県産業技術センター農林総合研究所による調査 (JA津軽みらい管内、2010年)。

品種：つがるロマン。

図中の括弧内の数値は胴割粒率が30%を超えた地点数。

ったものと考えられた。

4) 胴割米

2010年の出穂後の気温は平年より高い日が多く、登熟初期の気温は高く推移した。

胴割米による落等は、胴割粒率が30%を超えるとこれによる落等が増加する傾向がみられた (図7)。胴割粒率が30%を超える圃場は、出穂後6~10日の日最高気温の平均値が30℃を超える地点でその割合が高かった (図8)。

また、胴割粒は刈取り時の籾水分が23%より低い圃場で、胴割粒率が30%を超える圃場の割合が高まった (図9)。

4 効果が確認された対策技術

1) 適期刈取り

出穂後の積算気温 (平均気温) と品質を表12に示した。「つがるロマン」の刈取り適期である積算気温960~1,150℃・日では整粒歩合が高かったが、刈取りが遅くなるにつれ胴割粒や未熟粒等が増加し整粒

表12 刈取り時期と精粒歩合、未熟粒別及び被害粒率等 (%)

収穫日 (月/日)	出穂後積 算気温 (℃・日)	整粒	胴割粒	乳白・ 心白粒	基部 未熟粒	腹白・ 背白粒	青未 熟粒	その他 未熟粒	部分着 色粒	砕粒	茶米	青死米	白死米
9/ 2	869	80.6	0.1	1.2	1.1	0.5	5.6	9.7	0.1	0.2	0.0	0.6	0.0
9/ 8	1,011	81.7	3.8	0.7	0.7	0.5	3.8	7.8	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0
9/14	1,131	82.0	6.6	1.1	0.8	0.8	1.3	6.2	0.1	0.8	0.0	0.0	0.2
9/20	1,253	78.9	6.2	2.5	1.4	0.7	1.1	7.9	0.0	0.8	0.0	0.1	0.3
9/26	1,341	71.9	9.3	2.7	2.2	1.1	0.5	9.5	0.3	2.1	0.3	0.0	0.0
10/ 2	1,438	67.8	9.2	3.0	3.2	0.9	0.0	11.2	0.1	2.2	1.3	0.0	0.6
10/ 8	1,537	64.5	17.0	1.2	1.7	1.6	0.0	8.1	0.0	5.1	0.6	0.0	0.0
10/14	1,639	57.9	16.8	4.1	3.3	0.9	0.0	9.5	0.1	6.1	0.7	0.0	0.2

青森県産業技術センター農林総合研究所における作況試験 (2010年)。
 品種：つがるロマン。
 品質判別器 (サタケRCQI20) による結果。
 ゴシック体は刈取り適期での結果。

歩合が低下した。

現場では、刈取り適期に降雨日が続き、結果として刈遅れとなった事例が多かったが、2010年のような高温年においても、出穂後の積算気温を目安とし適期に刈取りが実施できるような体制づくりが重要と考えられる (表12)。

2) 掛け流しによる収量と品質の確保

青森県つがる市車力町S氏は、7月末の出穂後から8月中旬にかけて、2日に1回の割合で掛け流し灌漑による水田内の水の入れ替えを行った。また、落水も例年より遅めとした。

その結果、収量は660kg/10a (地域の平均540kg/10a)、検査等級は適期に刈取りを行ったところ、地域と同等の出穂期でありながら90%の一等米比率であった。

5 まとめ

- ① 2010年産米の品質は近年で最も劣り、2等格付け理由は「充実度」、「着色粒 (カメムシ類)」、「着色粒 (その他)」であった。中でも、例年、作柄の良好な津軽地域の主要作付品種「つがるロマン」で品質及び収量の低下が目立った。
- ② 2010年の稲作期間の気象は津軽地域及び県南地域とも6月第3半句以降から収穫時まで概ね高温で経過した。しかし、幼穂分化期から出穂期にかけては日照時間が平年より少ない時期が多く、津軽地域でこの傾向が強かった。また、9月中旬 (刈取り適期) の降雨により収穫作業が遅延した。
- ③ 津軽地域では幼穂分化期の連続した日照不足により乾物生産の停滞がみられ、出穂時で登熟不良となりやすい生育であったものと考えられた。さ

らに登熟期の高温も加わり、登熟が不十分になり米粒の充実が劣ったものと考えられた。

- ④ 「着色粒 (カメムシ類)」による落等は、有効な殺虫剤の適切な使用条件ではみられなかったが、残効の短い有機りん剤や合成ピレスロイド剤を穂揃期に散布したのみであったり、エチプロール剤やネオニコチノイド剤を選択してしながら防除適期を外して散布したなど、不適切な散布条件でみられた。
- ⑤ 「着色粒 (その他)」はいわゆるくさび米がほとんどである。これは穂の下部や第3次小穂等、弱勢な穎果での発生が多かった。品種では「つがるロマン」が多く、刈取り時期が遅くなるほど精玄米中への混入が増加した。
- ⑥ 本年の夏季高温条件下で、有効であった対策としては、これまでどおり出穂後の積算気温による適期刈取りである。しかし、2010年は降雨のため収穫作業が遅延し、品質の低下を助長したものと考えられる。また、登熟期の掛け流しも有効であった。

引用文献

- 1) 小谷俊之, 松村洋一, 黒田 晃. 2006. 出穂後の遮光処理が水稻品種「ゆめみずほ」の収量及び品質に及ぼす影響. 石川県農業総合研究センター研究報告 27:1-9.
- 2) 塚口直史, 堀江 武, 大西政夫. 1996. 水稻の登熟に及ぼす登熟初期の非構造的炭水化合物の影響. 日作紀 65(3):445-452.
 (清藤文仁・市田忠夫・木村利行・石岡将樹)

II 岩手県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

岩手県の2010年産米の農産物検査によるうるち玄米の1等米比率は、2011年1月末日現在、89.3%と過去5年間で最も低くなっている(表13)。しかし、全国的に高温の影響で品質が低下している中では、本県は高品質を確保している。うるち玄米の2等以下に格付けされた主な理由は、「カメムシ類による着色粒」が最も高く、以下「形質(その他)」、「着色粒(その他)」となっている。心白等による落等は、夏季高温年だった1999年や2000年に比べて低く、高温年に発生が多い白未熟粒による落等は少なかった(表13)。

県内の生育診断圃、作況試験の品質調査でも心白、乳白等の白未熟粒の発生は例年よりやや多く見られるものの、高温年で白未熟粒の発生が多かった1999年に比べその品質低下の程度はかなり軽微であった(データ省略)。

2 気象

2010年は夏季に高温が続き、6～8月の月平均気温が平年より3℃程高く、県南部をはじめ県北部、沿岸部でもかなり気温が高かった(図10)。盛岡のアメダス観測地点では、2010年は、6～8月の日平均気温が1924年からの観測史上最高を記録し、日最高気温が35℃を超える猛暑日も例年より多かった。夏季高温の影響で白未熟粒が多発し品質が低下した1999年と比較すると、2010年の日平均気温の6～8月は1999年より高いが、9月はやや低かった。

3 品質に影響した要因

1) カメムシ類による着色粒の発生

過去の高温年同様にカメムシ類による着色粒が発生した。2010年の場合、水稻の出穂期前まではカメムシ類が少発生であり、かつ薬剤防除も実施されたが、カメムシ類による着色粒が多い点が特徴である。2010年は8月下旬になって本田内における、カメムシ類の発生は場率が平年より高くなった。これは高温で経過したことにより、カメムシ類の成育が促進されたためと考えられる。2010年は高温による影響で世代を追う毎に成育期間が短くなり、第2世代の成育は10日ほど早まったと推察される。このため、休眠に入らない卵が増え、8月中旬からアカスジカスミカメの個体が急激に増加した。また、第3世代

と考えられる発生も多く、平年とは発生消長が異なった(図11)。

加害部位は側部加害が頂部より多かった。これは、割れ糶の発生が平年より多く、側部加害が発生しやすい条件であったことに加え、8月中旬以降のカメムシの発生量が多く、かつ登熟期が高温でカメムシの活動に好適な条件となったことから、登熟後半の加害が多かったためと考えられる。

以上のように、カメムシ類による着色粒の多発は、高温に経過したため8月中旬以降にカメムシの個体数が増加し、加害が登熟後半も多かったこと、さらには割れ糶の多発が着色粒の発生を助長したことが要因と考えられる(岩手県病害虫防除所 2011)。

2) 白未熟粒の発生

2010年は高温登熟により1999年と同様に白未熟粒の発生による品質低下が懸念されたが、その影響は軽微であった。

出穂後20日間の日平均気温は、2010年は高温年の1999年と比べ、平均気温、最高気温は並みからやや高いが、最低気温は低かった(表14、図12)。登熟期の高温による品質低下は、出穂後20日間の気温、特に最低気温の影響が大きいと言われている(寺島2001)。したがって、2010年の気象条件は過去の高温年である1999年に比べ、登熟期間の夜温が低く、高温による稲体の消耗は軽微であったと考えられる。また、1999年は登熟期の日照時間が少なかったが、2010年は日照時間が多かったことも登熟が促進された一因と考えられる(表14)。

出穂後20日間の最低気温が23℃を越えると、白未熟粒が多くなる傾向は、1999年と同様に2010年も観察された。しかし、その発生程度は同じ最低気温の条件下のサンプルにおいて、1999年より軽微であった(図13)。この要因は登熟期の栄養状態が1999年より良好であったためと考えられる。出穂期前後の栄養不足は、高温年には登熟期の生育の凋落を招き、白未熟粒の発生を助長する傾向が見られており、登熟期を良好に経過させることが白未熟粒の発生を軽減することが報告されている(中川ら 2006)。2010年は出穂期および成熟期における稲体の地上部窒素濃度、窒素吸収量は、平年および1999年を上回っていた。このことから1999年に比べ、登熟期の栄養状態が良好であり、登熟能力が維持され、白未熟粒の発生が少なかったと考えられる。

また、登熟期は葉色の低下が遅く、下葉の枯れ上

表13 1等米比率と主な格付け理由

年産	1等米 比率 (%)	品位格付け理由、2等以下に対する割合						備考
		第1位		第2位		第3位		
		理由	比率(%)	理由	比率(%)	理由	比率(%)	
2010	89.3	カメムシ着色	71.5	その他形質	7.1	その他着色	6.0	夏季高温
2009	94.1	カメムシ着色	40.2	整粒不足	2.4	その他形質	18.1	
2008	91.9	カメムシ着色	50.9	整粒不足	17.1	その他形質	14.6	
2007	92.2	カメムシ着色	69.1	その他形質	10.2	整粒不足	6.5	
2006	92.7	カメムシ着色	55.3	胴割粒	15.8	その他形質	10.9	
2000	92.1	カメムシ着色	43.4	発芽粒	18.6	その他未熟	8.9	夏季高温
1999	79.1	乳白・心白	38.5	カメムシ着色	37.9	胴割粒	6.9	夏季高温

岩手県農政事務所による調査（2010年産は2011年1月末日現在）。

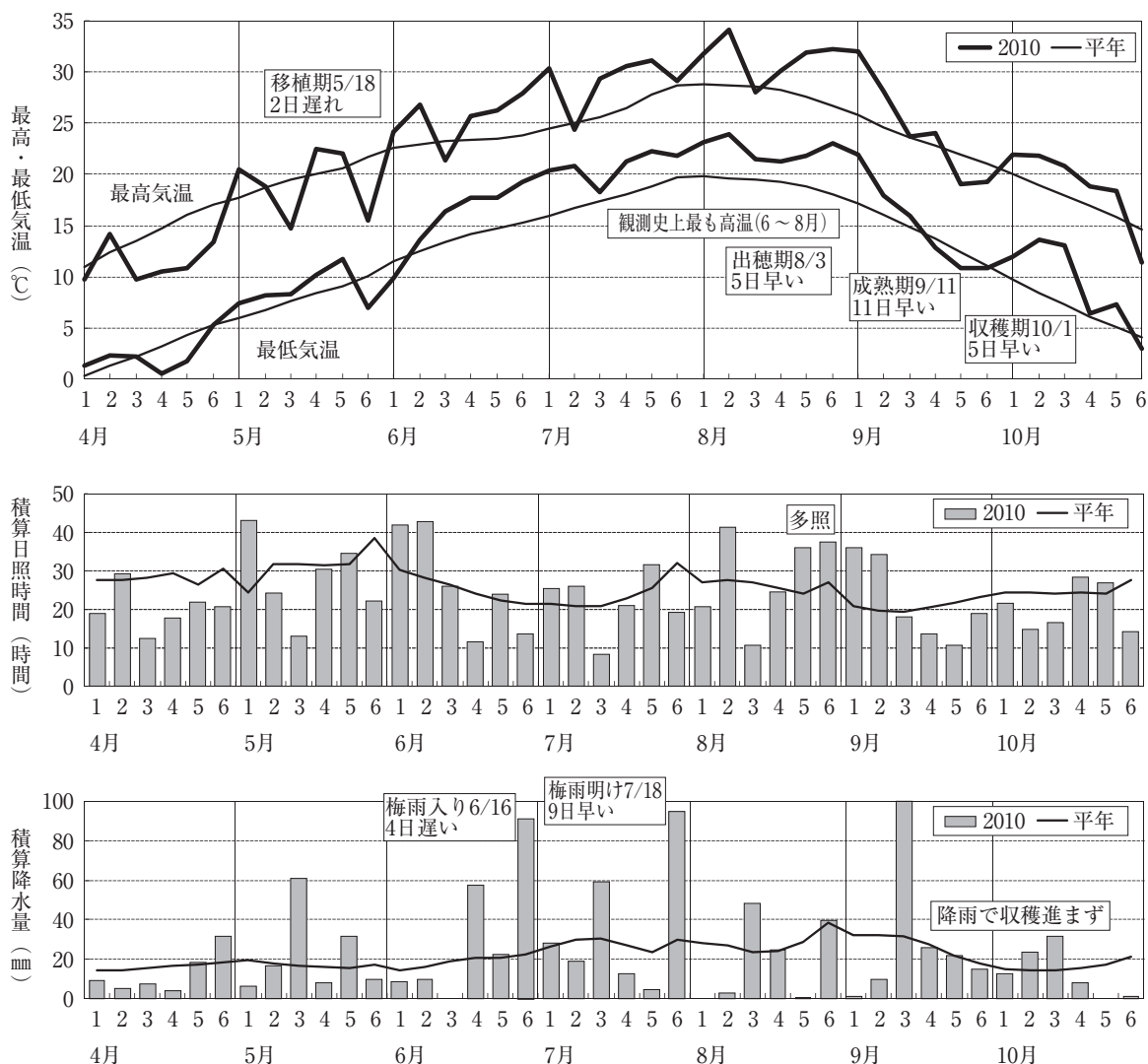


図10 気象経過

気象データは半旬別のアメダスデータ（盛岡、2010年）。

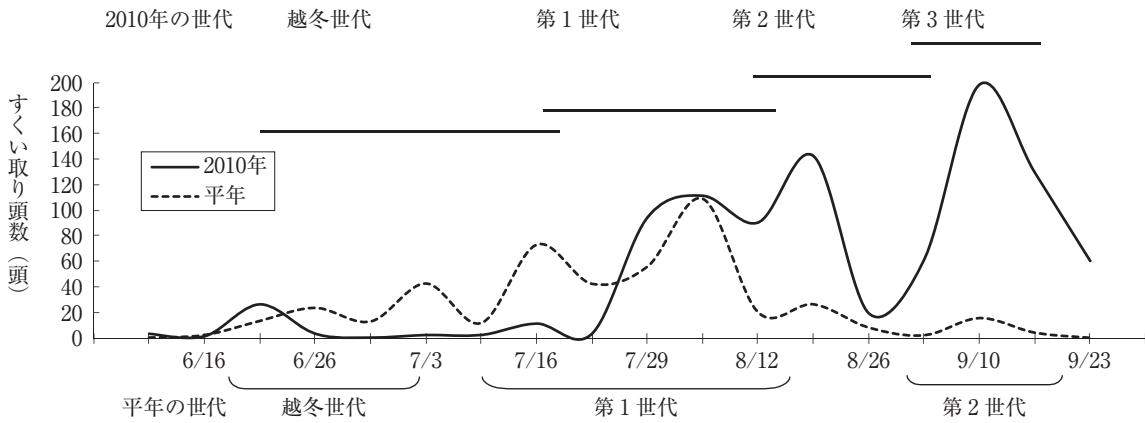


図11 イタリアンライグラスにおけるアスジカスミカメの発生消長
岩手県病害虫防除所による調査 (北上市)。

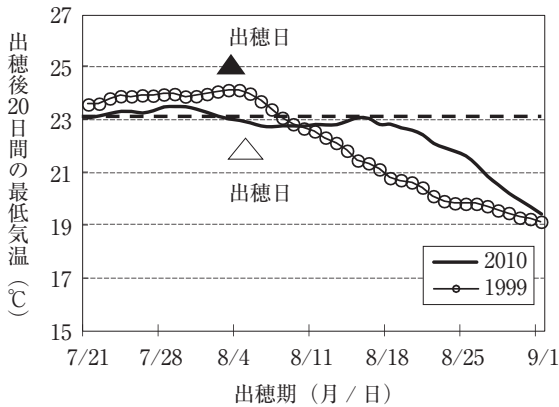


図12 出穂後20日間の最低気温移動平均の推移
気温はアメダスデータ (一関)。
出穂日の翌日を起点とした20日間の最低気温の平均値。

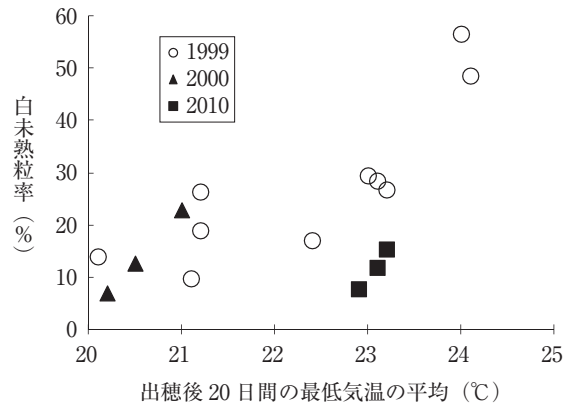


図13 出穂後20日間の最低気温と白未熟粒率の関係
岩手県農業研究センターによる作況・作期試験。
1999年は北上市・現奥州市・一関市の現地調査を含む。
品種：ひとめぼれ。
ふるい目：1.9mm。
白未熟粒率は目視による。

表14 出穂後20日間の気象条件

年次	出穂期 (月/日)	出穂後20日間平均値			積算日照 時間 (時間)
		平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	
2010	8/3	26.7	32.4	22.9	98
平年	8/7	23.8	28.4	20.4	88
差	-4	+2.9	+4.0	+2.5	+10
2000	7/30	25.5	31.0	21.6	88
1999	8/4	26.9	31.4	23.9	86

気象データはアメダスデータ (一関)。
出穂期は一関農業改良普及センターによる。
1999年県南地域で最も高温であった。

がりや枝梗及び穂軸の枯れ上がりも遅かったこと、
収穫時にひこばえの発生が目立ったことなどが観察
されており、このことは地上部の稲体および根の活
力が登熟期の後半まで維持されていたことを裏付け

る現象と見られる。

登熟が維持された要因としては、6月以降高温に
経過したことにより地力窒素の発現が例年より多か
ったこと、追肥が適正に実施されたこと、高温対策
の水管理として早期落水の防止、間断灌漑を励行し
たことなどにより、稲体の窒素濃度が高く、また根
の活力も維持されたためと推察される。

4 効果が確認された対策技術

品質低下を軽減する効果が認められた技術とし
て、1) 適切な追肥、2) 有機物施用、3) 適期移
植、4) 周到的な水管理、5) カメムシの追加防除が
あげられる。

1) 追肥

追肥を実施した場合は、無追肥より玄米品質、整

表15 移植時期、追肥の有無と玄米品質

品種名	移植時期 (月/日)	追肥有無 ・時期	精玄米重 (kg/10a)	m ² 稈数 (千粒)	玄米粒率 (%)			玄米品質	格付け理由他
					整粒	白未熟	胴割粒		
ひとめぼれ	5/7	幼穂形成期	755	37.0	67.3	7.0	4.6	2等上	乳白, 青未熟
	5/14	幼穂形成期	739	36.8	69.7	5.5	2.8	1等下, 2等上	乳白
	5/14	減数分裂期	730	32.0	79.6	2.9	4.3	1等中	-
	5/14	追肥なし	651	31.1	76.1	6.3	4.1	1等下, 2等上	乳白
あきたこまち	5/7	幼穂形成期	617	37.7	65.0	4.8	4.5	2等上	青死米, 発芽, 未熟
	5/14	幼穂形成期	735	39.8	73.3	4.1	5.4	1等下, 2等上	乳白, 青未熟
	5/14	減数分裂期	641	31.1	69.0	2.5	10.5	2等中	着色粒
	5/14	追肥なし	570	26.4	72.4	3.7	7.4	2等中, 2等下	発芽, 整粒不足

岩手県農業研究センターにおける作況・作期試験 (2010年)。
ふるい目：1.9mm。
窒素成分施肥量は基肥 6kg/10a、追肥がある場合は 2kg/10a。
玄米粒率は目視による。
玄米品質は登録検査機関の農産物検査員による。2区の値、2区が同一の場合は1つを記入。

表16 有機物の有無と玄米品質

有機物有無	精玄米重 (kg/10a)	m ² 稈数 (千粒)	玄米粒率 (%)			玄米 品質
			整粒	白未熟粒	胴割粒	
有機物なし	481	21.5	76.9	11.0	1.9	1等中
牛ふん 1t	505	23.1	79.8	12.9	2.6	1等中
牛ふん 2t	535	23.5	85.4	10.6	0.9	1等中
稲わらすきこみ	574	28.7	82.1	9.1	2.7	1等中

岩手県農業研究センターによる有機物連用試験 (2010年)。
品種：ひとめぼれ。
ふるい目：1.9mm。
玄米粒率はサタケ社品質判別器 RGQ10B による。
玄米品質は登録検査機関の農産物検査員による。

表17 防除回数と落等ほ場割合

防除回数	落等ほ場率 (%)
1回防除	38.0
2回防除	6.3

岩手県病害虫防除所の巡回調査とは場防除実績より (2010年)。

粒歩合がやや良好である (表15)。1999年同様の傾向が明確に見られており、高温の条件下で登熟期の栄養状態を維持するため、生育状況にあった適切な穂肥の実施が重要である。

2) 有機物施用

堆肥等の施用で品質が良好であった事例が見られた (表16)。有機物の施用は、本来の土づくりや、緩効性肥料の施用とともに高温年などの生育後期、とくに登熟期の稲体の活力維持には有効であると考えられる。

3) 適期移植

移植時期が早いと出穂期が早くなり、そのため高温の影響が増幅されて、白未熟粒の発生が多くなる傾向が見られた。特に5月7日移植 (標準の移植時期5月14日) では、品質が低下する事例が見られた (表15)。一方、遅植えは低温年の遅延が懸念されるので、適期移植が重要である。

4) 周到な水管理

間断灌漑等による積極的な水の入れ替えを指導

し、用水が充分確保できるところでは掛け流しの実施で高品質を確保した事例も見られた。また根の活力維持のため早期落水の防止を呼びかけたが、一部で早期落水によって屑米の増加を招いた事例も散見された。

5) カメムシ追加防除

病害虫防除所の調査によると、カメムシの薬剤防除は無防除が13%、1回防除が63%、2回防除が24%であった (岩手県病害虫防除所 2011)。2回防除による落等ほ場率は6.3%と1回防除より低かった (表17)。2010年のように高温で8月中旬以降カメムシの発生量が多い年は追加防除等の対策が必要である。

5 まとめ

2010年は、6～8月の平均気温が観測史上最も高く、厳しい暑さであった。過去に夏季高温で品質が低下した1999年と同様に、白未熟粒の発生による品質低下が懸念されたが、最低気温が1999年より低く、また稲体の栄養状態も良かったことから、稲体の消耗は軽微で登熟が良好となり、白未熟粒の発生は少なかった。高温の対策としては、登熟期の栄養状態を維持する追肥等の適切な肥培管理、間断灌漑、掛け流しおよび早期落水防止による根の活力維持が対応技術として重要である。予防的な対策として、適

期移植による適期の出穂確保、有機物施用による地力維持があげられる。一方、夏季高温により8月中旬以降にカメムシが多発生し、着色粒が主な落等要因となった。今後高温によりカメムシ類の多発生が予測される場合には追加防除等の対策が必要と考えられる。

引用文献

- 1) 岩手県病害虫防除所. 2011. 平成22年度植物防疫事業年報. 岩手県. “印刷中”
- 2) 中川博視, 白川美翠, 永島秀樹. 2006. 炭水化物供給可能量と穂揃期窒素追肥がイネの白未熟粒の発生に及ぼす影響. 日作紀 75 (別2): 12-13.
- 3) 寺島一男. 2001. 平成11年, 12年の夏期高温が水稻生育と米品質に及ぼした影響の解析と今後の課題 (寺島一男, 鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稻生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策). 盛岡. 東北農業試験場. p.67-78.

(菅原浩視・吉田宏)

III 宮城県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

2010年における1等米比率は70.4%で、過去13年間の中で4番目に低い年次となった(図14)。これまで1等米比率が低下した年次は、冷害年か又は高温年であり、1998年、2003年は冷害年、1999年、2000年及び2010年は高温年であった。

2010年度の主要品種別の1等米比率は、「ひとめぼれ」が73.8%、「ササニシキ」が36.0%、「まなむすめ」が84.0%、「コシヒカリ」が39.5%であった(図15)。本年のような高温年における1等米比率は、「ササニシキ」、「コシヒカリ」が低く、「まなむすめ」が高くなるなど、品種間格差が認められた。

主な格付け理由は、白未熟が55.1%、充実度不足が26.2%、着色粒(カメムシ類)が14.1%となっており、高温等による玄米外観品質の低下が顕著であった(図16)。

主な格付け理由である白未熟粒の発生状況を、県内生育調査ほ37地点について地帯区分別に見てみると、南部平坦が最も高く、西部丘陵が最も低かった

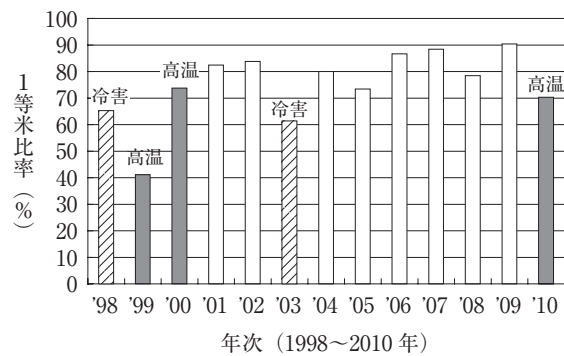


図14 宮城県における年次別の1等米比率
東北農政局。

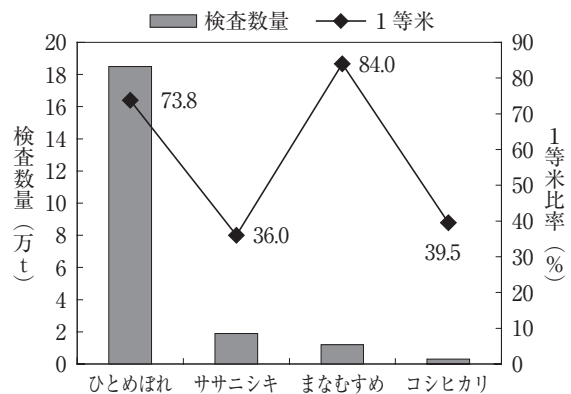


図15 宮城県の品種別1等米比率
東北農政局 (2011年1月末現在)。

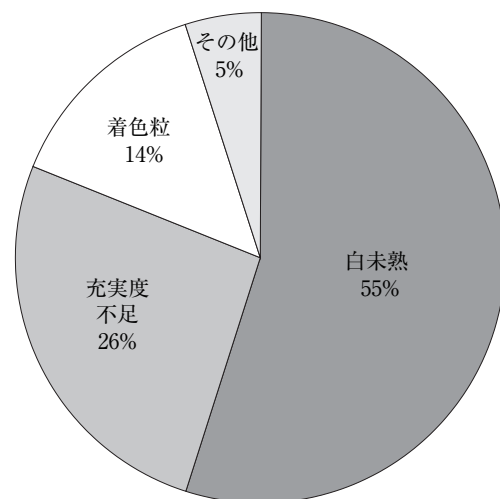


図16 宮城県産米の2等以下の格付け理由
東北農政局 (2011年1月末現在)。

(図17)。最も白未熟粒発生が高かった南部平坦の内訳は、基部未熟粒の割合が高く、他の地域と比較しても特異的であった。

品種別に白未熟粒の発生を見ると、「コシヒカリ」、「ササニシキ」が高く、「まなむすめ」、「やまのしずく」で低かった(図18)。白未熟粒の内訳は、「コシヒカリ」では基部未熟粒の割合が高く、「ササニシキ」では乳白粒の割合が他の品種に比べ比較的高かった。

2 気象

2010年の出穂期前25日間の気温(最高・最低・平均)を見ると、いずれも平年に比べ高く、特に県南地域の最高気温は平年差+3.7℃と最も差が大きかった(表18)。出穂期はいずれの地域でも平年に比べ早く、特に県南地域では9日も早くなった。

出穂期後20日間の気温を見ると、いずれの地域においても高く、特に県南地域では平均気温で平年差+4.2℃、最高気温で平年差+5.6℃と平年より高くなった。

2010年はいずれの地域においても、同期間の気温の日較差は平年値と比較すると大きく、日平均日照時間は長かった。

3 品質に影響した要因

1) 出穂後20日間の気象条件等

前述したように、主な品質低下要因は「白未熟粒」であり、その内訳は基部未熟粒、乳白粒が大半を占めていた。最高気温及び平均気温が高かった丸森地域では基部未熟粒の発生が、日較差の小さい亘理、名取及び石巻地域では乳白粒の発生がそれぞれ多くなったことで1等米比率が低下したと考えられた

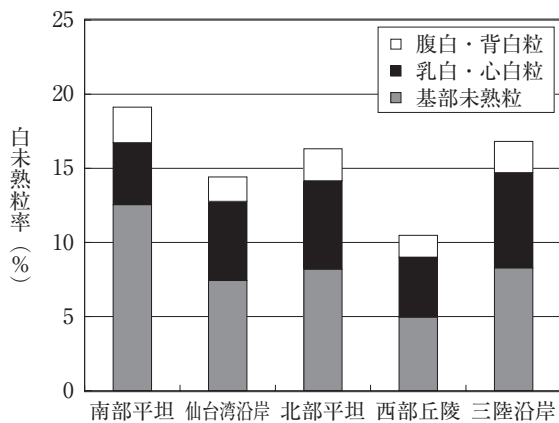


図17 地域別白未熟粒の内訳

宮城県内生育調査ほ(2010年)。
ふるい目: 1.9mm。
玄米品質: サタケ社穀粒判別器(RGQI10A)を使用。

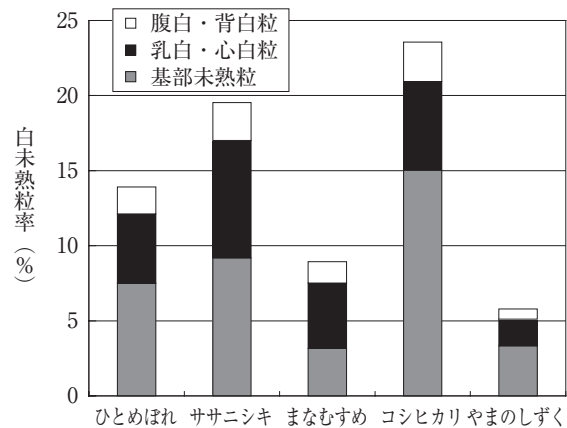


図18 品種別白未熟粒の内訳

宮城県内生育調査ほ(2010年)。
ふるい目, 玄米品質は図17と同様。

表18 出穂前25日間及び出穂後20日間の気象

アメダス地点	年次	出穂前25日間					出穂期	出穂後20日間				
		平均気温(℃)	最高気温(℃)	最低気温(℃)	日較差(℃)	日平均日照時間(時間)		平均気温(℃)	最高気温(℃)	最低気温(℃)	日較差(℃)	日平均日照時間(時間)
丸森(県南)	2010年	25.3	30.4	21.1	9.3	6.5	7月29日	27.8	33.2	23.8	9.5	5.9
	平年	22.9	26.7	19.7	7.1	4.5	8月7日	23.6	27.6	20.2	7.5	5.1
	差	2.4	3.7	1.4	2.2	2.0	-9	4.2	5.6	3.6	2.0	0.8
仙台	2010年	25.8	30.1	22.5	7.7	5.9	8月2日	27.1	31.2	24.2	7.1	6.3
	平年	23.5	27.3	20.7	6.7	4.8	8月8日	23.9	27.6	21.1	6.6	4.9
	差	2.3	2.8	1.8	1.0	1.1	-6	3.2	3.6	3.1	0.5	1.4
築館(県北)	2010年	25.0	30.3	20.9	9.4	5.0	8月4日	26.1	31.8	22.1	9.7	5.6
	平年	22.9	27.2	19.5	7.7	3.9	8月9日	23.3	27.8	19.8	8.0	4.3
	差	2.1	3.1	1.4	1.7	1.1	-5	2.8	4.0	2.3	1.7	1.3

表19 各アメダス地点における品質低下・維持に及ぼした要因

アメダス 地点	1等米 比率	出穂後20日間					青未熟 (%)	タンパク質 含有率 (乾物%)	品質調査 点数	その他
		平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	日較差 (°C)	日平均 日照時間 (時間)				
丸森	低	27.8	33.2	23.8	9.5	5.9	0.2	6.6	10	
亘理	低	26.4	30.1	23.4	6.7	6.4	0.4	6.3	3	
名取	低	26.4	30.2	23.7	6.6		0.1	6.6	7	
仙台	中	27.1	31.2	24.2	7.1	6.3	0.3	7.0	7	
大衡	高	26.2	31.8	22.6	9.2	5.2	0.2	7.0	7	
古川	低	26.1	31.5	22.8	8.7	5.7	1.2	7.2	11	倒伏等
鹿島台	高	25.9	30.7	22.7	8.0	6.2	0.3	6.8	9	
築館	高	26.1	31.8	22.1	9.7	5.6	0.1	6.5	11	
米山	中	26.3	31.9	22.7	9.2	6.7	0.5	6.6	5	
石巻	低	25.5	29.2	23.2	6.0	7.1	0.2	6.3	8	
気仙沼	低	25.5	30.3	22.0	8.3	6.7	0.2	5.8	3	

地域別1等米比率及び最も近いアメダスによる出穂後の気象結果。水稻玄米品評会の調査結果(2010年)。

品種：ひとめぼれ。

1等米比率：高(80%以上)、中(70~80%)、低(70%未満)。

品質を低下させた要因、品質を維持した要因。

(表19)。1等米比率の高かった地域の気象条件は、鹿島台地域では平均気温が低く、大衡地域では日較差が大きく、築館地域では最低気温が低く、かつ日較差が大きかった。最高気温及び平均気温が高かった地域では、デンプン等の転流に関わる器官が早期に老化することで基部未熟粒が多くなり、日較差の小かった地域では、呼吸によるデンプンの消耗等により乳白粒が発生し、品質を低下させたと考えられた。

その他の要因から見ると、玄米タンパク質含有率の低い亘理、石巻及び気仙沼地域では1等米比率が低く、比較的タンパク質含有率が高い大衡、鹿島台地域では高かった。このことから、1等米比率が低かった地域では、出穂後の窒素栄養が低いことが、光合成による同化量の不足及び転流器官の早期老化につながったと考えられた。

古川地域では、9月上旬のダウンバースト等の暴風による倒伏のために青未熟粒が多く、タンパク質含有率が高く、1等米比率は低くなったと考えられた。

2) 稲体窒素栄養

本年度の葉色は、6月20日~7月1日頃まではほぼ目標葉色値並みに推移していた。しかし、7月10日以降の幼穂形成期頃から7月20日以降の減数分裂期に葉色が急激に低下し、目標値より4~5ポイント、平年値より2~3ポイント低下した(図19)。これは7月中旬以降の高温による乾物重の急激な増加が原因と思われた。さらに高温・多照が継続し、

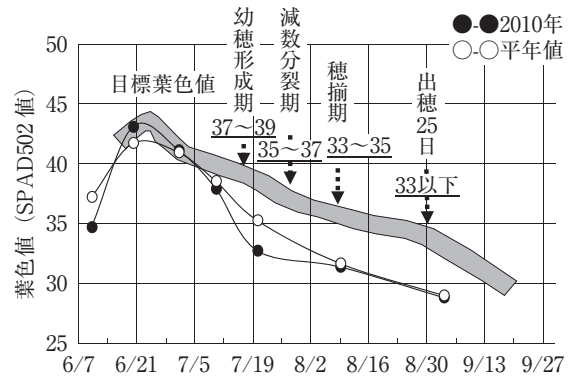


図19 ひとめぼれの目標葉色値と本年の葉色の推移
宮城県内生育調査は26地点。

穂揃期及び出穂後25日においても目標葉色値より低く推移した。出穂前後の高温による稲体の窒素栄養不足も、光合成によるデンプン等同化産物の低下や転流器官の早期老化を助長し、玄米品質低下につながったと考えられた。

4 効果が確認された対策技術

1) 出穂期の遅延による高温回避

各地域の出穂期と本県の落等の主要因である白未熟粒は、出穂が遅くなるにつれて減少する傾向が見られた(図20)。また、白未熟粒は、出穂後20日間の平均最低気温23℃以上になると多くなる傾向が見られた(図21)。このことから出穂期を遅らせることで、登熟期の高温をできるだけ回避させることが重要と考えられた。

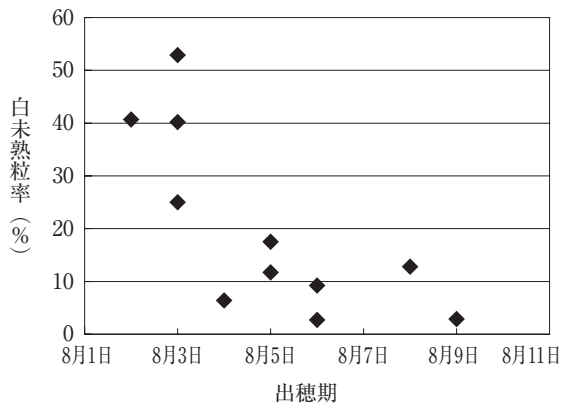


図20 出穂期と白未熟粒率の関係

地域別の検査結果と出穂期調査 (2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：検査官による目視判定

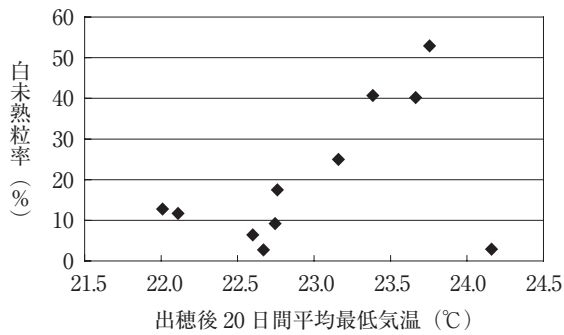


図21 出穂後20日間の最低気温と白未熟粒率の関係

注は図20と同様。

播種期及び移植期と出穂期を見ると、播種期及び移植期を遅らせることで、多少であるが出穂期を遅らせることが可能であった (図22, 23)。また、播種期及び移植期を遅らせたことで品質が維持される背景には、出穂期を遅らせたことの影響だけでなく、 m^2 当たりの総粒数の減少や有効茎歩合の向上などのその他の要因も大きく影響していると考えられた。

2) 追肥 (穂肥) による葉色の維持

穂揃期の葉色値と白未熟粒率には負の相関関係が見られ、窒素の栄養状態が維持されると白未熟粒の発生は抑制された。(図24)。登熟期間の同化能力を高めるためには穂肥、特に減数分裂期 (出穂前15日~10日頃) の追肥が有効とされており、減数分裂期に窒素追肥をした結果、穂揃期及び登熟期の葉色は高まり、整粒歩合は向上する傾向にあった (図25)。

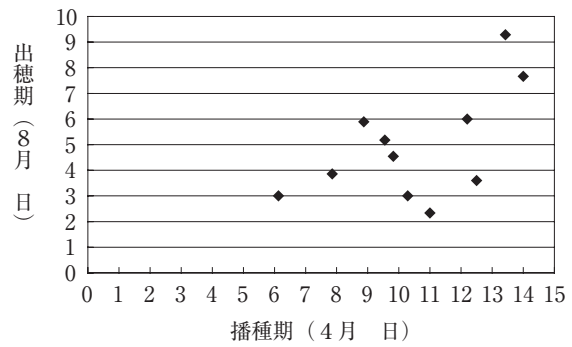


図22 播種期と出穂期の関係

注は図20と同様。

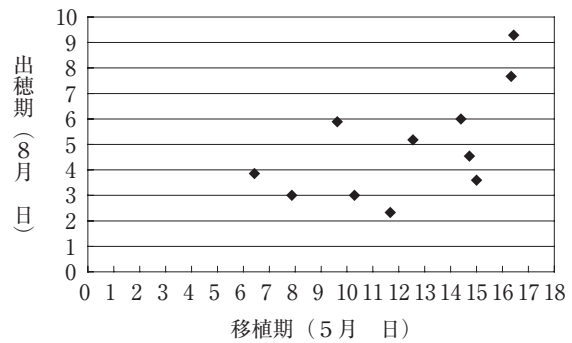


図23 移植期と出穂期の関係

注は図20と同様。

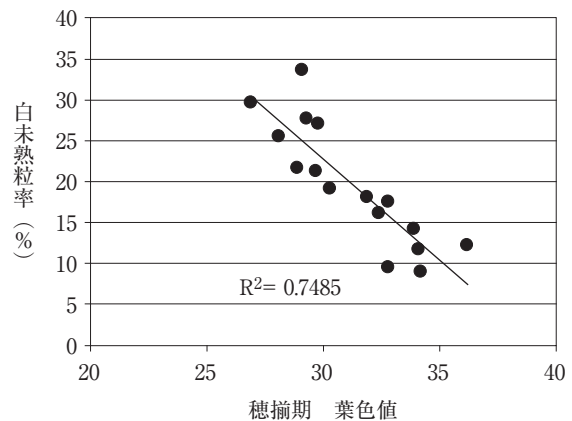


図24 穂揃期葉色値と白未熟粒率の関係

宮城県古川農業試験場による環境保全米試験 (2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 移植日：5月18日。
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：サタケ社穀粒判別器 (RGQII0A) を使用。

玄米のタンパク質含有率は追肥量が多いと高まる傾向にあったが、食味を下げるほどの上昇ではなかった。発生した未熟粒の内訳は、追肥の有無にかかわらず乳白粒が最も多く、次いでその他未熟粒、基部未熟粒の順であった。窒素追肥が未熟粒率に与える影響は、乳白粒及び基部未熟粒で大きかった(図26)。

白未熟粒は、稲体の窒素栄養が不足すると助長される。したがって、玄米の品質向上のためには、目標葉色値に基づき、適切な追肥を行うことで穂揃期以降の葉色を維持することが重要である。特に高温時ほどこの効果は高いと見られ、穂肥施用することが望ましいと考えられた。

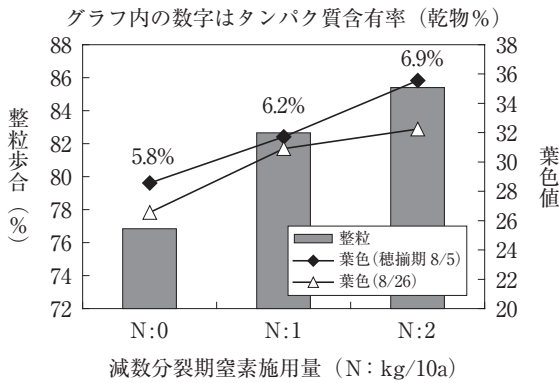


図25 追肥量と整粒歩合、葉色値及びタンパク質含有率の関係

宮城県古川農業試験場による登熟期の気象と玄米品質試験(2010年)。
 品種：ひとめぼれ。
 移植日：5月11日。追肥時期：7月23日
 ふるい目：1.9mm。
 玄米品質：サタケ社穀粒判別器(RGQI10A)を使用。
 玄米タンパク質含有率：ニレコ社近赤外測定器(6500SHON)を使用。

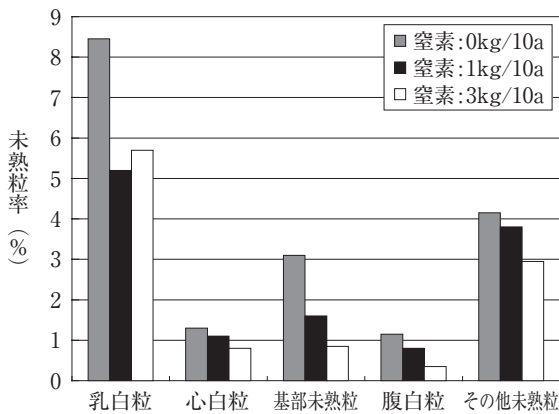


図26 追肥量(窒素(N)kg/10a)と未熟粒率の内訳
 注は図25と同様。

5 まとめ

2010年における水稻玄米の品質低下要因は、出穂期が早く登熟温度が高かったことや、稲体の葉色が7月の中下旬に急激に低下したことによる光合成産物の供給不足や、転流器官の早期老化と考えられた。これらの対策として、播種期及び移植期を遅くして出穂期を遅らせ登熟気温を高温から回避させること、減数分裂期頃の追肥を実施することで、それ以降の葉色を維持し、出穂期以降の同化能力を維持するとともに転流器官の早期老化を防止することが有効と考えられた。

(浅野真澄・菅野博英・佐藤一良)

IV 秋田県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

東北農政局秋田農政事務所が発表した水稻うるち玄米の1等米比率(12月末日現在)は、70.1%で、前年同期(94.7%)に比べ大幅に低下した(表20)。

品種別の1等米比率は、「あきたこまち」が68.6%、「ひとめぼれ」が92.7%、「めんこいな」が72.5%となっている。2等以下に格付けされた主な理由は、充実度37.5%、着色粒(その他)19.9%、着色粒(カメムシ類)16.3%となっている。

J Aへの聞き取りでは、着色粒(その他)は、黒点症状米(通称：くさび米)が大部分を占めている。

本年は、高温条件下での登熟であったため、稲体の消耗や水分ストレス等により登熟がうまく進まなかったこと及び斑点米カメムシ類の活動も活発であったことから、1等米比率が大幅に低下した。

表20 2010年産米の検査状況

	検査等級比率 (%)			
	1等米	2等米	3等米	規格外
県平均	70.1	27.4	1.6	0.8
2009年度	94.7	4.1	0.6	0.6
品種別				
あきたこまち	68.6	29.0	1.7	0.8
めんこいな	72.5	26.0	1.3	0.2
ひとめぼれ	92.7	6.8	0.4	0.1
参考				
東北	74.0	24.1	1.4	0.5
全国	61.9	32.8	3.2	2.0

秋田農政事務所 (2010年12月末日現在)。

表21 高温年の平均気温と日照時間の平年差及び期間内の合計

気象要素	年次	7月		8月			9月			期間内の合計	作況指数	1等米比率(%)
		中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
気温 (℃)	2010	1.5	1.5	2.7	1.6	3.3	3.5	2.0	-0.7	15.3	93	70.1
	2006	0.3	-1.7	1.1	3.5	1.6	0.9	0.9	0.0	6.6	96	92.0
	2005	-0.1	-1.2	2.2	1.7	0.7	1.3	2.0	0.0	6.5	101	87.5
	2000	1.5	1.9	2.2	1.6	3.3	1.1	3.6	0.9	16.0	104	84.6
	1999	3.0	2.7	4.9	3.5	0.6	1.4	1.4	3.1	20.5	101	51.4
日照 (時間)	2010	-22.2	-36.4	-4.8	-18.0	19.0	26.9	-11.6	-10.0	-57.1		
	2006	-30.2	-24.5	25.2	17.3	6.7	7.2	-3.9	25.3	23.1		
	2005	-18.6	-22.1	4.9	-9.5	1.1	-18.7	-7.5	15.0	-55.4		
	2000	-27.7	-6.2	30.1	39.3	22.5	-14.4	10.4	-15.7	38.3		
	1999	-11.8	-18.4	52.9	1.3	-41.7	8.4	-39.0	2.1	-46.2		

気象データはアメダスデータ（秋田）。

□内は2010年の特徴的な気温・日照。

2 気象

表21は、近年における高温登熟年を例にとり、平均気温と日照時間を平年と比較し、その差を示したものである（期間は7月中旬から9月下旬まで）。

2010年の平均気温は、7月中旬～9月中旬までの2か月間が高く推移しており、特に8月上旬は2.7℃、8月下旬～9月上旬は3℃以上高い状態で推移した。

2010年の日照時間は、7月中旬～8月中旬、9月中旬～下旬に少なく、8月下旬～9月上旬は多く推移した。本年は、気温の高い状態が出穂前から継続したことに加え、7月中旬～8月中旬の日照時間が平年に比べて大きく低下したことが特徴であった。

3 品質に影響した要因

1) 充実度不足・白未熟粒

2010年は、登熟期間を通して気温（特に最低気温）が高かったことから、稲体の消耗が大きかった。また、登熟後半は高温・多照であったが、穂への乾物の蓄積は小さく、茎葉への蓄積が大きかったことから、出穂30日頃から転流が滞り、登熟歩合が大きく低下したと考えられた（図27）。このことは収量だけでなく、充実度不足や白未熟粒の発生など、品質にも大きく影響したものと考えられる。

充実度不足については、明確な発生要因を指摘することは難しいが、2010年については登熟期の高温（特に夜温）による稲体の消耗や転流の停滞が大きく影響したものと推察される。

白未熟粒は、出穂後20日間の平均気温が26℃を超えると発生が多くなり（図28）、26～27℃を閾値とする森田（2008）の報告と一致した。

J Aを対象とした地域事例調査においても、2010年は中山間地域の品質が良い傾向にあり（データ省略）、登熟期の気温が品質に大きく影響したものと考えられた（図29）。

白未熟粒や充実度不足の発生には、登熟期後半の葉色（光合成能力）も影響するが、2010年は草丈が長かったことから追肥を控えた生産者も多く、充実度不足や白未熟粒の発生を助長したものと推察された。

2) その他着色粒について

2010年の「その他着色粒」の大部分は、黒点症状米（以下：くさび米）である。秋田県におけるくさび米の発生原因は、生理的（高温・水分ストレス）なものであり、弱勢穎果（2次枝梗及び下位の1次枝梗）で発生が多いことが分かっている（新山・飯富 2001）。2010年は高温条件下での登熟となり、くさび米が発生しやすい気象状況であったことに加え、1穂粒数が多く、2次枝梗が平年に比べ多かったことが発生を助長したものと考えられる。また、登熟期間の水管理（間断灌漑、掛け流し等）の徹底の有無も、くさび米の発生に影響したものと考えられる。

3) 着色粒（カメムシ）について

秋田県の斑点米カメムシ類の主要種は、アカヒゲホソミドリカスミカメ（以下、アカヒゲ）とアカスジカスミカメ（以下、アカスジ）である。病害虫防除所による抽出調査（100地点調査）では、8月中下旬の水田内の斑点米カメムシ類、特にアカスジの発生が多かったため注意報を発表した（表22）。斑点米カメムシ類は、夏期の高温で加害活動が活発化し、割れ粳が多いと斑点米の発生が助長される。

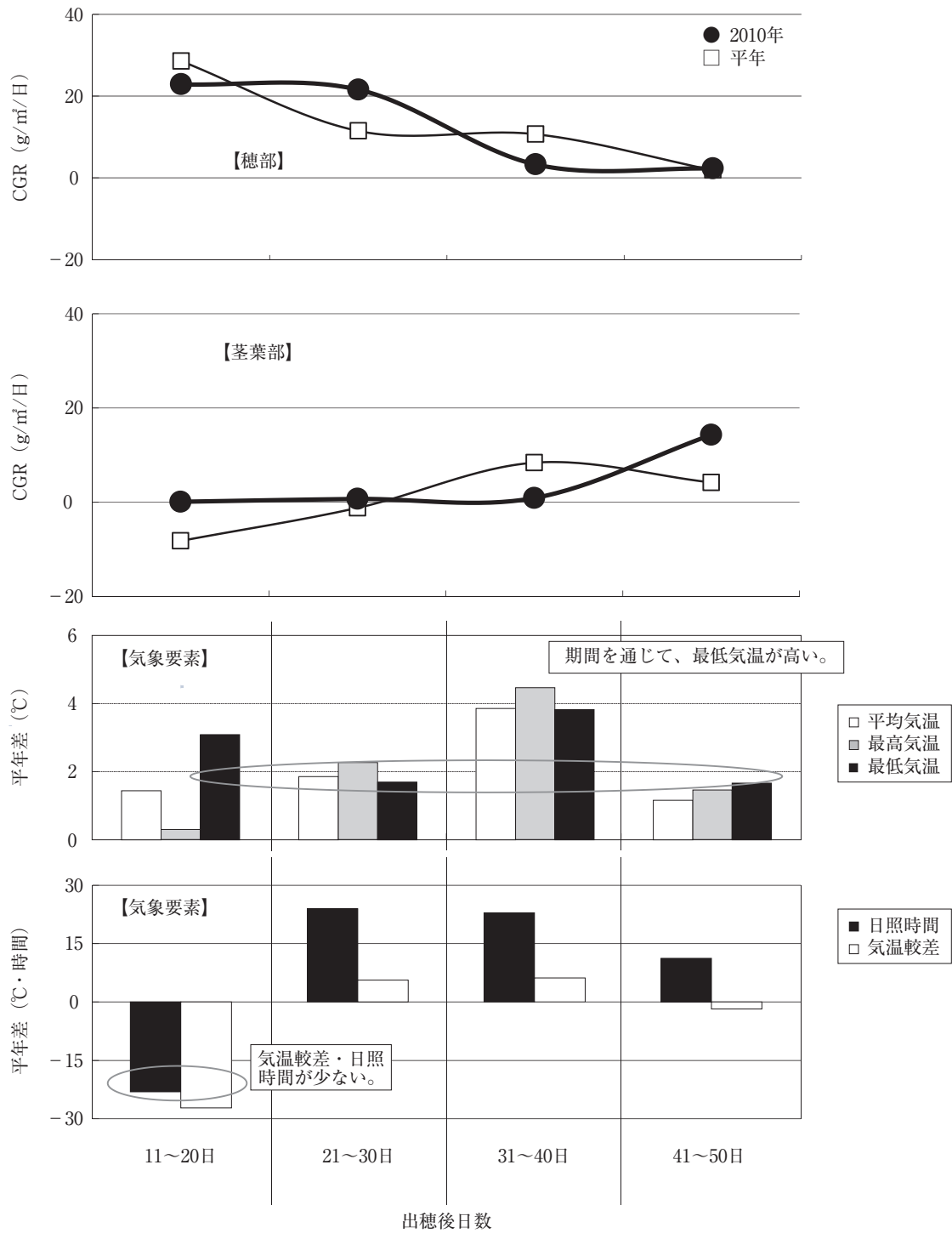


図27 出穂後10日間毎の気象要素と出穂後の穂部・茎葉部の乾物増加量

秋田県農林水産技術センター農業試験場による水稻の時期別生育解析試験。
 気象データはアメダスデータ（秋田）。
 品種：あきたこまち。
 出穂期：7月29日。
 CGR：個体群成長速度。
 図中の○は本年の特徴的な経過。
 平年は2000～2009年の平均値。

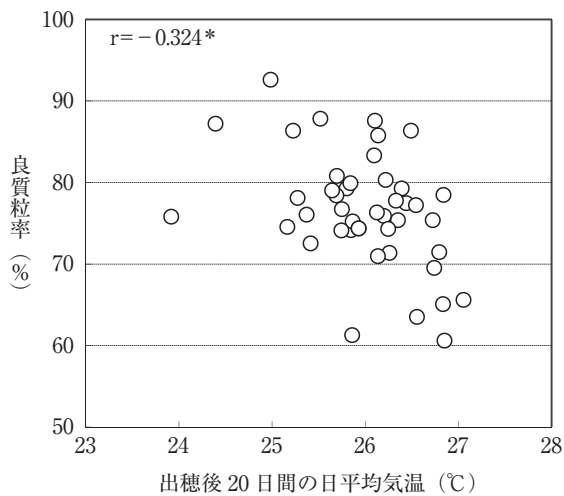


図28 出穂後20日間の日平均気温と良質粒率の状況
各地域振興局普及指導課による定点圃場調査。
県内43地点調査。
品種：あきたこまち。
ふるい目：1.9mm。
気温は1kmメッシュ。
良質粒率は品質判定機（静岡製機 RS-2000）の判定。
良質粒：精玄米から白未熟粒、青未熟粒、茶米、着色粒を除いた米。
図中の*は相関係数が5%で有意差があることを示す。

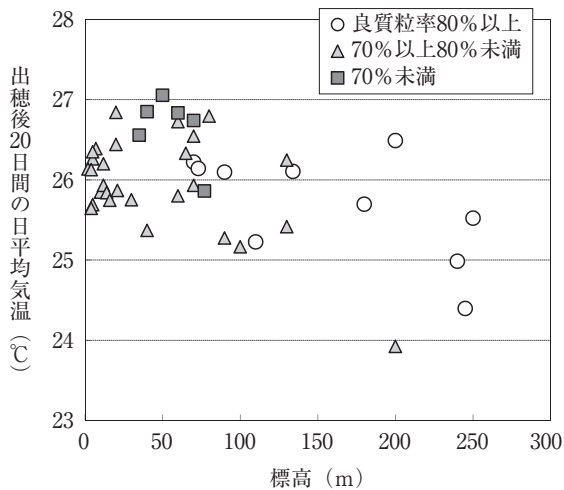


図29 出穂後20日間の日平均気温と標高別の良質粒率の状況
各地域振興局普及指導課による定点圃場調査。
県内43地点調査。
品種：あきたこまち。
ふるい目：1.9mm。
気温は1kmメッシュ。
良質粒率は品質判定機（静岡製機 RS-2000）の判定。
良質粒：精玄米から白未熟粒、青未熟粒、茶米、着色粒を除いた米。

表22 水田内すくい取り結果（8月中下旬）

	斑点米カメムシ類		アカヒゲ		アカスジ	
	すくい取り数(頭)	地点率 (%)	すくい取り数(頭)	地点率 (%)	すくい取り数(頭)	地点率 (%)
2010年	1.30	26	0.10	8	1.20	20
平年	0.44	18	0.18	11	0.14	5
概評	多	やや高	並	並	多	高

病害虫防除所による調査。
アカヒゲ：アカヒゲホソミドリカスミカメ。
アカスジ：アカスジカスミカメ。
県内100地点調査。
捕虫網で10往復20回振り。

2010年はアカスジの発生量が多かったことに加え、割れ粃が発生する登熟期後半まで高温が継続したため、被害が増加したものと考えられた。

4 効果が確認された対策技術

各JA稲作担当者に対して行ったアンケート結果において、品質の良かった事例の特徴としてあげられた点は以下の通り。回答数が多い順番に記載した。

- ① 掛け流し、落水時期を遅らせる等、出穂後に積極的に水を入れた。
- ② 斑点米カメムシの適期防除を徹底した。
- ③ 土壌改良資材を施用した。
- ④ 肥効調節型肥料を使用した。
- ⑤ 栄養診断に基づく適切な追肥を行った。
- ⑥ 斑点米カメムシの追加防除を行った。
- ⑦ 堆肥を施用した。

5 まとめ

2010年は5月の低温、6月～9月の異常高温という気象変動の大きな一年で、秋田県では作況指数93、1等米比率70.1%と、収量・品質ともに大きく低下した。品質低下の要因としては充実度、着色粒（その他）および着色粒（カメムシ類）であった。低温と高温が隣り合う異常な気象は、温暖化による地球的な気候変化も一因と報じられ、今後も同様の気象が出現することが懸念されている。本年の収量・品質低下要因の解析からとりまとめた、稲作りの技術ポイントは以下のとおりである。

① 田植え時期と出穂時期

高温登熟を避けるため、「あきたこまち」の出穂の目安を8月5～10日頃とし、極端な早植えを避ける。

② 栽植密度（70株以上）の確保

安定的に穂数を確保するために、70株/坪以上で田植えを行う。

③ 肥料（葉色の維持）と土作り

高温にはケイ酸質肥料の効果が高い。粘土が多い土壌では排水対策と代かきで練りすぎないようにする。粘土が少ない土壌では作土深を確保する。穂肥えは、生育・栄養診断に基づいて行う。

④ 水管理（田植え後・中干し・登熟期）

田植え後の低温時には深水を徹底する。有効茎を確保したら直ちに中干しを開始し、溝掘りを行う。落水時期は、出穂30日以降とする。登熟期間中の高温時には「掛け流し」かん水を実施する。

謝 辞

本稿は「水稲作高温対策プロジェクトチーム」がとりまとめた「平成22年の水稲作柄低下要因と今後の技術対策」から、主に品質低下に関わる部分について抜粋・加筆した。調査・とりまとめに協力して頂いた関係各機関の各位には、ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 新山徳光, 飯富暁康. 2001. 黒点症状米（くさび米）の発生原因調査と発生部位. 秋田農試研究報告 41: 33-34.
- 2) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77: 1-12.
(松本眞一・佐藤雄幸・三浦恒子・金 和裕)

V 山形県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

山形県における2010年産米の検査結果（2011年1月末日現在、山形農政事務所）は、水稲うるち玄米の検査数量が前年同期比97.0%で、1等米比率は74.7%で2009年産同期より20.4%、2008年産同期より19.6%低下している（表23）。

2等以下に格付けされた主な理由は、①白未熟粒39.5%、②充実度不足35.7%、③着色粒（カメムシ類）17.5%、以下④整粒不足、⑤形質、⑥発芽、そして、⑦胴割れの順となっている。

主な産地品種銘柄別の1等米比率は、「はえぬき」73.5%、「ひとめぼれ」83.1%、「コシヒカリ」84.1%、「あきたこまち」63.9%、「ササニシキ」11.1%で、2010年本格デビューした「つや姫」は

表23 水稲うるち玄米の等級別比率

年産	等級別比率 (%)			
	1等	2等	3等	規格外
2008年	94.3	4.7	0.4	0.5
2009年	95.1	4.0	0.4	0.4
2010年	74.7	23.2	1.3	0.8
2010年-2009年	-20.4	19.2	0.9	0.4
2010年-2008年	-19.6	18.5	0.9	0.3

山形農政事務所（2011年1月末日現在）。

表24 主な産地品種銘柄の等級別比率と検査数量（水稲うるち玄米）

品種名	等級別比率 (%)				検査数量 (t)
	1等	2等	3等	規格外	
はえぬき	73.5	25.1	1.0	0.3	158,386
ひとめぼれ	83.1	16.3	0.4	0.2	31,753
コシヒカリ	84.1	15.3	0.3	0.2	22,782
あきたこまち	63.9	30.0	4.2	1.9	14,966
つや姫	98.2	1.6	0.0	0.2	11,762
ササニシキ	11.1	74.8	12.7	1.3	3,554

山形農政事務所（2011年1月末日現在）。

98.2%と高品質を保った（表24）。

作況解析試験における整粒歩合では、水田農業試験場の「はえぬき」76.7%、「つや姫」84.1%、「コシヒカリ」81.6%、農業総合研究センターの「はえぬき」82.8%、「つや姫」84.8%、「コシヒカリ」89.6%と地域間、品種間差が認められる（表25）。また、水田農業試験場の奨励品種決定調査における検査等級では、乳白粒及び発芽粒の発生によって「はなの舞」「あきたこまち」「どまんなか」「ササニシキ」「はえぬき」が2等以下であった（表26）。なお、1等に格付けされた「ひとめぼれ」「コシヒカリ」「つや姫」の中では、「つや姫」の品質が最も優れていた。

2 気象

育苗期～活着期は低温・日照不足で4月17日には降雪が認められ、移植期も低温・強風に見舞われた。さらに、一部発芽不良苗の発生や苗の生育不良により移植期が分散した。

分けつ初期～後期において、分けつ初期は低温で経過し、降水量も多かった。分けつ中期は高温・多照・少雨で、後期は高温で経過した。なお、梅雨入りは6月14日ごろ（平年6月10日ごろ）であった。

表25 収量と品質

試験場所	品種名	移植期 (月・日)	栽植密度 (株/m ²)	窒素施肥条件 (kg/10a)		出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	精玄米重 (kg/10a)	m ² 当穂数 (千粒)	整粒歩合 (%)	未熟粒 (%)	白未熟粒 (%)	白 色 不完全粒 (%)
				基肥	追肥								
農業総合研究センター	はえぬき	5.20	22.2	6.0	2.0	8.03	9.10	629	36.8	82.8	16.9	2.0	45.2
山形市みのりが丘	つや姫	5.14	22.2	4.0	2.0	8.07	9.15	650	34.6	84.8	14.9	0.5	18.4
	コシヒカリ	5.14	22.2	3.0	1.0	8.06	9.10	561	30.0	89.6	10.2	1.2	24.0
水田農業試験場	はえぬき	5.10	20.8	6.0	2.0	8.03	9.12	615	31.0	76.7	22.8	7.7	57.4
鶴岡市藤島	つや姫	5.10	20.8	4.0	2.0	8.10	9.20	616	31.8	84.1	15.6	0.7	18.7
	コシヒカリ	5.10	20.8	3.0	1.5	8.09	9.15	505	25.6	81.6	17.9	3.8	24.8

作況解析試験（2010年）。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査（ふるい目1.9mm、重量%）。

表26 奨励品種の品質

品種名	出穂期（月・日）		精玄米重（kg/10a）		品質（検査等級）		2等以下の格付理由	
	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥
はなの舞	7.24	7.23	531	500	2下	2中	乳白粒	乳白粒
あきたこまち	7.27	7.28	601	503	2下	2中	乳白、背白粒	乳白粒
どまんなか	7.28	7.29	632	634	3上	2中	乳白粒	乳白粒
ササニシキ	8.02	8.01	597	516	2中	規格外	乳白、発芽粒	発芽粒
ひとめぼれ	8.03	8.04	609	581	1下	1下		
はえぬき	8.02	8.03	617	686	2上	1下	背白粒	
コシヒカリ	8.09	8.11	636	620	1下	1下		
つや姫	8.09	8.10	633	596	1中	1中		
ふくひびき	7.30	7.31	639	694	3中	3下	乳白、背白粒	乳白粒

水田農業試験場における奨励品種決定調査（2010年）。

品質（検査等級）は、山形農政事務所の農産物検査員による。

移植期（手植え）：5月10日、栽植密度：22.2株/m²、窒素施肥条件（kg/10a）：標肥7.0、多肥10.0。

幼穂形成期～穂孕期は高温、日照時間は平年並で経過した。なお、梅雨明けは7月18日ごろ（平年7月23日ごろ）であった。

出穂・開花期は高温・多照・少雨で経過した。

登熟前期～終期は期間を通して高温で経過した。特に、中期（平年差+3.3℃）、後期（同+3.5℃）と気温が高く、日照時間もそれぞれ153、139%と多かった。登熟前期は8月12日に台風4号が上陸・通過し、その後多雨となった。登熟終期は、前線や低気圧の影響によりかなり多雨となった。

3 品質に影響した要因

気象の特徴（平均気温、日照時間の半旬別気象図含む）、生育の特徴、懸念事項及び対応からなる2010年の作柄要因図を図30に示した。

育苗期の低温・少照及び断続的な降雨に伴い本田耕起作業が遅れ、最大連続無降雨日数は2日で、生土の構成比率が高く、乾土効果は小さかった。また、発芽揃いも加わって移植時の苗質も劣った。さらに、移植期、分けつ初期の低温と6月上旬に土壤還

元が進んだため、初期生育の確保が十分には行なえなかった。低温・強風時の保水的な水管理、土壤還元時の落水管理で茎数不足を回避した事例が見られた。分けつ期の葉色は、平年より濃く経過した。

分けつ後期の高温により分けつ発生が停止し、最高茎数が少ない中で、適期適量の穂肥施用により有効茎歩合が向上し、穂数は平年並～やや少なかった。さらに、1穂穂数を平年並～やや多く確保し、m²当たり穂数の不足を回避することができた。また、長草少げつの生育相では、耐倒伏性の劣る品種は稈長を抑えることが求められた。

平年より早い梅雨明けとともに高温で経過したため、出穂の早期化、品種の高温登熟性、刈取り態勢準備の遅延が懸念された。出穂期は平年より、「はえぬき」「コシヒカリ」で4日早まった。また、「はえぬき」の平均稈長は長いものの、穂揃いは良好で遅れ穂もなかった。

出穂が早まったこと、引き続き登熟期間が高温で経過したことから、成熟期は平年より「はえぬき」

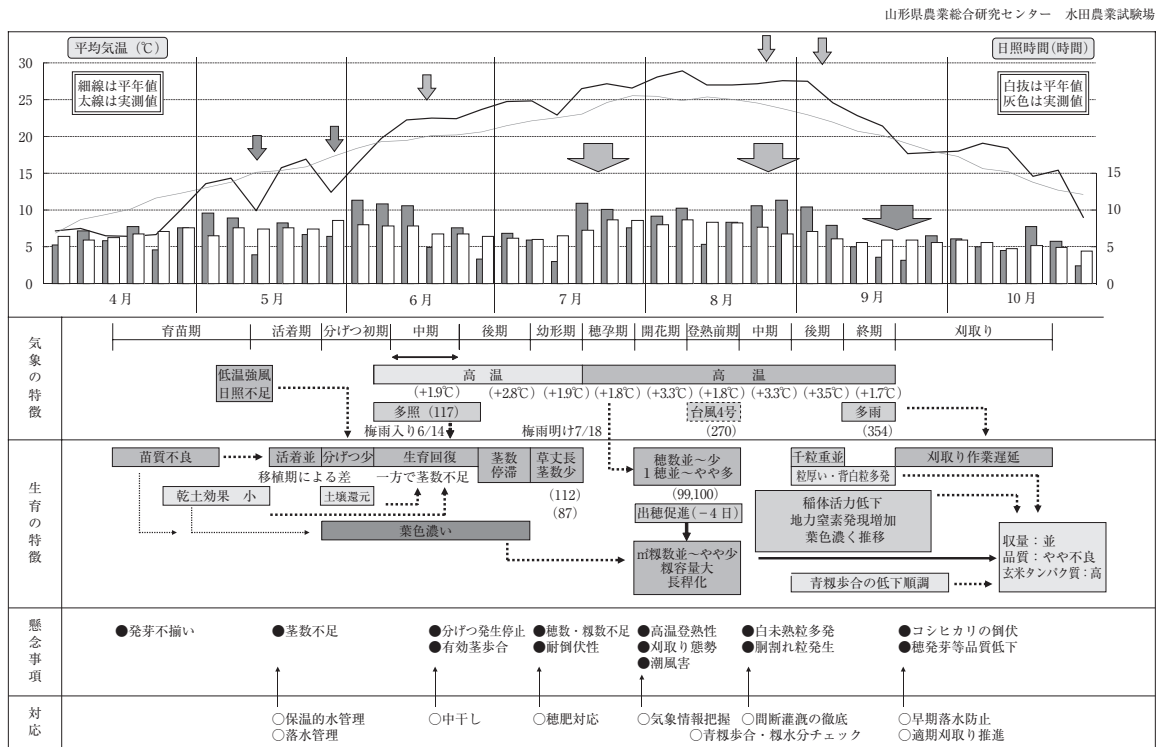


図30 2010年の作柄要因図

で7日、「コシヒカリ」で12日早まった。穂揃期以降の葉色は「はえぬき」では濃く推移したものの、「コシヒカリ」は淡く経過し凋落が認められた。登熟期の高温による品質低下（白未熟粒、胴割粒）が危惧される中、早期落水の防止と間断灌漑の徹底が呼びかけられた。同時に、適期刈取りに向けて青穂歩合、籾水分のチェックや籾共同乾燥調製（貯蔵）施設の荷受態勢整備が急がれた。しかし、刈取り始期から前線、低気圧の影響による降雨が続き、適期刈取りが行なえなかった。

出穂後40日間の気温は平均27.1℃、最低23.2℃で、平年（2003～2009年平均値）よりそれぞれ3.6℃、3.8℃高く、過去に登熟期の高温によって品質が低下した1994年、1999年より高かった。また、腹白・背白粒の発生は出穂後21～35日の気温と関係が強く（横山ら 2002）、2010年は27.3℃とかなり高く背白粒が多発した（図31）。

庄内地域で登熟期の高温により1等米比率が大幅に低下した年次（2010年を含む）は出穂後20日間の平均気温が、「はえぬき」では27℃以上で1等米比率が90%以下となり、「ササニシキ」では25℃以上で1等米比率が80%以下となることを明らかにした

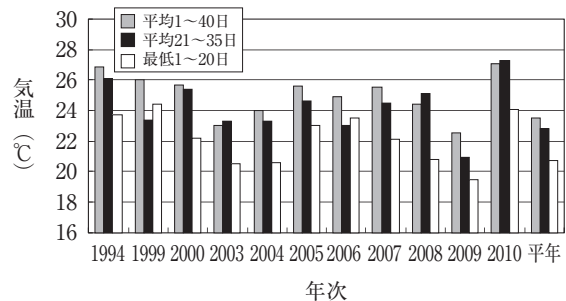


図31 登熟期間（出穂後日数）の気温の比較

水田農業試験場における作況解析試験。

品種名：はえぬき。

気温は水田農業試験場観測データ。

平年は2003年～2009年の平均値。

移植期：5月10日、栽植密度：21株/m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 6.0、追肥 2.0。

（図32）。登熟期の高温処理（ビニール被覆）によって無処理に比べ、何れの品種も整粒歩合が低下し、白未熟粒率、その他未熟粒率が増加した（表27）。また、無処理の白未熟粒率は、「ササニシキ」「あきたこまち」で高く、品種間差異が認められた。

出穂後の夜間高温処理（5～7日間）によって、胴割粒の発生が増加し、特に出穂後2週目（8～14日目）における処理で発生が多くなった（表28）。

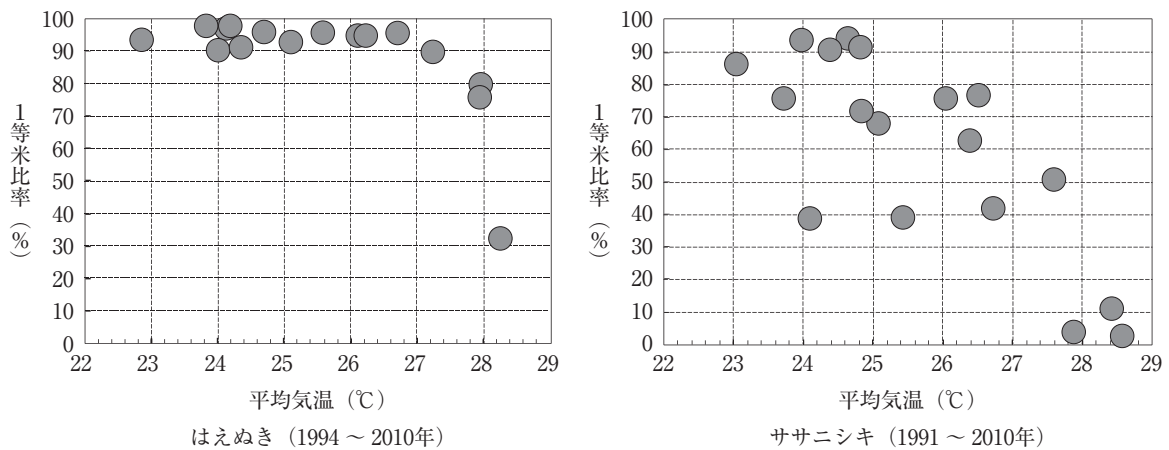


図32 庄内地域における1等米比率と出穂後20日間の気温の関係

1等米比率は山形農政事務所による調査（米に関する資料：山形県農林水産部）。
 平均気温は酒田測候所観測データ、出穂期は水田農業試験場における作況解析試験による。
 2004年（潮風害）、1993年（大冷害）を除く。

表27 登熟期の高温処理と品質

品種名	移植期 (月・日)	出穂期 (月・日)	整粒歩合 (%)		白未熟粒率 (%)		その他未熟粒率 (%)	
			無処理	高温処理	無処理	高温処理	無処理	高温処理
あきたこまち	5.25	8.02	50.3	35.7	7.8	18.6	15.6	22.3
ササニシキ	5.11	8.01	41.4	20.2	16.6	28.1	16.1	22.9
ひとめぼれ	5.11	8.02	71.1	49.0	4.3	17.7	20.6	30.6
はえぬき	5.11	8.02	62.7	36.3	4.6	11.4	12.9	19.5
コシヒカリ	5.11	8.08	67.3	38.5	4.5	17.8	19.1	24.7
つや姫	5.11	8.08	66.8	54.0	3.6	10.1	20.9	25.5

水田農業試験場における「高温登熟性品種の育成」試験。
 高温処理：8月3日～8月31日、ビニール被覆。
 処理期間の平均気温：無処理 26.8℃、高温処理 28.4℃。
 窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 5.0、追肥 2.0。
 栽植密度：22.2株 / m²、5本 / 株（手植え）。
 整粒等の測定方法：ふるい目 1.9mm、穀粒判別機 Kett 社 RN-300。

表28 高温と胴割粒の発生

夜間処理温度	出穂後1週目(処理日数)			出穂後2週目(処理日数)			出穂後3週目(処理日数)			出穂後4週目(処理日数)		
	3日	5日	7日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	3日	5日	7日
26℃	1.9	2.6	3.3	2.3	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	2.6	1.9	1.7
28℃	2.0	3.7	4.6	2.5	3.5	5.3	2.1	3.1	3.9	1.9	2.9	3.2

水田農業試験場による「高温障害の危険期における温度と継続時間の解明」試験。
 品種名：ひとめぼれ。
 胴割粒の調査方法：ふるい目 1.9mm、穀粒判別機 Kett 社 RN-300。
 高温処理：夜間（18：00～6：00）にビニール被覆し、園芸用ヒーターで加温（8月6日～9月2日に1週間単位で4時期）、日中は被覆を除去。
 移植期：5月11日、栽植密度：20.3株 / m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 4.0、追肥 1.5。
 出穂期：8月6日、刈取り：9月15日。

表29 移植時期による品質の違い

移植時期	移植期 (月.日)	栽植密度 (株/m ²)	出穂期 (月.日)	精玄米重 (kg/10a)	m ² 当収数 (千粒)	整粒歩合 (%)	白未熟粒 (%)	玄米 タンパク質 (%)
標植 (機械移植)	5.10	20.8	8.03	615	31.0	76.7	7.7	7.8
晩植 (手植え)	6.04	22.2	8.14	599	30.3	84.2	1.4	7.3

水田農業試験場における作況解析試験 (2010年)。

品種名：はえぬき。

窒素施肥条件 (kg/10a)：標植基肥 6.0、追肥 2.0、晩植基肥 5.0、追肥 2.0。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査 (ふるい目 1.9mm、重量%)。

表30 刈取り時期別の品質

品種名	刈取り日 (月.日)	積算温度 (℃・日)	整粒歩合 (%)	未熟粒率 (%)		薄茶米 (%)	着色粒 (%)
				白	その他		
はえぬき	9.06	941	82.5	5.9	9.2	4.9	0.2
	9.10	1036	84.0	4.2	10.3	7.4	0.2
	9.15	1150	84.1	4.0	10.9	7.3	0.4
	9.21	1281	76.6	7.7	14.5	12.0	0.4
	9.27	1381	70.1	13.8	15.6	12.7	0.6
	10.03	1489	67.5	12.7	19.5	17.5	0.6

水田農業試験場における作況解析試験 (2010年)。

移植期：5月10日、栽植密度：20.8株/m²、窒素施肥条件 (kg/10a)：基肥 6.0、追肥 2.0。

出穂期：8月3日。

整粒等の測定方法：目視による玄米構成調査 (ふるい目 1.9mm、重量%)。

標準より移植期を遅らせた場合 (+25日)、出穂期が11日遅れ、m²当たり収数がやや不足し (標準比98%)、玄米重はやや減収 (同97%) したものの、整粒歩合が向上し、玄米タンパク質含有率が低下した (表29)。発芽不良苗が発生し、再播種となった地域では、結果的に品質、食味面で晩植の効果が認められた。

9月中旬以降の降雨により刈取りが遅れた場合 (出穂後の積算温度1,200℃・日以上) は、白未熟粒、薄茶米等其他未熟粒が増加し、玄米の光沢が劣り、品質が低下した (表30)。また、糯品種を中心に発芽粒の発生による品質低下が認められた。

さらに、高温登熟年次に見られやすいとされる黒点症状米の発生や早期落水による品質低下も見られた。

4 効果が確認された対策技術

以下、主に農業技術普及課への聞き取り調査によるものである。

1) 水管理による高温障害回避

間断灌漑 (2湛2落) を確実にを行った圃場では、品質低下が少なかった。また、山間部等の自然水が豊富な地域では掛け流し灌漑により品質の低下が軽

減された。

2) 直播栽培による品質低下の回避

直播栽培では移植栽培に比べ出穂が7~10日遅くなり、高温下での登熟を回避し、品質の低下を防止した事例が多く見られた。さらに、出穂期の遅れに伴い成熟期も遅い直播栽培では、9月の断続的な降雨後に適期に刈取りが行われ、品質の低下が少なかった。

3) 適切な追肥による高温障害回避

穂肥は、品種毎の診断基準に基づき、地域の気象条件や土壌条件等を勘案して実施し、収数過剰による品質低下を防止した。さらに、適期に適量の穂肥が実施された圃場で、収量の低下を回避した事例が見られた。一方、施肥量が過剰でm²当たり収数が多い圃場では、品質低下した事例が認められた。

5 まとめ

移植期の適正化 (特に、高温登熟により品質低下しやすい庄内地域)、過剰な収数着生の防止、出穂後の間断灌漑の徹底と早期落水の防止に努めた。高温下で登熟した2010年は、収水分や青粒歩合の推移を調査し、刈遅れによる品質低下の防止を喚起した。

また、晩生で高温登熟性の高い新品種「つや姫」

は、生産者並びに関係機関が一体となった栽培管理によって、98.2%の1等米比率を達成した。

引用文献

- 1) 横山克至, 高取 寛, 藤井弘志, 渡部幸一郎, 安藤 正, 小南 力, 松田裕之, 柴田康志, 長谷川 愿. 2002. 庄内地域における登熟期の高温条件が米粒品質に及ぼす影響. 山形農試研報 36: 51-66.

(結城和博・早坂 剛・本間猛俊・今田孝弘)

VI 福島県における2010年産米の品質低下要因と対策技術

1 品質の実態

2010年産の米検査結果は会津（福島県西部）と浜通り（太平洋側）で1等米の比率が低く、特にコシヒカリは白未熟粒の混入が多く品質が劣った（表31）。

過去に1等米比率が低かったのは冷害年が多いが、1979年、1982年そして1994年は高温登熟で品質が低下している（表32）。

そこで、各農業振興普及部・所で設置している2010年度作柄判定用の玄米を用いて気象との関係、品種間差等について調査し下記の結果が得られた。

- ①整粒歩合は、地域別では会津、品種においてはコシヒカリで低かった（表33）。
- ②コシヒカリの整粒歩合低下要因は、会津で乳白粒が多かったことと、浜通り中部の南相馬市原町区と双葉郡浪江町では腹白・背白粒が多かったこと等によるものである（表34）。
- ③白未熟粒の発生は、出穂後20日間の最高気温が平均気温より相関が高く、最高気温30℃以上で増加する傾向が見られた（図33）。
- ④コシヒカリでは、基部未熟粒と腹白・背白粒は出穂後の最高気温の上昇にともない発生率が高くなった（図34）。
- ⑤乳白粒は出穂後の最高気温が低くても発生が多い場合も見られ、高温以外で発生を助長する栽培要因等があると考えられた（図34）。

2 気象

2010年の気象は、生育の前半は低温で気象変動が大きく冷夏が懸念されたが、6月以降は一転して高温多照に経過し記録的な高温年となった（図35）。特に8月は月平均気温が過去最高を気象官署及び特別地域気象観測所の福島、若松、白河で記録した。

このため、出穂期前後だけでなく、登熟期の気温

表31 品種・地域別の米検査等級別比率（%）

品種名	地域	1等	2等	3等
コシヒカリ	会津	54	44	1
	中通り	90	10	0
	浜通り	51	44	5
ひとめぼれ	会津	89	11	1
	中通り	86	13	1
	浜通り	79	19	2

JA 全農福島県本部による米検査結果（2010年2月14日現在）。

表32 過去の高温年における福島県の1等米比率（%）

年次	1等米比率	気象概況
1994年	64.2	高温登熟、長雨による穂発芽
1982年	55.2	冷害、高温登熟、低温、日照不足
1979年	37.7	高温登熟、長雨による刈遅れ

福島食糧事務所における米検査結果。

表33 地域・品種別の整粒歩合

地域と品種	整粒歩合（%）	
地域	中通り	64.7
	会津	61.5
	浜通り	67.5
品種	コシヒカリ	59.9
	ひとめぼれ	67.8
	あきたこまち	72.7
	チヨニシキ	63.8

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄判定用の調査（2010年）。

耕種概要：県内現地慣行法による。

ふるい目：1.8mm。

整粒歩合は Kett 社穀粒判別器 RN-300 で測定。

表34 地域別の乳白粒と腹白・背白粒の発生

地域	粒数割合（%）		
	乳白粒	腹白・背白粒	基部未熟粒
中通り	7.7	5.6	1.4
会津	16.4	7.2	1.9
浜通り	6.3	8.9	1.7
（原町、浪江）	（8.1）	（11.4）	（2.1）

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄判定用の調査（2010年）。

品種：コシヒカリ。

耕種概要：県内現地慣行法による。

ふるい目：1.8mm。

粒数割合は Kett 社穀粒判別機 RN-300 で測定。

も平年より2℃～4℃高く経過した。この記録的な高温が品質低下につながったと考えられる（表35）。

なお、各気象観測所の真夏日の年間日数はどの地

表35 出穂期前後と登熟期間の気象状況

場所 (移植日)	品種	年次	出穂期前20日 ～出穂期前日		出穂期 (月日)	出穂期～出穂後+19日		出穂後+20～+39日	
			平均気温 (℃)	積算日照 時間		平均気温 (℃)	積算日照 時間	平均気温 (℃)	積算日照 時間
本部 (5.14)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.5 (2.1)	147 (193)	8/ 1 (-5)	26.7 (2.1)	117 (103)	26.2 (4.6)	147 (176)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	26.9 (2.3)	176 (160)	8/ 8 (-6)	26.5 (3.6)	118 (139)	24.2 (3.1)	120 (122)
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.3 (0.2)	140 (99)	8/ 1 (-4)	26.8 (1.9)	130 (85)	26.0 (3.1)	165 (122)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	26.7 (1.2)	162 (109)	8/ 7 (-3)	26.6 (1.9)	152 (103)	24.8 (2.6)	138 (117)
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	2010年 (平年差比)	25.3 (2.2)	119 (143)	7/31 (-6)	27.4 (3.2)	120 (131)	26.2 (4.1)	137 (144)
	コシヒカリ	2010年 (平年差比)	27.6 (3.5)	160 (146)	8/ 8 (-6)	26.7 (3.5)	116 (132)	24.1 (2.1)	112 (126)

福島県農業総合センター（本部、会津、浜地域研究所）における作柄解析試験。

本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 4.0)、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：ひとめぼれ 9月5日、コシヒカリ 9月15日。

会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月7日。

成熟期：ひとめぼれ 9月9日、コシヒカリ 9月15日。

浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8株/㎡。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 7月31日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：ひとめぼれ 9月7日、コシヒカリ 9月18日。

堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥 1000 kg/10a。

生育ステージの平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

本部と浜地域研究所の気象データはアメダスデータ（郡山、相馬）地点。

会津地域研究所の気象データは会津地域研究所にて観測。

気象データの平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

本部の2010年の日照時間でデータの欠測値は、二本松の値から回帰式で推定した。

会津地域研究所は観測機器はバイメタル方式、2010年は太陽電池式のため参考値。

域でも最多となり、猛暑日の日数は県北の福島では観測史上最も多かった。他の地区では1994年が1位（小名浜は2位）であった。

1994年の品種別1等米比率はササニシキと初星は低く、ひとめぼれは比較的良く、出穂の遅かったコシヒカリでも70%台と品質の低下が少なかった。

しかし、2010年は8月下旬まで気温が高く推移したため、ひとめぼれは出穂期～19日後の気温が1994年より低いのにに対し、コシヒカリは逆に、出穂後の気温が高く今年の品質の低下をまねいたと考えられる（表36）。

3 品質に影響した要因

1) 生育概況

出穂期は平年より3～6日早く、調査年次において最も出穂が早かったのは2000年と2004年、次いで

2010年だった。

成熟期は会津研（農業総合センター会津地域研究所、会津坂下町）で1週間程度、本部（郡山市）と浜研（農業総合センター浜地域研究所、南相馬市）では約2週間早かった（表37）。特に登熟初期に粗玄米千粒重の増加が平年より5日程度早く、この高温による急激な玄米の肥大が白未熟粒等の品質低下を助長したと考えられる（図36）。

成熟期の稈長は会津研と浜研で平年より長かった（表38）。倒伏は本部と会津研で平年より多く、浜研のコシヒカリは平年より少なかった。

2) 浜通りの品質低下の要因解析

浜通りのコシヒカリの品質低下要因は、浜通り北部（新地町、相馬市、南相馬市鹿島区まで）では乳白・心白粒の混入が主であるのに対し、中部（南相

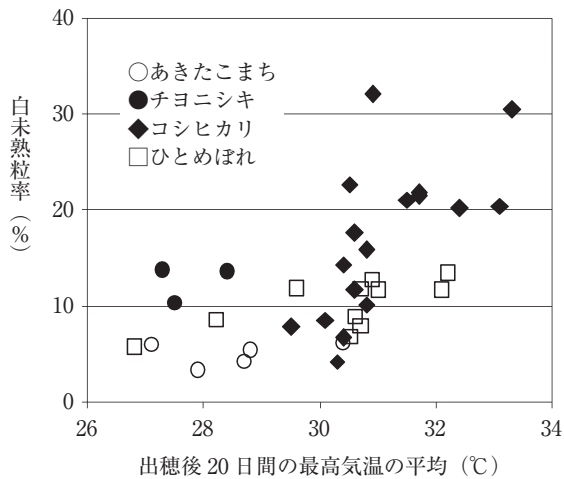


図33 出穂後の20日間の最高気温の平均と白未熟粒率の関係

各農林事務所農業振興普及部・所による作柄解析試験への調査（2010年）。
 耕種概要：県内現地慣行法による。
 ふるい目：1.8mm。
 気象データ：「東北地方 1km メッシュ気温データ表示・検索システム」（農研機構 東北農業センター）を使用した。
 白未熟粒率は Kett 社穀粒判別器 RN-300 で測定。

馬市原町区と双葉郡）では腹白・背白粒による落等が多かった（図37）。

この現象をアメダス観測や県の水・大気環境課が町村別に設置した観測器のデータを用いて検討した。2010年8月15日～17日、24日及び9月3日は最高気温が高く、乾燥した西風が吹いている。特に、8月24日は、阿武隈山間は最高気温が高く、湿度の低い西風が浜通り中部を中心とした地方に吹き込んだ（図38）。

この時期はコシヒカリの出穂後16日頃に当たり、腹白・背白粒の発生しやすい時期であったと考えられた。

3) 会津地域の品質低下の要因解析

2010年は9月上旬に台風（7、9号）から変わった熱帯低気圧の風と雨の影響で、県内で倒伏が発生した。

会津地域では9月初旬から倒伏が始まり倒伏程度の高い3～4の面積割合が前年より多くなった（表39）。

会津研では2010年は稈長が伸びて倒伏した（図39）。節間長も会津研のコシヒカリは第3～5節が平年を上回った（表38）。

9月上旬に倒伏した本部の同一ほ場で倒伏株と健全株を調査したところ、倒伏株は収穫が遅くなると

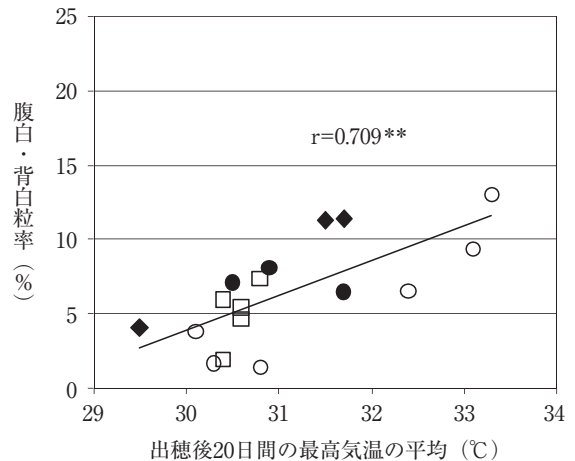
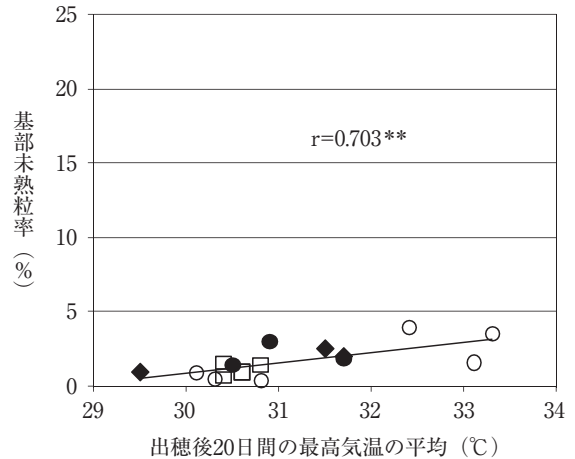
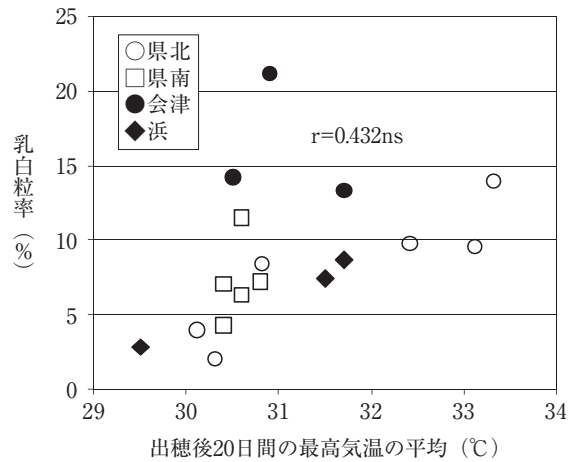


図34 出穂後の20日間の最高気温の平均と乳白粒、基部未熟粒、腹白・背白粒の関係

**は1%水準で有意差あり。
 品種：コシヒカリ。
 耕種概要と気象データ等は図33と同じ。

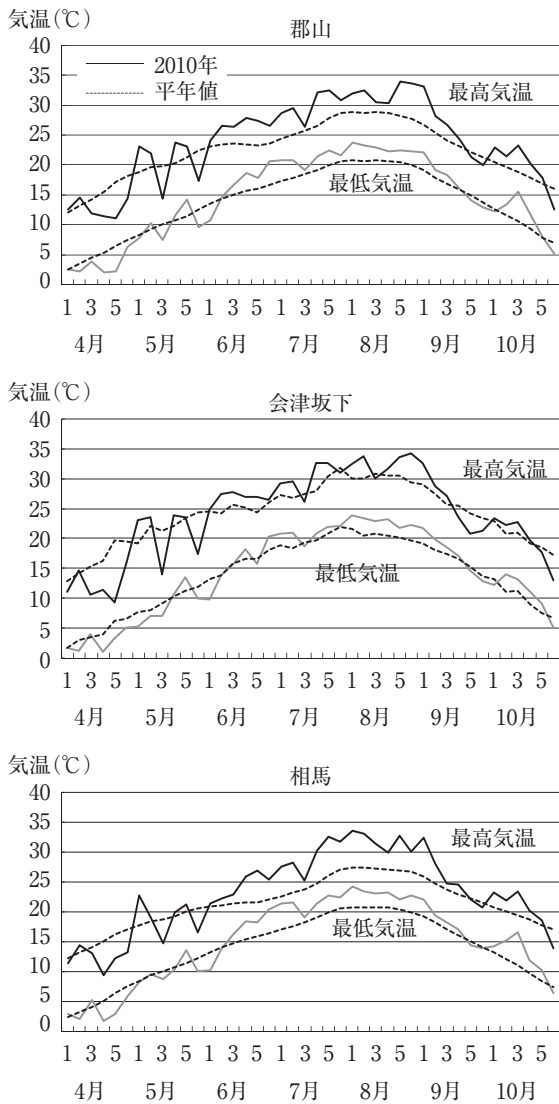


図35 2010年水稻栽培期間の気象

気象はアメダスデータ(郡山、相馬)と会津地域研究所による観測値(会津坂下)。平年値：郡山、相馬は1979年～2000年、会津坂下は1991～2000年。

乳白粒と腹白・背白粒及び胴割粒が増加し整粒歩合が低下した(図40)。

会津地域では、倒伏と収穫時期の降雨による刈り遅れにより品質が低下した。

また、倒伏を懸念して追肥を控えたり、8月の猛暑で稲体が消耗していたこともさらに品質を低下させた要因と考えられる。

4 効果が確認された対策技術

1) 今年の試験結果から確認された技術対策
15.2株/m²程度の疎植栽培で、背白粒の発生が少なかった(図41)。また、追肥を実施し栄養条件を向上させることで背白粒の発生を軽減することがで

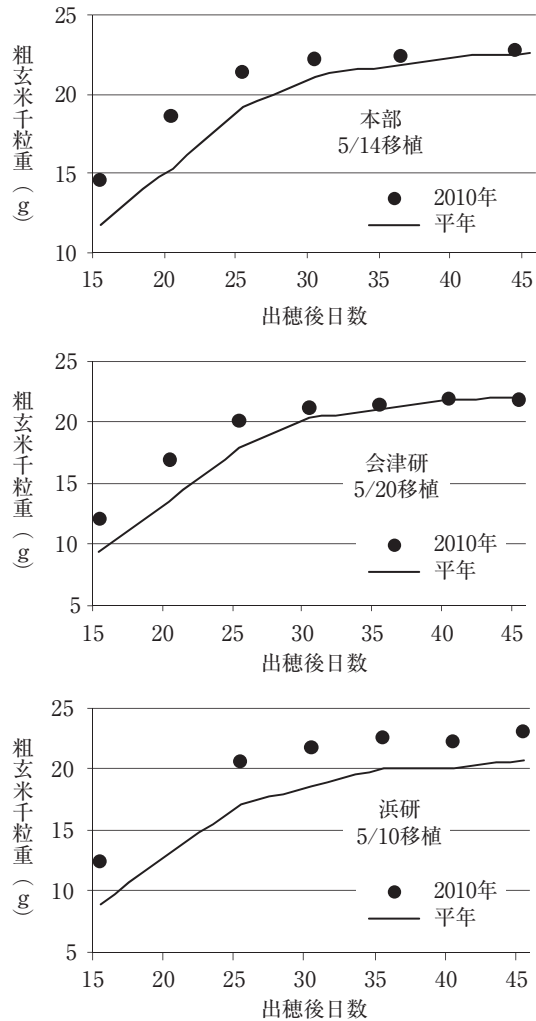


図36 粗玄米千粒重の推移

福島県農業総合センター(本部、会津、浜地域研究所)における作柄解析試験。

品種：コシヒカリ。
本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥40、追肥(幼穂形成期)20。
出穂期：8月8日、成熟期：9月15日。
会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥30、追肥(減数分裂期)20。
出穂期：8月7日、成熟期：9月15日。
浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8株/m²。
窒素施肥条件(Nkg/10a)：基肥30、追肥(減数分裂期)20。
出穂期コシヒカリ8月8日、成熟期：9月18日。
堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥1000kg/10a。
平年値は本部は過去4年間、会津と浜地域研究所は5年間の平均。

きた。

2010年は出穂が早く、成熟期は平年より1、2週間早かった。コシヒカリでは、成熟期の整粒歩合が高かったが、出穂後50日以降は乳白・心白粒が増加して整粒歩合が減少した(図42)。夏季異常高温年でも適期に収穫することで品質の低下を防ぐことが

表36 2010年と1994年の出穂期前後及び登熟期間の気象状況

品 種	年 次	出穂期前20日 ～出穂期前日		出穂期 (月日)	出穂期～出穂後+19日		出穂後+20～+39日	
		平均気温 (℃)	積算日照 時間		平均気温 (℃)	積算日照 時間	平均気温 (℃)	積算日照 時間
ひとめぼれ	2010年	25.5	147	8/ 1	26.7	117	26.2	147
	1994年	26.8	101	8/ 3	27.1	151	24.8	135
コシヒカリ	2010年	26.9	176	8/ 8	26.5	118	24.2	120
	1994年	27.8	125	8/12	25.6	138	22.9	104

福島県農業総合センター（本部）における作柄解析試験。
 移植日：5月14日、栽植密度：20.8株/m²。
 窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥6.0（コシヒカリは4.0）、追肥（幼穂形成期）2.0。
 気象データはアメダスデータ（郡山）。
 2010年の日照時間でデータの欠測値は、二本松の値から回帰式で推定した。

表37 出穂期と成熟期

場 所 (移植日)	品 種	出穂期			成熟期			登熟日数		
		2010年 (月日)	平年 (月日)	平年差 (日)	2010年 (月日)	平年 (月日)	平年差 (日)	2010年 (日)	平年 (日)	平年差 (日)
本部 (5.14)	ひとめぼれ	8/ 1	8/ 6	-5	9/ 5	9/17	-12	35	42	-7
	コシヒカリ	8/ 8	8/14	-6	9/15	9/30	-15	38	47	-9
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	8/ 1	8/ 5	-4	9/ 9	9/15	-6	39	41	-2
	コシヒカリ	8/ 7	8/10	-3	9/15	9/24	-9	39	45	-6
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	7/31	8/ 6	-6	9/ 7	9/18	-11	38	43	-5
	コシヒカリ	8/ 8	8/14	-6	9/18	10/ 3	-15	41	50	-9

耕種概要等は表35と同様。

表38 稈長と倒伏

場 所 (移植日)	品 種	稈長 (cm)			節間長の平年比 (%)					倒伏 (0～400)		
		2010年	平年	平年比 (%)	1節	2節	3節	4節	5節	2010年	平年	平年差
本部 (5.14)	ひとめぼれ	80.1	79.9	100	102	88	99	92	173	135	0	135
	コシヒカリ	89.0	87.7	101	108	88	93	96	106	180	100	80
会津研 (5.20)	ひとめぼれ	89.4	86.9	103	105	104	104	96	105	275	136	139
	コシヒカリ	97.4	93.6	104	105	96	107	106	116	318	186	132
浜研 (5.10)	ひとめぼれ	92.2	88.7	104	101	89	104	109	195	230	220	10
	コシヒカリ	97.9	96.9	104	103	87	93	106	124	160	190	-30

耕種概要等は表35と同様。
 倒伏＝倒伏程度（0～4）×倒伏面積割合（％）。

できた。

乳白・心白粒は粒厚の薄い米に多く含まれることが多く、これらの粒が多く発生した場合はふるい目を1.9mmにすることで、特に乳白粒と青未熟粒の混入を防ぎ、品質の向上を図ることができる（図43）。

直播栽培の品質は、移植栽培と比較して乳白粒の発生が少なく良かった（表40、図44）。なお、直播栽培の出穂は移植栽培より遅かった（表41）。出穂後の気温は、浜研では移植栽培より低かったが、本部和会津研では移植栽培と差がなかった。m²当たりの籾数は移植栽培より少なく（表42）、収量が減少

したことも直播栽培の乳白・心白粒の発生が少ない要因の一つと考えられた。

過去の高温年次では、移植時期を遅らせて出穂を遅くし高温を回避することができたが、2010年は移植時期を2週間遅らせてもコシヒカリの出穂は3日（平年は5日）しか遅れず、玄米の外観品質には差が認められなかった（表43）。なお、移植時期を遅くすると乳白粒がやや減少しているが、腹白・背白粒の発生が多く整粒歩合に差は無かった（図45）。

2) 現地の技術対策と優良事例

県内の普及指導機関を通じ異常高温対策として実

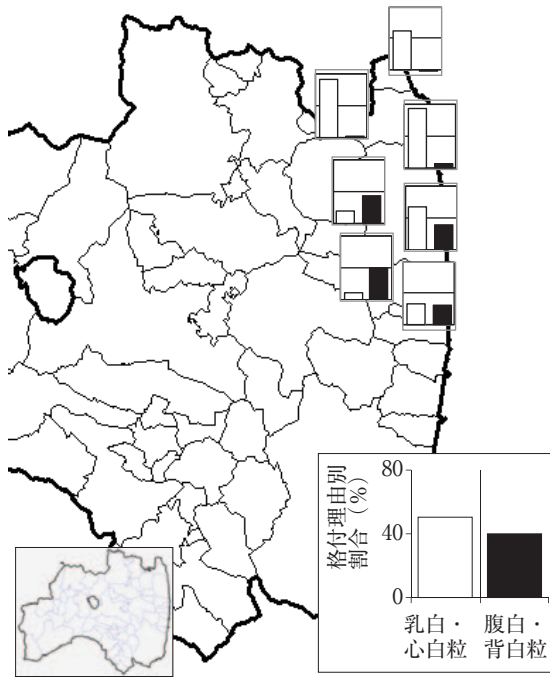


図37 浜通りにおけるコシヒカリの2等以下の格付け理由

各地区のJA 取りまとめ (2010年11月20日現在)。
品質は各農産物検査機関による。

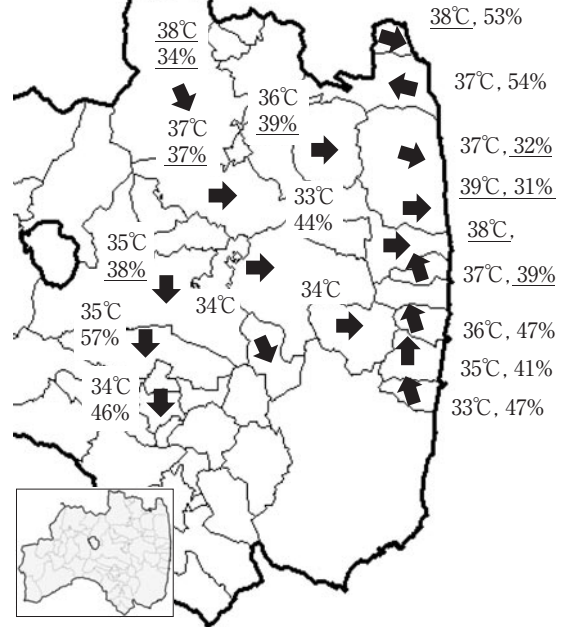


図38 2010年8月24日の最高気温と最低湿度及び13時の風向

アメダスデータ及び県水大気環境課による参考値。
—は最高気温は38°C以上、最低湿度は34%以下。

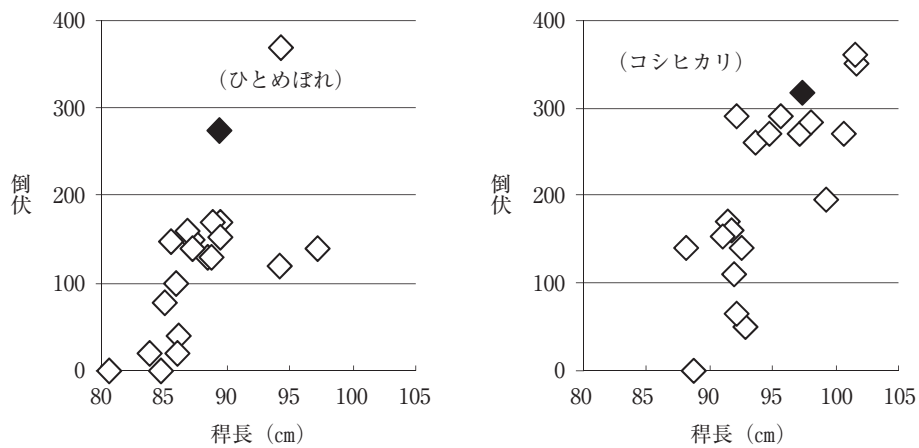


図39 稈長と倒伏

会津地域研究所における作柄解析試験 (1991年~2010年、◆は2010年)。
品種：ひとめぼれ、コシヒカリ。
倒伏 = 倒伏程度 (0~4) × 面積割合 (%)。
移植日：5月20日、栽植密度：20.8株/m²。
窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 3.0)、追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

表39 地域、倒伏程度別面積割合

調査年	倒伏程度(1~2)(%)				倒伏程度(3~4)(%)			
	県全体	中通り	会津地域	浜通り	県全体	中通り	会津地域	浜通り
2010年	37	47	27	32	32	20	64	13
2009年	23	22	45	60	6	4	9	5

各農林事務所農業振興普及部・所における調査。
倒伏程度は0~4の5段階評価。
面積割合は管内の水田面積を倒伏程度別に分けた割合。

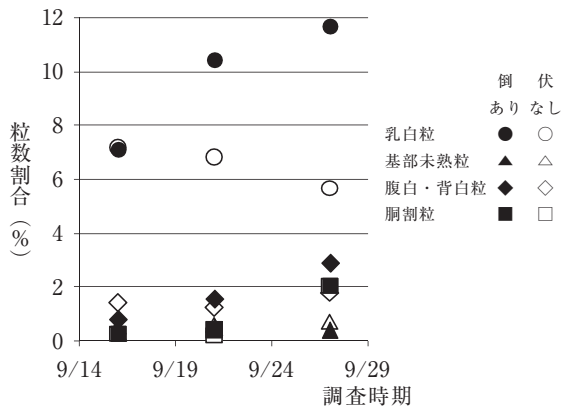


図40 倒伏後の収穫時期別玄米品種

福島県農業総合センター（本部）における栽培試験（2010年）。
品種：コシヒカリ。
移植日：5月13日、出穂期：8月9日、成熟期：9月16日。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 5.0、追肥 2.0。
倒伏（あり）は9月上旬の強風で発生し、倒伏は350。
倒伏 = 倒伏程度（0~4）× 面積割合（%）。
ふるい目：1.9mm。
粒数割合は Kett 社穀粒判別機 RN-300 で測定。

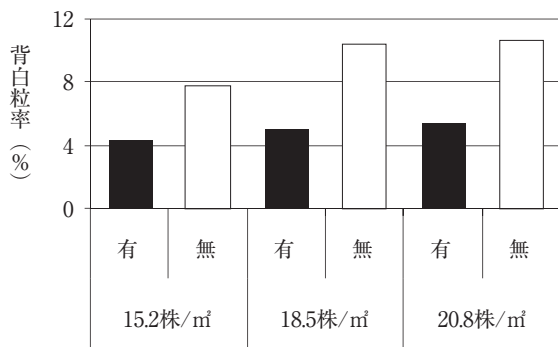


図41 栽植密度、追肥の有無と背白粒率

会津地域研究所における栽培試験（2010年）。
品種：ひとめぼれ。
移植日：5月6日。
出穂期：15.2株/m²は8月1日、18.5株/m²は7月31日~8月1日、20.8株/m²は7月31日~8月1日。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 6.0、追肥（追肥区のみ）2.0。
背白粒率は会津地域研究所職員の内眼による調査。

施され、品質低下の抑制に効果的であったと判断された内容は以下の通りである。しかし、技術対策を実施する上で問題点も指摘された。

(1) 水管理

高温時水管理（掛け流し、日中深水湛水・夜間落水）は白未熟粒の発生を完全に防止するには至らなかった。この要因として、掛け流しにおける水利問題、用水の水温・水量等の問題が指摘されている。

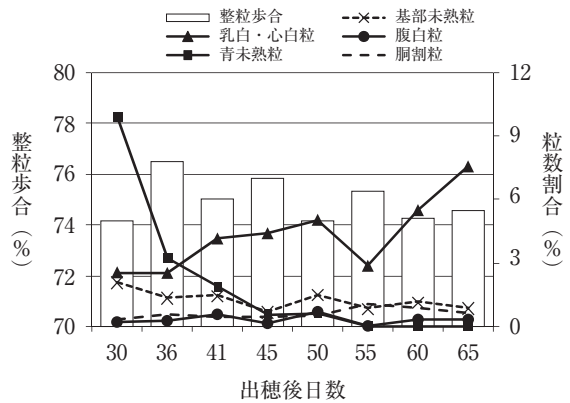


図42 出穂後日数と玄米品質

浜地域研究所における作柄解析試験（2010年）。
品種：コシヒカリ。
移植日：5月10日、栽植密度：23.8株/m²。
窒素施肥条件（Nkg/10a）：基肥 3.0、追肥（減数分裂期）2.0。
堆肥は稲わら堆肥 1000kg/10a。
ふるい目：1.85mm。
品質は静岡精機社穀粒判定器 ES-1000 で測定。

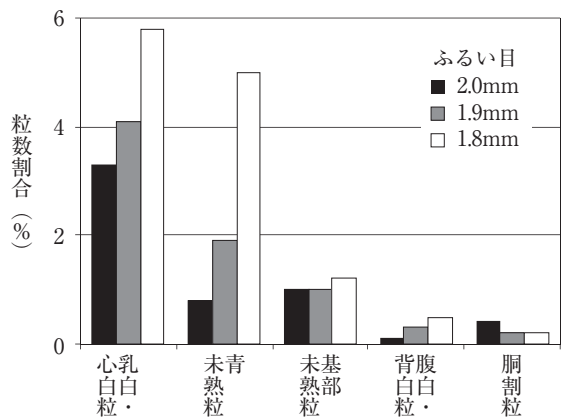


図43 粒厚別玄米品質
耕種概要は図42と同様。

表40 移植栽培と直播栽培の玄米品質

品種	移植・直播	玄米の品質 (ふるい目)					
		本部 (1.9mm)		会津研 (1.7mm)		浜研 (1.8mm)	
		2010年	平成	2010年	平成	2010年	平成
ひとめぼれ	移植	4.5	4.3	5.5	3.6	9.0	4.8
	直播	3.0	2.5	3.3	2.4	5.0	3.8
コシヒカリ	移植	4.0	2.5	3.3	3.3	-	-
	直播	4.5	2.0	3.0	2.6	-	-

福島県農業総合センター (本部、会津、浜地域研究所) における作柄解析試験。

耕種概要は、移植は表35と同様。

直播は、

本部はカルパー 1.5 倍重による湛水直播。

播種日：5月7日、播種量：乾籾 4.0kg/10a、畦間：30cm。窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 4.0、追肥 (減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月6日、コシヒカリ 8月11日。

成熟期：ひとめぼれ 9月14日、コシヒカリ 9月20日。

会津地域研究所はカルパー 2 倍重による湛水直播。

播種日：5月10日、播種量：乾籾 4.0kg/10a。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 4.8 (コシヒカリは 2.4)。

追肥 (幼穂形成期、コシヒカリは減数分裂期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月8日、コシヒカリ 8月14日。

成熟期：ひとめぼれ 9月16日、コシヒカリ 9月21日。

浜地域研究所は傾斜ベルト式小型播種機による乾田直播。

播種日：5月3日、播種量：乾籾 8.0kg/10a。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 (LP70) 8.0、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：ひとめぼれ 8月9日、成熟期：ひとめぼれ 9月21日。

堆肥は本部は牛糞堆肥、会津と浜地域研究所は稲わら堆肥 1000 kg/10a。

平年値は本部は過去 4 年間、会津と浜地域研究所は 5 年間の平均。

品質は各農産物検査機関による 10 段階評価、1 (1 等上) ~ 9 (3 等下)、10 (規格外)。

表41 移植栽培と直播栽培の出穂期と出穂後20日間の平均気温

品種	移植・直播	出穂期			出穂後20日間の平均気温(℃)		
		本部	会津研	浜研	本部	会津研	浜研
ひとめぼれ	移植	8/1	8/1	7/31	26.7	26.8	27.4
	直播	8/6	8/8	8/9	26.6	26.5	26.6
コシヒカリ	移植	8/8	8/7	-	26.5	26.6	-
	直播	8/11	8/14	-	26.4	26.7	-

福島県農業総合センター (本部、会津、浜地域研究所) における作柄解析試験 (2010年)。

移植は、

本部は移植日：5月14日、栽植密度：20.8 株/m²。

会津地域研究所は移植日：5月20日、栽植密度：20.8 株/m²。

浜地域研究所は移植日：5月10日、栽植密度：23.8 株/m²。

直播は、

本部はカルパー 1.5 倍重による湛水直播。

播種日：5月7日、播種量：乾籾 4.0kg/10a 畦間：30cm。

会津地域研究所はカルパー 2 倍重による湛水直播。

播種日：5月10日、播種量：乾籾 4.0kg/10a。

浜地域研究所は傾斜ベルト式小型播種機による乾田直播。

播種日：5月3日、播種量：乾籾 8.0kg/10a。

本部と浜地域研究所の気象データはアメダスデータ (郡山、相馬) 地点。

会津地域研究所の気象データは会津地域研究所にて観測。

表42 移植栽培と直播栽培のm²当たり籾数 (百粒/m²)

品種	本部		会津研		浜研	
	移植	直播	移植	直播	移植	直播
ひとめぼれ	305	275	354	286	339	270
コシヒカリ	301	272	345	287	296	-

耕種概要は表41と同様。

表43 移植時期と玄米品質

品種	移植日	出穂期	玄米の品質
ひとめぼれ	4月30日	7月27日	5.5
	5月14日	8月1日	5.5
コシヒカリ	4月30日	8月5日	4.0
	5月14日	8月8日	4.0

福島県農業総合センター (本部) における作柄解析試験 (2010年)。

移植日：4月30日、5月14日、栽植密度：20.8 株/m²。

窒素施肥条件 (Nkg/10a)：基肥 6.0 (コシヒカリは 4.0)、追肥 (幼穂形成期) 2.0。

出穂期：4月30日移植は、ひとめぼれ 7月27日、コシヒカリ 8月5日。

5月14日移植は、ひとめぼれ 8月1日、コシヒカリ 8月8日。

成熟期：4月30日移植は、ひとめぼれ 9月2日、コシヒカリ 9月13日。

5月14日移植は、ひとめぼれ 9月5日、コシヒカリ 9月15日。

ふるい目：1.9mm。

品質は各農産物検査機関による 10 段階評価、1 (1 等上) ~ 9 (3 等下)、10 (規格外)。

(2) 適切な施肥

品種や地力に応じて適切に基肥を施用することが重要であり、登熟期の栄養凋落による品質の低下を防止するための生育診断に基づく穂肥 (窒素) の指導は、品質低下を防ぐ対策として一定の成果を上げた。しかし、本年は草丈が長めに推移し、倒伏を助長する懸念もあったことから穂肥の施用には慎重な対応をする農家が多かった。

(3) 早期落水防止

今年は、収穫時期に降雨が連続したため、落水しても結果的に湿潤状態が続き、排水不良田では収穫作業が遅れる場面が見られたが、早期落水の防止は品質低下を防止する重要な技術として励行された。

(4) 適期刈穫

適期刈取に関する技術としては、出穂後積算気温及び籾の黄化状況等から刈取適期を診断する技術は一般化しており品質改善に一定の効果を上げた。しかし、2010年は成熟期が異常に早まったことに加え、収穫時期の降雨や倒伏に阻まれ、一部で刈取

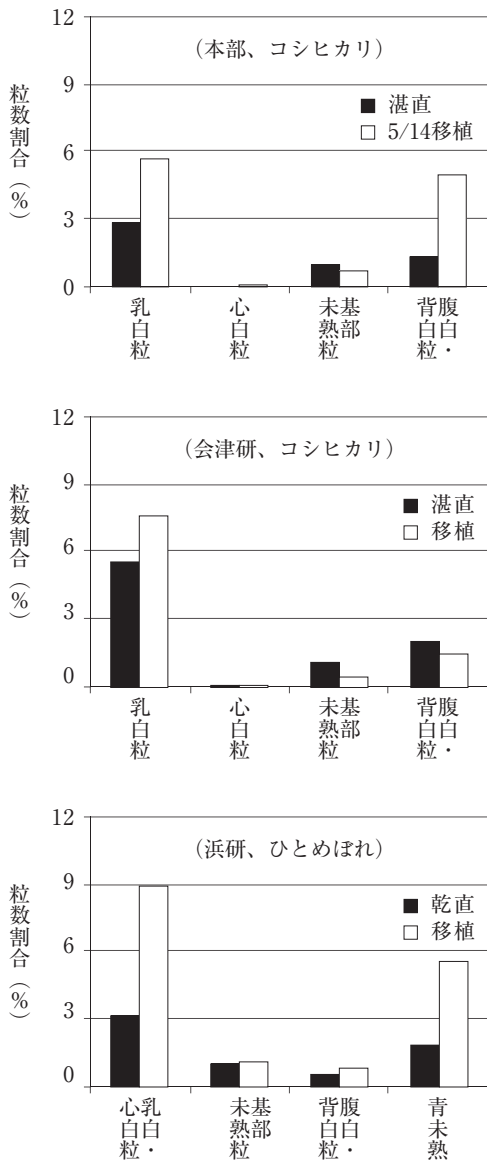


図44 移植栽培と直播栽培の玄米品質比較

耕種概要は表40と同様。
 ふるい目：本部と会津地域研究所は 1.9mm、会津地域研究所は 1.8mm。
 品質は本部と会津地域研究所は Kett 社穀粒判別器 RN-300、
 浜地域研究所は静岡精機社穀粒判定器 ES-1000 で測定。

作業に遅れが見られた。

(5) 事例

また、農業振興普及部と普及所から報告された現地の1等米を確保した事例では、土作り、健苗の適期移植、高温時の水管理、適切な施肥体系（基肥＋穂肥）、適期刈取等の基本的な技術の徹底が結果的に高温障害を軽減させ、品質・収量の確保に結びついた。

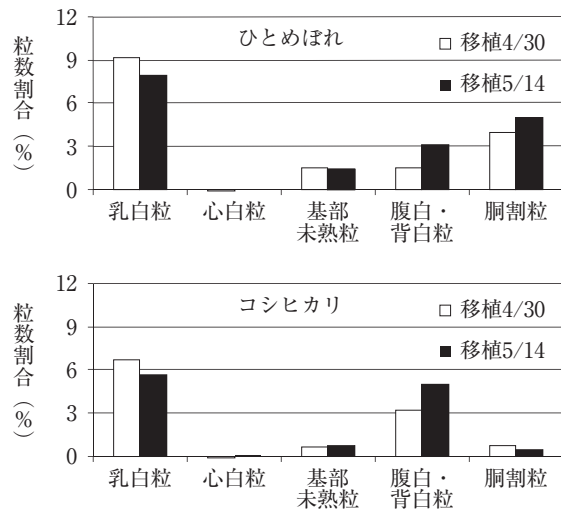


図45 移植時期と各種白未熟粒等の粒数割合
 耕種概要は表43と同様。

引用文献

- 1) 菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象 53: 11-19. (藤田智博)

VII 東北地域における2010年夏季の気象経過とその特徴

1 地球温暖化と2010年夏の気温の特徴

東北地域における2010年夏季（6月～8月）の気温は記録的な高温となったが、2010年は世界の年平均気温でもその平年差は+0.34℃で、1998年の+0.37℃に次ぐ高い値となった。図46に世界（全球）の年平均気温平年差の変化を示す。世界の年平均気温は周期的な寒暖を繰り返しながら、長期的には100年あたり約0.68℃の割合で上昇している（気象庁 2011）。特に1990年代半ば以降、高温となる年が多くなっている。図47に日本の年平均気温平年差の経過を示す。全球と同様に気温は上昇傾向にあり、100年あたり約1.15℃と全球よりもその程度が大きい（気象庁 2011）。特に1980年代後半以降の気温上昇は大きく、1990年代以降高温となる年が頻出している。

図48に東北地域の夏季の平均気温平年差の経年変化を示す。北日本においても年平均気温平年差は上昇傾向にあるが、夏季の経年変化には、明瞭な上昇

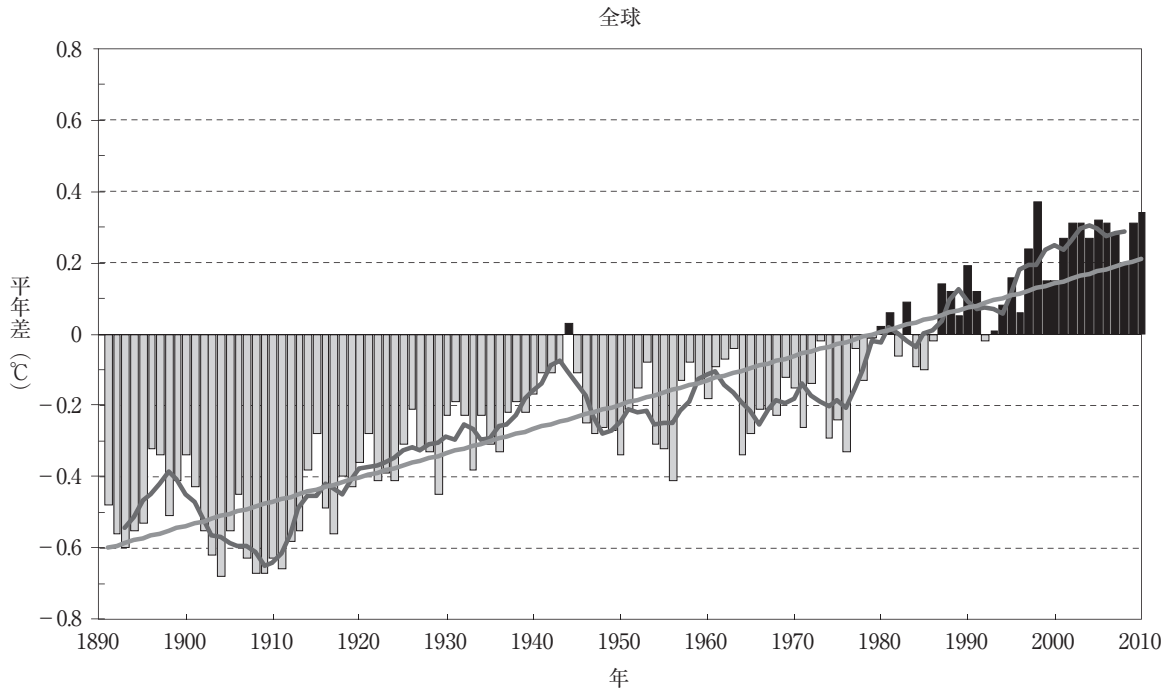


図46 世界の年平均気温（全球）の平年差の経年変化

棒グラフは年々の値、実線は5年移動平均値、直線はトレンドを表す1次回帰直線。
 平年値の期間は1971～2000年。データは気象庁HPより。

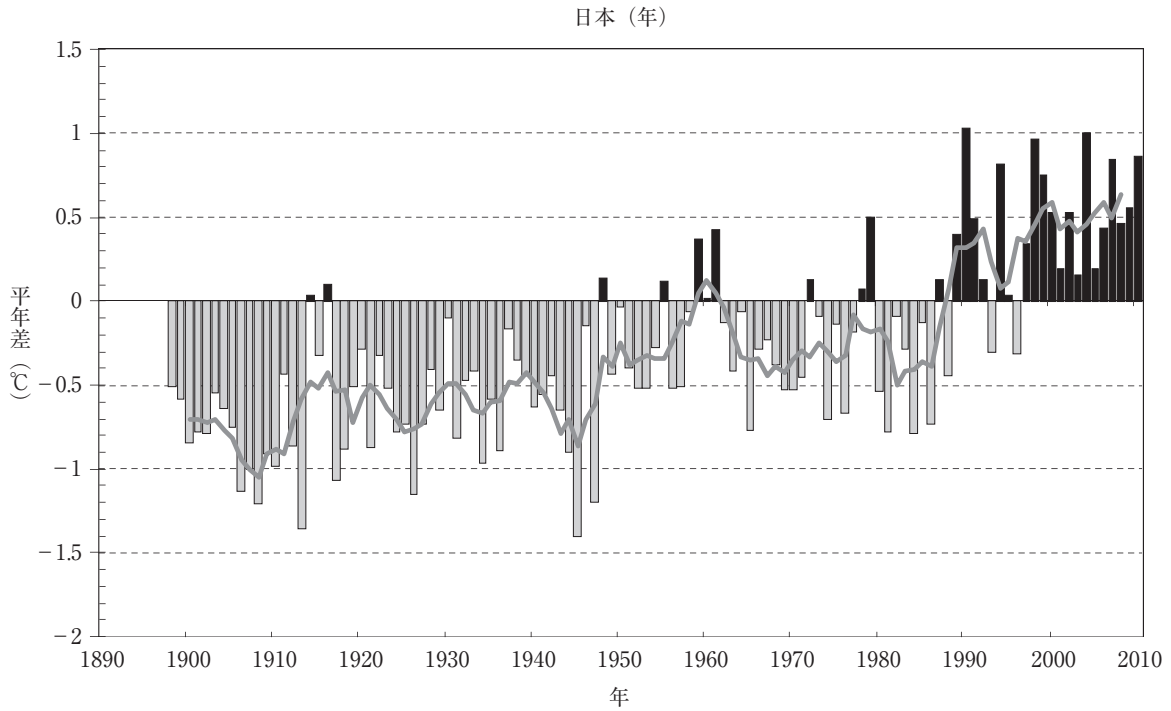


図47 日本の年平均気温の平年差の経年変化

棒グラフは年々の値、実線は5年移動平均値。
 平年値の期間は1971～2000年。データは気象庁HPより。

傾向はみられない。1950年代半ばから1970年代半ばまでは気温変動が少なく気象が安定しているが、1976年以降に注目すると冷夏だけでなく、猛暑も頻発している。2010年夏季も気温が平年を大幅に上回る状況が続き、平年差は+2.3℃と1950年以来第1位の高温となった。この高温の程度は、2031～2050年の温暖化気候シナリオMIROC、RCM20（20年間平均）と比較してもほぼ同じか上回っていた（図49）。また、菅野（1997）の手法によりアメダスデータに基づき日別の1km気候値メッシュを作成し、出穂期から登熟初期にあたる8月の平均値を算出したところ、平年（1979～2008年の30年平均）よりも高い地域が多く（図50）、一等米比率の低下につながった。

2 東北地域の2010年の天候

春は、本州付近を低気圧や前線が頻繁に通過し、曇りや雨または雪の日が多かった。4月中旬から下旬、5月中旬や下旬、6月上旬に寒気の影響で気温が平年を大幅に下回った時期があるなど、気温の変動が大きかった。

梅雨入りは、東北南部は6月14日ごろ、東北北部は6月16日ごろで、いずれも平年より遅かった。梅雨入り後は、日本付近に暖かい空気が入った影響や南からの暖かい空気の流れ込み、高温となることが多かった。また、6月16日～7月16日までの期間は梅雨前線や暖かく湿った風の影響により曇りや雨の日が多くなった。梅雨明けは、東北南部、東北北部

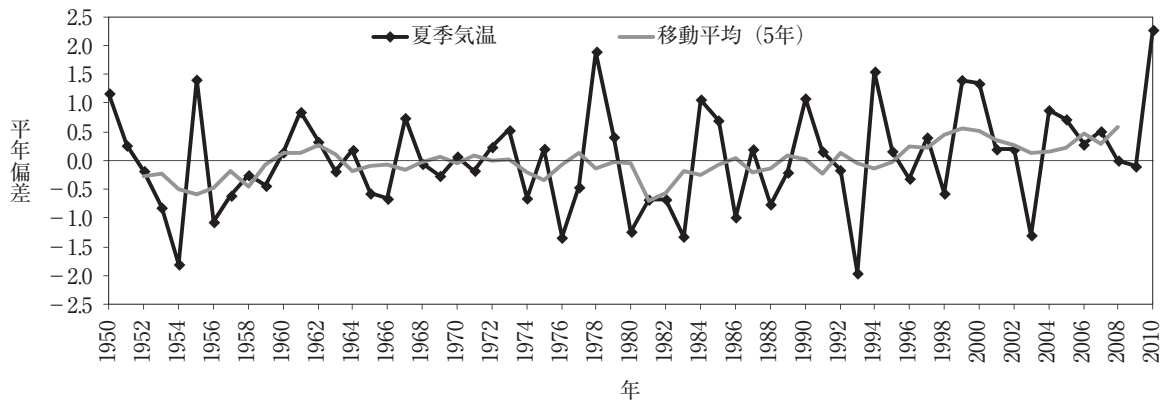


図48 北日本における夏季（6～8月）平均気温の経年変化

黒線は年々の値、灰線は5年移動平均値。
北日本の39気象官署のデータを平均した。

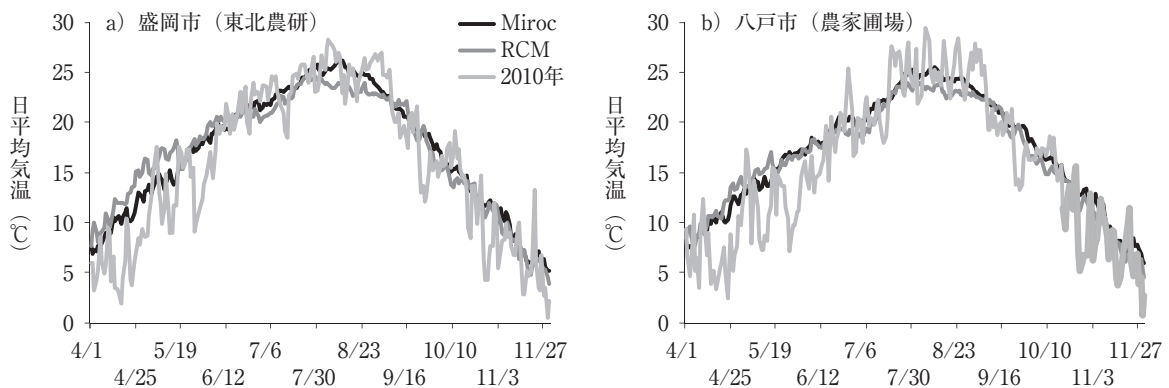


図49 2010年と気候シナリオ（2031年～2050年の平均）の日平均気温の推移

MIROC（東大・海洋研究開発機構・国立環境研 2004）。
RCM（気象庁・気象研究所 2004）。

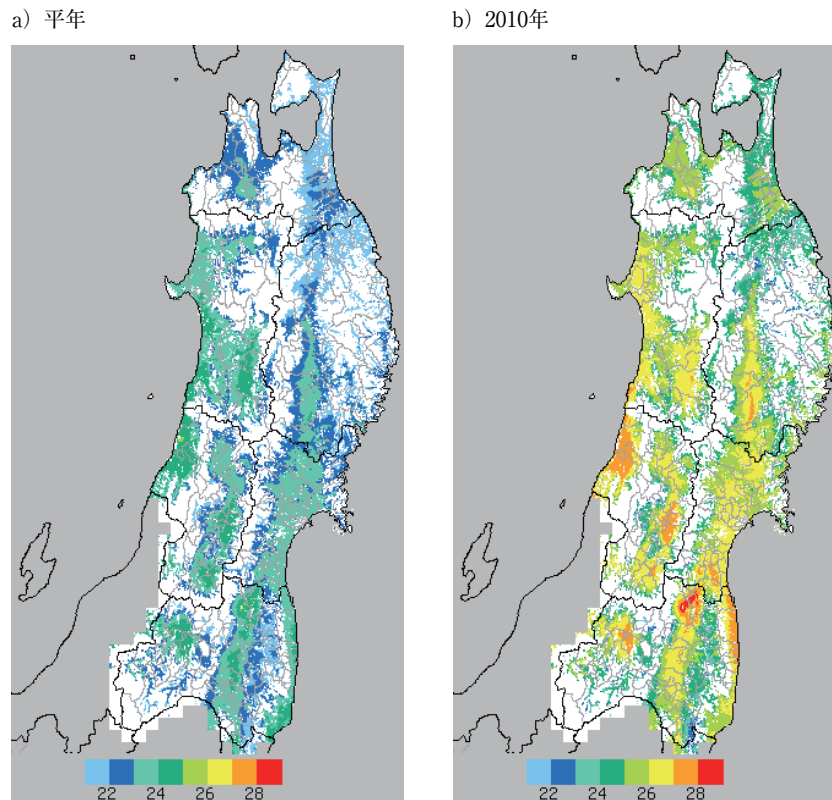


図50 東北地域における平年と2010年の8月の平均気温分布

菅野 (1997) の手法により、アメダスデータから

a) 平年 (1979～2008年)、b) 2010年の日別の1km気候値メッシュを作成し、平均した。

ともに7月18日ごろで、いずれも平年より早かった。梅雨明け後は、日本付近で太平洋高気圧の勢力が強まり、晴れの日が多かったものの、日本海側を中心に前線や南からの湿った気流の影響を受け曇りや雨の日が続く時期があった。

夏を通して、オホーツク海高気圧の影響がほとんどなく、日本付近には南から暖かく湿った空気が流れ込んだ。8月12日には秋田に台風4号が上陸するなど、8月9日～17日までの期間は低気圧や前線、台風の影響で曇りや雨の日が多かったが、東北南部の8月の降水量は少なかった。9月上旬も太平洋高気圧におおわれて晴れて暑い日が多かった。

各地の夏の気象経過について以下に述べる。図51に八戸、秋田、盛岡、仙台、酒田の2010年6月から8月までの日平均気温と平年偏差および日照時間の経過を示す。5地点とも気温の平年偏差が正の時期が長く、全域で高温となった。とくに太平洋側沿岸の八戸、盛岡、仙台でより高い傾向にあり、この3地点では日最高気温の平年偏差も高かった。とくに梅雨

明けの7月18日から8月31日までの期間は、太平洋高気圧に覆われて晴れたことや、南から暖かい空気が流れ込んだ影響で、日平均気温の偏差が $+3^{\circ}\text{C}$ 以上の日がそれぞれ56%、53%、60%となった。

日本海側の秋田では7月19日～8月4日は日照時間が少なく、とくに7月23日～25日および7月29日～8月3日は日照時間が少ないか全くない状態であった。8月9日～17日までの期間は5地点とも日照時間が少なく、東北北部の八戸、秋田、盛岡で降水量が多かった。

引用文献

- 1) 気象庁. 2011. 気温・降水量の長期変化傾向.
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/index.html> 2011/3/14 閲覧.
- 2) 菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象 53: 11-19.

(神田英司)

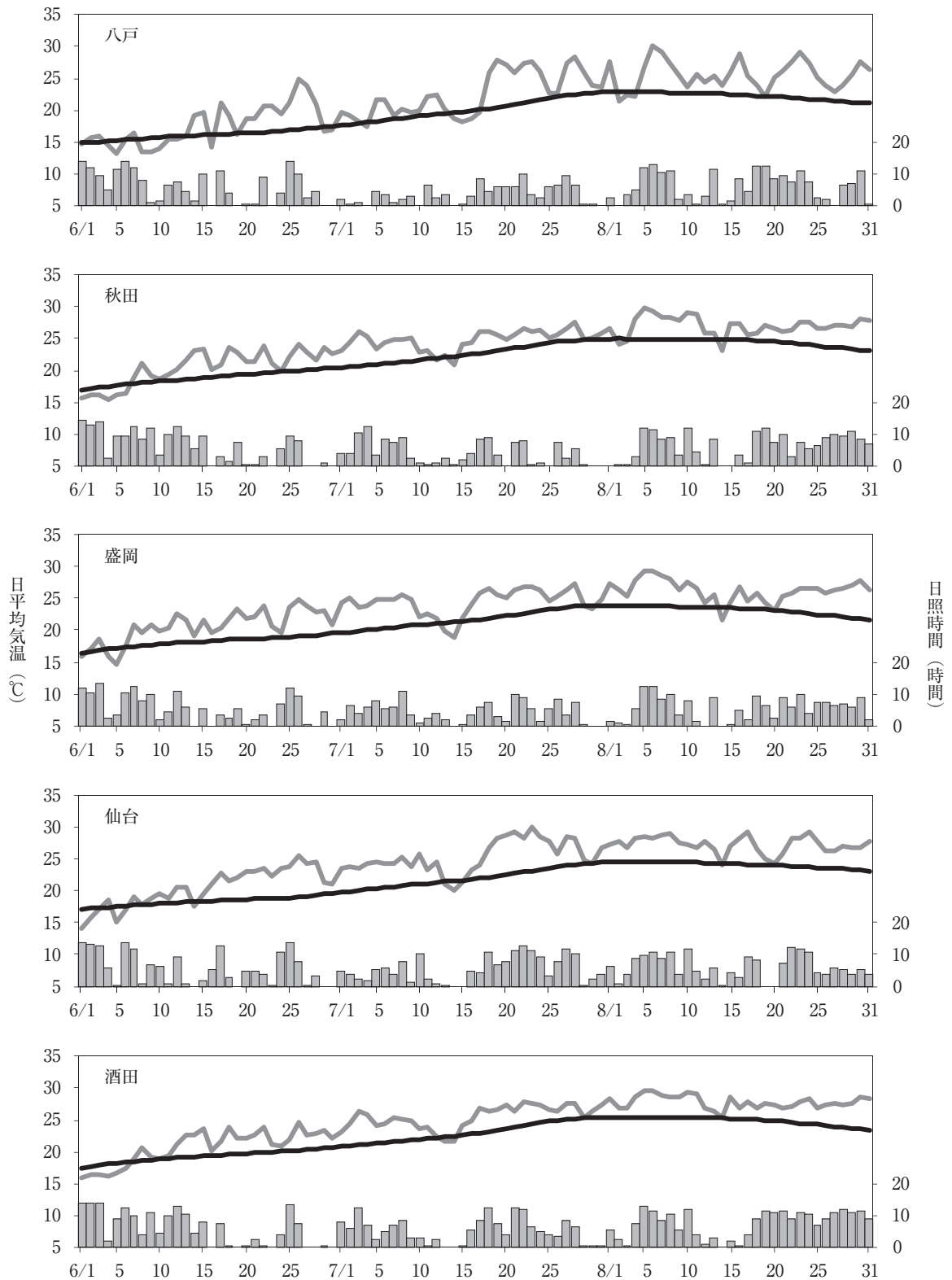


図51 八戸、秋田、盛岡、仙台、酒田の2010年6月から8月の日平均気温（灰線）と平年値（黒線）および日積算日照時間（棒グラフ）の経過
アメダスより。

VIII 東北地域における2010年産米の品質低下要因

1 緒言

2010年は全国的に1等米比率が平均62% (2011年1月末日時点) と記録的に低かった。東北地域も例外ではなく、冷害年であった2003年を除くと過去10年間では最も1等米比率が低い年であった。2010年の夏季は記録的な猛暑であったことから、1等米比率の低下の主要因は登熟期の高温障害によると推察される。その一方、高温障害を助長する要因の存在も報告されていることから、今後東北地域における1等米比率の高位安定化を図るためにも詳細な検討が必要である。そこで、まず東北各県における1等米比率と登熟気温との関係を検討し、さらに登熟気温だけで説明できない1等米比率の低下要因について考察した。

2 東北地域における2010年産米の1等米比率と登熟気温

2010年の県別の1等米比率は、岩手県が89%であった以外、70~75%であり、近年では玄米の外観品質が低い年であった (図52)。2等以下の主な格付け理由は県によって異なり、青森県や秋田県、山形県では玄米の充実度の不足が大きな要因であった (図53)。また、宮城県、山形県、福島県では、白未熟粒が多いことで1等米比率が低下した。いずれの県もカメムシによる着色粒が2等以下格付け理由の14%以上を占め、特に青森県では35%、岩手県では72%と高かった。秋田県では、その他着色粒が2等以下格付け理由の20%を占め (図53)、このほとんどは黒点症状米 (くさび米) と考えられている (IV)。また、青森県でもその他着色粒として「くさび米」が多発した (I)。

一般に、出穂後20日間の日平均気温が26~27℃を超えると、生理的な障害によって穎果のデンプン蓄積が不足し、白濁した玄米や充実不足の玄米が増加することで外観品質は低下するとされている (森田2008)。2010年は8月中下旬になっても気温が7月下旬や8月上旬とほとんど変わらなかったことから (図51)、8月の1ヶ月間における平均気温は東北地域のほとんどの品種の出穂後20日間の平均気温とみなして差し支えないと考え、東北地域の8月の気温の分布 (図50) と1等米比率との関係を検討した。その結果、岩手県の北上川流域、秋田県の県南地域

や山形県の庄内地域、村山地域、宮城県の南部地域、福島県の中通り地域など東北地域における多くの米の主産地で、8月の平均気温が26℃を超えていた。また、平均気温の高い地域は最低気温や最高気温も高かった (データ省略)。したがって、2010年は東北の多くの地域が玄米外観品質の低下を引き起こしやすい温度域にあったと考えられる。

岩手県の北上川上流地域および北上川下流地域は、水稻の作付面積あるいは収穫量 (子実用) が岩手県全県の90%以上を占める (データ省略)。したがって、この地域の1等米比率は岩手県の1等米比率を反映するが、8月の平均気温が26℃以上の領域が大きいにも関わらず、岩手県の1等米比率は89%と隣県の秋田県や宮城県よりも19ポイント高かった。また、青森県は東北の他県と比較して8月の平均気温が26℃を超える領域が小さかったが、1等米比率は71%と高くなかった (図52)。このように、県間で比較すると登熟気温だけでは1等米比率の差異を説明できない点が認められた。そこで、以下、登熟気温以外の1等米比率の低下要因を考察する。

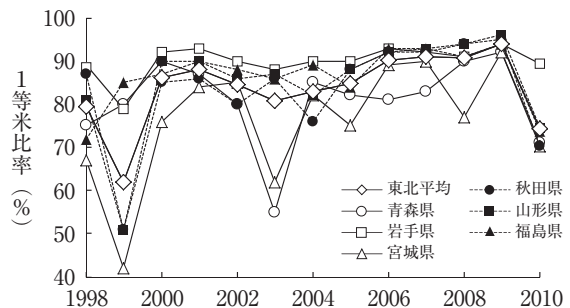


図52 東北6県における1等米比率の推移
東北農政局。
2010年のデータは2011年1月末日現在。

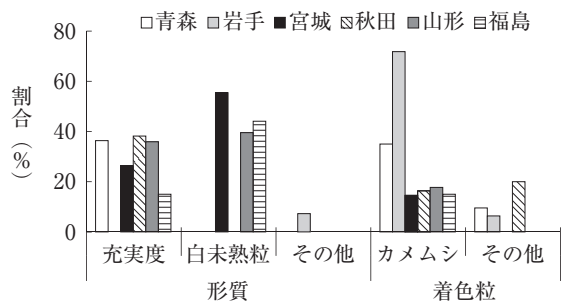


図53 2010年における2等以下格付け理由
東北農政局 (2011年1月末日現在)。
県ごとに格付け理由の上位3位を表示。

3 品種の差異が1等米比率に及ぼす影響

登熟期の高温に対する耐性には品種間差異のあることが報告されている(福井ら 2002、石崎 2006、若松ら 2010、高田ら 2010)が、東北地域で行われた高温耐性の品種間差異に関する研究は多くない。そこで、東北6県において多く作付けられている主要品種(図54)を、登熟期間の気温が適温であった2009年と高温であった2010年に東北農研センター

大仙拠点で栽培し、玄米の外観品質を調査した結果を表44に示した。青森県の主要品種「まっしぐら」と「つがるロマン」は出穂後20日間の平均気温が26.5~26.7℃で他品種よりも外観品質が明瞭に低下しやすかった。このことから、2010年8月の気温が他県より低かった青森県で1等米比率が71%であったのは、品種の高温耐性の差が要因の一つである可能性がある。ただし、青森県の黒石や十和田におけ

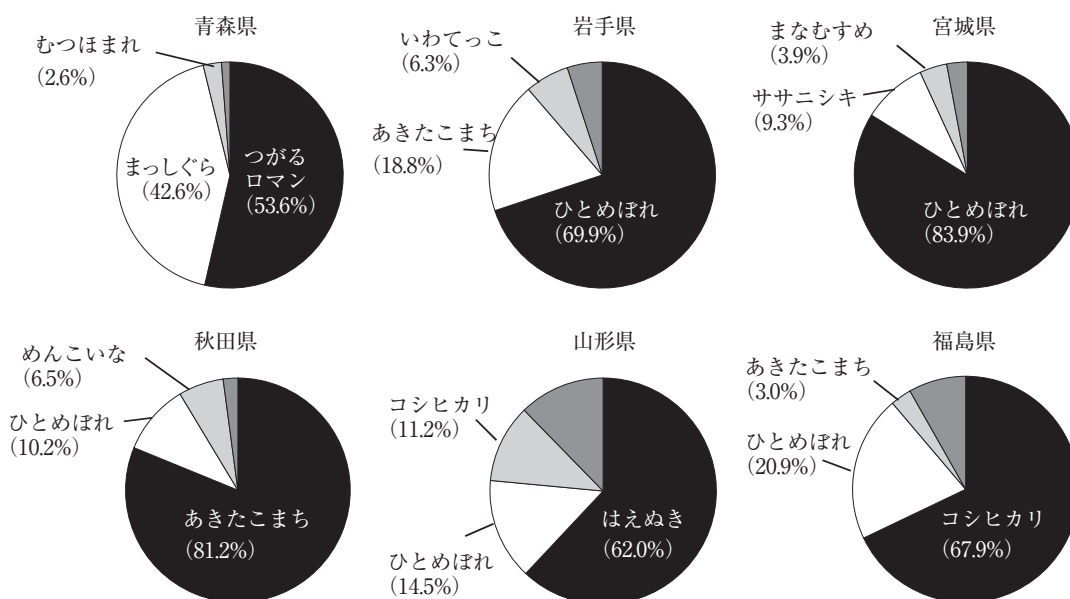


図54 東北6県における主要3品種の県内作付面積シェア
東北農政局(2010年)。
データは2009年の数値。

表44 2009年と2010年における玄米外観品質の品種間差異

品 種	2009年			2010年		
	出穂期	出穂後20日間 平均気温 (℃)	外観品質 総合評価 (1良-9悪)	出穂期	出穂後20日間 平均気温 (℃)	外観品質 総合評価 (1良-9悪)
まっしぐら	7/30	24.2	4.0	7/23	26.6	7.0
つがるロマン	7/30	24.2	4.0	7/26	26.5	7.0
あきたこまち	8/ 1	24.2	5.0	7/28	26.6	5.5
はえぬき	8/ 5	23.5	4.0	8/ 1	26.6	5.5
ササニシキ	8/ 5	23.5	5.0	8/ 1	26.6	6.5
ひとめぼれ	8/ 7	23.3	4.0	8/ 4	26.7	4.0
コシヒカリ	8/14	21.9	5.0	8/11	26.0	4.5

東北農業研究センターにおける生産力検定試験(秋田県大仙市)。
外観品質は、東北農業研究センターにより、玄米の腹白、心白、乳白、背白、光沢、色沢から評価。
ふるい目：1.8mm。
移植日は5月18日~19日。栽植密度は条間30cm・株間15cm、1株3本植え。
施肥は、基肥として速効性肥料を窒素リン酸カリそれぞれ成分で7kg/10a、苦土ケイカル150kg/10a、発酵鶏糞(N3%)60kg/10aを施用した。また、追肥として窒素とカリをそれぞれ成分で2kg/10aおよび2.3kg/10a施用した。

る出穂後20日間の平均気温は25℃台であった(表5)ことから、25~26℃において東北地域で育成された品種が高温障害を受けるか否かについては今後の検討課題である。宮城県と岩手県では「ひとめぼれ」の作付面積が最も広い(図54)が、宮城県では「ササニシキ」のシェアが9%程度あり、「ササニシキ」は高温条件で外観品質が低下しやすかったことから(表44)、宮城県の1等米比率が岩手県のそれより低い要因の一つと推察された。

冒頭で記述したように、秋田県では「くさび米」と思われるその他着色粒によって1等米比率が低下した。「くさび米」の発生は、カメムシやアザミウマ類、シンガレセンチュウに起因する可能性は極めて低く(新山・飯富 2000、水稲作高温対策プロジェクトチーム・秋田県農林水産部 2011)、登熟期の高温や水分ストレスが要因と考えられている(金田ら 2004、水稲作高温対策プロジェクトチーム・秋田県農林水産部 2011)。また、柴田・佐藤(2003)は、「ひとめぼれ」と比較して「あきたこまち」は「くさび米」を生じやすいことを報告している。青森県でも、2010年に津軽地域で栽培された「つがるロマン」で「くさび米」が多発したことが確認されている(I)。したがって、「あきたこまち」を多く作付けしている秋田県および「つがるロマン」を多く作付けしている青森県(図54)では、「ひとめぼれ」を多く作付けしている岩手県よりも「くさび米」を生じやすく、1等米比率が低下した可能性がある。

4 日射条件が1等米比率に及ぼす影響

図55に8月の1ヶ月間における東北地域の平均日照時間の分布を示した。日照時間は一般に日射量と高い相関関係を示し、日射量が高いほど光合成による同化産物の生成量は増加して米粒内のデンプン蓄積を容易にし、玄米の外観品質は高まりやすい。また、高温登熟条件下での玄米外観品質の低下は低日照で助長されることが知られている(若松 2010)。したがって、8月の気温が高かったにも関わらず1等米比率が高かった岩手県、特に北上川流域では、日照時間が長かったことで外観品質の低下が抑制されたと推測したが、必ずしも登熟期の日照時間が他県の米の主産地と比較して長くはなかった。また、8月の気温が東北6県で最も低かったにも関わらず1等米比率が高くなかった青森県では、津軽や弘前、南部地域といった米の主産地で8月の日照時間が長かった。これらのことから、登熟期間の日照時間の

みで県間の1等米比率の差異を説明するのは困難と考えられた。ただし、一定以上の日射条件でも、葉色が薄いと光合成能力は劣ることが知られており(津野ら 1991)、登熟期間の稲体の窒素栄養条件が不良であったために登熟期間の日射を有効利用できず、高温の影響が助長された可能性がある。岩手県と同様に「ひとめぼれ」の作付面積が最も広い宮城県では、穂揃い期および出穂後25日における葉色が目標値よりも低く(図19)、稲体の窒素栄養条件が不良であった。一方、岩手県では稲体の窒素栄養条件が良好に保たれていた(II)。したがって、このような稲体の窒素栄養条件と日射量との交互作用が県間の1等米比率の差異を生じさせた一つの要因と推察された。

登熟期間の日射条件について前述したが、出穂前の低日照が1等米比率に影響を及ぼした可能性がある。青森県津軽地域では、幼穂形成期から出穂期にかけての日照時間が平年の1/2であった(表4)。ま

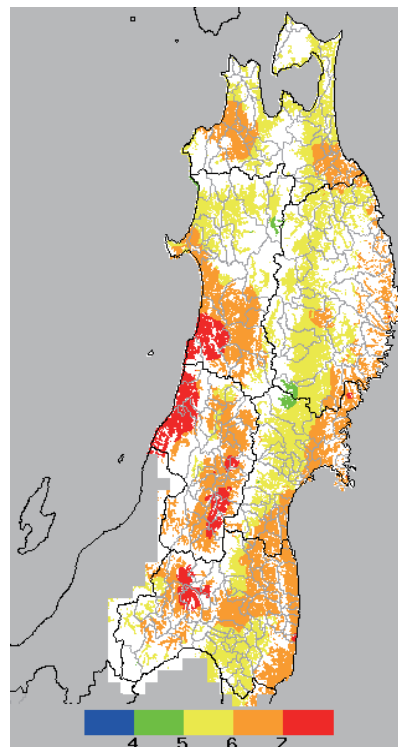


図55 8月の1ヶ月間における東北地域の平均日照時間の分布

東北農業研究センター・神田英司氏より提供。
菅野(1997)の手法により、アメダスデータから日別の1km気候値メッシュを作成し、平均した。

た、秋田県では、出穂前の7月中旬および下旬における日照時間が平年を大きく下回っていた（表21）。山口ら（2006）は、「コシヒカリ」を供試して、出穂前の日射量が多い条件で稈・葉鞘部の非構造性炭水化物（NSC）の含有量が高まること、出穂期から成熟期にかけて稈・葉鞘部のNSC含有量が大きく減少して穎果に転流した場合に玄米の外観品質が向上することを報告している。この報告に基づくと、青森県津軽地域や秋田県では、出穂前の低日照によって出穂期までに稈・葉鞘部にNSCを十分に蓄積できなかったことで登熟不良を生じやすい稲体になっていたことが1等米比率を低下させた要因の一つと推察された。なお、玄米外観品質に及ぼす登熟期間の温度と出穂期までに稈・葉鞘部に蓄積するNSC量との交互作用については、品種の高温耐性も含めて今後検討の必要がある。

5 まとめと考察

2010年産米の1等米比率が岩手県を除く5県で大きく低下した主要因は、夏季の高温によって登熟障害を生じたことによると考えられたが、その一方で、気温だけでは説明できない1等米比率の県間の差異が認められた。そこで、各県で栽培されている主要品種の玄米外観品質の年次間差や地域ごとの日照時間等を検討した結果、1等米比率の県間の差異を生じた気温以外の要因としては、①各県で栽培されている主要品種の高温に対する耐性の違い、②稲体が登熟期間の日射を十分に活用できる窒素栄養条件にあったか否か、③出穂前の日射量の差異に起因する出穂期の稈・葉鞘部のNSC含有量の違いが推測された。

若松（2010）は、穂肥を窒素成分で平米当たり0、2、4g処理し、登熟気温が異なる条件で玄米の外観品質を調査したところ、出穂後20日間の日平均気温が28.9℃と著しく高い条件では、いずれの窒素施用量でも高温条件で発生しやすい背白米の割合が一律に高かったが、27.0～27.9℃では、窒素施用量が多いほど背白米の割合が減少して外観品質は向上したことを報告している。この結果は、高温障害が顕著になり始める温度域では、稲体の窒素栄養条件を良好にすることで外観品質の低下を大きく抑制しうることを示唆している。また、各県の取りまとめにおいても適正な追肥は外観品質の低下を防ぐ上で有効である旨が指摘されている。しかしながら、2010年の結果から一点留意すべきことが抽出できる。そ

れは、生育初期の気象条件などから長草となった場合でも、倒伏させずに適正量の追肥を実施できるか否かである。秋田県では6月の気温が平年より高く推移して草丈が平年より高くなり、追肥を控えた生産者が多かったことで高温障害を助長した可能性が指摘されている（IV）。したがって、草丈が高い状態で追肥を実施しても倒伏を生じさせない水管理や生育調整剤の利用などの技術開発が今後必要と考えられる。

稲体の窒素栄養条件以外に、登熟期の高温による玄米外観品質の低下を助長する栽培要因として、早期落水（今野ら 1991）、刈り遅れ（吉田ら 2001）も推測される。しかし、本稿では、県間の1等米比率の差異を生じる要因を検討する上で、落水時期や刈り取り時期に関するデータを東北6県について統一的に収集することはできなかった。ただし、一点特筆すべき点として、2010年は全国的に8月下旬になっても気温が低下せず、東北地域も例外ではなかった（データ省略）ことから、出穂後日数で考えた場合には収穫適期が例年より早まっていたことが挙げられる。収穫時期と外観品質の関係としては、刈り遅れると白濁粒の増加によって整粒歩合の低下を生じることが報告されている（吉田ら 2001）。また、「つがるロマン」は出穂後積算気温が960～1,150℃・日（高城 1998）（ただし、登熟気温が21℃前後で平米当たり粒数が35,000粒程度の場合）、「ひとめぼれ」・「ササニシキ」は出穂後積算気温がそれぞれ940～1,100℃・日・930～1,150℃・日（広上ら 1997）など、外観品質等の調査結果から収穫許容範囲の目安が示されている。これらのことから、適期収穫が重要であるが、2010年は収穫適期と降雨が重なって刈り遅れを生じたことが東北の各県で指摘されている。2010年9月中旬の合計降水量は、東北地域の主要アメダスポイントで比較して100mm以下のポイントもあれば200mm以上のポイントもあった（データ省略）ことを考え合わせると、刈り遅れが2010年産米の1等米比率の低下および1等米比率の地域間差異を生じた要因の一つである可能性がある。

生理的な高温障害以外に、高温条件で玄米の外観品質を低下させる要因としてカメムシによる着色粒の発生が挙げられた（図53）。一般に高温条件でカメムシの発生は多くなると言われており、カメムシが多発する年の気象の特徴は、6月の降水量が

100mm以下、7～8月の降水量が200mm以下で、8月の平均気温が26℃を越える条件とされ（飯富2000）、寺島ら（2001）は、1999年の夏季高温年における1等米比率の低下要因の一つは、6～8月に強い降雨がなく、登熟後期に増殖したカメムシによる被害を十分に防げなかったためとしている。2010年の場合、2等以下格付け理由でカメムシ被害粒の割合が高かった地域の降水量は必ずしも全て前述した条件に当てはまる訳ではなかったが、8月下旬と9月上旬の降水量が例年と比較して低い地域が多く（データ省略）、登熟中期以降の追加防除の実施如何で地域によって1等米比率が変動した可能性がある。

以上より、2010年産米の品質低下は、登熟期間の高温障害が主要因であり、さらに高温の影響を助長する稲体の低窒素栄養条件などの複数の要因が複合的に影響を及ぼした結果と考えられた。高温障害を助長する要因のいくつかは、栽培管理方法によって排除できることから、後述する高温障害対策技術に関係機関を通じて生産者が確実に実施することが重要と考えられた。

謝 辞

2009年・2010年産米の外観品質の品種間差異に関するデータは東北農業研究センター水田作研究領域・中込弘二氏に提供頂いた。記して感謝します。

引用文献

- 1) 福井清美, 桑原浩和, 佐藤光徳. 2002. 水稻品種系統の高温登熟性検定について. 九州農業研究 64 : 8.
- 2) 広上佳作, 藤井 薫, 三上雄史, 鶴田広身. 1997. ササニシキ・ひとめぼれの収穫所要日数に応じた収穫適期指標. 東北農業研究成果情報 平成9年度. p.19-20.
- 3) 飯富暁康. 2000. 秋田県における斑点米カメムシ類の発生と今後の対応. 農業研究 46 : 1-5.
- 4) 石崎和彦. 2006. 水稻の高温登熟性に関する検定方法の評価と基準品種の選定. 日作紀 75 : 502-506.
- 5) 金田吉弘, 加藤雅也, 佐山 玲, 保坂 学. 2004. 高温登熟期の節水管理は黒点症状米の発生を助長する. 日作東北支報 47 : 13-15.
- 6) 今野 周, 今田孝弘, 中山芳明, 宮野 齊, 三浦 浩, 高取 寛, 早坂 剛. 1991. 登熟期の環境要因及び生育条件が水稻の登熟、収量及び品質に及ぼす影響. 山形農試研報 25 : 7-22.
- 7) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77 : 1-12.
- 8) 新山徳光, 飯富暁康. 2000. 黒点症状米（くさび米）の発生原因調査と発生部位. <http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1131617972644/files/12081.pdf> 2011/2/24 閲覧.
- 9) 柴田 智, 佐藤 馨. 2003. 黒点症状米発生率の品種間差. 日作東北支報 46 : 59-60.
- 10) 水稻作高温対策プロジェクトチーム, 秋田県農林水産部. 2011. 平成22年の水稻作柄低下要因と今後の技術対策. p.5,19-22. <http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1297165054677/files/H22sakugarateikatotaisaku.pdf> 2011/2/24 閲覧.
- 11) 高田 聖, 坂田雅正, 亀島雅史, 山本由徳, 宮崎 彰. 2010. 西南暖地の早期栽培における水稻品種の寡照条件下での高温登熟性の評価法. 日作紀 79 : 142-149.
- 12) 高城哲男. 1998. 水稻新品種「つがるロマン」の高品質・安定栽培技術の確立. 東北農業研究別号 11 : 21-30.
- 13) 寺島一男, 梅本貴之, 荻原 均. 2001. 東北地域における1999年の夏季高温とコメの品質低下. 北陸作物学会報 36 : 106-109.
- 14) 東北農政局. 2010. 平成21年度東北食料・農業・農村情勢報告. II 農業・食品産業の持続的な発展. 4 農業生産の動向（品目）(1) 米. p.36-37.
- 15) 津野幸人, 山口武視, 面地 理, 甲斐宏一. 1991. 水稻の葉色と気孔開度ならびにその日変化. 日作紀 60 : 475-483.
- 16) 若松謙一. 2010. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報（耕種） 4 : 91-125.
- 17) 山口泰弘, 塚口直史, 井上健一. 2006. コシヒカリの稈・葉鞘の非構造化炭水化物（NSC）の動態と穂重増加および品質の関係. 北陸作物学会報 41 : 35-38.
- 18) 吉田 宏, 臼井智彦, 小野寺郁夫, 高橋政夫. 2001. 岩手県における品質低下の実態解析と今後の対策. 寺島一男・鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稻生育およびコメ品

質に及ぼす影響の解析と今後の対策. p.25-31.
(大平陽一・白土宏之)

IX 東北地域における高温障害対策技術と今後の課題

1 緒言

東北における直近の高温登熟年だった1999年以降、高温障害対策技術の研究が精力的に進められてきた。遅植え、穂肥等による稲体の窒素栄養維持、早期落水の防止などの有効性が指摘され（寺島ら 2001、松村 2005、森田 2008）、暖地では「にこまる」等の高温耐性品種（坂井ら 2007）が普及を始めた。しかし、有効とされている技術が必ずしも広く実施されているわけではない。

東北地域は、2010年においても8月の日平均気温平均値が28℃を超えた地域は福島盆地のみであった（図50）。1999年の東北地域では出穂後20日の平均気温が27℃～28℃で高温障害が生じた（寺島ら 2001）。また、等級が下がる程度に白未熟粒が増加する出穂後20日間の平均気温の閾値は26℃～27℃と見られている（森田 2008）。若松ら（2008）は出穂後20日間の平均気温が28℃以下では窒素施肥量の増加により背白粒が減少したが、28℃以上では窒素施肥量を増加させても背白粒は減少しなかったと報告している。水管理等他の技術についても、窒素施肥と同様に高温障害の閾値温度付近でより効果的である可能性が高い。東北地域は高温年においても登熟気温が高温障害の閾値を大幅に超えることは少ないので、暖地や温暖地より対策技術の効果は高いと思われる。2010年においても対策技術が徹底されれば、玄米外観品質の低下を抑えられた可能性がある。

2010年に東北地域で実施された高温障害対策技術を大きく2つに分けた。すなわち、有効事例が多く効果がほぼ確実な技術と、有効な場合もあるが効果が安定していない技術である（表45）。前者については実施率を上げる方策が重要であり、後者については有効性の証明や有効になる条件の解明が重要である。このような視点で、それぞれの技術について、実施する上の問題点、考えられる今後の研究課題、実施率を上げるための方策について整理してみた。各技術は友正・山下（2009）を参考に、「予防的」技術と「対症療法的」技術に分類した。

2 有効な事例が多い対策技術

1) 高温耐性品種

2010年は、白未熟粒と斑点米カメムシによる着色粒ともに「ひとめぼれ」が「あきたこまち」より少なかった。また、「ササニシキ」は白未熟粒、発芽粒が多発した。宮城県、福島県では「コシヒカリ」の、青森県では「つがるロマン」の1等米比率が他品種に比べて低かった。これらは表44と概ね同じ傾向である。熟期や作付地域の異なる品種間の比較には注意が必要だが、高温時の白未熟粒や斑点米カメムシによる着色粒の発生には品種間差があるといえる。また、胴割程度にも品種間差があることが知られている（滝田 2002、長田ら 2004）。今後このような高温耐性形質を、東北地域向けの良食味品種にも導入していく必要がある。高温耐性の検定は、東北地域でも積極的に研究が行われている（神田・須藤 2005、神田ら 2007）。胴割れについては、胴割難品種「塩選203号」（滝田 2002）を用いた育種研究が東北農研で進められている。斑点米は晩生品種や割れ粳の少ない品種で少ないことが知られているが（黒蝕米対策研究班 1975）、その他の形質による斑点米カメムシ抵抗性については知見が不足しているため、まず品種間差の解明や抵抗性品種の探索の必要がある。倒伏は直接的に外観品質を低下させるだけでなく、収穫作業能率の低下を通じて刈り遅れの原因にもなりうるので、耐倒伏性の強化も必要である。その他に、熟期の遅い品種を作付けることによって高温を回避することも有効である。

2) 遅植え

2010年は青森県、岩手県、宮城県、山形県で遅植えによる外観品質の向上効果が確認された（表15、表30）。しかし、2006年以降の実際の田植時期は、宮城県で1999年より4～6日遅くなっているものの、他の5県はほとんど変わっていない（図56）。

遅植えが普及しない理由は、水利慣行や規模拡大による移植期間の長期化などがある。また、気象変動が激しい中で、遅延型冷害を含めた収量低下の懸念もあると思われる。

東北地域の出穂期を気候登熟量示数による好適出穂期（内島・羽生 1967）と比較すると、青森県、岩手県は一致するが、宮城県、山形県、福島県は約10日早く、秋田県は約5日早い（図57）。移植時期を収量、品質、作業分散などを含めて総合的に再検討する価値はあると考えられる。

表45 高温障害対策技術と実施上の問題点、今後の研究課題、実施率向上対策

技術	技術の性格	実施上の問題点	今後の研究課題	実施率向上対策
2010年に有効事例が多かった技術				
高温耐性品種	予防的	・ブランド確立	・ひとめぼれを上回る高温耐性の付与（白未熟粒） ・胴割耐性の付与 ・カメムシ抵抗性の付与 ・熟期の遅い品種	・品種の開発と普及
遅植え	予防的	・水利慣行 ・大規模化による移植期間の長期化 ・減収への不安	・移植時期の総合的再検討	・地域的取り組み
穂肥施用	予防的	・草丈が長い場合の穂肥施用回避 ・穂肥散布の労力、散布手段	・生育量不足で草丈が長い場合の穂肥施肥法の開発 ・大規模農家向け生育診断法の開発 ・流入施肥等簡易な追肥技術の開発	・生育診断に基づく穂肥施用の指導
斑点米カメムシ防除・畦畔の適期除草	予防的	・周辺非耕作地の除草 ・一斉防除体制	・追加防除要否の判定方法開発 ・色彩選別機の性能向上と低コスト化	・一斉防除体制と非耕作地を含めた除草体制 ・漏水対策等を含めた総合的雑草対策
掛け流し	対症療法的	・灌漑水の確保	・水利用効率の高い掛け流し法の開発 ・掛け流しによる品質改善効果と灌漑水量データの集積 ・灌漑水温と掛け流し効果の関係の解明	・実施可能地域における高温時の指導
早期落水防止	対症療法的	・スケジュールによる灌漑水停止 ・排水不良による不十分な地耐力	・灌漑延長コストと品質改善による販売価格向上の比較 ・排水性改善技術開発 ・地耐力から見た圃場ごとの落水日判定方法 ・無代かきによる排水改善・地耐力向上効果の確認 ・地下灌漑による地耐力と水分供給の両立	・柔軟に灌漑水供給を延長できる体制作り ・暗渠等による排水改善 ・中干し、作溝徹底の指導
適期収穫	対症療法的	・品種の集中 ・収穫期の降雨 ・収穫作業能率 ・共同乾燥施設の受け入れスケジュール		・収穫適期予想の周知 ・生育診断に基づく倒伏しない穂肥施用の指導 ・直播や熟期の異なる品種による収穫適期分散 ・湿材適応性コンバイン
選別ふるい目幅の拡大	対症療法的	・収量の減少		
色彩選別機	対症療法的	・料金 ・収量の減少	・色彩選別機の性能向上と低コスト化	
2010年に有効事例があった技術				
有機物施用	予防的	・散布手段 ・有効な条件が不明確	・有機物施用で品質が向上する条件の解明	
ケイカル施用	予防的	・コスト ・有効な条件が不明確	・ケイカル施用で品質が向上する条件とメカニズムの解明	
直播	予防的	・収量減 ・倒伏	・直播向き品種の開発	・直播栽培の安定化 ・収穫適期分散技術として提案
緩効性肥料	予防的	・割高 ・溶出時期の変動	・効果的肥料配合と施肥量の決定	
疎植	予防的	・収量性への不安	・疎植で品質が向上する条件の解明	
出穂前後3週間灌水	予防的 対症療法的	・データがない	・出穂前灌水、出穂後灌水の品質向上効果の解明	・効果が明らかになれば実施は容易

友正・山下（2009）を参考に技術の性格を分類した。

遅植えを行う場合、水利や共同乾燥施設の受け入れスケジュールを考えると、地域的な取り組みが必要となる。

3) 穂肥施用

穂肥の施用により外観品質を向上させるには、適正な粒数になるように生育を制御し、倒伏を起さず、登熟に必要な葉身窒素含量を維持し、食味に悪影響を与えないような施用時期と施用量を、生育診断に基づき決める必要がある。穂肥施用による外観品質の向上効果は暖地での報告(若松ら 2008)と

同様に、青森県以外の5県で確認された(図20、図21、図39)。

2010年は生育量不足ながら草丈は長く、倒伏を恐れて生育診断通りに穂肥施用が出来ない場合があった(表21)。このような場合にも対応できる生育診断法の開発と農家を納得させられる裏付けデータの集積が必要である。また、大規模農家でも実施が可能な簡易な生育診断法の開発も必要である。1ha圃場の増加により、背負式動力散布機による追肥が困難になっている。流入施肥法の改善や簡易な追肥方法の開発も必要である。

4) 斑点米カメムシ対策

穂揃7日~10日後のネオニコチノイド系殺虫剤散布と出穂2週間前までに畦畔除草をし、その後出穂4週間後まで畦畔除草をしないという基本技術は出来上がっている。追加防除要否の判断基準や周知方法、薬剤散布の効果を高める一斉防除体制の確立や、周辺非耕作地の除草、本田の雑草対策が必要となる。

5) 掛け流し

圃場への水の掛け流しは、白未熟粒の発生抑制(荒井・伊藤 2001)や胴割粒の発生抑制(長田ら 2005)、整粒歩合向上(今野ら 1991)に効果がある数少ない対症療法的技術であり、青森県、岩手県、秋田県、山形県で効果が認められた。しかし、灌漑水量の制約上実施できる地域は限られている。また、福島県では灌漑水温が上昇したためか、効果が安定しなかった。

研究課題としては、品質改善効果のデータ集積と

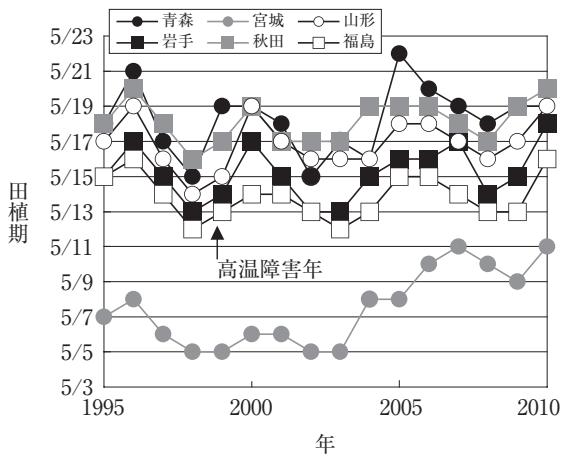


図56 東北地域の田植期の推移

農林水産省の作物統計と「平成22年産水稲の8月15日現在における作柄概況」を元に作図。

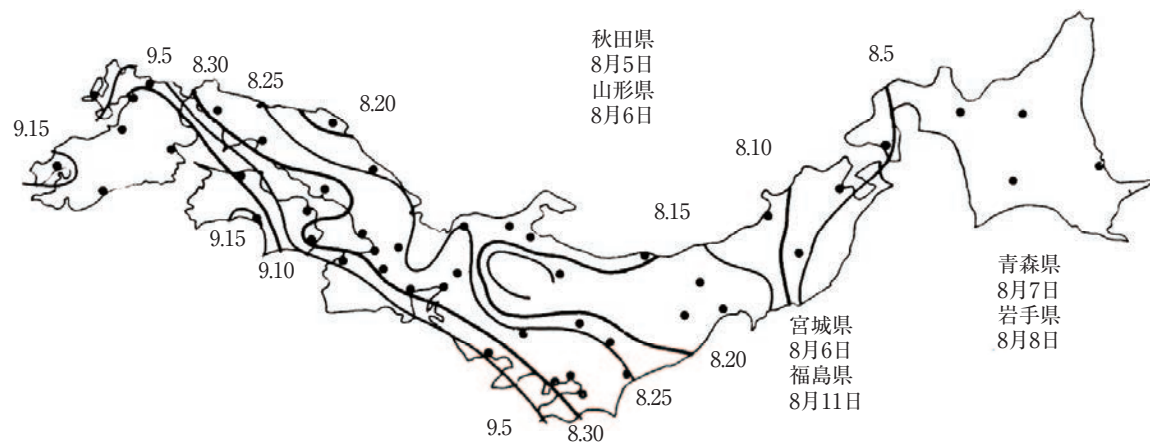


図57 気候登熟量示数による好適出穂期(内島・羽生1967、一部改変)と1995年~2010年の出穂期の平均値
農林水産省の作物統計と「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」より計算。

水の利用効率が高い掛け流し法の開発が挙げられる。たとえば夜間掛け流しで乳白粒や胴割粒が減少した例がある(永島ら 2005)。東北地域の低水温を活かせる技術であり、掛け流しの実施が可能な地域の把握や灌漑水温と掛け流し効果の関係の解明も必要であろう。

6) 早期落水防止

早期落水防止の外観品質の向上効果はこれまでも報告があり(今野ら 1991)、青森県、岩手県、秋田県、山形県で認められた。数少ない対症療法的技術であるが、スケジュールによる灌漑水の停止や、収穫時の土壌水分過剰による地耐力低下を懸念して、実施出来ない状況も多い。灌漑水停止に対しては、灌漑期間延長のコストと品質改善による販売価格向上の比較や、柔軟に灌漑を延長できる体制作りが必要である。

排水不良による不十分な地耐力の問題を解決するには、排水性改善技術の開発、収穫時の地耐力を基準とする圃場ごとの落水日判定技術の開発、無代かきによる排水改善と地耐力向上効果の確認、地下灌漑による地耐力と水分供給の両立などが考えられる。さらに、柔軟に灌漑水供給を延長できる体制づくり、暗渠等の排水改善事業や中干し、作溝の励行が求められる。

7) 適期収穫

適期より遅い収穫で胴割粒、白未熟粒、茶米が増加し、整粒歩合が低下した(表9、表30)。刈遅れによる白未熟粒増加と整粒歩合低下は吉田ら(2001)も報告している。

多くの品種で収穫適期は出穂後の積算気温(日平均気温の積算値)950~1,100℃・日の間にある。青森県では積算気温1,200℃・日以上で整粒歩合が低下した(表12)。

高温障害年の1999年の出穂から収穫までの積算気温は東北地域の平均で1,297℃・日と試算され、1,200℃・日を大きく超えた(図58)。その後積算気温は全体的に減少したものの、岩手県、秋田県、山形県では1,200℃・日を超える頻度が高かった。2010年は福島県以外は1999年より積算気温が高かった。積算気温は高温障害年で高く、冷害年で低い傾向が見られた。大部分を1,200℃・日以内に収穫するには、平均値を1,100℃程度に早める必要があると思われる。100℃・日減らすには収穫を約1週間早める必要がある。

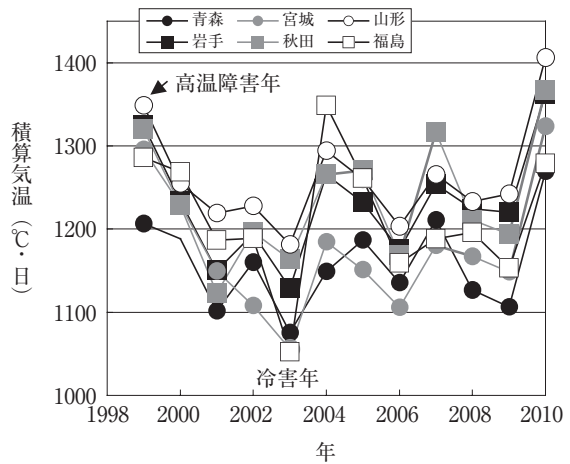


図58 出穂期から刈取期の積算気温の推移

出穂期最盛期翌日から刈取期最盛期までの日平均気温の積算値を計算した。出穂期と刈取期は農林水産省の作物統計、「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」、「平成22年産水稲の作付面積及び予想収穫量(10月15日現在)」の値を用いた。日平均気温は黒石(青森県)、北上(岩手県)、古川(宮城県)、大曲(秋田県)、鶴岡(山形県)、郡山(福島県)のアメダスデータ。

表46 2010年の出穂期と刈取期

県	出穂期				刈取期			
	始期	最盛期	終期	最盛期対平年	始期	最盛期	終期	最盛期対平年
青森	7月29日	8月2日	8月5日	7日早	9月16日	9月26日	10月6日	9日早
岩手	7月31日	8月4日	8月10日	5日早	9月16日	10月1日	10月14日	5日早
宮城	7月31日	8月3日	8月7日	5日早	9月19日	9月29日	10月9日	3日早
秋田	7月31日	8月3日	8月8日	3日早	9月22日	9月30日	10月10日	2日早
山形	7月31日	8月4日	8月12日	5日早	9月18日	9月29日	10月8日	4日早
福島	8月02日	8月8日	8月15日	6日早	9月20日	10月7日	-	4日早

農林水産省「平成22年産水稲の作付面積及び9月15日現在における作柄概況」、「平成22年産水稲の作付面積及び予想収穫量」より。

1999年の経験により、2010年は各県で適期収穫の準備が整えられていたものの、降雨により結果として刈り遅れになってしまった事例があった。8月の気温が平年より高かったにもかかわらず、青森県以外は平年に対する刈り取りの早まりが出穂の早まりと同等か、より少なかった（表46）。1999年は8月上中旬の気温が2010年以上に高い地点があるものの8月下旬には平年値に近くなっていた。一方、2010年は8月下旬になっても気温が低下しなかった。高温障害の程度は登熟初中期で概ね決まることが報告されているが、2010年はそれだけでなく、登熟後期の水管理や収穫時期によって外観品質が低下したことも1等米比率の低下要因となった可能性がある。

適期収穫の制限要因としては、品種の集中による収穫適期の集中や収穫期の降雨の他に、圃場の排水不良、コンバインの作業能率や共同乾燥施設の受け入れスケジュールがある。倒伏も直接品質を低下させるだけでなく、収穫作業能率を低下させるので適期収穫の制限要因になりうる。

適期内刈取りに向けて、収穫適期予想の周知、適切な肥培管理による倒伏の防止、直播や熟期の異なる品種、飼料米品種の作付けによる収穫適期分散、稼働可能時間が長い、湿材に対応したコンバインの導入等が考えられる。

8) 選別ふるい目幅の拡大・色彩選別機

外観品質低下後の対症療法的技術で、収量が減る、料金がかかる、という問題点がある。どちらも品質が悪い米の再選別時に農協等で行われている。色彩選別機が高効率化、低価格化すれば着色粒は実際上問題ではなくなる可能性もある。

3 有効な事例があった対策技術

1) 有機物・ケイカル等土壌改良資材施用

岩手県では有機物の施用により、整粒歩合は上がった（表16）。しかし、有機物施用は青森県や山形県では効果が判然としなかった。秋田県や福島県ではケイカル施用により品質が向上した。

土壌改良、土づくりは作物生産の基本であるが、特に有機物は散布手段などの問題があるし、土壌改良資材は一定のコストがかかる。有機物やケイカル等土壌改良資材施用により外観品質や収量が向上する条件を明らかにすることが必要である。

2) 直播

直播栽培は移植栽培より出穂期が遅く稈数が少ないため、外観品質が向上することが東北地域の連絡

試験で明らかになっている（吉永ら 2008）。しかし、2010年では移植栽培より品質がよかった事例とそうでない事例があった。実施上の問題点としては、収量減や倒伏、雑草制御がある。

研究課題としては、直播向き品種の開発がある。移植との組み合わせにより、作期分散による適期収穫の実施率の向上効果も期待できる。一方、倒伏すれば登熟不良や穂発芽を引き起こし、ノビエやホタルイなどの雑草が残れば斑点米カメムシによる品質低下の原因にもなりうる。直播栽培の安定化が重要である。

3) 緩効性肥料

全量基肥栽培においては、収量と品質が維持できる施肥量と溶出特性の異なる肥料の配合割合が明らかになれば、高温対策技術としても普及していくと考えられる。一方で、溶出時期の変動による品質の変動も懸念される。研究課題としては、出穂前の稲体消耗と登熟期間中の葉色低下を抑制する緩効性肥料の利用技術の開発などが考えられる。

4) 疎植

通常の栽植密度でも穂数が減少した2010年は、疎植栽培で慣行栽培より減収した場合が多かった。温暖地では外観品質が向上した事例も報告されているが（井上ら 2004）、外観品質が低下した事例も報告されている（杉山 2004）。福島県では背白粒が減少し（図39）、青森県でも品種によっては外観品質が向上した。しかし、外観品質の向上効果ははっきりしない場合もみられた。省力・低コストの点で疎植栽培に対する農家の関心は高いので、これから東北地域における収量や外観品質のデータを積み重ねていく必要がある。

5) 出穂前後3週間湛水

カドミウム対策として出穂前後3週間湛水している圃場で外観品質がよかった例が見られた。今のところ通常の水管理と比較したデータがないので、出穂前と出穂後の湛水の品質向上効果を明らかにする必要がある。高温年においても間断灌溉が適するのかが再検討する必要がある。有効であることが示されれば、実施は比較的容易である。

4 その他の技術

1) イネ紋枯病防除

2010年は8月後半からのイネ紋枯病病斑の急速な垂直進展が東北各県で認められ、収量に影響した地域もあった。高温条件による白未熟粒の発生には、

間接的に紋枯病が関与することを示すデータも報告されている(宮坂・中島 2010)ことから、登熟期の高温が予想される場合には適切な紋枯病防除が必要である。

引用文献

- 1) 荒井義光, 伊藤博樹. 2001. 高温登熟時の用水掛け流し処理による水田地温の低下と玄米品質の向上. 日作東北支部報 44: 89-90.
- 2) 井上健一, 林 恒夫, 湯浅佳織, 笈田豊彦. 2004. 水稲品質食味要因の安定性に関する解析的研究第2報 疎植条件が水稲の物質生産と収量品質に及ぼす影響. 福井県農試研報 41: 15-28.
- 3) 神田伸一郎, 須藤 充. 2005. 青森県中生熟期水稲におけるガラス温室を利用した高温登熟性検定法の確立. 東北農業研究 58: 7-8.
- 4) 神田伸一郎, 清野貴将, 須藤 充. 2007. 青森県における水稲高温登熟性の早生・中生同時検定法と基準品種の選定. 東北農業研究 60: 9-10.
- 5) 黒蝕米対策研究班. 1975. 北海道における黒蝕米に関する研究. 北農 42: 1-90.
- 6) 今野 周, 今田孝弘, 中山芳明, 宮野 齊, 三浦 浩, 高取 寛, 早坂 剛. 1991. 登熟期の環境要因および生育条件が水稲の登熟, 収量および品質に及ぼす影響. 山形農試研報 25: 7-12.
- 7) 松村 修. 2005. 高温登熟による米の品質被害 - 背景とその対策 -. 農業技術 60: 437-441.
- 8) 宮坂 篤, 中島 隆. 2010. イネ紋枯病は地球温暖化による水稲の白未熟粒発生増加を助長する. 植物防疫 64: 301-303.
- 9) 森田 敏. 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77: 1-12.
- 10) 永島秀樹, 中村啓二, 猪野雅哉, 黒田 晃, 橋本良一. 2005. 高温登熟条件における乳白粒および胴割粒の発生軽減技術. 石川農総研報 26: 1-10.
- 11) 長田健二, 滝田 正, 吉永悟志, 寺島一男, 福田あかり. 2004. 登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響. 日作紀 73: 336-342.
- 12) 長田健二, 小谷俊之, 吉永悟志, 福田あかり. 2005. 胴割れ米発生におよぼす登熟初期の水管管理条件の影響. 日作東北支部報 48: 33-35.
- 13) 坂井 真, 岡本正弘, 田村克徳, 梶 亮太, 溝渕律子, 平林秀介, 深浦壮一, 西村 実, 八木忠之. 2007. 玄米品質に優れる暖地向き良食味水稲品種「にこまる」の育成について. 育種学研究 9: 67-73.
- 14) 杉山高世. 2004. 水稲ヒノヒカリの疎植栽培における収量及び玄米品質. 奈良農技セ研報 35: 23-25.
- 15) 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. 東北農研研報 100: 41-48.
- 16) 寺島一男, 齋藤祐幸, 酒井長雄, 渡部富男, 尾形武文, 秋田重誠. 2001. 1999年の夏期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.
- 17) 友正達美, 山下 正. 2009. 水稲の高温障害対策における用水管理の課題と対応の方向. 農工研技報 209: 131-138.
- 18) 内島立郎, 羽生寿郎. 1967. 本邦における水稲の気候登熟量示数の地域性について. 農業気象 22: 137-142.
- 19) 若松謙一, 佐々木 修, 上蘭一郎, 田中明男. 2008. 水稲登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響. 日作紀 77: 424-433.
- 20) 吉田 宏, 白井智彦, 小野寺郁夫, 高橋政夫. 2001. 岩手県における品質低下の実態解析と今後の対策(寺島一男, 鶴町昌市編, 東北地域における夏季の異常高温が水稲生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策). 盛岡. 東北農業試験場. p.25-31.
- 21) 吉永悟志, 白土宏之, 長田健二, 福田あかり, 中林光文, 横山裕正, 木村利行, 日影勝幸, 小田中温美, 浅野真澄, 三上雄史, 島津裕雄, 木川裕美, 三浦恒子, 若松一幸, 山川 淳, 井上由紀, 浅野日謙之, 中山芳明, 島宗知行, 鈴木幸夫, 木田義信, 佐々木園子. 2008. 東北地域における直播水稲の登熟特性と収量・品質関連形質. 東北農研研報 109: 41-82.
(白土宏之・大平陽一・山口弘道・清藤文仁・菅原浩規・浅野真澄・佐藤雄幸・結城和博・藤田智博)

X 用語の定義

1 白色不透明部分を有する未熟粒

白色不透明部分を有する未熟粒については格付け理由や品質を測定する機械によって、同じ名称でも

その内容が異なる場合があるため、「国内農産物等の被害粒の取扱要領」と寺島・鶴町（2001）を参考に本研究資料における用語を定義することにした。なお、本研究資料は主食用の粳品種のみを対象としているので、用語の定義も主食用の粳品種のものとした。

1) 乳白粒

胚乳部の横断面に白色不透明な部分がリング状となっているもの。なお、その白色不透明な部分の大きさが粒平面の1/2以上のもの。

2) 心白粒

胚乳部の横断面に白色不透明な部分が平板状又は紡錘状となっているもの。醸造用玄米以外の心白粒は、中心部に白色不透明な部分のあるもので、その白色不透明な部分の大きさが粒平面の1/2以上のもの。

3) 基部未熟粒

基部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の1/5以上のもの。

4) 腹白粒

腹部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2/3以上でかつ、粒幅の1/3以上のもの。なお、「国内農産物等の被害粒の取扱要領」では「腹白未熟粒」となっているが、一般的な「腹白粒」を使うことにした。

5) 背白粒

背部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2/3以上でかつ、粒幅の1/3以上のもの。

6) 白未熟粒

上記1)から5)の総称（寺島・鶴町 2001）。農産物検査における2等以下の主な格付け理由の「心白・腹白粒」は心白粒と腹白粒以外の白未熟粒も含まれているので、「白未熟粒」と表記することとした。

7) 白色不完全粒

白未熟粒で白色不透明部分が小さく整粒と判断されるものも含む場合の総称（寺島・鶴町 2001）。

8) 乳白・心白粒、腹白・背白粒

玄米品質を測定する機械では「乳白粒」と「心白粒」、「腹白粒」と「背白粒」が同じ区分に分類される場合がある。その場合は、それぞれ「乳白・心白粒」と「腹白・背白粒」と表記することにした。

2 白未熟粒等の「率」

特別に断りなく未熟粒「率」等と表記する場合は、粒数の割合を示す。

引用文献

- 1) 寺島一男, 鶴町昌市編. 2001. 東北地域における夏季の異常高温が水稻生育およびコメ品質に及ぼす影響の解析と今後の対策. 盛岡. 東北農業試験場. p.1-88.

(白土宏之)

