

みやの のりちか

氏名（本籍地） 宮野法近

学位の種類 博士（農学）

学位記番号 農博第979号

学位授与年月日 平成22年3月25日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項

研究科，専攻 東北大学大学院（博士課程）農学研究科資源生物科学専攻

論文題目 宮城県における水稲玄米品質低下要因の解析

博士論文審査委員（主査）教授 國分牧衛

教授 齋藤元也

准教授 高橋正

論文内容要旨

第 I 章 緒言

宮城県は東北地域の南部に位置し、これまでは稲作中心の農業経営が行われてきた。ここ数年の 10a 当たりの単収、1 等米比率ともに東北 6 県中 5, 6 位であり、質・量とも東北 6 県においては下位に低迷している。これらの要因としては、いわゆる“やませ”による低温の影響と登熟期の高温が影響を及ぼしていると考えられてきた。宮城県内でも南部に位置している丸森地域の玄米品質等級の低さが宮城県全体の等級を引き下げていると指摘されている。これまで丸森地域の玄米品質等級低下要因は、出穂期から登熟期にかけての気温が県内他地域より高いためではないかと推察されてきた。しかし、これまで丸森地域の玄米品質等級低下要因について詳細に検討した事例は少ない。そこで本研究では、丸森地域を中心とした宮城県における水稻玄米品質低下要因について、気象条件と栽培要因の面から検討した。

第 II 章 生殖成長期の気象条件が水稻玄米品質に及ぼす影響とその地域間差異

本章では 1977 年から 2005 年までの過去 28 年を対象に、玄米品質に影響を与えたと考えられる生殖成長期（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）について丸森地域を中心に仙台、大崎地域の各地域間で比較し、1 等米比率との関係について検討した。丸森の 1 等米比率が低い年次においては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、出穂後 20 日間の日平均気温が 25℃以上であった年次、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が 20℃以下であった年次、そのいずれにも該当しない年次に区分できた。県内各地で出穂後 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認められた（第 1 図）。特に丸森では、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られた。幼穂形成期～出穂期の日最低気温が 20℃以下の年次では、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 2 図）。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は、出穂後 20 日間の日最低気温が 20℃未満の場合、出穂後 20 日間の日照時間と正の相関が丸森で見られた（第 3 図）。この章で明らかになったことをまとめると第 1 表のようになる。

第 III 章 栄養成長期の気象条件が水稻玄米品質に及ぼす影響とその地域間差異

本章では 1977 年から 2005 年までの 1 等米比率と m^2 当たり籾数の関係、さらに m^2 当たり籾数を構成する m^2 当たり穂数と栄養成長期の気象条件との関係を検討した。対象地域は第 II 章と同様で、時期により作付けされていた品種が異なる（1993 年以前はササニシキ、1994 年以降はひとめぼれ）ため、1993 年以前と 1994 年以降に分けて検討した。1993 年以前で

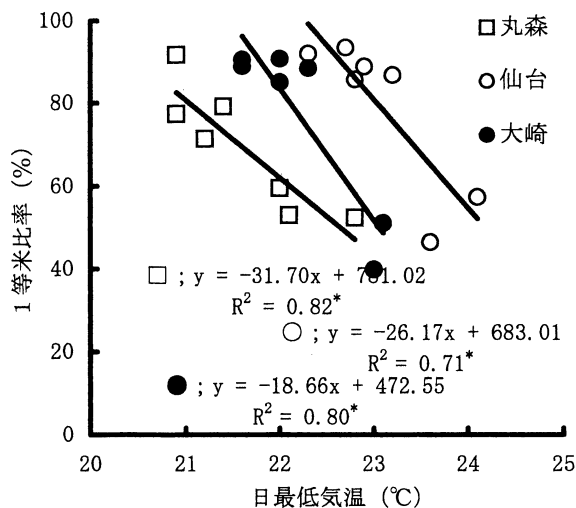
は各地域とも冷害で極端に1等米比率が低くなった年次を除いた場合、ある特定の籾数以上あるいは温度条件で1等米比率との間に負の相関が認められ(第4図)、籾数水準は大崎>仙台>丸森の傾向が見られた。各地域の1等米比率と相関が見られた年次の m^2 当たり籾数は m^2 当たり穂数との間に正の相関が見られ(第2表)、 m^2 当たり穂数は丸森地域では7月の積算日照時間と、仙台地域では幼穂形成期から減数分裂期の日最低気温と、大崎地域では7月の日最低気温との間にそれぞれ負の相関が見られた(第5図)。1994年以降もある特定の籾数以上あるいは温度条件で1等米比率との間に負の相関が認められた(第6図)。 m^2 当たり穂数が影響を受ける気象条件は、丸森地域では6月の積算日照時間との間で、仙台地域では移植盛期から夏至までの日最高気温との間に正の相関が見られた(第7図)。 m^2 当たり籾数と1等米比率との間に相関が認められた年次の1等米比率と出穂期前の気象条件との関係を検討したところ、1993年以前は、丸森地域で幼穂形成期から減数分裂期までの日平均気温と正の相関が見られた(第8図)。1994年以降では、丸森地域で幼穂形成期から出穂期までの日最低気温と負の相関が見られた(第9図)。この章で明らかになったことをまとめると第3表のようになる。

第4章 窒素施肥法と気温が水稻玄米品質に及ぼす影響

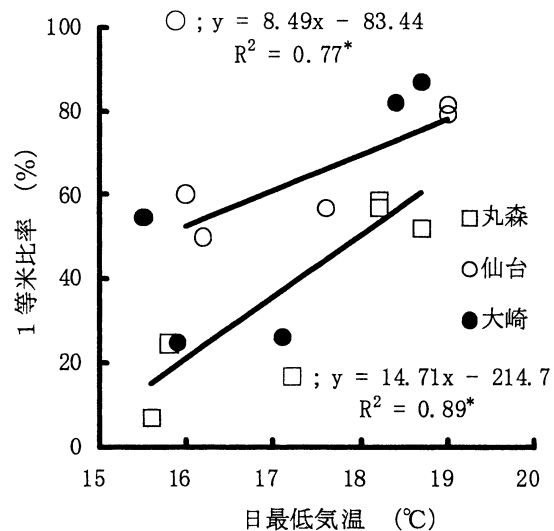
本章では追肥時期と玄米品質の関係について、出穂後20日間の温度条件を変えて解析した。試験はササニシキとひとめぼれを用い、出穂盛期から20日間の高温処理を与えた。出穂後にSPAD値を測定し、収穫後に穂数、籾数、玄米品質を測定した。整粒歩合はササニシキ、ひとめぼれともに高温区が低くなった(第10図)。ひとめぼれでは対照区、高温区とも出穂期追肥区で最も整粒歩合が高くなった(第10図)。ササニシキでは、対照区に比べ高温区で整粒歩合が低下したが、追肥時期の影響は見られなかった(第10図)。SPAD値と整粒歩合との関係では、ひとめぼれは高温区で出穂4日後のSPAD値と正の相関関係が見られた(第11図)。ササニシキの対照区では出穂16日後のSPAD値と負の相関関係が見られた(第11図)。整粒歩合と未熟粒歩合および被害粒歩合との構成割合は、ひとめぼれにおいて、登熟期の高温処理によって基部未熟粒、乳白粒の発生が増加した。ササニシキでは高温区で乳白粒、腹白粒の増加が見られたが、青死粒は対照区で最も発生程度が高くなった。SPAD値と未熟粒、被害粒比との関係は、ひとめぼれでは出穂4日後のSPAD値が高いほど未熟粒の発生が低くなる傾向が見られた(第12図)。ササニシキでは出穂4、16日後のSPAD値と未熟粒の発生歩合の間に正の相関が見られた(第12、13図)。ひとめぼれの対照区では m^2 当たり籾数、 m^2 当たり穂数とも減数分裂期の追肥が最も多くなった。高温区では m^2 当たり籾数は出穂期追肥が最も多く、 m^2 当たり穂数は減数分裂期追肥で最も多かった。ササニシキでは m^2 当たり穂数は対照区では追肥時期で差はほとんどなかったが、高温区では減数分裂期追肥で最も多く、 m^2 当たり籾数は対照、高温区とも幼穂形成期追肥が最も多かった。この章で明らかになったことをまとめると第4表のようになる。

考察

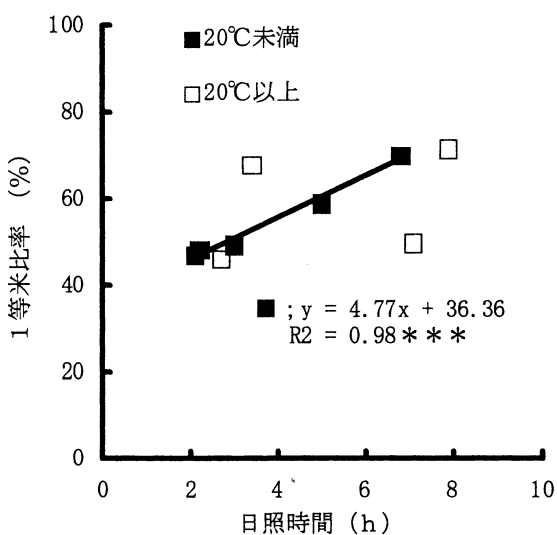
本研究の結果、丸森、仙台、大崎地域では玄米品質が影響を受ける出穂期前後の気象条件や㎡当たり籾数が異なることが確認された。1等米比率は㎡当たり籾数と負の相関関係がみられ、これまでに報告されているササニシキ、ひとめぼれの適正籾数より少ない籾数で品質の低下が見られ、丸森地域が他地域に比べ最も籾数が少ないことが分かった。丸森が他地域より少ない㎡当たり籾数にもかかわらず1等米比率が低くなる要因として、前述のように出穂後20日間の日平均気温が他地域より低いため、玄米の充実不足が発生するためではないかと考えられた。また、出穂前の気温についても丸森地域が他地域より低いため、幼穂形成期や減数分裂期など玄米品質への影響が大きいとされている生育ステージの低温により、玄米品質の低下を招きやすいのではないかと考えられた。今回新たに判明したことから実際の生産現場で対応可能な耕種的方法として、深水や飽水、かけ流し等の水管理による温度調節や、㎡当たり籾数の少ない品種への変更が有効と考えられた。一方、生育に大きな影響を与える施肥としては、出穂期前後のSAPD値を基準にした施肥方法(基肥量及び追肥の時期・施用量)が重要と考えられた。



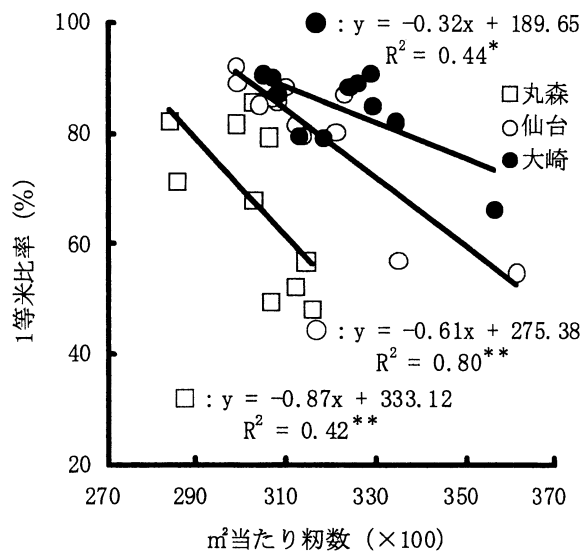
第1図 出穂後20日間の日最低気温と1等米比率の関係。出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次をプロット。*は5%水準で有意。



第2図 幼穂形成期から減数分裂期における日最低気温と1等米比率の関係。幼穂形成期から出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次をプロット。*は5%水準で有意。



第3図 丸森地域の出穂後20日間の日照時間と1等米比率の関係。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℃以下以外の年次をプロットした。***は0.1%水準で有意。



第4図 1993年以前のm²当たり籾数と1等米比率の関係。丸森地域はm²当たり籾数が28000以上で1978、1981、1985、1988年除く。仙台地域はm²当たり籾数29700以下の年次除く。大崎地域は出穂後20日間の日最低気温が18℃以上と1988年を除く。*は5%、**は1%水準で有意。

第1表 丸森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	日照時数	
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

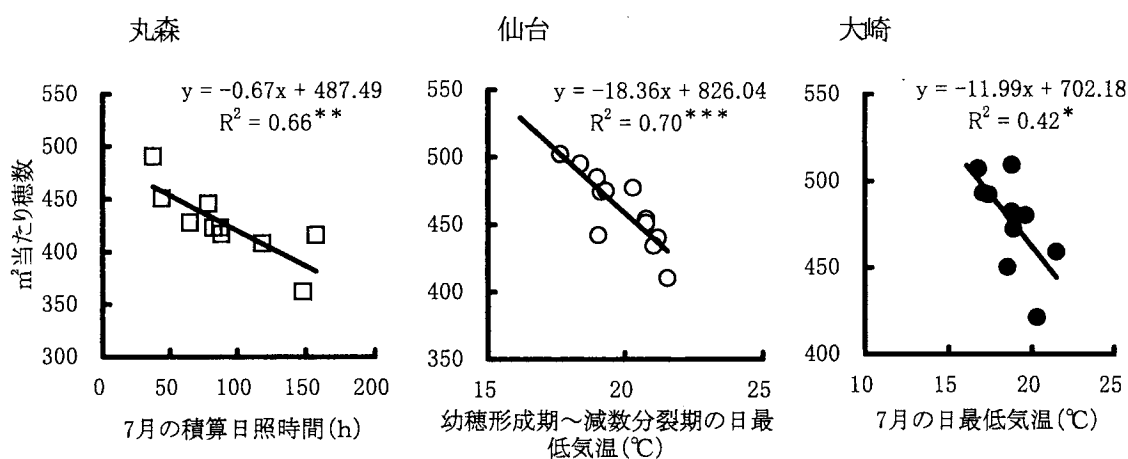
低温年は幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年.

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.

第2表 m²当たり籾数とm²当たり穂数, 1穂籾数との関係.

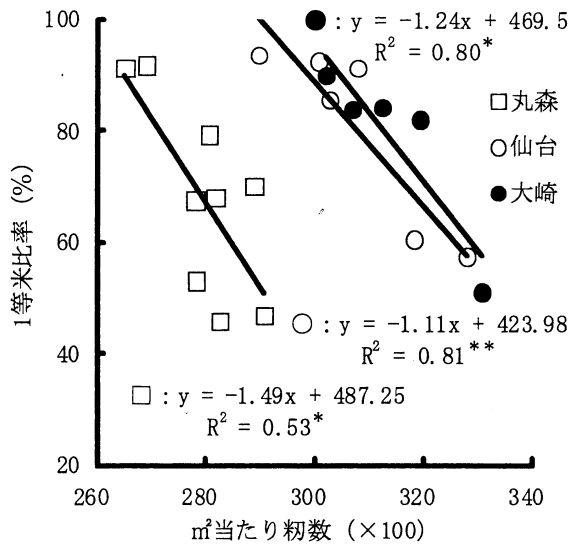
期間	地域	m ² 当たり穂数	1穂籾数
1977～1993年	丸森	0.54*	0.15
	仙台	0.55**	0.05
	大崎	0.35*	0.07
1994～2005年	丸森	0.68*	0.23
	仙台	0.66*	0.21
	大崎	0.75	0.08

1等米比率とm²当たり籾数との間に相関関係が見られる年次における. *は5%, **は1%で有意.

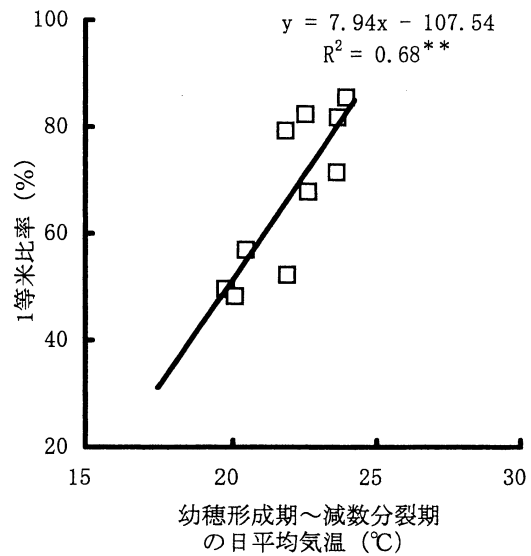


第5図 1993年以前におけるm²当たり穂数と気象要因との関係.

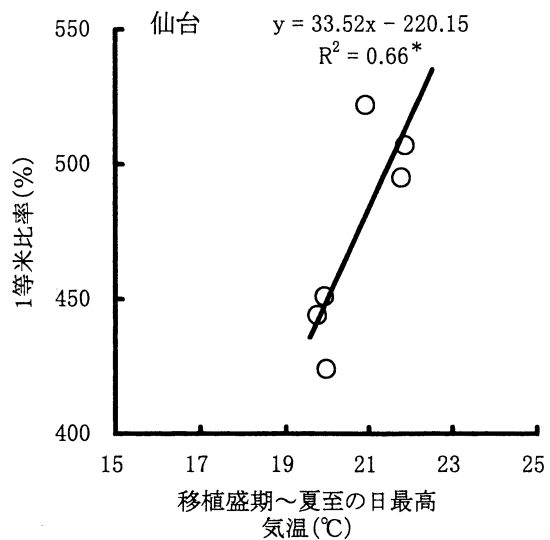
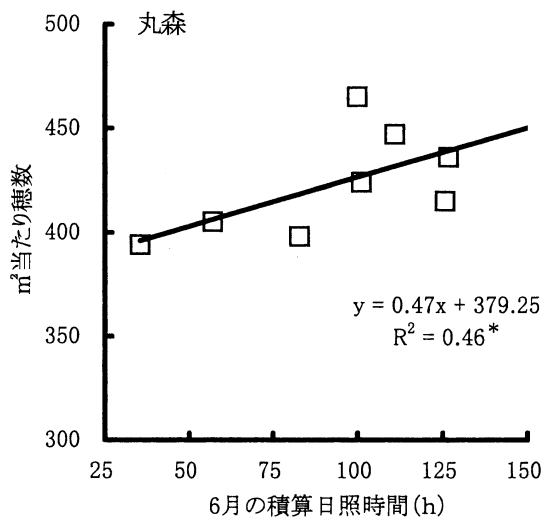
1等米比率とm²当たり籾数に相関がみられた年次をプロットした. *は5%, **は1%, ***は0.1%水準で有意.



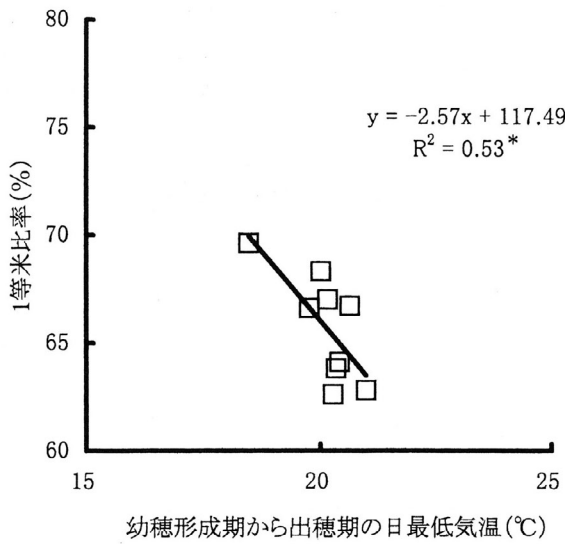
第6図 1994年以降の㎡当たり籾数と1等米比率の関係。
丸森は㎡当たり29200以上の年次と2003年除く。仙台は㎡当たり籾数29000以上35000以下で出穂後20日間の日最低気温が19℃以下の年次除く。大崎は㎡当たり籾数30000以下で出穂後20日間の平均気温が21℃以下の年次除く。*は5%、**は1%水準で有意。



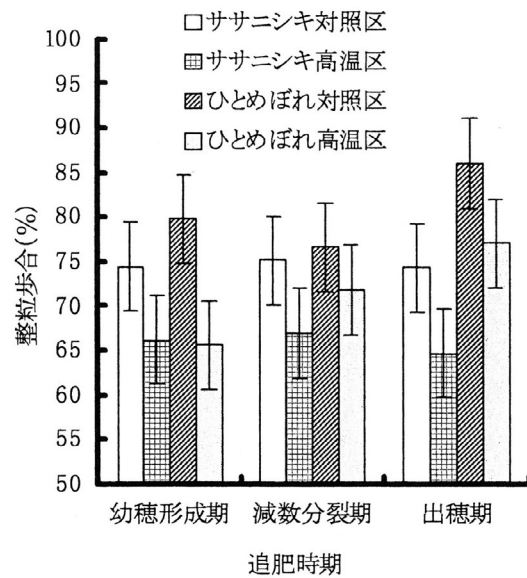
第8図 丸森地域の1993年以前の1等米比率と気象要因の関係。
1等米比率と㎡当たり籾数に相関関係が見られた年次をプロットした。**は1%水準で有意。



第7図 1994年以降における㎡当たり籾数と気象要因の関係。
丸森、仙台地域の㎡当たり籾数と㎡当たり籾数と相関がみられた年次における、*は5%水準で有意。



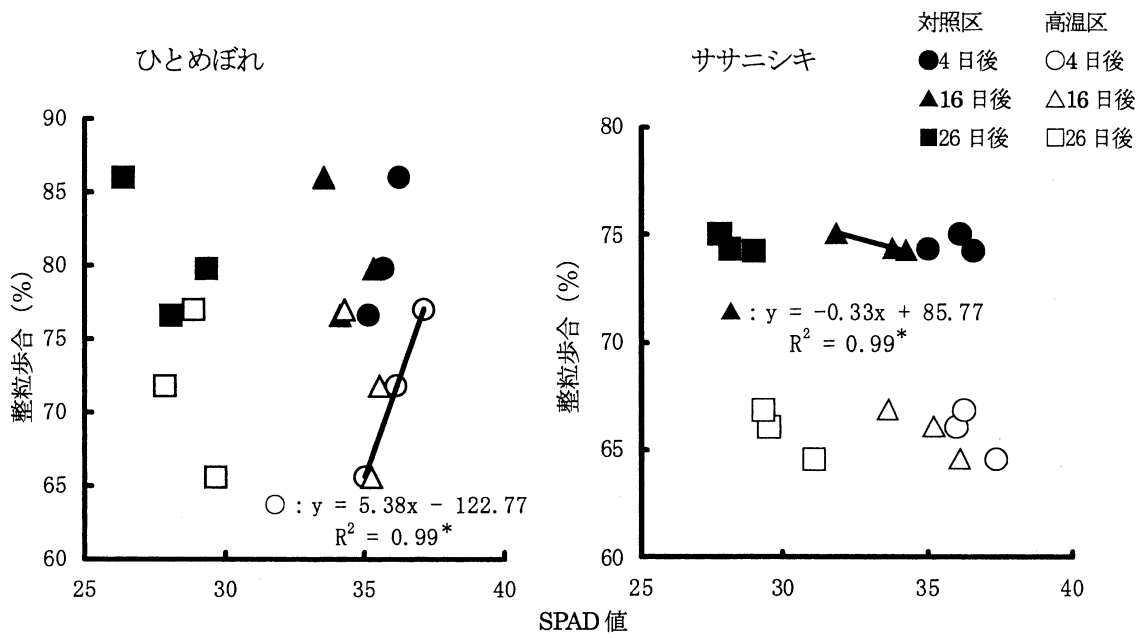
第9図 丸森地域の1994年以降における1等米比率と気象要因との関係。
1等米比率と㎡当たり籾数に相関がみられた年次をプロットした。*は5%水準で有意。



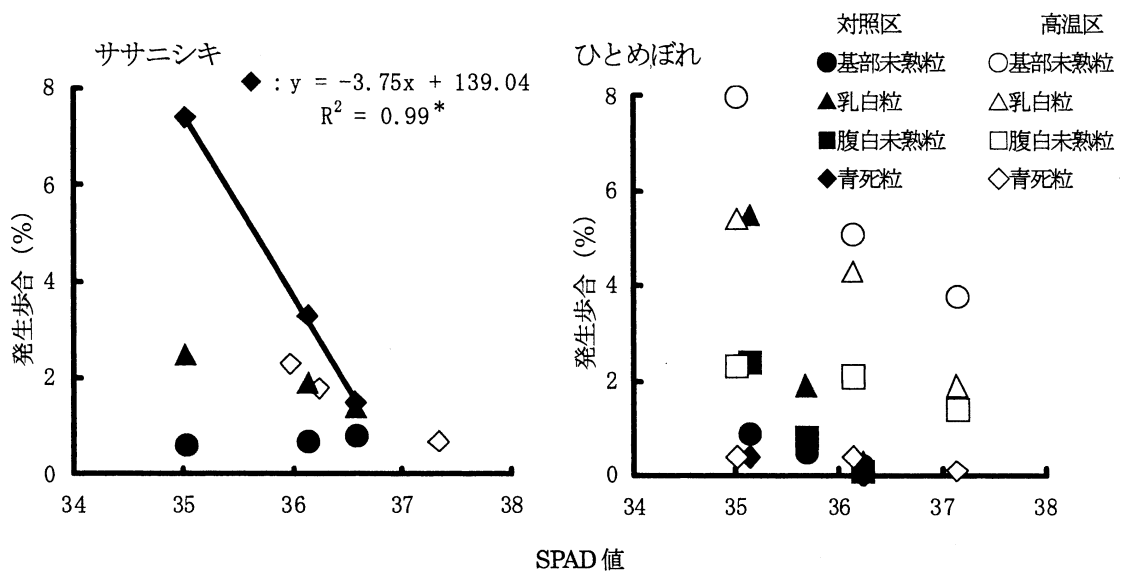
第10図 追肥時期と高温処理が整粒歩合へ及ぼす影響。
棒状の範囲は標準偏差を示す。

第3表 ㎡当たり籾数と1等米比率との間に負の相関が見られた年次において、各地域の㎡当たり穂数が影響を受ける気象条件と1等米比率が影響を受ける出穂期前後の気象条件。

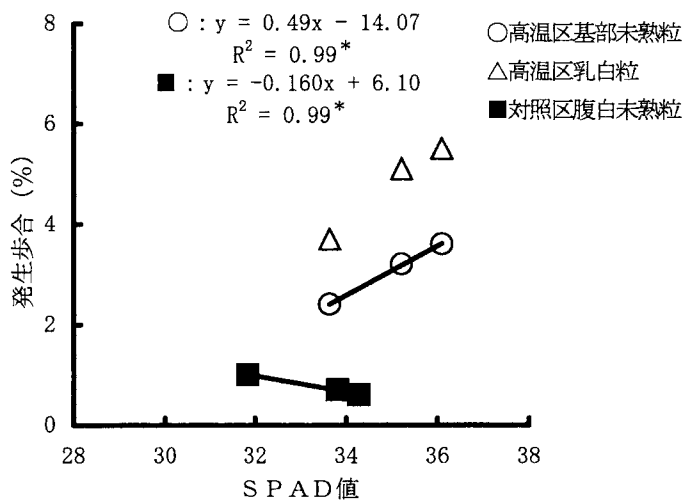
期間	地域	㎡当たり穂数が影響を受ける気象条件	1等米比率への影響	影響を受ける籾数レベル	1等米比率が影響を受ける出穂期前の気象条件
1977～1993年	丸森	7月の積算日照時間	多いほど良い(籾数減)	28000以上	幼穂形成期～減数分裂期の日平均気温
ササニシキ中心	仙台	幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温	高いほど良い(籾数減)	29700以上	—
	大崎	7月の日最低気温	高いほど良い(籾数減)	30000以上	—
1994～2005年	丸森	6月の積算日照時間	少ないほど良い(籾数減)	26000以上	幼穂形成期～出穂期の日最低気温
ひとめばれ中心	仙台	幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温	低いほど良い(籾数減)	29000以上 35000以下	—
	大崎	—	—	30000以上	—



第11図 高温処理が SPAD 値と整粒歩合に及ぼす影響。*は5%水準で有意。



第12図 高温処理が出穂4日後 SPAD 値と未熟粒発生歩合に及ぼす影響。*は5%水準で有意。



第13図 出穂16日後SPAD値と未熟粒発生歩合の関係。
*は5%水準で有意。

第4表 高温処理がSPAD値と未熟粒の関係に及ぼす影響。

品種	処理区	SPAD計測日	未熟粒の種類	未熟粒とSPAD値の関係	追肥時期とSPAD値の関係
ササニシキ	無処理区	出穂後4日	基部未熟粒	高いほど増加	出穂期追肥で最も高い
			乳白粒	高いほど減少	
			青死米	高いほど減少	
	高温区	出穂後16日	基部未熟粒	高いほど増加	減数分裂期で最も低い
乳白粒	高いほど増加				
ひとめぼれ	無処理区	出穂後4日	基部未熟粒	高いほど減少	出穂期追肥で最も高い
			乳白粒	高いほど減少	
			基部未熟粒	高いほど減少	
	高温区	出穂後4日	乳白粒	高いほど減少	出穂期追肥で最も高い

論文審査結果要旨

本研究は、宮城県の玄米品質が東北各県に比較して低位に低迷している現状に着眼し、その要因を気象要因と栽培要因に分けて解明を試みたものである。

本研究では第1に、生殖成長期の気象要因と玄米品質との関係を解析した。1977年から2005年に至る宮城県各地域（大崎、仙台、丸森を代表地として選定）の気象条件と玄米品質との関係を解析した結果、

- 1) 品質低下年の気象条件は、出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次、幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次、そのいずれにも該当しない年次、の3つに類別できた。
- 2) 出穂後20日間の日平均気温が25℃以上であった年次では、日最低気温が22℃を超えると一層品質低下が大きく、特に丸森で顕著であった。
- 3) 幼穂形成期～出穂期の日最低気温が20℃以下であった年次では、幼穂形成期～減数分裂期の日最低気温と玄米品質との間に正の相関を見出した。

次いで本研究は、栄養成長期の気象要因と玄米品質との関係を解析した。その結果、

- 1) 1993年以前と1994年以降とでは品質低下の様相が異なることが判明し、2つの期間を分けて解析する必要があること、
- 2) 気温上昇による品質低下はある特定の籾数水準以上で明瞭になり、品質低下の起こる籾数水準は大崎>仙台>丸森であり、丸森では従来目安とされているよりも明らかに低い水準で品質低下すること、
- 3) 県内他地域と比べて品質低下が顕著な丸森では、出穂期前および登熟期いずれの期間においても他地域より低温であることから、丸森では高温以外の要因により品質低下が起こりやすいことを明らかにした。

さらに本研究では、品質に大きく影響する栽培要因として窒素の追肥時期と気象要因の複合的影響について解析した結果、

- 1) ササニシキでは高温による品質低下に追肥時期の影響はわずかであったのに対し、ひとめぼれでは出穂期追肥で品質低下が軽減されること、
- 2) ひとめぼれでは出穂直後の葉色が高いほど基部未熟粒、乳白粒などの未熟粒発生が低下することを明らかにした。

以上の研究成果は、今後の宮城県産米の品質向上に寄与する重要な知見を提供するものである。よって審査員一同は、本論文は博士（農学）の学位に値すると認定した。