

異なる作期における水稻品種の乾田直播による収量・品質

安本知子*・小島誠*・牧夏海*・重田一人*・大下泰生*

目 次

I. はじめに	1	V. 謝辞	19
II. 材料と方法	2	VI. 引用文献	19
III. 結果と考察	2	VII. Summary	21
IV. 摘要	18		

I. はじめに

農産物の国際競争力強化は日本の農業に不可欠である。そのため、現在進められているコスト削減を更に進め、より一層の低コスト化を実現することが水稻に対しても例外ではなく求められている。稲作作業体系の中で育苗と移植の作業は全体の約26%を占め⁽¹²⁾、これが不要となる直播栽培は生産コストと労働力の削減に繋がる有効な技術として注目されている。水稻の直播栽培には、湛水直播と乾田直播の二つの手法が確立している。現在、湛水直播は北陸地域を中心として増加しており、乾田直播は東海地域を中心として普及が進んでいる⁽⁸⁾。湛水直播は水入れ・代かき後水深0~5 cm程度で播種する手法で、播種前に良好な苗立ちを促す過酸化石灰資材等を種子に粉衣する作業が必要ではあるが、湛水状態で初期除草剤を効率的に利用できるため、雑草防除が容易で漏水を起こしにくい等の利点がある。一方、乾田直播は、代かきをしないで畑状態で直接播種することから、過酸化石灰資材等が不要でより低コストであり、大型機械での播種が可能な作業性の良い手法である。乾田直播は、前述のように代かきが不要で用水の確保が不要なため、播種期を広く設定でき、田植えの繁忙期を避けた早播栽培や麦類収穫後の晩播栽培など多様な栽培体系に適應できる。また、代かきを行わないため、田畑輪換において畑作物の湿害を起きにくくする働きもある。さらに、営農現場では生産費(60 kg 当り生産コスト)

の削減により国際競争力を高めるため、水稻-麦-大豆による水田輪作や水稻-麦の二毛作など作付頻度が高い多様な栽培体系を導入する取り組みが行われている。このような栽培体系への導入にも乾田直播は適しており、こうした取り組みは、経営の大規模化や多収品種の導入による収量性の大幅向上を図る上で極めて重要である。

本研究ではこのように播種適期が広く、様々な栽培体系に組み込みやすい乾田直播に着目した。一方、2013年現在でこれらの直播栽培の導入割合は水田全体(約160万ha)のうちわずか約1.5%の2.4万haに止まっており、そのうち湛水直播の15,152ha(約65%)に対して乾田直播は8,479ha(約35%)と、直播栽培の1/3に限られている⁽¹²⁾。その要因として乾田直播は前述のように過酸化石灰資材等が不要でより低コストではあるが、同時に品種毎の苗立性や生育特性の差が現れやすい栽培法で、そのため播種後の環境条件により苗立が確保できず減収となる場合があること等が挙げられる。ここでは、実際に導入が予想される栽培体系として早播栽培と晩播栽培を想定し、近年新しく育成された品種を含めて関東地域の主要な水稻品種を用いて、各品種の苗立性や生育と収量・品質について検討し、同栽培法を導入する際に必要な品種特性を明らかにすることを目的とした。

II. 材料と方法

1. 供試品種

2012, 2013年は極早生品種として「一番星」(茨城県育成, 岡本ら⁽¹⁵⁾), 「萌えみのり」(農研機構育成, 片岡ら, 2007⁽⁵⁾), 早生品種として「ふくまる」(茨城県育成), 「ゆめひたち」(茨城県育成, 須賀ら, 2000⁽¹⁸⁾), 「コシヒカリ」, 中生品種として「ほしじるし」(農研機構育成, 春原, 2011⁽²⁾), 「関東256号」(農研機構育成), 「べこあおば」(農研機構育成, 中込ら, 2006⁽¹⁰⁾)を用いた。2014年は「関東256号」, 「べこあおば」に替えて, 早生品種「ふさこがね」(千葉県育成, 篠田ら, 2007⁽¹⁷⁾)と中生品種「あきだわら」(農研機構育成, 安東ら, 2011⁽¹⁾)を用いた。いずれの品種も暗条件30℃, 7日間の発芽試験で95%以上の発芽率が得られた種子を用いた。

2. 栽培・管理方法

試験は2012年から2014年までの3年間, 中央農業総合研究センター圃場(茨城県つくばみらい市, 灰色低地土)で行った。3年間の耕種概要を表1に示した。直播栽培の播種日は, 早播および晩播として2012年は5月9日と6月14日, 2013年は4月30日と6月11日, 2014年は4月25日と6月18日の2水準を設定した。早播区は夏作水稲の後, 冬作は行わない裸地跡, 晩播区の前作は大麦である。

3年間とも前作の水稲, 冬作の大麦の残渣をすき込み, 耕起, 整地した後, 播種床とした。直播栽培の播種量は約1.4 cmに1粒(約250粒 m^2)となるように品種ごとに設定し, 不耕起播種機(松山株式会社, 型式NSV600, 条間30 cm, 6条播)を用いて播種した。いずれの年も発芽開始後地下水位約10 cmの水を入れ, 出芽揃後に地際まで水を入れる管理を行った。

2012年, 2013年は早播と晩播の2処理で, それ

ぞれ1区72 m^2 の試験区を設定し, 分割区法で行った。また, 2014年は1区40.5 m^2 , 1処理につき2反復で乾田直播した。なお, 乾田に殺菌剤等の粉衣は処理しなかった。施肥は, 全量基肥として肥効調節型緩効性肥料(LP70:LPS100 1:2混合)を2012年30 $kg10 a^{-1}$ (窒素施用量12 $kg10 a^{-1}$), 2013年, 2014年は20 $kg10 a^{-1}$ (窒素施用量8 $kg10 a^{-1}$)を播種溝に施用した。雑草対策として, 播種直後に除草剤グリホサートカリウム塩液剤とブタクロール乳剤を散布し, 雑草の発生状況に応じて, 手取り除草を行った。

出芽・苗立率の測定は, 各試験区とも1区当たり中庸な3ブロック(80 cm × 90 cm = 0.72 m^2)について出芽数を計測し, 1品種あたり2反復(計6ブロック)の平均値を示した。生育調査は, 各区とも中庸な5個体の主稈の止葉展開日, 出穂日, 最終主稈葉数を調査した。また, 主稈の止葉展開日および出穂日について, 基準温度を11.5℃(江幡, 1990⁽³⁾)とした播種からの有効積算温度を調査した。倒伏程度は大川ら⁽¹³⁾の手法に基づいて調査した。収量, 品質については, いずれの年も生育調査を行った後, 2012年と2013年は1ブロック面積1.0 m × 1.2 m (1.2 m^2)の調査区を3反復設け, それぞれ作期を主区, 品種を副区として調査した。2014年は, 1ブロック面積0.9 m × 0.8 m (0.72 m^2)の調査区を1区につき2反復設け調査した。各区とも収穫は地際から刈り取り, 風乾, 脱穀後収量構成要素の調査を行った。収量は粒厚1.8 mm以上を精玄米とした。また, 整粒歩合, 青未熟粒割合等の収穫物品質調査は品質判別機(静岡精機RS-2000X)により測定した。玄米タンパク質は近赤外分析計(インフラテック1241 グレインアナライザー, FOSS)を用いて測定し, 水分含有率15%での値を示した。

III. 結果と考察

1. 作期が水稲の出芽・生育に及ぼす影響

1) 生育期間における気象条件

図1に2012, 2013及び2014年の栽培期間におけ

る日平均気温の推移を示した。調査したいずれの年も, 早播では播種から成熟まで生育期間を通して日平均気温は上昇傾向だったが, 晩播では登熟過程で低下した(図1)。品種毎の各生育段階での日平均

表1 耕種概要.

栽培法	試験年次	直播日	肥料	施肥量	品種	播種量 (kg・10 a ⁻¹)	播種粒数 (粒・m ⁻²)
乾田直播	2012	5.09	LP70 : LPS100 1 : 2	30 kg10 a ⁻¹ (N12 kg)	一番星	8.71	290
					萌えみのり	7.96	300
					ふくまる	8.11	277
					コシヒカリ	7.79	310
					ゆめひたち	8.26	297
					ほしじるし	8.26	296
					べこあおば	6.53	186
	6.14	LP100	28.6 kg10 a ⁻¹ (N11.4 kg)	一番星	7.00	233	
				萌えみのり	7.58	286	
				ふくまる	7.00	239	
				コシヒカリ	7.35	293	
				ゆめひたち	8.17	294	
				ほしじるし	7.73	277	
				関東 256	7.26	296	
	べこあおば	6.43	183				
	2013	4.30	LP70 : LPS100 1 : 2	21.3 kg10 a ⁻¹ (N8.5 kg)	一番星	6.91	250
					萌えみのり	7.51	278
					ふくまる	6.91	240
					コシヒカリ	5.41	210
					ゆめひたち	6.61	258
					ほしじるし	6.61	230
					関東 256	6.61	267
	べこあおば	6.16	169				
	6.11	LP70 : LPS100 1 : 2	20.3 kg10 a ⁻¹ (N8.1 kg)	一番星	6.57	238	
				萌えみのり	6.40	237	
				ふくまる	6.74	234	
				コシヒカリ	6.18	244	
ゆめひたち				6.83	267		
ほしじるし				6.65	231		
関東 256				6.34	256		
べこあおば	5.93	163					
2014	4.25	LP70 : LPS100 1 : 2	20 kg10 a ⁻¹ (N8 kg)	一番星	6.60	240	
				ふさこがね	7.20	245	
				萌えみのり	7.40	266	
				ふくまる	5.80	207	
				コシヒカリ	7.60	295	
				ゆめひたち	5.90	235	
				あきだわら	6.90	271	
ほしじるし	6.30	226					
6.18	LP70 : LPS100 1 : 2	20 kg10 a ⁻¹ (N8 kg)	一番星	8.70	316		
			ふさこがね	7.20	245		
			萌えみのり	7.40	267		
			ふくまる	8.30	296		
			コシヒカリ	7.90	308		
			ゆめひたち	8.10	321		
			あきだわら	8.90	347		
ほしじるし	7.70	277					

各年とも前作の残渣をすき込んだ。溶リンを碎土時に全層に 60 kg10 a⁻¹ 施用した。

気温の推移を図2に示した(2014年)。早播と晩播の間で生育期間中における日平均気温の差は播種時が最も大きく、生育が進むにつれて差は小さくなった。出穂期の日平均気温について作期間の差は「一番星」や「ふさこがね」等の早生品種の方が「あきだわら」や「ほしじるし」の中生品種より大きかった。日平均気温の推移は早播では「あきだわら」、「ほしじるし」以外の全ての品種で生育期間中を通して上昇傾向だったが、この2品種では糊熟期以降

低下傾向だった。一方、晩播では全ての品種で幼穂形成期以降、低下する傾向で特に晩播の糊熟期以降著しく低下し、後述の玄米品質にも影響したと考えられる。

作期の異なる直播水稻において、播種前後から出芽揃時の降水量を図3に示した。調査したいずれの年も晩播では播種後に降雨があったが、早播では晩播より降水量が少ない傾向だった。ただし、2012年は早播でも播種直後に降雨があり、全ての品種に

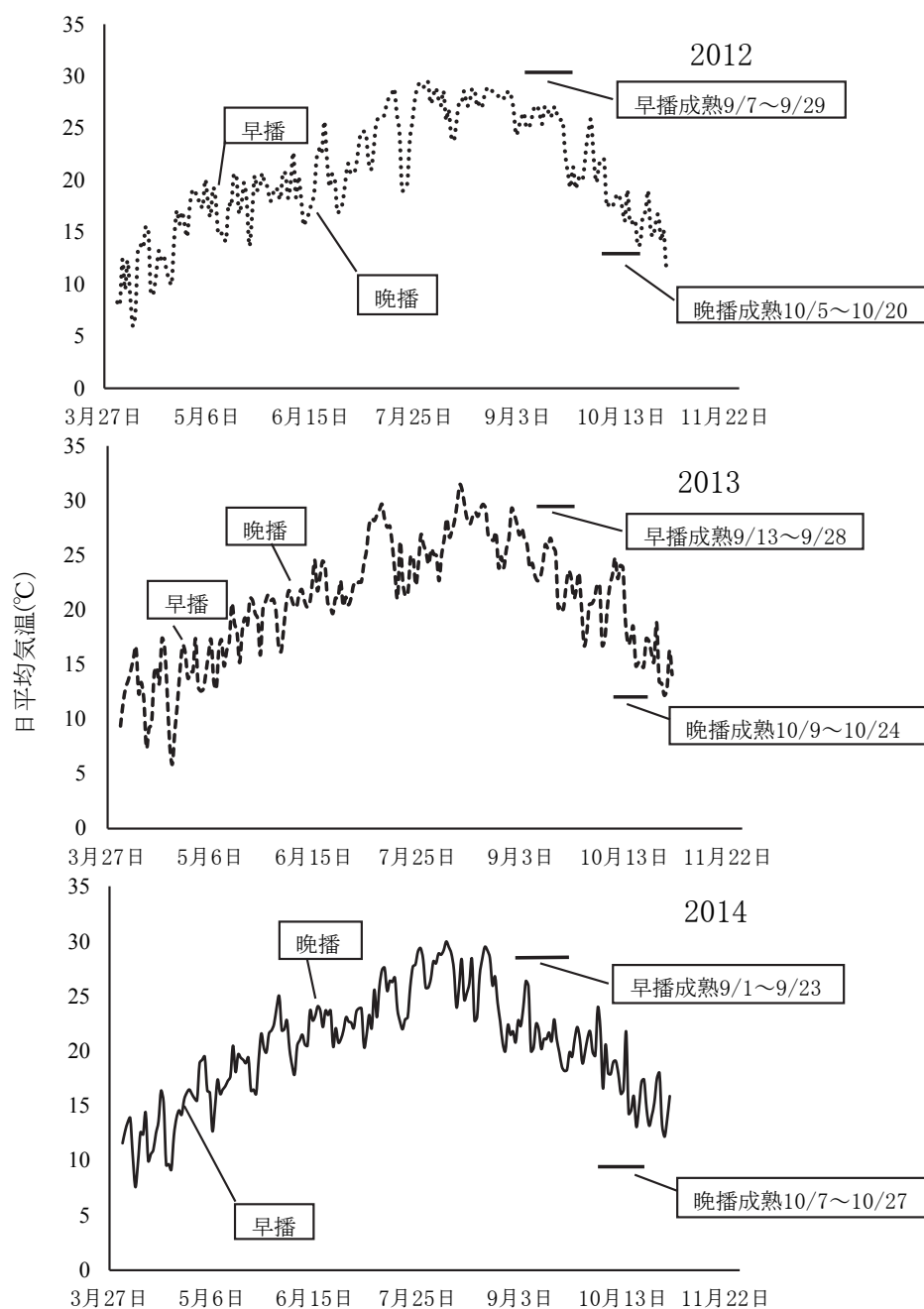


図1 栽培期間の日平均気温。

において出芽揃までの日数は他の2カ年に比べて短かった。2013年、2014年の早播では播種後降雨がない状態が続き、その後の降雨後に出芽が始まった(図3, 表2)。

2) 作期が出芽・苗立に及ぼす影響

3年間の乾田直播水稲における播種時の日平均

気温は2012年以外、調査したすべての年で早播の方が晩播より低く、3年間を平均すると早播で16.4℃、晩播で21.7℃で早播は晩播より約5℃低かった(図1, 2, 表2)。また、いずれの年もイネの発芽適温約30~32℃(星川, 1986⁽⁴⁾)より低いが発芽の最低温度(10℃)⁽⁴⁾以上であった。出芽揃までの有効積算気温について、3年間の平均値は早播で

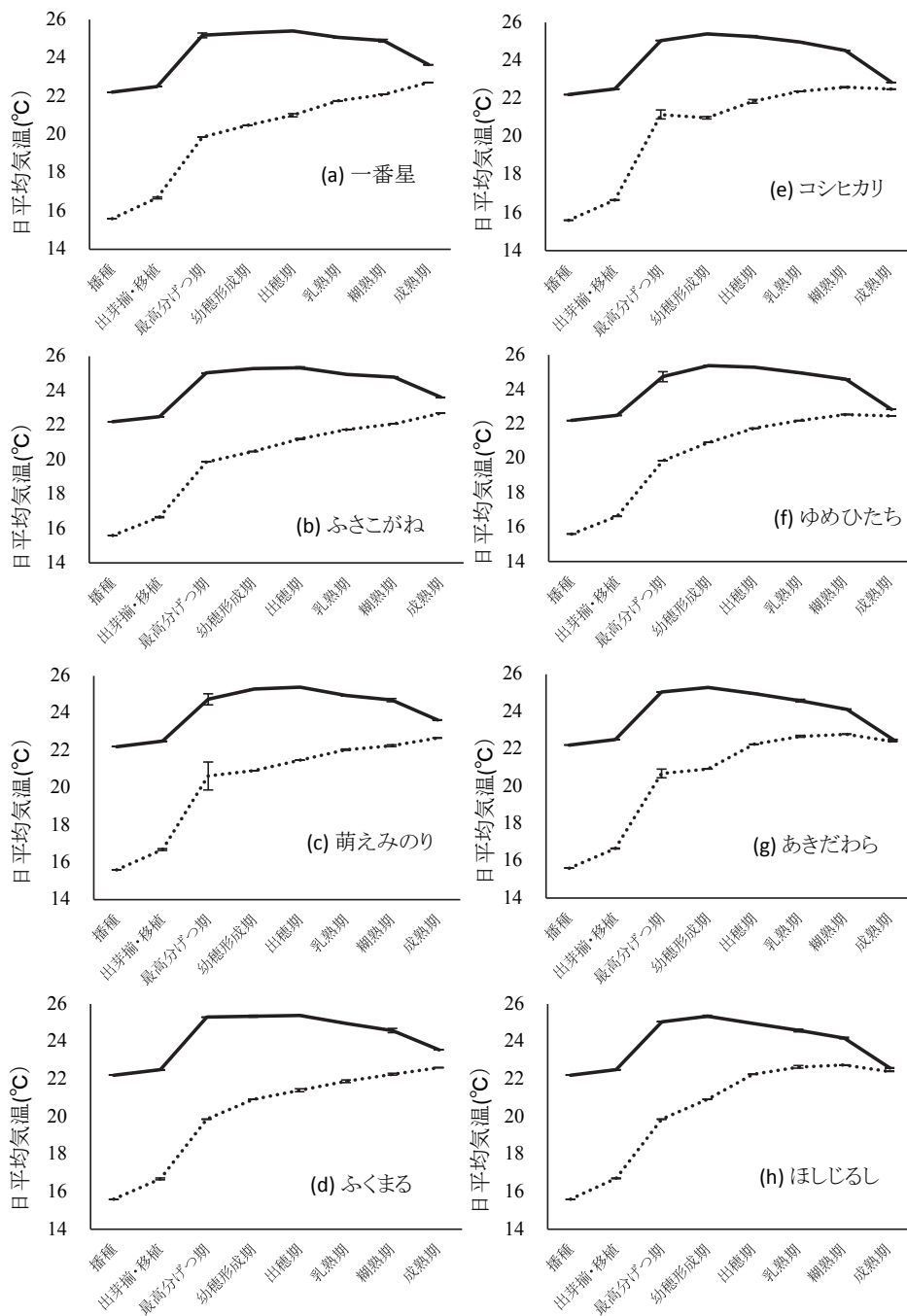


図2 異なる作期の直播水稲における生育に伴う日平均気温の推移(2014年)。

…: 早播, —: 晩播. 縦棒は標準誤差を示す. n = 2.

76℃ (15日), 晩播は125℃ (11日) だった. 早播の方が低い有効積算気温で出芽揃となったが, 出芽までの日数は早播の方が長かった (表2). 図4に2014年の播種後の日平均気温と出芽・苗立数, 出芽・苗立率の推移を示した. 早播では播種後日数の経過に伴う出芽・苗立率の上昇が緩慢で, 出芽揃までの日数は晩播より3日程度長かった. 一方, 出芽揃までの有効積算気温は晩播より約50℃低かった

(表2). また, 早播の苗立率は多くの品種で50%以下となり, 晩播より20%程度低かった (図4). この要因として, 早播時の日平均気温は15℃前後で発芽・出芽の最低温度の10℃よりは高いが, 最適温度の32℃ (星川, 1986⁽⁴⁾) を大きく下回っており, 発芽が抑制され, さらには発芽後に低温による枯死も発生しやすくなったことが考えられる. また, 今回の播種では殺菌剤等の処理をしていない乾

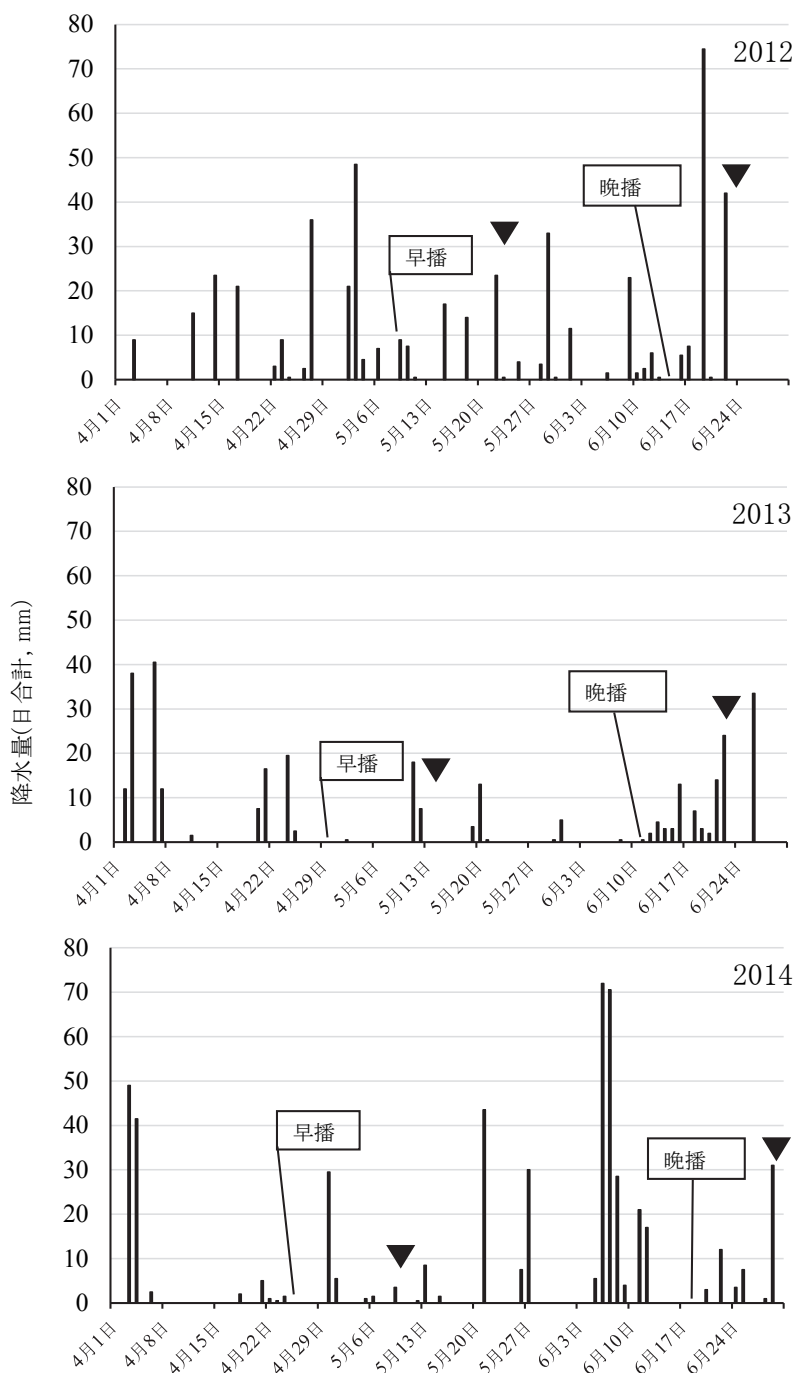


図3 播種期の降水量. ▼; 出芽揃.

表2 直播水稻の異なる作期における生育日数。

栽培法・品種	早播											晩播											早-晩=差									
	試験年次	直播日	平均気温(°C)	出芽揃	平均気温(°C)	播種日	出芽揃	平均気温(°C)	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日	播種日	出穂日	成熟日			
一番星	2012	5.09	18.2	5.23	16.4	14	83	7.08	8.02	9.07	114	64	100	36	6.14	16.8	6.23	20.6	9	94	7.25	8.19	10.05	113	57	104	47	1	5	7	-11	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.10	8.04	9.13	136	81	121	40	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	7.27	8.21	10.09	120	60	109	49	16	4	21	-9	
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	83	7.09	7.18	9.01	129	69	114	45	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.19	8.22	10.07	112	54	100	46	17	3	15	-1	
ふさこがね	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	83	7.09	7.23	9.01	129	74	114	40	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.19	8.22	10.07	112	54	100	46	88	3	20	-6	
萌えみのり	2012	5.09	18.2	5.23	16.4	14	83	7.13	8.07	9.15	120	67	106	39	6.14	16.8	6.29	21.6	15	138	7.29	8.23	10.06	114	55	99	44	6	-1	12	-5	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.12	8.06	9.14	134	83	119	36	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	7.31	8.25	10.15	126	64	115	51	8	4	19	-15	
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	83	7.15	7.26	9.06	134	77	119	42	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.19	8.24	10.07	112	56	100	44	22	3	21	-2	
ふくまる	2012	5.09	18.2	5.23	16.4	14	83	7.10	8.04	9.09	116	66	102	36	6.14	16.8	6.24	20.2	10	102	7.28	8.22	10.07	115	59	105	46	1	4	7	-10	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.13	8.07	9.16	139	84	124	40	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	7.31	8.25	10.15	126	64	115	51	13	4	20	-11	
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	83	7.19	7.25	9.09	137	76	122	46	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.19	8.22	10.09	114	54	102	48	23	3	22	-2	
コシヒカリ	2012	5.09	18.2	5.22	13.7	13	72	7.15	8.09	9.14	118	69	105	36	6.14	16.8	6.24	20.2	10	102	8.02	8.27	10.07	115	64	105	41	3	3	5	-5	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.17	8.11	9.21	144	88	129	41	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	8.01	8.26	10.14	125	65	114	49	19	4	23	-8	
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	83	7.29	8.03	9.15	143	85	128	43	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.22	8.27	10.21	126	59	114	55	17	3	26	-12	
ゆめひたち	2012	5.09	18.2	5.23	16.4	14	83	7.15	8.09	9.15	129	78	115	37	6.14	16.8	6.21	22.0	7	77	7.31	8.25	10.11	118	64	111	47	11	7	14	-10	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.15	8.09	9.21	144	86	129	43	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	8.01	8.26	10.20	131	65	120	55	13	4	21	-12	
	2014	4.25	15.6	5.09	16.1	14	77	7.15	7.31	9.17	146	83	132	49	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.22	8.26	10.21	126	58	114	56	20	2	25	-7	
あきだわら	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2014	4.25	15.6	5.10	16.5	15	79	7.29	8.08	9.23	151	90	14	46	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.26	9.04	10.27	132	67	120	53	19	3	23	-7	
ほしじるし	2012	5.09	18.2	5.23	16.4	14	83	7.23	8.17	9.29	134	77	120	43	6.14	16.8	6.25	16.9	11	108	8.06	8.31	10.20	129	67	118	51	5	3	10	-8	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.21	8.15	9.28	151	92	136	44	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	8.07	9.01	10.24	135	71	124	53	16	4	21	-9	
	2014	4.25	15.6	5.11	16.8	16	89	7.29	8.08	9.23	151	89	135	46	6.18	22.2	6.30	22.1	12	140	8.22	9.03	10.26	131	66	119	53	20	4	23	-7	
関東256	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.14	16.8	6.25	16.9	11	108	7.31	8.25	10.08	116	61	105	44	-	-	-	-	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.14	8.08	9.19	142	85	127	42	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	8.02	8.27	10.15	126	66	115	49	16	4	19	-7	
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
べこあおば	2012	5.09	18.2	5.22	13.7	13	72	7.15	8.09	9.18	122	69	109	40	6.14	16.8	6.24	20.2	11	102	7.30	8.24	10.06	115	61	104	43	7	2	8	-3	
	2013	4.30	17.4	5.15	18.8	15	67	7.15	8.09	9.23	146	86	131	45	6.11	20.9	6.22	19.7	11	125	7.31	8.25	10.13	124	64	113	49	22	4	22	-4	
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

注：有効積算気温の基準温度は11.5°Cとした。

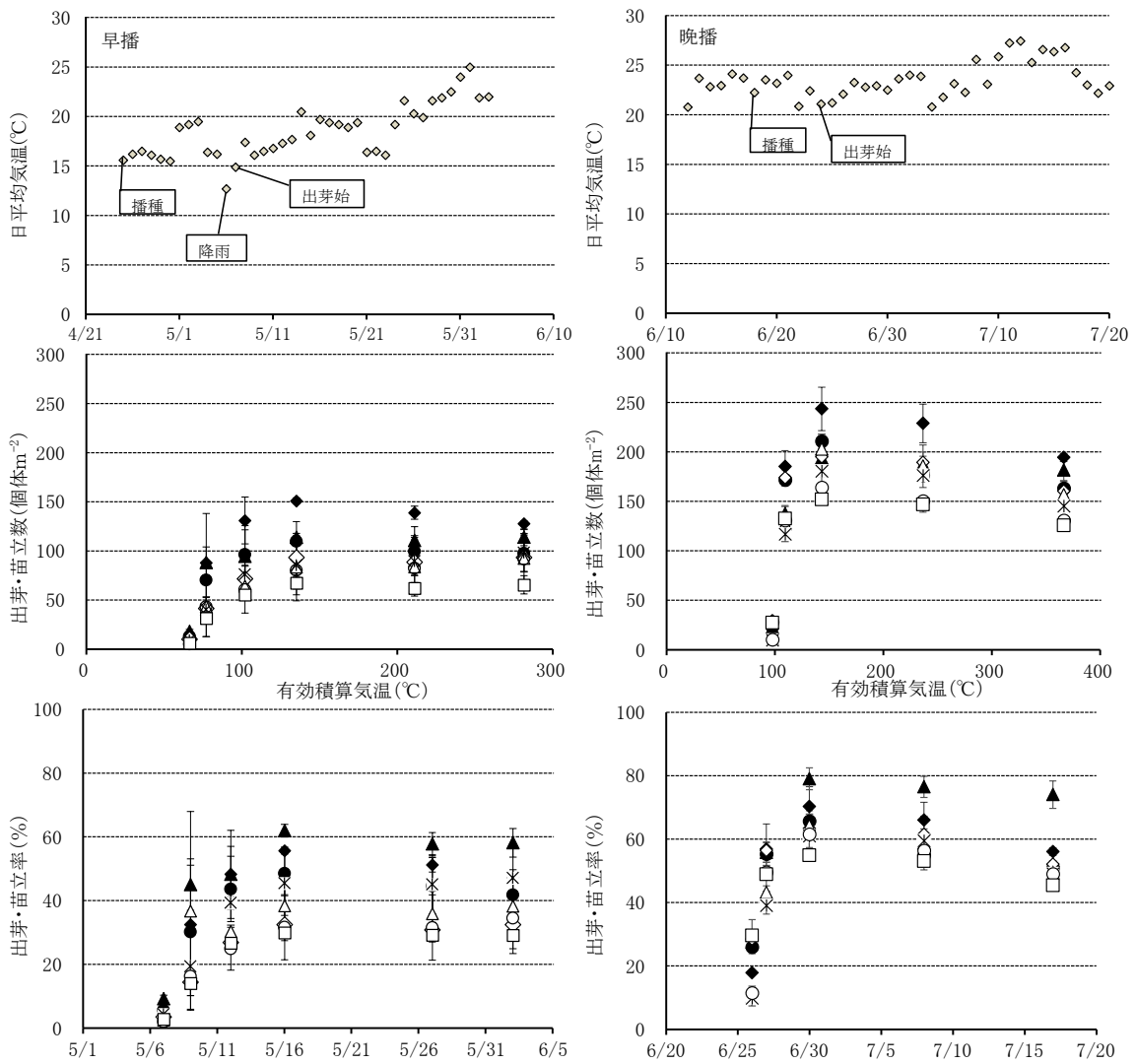


図4 日平均気温、有効積算気温の推移に伴う出芽・苗立数、出芽・苗立率の推移 (2014年).

△「一番星」、▲「ふさこがね」、○「萌えみのり」、×「ふくまる」、◇「コシヒカリ」、●「ゆめひたち」、◆「あきだわら」、□「ほしじるし」を示す。縦棒は標準誤差を示す。n = 2.

初で播種しているため、苗立率は全体的に低かった。2014年の早播、晩播ともに、苗立率の高い品種は「ふさこがね」、「あきだわら」で、苗立率の低い品種は「萌えみのり」、「ほしじるし」だった。多くの品種で苗立率が50%以下と低くなる早播条件でも、「ふさこがね」、「あきだわら」は苗立率が50%以上と高く、供試品種の中ではこの2品種が1m²あたりの苗立数はそれぞれ114本、128本で1m²あたり100本以上の苗立数を確保できた。乾田直播の苗立数と収量の関係について、山本ら(2002)⁽²⁰⁾は、苗立が均等であれば、25本m²から200本m²の極めて広い範囲で収量に影響しないことを報告してお

り、出芽むらや過量な播種を回避するためにも目標苗立数は100本m²程度が適当であるとしている。このことからすると、本試験のいずれの作期でも全ての品種において苗立数の違いによる収量への影響は極めて小さいものと考えられる。また6月中旬播種では、殆どの品種が播種後10日程度で出芽揃となり、適正苗立数を確保出来た。この要因として、6月中旬播種では、4月下旬播種より平均気温が高く推移し、また3年間とも播種後に適度な降雨もあり、全ての品種で出芽が円滑に進んだことが考えられる(図3, 4)。

3) 作期が生育に及ぼす影響

表2に品種毎の播種日と出芽揃、幼穂形成期、出穂日、出芽揃から出穂までの日数、成熟日、出穂から成熟までの日数、また、上記項目の早播栽培での日数から晩播栽培での日数を引いた値を示した。出芽揃までの日数は2012年の「萌えみのり」以外の調査した全ての年、全ての品種で、早播は晩播より長く、出芽揃から出穂までの日数も早播は晩播より長かった。一方、出穂から成熟までの日数は、すべての品種で晩播の方が長かった。その結果、これらを合わせた播種から成熟までの日数は、早播の方が全ての品種で長かった。

この要因として、それぞれの生育期間における気温と日長の影響が考えられる。このうち播種から発芽・出芽までの期間には水分と温度条件が影響しており⁽⁴⁾、このため晩播より気温が低く推移した早播の方が出芽揃までの日数は長かったと考えられる。また、出芽から出穂までの期間は温度と日長の長さが影響している^{(3),(4)}。従って出穂までの期間の気温条件が晩播より低く、また日長条件は長かった早播の方が出穂までの日数は長かったと考えられる。一方、出穂から成熟までの期間は温度条件により制御されていることから^{(3),(7)}、出穂が8月中下旬となり、子実の肥大、登熟過程で気温が低下した晩播栽培では登熟の進行が緩慢になり、成熟までの期間は長くなったと考えられる(図1,表2)。以上の結果、

これらを合計した播種から成熟までの日数は、播種から出穂までの日数に及ぼす作期の影響が大きいいため、早播の方が長かった(図1,表2)。作期と生育ステージの進行について、吉永ら(2008)⁽²²⁾は湛水直播での作期が生育ステージ等に及ぼす影響を調査し、播種から出芽までの日数と出穂までの日数は播種時期が早い程長く、一方出穂から成熟までの日数は播種が早い程短くなることを報告している。本研究は栽培体系が乾田直播であり用いた品種も異なるが、傾向は同様であった。

次に作期と品種、年次の違いが稈長、穂長に及ぼす影響を表3、表4及び表5にそれぞれ示した。また、全ての調査年次の早播区と晩播区の平均値を

表3 3年にわたる乾田直播水稲の稈長と穂長に関する分散分析表.

要因	平均平方		
	自由度	稈長 (cm)	穂長 (cm)
作期	1	42.294**	70.912**
品種	9	628.712**	3.817**
年次	2	235.838**	0.155 ^{ns}
作期×品種	9	11.936**	0.487 ^{ns}
品種×年次	12	8.233*	0.830*
作期×年次	2	19.879**	5.390**
作期×品種×年次	11	7.526*	0.617 ^{ns}
誤差	78	3.798	0.387

各変動因について、**, *, ^{ns}はそれぞれ1%水準で有意、5%水準で有意、有意でないことを示す。

表4 作期と品種の差異が稈長(cm)に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	72.0cde	71.9de	69.2cde	72.7cd	66.9d	68.3cd
ふさこがね	—	—	—	—	66.4de	71.0bcd
萌えみのり	67.7f	67.3f	64.2de	67.8d	62.2e	65.7d
ふくまる	77.1bc	75.1cd	74.2c	77.2bc	69.0cd	69.1bcd
コシヒカリ	89.2a	89.9a	88.8a	93.8a	84.4a	84.7a
ゆめひたち	79.6b	81.7b	80.7b	82.3b	72.5c	75.1bc
あきだわら	—	—	—	—	78.1b	76.1b
ほしじるし	74.8bcd	72.0de	70.3cd	71.8cd	72.6c	64.9d
関東256	—	71.3e	65.7d	69.8de	—	—
べこあおば	70.2def	73.9cde	70.3cd	70.5cd	—	—
平均	75.8	75.4	72.9	75.7	71.5	71.9
作期	ns		**		ns	
品種	**		**		**	
作期×品種	*		ns		**	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法(5%)で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

表5 作期と品種の差異が穂長 (cm) に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	20.4b	18.9	19.8b	19.4	20.7	18.7bc
ふさこがね	—	—	—	—	22.0	19.3bc
萌えみのり	21.6ab	20.2	20.1ab	19.5	20.9	19.7ab
ふくまる	21.2ab	18.4	20.0ab	19.0	20.7	17.8c
コシヒカリ	19.8b	18.4	19.7b	19.4	21.3	18.3bc
ゆめひたち	20.4b	19.0	20.0ab	19.1	20.8	17.9c
あきだわら	—	—	—	—	22.2	19.7ab
ほしじるし	20.9ab	19.2	21.3a	20.2	21.8	21.1a
関東256	—	18.6	20.5ab	19.6	—	—
べこあおば	22.3a	19.6	20.9ab	20.4	—	—
平均	20.9	19.0	20.3	19.6	21.3	19.1
作期	**		**		**	
品種	**		**		**	
作期×品種	ns		ns		*	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法 (5%) で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

比較した結果を図5に示した。3年間の試験結果をあわせて検定すると、稈長は作期、品種、年次のそれぞれに主効果が認められ、作期×品種、品種×年次、作期×年次、作期×品種×年次のそれぞれに交互作用が認められた(表3)。稈長は晩播することで早播よりもやや長くなる品種が多く、今回設定した範囲の作期間では「ほしじるし」の晩播で「一番星」等より短稈になった以外、品種間差はほぼ同様だった。このように中生品種の「あきだわら」、「ほしじるし」(2013年以外)以外の品種では晩播の方が稈長は長かったが、「あきだわら」、「ほしじるし」(2013年以外)では晩播すると短くなった(表4)。この要因として、「あきだわら」、「ほしじるし」は他の品種より日長感応性が高い品種で、晩播条件では早播より早期に短日条件になるため、栄養生長から生殖生長への転換が早まり、短稈化が顕著だったことが考えられる。一方、「一番星」や「ふさこがね」などの極早生、早生品種では、栄養生長から生殖生長への転換が温度条件で制御されており、晩播では積算気温の上昇が緩慢になるため出穂が遅くなり、その結果、晩播条件下で稈長が長くなったと考えられる。イネの栄養生長から生殖生長への移行は、基本栄養生長性と感光性、感温性が関与しており、感

光性が強い品種は出穂が日長に左右され、感温性の高い品種はある程度高温条件に遭うと長日条件でも出穂することが報告されている(星川, 1986)⁽⁴⁾。香山ら(1965)⁽⁶⁾も、播種期を移動することによる生育日数の増減について、直播試験(供試水稻品種「ホクヨウ」)において、晩播では出芽から出穂までの日数が短くなり、出穂から成熟までの日数は長くなることを報告している。本研究でも、晩播では播種時の気温が早播より高く推移し、生育段階の早期に短日条件になるため、出芽から出穂までの日数が短くなった。一方出穂から成熟までの日数は、ほぼ積算気温により決まっているため^{(3),(7)}、登熟時期に低温となる晩播条件では成熟までの日数は早播より長くなったと考えられる。日長感応性の違いについては、三本ら(1989)⁽⁹⁾が、緯度的な勾配による一定の分布傾向として、北海道から暖地に向かうに伴い感応性が大きくなる。すなわち短日条件による生殖生長への移行が低緯度の品種でより顕著に現れることを報告している。このことから考えると、本研究で用いた品種の中では、出芽揃から出穂までの日数の作期間の差が大きい品種(「あきだわら」、「ほしじるし」等)は日長感応性が大きい比較的低緯度の品種の特性に近く、日数の差が小さい品種(「一

番星」, 「ふさこがね」等) は高緯度の品種に近い特性を有していると考えられる。

次に稈長と倒伏程度との関係を図6に示した。この中でコシヒカリは作期に関わらず最も稈長が長く、作期によらず最も倒伏しやすい品種だった(図5b, 6)。稈長は栽培条件により違いはあるが、倒伏程度との間に弱い正相関関係が認められた(表3, 図6)。しかし、早播では「コシヒカリ」の次に稈長が長い「あきだわら」等では倒伏は認められず、稈長以外の要因も関与していると考えられる。一方、晩播では稈長が長いほど倒伏し易い傾向が見られ、稈長が70 cm程度より長くなると倒伏が始まり、それ以上では稈長が長くなるほど倒伏程度は大きくなった(図6)。

穂長は、3年間の試験結果をあわせて検定すると、作期、品種のそれぞれに主効果が認められ、年次に主効果は認められなかった。また、品種と年次、作期と年次に交互作用が認められたが、作期と品種に交互作用はなく(表3)、全ての品種に共通して晩播で短くなる傾向だった。このことは晩播で減収となる要因の一つと考えられた(表3, 5, 図5c)。

2. 作期が水稲の収量、品質に及ぼす影響

作期が、総粒数や収量構成要素(登熟歩合、一穂粒数、有効穂数、千粒重)、収量に及ぼす影響を表6, 表7, 表8, 表9, 表10, 表11及び表12と図5に示した。総粒数に対する作期の主効果は全ての年で認められなかったが、品種については3年間とも主効果が認められた。即ち、作期は総粒数に対して有意な影響はなく、品種による違いが有意だった(表6, 7, 図5h)。登熟歩合には作期の効果が大きく、3年間とも晩播で早播より低い傾向で、特に2012年の晩播で著しく低かった(表6, 8, 図5f)。一穂粒数は3年間の結果を総合すると、作期、品種、年次のそれぞれに有意な主効果が認められ、早播と晩播の作期間で比較すると、早播の方が多かった。また作期×品種、品種×年次、作期×年次、作期×品種×年次のいずれについても有意な交互作用は認められなかった(表6, 9, 図5e)。有効穂数は、3年間の結果を総合すると、作期、品種、年次のそれぞれに有意な主効果が認められた。晩播では早播よりも多く、これらの主効果のうち作期の影響が大きかった。また、2013年は作期と品種の間に有意な

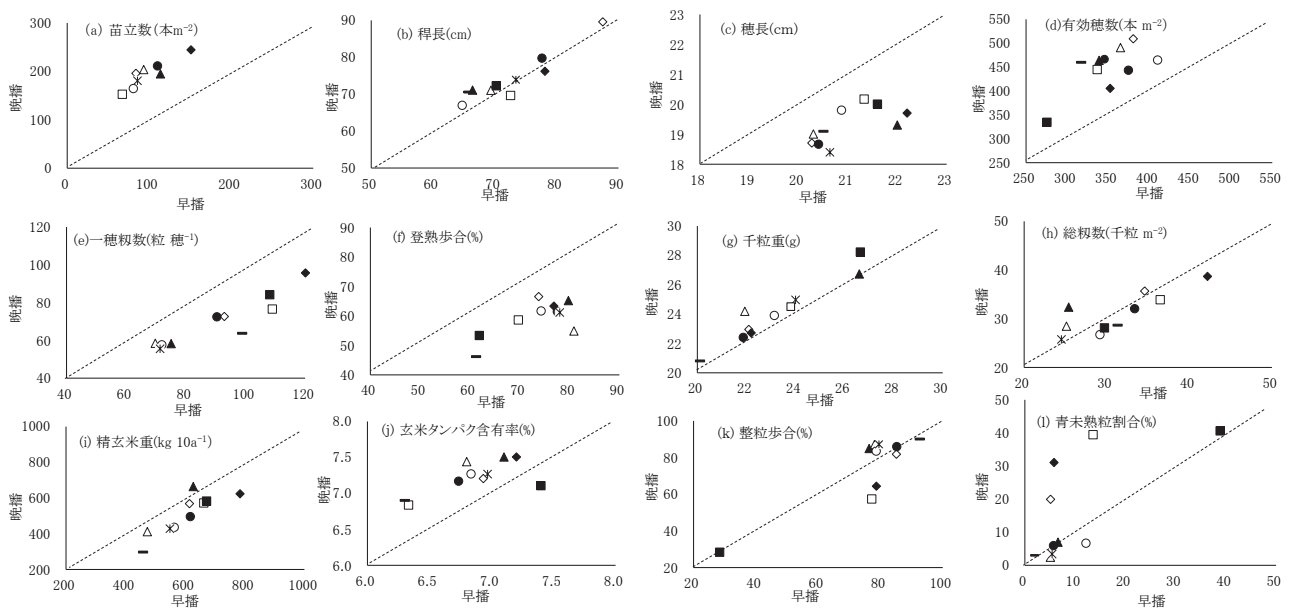


図5 異なる作期間における直播水稲の生育と収量、品質。

△「一番星」、○「萌えみのり」、×「ふくまる」、◇「コシヒカリ」、●「ゆめひたち」、□「ほしじるし」、の2012年～2014年平均値を示す。図中の破線は、1:1を示す。(—「関東256号」、■「べこあおば」は2012年～2013年平均値、▲「ふさこがね」、◆「あきだわら」は2014年の結果を示す。)

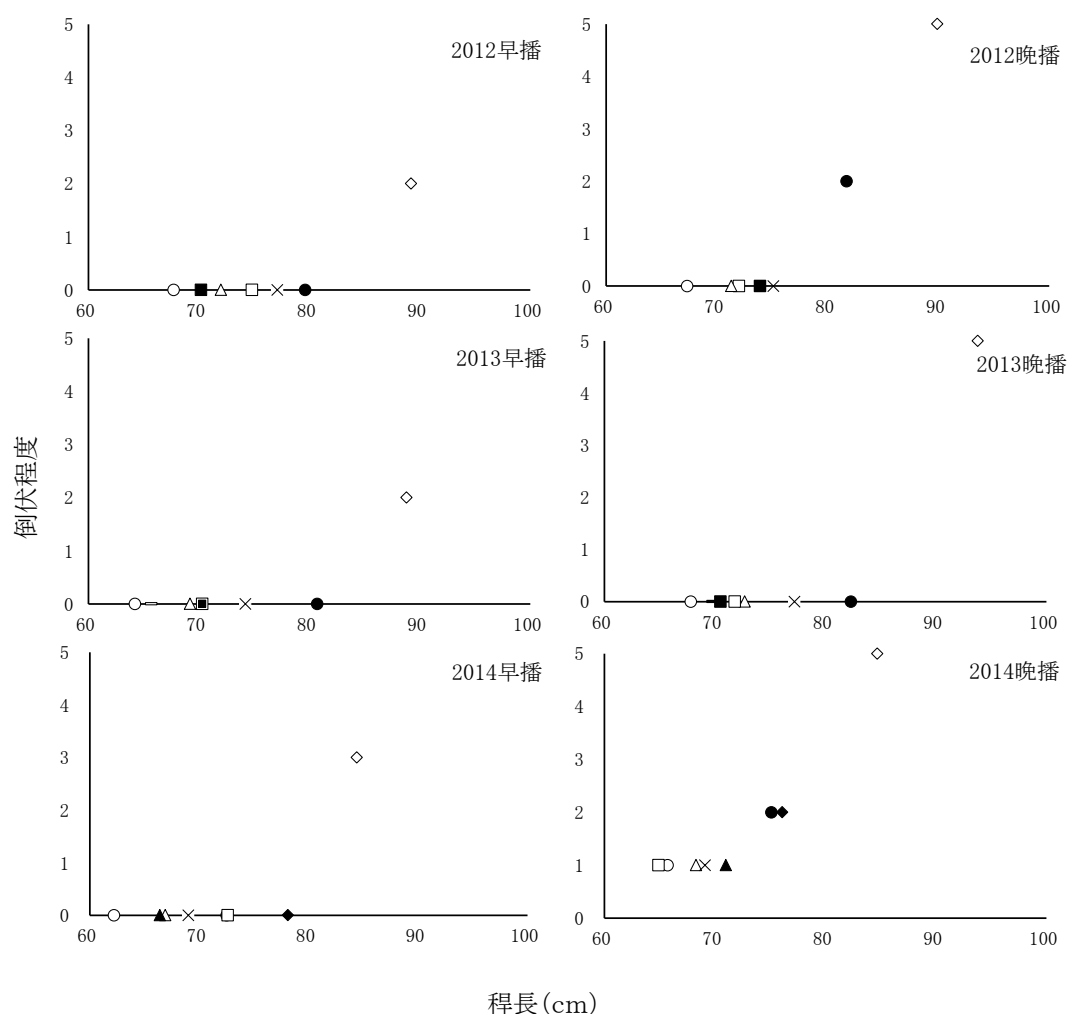


図6 稈長と倒伏程度の関係.

△「一番星」, ▲「ふさこがね」, ○「萌えみのり」, ×「ふくまる」, ◇「コシヒカリ」, ●「ゆめひたち」, ◆「あきだわら」, □「ほしじるし」, ■「べこあおば」, -「関東256」を示す. 倒伏程度は, 直立: 0, 0-18度: 1, 18-36度: 2, 36-54度: 3, 54-72度: 4, 72-90度: 5とした.

表6 3年にわたる乾田直播水稻の収量および品質に関する分散分析表.

要因	平均平方									
	自由度	総粒数 (千粒 m^{-2})	登熟歩合 (%)	一穂粒数 (粒)	有効穂数 (本 m^{-2})	千粒重 (g)	精玄米重 ($kg10 a^{-1}$)	玄米タンパク 含有率 (%)	整粒 歩合 (%)	青未熟粒 割合 (%)
作期	1	0.072 ^{ns}	4981.7**	10739**	248119**	23.5**	240689**	3.755**	36.85*	665.8*
品種	9	200.69**	286.3**	2433**	21283**	47.7**	78075**	0.556**	3748.5**	1760.9**
年次	2	68.24**	3751.2**	1637**	27273**	99.5**	343991**	2.611**	524.6**	208.0**
作期×品種	9	19.06*	207.3**	145.7 ^{ns}	3060*	0.95**	5297**	0.260**	281.5**	332.7**
品種×年次	12	24.64**	292.0**	209.6 ^{ns}	2118 ^{ns}	1.42**	9550**	0.066**	346.9**	445.9**
作期×年次	2	22.07 ^{ns}	2512.6**	77.9 ^{ns}	8096**	2.33**	215902**	0.328**	809.1**	333.6**
作期×品種×年次	11	7.61 ^{ns}	230.5**	39.4 ^{ns}	1566 ^{ns}	1.03**	11275**	0.197**	158.5**	132.2**
誤差	78	9.094	42.8	125.2	1530	0.171	1304	0.018	7.918	5.058

各変動因について, **, *, ^{ns} はそれぞれ1%水準で有意, 5%水準で有意, 有意でないことを示す.

表7 作期と品種の差異が総粒数（千粒 m^{-2} ）に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	28.5bc	30.6	20.1d	28.6cd	26.8cd	26.0c
ふさこがね	—	—	—	—	25.4d	32.3abc
萌えみのり	28.5bc	24.8	28.3bc	25.7d	30.7bcd	29.6bc
ふくまる	26.0c	24.6	23.7cd	25.2d	23.8d	27.5c
コシヒカリ	32.8b	32.0	32.7ab	36.9a	38.3ab	37.9ab
ゆめひたち	32.8b	30.8	30.6ab	28.1d	36.7abc	37.2ab
あきだわら	—	—	—	—	42.2a	38.6a
ほしじるし	39.2a	33.4	33.8a	32.0bc	36.5abc	36.1ab
関東256	—	24.7	31.3ab	32.6b	—	—
べこあおば	29.9bc	27.7	29.6ab	28.4cd	—	—
平均	31.1	28.6	28.8	29.7	32.6	33.2
作期	ns		ns		ns	
品種	**		**		**	
作期×品種	ns		**		ns	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法（5%）で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

表8 作期と品種の差異が登熟歩合（%）に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	77.4a	35.2c	83.1a	72.8ab	82.2	56.3
ふさこがね	—	—	—	—	79.8	65.1
萌えみのり	75.6a	27.8cd	71.6abc	75.5ab	75.7	81.5
ふくまる	77.5a	28.7cd	79.7a	77.7a	75.4	77.8
コシヒカリ	79.1a	63.2a	75.6ab	62.8ab	66.8	73.3
ゆめひたち	82.9a	39.1bc	79.5a	70.0ab	71.7	74.4
あきだわら	—	—	—	—	76.9	63.2
ほしじるし	63.6b	46.0bc	75.0abc	69.8ab	70.7	59.8
関東256	—	17.7d	61.2c	74.6ab	—	—
べこあおば	60.3b	50.1b	63.6bc	56.4b	—	—
平均	73.8	38.5	73.7	70.0	74.9	68.9
作期	**		*		ns	
品種	**		**		ns	
作期×品種	**		*		ns	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法（5%）で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

交互作用があり、早播では「萌えみのり」の有効穂数が最も多いが、晩播では「一番星」が最も多く、作期により品種間の多少関係が異なることが認めら

れた（表6, 10, 図5d）。千粒重は3年間の結果を総合すると、作期、品種、年次の各要因には交互作用より大きな主効果あり、早播より晩播で千粒重は

表9 作期と品種の差異が一穂粒数(粒)に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	72.7c	63.7	64.0c	55.0bc	72.5	56.3b
ふさこがね	—	—	—	—	75.0	58.2b
萌えみのり	64.0c	52.5	69.0c	55.7bc	82.5	64.8ab
ふくまる	66.3c	53.2	75.0c	50.6c	72.5	63.1ab
コシヒカリ	72.7c	57.4	97.2ab	81.1ab	108.5	79.1ab
ゆめひたち	74.4bc	65.6	93.0b	67.7abc	103.5	84.1ab
あきだわら	—	—	—	—	120.0	95.6a
ほしじるし	100.9ab	69.3	107.9a	77.5abc	118.0	82.5ab
関東256	—	58.0	98.7ab	69.5abc	—	—
べこあおば	107.0a	82.5	109.1a	85.7a	—	—
平均	79.7	62.8	89.2	67.9	94.1	73.0
作期	**		**		**	
品種	*		**		**	
作期×品種	ns		ns		ns	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法(5%)で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

表10 作期と品種の差異が有効穂数(本m²)に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	412a	483a	314bc	524a	369	462ab
ふさこがね	—	—	—	—	339	463ab
萌えみのり	446a	473a	411a	462ab	374	458ab
ふくまる	392ab	463a	316bc	500a	330	435ab
コシヒカリ	451a	557a	337b	488ab	354	479a
ゆめひたち	441a	471a	329b	415ab	354	442ab
あきだわら	—	—	—	—	353	405b
ほしじるし	388ab	482a	313bc	413ab	310	437ab
関東256	—	450a	317bc	469ab	—	—
べこあおば	280b	336b	272c	332b	—	—
平均	402	465	326	450	348	448
作期	**		**		**	
品種	**		**		ns	
作期×品種	ns		*		ns	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法(5%)で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

重い傾向が認められた(表6, 11, 図5g). 精玄米重は, 品種の主効果が大きく, 次に作期の主効果が認められた. 2013年の「一番星」, 「ふくまる」, 「関

東256号」, 2014年の「ふさこがね」, 「ほしじるし」以外の全ての調査年, 全ての品種において晩播では早播より低収傾向だった(表6, 12, 図5i). 本試

表 11 作期と品種の差異が千粒重 (g) に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	20.8d	23.2c	19.9e	23.7c	25.1bcd	25.6abc
ふさこがね	—	—	—	—	26.6ab	26.7ab
萌えみのり	22.3bc	22.4cde	21.5cd	22.7d	25.6ab	26.6ab
ふくまる	22.7b	24.1b	21.9bc	23.7c	27.4a	27.1a
コシヒカリ	21.3cd	22.1de	21.3cd	21.7e	23.7bc	25.0bc
ゆめひたち	20.4d	21.5ef	21.1d	21.4ef	24.1bc	24.3cd
あきだわら	—	—	—	—	22.2c	22.7d
ほしじるし	22.7b	22.8cd	22.7b	24.8b	26.0ab	25.9abc
関東 256	—	20.9f	20.1e	20.7f	—	—
べこあおば	27.4a	29.1a	25.9a	27.3a	—	—
平均	22.5	23.3	21.8	23.3	25.1	25.5
作期		**		**		ns
品種		**		**		**
作期×品種		**		**		ns

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法 (5%) で有意差がないことを示す. **, *は1%, 5%水準で有意である.

表 12 作期と品種の差異が精玄米重 (kg10a⁻¹) に及ぼす影響.

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	529b	220cd	387e	602ab	501b	405c
ふさこがね	—	—	—	—	626ab	661ab
萌えみのり	519b	207cd	545bc	495cd	622ab	602ab
ふくまる	539b	193cd	498cd	512cd	606ab	578b
コシヒカリ	587ab	467a	572bc	563bc	681ab	668ab
ゆめひたち	599ab	287bc	545bc	496cd	703ab	699ab
あきだわら	—	—	—	—	783a	621ab
ほしじるし	632a	355b	620ab	605ab	734a	748a
関東 256	—	127d	457de	467d	—	—
べこあおば	653a	510a	690a	650a	—	—
平均	580	296	539	549	657	623
作期		**		ns		*
品種		**		**		**
作期×品種		**		**		ns

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法 (5%) で有意差がないことを示す. **, *は1%, 5%水準で有意である.

験で設定した作期では、早播条件では、穂が長く、一穂粒数が多い品種（「あきだわら」や「ほしじるし」等）で多収となった。その要因として早播では登熟

期間に十分な温度条件の下で稔実でき、またこれらの品種では「コシヒカリ」のような著しい倒伏も認められなかったことが挙げられる（図 5, 6）。一方

晩播では、早播と比べると多くの品種で低収量となった。その要因として、収量構成要素のうち、有効穂数は晩播の方が多く千粒重も重かったが、一穂粒数が著しく減少し、また登熟歩合も低下傾向だったことが考えられる(表6, 8, 9, 10, 11, 図5d, e, f, g, i)。その中で早生品種の「ふさこがね」は晩播でも早播と同等な収量が得られた。同品種は作期に関わらず苗立が良好で、単位面積当たりの有効穂数を多く確保でき、一穂粒数は少ないが総粒数が多く、青未熟粒の発生も少ない品種だった。これらのことから晩播での減収回避のためには、苗立を安定し、有効穂数を多くして一穂粒数の減少による総粒数の減少を軽減することが重要で、茎数を確保しやすく青未熟粒が発生しにくい早生品種の特性が有利と考える(図5a, d, 1)。

次に、作期を移動することが収穫物の品質(玄米タンパク含有率、整粒歩合、青未熟粒割合)に及ぼす影響について、表6, 13, 14および15に示した。玄米タンパク含有率は、作期の効果が大きく、早播より晩播することにより高まる傾向だった(表6, 13, 図5j)。整粒歩合は、作期、品種、年次に主効果が認められたが、各要因に有意な交互作用が認められた。2012年の晩播では前述のカメムシ被害

により反応が異なるが、「一番星」や「ふさこがね」等の極早生品種では晩播の方が早播より整粒歩合は高まり、中生品種の「あきだわら」、「ほしじるし」では反対に晩播で著しく低下する傾向だった。これらの主効果と交互作用の平均平方を比較した結果、品種の主効果が大きかった(表6, 14, 図5k)。青未熟粒割合は作期、品種、年次に主効果が認められ、また各要因に有意な交互作用が認められたが、早播より晩播で高まる品種が多かった。ただし、2013年については、7月から8月上旬の気温が低く、特にこの頃出穂となった早播の極早生品種や早生品種でも青未熟粒の割合が高かった(表6, 15, 図5l)。今回用いた品種の中では、早生品種の「ふさこがね」は晩播でも早播と同等な収量が得られた。同品種は作期に関わらず苗立が良好で、単位面積当たりの有効穂数が多く確保でき、一穂粒数は少ないが総粒数が多く、青未熟粒の発生も少ない品種だった。一方、「コシヒカリ」、「あきだわら」、「ほしじるし」は、早播では他の品種と同程度の青未熟発生割合だが、晩播では著しく高まる品種だった(表7, 10, 15, 図5d, e, 1)。

播種期を移動することが生育や収量に及ぼす影響について、吉永ら(2008)⁽²²⁾は、4月下旬から5月

表13 作期と品種の差異が玄米タンパク含有率(%)に及ぼす影響。

品種	2012		2013		2014	
			直播日			
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	6.7b	7.4ab	6.7bc	6.9ab	7.0	8.0a
ふさこがね	-	-	-	-	7.1	7.5b
萌えみのり	6.6b	7.7a	6.6bc	6.8ab	7.3	7.3b
ふくまる	6.7b	7.6a	6.8ab	6.9ab	7.4	7.3b
コシヒカリ	6.7b	7.1bc	6.7bc	7.1a	7.4	7.4b
ゆめひたち	6.7b	7.5ab	6.5bc	6.7b	7.0	7.3b
あきだわら	-	-	-	-	7.2	7.5b
ほしじるし	6.2c	6.7c	5.9d	6.7b	6.9	7.1b
関東256	-	7.5ab	6.3c	6.3ab	-	-
べこあおば	7.7a	7.1bc	7.1a	7.1a	-	-
平均	6.8	7.3	6.6	6.8	7.2	7.4
作期		**		**		**
品種		**		**		**
作期×品種		**		*		**

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間にTukey法(5%)で有意差がないことを示す。**, *は1%, 5%水準で有意である。

中旬に湛水直播栽培を行い、作期が遅いと穂数は増加するが一穂粒数が減少し、登熟歩合も低下することを報告している。本研究においても、晩播では穂

数の増加と一穂粒数と登熟歩合の低下が認められた。これは、晩播では早期に短日条件となるため生殖生長へ転換が早まり穂数は増加したが、登熟段階

表 14 作期と栽培法、品種の差異が整粒歩合 (%) に及ぼす影響。

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	80.3ab	84.2ab	74.1d	91.7a	80.0ab	84.9a
ふさこがね	—	—	—	—	76.4b	84.7a
萌えみのり	83.5ab	72.2c	68.7e	93.8a	83.7ab	84.2a
ふくまる	76.6bc	79.8ab	80.9c	94.4a	81.3ab	86.9a
コシヒカリ	84.3ab	81.1a	87.5b	80.6b	83.6ab	83.2ab
ゆめひたち	87.9a	79.1abc	82.0c	92.4a	85.7a	86.2a
あきだわら	—	—	—	—	78.7ab	64.2b
ほしじるし	68.6c	20.1d	83.1bc	80.5b	80.1ab	71.1ab
関東 256	—	86.1a	92.6a	94.0a	—	—
べこあおば	32.5d	31.7e	24.4f	24.7c	—	—
平均	73.4	66.8	74.2	81.5	81.2	80.7
作期	**		**		ns	
品種	**		**		**	
作期×品種	**		**		**	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間に Tukey 法 (5%) で有意差がないことを示す。**, * は 1%, 5% 水準で有意である。

表 15 作期と栽培法、品種の差異が青未熟粒割合 (%) に及ぼす影響。

品種	2012		2013		2014	
	直播日					
	5月9日	6月14日	4月30日	6月11日	4月25日	6月18日
一番星	2.7d	2.7de	8.8cd	3.2c	3.8	1.2c
ふさこがね	—	—	—	—	6.6	6.9bc
萌えみのり	6.4cd	5.7de	21.3b	2.2c	8.7	12.0b
ふくまる	6.1cd	2.4de	6.1de	1.3c	4.0	6.4bc
コシヒカリ	8.5cd	15.0c	3.1e	31.9b	3.8	12.5b
ゆめひたち	3.1d	7.0d	11.5c	2.3c	2.4	8.3bc
あきだわら	—	—	—	—	5.8	30.9a
ほしじるし	26.7b	76.7a	9.0cd	15.1b	5.1	26.0a
関東 256	—	4.0de	1.9e	2.0c	—	—
べこあおば	37.2a	37.5b	40.6a	43.3a	—	—
平均	13.0	18.9	12.8	12.7	5.0	13.0
作期	**		**		**	
品種	**		**		**	
作期×品種	**		**		**	

同一アルファベット間には同一播種日内で品種間に Tukey 法 (5%) で有意差がないことを示す。**, * は 1%, 5% 水準で有意である。

の早期に低温条件となるため稔実是不十分で穂長が短くなり、一穂粒数は少なくなったことが要因と考えられる。また登熟歩合は用いた全ての品種において晩播で低下する傾向が認められ、晩播では登熟過程で低温条件になるため、青未熟粒が多く発生したことが一因と考えられる(図5e, f, 1)。このように作期を変えることが水稲の生育や収量・品質に及ぼす影響については、移植栽培においていくつか報告されている。関ら(1979)⁽¹⁹⁾は、5月中旬から6月下旬まで6時期に移植を行い、収量構成要素との関係について調査し、総粒数、 m^2 当り穂数は移植時期間での変動が小さく、晩植によりやや増加する傾向があることを報告している。本研究でも直播栽培の結果ではあるが、同様な傾向が認められ、総粒数は作期間ほぼ同等だが、 m^2 当り有効穂数は晩播でやや多かった。ただし、晩播では穂数は多いが一穂粒数は少なく、青未熟粒が多く発生し、登熟歩合は低下した(図5)。水稲の品質に重要な玄米タンパクについては、炊飯米の表層側に集積し米粒を硬くして食味を低下させることが報告されている(岡留ら, 1999)⁽¹⁶⁾。また、山下ら(1974)⁽²¹⁾は玄米タンパク含有率が高いと炊飯米の粘性値や弾性値が低下することを報告している。本研究において、直播栽培の早播と晩播の間で玄米タンパク含有率を比較すると晩播で含有率は高まる傾向だった(表13, 図5j)。従って、このような栽培体系では食味が低下することが懸念される。玄米タンパク含有率については、太田ら(2010)⁽¹⁴⁾が「ひとめぼれ」を用いた早期栽培において、未熟粒割合との間に高い正の

相関があり、登熟歩合が下がって未熟粒割合が高まると玄米タンパク含有率が増加することを報告している。また、吉永ら(2012)⁽²³⁾も、湛水直播による作期移動試験を行い、品質関連形質の変動を調査し、未熟粒率が高い程玄米タンパク含有率が高いことを報告している。西村(1993)⁽¹¹⁾も北海道の水稲品種において青未熟粒発生割合が高いと食味の評価が低く、タンパク含有率が高まることを報告している。本研究においても、晩播では青未熟粒が増え、登熟歩合の低下が認められ、このことが玄米タンパク含有率が高まった要因の一つと考えられる。また、「ほしじるし」、「あきだわら」、「コシヒカリ」の晩播では青未熟粒が20%以上と非常に高い割合で発生した。この要因としてこれらの品種は平均気温が低下傾向となる8月下旬から9月上旬に出穂しており、またこれらは穂長が長い品種のため、穂の中で登熟が不十分となった粒が多く発生し、その結果として青未熟粒割合が高くなったと考えられる。また、中でも2012年の晩播の登熟歩合は低かったが、この年はカメムシによる虫害が多発したことがその原因と考えられる。

以上、関東地域で乾田直播を行う場合、本研究で用いた品種の中では、早播では穂長が長く、一穂粒数の多い品種(「あきだわら」「ほしじるし」等)、晩播では有効穂数が多く、青未熟粒の発生割合が低い品種(「ふさこがね」等)を用いた栽培体系の確立をすることが高品質な収穫物の多収化につながると思う。

IV. 摘要

農産物の国際競争力強化は日本の農業に不可欠である。そのため現在進められているコスト削減を更に進め、より一層の低コスト化を実現することが重要である。稲作作業全体の約26%を占める育苗と移植が不要な直播栽培は、生産コストと労働力の削減に繋がる有効な技術として注目されている。このうち乾田直播はより低コストではあるが、品種毎の苗立性や生育特性の差が現れやすい栽培法である。そこで、実際に導入が予想される栽培体系として早播栽培と晩播栽培を想定し、近年新しく育成された品種を含めて関東地域の主要な水稲品種を用いて、

各品種の苗立性や生育と収量・品質を検討した。

1. 日平均気温が15℃前後の4月下旬に直播を行う場合(早播)は、多くの品種で最終苗立率が50%以下と低くなるが、 m^2 当り250粒程度の播種量で今回用いた全ての品種で50本 m^2 以上の苗立数が得られた。
2. 出芽揃までの日数、出芽揃から出穂までの日数は、早播が晩播(6月中旬播種)より長かったが、早播では出芽、出穂までの気温条件が遅播より低く推移したことと、日長条件が晩播より

長かったことがその要因と考える。一方、出穂から成熟までの日数は、晩播の方が早播より長かったが、晩播では出穂が8月中下旬となり、子実の肥大、登熟過程の気温が早播より低く推移したことがその要因と考える。

3. 早播と晩播の間で収量と収量関連形質を比べると、晩播では多くの品種で減収した。総粒数は作期間で変わらないが、登熟歩合が著しく低下したことがその主な要因として考えられる。
4. 収量構成要素の内、有効穂数や一穂粒数、登熟歩合の品種間順位、多少関係は作期を変えても同様だった。用いた全ての品種で有効穂数は

晩播により増え、一穂粒数や登熟歩合は減少・低下した。一方、千粒重は作期による変異が小さく、また品種間差の変異も小さい形質だった。

5. 関東地域の乾田直播で安定した収量を得るには、4月下旬に直播を行う栽培体系では、登熟期間に十分な気温が得られることから一穂粒数が多い品種、6月中旬に直播を行う栽培体系では、登熟過程の早期に低温条件になることから有効穂数が多く、熟期の早い、青未熟粒が発生しにくい品種を用いることが重要と考える。

V. 謝 辞

本論文のとりまとめにあたり、中央農業総合研究センター島田信二博士には適切かつ貴重なご意見を多く賜りました。深く感謝いたします。また、統計

解析にあたり、光永貴之博士に適切かつ貴重なご意見を多く賜りました。深く感謝いたします。

VI. 引用文献

1. 安東郁夫・根本博・加藤浩・太田久稔・平林秀介・竹内善信・佐藤宏之・石井卓朗・前田英朗・井辺時雄・平山正賢・出田収・酒井真・田村和彦・青木法明 (2011) 多収・良質・良食味の水稲品種「あきだわら」の育成。育種学研究, 13, 35-41.
2. 春原嘉弘 (2011) 稲と麦の二毛作に適する多収、良食味の水稲新品種「ほしじるし」。くろっぷニュース, 42, 2.
3. 江幡守衛 (1990) 有効積算温度とイネの生長。日作紀, 59, 233-238.
4. 星川清親 (1986) 食用作物。養賢堂, 697p.
5. 片岡知守・山口誠之・遠藤貴司・中込弘二・滝田正・横上晴郁・加藤浩 (2007) 直播適性が高い良い食味水稲品種「萌えみのり」の育成。東北農業研究センター研究報告, 107, 15-28.
6. 香山俊秋・和田学 (1965) 乾田直播水稲の播種期移動による収量性の変化について。日本作物学会九州支部会報, 25, 39-41.
7. 薦田快夫 (1954) 水稲の早期栽培と晩期栽培。養賢堂, 148p.
8. 前田英郎 (2011) 直播向き水稲育種育成の現状
- 平成23年度農政課題解決研修 水稲の直播栽培技術, 1-4.
9. 三本弘乗・梁瀬雅則・中條博良 (1989) 水稲における幼若期と日長感応性の品種比較。日作紀, 58(4), 628-634.
10. 中込弘二・山口誠之・片岡知守・遠藤貴司・滝田正・東正昭・横上晴郁・加藤浩・田村泰章 (2006) 直播栽培に適する稲発酵粗飼料専用品種「べこあおば」の育成。東北農研研報, 106, 1-14.
11. 西村実 (1993) 北海道水稲品種における障害型冷害における食味特性の低下。日作紀, 62(2), 242-247.
12. 農林水産省大臣官房統計部 (2014) 農業経営統計調査 平成25年産 米生産費。http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/pdf/seisanhi_kome_13.pdf
13. 大川泰一郎・石原邦 (1992) 水稲の耐倒伏性に関する稈の物理的性質の品種間差。日作紀, 61, 419-425.
14. 太田和也・小山豊・在原克之 (2010) 温暖地早期栽培における水稲品種「ひとめぼれ」の窒

- 素施用条件並びに栽植密度が籾数及び登熟歩合に及ぼす影響－玄米品質低下要因の解明－. 日作紀, **79**(2), 213-220.
15. 岡本和之・西宮智美・桐原俊明・飯田幸彦・平山正賢・横田国夫・小菅一真・眞部徹・田畑美奈子・須賀立夫・平澤秀雄 (2015) 水稻新品种「一番星」の育成. 茨城県農総セ生工研報, **14**, 1-8.
 16. 岡留博司・栗原昌之・楠田宰・豊島英親 (1999) 窒素施肥の異なる炊飯米の多面的物性評価法. 日作紀, **68**, 211-216.
 17. 篠田正彦・小山豊 (2007) 水稻品種「ちば28号」(愛称「ふさこがね」)の特性と栽培法. 千葉県農業総合研究センター研究報告, **6**, 85-94.
 18. 須賀立夫・飯田幸彦・横田国夫 (2000) 水稻品種「ゆめひたち」の育成. 茨城県農業総合研究センター生物工学研究所研究報告, **3**, 17-29.
 19. 関寛三・松本顕・金忠男・野中和弘 (1979) 水稻機械移植栽培の作期と生育収量について. 日作東北支部報, **22**, 35-36.
 20. 山本好文・橋詰芳範・吉田一昭・山田隆史・日比野哲美・渡辺京子・鈴木俊郎・川瀬康夫 (2002) 岐阜県における不耕起乾田直播栽培体系の確立に関する研究 (第1報) 導入条件の解明と栽培技術体系の確立. 岐阜県農業技術研究所研究報告, **2**, 41-62.
 21. 山下鏡一・藤本堯夫 (1974) 肥料と米の品質に関する研究. 東北農業試験場研究報告, **48**, 65-79.
 22. 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・浅野目謙之・中山芳明・島宗知行・鈴木幸夫・木田義信・佐々木園子 (2008) 東北地方における直播水稻の登熟特性と収量・品質関連形質. 東北農研研報, **109**, 41-82.
 23. 吉永悟志・長田健二・白土宏之・福田あかり (2012) 寒冷地の水稻 湛水直播栽培における品質関連形質の特徴とその変動要因. 日作紀, **81**, 432-440.

Yield and Quality of Direct Seeded Rice Cultivars in Different Cropping Seasons

Satoko Yasumoto*, Makoto Kojima*, Natsumi Maki*,
Kazuto Shigeta* and Yasuo Ohsita*

Summary

International competitiveness strengthen of farm products is indispensable for Japanese agriculture. So a further cost cut is demanded. Direct seeding of rice as a technique that is effective for a cost reduction. By using the technique, raising of seedling and transplanting, which account for approximately 26% among all rice growing work, become needless. Then this technique is paid attention as the effective technique that can reduce production cost and work force. The dry direct seeding is lower-cost method, but it is influenced by establish habit of seeding and growth properties of cultivars. Therefore we assumed early seeding cultivation and late seeding cultivation as the cropping system that introduction was expected. And we examined establishment of seeding, the growth, yield and quality using ten main paddy-rice cultivars of the Kanto area including some cultivars bred newly in late years

The results are summarized as follows.

1. In case of direct seeding in the end of April, when daily mean temperature was about 15 °C, final emergence percentage lowered than 50% in many cultivars. When about 250seeds were sown, the number of establishment was more than 50 plans m².
2. In case of early sowing, the days to set of emergency and the days from emergency to heading were longer than that in late sowing. As these reasons that the temperature condition from sowing to emergency was lower and the

day length was longer in early sowing than that in late sowing were thought. On the other hand, the days from heading to maturity were longer in late sowing than early sowing. As the main reasons that heading in late sowing began at end of August, then temperature was lowered in the process of seed growth was thought.

3. Comparing yield and yield-related characters between early and late direct seeding cleared that yields in late direct seeding were decreased in many cultivars. Though the effective ear number was not changed, the percentage of ripened grains was decreased was thought as the factor.
4. In yield components, the ranking of number of effective ears and number of spikelets per panicle, percentage of perfect grains were not changed by cropping seasons. In this study, the number of effective ears were increased in late cropping season. But the number of spikelets per panicle and grain filling rate were decreased. The thousand kernel weight and their ranking between cultivars were not changed by cropping seasons.
5. For getting stable yield in the cropping system of direct seeding in the end of April, using cultivars with much number of the seeds in an ear, because enough temperature is provided during an ear ripening period, is important. And in the cropping system of direct seeding in the middle of June, using cultivars these have much number of the effective ears and these are hard to occur of the

green immature grain are important to get stable yields, because it becomes early low temperature condition of the ear ripening process.