農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Influence of short time concentration of heading spout in intense summer heat on the quality of rice in large-scale farmer's paddy field

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松村, 修, 山口, 弘道 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001523

中央農研研究報告　7：25－37（2006）
Bull. Natl. Agric. Res. Cent.

大規模稲作経営における夏期高温年の水稲出穂期の集中が米の外観品質に及ぼす影響

松村　修[*1]・山口弘道[*2]

概　要

新潟県上越地域の大規模稲作経営農家が村内３地区にまたがって作付けした水稲中生品種（２品種）について、夏期高温年であった1999年と2000年に出穂期の集中実態を調査し、収穫後の米の外観品質に及ぼす影響を検討した。この大規模経営では中生２品種の移植作業を２週間程度分散させて行っていたにもかかわらず、出穂期の60～70%が２日間に集中した。このため、成熟期を過ぎても刈り取りができずに適期外収穫せざるを得ない圃場が多数出現し、中生品種作付圃場の約４割で胴割粒による玄米外観品質低下の可能性が認められた。夏期高温年においては、出穂が早まるとともに短期間に集中するため作期分散が計りにくくなり、作付面積の大きい大規模経営で米品質の確保が困難となる実態を明らかにした。

Ⅰ　緒　　言

土地利用型作物の生産において作付規模の拡大は，生産性向上を通じた経営改善の重要な手段として行政上奨励されている．作付規模の拡大は，水稲作では米売却収入の増大や機械・施設利用効率の向上等を通じ，生産費の低減や農家経営の改善を実現する方向として期待されている．最近の米生産費調査結果によると，作付規模15ha以上の農家層における60kg当たり全算入米生産費は12,522円で，同0.5ha未満層24,519円の約半分，１～1.5ha層18,838円の７割以下となっており，作付規模拡大によるコスト軽減効果の大きさがうかがわれる[(13)]．稲作経営における作付規模の拡大は生産過程でのエネルギー収支改善にも関係が深く，エネルギーの産出／投入比が全国平均や小規模層で１以下であるにもかかわらず，大規模層では産出が投入を上回ることが試算により示されている[(16)]．稲作における作付規模の拡大は，以上のような経営改善と環境保全面での両方のメリットを有している．

一方で稲作経営における作付規模の拡大は，特に我が国のように分散した借地圃場による拡大という条件下では，作物の集約的な肥培管理が不充分になったり，栽培適期を外れた作付を行わざるを得ない等の理由のため，単収水準の向上や安定性確保の制約条件となる場合があるとの指摘もある[(9)]．このような指摘はまた，単収だけにとどまらず品質についても言えよう．水稲の生育にあわせた適時・適切な肥培管理や適期内での栽培・収穫等は，単収だけでなく品質確保のための条件でもあるからだ．大規模経営ではとりわけ作期集中による収穫期の競合が激しく，適期に収穫ができない場合には玄米外観品質の低下が予想される．

稲作経営大規模化の流れは，上述した作付規模拡

平成17年１月20日受付　平成17年６月13日受理

*1　北陸水田利用部
*2　東北農業研究センター

大のメリット，さらには高齢化による稲作の担い手減少とその余剰水田の受け皿等を考慮すると，今後さらに奨励され進むものと予想される．しかしながら，コスト低減とともに農産物の高品質化が強く求められる現在，規模拡大がもたらす品質低下の詳細な実態と要因を解析し，品質低下防止のための方策を早期に検討して構築する必要がある．本研究は，大規模稲作経営における米品質低下の大きな要因と考えられる出穂期の集中について，特に品質の低下しやすい夏期高温年においてその実態を調査し，適期外収穫による外観品質への影響を明らかにした．

Ⅱ　材料および方法

１．調査農家と調査圃場の概要

大規模稲作農家における出穂期の集中実態と玄米外観品質の低下要因を明らかにするため，1999年と2000年に新潟県上越市三和区（2005年１月市町村合併による現在名，調査当時は中頸城郡三和村）の大規模稲作農家を対象に，当該農家が区内に作付けした中生水稲品種の移植時期，出穂期と玄米外観品質を調査した．

調査圃場は三和区内の旧大字であるＫ地区，Ｏ地区，Ｓ地区の３地区に分散しており，それぞれの地区は互いに３～５km程度，当該農家住居からは２～３km程度離れていた．上越市三和区は高田平野の東部に位置し，調査した３地区はいずれも平坦地であるものの，平野の中心近く（Ｏ地区：標高約15m），平野周辺（Ｓ地区：標高約15m），平野周辺の丘陵地すそ（Ｋ地区：標高約25m）と，立地環境は多少異なっていた．三和区内の丘陵地は最高でも200m程度までの標高である．調査圃場は各地区内で隣接して分布する場合もあったが，分散する場合もあった．ただし分散する場合も１km程度以内の範囲にあった．圃場１筆面積は30a圃場を中心に一部10a以下の狭小な圃場やあぜ抜きにより大区画化した圃場もあったが，調査対象は最も多かった30a圃場とした．

調査農家は表１に示したように調査した３地区を含む三和区内５カ所に自作地や借地を所有または保有し，早生品種のわたぼうし，ひとめぼれ，ゆきの精，夢ごこち，中生品種のコシヒカリ，キヌヒカリを作付けしていたが，調査対象は２年とも上記３地区に作付けられたコシヒカリとキヌヒカリの一部とした．調査農家が作付けした中生品種はコシヒカリとキヌヒカリのみで他の品種は作付していなかった．調査対象の２品種についてはＫ地区はコシヒカリのみ，Ｓ地区はキヌヒカリのみが作付けされ，Ｏ地区はコシヒカリとキヌヒカリの両品種が作付けされていた．コシヒカリとキヌヒカリの早晩性区分は新潟県上越市での試験成績ではともに中生の早でほぼ同熟期とされており，キヌヒカリは出穂期・成熟期ともにコシヒカリより１～２日遅い特性を持つ[8]．

調査圃場の移植期は，表1に示したように1999年が５月３～14日の12日間，2000年が５月３～15日の13日間で，Ｋ地区から始まりＯ地区，Ｓ地区の順に田植機で実施された．調査圃場一筆単位での正確な移植日は不明であった．移植苗は４月３～16日の期

表１　調査農家の地区別作付状況と移植時期

地区名	作付品種	耕作圃場数[注1)]	移植時期(1999)	移植時期(2000)	海抜標高
Ｋ地区(調査地区)	コシヒカリ、ひとめぼれ（直播）[注3)]	83（81）	5月 3～ 9日[注2)]	5月 3～10日[注2)]	25m
Ｏ地区(調査地区)	コシヒカリ、キヌヒカリ	24（24）	5月 9日	5月10日	15m
Ｓ地区(調査地区)	キヌヒカリ、ひとめぼれ、夢ごこち、わたぼうし	141（45）	5月10～14日	5月11～15日	15m
Ｉ　地区	キヌヒカリ	4（4）	5月18日	5月19日	－
ＯＹ地区	キヌヒカリ、ゆきの精（直播）[注3)]	2（1）	5月18日	5月19日	－

注　１）耕作圃場数は1999年の数で借地契約等により年次で若干変わる．かっこ内は中生品種圃場数．
　　２）Ｋ地区移植時期のうち1999年５月５～６日と2000年５月６～７日は終日代かき作業により移植を行っていない．
　　３）直播の播種期はＫ地区が５月16日、ＯＹ地区が5月1日．

間中，３日おきに５回，１回につき苗箱約1600枚を播種したのち育てられ，移植時には育苗期間が概ね30日程度の中苗相当の苗となっていた．施肥は化成肥料を用いて窒素成分として基肥３kg/10a，穂肥2kg/10aを基準とし，地区や圃場による施用量の大きな加減は行っていなかった．土壌改良材としては高度ケイ酸溶リンを施用していた．水管理・雑草防除・病害虫防除等についても，地区による実施日の差はあるものの，基本的に同じ内容の作業を行っていた．

２．出穂調査と収穫期の玄米外観品質調査

１）出穂調査

出穂調査は毎日早朝５時から約２時間かけ各圃場を巡回して行い，達観により圃場全体の穂のほぼ50%が出穂した日を出穂日とした．試験研究機関や行政機関による出穂調査は，通常その日の穂の出揃いを待って夕刻か少なくとも午後に実施されるのが一般的であるが，本研究では業務の都合から早朝に行った．調査圃場数は1999年が33筆，2000年が37筆でその地区別，品種別内訳は表２に示した．巡回順は１日ごとにローテーションさせて変えた．調査の正確さを期すため，北陸研究センター所内において，

表２　調査圃場の地区別・品種別内訳

調査年	調査圃場数				計
	K地区	O地区		S地区	
	コシヒカリ	コシヒカリ	キヌヒカリ	キヌヒカリ	
1999年	17	2	4	10	33
2000年	21	6	2	8	37

現地圃場よりやや早く出穂するよう減肥栽培したコシヒカリ圃場とキヌヒカリ圃場で，各30株を対象に有効茎の出穂確認調査を毎日行い，達観判断の基準とした．圃場内の比較的大きな部分で出穂期に較差がある圃場が少数あったが，これらはすべて調査対象から外した．

２）玄米外観品質調査（1999年）

収穫は９月始めに開始され，品種では，わたぼうし，ひとめぼれ，コシヒカリ，キヌヒカリ，夢ごこちの順序で，同一品種の中では移植が早かった地区順で進んでいった．調査した中生品種の出穂が短期間に集中した状況から，収穫適期も短期間に集中し適期外収穫せざるを得ない圃場が多数発生し玄米品質に影響を及ぼすと予想された．そこで，同一出穂日（８月２日）のO地区コシヒカリ圃場２筆について，籾水分25%程度の刈取り適期（９月９日，出穂後38日），同29%程度の早刈り（９月４日，出穂後33日），同21%程度の遅刈り（９月16日，出穂後45日）の３つの籾サンプルを採取し，玄米外観品質を調査した．中生品種の中で最も収穫が遅く予定されていたS地区のキヌヒカリについても，同一出穂日（８月２日）の２筆でコシヒカリと同じ設定内容で調査を行った．なお，調査したO地区，S地区の農家収穫が実際に始まったのは遅刈りサンプル採取日以降であった．

籾サンプルの採取は圃場内の５カ所から平均的な大きさの穂を20本づつ，計100穂抜き取った．穂は採取した日に脱粒したのち室内で籾水分15～16%に至るまで陰干しした．乾燥した籾は試験用籾すり器で籾すりし玄米とし，1.8mmの縦目篩いでふるって精玄米を得た．外観品質の調査は精玄米300粒を用いて目視による判定で行った．外観品質の分類は，完全粒，胴割粒，白未熟粒（心白粒・腹白粒・背白粒・基白粒・乳白粒），青未熟粒，その他（死米・着色粒・穂発芽粒等）の５区分とした．

３）玄米外観品質調査（2000年）

2000年の収穫も前年同様の品種・地区の順序で実施された．収穫遅延が品質に及ぼす影響を検討するため，収穫作業が遅く予定されていたO地区の同一出穂日（７月30日）のコシヒカリ３筆について，平均籾水分が25%程度であった刈取り適期日（９月８日，出穂後40日）とその日から９日後の遅刈り（９月17日，出穂後49日）の２つの籾サンプルを採取し，玄米外観品質を調査した．また，中生品種の中で最も収穫が遅く予定されていたS地区のキヌヒカリから同一出穂日（７月30日）の圃場４筆を選び，O地区のコシヒカリ同様に籾サンプルを採取し玄米外観品質を調査した．サンプルの採取方法と調製方法，玄米外観品質の調査方法については1999年と同じとした．2000年のO地区とS地区の農家収穫も，遅刈り籾サンプルを採取した時点では始まっていなかった．

４）水稲生育調査

水稲生育状況を把握するため，最高分げつ期～穂

首分化期に相当する６月下旬に草丈と葉色を，穂ばらみ期に相当する７月下旬に葉色の調査を行った．調査圃場数は1999年がK地区コシヒカリ５筆，O地区コシヒカリ３筆，キヌヒカリ２筆，S地区キヌヒカリ５筆で６月26日と７月26日に実施した．2000年も各地区各品種同じ圃場数で６月22日と７月23日に実施した．調査は各圃場のランダムに選んだ水稲株30株で行い，葉色はミノルタ製葉緑素計（SPAD502）で上位完全展開第２葉の中央部を測定した．

３．栽培的手法による出穂期幅拡大の検討

栽培的手法による出穂期幅の拡大を検討するため，1999年に所内圃場でコシヒカリの移植栽培と直播栽培でそれぞれ作期試験を実施し出穂期の変動を調査した．出穂期変動要因として，移植，直播という栽培法と作期のほか，移植栽培では栽植密度を，直播栽培では苗立密度を組み合わせた．移植栽培の作期（移植時期）は５月６日，５月12日，５月26日，直播栽培の作期（播種時期）は５月６日，５月15日，５月25日のそれぞれ３作期とした．移植栽培は中苗を用いた条間30cmの手植えで，m^2あたり栽植密度（個体数）を11.1（株間30cm１本植），33.3（株間30cm３本植），66.6（株間20cm３本植），99.9（株間10cm３本植）の４種類とした．直播は酸素発生剤を粉衣しない催芽籾の表面散播で実施し，苗立ち後に抜き取り調整してm^2当たり40本と80本の２種類の苗立密度を設定した．施肥等の栽培法は地域慣行に従った．

Ⅲ 結　果

１．1999年の調査圃場の出穂状況

1999年の出穂日別出穂期到達圃場数とその品種別内訳ならびに出穂期に到達した圃場の全調査圃場に占める割合等を表３に示した．出穂期に達した圃場の出現は７月31日に始まり，６日後の８月６日には全調査圃場で出穂を終えた．地区・品種別では移植時期の早いK地区コシヒカリが最も出穂期到達圃場の出現が早く，２日遅れてO地区コシヒカリとS地区キヌヒカリが，さらにその翌日にO地区キヌヒカリで到達圃場が出現した．K地区コシヒカリの出穂は最も早く，８月２日までの３日間で地区調査圃の６割以上が出穂期に至ったものの，その後８月６日まで比較的長く出穂期到達が続いた．O地区のコシヒカリは調査圃場数が２筆と少なかったこともあり，８月２日の１日で出穂を終えた．O地区のキヌヒカリは８月３日～６日の４日間にわたって出穂期到達圃場の出現が続いた．S地区のキヌヒカリは，調査地区の中で最も移植時期が遅かったにもかかわらず６割が８月２日の１日で出穂期に達し，８月４日までの３日間で出穂を終えた．地区と品種を合計して出した出穂期到達圃場割合を日別に見ると，８月２日が36%と最も高く，次いでその前後の８月３日（21%），８月１日（12%）が高く，８月２～３日の２日間に全調査圃場の57%の出穂期到達が集中していた．出穂期到達圃場割合の累積をみると，出穂期到達圃場出現から３日間で全体の58%が，４日

表３　出穂日別出穂期到達圃場数とその品種内訳（1999年）

出穂日	出穂期到達圃場数				計	出穂期到達圃場割合（%）	同左累積割合（%）
	K地区	O地区		S地区			
	コシヒカリ	コシヒカリ	キヌヒカリ	キヌヒカリ			
7月31日	3	0	0	0	3	9	9
8月 1日	4	0	0	0	4	12	21
8月 2日	4	2	0	6	12	36	58
8月 3日	3	0	1	3	7	21	79
8月 4日	1	0	0	1	2	6	85
8月 5日	1	0	1	0	2	6	91
8月 6日	1	0	2	0	3	9	100

注）出穂期到達圃場割合は全調査圃場に占める割合．

間で同じく79%が出穂期に到達していた．以上のように，調査地区内と調査全体とにかかわらず，出穂期到達は数日間に集中する傾向となった．出穂期間中の気象条件を表５に示したが，概ね晴天が続き日平均気温が30℃を越える日も多く，出穂を抑制するような激しい気温の低下や降雨等はなかった．

２．2000年の調査圃場の出穂状況

2000年の出穂日別出穂期到達圃場数とその品種別内訳ならびに出穂期に到達した圃場の全調査圃場に占める割合等を表４に示した．出穂期に達した圃場の出現は７月28日に始まり，３日後の７月31日には全調査圃場で出穂を終えた．地区・品種別では移植時期の早いK地区コシヒカリが最も出穂期到達圃場の出現が早かった（７月28日）が，O地区コシヒカリとＳ地区キヌヒカリもその翌日の７月29日には到達圃場が出現した．O地区キヌヒカリは最も遅く７月31日出穂期に到達した．各地区・品種ともすべての調査圃場で出穂期到達圃場の出現から出穂を終えるまでの日数は短く，調査圃場数の少ないO地区キヌヒカリを除きわずか３日間で出穂を終えた．1999年に最も出穂期間が長かったK地区コシヒカリは７月28～29日の２日間で約８割が，O地区コシヒカリは７月29～30日の２日間で７割弱が，Ｓ地区キヌヒカリも同じく７月29～30日の２日間で９割弱が，それぞれ出穂期に至った．地区と品種を合計した出穂期到達圃場割合を日別に見ると，７月29日が38%と最も高く，次いで翌日の７月30日が30%で，全調査圃場の出穂期の68%がこの２日間に集中する結果となった．出穂期到達圃場割合の累積をみると，出穂期到達圃場出現から２日間で全体の57%が，３日間で87%が出穂期に到達した．このように2000年は調

表４　出穂日別出穂期到達圃場数とその品種内訳（2000年）

出穂日	出穂期到達圃場数				計	出穂期到達圃場割合（%）	同左累積割合（%）
	K地区	O地区		S地区			
	コシヒカリ	コシヒカリ	キヌヒカリ	キヌヒカリ			
7月28日	7	0	0	0	7	19	19
7月29日	10	1	0	3	14	38	57
7月30日	4	3	0	4	11	30	87
7月31日	0	2	2	1	5	14	100

注）出穂期到達圃場割合は全調査圃場に占める割合．

表５　出穂期間中の気象条件

	1999年			2000年		
	平均気温	降水量	平均風速	平均気温	降水量	平均風速
	℃	mm	m/s	℃	mm	m/s
7月28日	－	－	－	25.2	2.0	1.8
7月29日	－	－	－	27.8	1.0	1.5
7月30日	－	－	－	31.2	0.0	3.1
7月31日	29.6	0.0	2.5	32.6	0.0	4.4
8月 1日	29.8	0.0	2.6	－	－	－
8月 2日	30.1	0.0	2.5	－	－	－
8月 3日	31.7	0.0	3.6	－	－	－
8月 4日	30.7	0.0	2.5	－	－	－
8月 5日	30.2	0.0	3.2	－	－	－
8月 6日	32.2	0.0	4.8	－	－	－

注）上越市高田測候所の観測値．７月26日～８月６日の日平均気温平年値は26.4～26.6℃の範囲．

査地区内と調査全体とにかかわらず出穂期到達が数日間に集中し，その傾向は前年をさらに上回るものとなった．出穂期間中の気象条件は，７月28日に弱い降雨があり日平均気温が平年値を少し下回ったものの，翌日からは気温が上昇した（表５）．

３．玄米外観品質調査の結果（1999年）

O地区のコシヒカリ２筆（A，B圃場）について，収穫日を早刈り，適期刈り，遅刈りの３回に分けた場合の玄米外観品質の変化を図１に示した．両圃場とも，適期刈り取りと早刈りとでは玄米外観品質の有意な差は認められなかった．しかし，遅刈りでは適期刈りに比べて両圃場とも完全粒が減少し，胴割粒が有意に増加する傾向が認められた．白未熟粒と青未熟粒，その他被害粒では一定の傾向は認められなかった．B圃場の遅刈りでは完全粒歩合が70％を下回り，検査等級1等の基準を満たせなかった．

図２にはS地区のキヌヒカリ２筆（C，D圃場）について，同じく収穫日を早刈り，適期刈り，遅刈りの３回に分けた場合の玄米外観品質の変化を示した．図１のO地区コシヒカリと同様に，S地区キヌヒカリでも適期刈りと早刈りとの間に玄米外観品質の有意な差は認められなかったが，C圃場では遅刈りで胴割粒が有意に増えたため完全粒が減少し

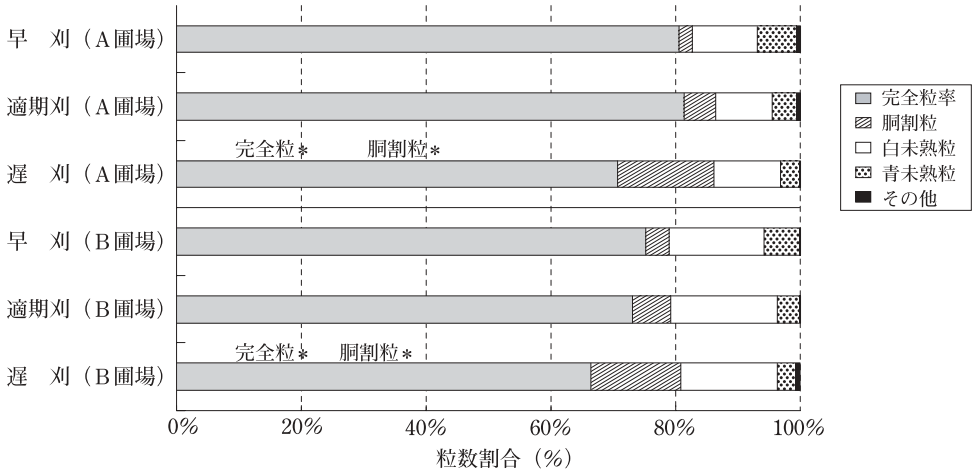


図１　コシヒカリの収穫時期と玄米外観品質
（1999年O地区８月２日出穂圃場）

注１）収穫日は早刈9/4、適期刈9/9、遅刈9/16.
２）*，**は5%,1%水準で前の刈取と有意差があることを示す．以下同じ．

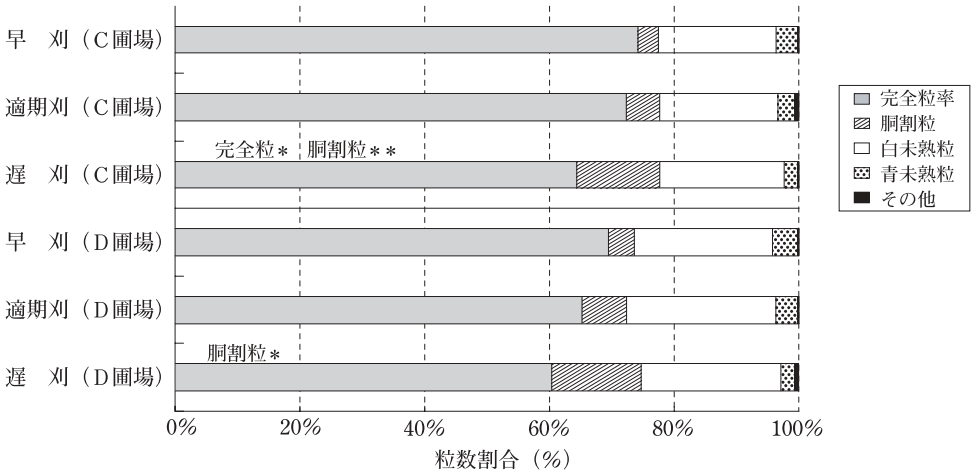


図２　キヌヒカリの収穫時期と玄米外観品質
（1999年S地区８月２日出穂圃場）

注）収穫日は早刈9/4、適期刈9/9、遅刈9/16.

た．遅刈りによる胴割粒の有意な増加はD圃場でも認められた．1999年は登熟初期に相当する８月上旬に猛暑が続いたため一般作況でも白未熟粒が増えて玄米品質が低下したが[12]，調査圃場でも白未熟粒が多く，特にキヌヒカリではC，D両圃場とも適期刈りにおいても完全粒割合は70%以下と品質が悪かった．遅刈りによる胴割粒の増加は，白未熟粒発生による品質の低下にさらに拍車をかける結果となった．遅刈りサンプルを採取した時点ではO地区，S地区とも農家収穫は始まっておらず，玄米外観品質の結果からみて，両地区の品質調査対象以外の圃場でも同様な品質低下が生じているものと推察された．

４．玄米外観品質調査の結果（2000年）

図３にO地区のコシヒカリ３筆（A，B，C圃場）について，適期刈りと遅刈りした場合の玄米外観品質を示した．各圃場とも遅刈りにより胴割粒が有意に増え，A圃場とB圃場ではこのため完全粒が有意に減少した．C圃場では完全粒の有意な差は認めら

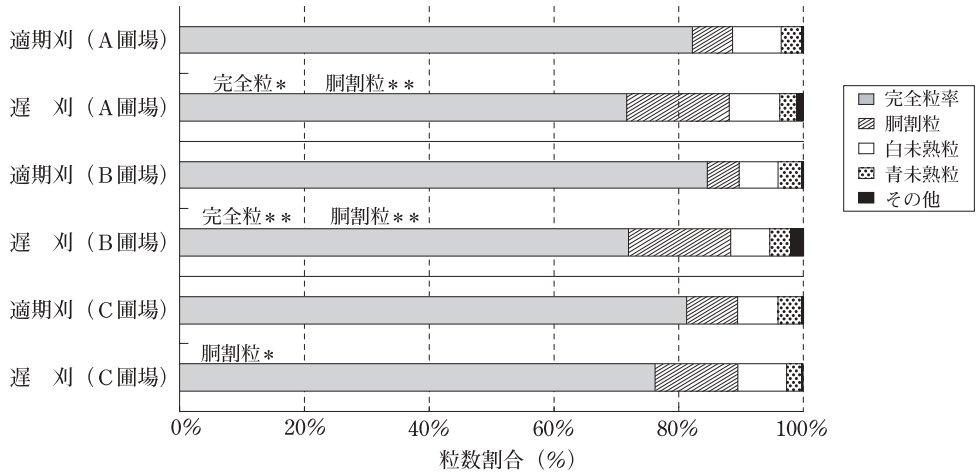


図３　コシヒカリの収穫時期と玄米外観品質
（2000年O地区７月30日出穂圃場）

注）収穫日は適期刈9/8、遅刈9/17.

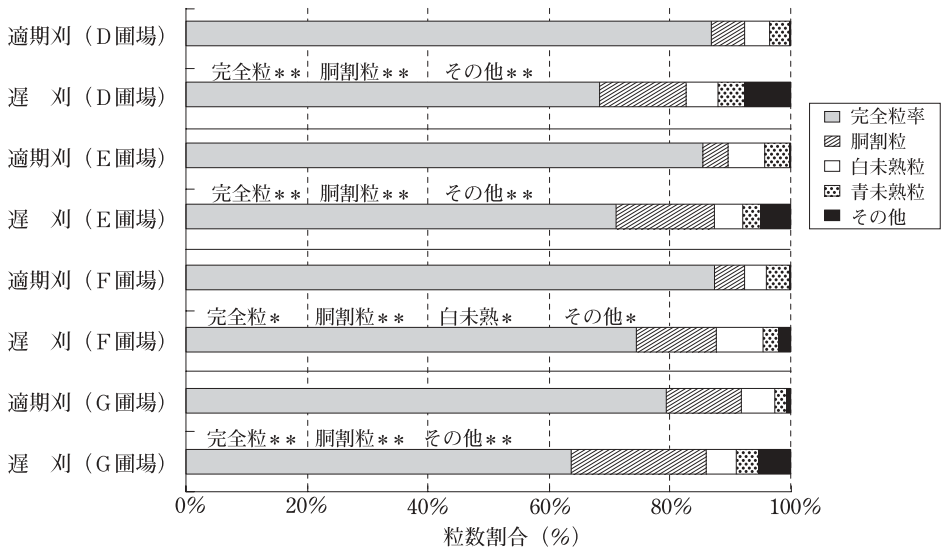


図４　キヌヒカリの収穫時期と玄米外観品質
（2000年S地区７月30日出穂）

注）収穫日は適期刈9/8、遅刈9/17.

れなかった．O地区コシヒカリは３筆とも遅刈りでも完全粒割合70%以上を保っていたが，A圃場とB圃場については70%付近まで低下した．

図４にはS地区キヌヒカリの４筆（D，E，F，G）での適期刈りと遅刈りの玄米外観品質の違いを示した．いずれの調査圃場においても遅刈りにより胴割粒が増加する傾向がここでも明瞭に認められた．2000年は登熟初中期の天候が比較的良く，極端な猛暑にもならなかったため白未熟粒の発生も少なかったが，８月31日～９月１日と遅刈り直前の９月15日～16日の２回にわたってフェーン現象が発生したため，胴割粒が多発した．また，その他被害粒も遅刈りで有意に増えたが，この内訳のほとんどが穂発芽粒であった．キヌヒカリは穂発芽し易い品種特性を有しているので[8]，遅刈り前の降水量が多かったことにより穂発芽が誘発されたのであろう．以上のように，2000年は登熟後半にフェーン現象と多雨という気象条件となったので，これらの影響を受けて遅刈りで品質が低下し，D圃場とG圃場では完全粒割合が70%以下となった．前年同様に遅刈りサンプル採取時点でO地区，S地区とも農家収穫は始まっておらず，調査圃場以外の圃場でも同様な品質低下が生じている恐れがあると推察された．

５．地区および圃場間における水稲生育の差異について

表６に最高分げつ期～穂首分化期と穂ばらみ期の生育調査の結果を示した．コシヒカリ，キヌヒカリとも移植日の早い地区で遅い地区よりわずかに草丈が長くなる傾向を示したが，有意な差は認められなかった．葉色（SPAD値）についても同様に地区間での有意な差はなかった．表６の数値はそれぞれの地区の平均値を示すが，地区内の調査圃場間においても草丈，葉色とも有意な差は認められなかった．水稲の出穂期は気象条件のほか地力や栽植密度などに起因する稲体窒素濃度に影響されることが知られているが[10]，この結果，出穂に大きく影響するような稲体窒素濃度の差異は，今回の調査圃場では無いものと判断された．

６．栽培的手法による出穂期幅拡大の検討

図５に所内試験で栽培法，作期，栽植密度と苗立

表６　生育調査結果

調査年・時期	草丈（cm）				葉色（SPAD値）			
	K地区平均	O地区平均		S地区平均	K地区	O地区平均		平均
	コシヒカリ	コシヒカリ	キヌヒカリ	キヌヒカリ	コシヒカリ	コシヒカリ	キヌヒカリ	キヌヒカリ
1999年6月26日	52±2	50±2	41±1	40±2	32.1±2.2	31.9±2.8	33.5±1.8	32.8±2.7
1999年7月26日	－	－	－	－	35.3±2.8	34.7±2.5	35.1±2.7	36.0±3.1
2000年6月22日	54±3	53±2	44±2	42±2	32.6±2.6	32.9±1.9	33.1±2.03	32.6±2.0
2000年7月23日	－	－	－	－	34.9±3.0	35.1±2.6	35.0±2.4	35.4±3.3

注）数値は、平均値±標準偏差で示す.

表７　試験区間の出穂変動程度の比較（５月６日の移植および直播との比較）

	５月６日移植（７／28出穂）との日数差）		B／A
	移植（播種）日A	出穂日（B）	
５月12日移植（８／１出穂）	6	4	0.7
５月26日移植（８／１出穂）	20	11	0.6
５月 6日移植（８／１出穂）	0	7	－
５月15日移植（８／１出穂）	9	10	1.1
５月25日移植（８／１出穂）	19	17	0.7
	５月６日移植（８／４出穂）との日数差）		B／A
	移植（播種）日A	出穂日（B）	
５月15日移植（８／７出穂）	9	3	0.3
５月25日移植（８／14出穂）	19	10	0.5

注）移植は栽植密度66.6個体／m^2，直播は苗立密度80本／m^2の，ともに地域慣行に近い密度の区のみ示した．

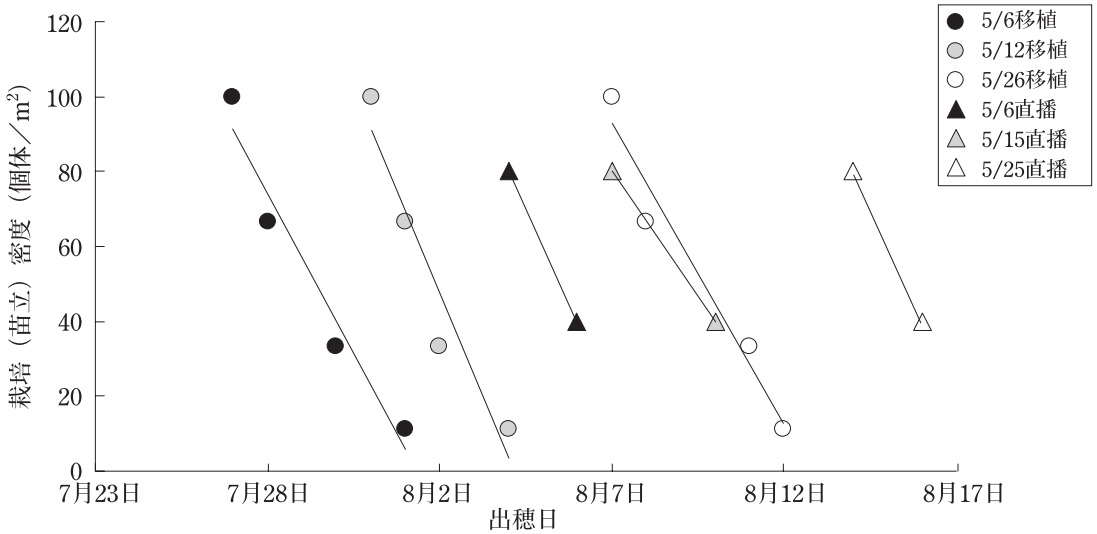


図５　栽培的手法によるコシヒカリの出穂期幅分散

密度を組み合わせることによって得られた出穂期の分散状況を示した．出穂に影響を及ぼすこれらの各要因を組み合わせることにより，全体では21日間にわたって出穂期間を分散することができた．栽植密度と苗立密度が地域慣行に近い試験区間の出穂変動程度の比較を，５月６日の移植および直播に対する差として表７に示した．表７右端欄のB/Aは，移植時期あるいは播種時期の違い１日当たりの出穂日の差を示し，この数値が大きいほど出穂期の変動も大きかったことを示す．結果として，出穂期の変動が最も大きかったのは移植と直播という栽培方法の違いであり，B/Aの値は0.9～1.1であった．同じ栽培方法の中での作期の違いによる出穂変動をみると，移植栽培でB/Aの値が0.6～0.7であったのに対し，直播栽培では0.3～0.5とやや小さくなった．栽植密度や播種密度は同一移植日内で４～５日程度の分散効果があった．

Ⅳ　考　　察

１．大規模農家における水稲出穂期集中の実態について

今回調査した大規模稲作農家では，作期分散を図るための基本として早生品種と中生品種の熟期の異なる品種組み合わせでの作期設定を行っていた．移植作業は12～13日間にわたって実施していたが，これは移植時期に幅を持たせるというより，むしろ作付面積が多いためそうせざるを得ない側面が強いと思われる．調査はほぼ同一熟期の中生品種であるコシヒカリとキヌヒカリについて行ったが，1999年，2000年とも，移植期間が２週間近くあったにもかかわらず，出穂期は1999年は全体の約60％が８月２～３日の２日間に，2000年は全体の約70％が７月29～30日の２日間の短い期間に集中した．1999年は移植から出穂までの期間が７月上旬に低温があったものの平年並み～やや高温に経過した年次であり，一般作況での出穂期も新潟県内各地域で平年より１～３日早くなった（図６，表８）[2) 3)]．寺田（1993）[15)]は北陸地域のデータを基にコシヒカリが幼穂形成期と出穂期に至るまでに必要な有効積算温度を示したが，気温が高い年次には有効積算温度に到達する日数は当然短くなるため出穂が早まり，かつ移植時期の違いによる出穂期の較差も縮まってしまう．このため，1999年の出穂期は比較的短期間に集中したものと考えられた．2000年は前年以上に気温が高く推移し，調査地である新潟県上越地方の一般作況における出穂期は平年より７日も早くなった．2000年で出穂の短期間集中が1999年以上に顕著であったの

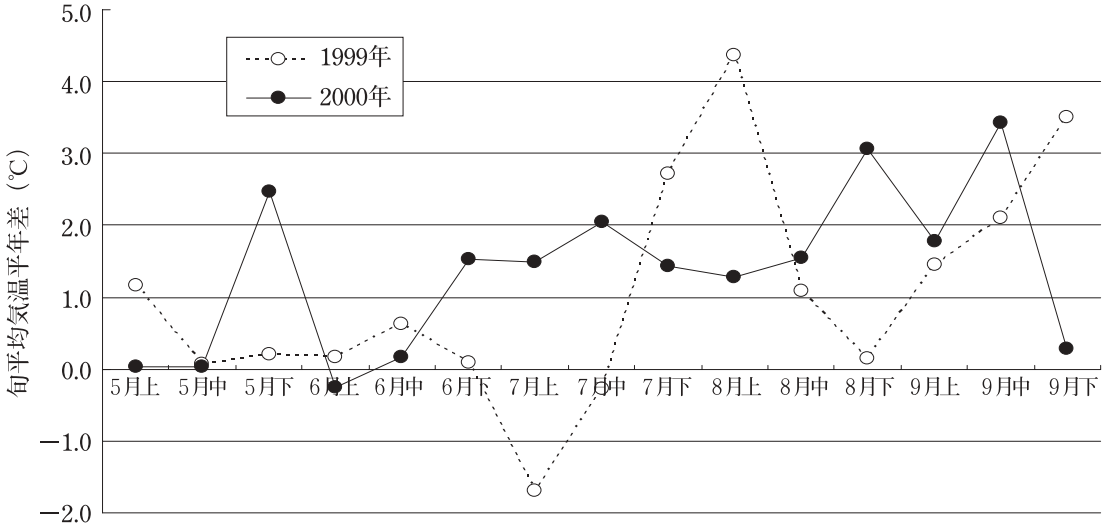


図６　旬別平均気温平年差の比較（上越市高田測候所の観測値）

表８　新潟県内の一般作況における出穂状況

	1999		2000	
	出穂最盛期	平年差	出穂最盛期	平年差
県計	8月5日	２日早い	8月 2日	５日早い
下越北	8月6日	３日早い	8月 4日	５日早い
下越南	8月5日	１日早い	8月 2日	５日早い
中越	8月3日	１日早い	7月31日	４日早い
魚沼	8月5日	２日早い	8月 3日	４日早い
上越	8月4日	１日早い	7月30日	７日早い
佐渡	8月8日	２日早い	8月 5日	５日早い

注）文献（2），（3）より作成.

は，このような高温の影響を強く受けたことによるものと考えられた．移植から出穂までの気温が高い場合，生育が進むともに移植時期の違いによる生育の差も縮まるので，作期分散のために行う様々な手法の効果が小さくなることが予想される．調査年は両年とも稲作期間が高温に推移したいわゆる高温年であったが，移植から出穂までに相当する５～７月３カ月の月平均気温では比較的平年に近い1999年（平年差＋0.3℃）と相当な高温で経過した2000年（同＋1.0℃）での出穂集中程度の差から，高温年ほど作期分散は困難になると推察された．今後，温暖化が進むとされる状況下においてはより有効な作期分散方法の組み立てが必要となるであろう．

２．大規模農家における出穂期・成熟期の集中が米品質に及ぼす影響について

今回の調査結果から，５日程度の早刈りは品質にあまり悪影響を及ぼさなかったものの，２カ年とも遅刈りでは各品種で胴割れ米の発生が増えるため完全米割合が減り玄米品質が低下することが明瞭になった．1999年，2000年とも品質調査の遅刈りサンプルを採取した時点ではまだＯ地区，Ｓ地区の中生品種の収穫は始まっておらず，調査農家の耕作圃場のうち，両地区の中生品種は収穫の早いＫ地区よりも品質が劣る可能性が高いと推察された．調査農家が作付した中生品種全体の中で，Ｏ，Ｓ両地区の圃場が占める圃場筆数割合は44.5%に相当する（表１）．従って，調査農家の中生品種圃場の約４割で刈り遅れによる品質低下が生じている恐れがあると考えら

れた．

刈り遅れの場合の品質低下の主要因は胴割れ米であったが，収穫時期の天候条件によっては，2000年のキヌヒカリのように穂発芽粒が発生することもあり，これらの被害粒発生を回避するため早刈り～適期収穫を行う必要があると考えられた．それとともに，これら被害粒が生じる気象的要因であるフェーンや降雨は，水稲が被害を受けやすい生育ステージにある段階に遭遇した時に最も被害が大きくなるので[7]，やはり作期を分散して多様な生育ステージ段階の水稲を揃えて危険分散することが有効であると考えられた．刈り遅れなどが品質低下を招きやすいことはすでに多くの研究であきらかにされているが[6][11]，今回調査したような大規模農家では，狭小な圃場が各地区に分散する中，膨大な面積の収穫をこなさねばならず，現実問題として刈り遅れ圃場がどうしても出現してしまうのが実状である．特に，出穂が短期間に集中し，かつ収穫期の降雨が多かった2000年においては，９日以上の収穫の遅れが生じるなど，収穫遅延程度は大きく深刻であった．対策としてはやはり作期分散を行うことが有効な手だてであろう．表１に示したように，調査農家は直播栽培を作期分散の切り札として導入を試みており，同時期の移植と比べて１週間程度出穂が遅延する特性を活用し（図５）[5]，作期幅を拡大しようと検討していた．北陸地域の直播実践農家に対して実施したアンケート調査結果では，直播での出穂期の遅れはコシヒカリや他の品種では６～15日程度あるとの回答が８割を占めており[14]，作期分散の上で非常に強力な手段であることがうかがわれる．また，今回実施した所内での出穂幅拡大試験でも移植栽培と組み合わせた場合の直播栽培の出穂遅延効果が大きいことが認められた．今後，大規模稲作農家ではこのような手法の導入を図り，作期分散による作業の平準化と米品質の確保を実現していく必要があろう．直播や品種ほどの大きな効果はないものの，乳苗や稚苗，中苗などといった苗の種類（葉齢）によっても出穂期は変動し，中苗は稚苗より１～３日早く[1]，ポット苗，中苗，稚苗，乳苗の順に出穂が早くなることが明らかにされている[4]．さらに，今回確認したように栽植密度や苗立密度を変えることによっても出穂期幅の拡大は可能である．現実には極端な疎植や密植は収量・品質確保や機械作業の点で実施が難しいが，幅広い植付株密度の設定が可能な田植機も普及しつつある．今後，こうした細かな栽培的手法も取り入れ，作期幅を広く設定していくことも重要と思われる．新潟県や富山県では近年，７月末の高温期に発生しやすい白未熟粒の多発による品質低下を回避するため，移植時期を５月上旬から中旬へと遅延させる指導を実施しているが，地域によってはその一環として，育苗施設からの苗供給時期の繰り下げや用水の配水時期の繰り下げ等の措置を行っているところもある．このような措置，特に配水時期の繰り下げは，大規模農家にとって早い時期の水稲移植が事実上不可能になることを意味し，作期の拡大がより一層難しくなってしまう．最近の水稲作を巡る以上のような情勢からも，今後大規模稲作農家における作期拡大の技術戦略を早急に打ち立てていく必要があろう．

摘　要

大規模稲作農家における出穂期の集中実態と玄米外観品質の低下実態ならびにその要因を明らかにするため，1999年と2000年に新潟県上越市三和区の大規模稲作農家を対象に，当該農家が作付けした中生水稲品種コシヒカリとキヌヒカリの出穂期と玄米外観品質を調査した．

１）中生品種の移植作業は12～13日間におよぶものの，移植から出穂までが平年並～やや高温であった1999年の出穂期は全体の約60％が8月2～3日の２日間に集中し，高温で経過した2000年の出穂期は全体の約70％が７月29～30日の２日間に短期集中した．特に2000年は出穂の短期集中が激しく，中生品種全体の出穂期間幅はわずか４日間であった．高温年において大規模農家で激しい作期集中が生じている実態や移植時期をずらすことによる作期分散効果が小さいことが明らかになった．

２）出穂が集中した結果，収穫が遅れた圃場では，主として胴割粒発生による玄米外観品質の低下が顕

著になることが明らかになった．また，刈り遅れた場合，降雨など収穫時の気象条件によっては，胴割れ米の他に穂発芽粒などの被害粒も発生しやすくなることが認められた．早刈りした場合，適期刈りに比べて大きな玄米外観品質の変化はなかった．調査農家の作付けする中生品種の約４割が刈り遅れによる品質低下の可能性が高いと推察された．

３）耕作面積の極めて大きい大規模稲作農家における作期分散を進めるためには，今回調査した12～13日程度の移植時期幅だけでは高温年次においては出穂の分散は困難であり，直播栽培等出穂遅延程度の大きい技術や苗種類や栽植密度の多様化などの栽培的手法を組み合わせて導入する必要があると考えられた．

謝　辞

本研究を行うにあたり，上越市三和区の調査農家には調査圃場の提供や営農資料の複写など多大なご協力をいただきました．ここに改めて厚くお礼申し上げます．

引　用　文　献

１．林　征三・石原信一郎・今井秀昭（1977）水稲の中苗栽培に関する研究，第２報　中苗の穂数構成と作季幅について．富山農試研報，８，37-45．

２．北陸農政局新潟統計情報事務所（1999）平成11年産水稲の８月15日現在作柄概況（新潟）．農林水産統計速報，11-21（生産・流通-12）．1p．

３．北陸農政局新潟統計情報事務所（2000）平成12年産水稲の８月15日現在作柄概況（新潟）．農林水産統計速報，12-23（生産・流通-14）．1p．

４．堀口清博・大西功男・中村　稔・峰山和幸（1991）コシヒカリの作期移動による成熟期幅の拡大について．滋賀農試研報，32，75-79．

５．井村光夫・遠藤直生・萩原素之（1993）水稲の湛水土中散播栽培における生育期の解析．日作紀，62（別2），33-34．

６．笠原正行（1995）日本作物学会北陸支部・北陸育種談話会編「コシヒカリ」．農山漁村文化協会．東京，273-274．

７．城戸康博・松江勇次・矢野雅彦（1991）水稲極早生良食味品種における枝梗着生部位別の穂発芽性．日作九支部会報，58，34-36．

８．古賀義昭・内山田博士・佐本四郎・石坂昇助・藤田米一・奥野員敏・上原泰樹・中川原捷洋・堀内久満・三浦清之・丸山清明・山田利昭・八木忠之・森宏一（1989）水稲品種「キヌヒカリ」の育成．北陸農試報，30，1-24．

９．増渕隆一・下坪訓次・加藤明治・中山正義（1989）大規模農家の技術と経営－昭和60年度大規模稲作農家調査結果報告書－．農業研究センター研究資料，17，25-26．

10．松村修・山口弘道・八百板正則・福田直子（2001）葉身窒素濃度による移植水稲の出穂変異予測の可能性．北陸作物学会報，36，62-64．

11．鍋島　学・沼田益郎（1994）水稲の収穫時期と食味関連要素との関係．日作紀，63（別2），56-57．

12．新潟県農林水産部（2000）平成11年度稲作概況と課題．2-3，35-36．

13．農林水産省大臣官房統計部（2004）農業経営統計調査　平成15年産米生産費（農家調査）．農林水産統計（平成16年７月23日公表），4-5．

14．斎藤仁蔵・松村　修・佐々木良治・鳥山和伸・山路良寛（2000）北陸地域における水稲湛水直播栽培の現状と生産者の評価Ⅱ．北陸農業研究資料，42，30-31．

15．寺田　優（1993）北陸地域における水稲の生育診断・予測技術開発の現状<研究情報>．日作紀62（4），641-646．

16．鳥越洋一　（1994）水稲の作付規模別エネルギー収支．日作紀，63（別1），54-55．

中央農研研究報告 7：25－37（2006）
Bull. Natl. Agric. Res. Cent.

Influence of short time concentration of heading spout in intense summer heat on the quality of rice in large-scale farmer's paddy field

Osamu Matsumura[*1] and Hiromichi Yamaguchi[*2]

Summary

The actual condition that heading spout of paddy rice was concentrated on a short time in the large-scale farmer was cleared. The matter that such actual condition was the cause to lose the quality of brown rice was cleared. This investigation was carried out in 1999 years and 2000. The farmer which became an investigation object is the large-scale rice growing farmer in Niigata Prefecture Joetsu City. Head spout term and brown rice quality were checked about "Koshihikari"and" Kinuhikari".

1) The transplanting work was continued for about two weeks. But about 60% of the whole concentrated the heading spout term of paddy rice in 1999 on 2 days of August 2 - 3. About 70% of the whole concentrated a short term on July 29-30 for 2000 years. It became clear that the drastic work term concentration of paddy rice occurred in the large-scale farmer from these results. A period from the transplanting to the heading spout was high temperature both in 1999 and in 2000 . The concentration of the heading spout became more remarkable in the year of such high temperature. The short-term concentration of the heading spout was drastic for especially 2000 years, and only the width of the head spout period for 4 days could be secured while the transplanting term continued for about 2 weeks .

2) Because of concentrated heading spout, paddy fields for harvest to be delayed appeared in many. When a harvest was delayed, the occurrences of the check rice increased, and the quality of the rice fell down. When a harvest was delayed, not check rice but also sprouting rice were occurred. As for the occurrence of preharvest sprouting, terms of weather became triggers in such cases as rain. When it was cropped early, there was no change in the great brown rice appearance quality. About 40% of planted medium variety fields were estimated for decreasing in rice quality.

3) Work term dispersion is necessary in the very big large-scale rice growing farmer. But, it was difficult to disperse the heading spout skillfully with the width of the transplanting time for about two weeks. Direct seeding cultivation will be able to introduce the effective technology which delays a heading spout. And conbinational use of other methods such as delaying transplanting time or sowing time, changing seedling leaf stage, introducing various planting density are also useful.

Received 20 January 2005; Accepted 13 June 2005

[*1] Hokuriku Research Center, National Agricultural Research Center
[*2] National Agricultural Research Center for Tohoku Region