

水稲－麦類二毛作体系における水稲の麦間直播技術の実態と 技術展開について

牧 夏海^{*1}・細淵 健^{*2}・小島 誠^{*1}・安本知子^{*1}・大下泰生^{*1}

目 次

I はしがき	17	1. 水稲麦間直播播種体系の所内検討および 現地における実態調査	20
II 材料と方法	17	2. 麦間直播栽培における生育ステージ予測	25
1. 水稲麦間直播体系の所内検討および 現地における実態調査	17	IV 摘要	26
2. 麦間直播栽培における生育ステージ予測	19	謝辞	27
III 結果・考察	20	引用文献	27
		Summary	28

I はしがき

北関東の一部地域では、水稲－麦類の二毛作体系が行われている。この地域の二毛作体系では、10月頃の水稲収穫後、麦類の播種は11月に行う。麦類の収穫が6月の上・中旬であり、その後すぐに水稲の移植を行う。しかし、この6月上旬～下旬の期間、麦収穫・代かき・水稲移植と、短期間に作業が著しく集中する。近年、一部農家の大規模化に伴い、省力的な水稲栽培技術として、乾田直播栽培が検討されている(富久ら⁽⁴⁾)。乾田直播水稲においては、育苗や代かきが不要であり、省力的かつ低コストな技術として注目されている。しかし、関東地域における麦収穫後の乾田直播水稲は、生育が可能な期間が短いため、多収性の中晩生～晩生品種を作付けすると登熟不良に伴う減収や品質低下をもたらすこと

がある。そこで、関東地域における省力的で高収量を得られる麦類－水稲の二毛作体系の構築を目指し、ディスク作溝式不耕起播種機や間作専用播種機を用いて麦の立毛間に水稲を乾田直播する、麦間直播による間作栽培の収量性について検討した。本研究では、多収性の食用水稲品種と大麦を用いて所内圃場で検討を行うとともに、埼玉県北部の二毛作地帯で営農に導入されている麦間直播による間作栽培の実態について調査を行った。また、間作栽培を現地導入する際に品種選定の指標となる、間作栽培水稲の簡易生育予測について検討を行い、水稲の麦間直播技術の技術展開についてまとめ、さらに考察を行った。

II 材料と方法

1. 水稲麦間直播体系の所内検討および 現地における実態調査

1) 所内試験

2012～2014年の3年間、茨城県つくば市にある

中央農業総合研究センターの淡色黒ボク土の水田圃場で試験した。水稲は全て乾田直播した。大麦品種には「カシマゴール」、水稲品種には「ほしじるし」「あきだわら(2014)」「一番星(2014後播きのみ)」

を用いた。麦間直播栽培の耕種概要については表1に示した。雑草管理は、麦播種後の土壌処理剤、水稻収穫直後の茎葉処理剤、その後は茎葉処理剤を適宜散布する体系で行った。いもち病、カメムシ類、イネツトムシ等の病害虫対策は適宜、慣行法に従って行った。

大麦播種は2011年11月10日、2012年11月15日、2013年11月12日に、ロータリーシーダー（30cm条間×6条）で播種した。大麦の基肥は14-14-14オール化成（N、P₂O₅、K₂O成分いずれも14%含有）とし、播種同時施用した。追肥には硫安（N成分21%）を用いた。追肥時期、窒素施用量は表1に示した。坪刈り調査は2012年、2014年は6月5日、2013年は6月4日に行った。坪刈り面積は1.8㎡とし、一反復あたり3地点で刈り取った。大麦収量調査は次のとおりに行った。有効穂数調査、脱穀・唐箕がけ・篩がけ（2.2mm縦目篩）し、篩上に残ったものを子実収量とした。子実40gの粒数計測を各坪刈り調査区あたり2回行い、千粒重を算出した。近赤外成分分析機（FOSS1241）により原粒タンパク質含有率を測定した。子実重・千粒重・原粒タンパク質含有率は、水分含量13.5%に換算した。

麦立毛間への水稻播種は2012年3月16日、2013年3月19日、2014年3月22日にディスク作溝式不耕起播種機（以下間作NS区、条間30cm×6条、松山製、ニプロNSV600）および間作専用播種機（以下間作IS区、条間50cm、複列播種、ササキコーポレーション製、2012年・2013年のみ）を用い、設定播種量8 kg/10 aで播種した。比較として、標準播種区（冬季無作付、5月上旬に不耕起播種機で直播）と後播き区（麦収穫後、6月上旬に不耕起播種機で

直播）を設けた。2012、2013年の水稻は同一圃場を区割りし、各区40㎡2反復（後播きのみ4反復）で行った。2014年は各区80㎡1反復（間作NS区のみ2反復）で行った。大麦については、2012、2013（収穫）年は各区40㎡2反復、2014（収穫）年は各区80㎡1反復で行った。

水稻の施肥は、全量基肥で播種同時施用した。間作区においては3年間を通じてLPS100（被覆尿素肥料シグモイド型100日タイプ）を用いた。2012、2013年の標準播種区・2013、2014年の後播き区は、LP70（被覆尿素肥料リニア型70日タイプ）:LPS100 = 1:2、2012年の後播き区はLP100（被覆尿素肥料リニア型100日タイプ）を用い、2014年の標準播種区ではLP70:LPS100:LPS120（被覆尿素肥料シグモイド型120日タイプ） = 1:1:1の割合で配合したものを施用した。施用窒素量を、表2に示した。なお本試験では全試験区を同一圃場内に配置しており、入水は遅播き区に合わせて6月下旬に行っている。苗立ち期（出芽後約1ヶ月）に、各区とも1.2㎡×3点で苗立ち本数の調査を行った。坪刈り調査は、それぞれ成熟日に行った。坪刈り面積は1.8㎡とし、一反復あたり3地点で刈り取った。水稻収量調査は次のとおりに行った。有効穂数を調査後、脱穀を行った。脱穀時に不稔籾も回収し、粗籾とした。その後均分機を用いて縮分を行い、粗籾の内20~30gを塩水選（比重1.06）により登熟歩合を調査した。粗籾は唐箕・糲攪り・篩がけ（1.8mm縦目篩）後、篩上に残ったものを精玄米とした。青未熟粒割合など品質については、品質判定機（RS2000X）により行った。近赤外成分分析機（上記）により、玄米タンパク質含有率を測定した。精玄米重・千粒重・玄米タンパク質含有率は水分含量15%に換算した。

表1 麦間直播栽培の耕種概要

		2012	2013	2014
大麦	年次			
	品種	カシマゴール		
	窒素施用量 (kg/10a) [*]	8.2-0-3-3	8.5-5-3-3	4-0-6-4
	播種日	11/10/2011	11/15/2012	11/12/2013
水稻	品種	ほしじるし		
	設定播種量	8.0kg/10a		
	播種機	不耕起播種機・間作専用播種機		不耕起播種機
	播種日	3/16/2012	3/19/2013	3/22/2014

^{*}窒素の施用時期はそれぞれ、(基肥-分けつ始期(2月下旬)-茎立期(3月中旬)-出穂期(4月下旬))に行った。

表2 播種法別水稲の窒素施用量と肥料の種類

年次 (品種)	播種法	窒素施用量 (kg/10a)	肥料種類
2012年 (ほしじるし)	間作NS	8.2	LPS100
	間作IS	25.6	LPS100
	標播	11.4	LP70:LPS100=1:2
	後播き	9.3	LP100
2013年 (ほしじるし)	間作NS	11.1	LPS100
	間作IS	22.7	LPS100
	標播	7.2	LP70:LPS100=1:2
	後播き	10.2	LP70:LPS100=1:2
2014年 (あきだわら)	間作NS	13.4	LPS100
	標播	12.9	LP70:LPS100:LPS120=1:1:1
	後播き	12.2	LP70:LPS100=1:2
	(一番星)	後播き	12.2

間作NS、間作IS、標播、後播きはそれぞれ、不耕起播種機による麦間直播区、間作専用播種機による麦間直播区、麦間直播を行わず適期に乾田直播した区、麦刈り後の乾田直播区を示す。

2) 現地調査

埼玉県熊谷市において、小麦の立毛間への水稲麦間直播を実施している農家に耕種概要についての聞き取り調査を行った。また、麦間直播水稲の収量について調査を行い、実態を調査した。2010～2013年は埼玉県大里農林振興センターが調査を行った。2010年は2圃場、2011年は18圃場、2012年は10圃場について1圃場あたり2地点で坪刈り調査を行った。坪刈り面積は3.3㎡とした。2013年は、3戸の農家に収量の聞き取り調査を行った。2014年は、4圃場で、1圃場あたり3地点坪刈り調査した。坪刈り面積は2.2㎡とした。苗立ち調査は2014年のみ行い、「タカナリ」2圃場、「夢あおば」1圃場について、2.4㎡を各圃場3地点調査した。

2. 麦間直播栽培における生育ステージ予測

1) 麦間直播水稲の簡易生育予測法

アメダス日別値(観測地点：つくば 観測所番号：40336)の平均気温・最高気温・降水量を用い、有効積算温度・積算温度による出穂期、成熟期を予

測した。播種期～出芽期、出芽期～出穂期については基準温度11.5℃として、日温度変化による時別温度を用い(表3脚注)、有効積算温度により予測し、出穂期～成熟期は日平均気温の積算温度により予測した。品種は、「ほしじるし」「あきだわら」を用いた。2010～2013年の中央農研観音台・谷和原圃場における乾田直播栽培試験の結果より、「ほしじるし」の各生育ステージの有効積算温度・積算温度を求めた(表3)。「あきだわら」は新品種であり、乾田直播の栽培実績が無かったため、中晩生の品種(「ほしじるし」)の栽培データをもとに、「あきだわら」の品種特性を考慮して各生育ステージの有効積算温度、積算温度を設定した(表3)。これをもとに、2012～2014年の麦間直播栽培における出穂期や成熟期を予測し、実際の生育ステージ予測の可能性について検討した。麦間直播栽培における乾田直播水稲は出芽後も麦類を収穫し入水するまでは乾田状態であり、上記の生育予測法では予測値に大きな誤差を生じた。そこで、出芽から入水開始までの期間は、降水量から土壌が乾燥するまでの日数を推定し、土壌が湿潤な期間のみ積算温度を加算するように生育

表3 生育予測に用いた各品種・栽培法における積算温度

品種 栽培法	ほしじるし 直播	あきだわら 直播
播種～出芽(有効積算温度)	100	90
出芽～出穂(有効積算温度)	1030	1050
出穂～登熟(積算温度)	1070	1060

①播種期～出芽期：基準温度を11.5℃として、気温の日変化をとらえて「(0～23時)(毎時気温-11.5)」により1日当たり有効温度を求めて積算する。

②出芽期～出穂期：基準温度を11.5℃として、(日平均気温-11.5)により1日当たり有効温度を求めて積算する。

③出穂期～成熟期：日平均気温を積算する。

予測法を改良した(図6). 改良した生育予測法に基づいて, 2012~2014年に麦間直播栽培を行った

「ほしじるし」・「あきだわら」の生育ステージ予測を行った.

Ⅲ 結果・考察

1. 水稲麦間直播播種体系の所内検討および現地における実態調査

1) 所内試験

大麦: 水稲麦間直播の作業の様子を播種機別に図1, 図2に示した. また, 播種作業時のトラクタタイヤと大麦の位置関係を図3に示した. 2012年・2013年においては, 間作IS区では間作専用播種機による踏圧の影響を受けないが, 作溝ディスクによる切損を受け, 有意ではないが子実重がやや減少した. また, 間作NS区では, 慣行栽培よりわずかに減収した程度であった(表4). 間作NS区における水稲の播種は大麦の茎立前に行うことで, 大麦への踏圧の影響は少ないと考えられた. 2014年においては, 基肥を半減させ, 後期に重点的な施肥を行う

栽培を試みた結果, 全体的に低収となった(表5). 間作NS区では不耕起播種機での播種時にトラクタタイヤに加え播種ユニットの接地輪による踏圧を受ける(図3). そこで, 播種時の踏圧の影響を軽減する目的で, 接地輪を浮かせて作業する区(間作NS②区)を設けた結果, 間作NS②区では, 接地輪で踏圧した区(間作NS区)と比べ有効穂数の増加が見られたものの, 収量は変わらない傾向を示した(表5). 従って, 麦の茎立期前の播種では, 接地輪による踏圧の影響は, 非常に少ないと考えられた. 以上の結果から, 不耕機播種機を用いた水稲麦間直播は, 大麦の茎立期前に行うことにより, 大麦は慣行栽培と同程度の収量が得られることが示唆された.



図1 不耕起播種機による麦間直播作業の様子 (間作NS区)



図2 間作専用播種機による麦間直播作業の様子 (間作IS区)

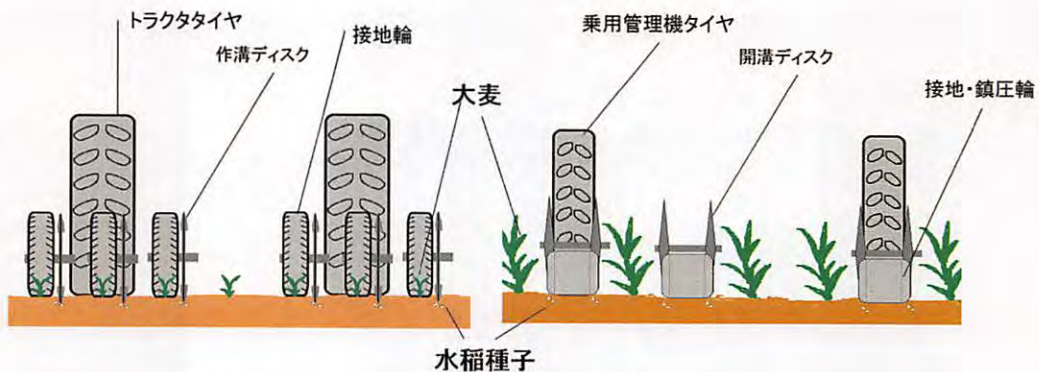


図3 麦間直播作業時のタイヤと大麦の位置関係

水稲：「ほしじるし」を用いた2013年においては、間作NS区、間作IS区、標準播種区で2012年の同区に比べ収量が低い傾向が見られたが、これは2013年の日照時間が6月下旬から7月上旬および7月下旬から8月にかけて2～3割程度平年より短かったことによると推察される(表7)。2012、2013年の両年において間作区は、苗立ち率が後播き区・標準播種区よりも低かったが(表6)、有効穂数・収量は標準播種区と同程度であった(表7)。麦間直播

水稲は早播きするほど出芽率が低いことが報告されており(浜名ら⁽²⁾、大岡ら⁽⁴⁾)、また裸地と比較すると早播き区では出芽率が劣ることが報告されている(浜名ら⁽²⁾)。本試験においては、麦間直播は3月中旬に行っており、後播き区(6月上旬播種)・標準播種区(5月上旬播種)よりも、乾田期間中に死滅した個体が多かったために苗立ち率が低かったものと考えられる。本試験では標準播種区よりも播種量を多くした(表6)ため、苗立ち率が低かった

表4 2012、2013年の大麦の生育関連形質、収量構成要素および収量

年次	栽培方法	播種期 (月/日)	乾直播種 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	有効穂数 (本/m ²)	子実収量 (kg/10a)	整粒割合 (%)	千粒重 (g)	原粒タンパク 含有率(%)	N吸収量 (g/m ²)	収穫 指数
2012年	間作NS	11/10	3/16	6/4	84.3 a	3.5 a	641 a	529 a	92.5 a	31.2 a	11.2 a	10.3 a	0.49 a
	間作IS	11/10	3/16	6/4	78.9 b	3.3 a	620 a	500 a	93.3 a	31.3 a	10.9 a	9.3 a	0.51 a
	慣行	11/10	-	6/4	79.6 ab	3.3 a	668 a	534 a	91.7 a	31.1 a	11.2 a	10.4 a	0.49 a
2013年	間作NS	11/15	3/19	6/5	72.0 a	4.0 a	512 a	691 a	93.4 a	36.0 a	11.5 a	12.9 a	0.49 a
	間作IS	11/15	3/19	6/5	71.2 a	4.1 a	444 a	690 a	94.1 a	37.6 a	12.0 a	13.5 a	0.49 a
	慣行	11/15	-	6/5	71.4 a	4.0 a	459 a	706 a	93.9 a	37.2 a	12.4 a	14.1 a	0.51 a
栽培方法	-	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
年次	-	-	-	*	*	*	**	NS	**	NS	*	**	**
年次*栽培 方法	-	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

間作NS、間作IS、慣行はそれぞれ、不耕起播種機による麦間直播区、間作専用播種機による麦間直播区、麦間直播を行わない慣行栽培区を示す。異英文字間で年次内の処理間に有意差あり(Tukey, P<0.05)。*:有意差有(P<0.05, ANOVA) **:有意差有(P<0.01, ANOVA)

表5 2014年の大麦の生育関連形質、収量構成要素および収量

年次	栽培方法	播種期 (月/日)	乾直播種 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	有効穂数 (本/m ²)	子実収量 (kg/10a)	整粒割合 (%)	千粒重 (g)	原粒タンパク 含有率(%)	N吸収量 (g/m ²)	収穫 指数
2014年	間作NS	11/12	3/22	6/3	64.9	3.8	228	304	99.8	37.1	12.1	8.3	0.50
	間作NS②	11/12	3/22	6/3	61.7	4.0	235	312	99.8	36.7	11.4	7.4	0.55
	慣行栽培	11/12	-	6/3	66.8	3.9	244	315	99.8	36.8	10.6	6.8	0.53

間作NS、間作NS②、慣行栽培はそれぞれ、不耕起播種機による麦間直播区、接地輪を浮かせて不耕起播種機で麦間直播した区、麦間直播を行わない慣行栽培区を示す。

表6 水稲の年次による実播種量と、苗立ち数および苗立ち率

年次 (品種)	播種法	実播種量 (kg/10a)	苗立ち数 (本/m ²)	苗立ち率 (%)
2012年 (ほしじるし)	間作NS	8.9	76 c	23.7 a
	間作IS	20.5	182 a	24.8 a
	標播	8.0	122 b	42.7 b
	後播き	7.9	123 b	43.7 b
2013年 (ほしじるし)	間作NS	8.6	77 b	25.8 c
	間作IS	9.1	73 b	23.0 c
	標播	6.1	143 a	69.5 a
2014年 (あきだわら)	後播き	5.9	104 ab	49.1 b
	間作NS	8.0	59	19.4
	標播	7.0	194	73.0
一番星	後播き	6.4	163	74.9
一番星	後播き	6.5	131	54.2
※2012、2013年	播種法		*	**
年次			NS	*

間作NS、間作IS、標播、後播きはそれぞれ、不耕起播種機による麦間直播区、間作専用播種機による麦間直播区、麦間直播を行わず適期に乾田直播した区、麦刈取り後の乾田直播区を示す。異英文字間で年次内の処理間に有意差あり(Tukey, P<0.05)。*:有意差有(P<0.05, ANOVA) **:有意差有(P<0.01, ANOVA)

にも関わらず、収穫時の地上部乾物重に有意な差は無く、有効穂数は同程度であった(表7)。さらに、一穂粒数・総粒数も多い傾向だったことで、標準播種区と同程度の収量を得られたことが推察される(表7)。また、大麦収穫後に播種した後播き区では、2013年は収量を確保できたが、2012年においては収量が減少した(表7)。間作区では後播き区よりも、早期に播種することで出穂が1週間程度早まり、出穂から成熟までの期間の有効積算温度(両品種とも登熟期の有効下限温度が明らかになっていないため、過去の報告(江幡ら¹⁾)を参考に7.5℃以上を有効温度とした)が高かった(表9)。そのため、年次による品質・収量の変動が後播き区に比べ少ない傾向であったと考えられた。

また、「あきだわら」を用いた2014年において間作区では、苗立ち数・有効穂数ともに後播き区・標準播種区よりも少なかったが、一穂粒数が多く、同程度の収量が得られた(表6, 表8)。また、後播き区「あきだわら」は間作区と同程度の収量であったものの、登熟歩合・整粒割合が低い傾向であった(表8, 表9)。後播き区について、「一番星」は「あき

だわら」に比べ収量は少なかったが、登熟歩合・整粒割合が高い傾向であった(表8, 表9)。

以上をまとめると、麦間直播した水稲「ほしじるし」「あきだわら」では、後播き区・標準播種区と比較し苗立ち率が低く、苗立ち本数も少なかったが、一穂粒数が多い傾向であり、収量は標準播種区と同程度であった。また、後播き区と比較し出穂が早く、登熟期間の有効積算温度が十分取れるために、年次による品質・収量の変動が少ないことが推察された(表8, 表9)。従って、麦類-水稲の二毛作体系において麦間直播した水稲は、省力的かつ作業分散が可能ながら、適期に直播した場合と同程度の収量が得られ、麦刈り後に直播した場合よりも安定した品質が得られることが示唆された。しかし、種子コストの観点から苗立ち率の低さは問題であり、苗立ちが不安定なことから欠株を生じると、雑草繁茂の原因にもなる。そのため、労力・コストをかけずに苗立ち率を向上させる手法の開発が必要であると考えられる。

表7 2012, 2013年の水稲の生育関連形質, 収量構成要素および収量

年次 (品種)	播種法	稈長 (cm)	穂長 (cm)	地上部 乾物重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)[比]	有効穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	総粒数 (千粒/m ²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タン パク含有 率(%)	N吸収量 (g/m ²)	収穫 指数
2012年 (ほしじるし)	間作NS	70 ab	21.0 a	1642 ab	664 [138] a	368 ab	97 a	35.5 ab	72.7 a	24.9 a	6.5 a	12.9 ab	0.43 a
	間作IS	77 a	20.6 a	2069 a	736 [153] a	494 a	91 a	45.0 ab	63.6 a	23.3 b	7.1 a	16.4 ab	0.39 a
	標播	73 ab	21.1 a	1340 b	536 [111] ab	338 b	90 a	30.3 b	69.6 a	24.7 ab	6.3 a	10.2 b	0.44 a
	後播き	70 b	20.5 a	1241 b	483 [100] b	322 b	91 a	29.1 b	67.3 a	24.0 ab	6.5 a	10.0 b	0.40 a
2013年 (ほしじるし)	間作NS	71 a	21.9 a	1656 a	568 [113] a	370 a	91 ab	33.5 a	77.5 a	22.6 a	6.5 a	11.7 a	0.41 a
	間作IS	70 a	20.8 ab	1462 a	501 [100] a	306 a	103 a	31.1 a	74.0 a	22.6 a	7.2 a	11.0 a	0.41 a
	標播	72 a	20.4 ab	1308 a	502 [100] a	317 a	90 ab	28.5 a	76.2 a	22.7 a	5.7 b	9.6 a	0.41 a
	後播き	69 a	19.9 b	1551 a	527 [105] a	376 a	83 b	31.0 a	74.6 a	23.6 a	6.7 a	11.2 a	0.40 a
播種法	*	*	*	NS	NS	*	*	NS	NS	**	*	NS	
年次	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	

間作NS, 間作IS, 標播, 後播きはそれぞれ, 不耕起播種機による麦間直播区, 間作専用播種機による麦間直播区, 麦間直播を行わず適期に乾田直播した区, 麦刈り後の乾田直播区を示す。異英文字間で年次内の処理間に有意差有 (Tukey, P<0.05), * : 有意差有 (P<0.05, ANOVA) ** : 有意差有 (P<0.01, ANOVA)

表8 2014年の水稲の生育関連形質, 収量構成要素および収量

年次 (品種)	播種法	稈長 (cm)	穂長 (cm)	地上部 乾物重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)[比]	有効穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	総粒数 (千粒/m ²)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	玄米タン パク含有 率(%)	N吸収量 (g/m ²)	収穫 指数
2014年 (あきだわら)	間作NS	84	20.8	1465	574 [107]	236	134	31.6	22.0	82.2	6.7	10.7	0.40
	標播	87	21.4	1449	538 [100]	296	113	33.5	21.5	77.5	6.6	10.5	0.37
	後播き	84	19.0	1794	564 [105]	320	112	38.7	22.1	71.5	6.6	12.1	0.35
	(一番星) 後播き	70	19.5	1032	451 [84]	356	56	20.0	23.7	78.4	7.1	8.9	0.40

間作NS, 標播, 後播きはそれぞれ, 不耕起播種機による麦間直播区, 麦間直播を行わず適期に乾田直播した区, 麦刈り後の乾田直播区を示す。

表9 2012～14年の水稲の各生育ステージ到達日，登熟期間における積算温度・有効積算温度および品質

年次 (品種)	播種法	播種・移植 (月/日)	出穂 (月/日)	成熟 (月/日)	出穂～成熟			青未熟粒 割合(%)	整粒割合 (%)
					登熟日数 (日)	積算温度 (℃)	有効積算温 度(℃,基準 温度7.5℃)		
2012 (ほしじるし)	間作NS	3/16	8/22	10/3	42	1054	739	22.8	70.2
	間作IS	3/16	8/22	10/3	42	1054	739	28.6	64.3
	標準播種	5/24	8/20	10/3	44	1109	779	31.7	62.2
	後播き	6/7	8/28	10/7	40	970	670	34.1	59.6
2013 (ほしじるし)	間作NS	3/19	8/28	10/18	51	1140	758	5.3	90.1
	間作IS	3/19	8/28	10/18	51	1140	758	8.4	87.0
	標準播種	5/9	8/25	10/10	46	1058	713	4.9	89.7
	後播き	6/6	9/4	10/24	50	1045	670	7.3	88.5
2014 (あきだわら)	間作NS	3/23	8/20	10/3	44	955	625	9.2	83.8
	標準播種	5/8	8/22	10/3	42	897	582	10.7	81.6
	後播き	6/6	8/28	10/16	49	988	621	19.1	75.2
	(一番星) 後播き	6/6	8/14	9/24	41	926	619	9.0	85.7

間作NS、間作IS、標準、後播きはそれぞれ、不耕起播種機による麦間直播区、間作専用播種機による麦間直播区、麦間直播を行わず適期に乾田直播した区、麦刈取り後の乾田直播区を示す。青未熟粒および整粒割合について処理間で有意差は見られなかった。

2) 現地における栽培状況

埼玉県熊谷市では、麦間直播に用いる水稲品種は「彩のかがやき」(食用)「タカナリ」(加工・飼料用米，多収性)などであった(表10)。近年では、飼料用水稲品種に置き換わってきている。これは、麦間直播は省力性が高いため飼料用水稲栽培に向くことが一因と考えられる。2014年における苗立ち率は約50%前後であった(表11)。収量は、年次変動はあるが、聞き取りで調査を行った2013年を除く、4カ年の坪刈り収量を平均すると「タカナリ」は約632kg/10a、「彩のかがやき」は3カ年の平均で約370kg/10aであった(表10、図4)。

T法人の麦間直播の耕種概要は表12に示した。麦

間直播における基本の雑草防除体系は、まず麦播種直後の土壌処理剤、麦間直播前の茎葉処理剤、麦刈後の茎葉処理剤を2～3回処理している。しかし、麦間直播を用いた間作体系においては、麦と水稲が同一圃場に生育するため、水稲播種から麦刈り後の間、土壌処理剤や茎葉処理剤散布ができず、ノビエなどのイネ科雑草が残草しやすいと言える。2015年に中央農研所内の麦間直播圃場(麦播種後土壌処理剤散布)で調査した、大麦収穫直後のノビエの葉齢は4～5葉であり、成熟期がさらに遅い小麦の収穫後の現地圃場では、シハロホップブチル・ペンタゾン液剤(クリンチャーバスME液剤)の使用時期(ノビエ5葉期まで)の葉齢を過ぎた個体が多くなると考えられる。2014年麦間直播圃場における、

表10 埼玉県熊谷市における麦間直播水稲栽培の状況

	年次	2010	2011	2012	2013	2014
小麦	品種	農林61号				さとのそら
	播種期	11月中～下旬				
	収量 (kg/10a, 埼玉 平均)	280	274	320	399	371
水稲	品種	彩のかがやき タカナリ はまさり	彩のかがやき タカナリ	彩のかがやき キヌヒカリ タカナリ	彩のかがやき タカナリ	夢あおば タカナリ
	播種期	4月中～5月中旬				
	収量 (坪刈り、平均)	彩のかがやき (373)	彩のかがやき (410)	彩のかがやき (326)	彩のかがやき (320～400)	夢あおば (517)
	収量kg/10a)	タカナリ (754)	タカナリ (540)	タカナリ (584)	タカナリ (330～470)	タカナリ (651)
					※聞き取り調査	

(2010～2013年は大里農林振興センター調べ、2014年中央農研調べ。「彩のかがやき」は精玄米重、「タカナリ」・「夢あおば」は粗玄米重の値である。

達観による水稲収穫時期の残草草種は、ノビエ・メヒシバ・クサネム等であった。T法人においては麦間直播栽培と移植栽培を交互に行う（麦間直播2年間⇒移植水稲or休耕1年間）ことで、雑草の繁茂を抑制していた。T法人では、経営面積約80haのうち、

およそ70haで水稲－小麦の二毛作を行っている。小麦収穫から水稲移植の間の作業が著しく集中するため、麦間直播水稲栽培は作業集中の緩和に繋がっていると考えられた。

表11 埼玉県熊谷市における麦間直播水稲の苗立ち (2014)

品種	播種時期	播種量 (kg/10a)	苗立ち率 (%)	苗立ち数 (本/m ²)
タカナリ	5/8頃	5	56.3	111.2
夢あおば	4/15頃	5	47.9	85.5

「タカナリ」2圃場、「夢あおば」1圃場について、1m×2.4mを3地点調査した。

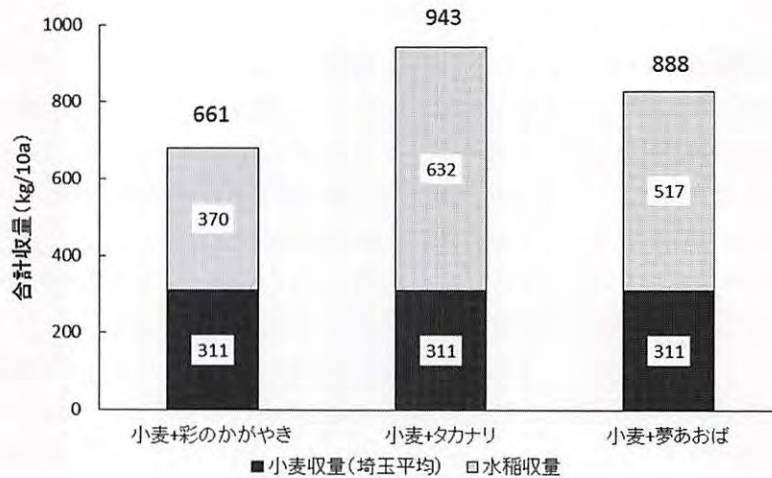


図4 麦間直播を用いた水稲と小麦の推定合計収量 (埼玉県熊谷市)

数値は平均値である。小麦は埼玉県の平均収量を用いた。「彩のかがやき」は2010～2012年、「タカナリ」は2010～2012年と2014年、「夢あおば」は2014年のみのデータを用いた。

表12 T法人における麦間直播水稲栽培の概要

品種	タカナリ (飼料用米・加工用米)	
耕種面積	約80ha (約10ha, 2015年度)	
播種機	間作専用播種機 (ササキコーポレーション、条間50cm (複列播き) ×3ユニット)	
麦間播種時期 (播種量)	4月下旬～5月上旬 (5kg/10a)	
小麦収穫時期	6月中旬～下旬	
水稲施肥	LPS120 (12kgN/10a) 播種同時施用	
除草体系	麦播種後	トリフルラリン
	麦間播種前	チフェンスルフロンメチル
	入水前	シハロホップブチル、ペンタゾン
	入水後	シハロホップブチル、ペンタゾン
麦間播種水稲収穫時期	10月下旬	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・小麦は高刈り (15cm程度) で収穫 ・麦わらは持ち出し (近隣の堆肥センターへ) ・タカナリは休眠打破処理 (15日間ハウス内放置) 後に播種 	

3) まとめ

所内試験の結果より、水稲は多収性食用品種を用い、大麦の茎立前に不耕機播種機を用いて麦間直播を行うことで、大麦は慣行区と同程度の収量が得られ、水稲は標準播種区と同程度の収量・後播き区以上の品質が得られた。麦間直播した「ほしじるし」の2ヵ年の平均収量は約616kg/10a、「あきだわら」は単年度で574kg/10aであった。つまり、大麦が500kg/10a程度の収量を確保できれば水稲・大麦の合計収量が平均1100kg/10a程度得られる可能性が示された(図5)。また、現地の事例では、間作専用播種機での飼料用米品種「タカナリ」を用いた麦間直播により、水稲+小麦の合計収量が4ヵ年の平均で943kg/10aであったと推定され(図4)、省力的で作業分散に役立つとの評価を受けていた。これらのことから、水稲の麦間直播栽培により、麦類(大麦・小麦)-水稲の二毛作体系における作業分散が可能となり、省力的で高い土地生産性が得られることが示唆された。一方、雑草が残りやすいことや、苗立ち率の低さが課題である。今後は、効果的な雑草管理方法の検討や、苗立ち率向上に有効な技術の開発が求められる。

2. 麦間直播栽培における生育ステージ予測

通常の乾田直播における有効積算温度および積算温度に基づいて麦間直播水稲の出穂期および成熟期を予測した結果、実測値に対して出穂期で13.7日、成熟期で16.3日早く予測し、結果に大きな誤差を生じた(表13)。この原因として、麦間直播栽培では出芽後も麦類を収穫するまで乾田状態であり、入水するまでの期間、降雨が無く乾燥した土壌条件では水稲の生育が抑制されることが影響していると考えられた。そこで出芽から入水するまでの期間、降水により土壌が湿潤な期間のみ有効温度を得るものとした。具体的には、日降水量が5mm以下:1日、5~10mm:2日、11~15mm:3日、16~20mm:4日、21mm以上:5日というように日降水量によって土壌が湿潤となる日数を設定し(最大5日間)、有効積算温度を求めるよう改良を行った(図6)。この改良の結果、出穂期の予測日の差は13.7日から6.3日に、成熟期の予測日の差は16.3日から6.3日に減少し、予測精度の向上が認められた(表13)。今後、予測精度を向上させることで、現地への麦間直播栽培導入の際の品種選択に用いることができると考えられる。

表13 麦間直播水稲の生育ステージ予測

実測/予測	栽培年	品種	播種期 年/月/日	出芽期 年/月/日	入水期 年/月/日	幼穂形成期 年/月/日	出穂期 年/月/日	成熟期 年/月/日
実測	2012	ほしじるし	3/16	4/20	6/28	7/28	8/22	10/3
	2013	ほしじるし	3/19	4/30	6/20	8/3	8/28	10/18
	2014	あきだわら	3/22	4/20	6/18	7/25	8/20	10/3
予測 (降雨補正 なし)	2012	ほしじるし	3/16	5/2	6/28	7/19	8/13	9/23
	2013	ほしじるし	3/19	4/30	6/20	7/16	8/10	9/21
	2014	あきだわら	3/22	4/26	6/18	7/12	8/6	9/21
予測 (降雨補正 あり)	2012	ほしじるし	3/16	5/2	6/28	7/23	8/17	9/29
	2013	ほしじるし	3/19	4/30	6/20	7/26	8/20	10/5
	2014	あきだわら	3/22	4/26	6/18	7/20	8/14	10/1
実測-予測 (降雨補正 なし)	2012	ほしじるし	-	-	-	9	9	10
	2013	ほしじるし	-	-	-	18	18	27
	2014	あきだわら	-	-	-	13	14	12
実測-予測 (降雨補正 あり)	2012	ほしじるし	-	-	-	5	5	4
	2013	ほしじるし	-	-	-	8	8	13
	2014	あきだわら	-	-	-	5	6	2
平均					(補正なし)	13.3	13.7	16.3
					(補正あり)	6.0	6.3	6.3

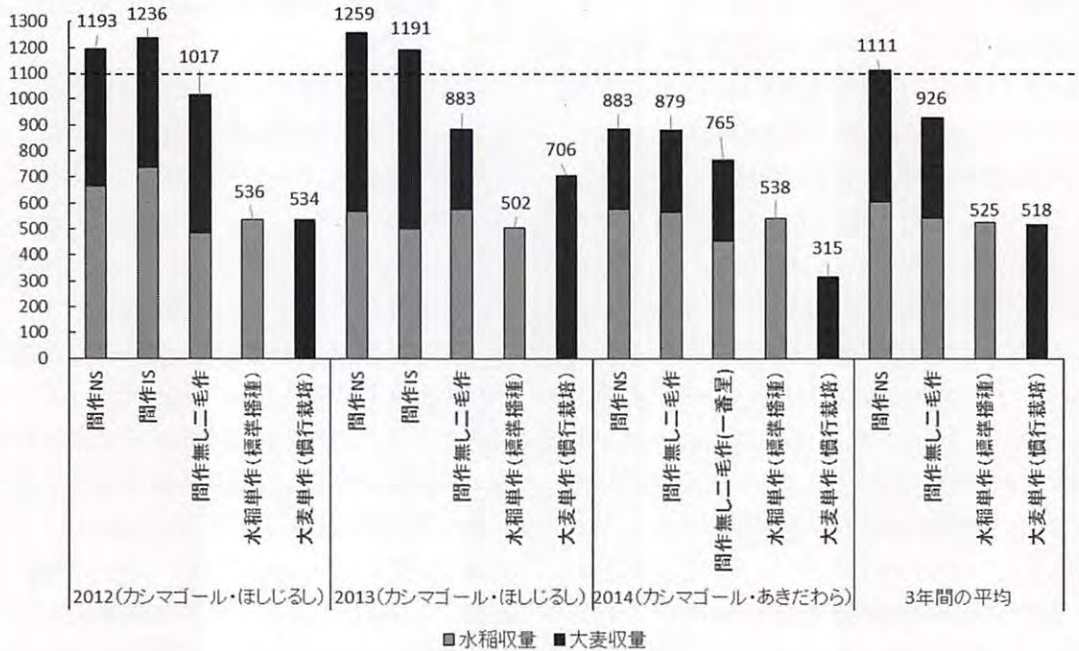


図5 所内圃場試験における各作付体系における水稲と大麦の合計収量

間作NS、間作IS、間作無し二毛作はそれぞれ、間作NS区大麦+間作NS区水稲、間作IS区大麦+間作IS区水稲、慣行栽培区大麦+後播き区水稲、という組み合わせの合計収量を示す。

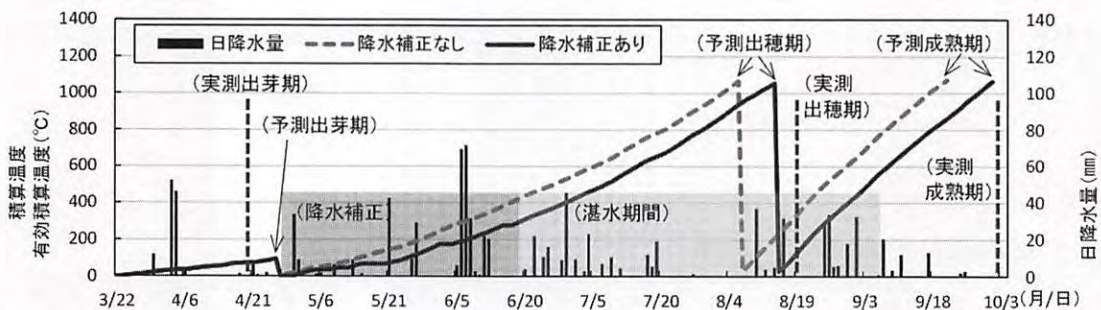


図6 麦間直播水稲の生育ステージ予測における降雨補正のイメージ図

降雨補正の方法： 出芽期から湛水するまでの期間、日降水量が5mm以下：1日、5～10mm：2日、11～15mm：3日、16～20mm：4日、21mm以上：5日、降水後は土壌から水分を確保して生育が進むとして降水後各日数の有効温度を積算する。(※2014年アメダスの降水量・気温および、2014年における栽培試験結果を元に作成)

Ⅳ 摘要

関東地方の水稲と麦類の二毛作地帯においては、麦収穫から水稲移植までの間の作業が著しく集中し、特に大規模農家で問題になっている。そこで、これらの問題を解決し、省力的で多収を得られる二毛作体系の確立を目指し、麦の立毛間に水稲を乾田直播する間作栽培体系について、その収量性や現地

での実態を調査した。また、麦間直播栽培を現地導入する際の情報提供として、アメダスデータを用いた簡易な生育予測法についても検討を行った。結果は以下のとおりである。1) 不耕起播種機・間作専用播種機を用いた水稲麦間直播栽培において、麦の茎立前に播種することで麦の収量への影響は少

なく、慣行栽培と同程度の収量が確保できた。2) 麦間直播した水稲は、標準播種・後播き区と比較し苗立ち率は低くなったが、ほぼ同程度の収量を確保した。3) 麦間直播した水稲は、麦収穫後に播種した区と比較して品質が安定しており、麦間直播した「あきだわら」は単年度であるが麦収穫後に播種した極早生品種「一番星」よりも高い収量が得られた。4) 所内試験では、麦間直播した水稲は「ほしじるし」で2カ年の平均で616kg/10a、「あきだわら」は574kg/10aの収量が得られた。大麦の収量を500kg/10a程度確保した年は、大麦+水稲で1100kg/10a程度の合計収量が得られ、現地では小麦+「タカナリ」（飼料用米）で平均943kg/10a程度の収量が得られると推定された。5) アメダスから得た積算温度データを用いた生育ステージ予測では、

麦間直播水稲においては出芽から入水までの乾田期間に降雨による補正を行った結果、精度の改善が見られた。

不耕起播種機・間作専用播種機による水稲の麦間直播を用いた二毛作体系は、多収性水稲品種を麦の茎立期前に播種量を多くして播種することにより、作業集中の緩和に役立ちつつ、省力的で高い土地生産性を得られる可能性が示唆された。しかし、苗立ち率や雑草管理など改善の必要があると考えられた。また、麦間直播導入の際の目安となるアメダスデータを用いた生育ステージ予測法は、今後さらに予測精度を向上させることで、現地への麦間直播水稲栽培を導入する際の品種選択に用いることができると考えられる。

謝 辞

統計解析手法に貴重なご助言を下された光永貴之博士に、深く感謝の意を示します。また、作物の栽

培管理・調査等にご協力くださった中央農研業務1科の職員各位に深甚の感謝を申し上げます。

引用文献

1. 江幡守衛（1990）有効積算温度とイネの生長 第2報 イネの出穂・開花および登熟。日本作物学会紀事, 59, 233-238.
2. 浜名光衛・小沢一夫・斉藤弘文・田村完（1997）麦間水稲直播栽培に関する研究 第2報 播種条件と出芽について。日本作物学会東北支部会報, 20, 31-32.
3. 大岡直人・重松統・上野敏昭・新井守（2004）ホールクroppサイレージ用水稲の麦間不耕起直播栽培法。日本作物学会関東支部会報, 19, 26-27.
4. 富久保男（1994）水稲の乾田直播栽培技術開発の現状。日本作物学会紀事, 63, 164-168.

The actual situation and technological aspects of direct sowing of rice in the inter-row space of wheat and barley

Natsumi Maki^{*1}, Ken Hosobuchi^{*2}, Makoto Kojima^{*1},
Satoko Yasumoto^{*1} and Yasuo Ohshita^{*1}

Summary

1. In a part of the north Kanto region, rice is grown with wheat or barley in a double cropping system; significant labor investment is required from the harvesting of winter crops to the transplanting of paddy rice, particularly in large-scale farms. To address this issue, from 2012 ~ 2014, we conducted a field experiment of an intercropping system that involved the direct sowing of rice in the inter-row spaces of fields used for the cultivation of barley by using non-tillage seeders or high-clearance intercropping seeders. Furthermore, in Kumagaya City, Saitama prefecture, we investigated the yield of the intercropping system of rice and wheat, actual cultivation conditions of that, from 2010~2014. To increase the reliability of our intercropping system for practical application, we developed a simple method to predict the growth stage of rice when it could be seeded in the inter-row spaces of wheat or barley. This growth prediction method was developed by obtaining temperature data from the automatic meteorological data acquisition system (AMeDAS), and additional corrections were made during the dry period of paddy rice cultivation. The results of our study indicated that barley yield were little affected by the intercropping of rice, provided that the rice was seeded before the jointing stage of barley. Although the seedling establishment rate of rice was lower in the intercropping system than that in normal seeding, there was no significant difference in rice yield between the two methods. The average yield (intercropped rice + barley) over the three year was 1,100 kg/10a. In Saitama, the average yield (intercropped rice (*Takanari*) + wheat) over the four year was 943 kg/10a. By the correction for rainfall in the dry paddy field period (until incoming water from emergence of seedling), the accuracy of growth prediction was improved.
2. In conclusion, the intercropping system of rice and barley or wheat by the direct sowing of rice in the inter-rows of winter crops by using non-tillage seeders little affected the yield of barley, provided that rice was sown before the jointing stage of barley. Intercropped rice showed decreased the rate of seedling establishment, but its yield was same as that obtained after normal seeding of a high-yielding variety at a high seeding rate. These results suggested that the intercropping system of rice and barley can improve the total yield, without requiring high labor inputs. However, further studies are required to improve this method in terms of seedling establish rate and weed management. Furthermore, improvement of the accuracy of growth prediction by using the AMeDAS data might allow the selection of appropriate rice varieties for intercropping.

*1 NARO Agricultural Research Center

*2 Oosato Agriculture and Forestry Promotion Centre