

I S S N 1 8 8 3 - 8 5 0 2

長野農業試報 2 号
Bull. Nagano Pref
Agr. Exp. Stn.
No. 2 March 2020

長野県農業試験場報告

第 2 号

令和 2 年 3 月

長野県農業試験場

須坂市小河原

長野県農業試験場報告

第2号

令和2年3月

目 次

水田輪作体系のコムギ・ダイズ・ソバ作におけるダウンカットロータリを用いた耕うん 同時畝立て播種機の作業性及び収量への影響 青木政晴・大久保高典・土屋学・上原敬義・岡本潔・細野哲	1
水稻高密度播種苗の栽培特性、移植精度及び経営評価について 上原泰・青木政晴・細野哲・中澤徹守・森本勉・土屋学・奥出聡美・ 丸山翔太・酒井長雄	9
長野県における登熟期気温が水稻品質に与える影響 奥出聡美・森本勉・酒井長雄	24
もち性大麦新品種「ホワイトファイバー」について 田淵秀樹・前島秀和・上原泰・牛山智彦・細野哲・中村和弘・酒井長雄・ 中澤伸夫・高橋信夫・吉田清志・矢ヶ崎和弘・新井利直・谷口岳志・ 後藤和美・久保田基成	40
酒造好適米新品種「山恵錦」について 細井淳・高松光生・久保田基成・牛山智彦・新井利直・酒井長雄・吉田清志・ 矢ヶ崎和弘	48
葉色に基づくイネいもち病の発生予察手法 中島宏和・山下亨・萬田等・和田美佐	56

水田輪作体系のコムギ・ダイズ・ソバ作におけるダウンカットロータリを用いた 耕うん同時畝立て播種機の作業性及び収量への影響

青木 政晴・大久保 高典¹・土屋 学²・上原 敬義・
岡本 潔³・細野 哲⁴

Effect for Yielding Ability and Operating Performance of the Down-cut Method of Rotary Tilling, Ridge-making and Seeding in Crop Rotation Systems for Paddy Fields

Masaharu AOKI, Takanori OOKUBO, Manabu TSUCHIYA, Takayoshi UEHARA,
Kiyoshi OKAMOTO and Satoshi HOSONO

Abstract

In the case of using the tilling simultaneous ridges-making seeder which has 220cm down-cut rotary, the width of the high ridge becomes wider, the its inter-row space was equal, and the its height tend to be low, compare to up-cut rotary. On surface soil, the soil pulverization rate which used 220cm down-cut rotary was lower than up-cut method of rotary tilling, higher than down-cut method of rotary tilling. Down-cut method of rotary tilling, ridge-making and seeding was alleviated wet injury damage by changes like an up-cut method of rotary tilling, ridge-making and seeding. This effect continued through the whole for the growth period. The establishment and yield of buckwheat, soybean, and wheat was increased. And the capacity of operation sequence putting together a basal tillage of the chisel plowing was same level as down-cut method of rotary tilling and seeding.

Key Words: Ridge-making and seeding by down-cut rotary tiller, buckwheat, soybean, wheat

緒 言

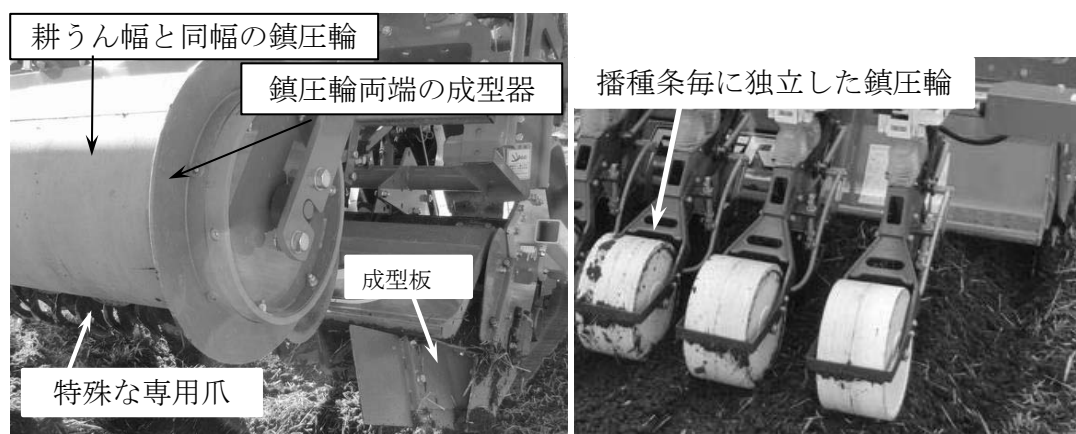
アップカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種機は、一工程で耕うんと平高畝成型を行うことができ、畝立てによる湿害軽減とそれに伴う増収効果が認められている(細川 2006)。長野県では本播種機を用いた耕うん同時畝立て播種技術の普及を図り(長野県 2011)、2015年には約 600ha のコムギ、ダイズ、ソバ作で利用されている(長野県他 2017)。アップカットロータリは土壌表面

の碎土性に優れるものの、耕うん幅 220cm の場合、作業能率は 1.5~2ha/日程度である(細川 2008)。県内の水田輪作体系において、これらの作物は播種適期が短いことから、大規模経営体では作業能率が優れる播種機が強く要望されている。そこで、農研機構及び(株)松山ではアップカットロータリに比べ作業能率が高く、従来のダウンカットロータリに比べ碎土性が優れる新たなダウンカットロータリ(松山(株) 2019)を改良した耕うん同時畝立て播種機を開発した(関 2017)。この播種機は、①ダウンカットロータリの耕うん爪の曲がりの方向を変更し、②ロータリ後方側面に成型板(サイドリッジヤ)、③耕うん幅と同幅で両端に成型器を装着した鎮圧輪(試作機)から構成される(第1図)。ダウンカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種では事前耕耘が必要になるため、本研究では圃場作業量が高い反転耕(日本農作業学会 1999)を行うチゼルプラウを組み合わせた体系について、平高畝の成型精度及び碎土性、作業能率、コムギ、ダイズ作における土壌水分の推移及びコムギ、ダイズ及びソバの生育、収量への影響を検討した。

本研究は、県単素材開発研究、国研機構生物系特定産業技術研究支援センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」によって行われた。

なお、本報告の一部に北陸作物学会報51(2016)及び53(2018)を含む。

- 1 現在 長野県農政部農業技術課
- 2 現在 長野県松本農業改良普及センター
- 3 現在 長野県畜産試験場
- 4 現在 長野県長野農業改良普及センター



第1図 耕うん同時畝立て播種機の比較.

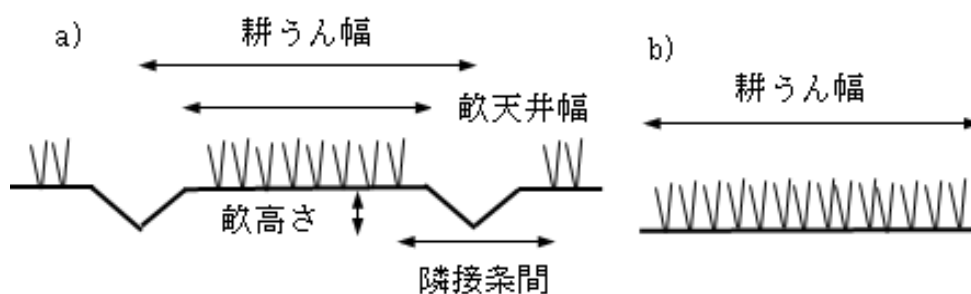
左) 試験機の耕うん爪・畝成型用の鎮圧輪および成型板, 右) 対照機

第1表 異なる播種機を用いた畝成型試験にかかわる条件および処理.

圃場	作目	播種期	土性	播種時 土壌含水率 (%)	試験機		対照機		慣行機	
					播種条数 (条/工程)	播種条間 (cm/条)	播種条数 (条/工程)	播種条間 (cm/条)	播種条数 (条/工程)	播種条間 (cm/条)
安曇野	コムギ	2014/10/29	中粗粒灰色低地	28.9~33.0	8	27	8	26	9	17
安曇野	コムギ	2015/11/3	多湿黒ボク土	46.4~50.1	8	29	8	25	9	17
安曇野	ダイズ	2015/7/2	中粗粒灰色低地	32.8~34.1	6	28	6	33	6	41
須坂	ダイズ	2015/7/3	細粒グライ土	39.1	6	28	4	40	4	42
安曇野	ソバ	2015/7/27	多湿黒ボク土	26.9	12	18	—	—	9	17

第2表 播種及び事前耕起に用いた作業機, 調査項目.

圃場		安曇野		須坂	
作目		コムギ, ダイズ, ソバ		ダイズ	
試験機 体系	試験機	畝形状	平高畝	平高畝	
		耕うん幅	220cm	220cm	
		型式	TBM2200E+UF-S22H	TBM2200E+UF-S22H	
事前耕起		チゼルブラウAPC1700, APS2300		ダウンカットロータリAPU1810H	
対照機 体系	対照機	畝形状	平高畝	平高畝	
		耕うん幅	220cm	180cm	
		型式	BUR-2210H+RHG	EPU1810H+TDR-U	
事前耕起		ダウンカットロータリKRF262T		ダウンカットロータリAPU1810H	
慣行機 体系	慣行機	畝形状	平畝	平畝	
		耕うん幅	240cm	170cm	
		型式	SRA241	CX1710+TDR-U	
事前耕起		ダウンカットロータリKRF262T		ダウンカットロータリAPU1810H	
調査 項目	畝成形精度	2014年コムギ, 2015年コムギ, 2015年ダイズ		—	
	碎土率	2015年コムギ, 2015年ソバ		2015年ダイズ	
	作業能率	2014年コムギ, 2015年コムギ, 2015年ダイズ, 2015年ソバ		—	
	土壌水分	2015年コムギ, 2015年ダイズ		—	
	生育, 収量	2014年コムギ(対照機を除く), 2015年コムギ, 2015年ダイズ, 2015年ソバ(対照機を除く)		2015年ダイズ	



第2図 畝の形状.

a)試験機・対照機の平高畝, b)慣行機の平畝を示す.

材料及び方法

2014～2016年に現地(長野県安曇野市, 標高 560～630m, 以下安曇野), 長野県農業試験場(長野県須坂市, 標高 340m, 以下須坂)の水田転換畑において, 第1表及び第2表に示す試験条件により事前耕起及び播種作業を行った. 第1図に示したダウンカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種機(以下試験機), アップカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種機(以下対照機), 慣行のダウンカットロータリを用いた平畝播種機(以下慣行機)を用いて播種作業を行った. 播種前の事前耕起は, 安曇野圃場の試験機播種区のみチゼルプラウとし, それ以外はダウンカットロータリを用いた.

品種は, コムギは「しゅんよう」, ダイズは安曇野圃場では「ナカセンナリ」, 須坂圃場では「すずほまれ」, ソバは「信濃1号」を供試した.

1a 当たり播種量は, コムギが 0.8～0.9kg, ダイズが 0.75～0.8kg, ソバが 0.45～0.5kg とした. 施肥, 病害虫及び雑草防除は同一管理とした.

試験圃場は, 安曇野では 9～29a, 無反復とし, 須坂では 1 圃場内で 1 区 41 m², 3 反復とした. 第2表に示した各圃場における調査項目について, 以下により調査を行った.

1 畝成型精度及び作業能率

試験機及び対照機を用いた平高畝の形状は, 第2図に示す畝天井幅, 隣接条間の長さ, 畝の高さで示した.

播種後の碎土率は, 各反復につき 3 箇所, 各 0.09 m² から 0～5cm 深度及び 5～10cm 深度の土壌を採取し, 20mm の篩目による選別後に 100℃で乾燥し, 20mm 篩下土壌の重量比率として示した. また, 同じ土壌を用いて採取後及び乾燥後の重量差から土壌含水率を求めた.

作業能率の指標として, 安曇野圃場で作業速度及び目視による作業内容別の作業時間を調査した. 作業速度は 10m 間所要時間を複数回計測し, 平均速度を算出した. また, 作業内容別の作業時間は直進, 旋回, 枕地, 移動,

準備, 調整に分類し, 準備及び調整を除いた実作業時間を求め, 圃場作業量を算出した. 慣行機体系の圃場作業量は安曇野圃場近隣の経営体で 2015 年に調査した.

2 土壌水分, 作物の生育及び収量

安曇野圃場における土壌水分を, 土壌水分センサー(DECAGON 社製 EC-5)及び土壌水分ロガー(DECAGON 社製 Em-5b)を用いて調査した. 1 区当たり 3 箇所にロガーを設置し, 1 ロガーには 4～5m 間隔で土壌中に埋設した 3 本のセンサーを配した. 2015 年のダイズ作では 7～10 月にセンサーを 10cm 深度に埋設し, 2015 年のコムギ作では 2015 年 11 月～2016 年 6 月にセンサーを 5cm 深, 10cm 深, 15cm 深にそれぞれ埋設し, 土壌水分を測定した. 測定値は別途キャリブレーションで得た変換式で pF 値に変換した. なお, pF 値は 4.2 で植物の永久しおれ点となり, 低いほど土壌水分が高いことを示す.

コムギ, ダイズ, ソバの生育及び収量は, 播種機毎に 3 箇所を収穫, 調査した. 苗立ち数は, コムギでは 2014 年には播種 25 日後, 2015 年には播種 31 日後に 1 箇所につき隣接する 6 条, ダイズでは安曇野圃場では播種 13 日後に隣接する 4 条, 須坂圃場では播種 12 日後に隣接する 3 条, ソバでは播種 24 日後に隣接する 5 条において, 1m 間の個体数を計測した. コムギの茎数及び穂数は隣接する 2～4 条×1m 間を調査し, 1 m² 当りに換算した. コムギの葉数及び稈長, ダイズ及びソバの生育は 15 株を調査した. 収量は, 約 2 m²～3.3 m² を収穫し, 乾燥後に脱穀, 調製し, 1a 当りに換算した.

結 果

1 畝成型精度及び作業能率

試験機及び対照機による平高畝の成型精度を第3表に示す. 試験機の畝天井幅は 193～206cm, 隣接条間は 41～52cm, 畝高さは 14～17cm であった. 対照機と比べ, 畝天井幅は広く, 隣接条間は条件による変動はあるもののほぼ同等, 畝高さは 2015 年コムギでは同等, 2015 年

第3表 安曇野圃場における平高畝の成型精度.

年次・作目	播種機	畝天井幅 (cm)	隣接条間 (cm)	畝高さ (cm)
2014・コムギ	試験機	192.6 ± 4.5	52.4 ± 4.5	—
	対照機	181.2 ± 10.4	52.2 ± 11.9	—
2015・コムギ	試験機	202.3 ± 4.7	48.2 ± 6.5	16.5 ± 2.1
	対照機	175.0 ± 15.1	41.4 ± 7.4	15.8 ± 2.5
2015・ダイズ	試験機	205.6 ± 8.5	41.7 ± 8.2	14.2 ± 1.8
	対照機	199.8 ± 7.0	48.4 ± 7.2	18.0 ± 1.5
2015・ソバ	試験機	198.6 ± 3.0	41.0 ± 0.4	13.8 ± 0.4

平均値±標準偏差を示す.

第4表 播種機が砕土率に及ぼす影響 (2015年試験).

圃場	作目	播種機	土壌含水率 (%)	0~5cm深度 (%)	5~10cm深度 (%)
安曇野 コムギ	試験機	対照機	46.4	66.2 ± 11.3	72.1 ± 3.6
		慣行機	50.1	80.1 ± 16.9	65.4 ± 17.7
		慣行機	50.1	47.4 ± 19.5	59.9 ± 17.1
須坂 ダイズ	試験機	対照機	39.1	76.9 ± 10.4 ^a	87.9 ± 7.6
		慣行機		95.6 ± 1.3 ^b	93.0 ± 2.6
		慣行機		80.4 ± 1.4 ^a	94.0 ± 1.2
安曇野 ソバ	試験機	対照機	26.9	97.5 ± 4.3	86.2 ± 23.9
		慣行機		93.6 ± 5.4	88.7 ± 13.2

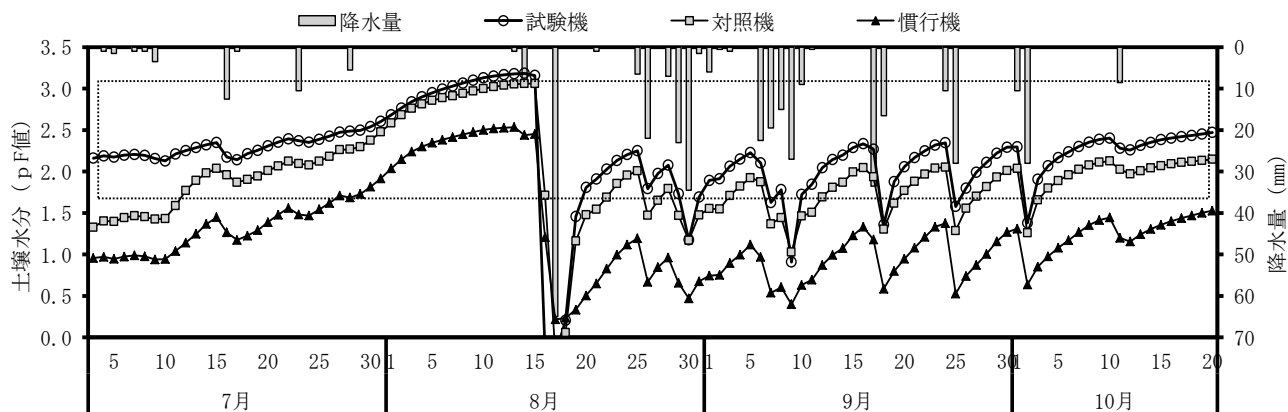
土壌含水率のうち須坂圃場, 安曇野圃場ソバでは全区平均値とした.

砕土率は平均値±標準偏差を示す.

砕土率の同一作目の播種機間には異符号間で10%水準の有意差があり, 他はないことを示す(Tukey法).

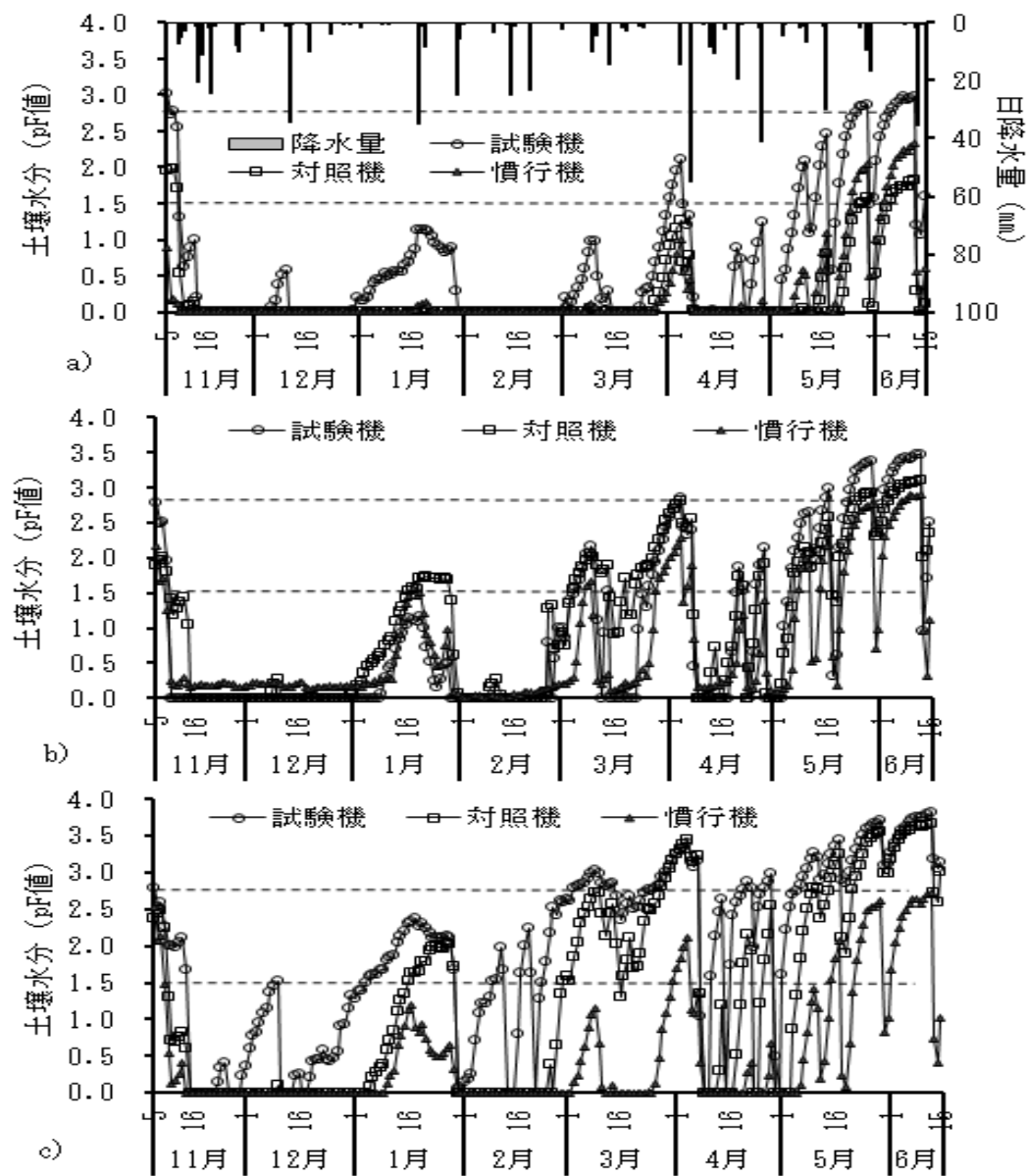
第5表 安曇野圃場における作業能率の比較.

作目	作業名	試験機体系			対照機・慣行機体系				
		年次・作業機	圃場 面積 (㎡)	作業 速度 (m/s)	圃場 作業量 (ha/h)	年次・作業機	圃場 面積 (㎡)	作業 速度 (m/s)	圃場 作業量 (ha/h)
コムギ	事前耕起	2014・チゼルプラウ	2484	—	0.67	2014・ロータリ	1607	—	0.62
	播種	2014・試験機	2741	—	0.34	2014・対照機	931	—	0.17
		2015・試験機	2736	0.70	0.38	2015・慣行機	2876	0.75	0.42
ダイズ	事前耕起	2015・チゼルプラウ	2741	—	0.76	2015・ロータリ	1607	—	0.37
	播種	2015・試験機	2741	0.71	0.33	2015・対照機	1300	—	0.16
						2015・慣行機	1607	0.87	0.35
ソバ	播種	2015・試験機	1288	0.72	0.31	2015・慣行機	2900	0.63	0.40



第3図 安曇野圃場のダイズ作における畝の土壌水分の推移.

センサー埋設位置は10cm. 破線内は適正水分のpF1.5~2.8を示す. 降水量はアメダス徳高観測値. 8月15日に干ばつ対策として全面かん水を行った.



第4図 安曇野圃場のコムギ作における畝の土壌水分の推移。
 センサー埋設位置はa)15cm深度、b)10cm深度、c)5cm深度を示す。
 破線内は適正水分のpF1.5～2.8を示す。
 降水量はアメダス穂高観測値。

ダイズでは低かった。

試験機の碎土率は、0～5cm 深度においてコムギでは慣行機より高く、コムギ及びダイズでは対照機より低い傾向であった。5～10cm 深度においてはコムギでは対照機及び慣行機より高く、ダイズでは低い傾向であった(第4表)。

事前耕起に用いたチゼルプラウの圃場作業量は、コムギで 0.67ha/h、ダイズで 0.76ha/h で、慣行ロータリと比べコムギで 108%、ダイズで 205%と増加した。試験機を用いた播種の圃場作業量は3作物で 0.31～0.38ha/h となり、対照機に比べコムギ及びダイズで 200～206%と増加し、慣行機に比べ3作物で 78～94%と減少した(第5表)。

2 土壌水分、作物の生育及び収量

土壌水分の推移は、ダイズ作を第3図、コムギ作を第4図に示した。ダイズ作での10cm 深度の pF 値は、8月中旬以降の日降水量が 30mm 以上の降雨後を除き試験機及び対照機の pF 値が 1.5～2.8 の範囲で、試験機は対照機に比べ土壌水分が低い傾向であった。7月下旬から8月中旬を除き慣行機の pF 値は 1.5 以下であった。なお、65mm の降水量があった8月17日直前での土壌水分の急速な低下は、8月15日に干ばつ対策として圃場全面にかん水を行った影響である。コムギ作での土壌水分

は、生育期間を通じて慣行機では湿潤傾向であったが、試験機及び対照機では乾湿の差は大きいものの慣行機に比べ pF 値は高く推移した。湿害を受けやすい播種後の11月前半、越冬中の1～2月の5cm 深度及び10cm 深度でその傾向が強く、15cm 深度では明らかに高かった。

試験機の苗立ち数は、コムギでは慣行機に比べ2ヵ年とも同程度、2015年の対照機に比べ少なかった(第6表)ダイズでは安曇野圃場では対照機と同程度で、慣行機に比べ多かった。須坂圃場では3機種とも同程度だった(第7表)。ソバでは慣行機に比べ少なかった(第8表)。コムギでは2014年は慣行機に比べ試験機は越冬前茎数が約90本/㎡少なく、穂数は約120本/㎡多かったが、子実重及び千粒重に差はみられなかった。2015年には慣行機に比べ試験機及び対照機は越冬前茎数が同等、穂数が100本/㎡以上少なかったが、千粒重は約2g 高く、子実重は約8kg/a 高かった(第6表)。ダイズでは、安曇野圃場における試験機の莢数、百粒重、子実重は対照機に比べ低かったが、慣行機に比べ子実重は約4kg/a 高かった。須坂圃場では全区で開花期後に倒伏し、慣行機の倒伏程度が大きく、慣行機の主茎長及び全重が試験機及び対照機に比べ高かったが、子実重は約8kg/a 低かった(第7表)。ソバでは生育及び収量に差がみられなかった(第8表)。

第6表 コムギの生育及び収量.

圃場	年次	播種機	1ヶ月後 苗立ち数 (個体/㎡)	越冬前 茎数 葉数 (本/㎡)	稈長 (cm)	穂数 (本/㎡)	総重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)
安曇野	2014	試験機	172 ± 16.6	224 4.0	78	777	144.4	62.2 ± 11.4	42.4
		慣行機	165 ± 8.7	316 3.5	74	655	152.2	64.0 ± 13.6	42.4
安曇野	2015	試験機	137 ± 8.7	233 3.5	63	297	112.5	43.4 ± 5.4	40.4
		対照機	182 ± 7.5	250 4.0	61	239	117.0	44.5 ± 4.9	40.9
		慣行機	139 ± 17.0	221 3.5	60	400	91.8	36.7 ± 10.7	38.3

子実重は平均値±標準偏差を示す。

第7表 ダイズの生育及び収量.

圃場	年次	播種機	2週間後 苗立ち数 (個体/㎡)	主茎長 (cm)	第一次 分枝数 (本/個体)	莢数 (/個体)	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	百粒重 (g)
安曇野	2015	試験機	38.3 ± 5.0	87	2.2	24.5	93.2	41.6	29.5
		対照機	40.2 ± 1.0	83	2.8	37.7	95.5	47.9	30.6
		慣行機	30.2 ± 0.0	79	2.4	29.6	84.7	37.9	31.6
須坂	2015	試験機	28.6 ± 8.9	84	0.9	18.2	93.9	36.9 ± 9.0	37.8
		対照機	31.5 ± 3.2	86	1.7	20.4	79.2	36.6 ± 5.3	36.0
		慣行機	33.3 ± 0.8	91	1.2	14.4	124.8	28.0 ± 4.6	36.4

子実重は平均値±標準偏差を示す。

第8表 ソバの生育及び収量.

圃場	年次	播種機	3週間後 苗立ち数 (個体/㎡)	草丈 (cm)	主茎 節数 (節/個体)	初花 節位 (節)	第一次 分枝数 (本/個体)	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	千粒重 (g)
安曇野	2015	試験機	81.1 ± 5.4	110	10.1	5.9	2.9	39.3	8.2 ± 0.6	29.3
		慣行機	105.4 ± 4.4	109	10.1	6.3	3.4	36.3	9.0 ± 2.0	27.9

苗立ち数、子実重は平均値±標準偏差を示す。

考 察

対照機を用いた耕うん同時畝立て播種における隣接条間は、ダイズでは減収及び雑草害の回避のために 50cm 程度が適する(青木ら 2012)。本試験における試験機の隣接条間は 41~52cm で(第 3 表)、栽培上の実用性を有すると考えられたが、平高畝成型において隣接条間を狭くするためには、畝肩の成型精度が高いことが重要である。平高畝の肩幅を表す 220cm の耕うん幅と畝天井幅との差は、試験機は 14~27cm、対照機は 20~45cm であり、畝肩は試験機の方が急角度であった。また、2015 年コムギでは、試験機に比べ対照機の畝天井幅が 27cm 短いのは、播種時の土壌含水率が約 48% (第 4 表) と高いため、畝肩部分の成型が不十分であったことによると考えられた。土壌水分が高い条件において試験機の成型精度が優れている理由は、対照機の鎮圧輪が播種条毎の独立輪であるのに対し、試験機が成型板及び両端に成型器を装備した鎮圧輪を装着し(第 1 図)、平高畝両端の傾斜部分の鎮圧が強化された効果と考えられる。

一方、播種時の土壌含水率が約 33% であった 2015 年ダイズにおける試験機の畝高さは約 14cm と、対照機に比べ低く、播種時の土壌含水率が 26.9% の乾燥状態であった 2015 年ソバと同等であった。このことから、試験機の畝高さは、対照機に比べ湿潤条件では同程度だが、土壌の含水率が 30% 程度以下に乾燥した条件では低くなる傾向があることを示している。天候に応じて事前耕起の時期を調整し土壌の過乾燥を防ぐ必要があると考えられた。

また、対照機を用いた一工程播種作業は慣行機に比べ碎土性が高い(細川 2006)。試験機は対照機より表層の碎土性が劣ることが想定されたが、本試験では適期の事前耕起による碎土を行ったため、播種機による差が小さくなったと考えられる。一般に、土壌表層の碎土率が高いほど発芽率が高くなるが、転換畑で耕起時の土壌水分が高い場合に碎土率は低下する。土壌水分と碎土性との関係についてはさらに検討を要する。

対照機の作業能率は、事前耕起を行わない一工程作業において耕うん幅 220cm 機では 1.5~2ha/日程度の播種が可能で(細川 2008)、事前耕起を行うと作業速度を向上できる(青木ら 2012)ことから作業能率の向上につながる。試験機を用いた圃場作業量は、対照機に比べ 2 倍以上増加したが、慣行機に比べ 1~2 割低下した(第 5 表)。一方、事前耕起にチゼルプラウを用いた場合は約 0.7ha/h と、ロータリを用いた場合の 0.37~0.62ha/h に比べ安定して高かった(第 5 表)。従って、チゼルプラ

ウによる事前耕起と試験機による播種作業体系は、広く普及しているロータリによる事前耕起と慣行機による播種作業体系並に作業能率が高い。

コムギ作における土壌水分は、生育期間を通じて湿潤傾向であった(第 4 図)。これは本圃場が圃場整備後 3 年目のため保水性が高かったこと、周囲溝による排水対策が不十分であったこと、20mm 程度の日降水量が断続的にあったことによると考えられる。こうした条件において、試験機の pF 値は、いずれの土壌深度においても慣行機に比べ高く推移した。また、安曇野圃場の 2015 年コムギ(第 6 表)及びダイズ(第 7 表)、須坂圃場の 2015 年ダイズ(第 7 表)では、試験機の子実重が慣行機に比べ高かった。これは、細粒グライ土である須坂圃場においても安曇野圃場(第 3 図、第 4 図)と同様に湿潤条件であり、湿害軽減効果によると考えられた。山口(2015)は、従来機の畝立てによる湿害回避が地表から 10cm 深の液相率の低下及び気相率減少の抑制による土壌環境の改善によると指摘している。本試験機の湿害軽減効果は、播種時の土壌含水率及び土壌水分の推移から湿潤条件であったコムギ作における 5~10cm 深度の碎土率が慣行機より高い傾向であり(第 4 表)、10cm 深度の土壌水分が対照機と同様に推移(第 4 図)した。このことはロータリ方式は異なるものの、山口(2015)が指摘する対照機と同様な土壌環境改善の効果によると考えられる。また、湿害の影響として苗立ち数の減少があるが、試験機の苗成ちは、慣行機に比べコムギでは同等(第 6 表)、ダイズでは安曇野圃場では高く、須坂圃場ではやや低かった(第 7 表)。また、試験機の子実重は慣行機に比べ 2015 年安曇野圃場でのコムギ(第 6 表)、両圃場でのダイズで高かった(第 7 表)。一方、試験機のコムギ及びダイズの苗立ち数及び子実重は、対照機と同等か少ない傾向であった(第 6 表、第 7 表)。このことは、畝立てにより生育期全般を通じた湿害軽減効果によると考えられるが、今後、詳細な検討が必要である。

土壌水分の適正な範囲は、畑作の普通作物では pF1.5 程度から pF2.8 程度(藤原ら 2010)とされ、干ばつによるダイズのかん水開始の目安は pF2.8 である(黒瀬 2012)。ダイズ作での 10cm 深、排水不良条件でのコムギ作での越冬以降において、試験機の土壌水分は慣行機に比べ適正な範囲であった。一方、ダイズの開花期前である 8 月上旬、コムギの出穂期頃の 5 月中旬以降には、試験機及び対照機ともに降雨後速やかに pF 値が 3.0 以上となり、ダイズ及びコムギ作の 5cm 深度(第 4 図 C)では、対照機に比べ試験機の土壌水分が低く推移した。また、土壌水分が良好に推移した 2014 年安曇野圃場のコムギでは、試験機、慣行機ともに子実重の差がなく多

収で（第6表），乾燥傾向で推移した2015年安曇野圃場のソバでは，試験機，慣行機ともに子実重の差はなく，収量は9kg/a程度にとどまった（第8表）．長野県の転換畑では，ムギ作では止葉展開期である4月下旬～5月上旬以降，ダイズ作では開花期前後である7月下旬～8月中旬に土壌乾燥が問題になる地域がある．畝立て栽培による乾燥の影響，平高畝の間隙を利用したかん水の効果についてはさらに検討を要する．

土屋（2016）は，コムギ，ダイズ，ソバ作におけるチゼルブラウ及び試験機を含む高能率作業体系，水稻湛水直播栽培を組合せ，省力化及び高能率化の効果により最大65haの作業体系構築を試算している．これらを大規模経営体における実証を通じ，生産費低減効果の評価も検討を要する．

摘 要

耕うん幅220cmのダウンカットロータリを用いた耕うん同時畝立て播種機（試験機）は，アップカットロータリを用いた場合（対照機）に比べ，平高畝の畝天井幅は広く，隣接条間は同等，畝高さは低い傾向にある．また，試験機による碎土率は，土壌表層では対照機より低く，ダウンカットロータリを用いた平畝播種機（慣行機）より高い．こうした特徴の平高畝により，湿潤条件での土壌水分は慣行機より低く，対照機並に推移し，土壌環境の改善によると考えられる湿害軽減効果がある．苗立ち期に加え，生育期全般を通じてこの効果がみられ，苗立ち数及び収量の確保につながる．

また，対照機で課題となっていた作業能率の低さを改善するため，チゼルブラウを用いた事前耕起を組み合わせる作業体系とすることにより，ダウンカットロータリを用いた慣行体系並の作業能率となる．

謝 辞

本研究にあたり，実証試験に協力頂いた（有）斉藤農園の斉藤岳雄氏はじめ社員の皆様，青柳聡氏，プロジェクト主査であり作業技術分野で主導頂いた農研機構中央農研の関正裕氏，加藤仁氏，山本亮氏はじめ職員の皆様，耕うん同時畝立て播種機の開発に尽力頂いた（株）松山の村山生夫氏，浦野保徳氏，長野県農業試験場で草稿段階で有益な助言を頂いた山田直弘氏，試験を協働した原田良太氏，酒井長雄氏はじめ職員一同に記してお礼申し上げます．

引用文献

- 青木政晴・酒井長雄・細川寿・土屋学 2012. 耕うん同時畝立て播種技術におけるオオムギ・ダイズの播種精度向上と収量安定化のための適正な作業速度及び隣接条間. 北陸作物学会報. 47 : 79-83.
- 細川寿 2006. 多様な土壌に対応する耕うん同時畝立て播種技術 湿害を回避し,増収,省力. 機械化農業. 3057 : 12 -15.
- 細川寿 2008. 耕うん同時畝立て播種作業機の汎用利用による麦・そばの湿害軽減技術 麦,そばの安定栽培を目指す. 機械化農業. 3080 : 17-20.
- 藤原俊六郎・安西哲郎・小川吉雄・加藤哲郎 2010. “土壌肥料用語辞典”, 農山漁村文化協会, 東京, 53-61.
- 黒瀬義孝 2012. “大豆づくり Q&A”, 全国農業改良普及支援協会, 東京, 52-53.
- 松山（株）. 松山株式会社:
<http://www.niplo.co.jp/products/cat-1/product-01.php?c=b050&id=185>.
- 長野県 2011. 平成 23 年度普及に移す農業技術:
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2011-2-h03.pdf>. (2019 年 9 月 30 日アクセス確認)
- 長野県・長野県農業協同組合中央会・全国農業協同組合連合会長野県本部・長野米生産販売対策会議・長野県食糧集荷協同組合・長野県農業再生協議会 2017. “麦・大豆・そば生産振興方針”, 長野県農政部農業技術課, 長野, 5-6.
- 日本農作業学会 編 1999. 農作業学 第7 おもな作業工程 耕うん. 農林統計協会. p254-p263.
- 関正裕 2017. 新技術の現地実証における組織などの連携について(革新的技術緊急展開事業を例に). 北陸作物学会報. 52 : 71-76.
- 土屋学・大久保高典・青木政晴・関正裕・加藤仁・細野哲・上原敬義・岡本潔・酒井長雄 2016. 長野県における高性能農業機械を軸とした水田輪作体系における作業性の検証. 北陸作物学会報. 51 : 40-43.
- 山口典子・原貴洋・土屋史紀・手塚隆久・小林透・田坂幸平・田中章浩 2015. 国頭マージ土壌におけるソバ湿害発生と畝立て栽培の導入による湿害回避効果. 日本土壌肥料学雑誌

水稻高密度播種苗の栽培特性，移植精度及び経営評価について

上原 泰・青木 政晴・細野 哲¹・中澤 徹守・森本 勉²・土屋 学³・

奥出 聡美・丸山 翔太・酒井 長雄

Rice Cultivation Characteristics of High Density Seedlings in Nursery Boxes, Transplant Accuracy and Reduce Seedling Box

Yasushi UEHARA, Masaharu AOKI, Satoshi HOSONO, Tetsushi NAKAZAWA, Tsutomu MORIMOTO,
Manabu TUCHIYA, Satomi OKUDE, Shota MARUYAMA and Nagao SAKAI

Abstract

We investigated high density seedlings which was performed with 250g seeding per a box. For high yielding rice "Hokuriku 193", high density seedlings with a seedling raising period of 7 days were examined. Leaf age and aboveground dry weight of aboveground on rice planeached the same level as the target seedling quality, but the growth was small compared with the middle seedling of the control, the high density seedlings had a small total number of pods, a high ripening rate, and the brown rice weight was 87.1 kg / a, which was 6% less. In the hand planted experiment, the seedling quality of the high density seedlings using "Koshihikari" was lower in leaf age, shorter plant height and lighter dry matter weight than young seedlings with almost the same seedling days. The growth, yield and quality of high density seedlings in paddy field were similar to those of young seedlings. In a comparative test of planting densities of 18 and 15 stock/m², using "Koshihikari", the seed weight was low at 15 stock/m², and there was no difference in growth and quality. Using "Koshihikari", we examined the practicality of high density seedlings using existing sowing machines and rice transplanters that are not compatible with high density seedlings sowing seedlings in Meissei Misato Azumino City. The high density seedlings had a seedling period of 21 days, and seedlings with 2.3 leaves and a plant height of 16.1 cm were obtained. The above ground dry matter was lighter than young seedlings. There was no difference in the stock removal rate of seedlings with high density seedlings. Growth in paddy field was 1 day at heading time and 2 days at maturity time compared to young seedlings, but there was no difference in culm length, ear length, and number of ears, but there was no difference in brown rice weight, there was no difference in grain yield or brown rice protein content. We examined the practicality of high density seedlings with planting densities of 18 and 15 stock/m². There was no difference in the rate of stock loss due to planting density. The number of seedling boxes used per 10a is 11.6 boxes at a planting density of 18 stock/m² and 7.1 boxes at 15 stock/m², compared to 14.2 seedlings with a planting density of 18 stock/m². These results suggest that high-density sowing seedlings are a labor-saving, low-cost, and practical cultivation method.

Key Words : High density seedlings in nursery boxes, Koshihikari, Low cost, Reduce seedling box Transplant accuracy

本研究の一部は、農研機構生研支援センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を集結した革新的な技術体系の確立）」及び「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」によって行われた。

1 現在 長野農業改良普及センター

2 現在 飯田市在住

3 現在 松本農業改良普及センター

緒 言

長野県の水稲生産費（10a 当たり）は、162,443 円で、全国の 115,330 円より 47,113 円上回っている（関東農政局 2015）。生産費の低減は、長野県の水稲経営の大きな課題である。また、作業労働時間（10a 当たり）を見ると、全国の 24.82 時間に対し、長野県は 36.91 時間と 48.7 %多い。そのなかで、育苗は作業労働時間の 11.6%を占める。（関東農政局 2015）長野県の水稲作は、低コスト化と省力化が大きな課題であり、育苗労力を削減できれば省力化及び生産費の低減化につながると考えられる。

育苗作業を省略する直播栽培は省力的な技術であるが、雑草イネの発生により、減少傾向である（酒井ら 2016）。また、移植栽培においては、播種量 200~300g/箱（乾籾重、以下同じ）、育苗日数 7~10 日、葉数 1.0~1.5 を育苗目標とする乳苗育苗（長野県 2010）を、1991 年に長野県普及に移す農業技術としたが（農林水産省農業研究センター 1991）、苗の田植機へのセット時に細心の注意が必要であったこと、田植え時の草丈が短いことから水管理が難しく、根張りが弱い浮き苗が多いこと、胚乳に残存する養分をねらった鳥（カモ）害が発生したことなどの理由から定着はしなかった。

一方、田植え時の栽植密度を慣行の 70 株/坪（21 株/㎡）、60 株/坪（18 株/㎡）から 50 株/坪（15 株/㎡）以下へ減らす疎植栽培は、使用苗箱数の削減が可能であり、生産費が削減できる（長野県 2019a）ことから、県下で広く普及している。また、育苗時の灌水作業の省力化技術としては、プール育苗法（長野農試 2008）が普及している。

近年、石川県では、250~300g/箱の高密度播種苗栽培技術の開発を進めており、使用苗箱数の削減による生産費の低減を図っている（澤本ら 2019）。さらに、現在 2 葉程度の苗を用い、播種量 300 g/箱まで対応可能な高密度播種苗対応仕様の播種機、田植機が発売される（ヤンマーアグリジャパン 2016）など、高密度播種苗は注目の技術となっている。

そこで、長野県における高密度播種苗の実用性について、苗質、栽培特性、移植精度、苗箱削減の面から検討した。

1 多収米「北陸 193 号」を用いた検討

農業試験場の場内ほ場において、多収米「北陸 193 号」を用いた高密度播種苗について検討を行った。当系統は穂数型の矮性インド型であり、より多くの穂数を得て多

収をねらうため、高密度播種苗により、植付本数を確保することを目的としたものである。

材料および方法

試験は、2014 年に農業試験場（須坂市、標高 340m）の水田で行った。種子は、イプコナゾール・銅水和剤を用いた種子消毒後、室温での浸漬、循環式催芽機を用い催芽を行ったものを供試した。播種量を 250g/箱（以下、高密度播種苗）として、成形マット及び覆土には人工培土を用いて 5 月 5 日に手播きし、蒸気式出芽器を用いた出芽後、温室においてプール育苗を行った。対照区は中苗とし、播種量 100g/箱で人工培土を用いて 4 月 1 日に手播きし、ビニールハウスにおいてプール育苗を行った。栽植密度は 22.2 株/㎡（条間 30cm、株間 15cm）、栽植本数は 1 株 3 本として、5 月 12 日に手植えを行った。施肥量（/㎡）は、基肥が N 5.25g-P₂O₅ 12.6g-K₂O 8.4g として代かき前に全層施用し、穂肥が幼穂形成期に N 2.25g を施用し、多肥条件とした。1 区当たり 7.2 ㎡とし、2 反復とした。代かき作業、雑草及び病虫害防除は慣行とした。

苗質は、100 本の草丈、葉数、茎葉重を調査した。成熟期に 15 株の稈長、穂長、穂数を調査し、穂数の中庸 5 株を採取し、風乾後に比重 1.06 の塩水選を行い、全籾数、登熟籾数を調査した。収量は 2.1 ㎡分を刈り取り、風乾後に脱穀、選粒して全重、藁重、粗玄米重を調査した。

結 果

育苗期間を 7 日間とした高密度播種苗区の苗質は、草丈は約 8cm、葉齢は 1.9 葉、地上部乾物重は 5.7mg/本と、稚苗の目標苗質である葉齢 2.0~2.5（長野県 2019b）と同程度に達したが、生育量は小さかった（第 1 表）。

対照区の中苗に比べ高密度播種苗区では、穂数が 19%多い 414 本/㎡、全籾数が 22%少ない約 40,000 粒/㎡、登熟歩合は約 2%高い 82.1%であり、粗玄米重は 6%少ない 87.1kg/a であった（第 2 表）。

考 察

インド型多収水稻品種の北陸 193 号を用いた高密度播種苗は、草丈が短く、茎葉重が小さかった（第 1 表）。北陸 193 号の育苗については、北陸地域の特に早期において草丈や茎葉重の減少、マット形成不良の改善策として、出芽器伸長処理（Ohsumi ら 2015）、苗へのマルチ被覆、プール育苗での深水管理、窒素分施の有効性が示されている（大角ら 2017）。本試験では出芽器の利用、温室内での育苗による短期間の育苗条件であったが、同様

な苗形質となり、これにより移植後初期の乾物生産の停滞から中苗に比べ全粒数及び粗玄米重の低下（第2表）につながったと考えられた。従って、高密度播種苗については、品種選定及び育苗法の検討が必要である。

2 「コシヒカリ」を用いた検討

「コシヒカリ」について、場内及び現地で試験を実施した。農業試験場の場内ほ場で、手植えにより、普通期および晩期栽培の検討を行った。さらに、稚苗との比較試験、栽植密度の試験を行い、高密度播種苗の栽培特性について検討した。

現地試験については、高密度播種苗対応仕様ではない播種機、田植機を用いて、長野県の水稲主産地のひとつである、安曇野市において、現地適応性を検討した。さらに、栽植密度 18 株/㎡と 15 株/㎡の比較試験を行い、高密度播種苗を用いた疎植栽培及び苗箱数削減について検討した。

材料および方法

1) 「コシヒカリ」を用いた普通期および晩期栽培の検討
試験は、2015 年に農業試験場（須坂市、標高 340m）の水田で行った。イプコナゾール・銅水和剤を用いた種子消毒、室温での浸漬、循環式催芽機を用い催芽を行った種子を供試した。代かき作業、雑草及び病虫害防除は慣行とした。

育苗試験は、普通期、晩期の 2 期で行った。普通期では、高密度播種苗区及び対照として稚苗区は播種量 160g/箱で 5 月 1 日に、同じく対照として中苗区は、播種量 100g/箱で 4 月 20 日に手播きした。いずれも人工培土を用い、ビニールハウスにおいてプール育苗を行い、出芽はアルミ・ポリフィルムを被覆した平置き出芽法（長野県 2019c）とした。また、晩期では、播種量および育苗方法は上記と同量として、高密度播種苗区及び稚苗区は 6 月 8 日、中苗は 5 月 29 日に手播きした。

また、普通期播種苗を用いて本田で苗の播種量及び栽植密度を組み合わせた試験を行った。栽植密度を高密度播種苗区は 12 株/㎡および 15 株/㎡、稚苗区は 15 株/㎡および 22 株/㎡、中苗区は 22 株/㎡、栽植本数は 1 株 3 本として 5 月 20 日に手植えを行った。施肥量（/㎡）は、基肥を N 3.5g-P₂O₅ 8.4g-K₂O 5.6g として代かき前に全層施用し、穂肥は幼穂長 1cm 期に N 1.5g を施用し、標準量条件とした。

苗質として、普通期では 5 月 20 日、晩期では 6 月 18 日に 1 区当たり 40 本の草丈、葉齢、茎葉重を調査した。

普通期において、地上 30cm のハウス内温度、育苗箱内の土中温度を 1 箇所測定した。生育、収量、収量構成要素は前記の「北陸 193 号」を用いた検討試験と同様に調査し、収量は 2.4 ㎡分を刈り取った。1 区当たり 7.2 ㎡とし、3 反復とした。

2) 「コシヒカリ」を用いた稚苗との比較試験

試験は 2016～2018 年に、農業試験場内ほ場において、手植えにより行った。代かき作業、雑草及び病虫害防除は慣行とした。

高密度播種苗区、対照区は播種量 160g/箱の稚苗区とした。播種日、育苗日数、移植日を第 6 表に示す。育苗は人工培土を用いた。基肥には、粒状配合肥料（BB046）を用い、代かき前に施肥量（/㎡）N 3.15g-P₂O₅ 4.4g-K₂O 5.0g を全層施用した。追肥は硫安で幼穂形成期に N 1.5g を施用した。移植日は 5 月中旬の普通期に設定した。栽植本数は株当たり 3 本とした。

苗質は、1 区当たり 30 本の草丈、第 1 葉鞘長、葉数、地上部乾物重、根乾物重を調査した。本田での試験区は 2 反復で行った。

田植後 30 日及び最高分けつ期に各区 15 株 3 ヶ所の草丈、茎数を調査した。葉色は幼穂形成期に SPAD505（コニカミノルタ）により各区 15 株 3 ヶ所調査した。出穂期、成熟期を観察し、成熟期に各区 15 株 3 ヶ所、稈長、穂長、穂数を調査し、倒伏程度を観察した。また、各区 15 株 3 ヶ所を刈り取り、風乾後に脱穀、選粒して玄米重及び屑米重を調査した。収量構成要素として、穂数を調査した 15 株のうち中庸 5 株を採取し、風乾後に比重 1.06 の塩水選を行い、全粒数、登熟粒数を調査した。整粒歩合は、穀粒判別器 VirgoES-1000（静岡製機）により測定した。玄米蛋白質含有量は、食味分析計 PS-500（静岡製機）により測定した。

3) 「コシヒカリ」を用いた栽植密度試験

試験は 2017 年及び 2018 年に農業試験場内ほ場で行った。高密度播種苗区の栽植密度を 18 株/㎡（条間 30cm、株間 19cm）と 15 株/㎡（条間 30cm、株間 22cm）に設定し、移植は手植えとした。耕種概要、調査項目は前記 2 - 2) と同じとした。

4) 安曇野市における現地栽培試験

2017～2018 年に高密度播種苗による現地栽培試験を安曇野市三郷明盛（灰色低地土、標高 595m）で行った。対照は稚苗とした。

育苗は、2017 年の稚苗区のみ農業試験場内で行い、その他は安曇野市で行った。育苗方式等は第 12 表に示した。高密度播種苗区の育苗日数は、2017 年が 20 日、2018 年が 21 日間であった。使用した播種機は、高密度播種苗

対応仕様ではない既存機を用いた。苗質は、1区当たり30本の草丈、第1葉鞘長、葉数、地上部乾物重、根乾物重を調査した。移植日、使用田植機、施肥量は第14表に示した。使用した田植機は、高密度播種苗対応ではない既存機を用いた。

ア 高密度播種苗と稚苗の比較試験

高密度播種苗と稚苗の比較試験は、栽植密度18株/m²で行い、田植機の60株設定により田植えを行った。

田植えは、植付本数が3～4本/株となるよう苗掻き取り量を調整し行った。田植機の横送り回数は26回であった。2017年のほ場は前年作付けが大豆で、2018年のほ場は前年作付けが水稻であった。施肥及び一般管理は地域慣行により行った。

移植直後に、株当たりの植付本数を各区10株3ヶ所、欠株率を各区100株3ヶ所について調査した。植付深さは、植え付けられた苗を、田面部分を押さえながら引き抜き、抑えた部分と根の上部の間を深さとし、各区10株3ヶ所測定した。植付姿勢の評価を各区100株調査した。評価は、植付直後の苗の姿勢の角度を調査し、ほぼ直立を0、垂直から30°までを1、30～60°を2、60～を3（第1図参照）とした。

最高分けつ期に、SPAD505(コニカミノルタ)により葉色を各区15株3ヶ所調査した。出穂期、成熟期を観察し、成熟期に稈長、穂長、穂数を各区15株3ヶ所調査し、倒伏程度を観察した。また、各区15株3カ所を刈り取り、風乾後に脱穀、選粒して玄米重及び屑米重を調査した。整粒歩合は、粒判別器VirgoES-1000(静岡製機)により測定した。玄米蛋白質含量は、食味分析計PS-500(静岡製機)により測定した。

イ 高密度播種苗の栽植密度試験

栽植密度試験は、18株/m²区と15株/m²区を設定して比較した。18株/m²区は田植機の60株/坪設定、15株/m²区は50株/坪設定により田植えを行った。調査方法は前記アと同じとした。

ウ 経営評価

現地栽培試験における経営評価は、2017年に労働時間を、2017年と2018年に直接育苗費を調査した。労働時間は、本田に田植機が入ってから出るまでの時間とし、その結果を基に、10m×100m(10a)のモデルほ場における時間を算出した。直接育苗費は、床土、育苗箱、種子代を調査し、算出した。

結 果

試験実施期間における気象経過については、5月から9月の日平均気温は、2014年、2015年、2018年はほぼ平年並み、2016年が平年より1.3℃、2018年が1.0°高く、高温傾向であった(長野気象台データ)。

1) 「コシヒカリ」を用いた普通期および晩期栽培の検討
育苗期間を19日間とした高密度播種苗区の苗質は、葉齢が2.0、茎葉重が14.2mg/個体であり、稚苗区に比べ葉齢に差はないものの、地上部乾物重は約14%小さかった(第3表)。

晩期播種において育苗期間を10日間とした高密度播種苗区の苗質は、葉齢が1.7、茎葉重が16.9mg/個体、根重が1.0mg/個体及び育苗箱内面積当たり7.0g/cm²だった。育苗期間が同じ稚苗区に比べ葉数は同等だったが、1個体当たりの茎葉重は7%、根重は37%小さかった。育苗箱内の面積当たりの根重は稚苗区、中苗区と同等だった。(第4表)

高密度播種苗区の茎数及び穂数は、中苗区に比べ12株/m²区では明らかに少なく、15株/m²区及び稚苗区でも少ない傾向であった。稈長が全区で96～103cmとなり、登熟中期以降に倒伏したため、いずれの区においても登熟歩合は75.8%以下、玄米重は53.8kg/a以下と低く、処理による差は明確ではなかった。高密度播種苗区的全粒数は、15株/m²区では41,689粒、12株/m²区では36,871粒と、中苗区に比べ少ない傾向であった。(第5表)

2) 「コシヒカリ」を用いた稚苗との比較試験

高密度播種苗区は3年間の平均で、葉齢が2.0、草丈が13.4cm、第1葉鞘長が3.9cmで、稚苗と比べ、葉齢は0.3少なく、草丈は2.9cm短かった。第1葉鞘長は、高密度播種苗区で0.8cm短かったが有意差はなかった。地上部乾物重は、稚苗区の14.7mg/本に対し、高密度播種苗区は12.4mg/本であった。単位面積当たり根乾物重では、稚苗区の2.2mg/cm²に対し、高密度播種苗区では3.1mg/cm²であった。(第7表)

高密度播種苗区の生育と収量を稚苗区と比較すると、いずれの調査項目も有意な差は認められなかった。高密度播種苗区の移植後30日の草丈と茎数は稚苗区と同等、最高分けつ期の草丈は同等、同じく茎数は稚苗区より多い傾向であった。同じく葉色は同等、出穂期、成熟期は同日であった。稈長、穂長は同等、穂数は高密度播種苗区で稚苗区より多い傾向で、倒伏程度は同等であった。(第8表)

玄米重および屑米重は、高密度播種苗区で低い傾向で、千粒重は同等であった。登熟歩合は、年次のばらつきが大きかったが、育苗方法による有意差はなかった。粒数は稚苗区で多い傾向で、整粒歩合は高密度播種苗区で高い傾向であったが、有意差はなかった。玄米蛋白質

含有率は同等であった。（第9表）

3) 「コシヒカリ」を用いた栽植密度試験

高密度播種苗による栽植密度 18 株/㎡区と 15 株/㎡区の比較では、移植後 30 日の草丈は同等、莖数は 15 株/㎡区で有意に少なかった。最高分げつ期では、草丈は差がなく、莖数は、15 株/㎡区で少ない傾向であったが有意差はなかった。幼穂形成期の葉色は年次間差があり、2017 年では 15 株/㎡区で高く、2018 年では同等であった。出穂期、成熟期は同日であった。稈長、穂長は同等、穂数は 15 株/㎡区で少ない傾向だったが有意差はなかった。倒伏程度は同等であった。（第 10 表）

玄米重は 15 株/㎡区で有意に低く、18 株/㎡区との差は 5.1kg/a であった。屑米重は 15 株/㎡区で少ない傾向であったが有意差はなかった。千粒重は同等であった。登熟歩合は 15 株/㎡区で高い年があったが有意差はなかった。総粒数は、18 株/㎡区で多い傾向だったが、有意差はなかった。整粒歩合は、15 株/㎡区でやや高い傾向だったが、有意差はなかった。玄米蛋白質含有率は同等であった。（第 11 表）

4) 安曇野市における現地栽培試験

試験期間中の気象経過では、5 月から 9 月の日平均気温の平均は、2017 年が平年並み、2018 年が 0.9℃高く、高温傾向であった（安曇野市穂高アメダスデータ）。

ア 高密度播種苗と稚苗との比較試験

高密度播種苗区の草丈は 15.0cm で稚苗区より短く、第 1 葉鞘長は 4.1cm で稚苗区より長かったが有意差はなかった。葉齢は 2.3 で、稚苗区の 2.8 より有意に低かった。地上部乾物重は 13.8mg/本で稚苗区より有意に軽かったが、単位面積当たりの根乾物重は、有意差はなかった。（第 13 表）

移植時の植付本数は、高密度播種苗区が 4.3 本/株、植付深さは 3.7cm で、稚苗区との有意差はなかった。欠株率については、高密度播種苗区で 2017 年 6.8%、2018 年 2.9%であり、稚苗区でそれぞれ 3.1%、5.4%となったが有意差はなかった（第 15 表）。なお両試験区とも 2 株以上連続した欠株は観察されなかった。また、高密度播種苗区における、単位面積当たりの植付本数と欠株率の関係（第 2 図）では、植付本数が 4 本未満で欠株率が増加する傾向がみられた。10a 当たりの使用苗箱数は、密度播種苗区が 11.6 箱、稚苗区が 14.2 箱であった（第 15 表）。

植付姿勢では、高密度播種苗区は、評価基準 1 のほぼ直立する苗が稚苗区より少ない結果であった（第 16 表）。

現地ほ場での生育、収量、品質は、年次変動が大きく、葉色、稈長、穂長、穂数、屑米重、整粒歩合で有意

な年次間差が認められた。また、両試験区ともに 2017 年は倒伏が多くみられ、2018 年は少なかった。

高密度播種苗区の出穂期は、稚苗区より 1 日遅く、成熟期は 2 日遅くなった。玄米重は同等であり、米重と千粒重は稚苗区より有意に多く、整粒歩合、玄米蛋白質含有率は同等であった。（第 17 表、第 18 表）

イ 高密度播種苗の栽植密度試験

植付精度と使用苗箱数

植付本数、植付深さ、欠株率について、栽植密度 18 株/㎡区と 15 株/㎡区では有意差はなく概ね同等だった。なお、2018 年の欠株率は、両区ともに 10%を超えていた。10a 当たりの使用苗箱数は、18 株/㎡区で 11.6 箱、15 株/㎡区で 7.1 箱であった（第 19 表）。

最高分げつ期の葉色は 15 株/㎡区で有意に高くなった。出穂期、成熟期は同日であった。稈長、穂長、穂数は、有意差はなかった。倒伏程度は同等であった。玄米重は年次のばらつきが大きかったが有意差はみられず、屑米重は同等であった。登熟歩合及び総粒数は、年次のばらつきが大きく、有意差はなかった。整粒歩合及び玄米蛋白質含有率は同等であった。（第 20 表、第 21 表）

ウ 高密度播種苗の経営評価

10m×100m(10a)のモデルほ場における労働時間は、稚苗区の 27 分 43 秒に対し、高密度播種苗区で 24 分 44 秒となり、2 分 59 秒短かった。育苗の直接経費は、稚苗区の 5,381 円に対し、高密度播種育苗区は 4,726 円と 12%削減となった。（第 22 表）

考 察

1) 「コシヒカリ」の高密度播種苗における苗質について

育苗では、稚苗において、1 箱当たり播種量を増やすと、草丈、葉齢、地上部乾物重は劣り（星川 1975）、播種密度が高まると、葉齢の進展は遅く、草丈は短く、地上部乾物重の増加は小さくなる（橋川 1976）とされる。今回の試験でも同様な傾向がみられ、高密度播種苗は稚苗と比べ、草丈は短くなり、地上部乾物重は小さくなった（第 7 表、第 13 表）。

第 1 葉鞘長は緑化期間の高温により伸長し、硬化期の軟弱徒長を助長する（長野県 2019d）。今回の試験では、第 1 葉鞘長が稚苗に比べて長い事例があり（第 7 表、第 13 表）、高密度播種苗では緑化期の温度管理がより重要であると考えられた。

単位面積当たりの根乾物重は、高密度播種苗で稚苗より重い傾向で（第 7、第 13 表）、これは播種密度が高いためと考えられた。

今回の試験では、5月中旬田植えの普通期の育苗で、無加温平置き出芽法を用いた高密度播種育苗の育苗期間は、16～21日であった(第6表、第12表)。育苗中の観察では、この期間で、稚苗の目標(長野県2019b)の葉齢、草丈、地上部乾物重及び、移植に支障のないルートマットとを確保できたことから、適正な育苗日数であったと考えられた。しかし、苗質は育苗時の気温により変動することから、育苗日数は目安とするのが適当である。また、今回の試験では、高密度播種育苗は、本田での活着の遅れや障害は観察されなかったことから、実用的な苗質が確保されたと考えられた。

高密度播種育苗の育苗方式について、新潟農総研(2007a, 2007b)は、マット強度の目標設定、苗の老化防止のために移植適期の葉齢設定、併せて、無ハウスでのプール育苗とする省力化体系も構築している。さらに、作業労力との生産費低減効果も示しており(新潟農総研 2007c)、本県での本育苗方式による技術確立から普及にあたっての今後の重要な検討事項であると考えられる。

2) 「コシヒカリ」を用いた高密度播種育苗の移植精度

高密度播種育苗対応仕様でない田植機を用い、試験を行った。安曇野市における栽植密度試験の2018年の欠株率は10%を超えた(第19表)が、これは田植え時のほ場条件や、オペレータが異なることなどが要因と推察した。欠株率が収量に与える影響については、連続欠株のない7.5%や10.7%の欠株率でも慣行と同等の収量が得られる(澤本・宇野2016)との報告があり、連続欠株でない欠株は収量への影響が少ないことが示唆されている。今回の試験では連続欠株は観察されなかったことから、この程度の欠株率の収量への影響は少ないと考えられた。

単位面積当たりの植付本数と欠株率の関係(第2図)では、植付本数が4本/株を下回ると欠株率が高まった。よって、植付本数4本/株以上を確保することが欠株率を低減させる一手法と考えられた。

田植え直後の植付姿勢は、高密度播種育苗で稚苗よりやや劣っていた(第16表)が、稈長、穂長、穂数に差がみられなかったことから、生育への影響は小さいと考えられた。

3) 「コシヒカリ」を用いた高密度播種育苗の本田での生育、収量、品質について

試験を行った2016年、2017年、2018年は気象経過が大きく異なった。そのため、多くの調査項目で年次間差が認められた(第8表、第9表、第10表、第11表)。

農業試験場内の試験は、手植えにより、安曇野市での試験は、高密度播種育苗対応仕様でない田植機を用いた。手植えの試験は、欠株はなく、植付本数はすべて3本/株であり、植付時の苗姿勢のばらつきが少ない。

農業試験場の試験では、高密度播種育苗による移植時の葉齢は3年間の平均で稚苗より0.3遅く(第7表)、出穂期、成熟期は、稚苗と同日であった(第8表)。一方、安曇野市の試験では、移植時の葉齢は、高密度播種育苗で稚苗より0.5遅く(第13表)、出穂期は1日、成熟期は2日遅くなった(第17表)。こうしたことから、移植時の葉齢の差が出穂期、成熟期の差につながると考えられた。

稈長、穂長、穂数については、いずれの試験においても高密度播種育苗と稚苗とで差はみられず(第8表、第17表)、生育は同等であると考えられた。また、倒伏程度についても同等であると考えられた(第8表、第17表)。玄米重は、農業試験場内での試験では、高密度播種育苗が稚苗より少ない傾向がみられたが有意差はなく(第9表)、安曇野市での現地栽培試験ではほぼ同等であった(第18表)。農業試験場内での試験では、総粒数は、有意差はみられないが稚苗で多い傾向があり(第9表)、玄米重の傾向と同じであった。千粒重は同等、登熟歩合はばらつきがあったがほぼ同等で、整粒歩合、玄米蛋白質含有率も同等であった(第9表)。

4) 「コシヒカリ」を用いた高密度播種育苗における栽植密度について

高密度播種育苗と疎植栽培技術を組み合わせることにより一層の経費削減効果が期待される。長野県での疎植栽培試験(長野県2019a)では、疎植栽培(15株/㎡)の特徴として、慣行栽植密度(20～24株/㎡)に比べ、稈長はやや長く、穂長は長いことを挙げている。しかし、今回の一連の試験では、いずれの試験においても稈長、穂長に有意な差はみられなかった。

手植えによる高密度播種育苗での栽植密度を12株/㎡及び15株/㎡に設定し、稚苗15株/㎡と22株/㎡、中苗22株/㎡と比較した試験では、高密度播種育苗の全粒数は、中苗22株/㎡に比べ15株/㎡では約9%低下、12株/㎡では約20%低下した(第5表)。単年度の結果ではあるが、総粒数が大幅に低下した12株/㎡までの疎植技術と高密度播種育苗の組合せは、適正な苗質や適期の移植等、成立条件が限定されることが考えられた。

手植えによる高密度播種育苗の栽植密度を18株/㎡と15株/㎡に設定した比較試験では、15株/㎡の玄米重が18株/㎡より有意に低かった(第11表)。これは総粒数が9%少ないことによると考えられる。田植機を使用した安曇野市の試験では、栽植密度18株/㎡と15株/㎡で

は、玄米重は2017年で同等、2018年では15株/㎡で低くなった(第20表)。また総粒数は、2017年ではほぼ同等、2018年では15株/㎡で少なく(第18表)、玄米重の傾向と一致した。田植機による移植では欠株、植付本数のばらつきなどにより、手植えに比べて総粒数の差が小さくなり、玄米重の差が減少したと考えられた。

栽植密度と葉色の関係については、安曇野市での試験において、栽植密度15株/㎡での幼穂形成期での葉色が18株/㎡より高い(第17表)ことは、従来の知見(長野県2019a新津・肥田野2013)と一致した。なお、葉色が高いといもち苗の発生が懸念されるが、今回の試験ではいもち苗の発生は確認されなかった。

5) 「コシヒカリ」を用いた高密度播種苗の経営評価

10a当たりの使用苗箱数は、高密度播種苗で栽植密度を18株/㎡とした場合に11.6箱となり(第19表)、稚苗に比べ18%削減され、15株/㎡とした場合には7.1箱となり(第15表)、50%削減となった。また、田植時の労働時間及び直接育苗費は高密度播種苗により削減できることが確認できた(第22表)。高密度播種苗の導入により、さらに、育苗施設、育苗資材、育苗労力が削減されることから、高密度播種苗は、省力・低コスト化技術で

あると考えられた。

6) 高密度播種苗対応仕様でない播種機及び田植機への適用性

播種量250g/箱での高密度播種苗方式は、現在市販されている、高密度播種苗に対応していない播種機、田植機でも、播種及び移植が可能であり、その後の本田での生育、収量、品質においても問題はなかった。したがって、新たに播種機や田植機を購入せず、既存の機種でも高密度播種苗方式は導入可能であることが示された。

結 論

「コシヒカリ」の高密度播種苗は、稚苗と比較して、植付精度、生育、収量、品質は同等であった。また、栽植密度18株/㎡と15株/㎡における植付精度、生育及び品質は同等であった。収量は15株/㎡で18株/㎡よりやや低い傾向がみられたが有意差はなかった。さらに、使用苗箱数は、稚苗に比べ18～50%削減できた。

以上から、「コシヒカリ」の高密度播種苗は、稚苗と比べ、生育・収量は同等であり、使用苗箱は少なく、省力・低コスト化の可能な、実用性のある栽培法と考えられる。

第1表 「北陸193号」高密度播種苗の苗質

草丈 (cm)	葉齢	地上部乾物重 (mg/本)
7.8	1.9 ± 0.0	5.7 ± 0.4

数値は、平均値±標準偏差を示す

第2表 「北陸193号」高密度播種苗の生育、収量、収量構成要素

試験区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	全重 (kg/a)	わら重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	全粒数 (粒/穂)	登熟歩合 (%)
高密度播種育苗	91	26.1	414	335.2 ± 75.0	165.4 ± 51.6	87.1 ± 1.4	131	82.1
中苗	84	25.3	349	310.6 ± 9.2	148.3 ± 12.7	92.9 ± 0.0	—	79.9

数値は、平均値±標準偏差を示す

第3表 普通期育苗における高密度播種苗の苗質

試験区	草丈 (cm)	葉齢	地上部乾物重 (mg/個体)
高密度播種苗	23.6	2.0 ± 0.0	14.2 ± 0.8
稚苗	23.3	2.0 ± 0.0	16.6 ± 0.2
中苗	20.1	3.4 ± 0.4	29.7 ± 7.1

数値は平均値±標準偏差で示した。

第4表 晩期育苗における高密度播種苗の苗質

試験区	草丈 (cm)	葉 齢	地上部乾物重 (mg/個体)	根部乾物重	
				(mg/個体)	(mg/cm ²)
高密度播種苗	14.6	1.7 ± 0.0	16.9 ± 0.3	1.0 ± 0.1	7.0 ± 0.5
稚苗	15.1	1.8 ± 0.0	18.1 ± 0.5	1.6 ± 0.2	7.0 ± 0.5
中苗	23.8	3.4 ± 0.0	27.9 ± 0.0	3.1 ± 0.0	7.0 ± 0.5

数値は平均値±標準偏差で示した。

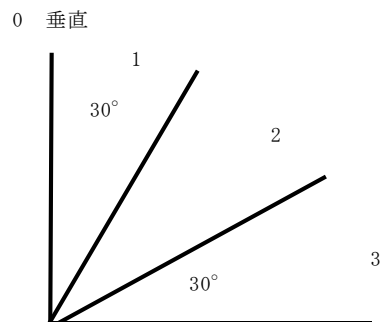
第5表 普通期育苗における高密度播種苗の生育，収量，収量構成要素

試験区	栽植 密度 (株/m ²)	茎数 (/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (/m ²)	全重 (kg/a)	藁重 (kg/a)	屑米 重 (kg/a)	玄米 重 (kg/a)	千粒 重 (g)	全粒数		登熟 歩合 (%)
											(粒/穂)	(粒/m ²)	
高密度播種苗	12	534 a	103	17.9	430 a	169.9	83.6	10.4	44.8	21.5	85.6	36,871	70.7
	15	589 ab	101	17.9	490 ab	181.0	91.1	10.7	46.9	21.3	87.3	41,689	70.8
稚苗	15	587 ab	100	18.1	480 ab	185.0	90.8	8.7	53.8	21.6	85.4	41,360	75.8
	22	605 ab	96	18.4	447 ab	177.2	86.3	7.6	52.2	21.6	94.1	39,248	70.4
中苗	22	735 b	100	18.2	540 b	173.8	82.1	11.8	49.9	21.0	84.8	45,718	71.7
分散分析		*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

5%水準で異なる異符号間には有意差があり，nsはないことを示す（Tukey法）。

第6表 播種日，育苗日数，移植日

年	試験区	播種日	育苗 日数	移植日
2016	高密度播種苗	4月26日	16	5月12日
	中苗	4月26日	16	5月12日
2017	高密度播種苗	4月28日	19	5月17日
	中苗	4月27日	20	5月17日
2018	高密度播種苗	4月26日	20	5月16日
	中苗	4月25日	21	5月16日



第1図 植付姿勢の評価基準

第7表 高密度播種苗の苗質

年	試験区	草丈 (cm)	第1葉 鞘長 (cm)	葉齡	乾物重	
					地上部 (mg/本)	根 (mg/cm ₂)
2016	高密度播種苗	14.0	4.5	2.0	11.0	3.8
	稚苗	15.1	4.7	2.0	13.0	2.9
2017	高密度播種苗	12.6	3.1	2.0	13.5	2.5
	稚苗	17.5	6.1	2.5	16.9	1.7
2018	高密度播種苗	13.5	4.1	2.1	12.8	3.1
	稚苗	16.4	3.4	2.3	14.4	1.9
平均	高密度播種苗	13.4	3.9	2.0	12.4	3.1
	稚苗	16.3	4.7	2.3	14.7	2.2
分散分析		*	ns	-	*	ns

*: 5%水準で有意差あり, ns:有意差なし.

第8表 高密度播種苗と稚苗の生育

年	試験区	田植後30日		最高分けつ期		葉色 (SAPAD値)	出穂期	成熟期	成熟期			
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)				稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (無0→甚5)
2016	高密度播種苗	48	436	68	759	30	8月1日	9月8日	86	18.2	398	0
	稚苗	45	412	69	616	29	8月2日	9月9日	89	18.7	359	0
2017	高密度播種苗	42	430	66	552	37	8月6日	9月19日	100	19.1	452	3
	稚苗	43	448	65	529	32	8月5日	9月19日	99	19.2	428	3
2018	高密度播種苗	33	252	68	572	40	8月2日	9月12日	96	19.1	377	3
	稚苗	33	252	69	501	40	8月2日	9月12日	94	19.3	415	3
平均	高密度播種苗	41	372	67	628	36	8月3日	9月13日	94	18.8	409	2
	稚苗	40	371	68	549	34	8月3日	9月13日	94	19.1	400	2
分散分析	区	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	ns	ns	ns	-
	年次	**	**	*	**	*	-	-	**	*	**	-
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	ns	ns	ns	-

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns:有意差なし.

第9表 高密度播種苗と稚苗の収量、品質

年	区	玄米重	屑米重	千粒重	登熟 歩合	総粒数	整粒 歩合	玄米蛋白 含有率
		(kg/a)		(g)	(%)	(/m ²)	(%)	(%)
2016	高密度播種苗	62.2	2.5	21.8	91.5	30,541	79.1	6.9
	稚苗	66.2	3.8	21.6	87.9	35,021	76.9	6.9
2017	高密度播種苗	66.9	4.9	22.2	75.8	30,202	77.4	7.1
	稚苗	68.2	4.5	22.4	74.3	30,494	74.5	7.0
2018	高密度播種苗	58.8	6.3	21.4	81.4	33,212	72.4	7.3
	稚苗	63.2	6.5	21.0	83.4	34,222	71.7	7.1
平均	高密度播種苗	62.6	4.5	21.8	82.9	31,318	76.3	7.1
	稚苗	65.9	4.9	21.7	81.9	33,246	74.4	7.0
分散分析	区	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次	ns	*	*	**	**	**	ns
	交互作用	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns:有意差なし.

第10表 高密度播種苗の栽植密度試験の生育

年	栽植 密度 (株/㎡)	移植後30日		最高分けつ期		葉色 SPAD値	出穂期	成熟期	成熟期			
		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)				稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度 (無0→甚5)
2017	18	42	537	67	685	33.7	8月6日	9月19日	97	18.9	505	3
	15	42	430	66	552	37.2	8月6日	9月19日	100	19.1	452	3
2018	18	31	289	69	734	40.5	8月2日	9月12日	96	19.1	442	3
	15	33	252	68	572	40.4	8月2日	9月12日	96	19.1	377	3
平均	18	37	413	68	709	37.1	8月3日	9月14日	97	19.0	473	3
	15	37	341	67	562	38.8	8月3日	9月14日	98	19.1	414	3
分散分析	区	ns	*	ns	ns	ns	—	—	ns	ns	ns	—
	年次	**	**	ns	ns	*	—	—	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	—	—	ns	ns	ns	—

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns: 有意差なし.

第11表 高密度播種苗の栽植密度試験での収量、品質

年	栽植 密度 (株/㎡)	玄米重 (kg/a)	屑米重	千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	総粒数 (/㎡)	整粒 歩合 (%)	玄米蛋白 質含有率 (%)
2017	18	70.1	6.8	22.6	77.1	34,247	77.1	7.1
	15	66.9	5.9	22.2	77.4	31,391	77.4	7.1
2018	18	65.9	8.3	21.1	77.6	34,857	71.6	7.6
	15	58.8	6.3	21.4	81.4	30,943	72.4	7.3
平均	18	68.0	7.5	21.8	77.1	39,739	74.4	7.4
	15	62.9	6.1	21.8	78.6	36,164	74.9	7.2
分散分析	区	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns: 有意差なし.

第12表 現地栽培試験（安曇野市）における育苗の耕種概要

年	区	育苗 日数	播種日	培土	育苗方式	使用播種機
2017	高密度播種苗 稚苗	20	4月29日	ニューソイル	加温、ハウス育苗	S社-HS-427K
		24	4月27日	イセキ軽量培土	無加温平置、ハウス育苗	S社-THA1009B
2018	高密度播種苗 稚苗	21	4月29日	ニューソイル	無加温平置、ハウス育苗	S社-HS-427K
		21				

第13表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種苗の苗質

年	区	草丈 (cm)	第1葉 鞘長 (cm)	葉齡	地上部 乾物重 (mg/本)	根 乾物重 (mg/cm ²)
2017	高密度播種苗	15.2	4.1	2.2	17.6	3.4
	稚苗	26.4	3.9	2.8	24.3	2.3
2018	高密度播種苗	17.0	3.5	2.5	10.8	4.4
	稚苗	18.0	3.3	2.8	16.2	4.1
平均	高密度播種苗	15.0	4.1	2.3	13.8	3.8
	稚苗	21.6	3.7	2.8	20.5	3.2
分散分析	区	ns	ns	*	*	ns
	年次	ns	ns	ns	*	ns

*: 5%水準で有意差あり, ns: 有意差なし. 根乾物は、1箱当たり2ヶ所、直径5.2cmに土每切り出し、根部分を洗い、乾物重を算出した。

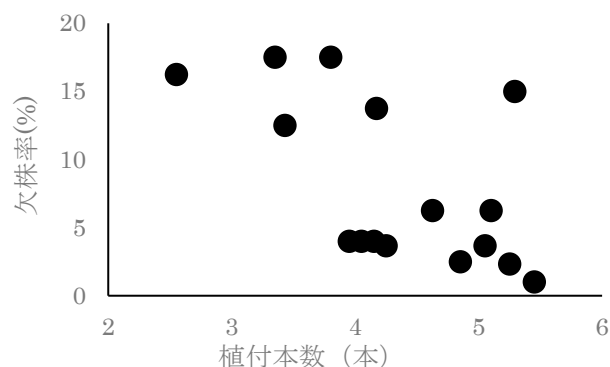
第14表 現地栽培試験（安曇野市）における移植日、使用田植機、施肥状況

年	区	移植日	使用 田植機	基肥 N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (kg/10a)	追肥 N (kg/10a)
2017	高密度播種苗 稚苗	5月18日	K社 F-SAS-R	4.8:7.2:3.4	1.2
2018	高密度播種苗 稚苗	5月19日	K社 EP-8D	4.8:4.8:4.8	2.0

第15表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種育苗の植付本数、植付深さ、欠株率、使用苗箱数

年	試験区	植付本数 (本/株)	植付深さ (cm)	欠株率 (%)	使用苗箱 (数/10a)
2017	高密度播種苗	3.8	3.7	6.8	12.3
	稚苗	4.3	3.8	3.1	14.3
2018	高密度播種苗	4.9	3.6	2.9	10.8
	稚苗	3.9	4.1	5.4	14.2
平均	高密度播種苗	4.3	3.7	4.8	11.6
	稚苗	4.1	4.0	4.2	14.2
分散分析	区	ns	ns	ns	-
	年次	*	ns	*	-
	交互作用	*	ns	ns	-

*: 5%水準で有意差あり, ns: 有意差なし.



第2図 植付本数と欠株率の関係 n=16

第16表 高密度播種苗と稚苗における植付姿勢と指数

年	試験区	植付姿勢			
		0	1	2	3
2017	高密度播種苗	0	90	3	7
	稚苗	3	77	20	0
2018	高密度播種苗	10	61	29	0
	稚苗	31	56	13	0
平均	高密度播種苗	5	75	16	3
	稚苗	17	66	16	0

植付指数は、第2図のとおり評価基準で評価した

第17表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種苗と稚苗の生育

年	試験区	幼穂形成期			成熟期			
		葉色 (SPAD値)	出穂期	成熟期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (無0→甚5)
2017	高密度播種苗	34.2	8月9日	9月22日	99	17.9	406	5
	稚苗	29.0	8月7日	9月20日	96	18.0	405	5
2018	高密度播種苗	37.8	8月8日	9月14日	87	18.9	391	1
	稚苗	39.0	8月7日	9月12日	87	20.5	401	0
平均	高密度播種苗	36.0	8月8日	9月18日	93	18.4	398	3
	稚苗	34.0	8月7日	9月16日	91	19.3	403	3
分散分析	区	ns	—	—	ns	ns	ns	—
	年次	*	—	—	**	**	**	—
	交互作用	ns	—	—	ns	*	ns	—

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns: 有意差なし.

第18表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種育苗と稚苗の収量、品質

年	試験区	玄米重 (kg/a)	屑米重	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	総粒数 (/m ²)	整粒歩合 (%)	玄米蛋白質含有率 (%)
2017	高密度播種育苗	65.2	8.2	21.8	66.1	30,788	67.2	7.3
	稚苗	65.0	6.6	21.6	64.4	25,952	68.6	7.1
2018	高密度播種育苗	64.9	5.6	22.2	67.7	32,315	72.2	7.1
	稚苗	64.3	5.5	21.4	76.3	27,775	73.4	7.3
平均	高密度播種育苗	65.1	6.9	22.0	66.9	31,552	69.7	7.2
	稚苗	64.7	6.1	21.5	70.4	26,863	71.0	7.2
分散分析区		ns	*	*	ns	**	ns	ns
年次		ns	*	ns	ns	ns	*	ns
交互作用		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns: 有意差なし

第19表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種育苗の栽植密度と植付本数、植付深さ、欠株率、使用苗箱数

年	栽植密度 (株/m ²)	植付本数 (本/株)	植付深さ (cm)	欠株率 (%)	使用苗箱 (数/10a)
2017	18	3.8	3.7	6.8	12.3
	15	4.4	3.8	3.9	7.2
2018	18	4.3	3.6	10.8	10.8
	15	3.2	3.4	13.8	7.0
平均	18	4.1	3.7	8.8	11.6
	15	3.8	3.6	8.8	7.1
分散分析区		ns	ns	ns	ns
年次		ns	ns	*	ns
交互作用		ns	ns	ns	-

*: 5%水準で有意差あり, ns: 有意差なし.

第20表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種育苗の栽植密度と生育

年	栽植密度 (株/㎡)	最高分け時期			成熟期			
		葉色 (SPAD値)	出穂期	成熟期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度 (無0→甚5)
2017	18	34.2	8月9日	9月22日	99	18.6	372	5
	15	38.1	8月9日	9月22日	98	18.0	384	5
2018	18	39.9	8月8日	9月14日	90	21.4	346	0
	15	41.4	8月8日	9月14日	88	20.7	364	0
平均	18	37.1	8月8日	9月18日	94	20.0	374	2
	15	39.8	8月8日	9月18日	93	19.4	359	2
分散分析	栽植密度	*	－	－	ns	ns	ns	－
	年次	**	－	－	**	**	ns	－
	交互作用	ns	－	－	ns	ns	ns	－

*: 5%水準で有意差あり, **: 1%水準で有意差あり, ns: 有意差なし

第 21 表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種苗の栽植密度と収量、品質

年	栽植密度 (株/㎡)	玄米重 (kg/a)	屑米重	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	総粒数 (/㎡)	整粒歩合 (%)	玄米蛋白 質含有率 (%)
2017	18	64.1	7.9	21.8	67.8	30,837	66.5	7.4
	15	65.5	7.6	21.7	73.8	31,748	65.8	7.6
2018	18	63.7	7.3	22.0	69.0	33,130	64.6	7.3
	15	57.5	5.6	22.0	63.3	28,715	64.6	7.7
平均	18	63.9	7.6	21.8	67.8	31,984	65.6	7.4
	15	61.5	6.6	21.7	73.8	30,231	65.2	7.6
分散分析	栽植密度	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**：1%水準で有意差あり，ns：有意差なし

第 22 表 現地栽培試験（安曇野市）における高密度播種苗と稚苗の 10 a あたり労働時間と育苗経費

試験区	労働時間 (分：秒)	直接育苗費 (円)
高密度播種苗	24:44	4,726
稚苗	27:43	5,381

摘 要

長野県における播種量 250g/箱の高密度播種苗の実用性について、苗質、栽培特性、移植精度、苗箱削減について検討した。

はじめに、より多くの穂数を得て多収をねらうため、穂数型の矮性インド型品種である、多収米の「北陸 193 号」について、育苗期間を 7 日間とした高密度播種育苗を検討した。葉齢、地上部乾物重は、稚苗の目標苗質と同程度に達したが、生育量は小さかった。対照の中苗に比べ高密度播種育苗では、全粒数が少なく、登熟歩合は高く、粗玄米重は 6%少ない 87.1kg/a であった。

次に、「コシヒカリ」を用いた手植えによる試験を行った。高密度播種苗の苗質は、育苗日数がほぼ同期間の稚苗に比べ、葉齢は遅くなり、草丈は短く、地上部乾物重は軽かった。高密度播種苗した苗の本田での生育、収量及び品質は稚苗と同等であった。また、栽植密度 18 株/㎡と 15 株/㎡の比較試験では、15 株/㎡で玄米重が低

く、その他の生育及び品質に差はみられなかった。

現地での高密度播種苗の実用性を調べるため、安曇野市において、高密度播種苗対応仕様でない既存の播種機、田植機を用いて、「コシヒカリ」を用いて検討した。高密度播種苗は、育苗期間 21 日で、葉数 2.3、草丈 16.1cm の苗が得られた。地上部乾物重は稚苗より軽かった。高密度播種苗の植付後の欠株率は、稚苗と差はみられなかった。

本田での生育は、稚苗と比べ、出穂期で 1 日、成熟期で 2 日、遅くなったが、稈長、穂長、穂数に差はなく、精玄米重、整粒歩合、玄米蛋白質含有率に差はみられなかった。栽植密度 18 株/㎡と 15 株/㎡における欠株率には差がなく、本田での生育では、15 株/㎡で最高分けつ期の葉色が高かったほか、出穂期、成熟期、収量、品質に差はみられなかった。

高密度播種育苗の 10a 当たりの使用苗箱数は、栽植密度 18 株/㎡の稚苗 14.2 箱に対し、栽植密度 18 株/㎡で 11.6 箱、15 株/㎡で 7.1 箱であり、稚苗に比べ 20～50%

削減できたことから、労働時間及び育苗直接経費の削減につながる事が確認できた。

以上から、高密度播種苗は、省力・低コストな、実用性のある栽培法と考えられる。

謝 辞

安曇野市三郷（有）細田農産細田直稔氏にほ場を提供して頂き、一般管理をお願いした。田植機の植付調整は、（株）関東甲信クボタ中部事務所 新井利直氏、西谷 務氏、横沢忠彦氏、小口 剛氏にご指導を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

橋川 潮. 1976. 健苗育成からみた播種密度. 農業技術大系 作物編 2, P120 の 2-6. 農文協

星川清親. 1975. イネの成長, P60-63. 農文協

新津和敏・肥田野喜隆. 2013. 福島県会津平田部におけるコシヒカリの疎植栽培. 日作東北支部報. 56 : 29

長野県 2011. 「ゆめしなの」, 「あきたこまち」, 「コシヒカリ」, 「ひとごち」の疎植栽培は慣行栽培並の収量性, 収益性が得られる. 平成 23 年度普及に移す農業技術. <https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2011-2-h02.pdf>

長野県農事試験場 2008. 水稻プール育苗法は慣行育苗法と同等の苗質が得られ省力的な育苗法である. <https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2008-2-h02.pdf>

長野県 2010. 主要穀類指導指針. 長野県農政部農業技術課. P28

長野県 2019a. 主要穀類等指導指針. 長野県農政部農業技術課・全農長野県本部生産販売課米穀課. P72-73

長野県 2019b. 主要穀類等指導指針. 長野県農政部農業技術課・全農長野県本部生産販売課米穀課. P28

長野県 2019c. 主要穀類等指導指針. 長野県農政部農業技術課・全農長野県本部生産販売課米穀課. P37

長野県 2019d. 主要穀類等指導指針. 長野県農政部農業技術課・全農長野県本部生産販売課米穀課. P39

新潟県農業総合研究所 2007a. 育苗労力を低減する「コシヒカリ」の密播苗疎植栽培法. 平成 19 年度活用技術.

新潟県農業総合研究所 2007b. 「コシヒカリ」の密播・無ハウス・プール育苗法. 平成 19 年度活用技術.

新潟県農業総合研究所 2007c. 水稻の密播・無ハウス・露地プール育苗による作業労力の軽減. 平成 19 年度活用技術.

関東農政局 2015. 統計平成 26～27 年 長野農林水産統計年報.

http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/2016data/nagano_h26-27.html

農林水産省農業研究センター1991. 平成 2 年度関東東海農業試験研究推進会議水田農業技術部会資料. 通し番号 B-⑩

Ohsumi, A., Heinai, H. and Yoshinaga, S. 2015.

Nursery management for improving seedling length and early growth after transplanting in asemi-dwarf rice cultivar Hokuriku 193. Plant Prod. Sci. 18: 407-413.

大角壮弘・平内央紀・吉永悟志 2017. 半矮性インド型水稻品種北陸 193 号の早植栽培における苗の伸長法. 日作紀 86 (1) : 50-55.

酒井長雄・細井淳・青木政晴・土屋学・高松光生・細野哲. 2016. 長野県における雑草イネの総合防除対策. 長野県農業試験場報告. 1 P54-70

澤本和則・伊勢村浩司・佛田利弘・濱田栄治・八木亜沙美・宇野史生. 2019. 石川県における育苗箱に高密度に播種した水稻稚苗の形質および本田での生育・収量・玄米品質. 日作紀. 88:27-40

澤本和徳・宇野史生. 2016. 「高密度播種した稚苗による水稻水稻移植栽培技術」の現地試験における生育, 収量, 玄米品質および経営評価. 北陸作報, 51:44-49

ヤンマーアグリジャパン（株）2016. 「密苗」播種・移植栽培ガイド, P53-54

長野県における登熟期気温が水稻品質に与える影響

奥出 聡美・森本 勉¹・酒井 長雄

Effect of Air Temperature during the Grain-filling Stage on Grain Quality of Rice in Nagano Prefecture

Satomi OKUDE, Tsutomu MORIMOTO and Nagao SAKAI

Abstract

We evaluated the effects of global warming using cultivation records of rice cultivar “Koshihikari” for past 34 years of experimental paddy fields in Nagano and the statistics information. Then, we analyzed the relationship between rice quality and air temperature during the grain-filling stage using data which examined rice quality of Nagano prefecture for 10 years. As a result, air temperature during rice cultivation raise about 1°C in past 34 years. And, the rice yields tended to increase in warm years. High class rice ratio (the name is ‘Ittoumai hiritsu’ in Japanese) was decreased in the year in which the temperature of the grain-filling stage elapsed to high temperature. The main cause of degrading rice quality was a cracking. There is a suitable temperature range in which whole rice grain ratio is kept high, because immature grain ratio and damage grain ratio were increased or decreased with a correlation between the air temperature during grain-filling stage. And the kinds of air temperature (e.g. maximum, minimum or average temperature) correlating with the rice quality varied depending on the areas. Therefore, we speculated that the problem related to the rice quality is variety by region in this prefecture. The occurrence of chalky grains was explained by the minimum air temperature of the ripening period, the occurrence of cracking grains was explained by the air temperature and duration of sunshine.

Key Words: global warming, temperature of the grain-filling stage, cracking rice grains, Nagano prefecture

緒 言

近年地球温暖化への対策の必要性が叫ばれ、長野県でも将来にわたる水稻の安定生産のために、対策を検討する必要がある。気温上昇が中程度の気候モデルで計算すると、長野県での気温上昇量は、20世紀末を基準とした場合50年後に1.7～2.1°C、100年後には2.0～4.7°Cと予測されている（田中、陸 2014）。

現在、長野県的水稻は単収及び一等米比率（外観品質）ともに全国トップクラスである。長野県は南北に長く、内陸に位置し、山が多い。耕地標高は300～1000mと高く、県全域に広がる水稻産地の地理的特徴は緯度の差、標高の差が相まって多様である。加えて周辺各県に比べ

一年を通して冷涼な地帯が多い。このため他県では主に低暖地で発達してきた水稻作とは作型や稲の生育などで異なる点が多い。

長野県農業関係試験場では2014年度から温暖化対策のプロジェクトをスタートさせ、2017年度に第一期が終了し、2018年度から5か年計画で第二期のプロジェクトがスタートした。本プロジェクトでは温暖化による影響の把握に加え、長野県各地の特徴の異なる水稻産地において、収量や品質に水稻作期間中の気温がどのように関係しているかを明らかにすることを目的とした。これにより温暖化を含めた気象の変動が、冷涼な地域も多い長野県的水稻作にもたらすものを将来的な「リスク」や「デメリット」としてだけではなく、公平に評価できると考えた。

温暖化による水稻品質低下のリスクが高い西日本や北陸を中心に、高温障害対策に関する多くの研究がなされ

1 元 農業試験場

ている（高田ら 2010, 森田ら 2010, 森田 2011, 井上 2012, 田中 2013）。水稻の玄米品質については、白未熟粒は出穂後の 20 日間の平均気温の平均値が 26℃以上で（森田 2008）、胴割粒は出穂後 10 日間の最高気温が高い条件で多発する（長田ら 2004, 2006a）ことが報告されている。また、登熟初期および成熟期の全天日射量が胴割粒の発生と正の相関関係にあることが報告されている（高橋ら 2002）。加えて、胴割れの発生リスクには日照や肥料切れ、刈遅れや収穫期の乾湿など気温以外の要因も複合的に関係していることが報告されている（長戸ら 1964, 南山ら 1998, 高橋ら 2002, 長田ら 2006b, 川口ら 2010）。ただし、これまで長野県の品質データと登熟期の気温や環境条件との関係を詳しく解析した例はなく、これら既存の知見が県下の水稻作に当てはまるかは未検討であった。

そこで長野県の過去から現在に至る温暖化による影響を、統計情報、アメダス観測データ、長野県内の奨励品種決定調査は成績を活用して調査した。また、作期移動による高温回避の可能性について検討した。加えて、登熟期にあたる 8 月の気温と、長野県の主要水稻産地における水稻品質との関係を確認した。

I 温暖化に伴う県内水稻作への影響評価

過去の統計情報、気象観測データ、県下試験地の試験データを用いて、水稻作期間中の気温の上昇程度、出穂期の変遷、気温と収量、品質の関係を確認した。

材料および方法

長野県内の試験場、ならびに奨励品種決定調査ほを試験地とし、各対象試験地に最も近いアメダス観測地点の気象データを分析に用いた（表 1）。対象品種は、現在県下での作付面積が最も多い（平成 29 年現在 24,621ha 県下同年の主食用米作付面積の 78.7%を占める）「コシヒカリ」とした。過去の資料を確認し「コシヒカリ」のデータを多くの地点で得られた過去 34 年間の解析対象とした。栽培方法はいずれも現地慣行による普通移植栽培である。移植日の設定は表 1 に記載のとおりであるが、数日前後にずれることもあった。

結果および考察

1. 水稻作期間中の平均気温の推移

温暖化に伴う水稻作期間中の温度上昇の程度を確認した。水稻の作付期間は地域によってやや差があるが、県

下の水田で稲が生育している期間として 6～9 月の 4 カ月間の気温の推移を確認した。冷害年であった 1993 年を除き、34 年間通じて 6～9 月の平均気温が 21～24℃と高く推移している地域はアメダス観測地点では飯田、長野、上田、次いで飯山、穂高であった。同様に 18～21℃と低く推移している地域は原村、大町、信濃町であった（図 1）。6～9 月の平均気温はどの地域も上昇傾向であり、観測地点が 1993 年から変わった旧高遠・伊那地点以外で単回帰式を求めると、過去 34 年間では上田を除いて約 1℃上昇していた（表 2）。水稻の出穂～登熟期にあたる 8 月の平均気温の推移は、過去 34 年間においてはやや上昇～横ばいであり、むしろ年次間差・変動が大きいことが認められた（図 2）。例えばアメダス観測地点長野の 34 年間の 8 月の平均気温の温度推移は、単回帰式を求めると $y = 0.0023x + 25.3$ となり、計算上は約 0.1℃上昇しているが、実質的にはこの間ほぼ変化がなかったと言える。一方で 34 年間の平均値（25.3℃）よりも 1℃以上高温であった年は 34 年間で 5 回（1985 年 27.1℃, 1994 年 27.6℃, 2006 年 26.4℃, 2010 年 27.3℃, 2012 年 26.7℃）観測されている。8 月の気温に関しては、平均的な気温上昇よりも数年内に起こりうる高温に対処する必要性があると考えられた。

今回は平均気温の推移を確認したが、長野県における多くの地点において、平均気温に対する最高気温と最低気温の関係を見ると、最高気温の寄与率の方が大きい傾向にある（図 3）。他県との違いを確認するため、長野県でも南に位置する飯田と、白未熟粒の多発が問題となっている北九州地方の福岡（森田ら 2010）の、それぞれのアメダス観測地点のデータを用いて 8 月の月平均気温、最高気温、最低気温の関係を図示し、比較した。白未熟粒の発生が助長される登熟前半の平均気温「26℃」を指標に両結果を比べると、アメダス観測地点飯田では過去 34 年間のうち過半数の年次が平均気温 26℃以下であり、観測データから得られる単回帰式では、平均気温 26℃の時、最高気温は 32.6℃、最低気温は 21.4℃であった（図 3）。一方、アメダス観測地点福岡では、過去 34 年間のうち殆どの年次が平均気温 26℃以上であり、同様の処理を行って導き出される推定では、平均気温 26℃の時、最高気温は 29.5℃、最低気温は 23.4℃であった（図 4）。これらの結果は、長野県では 8 月の平均気温が 26℃以上の夏よりも、最高気温が 30℃を超える夏の方が高頻度であるということ、また、福岡に比べ飯田では、最低気温の温度帯が低く推移しており、登熟期間の平均気温の低さは、最低気温（夜温）の低さによってもたらされていることを示している。

村田（1964）は、気象情報と統計情報を活用した解析

表1 データを採用した試験地, 年次, 移植日設定, アメダス地点

試験地	標高 m	年次 [年数] (欠測年)	移植日 月/日	アメダス観測地点 (標高・m) ^{a)}
試験場作物部 須坂市八重森	335	1983～2016 [34]	5/20	長野 (418.2)
南信農業試験場 高森町下市田	560	1983～2006 [24]	5/22	飯田 (482.3) (2002年5月移設) 飯田 (516.4)
試験場 飯山試験地 奨励品種決定調査圃 飯山市	315	1983～1988, 2000～2016 [21]	5/23 (2009 まで) 5/25 (2010 から)	飯山 (313)
奨励品種決定調査圃, 信濃町	670	2004～2016 [13]	5/21	信濃町 (685)
同, 諏訪市湖南	754	1989～2016 [19] (1999, 2002～2006, 2013～2015 欠)	5/22 (1998 まで) 5/17 (1999 から)	諏訪 (760.1)
同, 佐久市 (野沢, 跡部, 本新町)	670～ 690	1983～2016 [34]	5/20 (2002 まで) 5/25 (2003 から)	佐久 (683)
同, 大町市常盤	660	1983～2016 [33] (1992 欠)	5/15	大町 (784)
同, 安曇野市南穂高	560	1983～2016 [34]	5/15	穂高 (540)
同, 伊那市美簗	670～ 720	1983～2016 [33] (1988 欠)	5/15 5/18 (1987-1995)	旧高遠 (780) (1993年2月移設) 伊那 (674) (2007年12月移設) 伊那 (633)
同, 上田市塩田	450	1983～2016 [33]	5/28	上田 (455) (1991年2月移設) 上田 (502)
同, 飯田市下殿岡 (参考)	520	2007～2016 [10]	5/29	飯田 (516.4) 原村 (1017)

a) 標高の変化を伴う移設のみ記載した。

表2 図1の各データの近似直線の回帰式, 決定係数ならびに回帰式上での34年間の気温の上昇

アメダス地点	単回帰式	決定係数	気温の上昇(℃)※
飯田	$y = 0.03x + 22.12$	$R^2 = 0.27^{**}$	1.14
長野	$y = 0.03x + 22.08$	$R^2 = 0.18^{*}$	1.07
上田	$y = 0.01x + 22.15$	$R^2 = 0.03^{ns}$	0.38
穂高	$y = 0.03x + 21.51$	$R^2 = 0.17^{*}$	1.05
飯山	$y = 0.03x + 21.50$	$R^2 = 0.17^{*}$	1.05
諏訪	$y = 0.03x + 21.03$	$R^2 = 0.16^{*}$	0.87
佐久	$y = 0.03x + 20.55$	$R^2 = 0.18^{*}$	1.50
伊那 (1993～)	($y = 0.12x + 19.02$)	($R^2 = 0.57$)	—
大町	$y = 0.03x + 19.26$	$R^2 = 0.21^{**}$	1.15
信濃町	$y = 0.04x + 18.95$	$R^2 = 0.26^{**}$	1.34
原村	$y = 0.03x + 18.84$	$R^2 = 0.22^{**}$	1.09
平均値(伊那以外10地点)			1.18

a) 図中の気温の上昇は, 回帰式上算出される過去34年間の気温の上昇程度を示している。

nsは有意性なし, *は5%, **は1%水準でそれぞれ有意な直線回帰であることを示す。

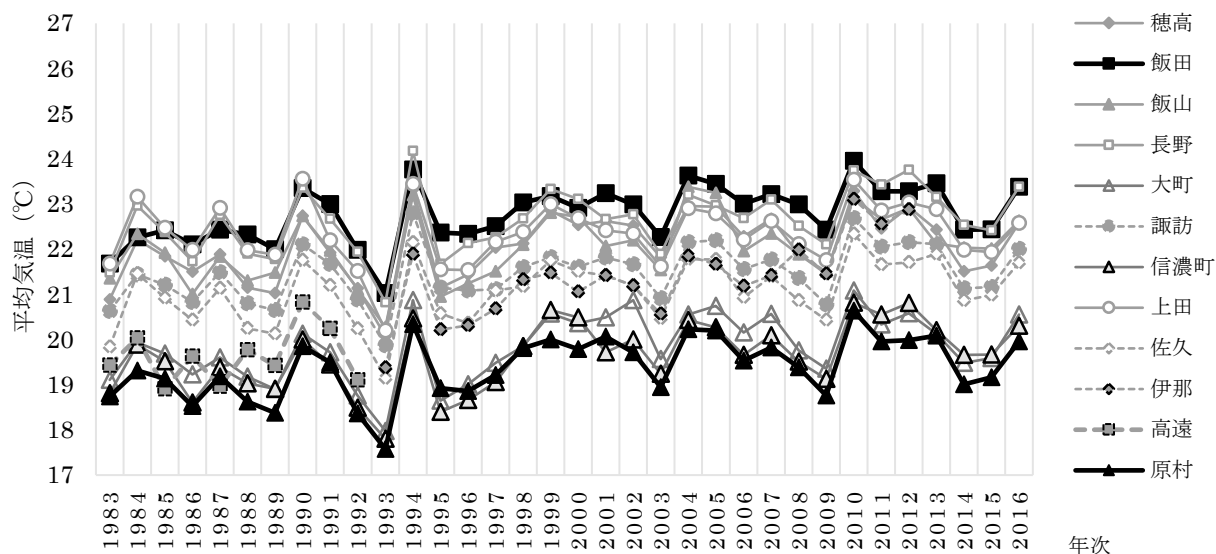


図1 各アメダス地点における6月から9月までの平均気温の平均値の年次推移（1983～2016年）

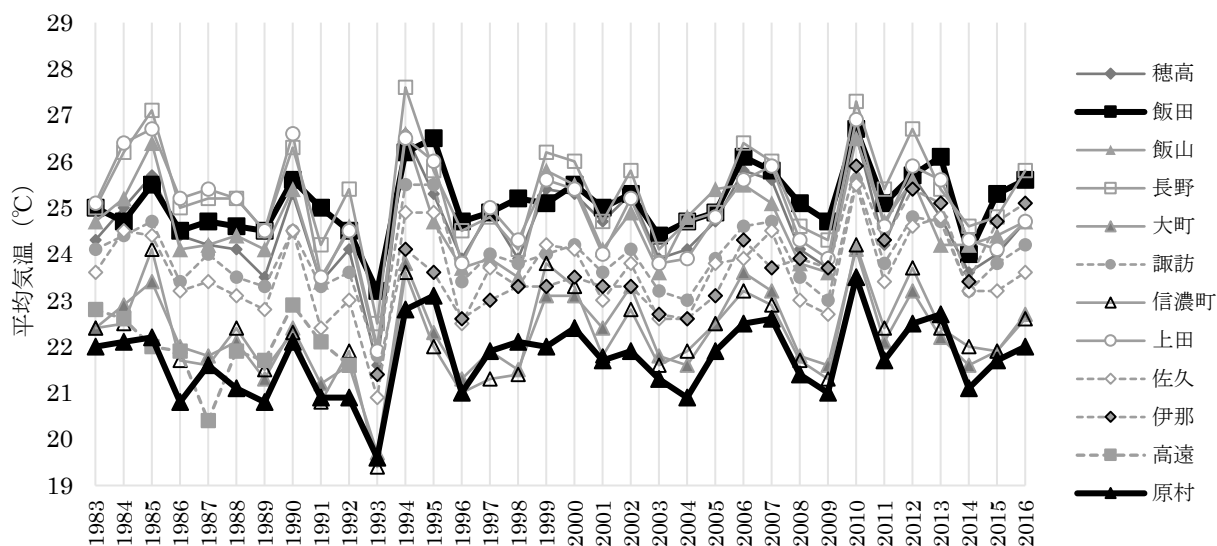


図2 各アメダス地点における8月の平均気温の平均値の年次推移（1983～2016年まで34年間）

表3 長野県における主要な等級落ち要因一覧（うるち玄米計、2009～2016年）

生産年	一等米 比率 ^a	二等以下 比率	等級落ち要因内訳 ^b			
			1位 (%)	2位 (%)	3位 (%)	他 (%)
2009	96.8%	3.2%	充実度 (0.9)	胴割粒 (0.9)	斑点米カメムシ (0.4)	0.9
2010	91.9%	8.1%	胴割粒 (2.3)	充実度 (1.9)	心白および腹白 (1.6)	2.2
2011	96.8%	3.2%	整粒不足 (0.8)	胴割粒 (0.7)	充実度 (0.6)	1.1
2012	94.2%	5.8%	胴割粒 (3.5)	充実度 (0.6)	整粒不足 (0.4)	1.3
2013	96.5%	4.5%	胴割粒 (1.5)	充実度 (1.0)	斑点米カメムシ (0.6)	1.4
2014	95.3%	4.7%	充実度 (1.4)	形質その他 (0.9)	整粒不足 (0.9)	1.5
2015	96.1%	3.9%	充実度 (1.3)	整粒不足 (0.7)	形質その他 (0.6)	1.3
2016	97.2%	2.8%	充実度 (0.6)	斑点米カメムシ (0.6)	胴割粒 (0.5)	1.1

関東農政局調査データより抜粋。

a) 各年長野県産うるち玄米全体での一等米比率。

b) 等級落ち要因のうち、上位3位までを記載。

から、長野県は他県に比べて登熟期間が比較的冷涼に経過すること、加えて登熟期間中の日照が豊富であることから、水稻の登熟と収量において優位性を得ていると推察している。現在の将来的な気象予測は様々なモデルとシナリオを用い、数十年後は現在の平均気温+何℃で示されているものが多い。これらが非常に有益な将来予測像であることを踏まえながら、水稻品質に影響を与える要因の予測を行うためには、長野県の8月の平均気温の上昇予測に加え、そこに影響を与えている最高気温・最低気温の将来予測を行うことが必要である。

2. 気温と県内水稻作との関係

アメダス観測地点穂高の6～9月の平均気温と関東農政局長野県拠点公表の作況情報による単位収量には正の相関が認められた(図5)。ただし、1983～1999年の17年間では単純な正の相関がみられたが、2000～2016年の17年間では収量はおおむね高止まりであり、高温年にはわずかながら減収する傾向が認められた(データ未表示)。この原因を断定することはできないが、図5で示された収量と気温の関係には、作型や栽培管理などに関する変遷や技術的な進歩など、年代によって異なる水稻作の状況が影響を与えている可能性が考えられた。また、登熟期の高温は登熟を不良にし、減収を引き起こすことが報告されている(森田2008)。この先温暖化が進展することで、冷涼な地域が多い長野県でも夏季高温年には減収が生じる傾向にあるのか、近年の収量と登熟期気温の関係を注視していく必要がある。

また、アメダス観測地点穂高の8月の平均気温と、公表されている長野県産コシヒカリの一等米比率にも相関が認められた(図6)。なお、水稻作期間中の6～9月の各月において、図6と同様の回帰分析を行ったところ、8月以外では有意な回帰は得られなかった(各月の回帰分析による自由度修正済み決定係数は6月が-0.12, 7月が-0.13, 9月が-0.04 いずれも $n=16$)。また、一等米比率が95%未満であった2か年(2010年, 2012年)の主要な等級落ち原因は胴割れであった(表3)。

このように、出穂期、登熟期にあたる8月の気温が玄米品質に大きく影響しており、登熟期間が高温に経過する年に胴割れを出さないような対策を行うことが、長野県産米の高品質維持には必要であると考えられた。

3. 出穂期の変遷

表1の試験地のデータから、出穂期の変遷を確認した。年次変動が大きく、また、表1の通り試験地によって移植日の設定がやや変化しているケース(諏訪では1999年を境に5日前倒し、佐久では2003年を境に5日遅延な

ど)もあるが、出穂期は全体に前進傾向であった(図7)。

4. 高温登熟条件への遭遇頻度

表1の試験地のデータをもとに、県下の試験地の「コシヒカリ」の出穂期から20日間の平均気温の平均値、同様に10日間の最高気温の平均値を、データの欠測年を除く1983～2016年までの期間を対象に算出した。

白未熟粒の発生が助長される条件(森田2008)である、出穂後20日間の平均気温26℃を超過した年次が確認された地点は、アメダス観測地点名で飯田、長野、上田、穂高、飯山、旧高遠・伊那であった。神戸(2015)の手法を参考に、出穂後進による高温障害回避性を確認するため、実測出穂日から5日後を起算日に設定したところ、全体に26℃超過年の割合は減少し、全地点の平均気温の平均値も0.5℃有意に低下した(表4, 図8)。

同様に、胴割粒の発生が助長される条件(長田ら2006b)である、出穂後10日間の最高気温が30℃を超過した年次は、対象としている全地点で確認された。実測出穂日から5日後を起算日に設定したところ、30℃超過年の割合は全体としてはやや減少したものの、その効果には地域差がみられた。また、出穂期の後退による気温の低下程度も、出穂後20日間の平均気温に基づいた集計値に比べ、出穂後10日間の最高気温に基づいた集計値ではやや有意性が劣る結果となった(表5, 図8)。

白未熟粒に比べ、胴割粒の発生リスクが全県に広く認められることは、夏季高温年に白未熟粒以上に胴割れによる格落ちが増加することとも対応する。ただしこれは登熟初期の気温に関するリスクの評価であり他の要因については考慮されていない。とりわけ胴割れの発生には登熟初期の温度条件(長田2004, 2006b)のほか、登熟初期、後期の日射条件(高橋ら2002)刈り遅れや収穫前後の籾の乾湿による影響(長戸1964)など、多くの要因が複合的に関わっていることが報告されている。品質劣化のリスクを適切に評価し、対策の推進、ならびに生産者への情報提供を行っていくためには、県下の玄米品質と気温や気象条件などとの関係やその実態を明らかにすることが必要であると考えられた。

II 登熟期気温と水稻品質の関係

長野県の主要水稻産地における、登熟期にあたる8月の気温と玄米品質との関係について調査した。あわせて白未熟粒、胴割粒の発生しやすい条件について解析した。

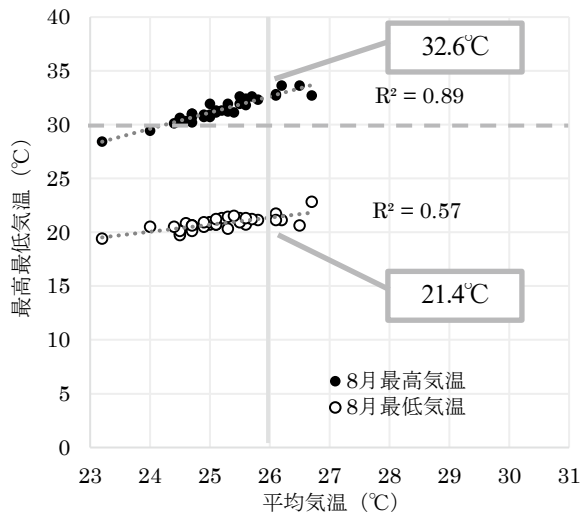


図3 過去34年間の8月の平均気温と最高・最低気温の関係
(アメダス観測地点飯田 n=34)

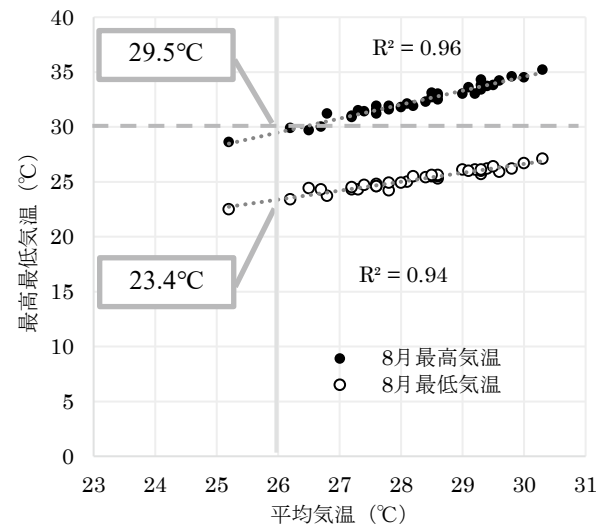


図4 過去34年間の8月の平均気温と最高・最低気温の関係(アメダス観測地点福岡 n=34)

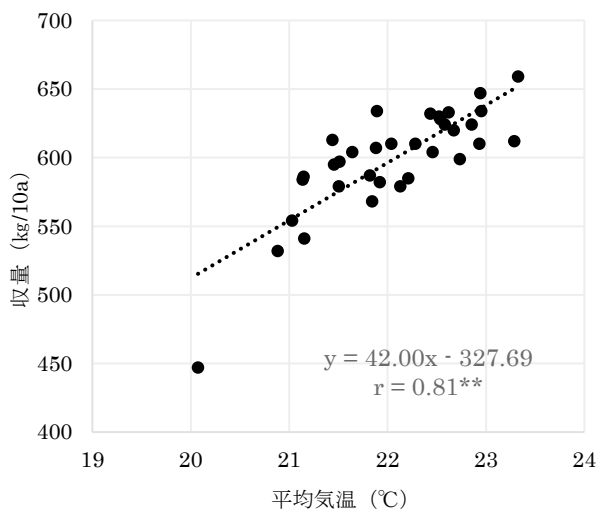


図5 アメダス地点穂高^{a)}の6～9月の平均気温の平均値と作況情報^{b)}による単位収量の関係(1983～2016年 n=34)

**危険率1%の水準で有意。 a) 水稲作付面積・収穫量の最も多い中信地域のアメダス地点穂高のデータを代表として選出した。
b) 関東農政局長野県拠点、ならびに農林水産省公表値

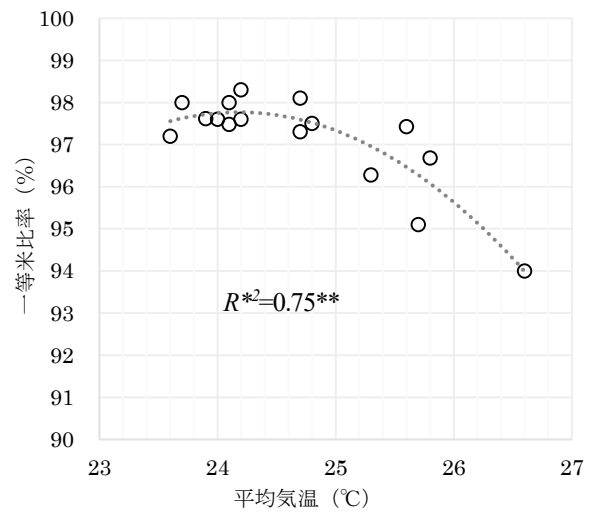


図6 8月の日平均気温の平均値と長野県産「コシヒカリ」の一等米比率^{a)}の関係(2002～2017年まで n=16)

a) 農林水産省公表値 **危険率1%の水準で回帰が有意。

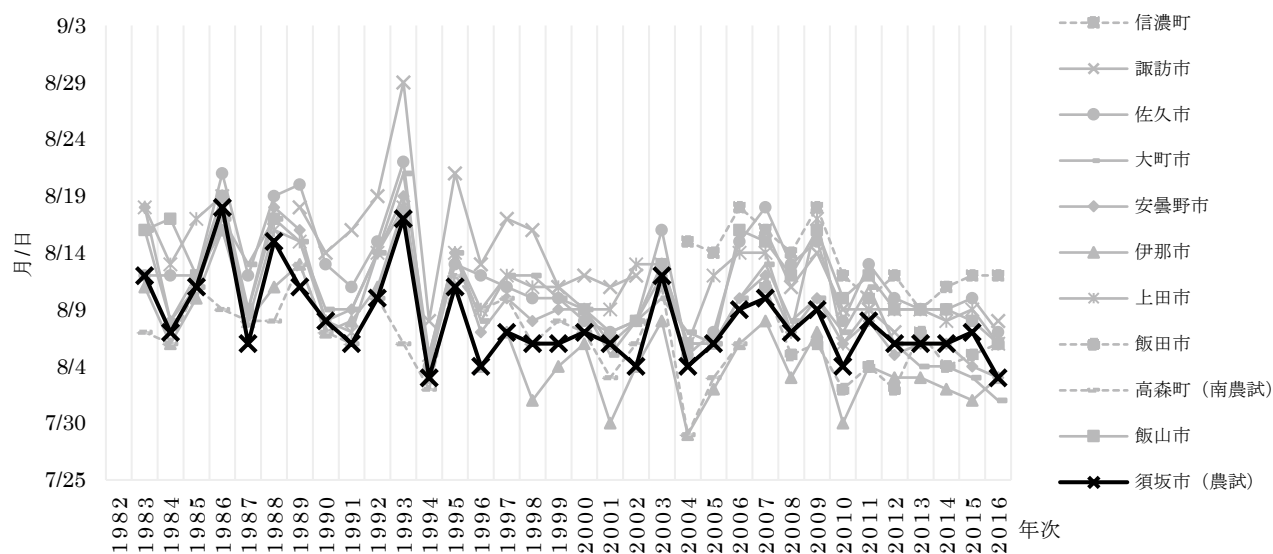


図7 県下の試験場，奨励品種決定調査圃の「コシヒカリ」の出穂期の変遷（1983～2016年）

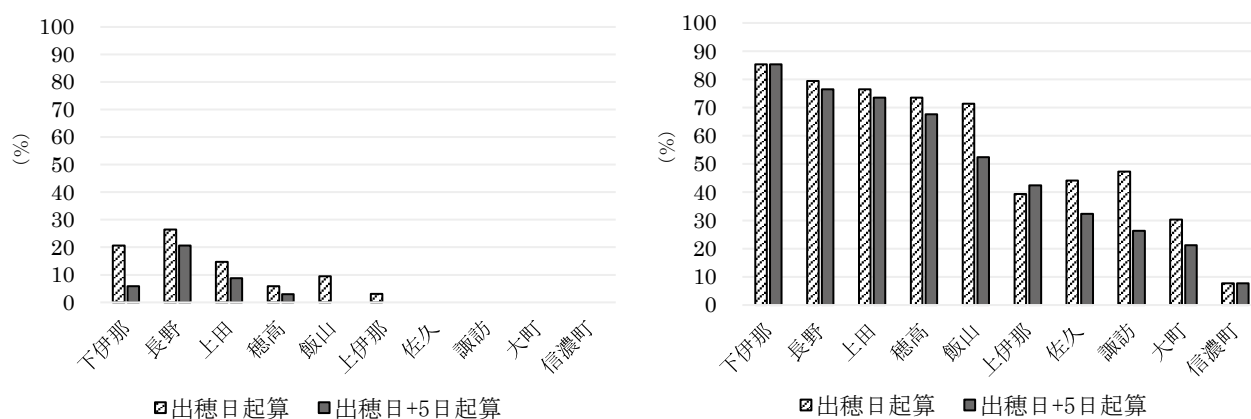


図8 表4の各地点における26℃超過年の割合（左），表5の30℃超過年の割合（右）

地点名は基本的にアメダス地点名で表記，下伊那は試験地2カ所合算，上伊那はアメダス地点2カ所合算。

表4 出穂日および出穂5日後起算における20日間の日平均気温の各地点平均値と26℃を超過した年数，超過年割合※

試験地 (市町村)	アメダス 地点	データ 数	出穂日起算				出穂日+5日起算			
			平均 気温※ ℃	26℃超過年			平均 気温※ ℃	26℃超過年		
				回数	%			回数	%	
高森町	飯田	24	25.1	7	20.6		24.9	2	5.9	
飯田市		10	25.7				25.1			
須坂市	長野	34	25.3	9	26.5		24.8	7	20.6	
上田市	上田	34	24.7	5	14.7		24.1	3	8.8	
安曇野市	穂高	34	24.5	2	5.9		24.0	1	2.9	
飯山市	飯山	21	24.4	2	9.5		23.9	0	0.0	
伊那市	旧高遠	9	22.1	1	3.0		21.9	0	0.0	
	伊那	24	24.1				23.6			
佐久市	佐久	34	23.3	0	0.0		22.6	0	0.0	
諏訪市	諏訪	19	23.5	0	0.0		22.9	0	0.0	
大町市	大町	33	22.2	0	0.0		21.7	0	0.0	
信濃町	信濃町	13	21.8	0	0.0		21.5	0	0.0	
平均値			23.9				23.4**			

※超過年割合：調査年中26℃を超過した割合（％）。※平均気温：各年の算出された出穂後20日間の平均気温の平均値の，各試験地での全データ平均値。 ** は1％水準で実測の出穂日を対照としたt検定で有意差があることを示す。

表5 出穂日および出穂5日後起算における10日間の日最高気温の各地点平均値と30℃を超過した年数、超過年割合※

試験地 (市町村)	アメダス 地点	データ 数	出穂日起算			出穂日+5日起算		
			平均 気温※ ℃	30℃超過年		平均 気温※ ℃	30℃超過年	
				回数	%		回数	%
高森町	飯田	24	31.4	29	85.3	31.6	29	85.3
飯田市		10	33.0			32.1		
須坂市	長野	34	31.5	27	79.4	31.3	26	76.5
上田市	上田	34	31.3	26	76.5	31.1	25	73.5
安曇野市	穂高	34	31.1	25	73.5	30.9	23	67.6
飯山市	飯山	21	30.4	15	71.4	29.9	11	52.4
伊那市	旧高遠	9	28.0	13	39.4	28.2	14	42.4
	伊那	24	30.7			30.2		
佐久市	佐久	34	29.9	15	44.1	29.0	11	32.4
諏訪市	諏訪	19	29.9	9	47.4	28.7	5	26.3
大町市	大町	33	28.4	10	30.3	28.2	7	21.2
信濃町	信濃町	13	27.4	1	7.7	26.5	1	7.7
平均値			30.2			29.8*		

※超過年割合：表4と同じ。 ※平均気温：各年の算出された出穂後10日間の日最高気温の平均値の、各試験地での全データ平均値。
*は5%水準で実測の出穂日を対照としたt検定で有意差があることを示す。

表6 産地の分類と、アメダス観測地点

産地	対象農協	アメダス観測地点 (標高・m)
信濃町	旧JAながの(信濃町) ^{a)}	信濃町(685)
佐久	JA長野八ヶ岳, JA佐久浅間	佐久(683)
みゆき	旧JA北信州みゆき ^{a)}	飯山(313)
大北	JA大北	穂高(540) ^{d)} 白馬(703) ^{e)}
中信平	JA松本ハイランド, JA塩尻市, JA洗馬, JAあづみ	穂高(540)
上伊那	JA上伊那	伊那(633)
下伊那	JAみなみ信州	飯田(516.4)
全県	上記各産地の全ての農協に加え, JAうえだ, JA信州諏訪, JA木曽, JAグリーン長野, JA中野市, 旧JAちくま ^{a)} , 旧JA須高 ^{a)} , 旧JA志賀高原 ^{a)} , 旧JAながの(信濃町以外) ^{ab)}	穂高(540)

a) 合併により2018年現在名称はJAながの。

b) JAながのから収集した玄米検体のうち、旧JAながのの管内で、なおかつ信濃町以外にある検査場所(三水中央ライスセンター、牟礼北部ライスセンター、長野平ライスセンター、豊岡、上里、西山、ながのさいがわ営農センター)から収集したことを指す。

c) JAながのから収集した玄米検体のうち、信濃町にある検査場所(富士里ライスセンター、宮ノ腰、古間、柏原ライスセンター)から収集したことを指す。

d) 大北地域の「コシヒカリ」についてはアメダス観測地点穂高のデータを用いた。

e) 大北地域の「あきたこまち」についてはアメダス観測地点白馬のデータを用いた。

表7 供試データの内訳

産地	品種	各年の集計データ数 (n=)									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
信濃町	コシヒカリ	7	6	11	8	欠測	4	9	7	8	9
	あきたこまち	10	10	17	7	欠測	15	11	14	13	12
佐久	コシヒカリ	174	100	117	152	103	111	101	71	77	60
	あきたこまち	49	21	23	30	21	25	15	13	18	6
みゆき	コシヒカリ	12	24	35	59	36	45	40	47	31	42
	あきたこまち	15	14	14	25	17	21	14	27	16	11
大北	コシヒカリ	15	14	14	25	17	21	14	27	16	11
	あきたこまち	7	6	14	8	11	7	8	8	14	4
中信平	コシヒカリ	99	92	140	159	109	109	121	123	106	115
	あきたこまち	27	15	11	18	12	8	19	17	19	16
上伊那	コシヒカリ	48	25	45	70	24	33	45	54	32	79
下伊那	コシヒカリ	6	13	26	29	17	12	32	23	14	29
全県	コシヒカリ	453	359	452	585	380	414	438	437	375	454
	あきたこまち	156	116	130	153	117	121	131	116	115	100

材料および方法

解析には全国農業協同組合連合会長野県本部（以下、全農長野）からデータ提供の協力を得て、全農長野米穀課が2009年から2018年まで、県下11農協（合併を経て2018年現在10農協）から収集した玄米の品質データを用いた。玄米は検査場所で採取され、全て検査時点の調整済み玄米である。品質調査は㈱ケット科学研究所製穀粒判別機RN-600による。必ずしも目視による判定結果と一致するものではない。穀粒判別機の設定は対象年次中同一であるが、胴割粒の判定に関わる設定指数のみ2010年以前と2011年以降で異なっている。このため本調査では穀粒判定機の設定が一定の年次を解析対象とした（胴割粒：2011～2018年、それ以外：2009～2018年）例外として図9、図10では全項目で2009年から2018年までのデータを用いた。

得られた検体は表6のように分類、定義し、各年の平均値をデータとして用いた。また気象データは、各産地付近に位置するアメダス観測地点のデータを用いた。品種は「コシヒカリ」と「あきたこまち」を対象とした（表6、表7）。

結果および考察

1. 未熟粒、被害粒の年次変化

全県から得られた「コシヒカリ」のデータを用い、整粒以外の玄米の含有率を図9で、同様に各産地での状況を図10で示した。8月が高温である年（2010年）と低温である年（2009、2014年）に品質の劣化が見られた（図9）。品質劣化の原因に関しては、2010年には白未熟粒、地域によっては胴割粒+碎粒の比率が多く、2009年には青未熟粒と死米の比率が、2014年にはその他未熟粒と死米の比率が高い傾向にあった。また、産地ごと年次ごとの品質低下の内容には特徴があり、産地によって品質劣化年が異なることが示された（図10）。

2. 整粒、未熟粒、胴割粒+碎粒の発生と8月の気温との関係

「コシヒカリ」の全県の品質データと全県の代表値としてアメダス観測地点穂高の8月の平均気温を用いて、品質と8月の気温との関係について傾向を確認したところ、整粒歩合が最も良好な適温域があることが示された（図11）。未熟粒総計歩合（青未熟粒歩合、白未熟粒歩合、その他未熟粒歩合の合算）はこれと相反する関係にあり、その内訳である青未熟粒歩合は8月の平均気温が高くなると減少する傾向に、白未熟粒歩合は増加する傾向にあった（図12）。その他未熟粒に関しては8月の平

均気温との間に有意な関係性はみられなかった。胴割粒+碎粒歩合は8月の平均気温が高温になると増加する傾向にあるものの、年次間のばらつきが大きかった。また、死米歩合は8月の平均気温が高まると減少する傾向にあった（データ省略）。

品質劣化要因の登熟期間の気温に対する振る舞いはそれぞれ特徴があり、産地によって課題となっている品質劣化要因が異なれば（例えば、整粒歩合を低下させる要因が青未熟粒である地域、反対に白未熟粒である地域など）整粒歩合が良好に維持される適温域や課題、とるべき対策が産地ごと異なることが推測された。

3. 各産地の特徴と、玄米品質と気温の関係

表6の分類に沿って、各地の気象データを用いて各産地の「コシヒカリ」の玄米品質と、8月の最高気温、平均気温、最低気温との回帰分析を行った。その結果、整粒歩合と最も関係の深い気温データの種類の、産地によって異なった。また白未熟粒、青未熟粒については、多くの地域で回帰式は有意であった（表8）。決定係数の高い気温データを用いて近似曲線を得ると、産地ごとに整粒歩合が高く維持される温度域が示された（図13）。

8月の場合、最高気温は日中の最も高い気温を、最低気温は夜間の気温を示す。整粒歩合の維持に最も関係の深い気温データの種類の産地によって異なることは、品質の維持に最も関わりの深いパラメーターが産地によって異なることを示唆する。整粒歩合に関しては、傾向として緯度の高い地域（信濃町、みゆき）では最高気温と品質の関係が深い。「最高気温（昼温）がどれくらい高いか」は「どれくらい晴天に恵まれたか」とも関連している。長野県北部は北陸の気象の影響を受けることが多く、北陸が日照不足であった年は長野県北部も同様の影響を受けることが多い。近い例では2018年は日本海側の作況が悪くその理由は登熟期の日照不足との報告がある（農水省北陸農政局2018）。県下でも2018年の全県作況指数は100、北信97、東信102、中信が99、南信が101で、緯度の高い北信の作況が低い結果となった（農水省関東農政局統計部2018）。直接相関をとっていないため、品質と日照データとの関係を断じることはいないが、最高気温に関連して日照条件がこれらの地域で品質に影響を与えている可能性は十分に考えられると思われる。また、長野県では南に位置する上伊那、下伊那は最低気温（夜温）と品質との関係が深い。特に下伊那では、2010年の夜温が高くこれが結果に大きく影響している。上伊那では下伊那における2010年ほど極端な値ではないが、下伊那と同様に最低気温で整粒歩合の増減はよく説明される。これらの地域の特徴は整粒歩合だけで

はなく、白未熟粒、青未熟粒、そして胴割粒歩合も最低気温との関係性が高いということである。白未熟粒は以前から最低気温（夜温）との関係が深いことが知られていたが、胴割粒は登熟初期の最高気温ならびに全天日射量と関係が深いことが報告されている（長田 2004, 高橋 2002）。植物生理面からの合理的な説明はまだ見いだせないが、これらの地域においては高夜温が、品質に大きな打撃を与えていることが推察された。

4. 白未熟粒、胴割粒+碎粒の発生リスクの傾向

白未熟粒歩合では最低気温を、胴割粒+碎粒歩合では平均気温を用い、各産地の「コシヒカリ」の全データを用いて、対応する8月の気温との関係を確認した。両者ともに有意な回帰が得られたが、白未熟粒歩合に比べ胴割粒+碎粒歩合ではばらつきが大きかった（図 14, 15）。

白未熟粒は登熟期間である8月の気温、中でも平均気温～最低気温と関係が深く、発生程度が気温でよく説明された。一方、胴割粒+碎粒歩合に関して、平均気温が高温であった2012年と2018年のデータを比較すると、8月の気温の上昇に伴い胴割粒+碎粒歩合が上昇する年次（2012年）と、しない年次（2018年）があることが確認された（図 15）。登熟後期～収穫期の日射量は胴割れの発生を助長することがわかっている（高橋ら 2002）。これを踏まえて、各産地の9月の日照時間と胴割粒+碎粒歩合の関係を確認したところ、9月の平均日照時間が4時間以下の年では胴割れの発生は少なく、5時間以上の年では8月の平均気温に依存して胴割れの発生が高まる傾向にあった（図 16）。

8月の平均気温、9月の平均日照時間と胴割粒+碎粒歩合の関係を模式的に確認すると、8月の平均気温が概ね23～24℃以上、9月の平均日照時間が概ね5時間以上で胴割れの発生リスクが高まることが示された（図 17）。重回帰分析を行った結果、以下の回帰関数が得られた。

$$y = 0.64 X_1 + 1.04 X_2 - 17.83$$

（関数、係数 いずれも $P < 0.001$ ）

y : 胴割粒+碎粒歩合

X_1 : 8月の平均気温

X_2 : 9月の平均日照時間

9月の日照時間の係数の方が、8月の平均気温の係数よりも大きい値を示した。この結果は登熟期にあたる8月の気温が胴割れの発生しやすい素養を、成熟期～収穫期にあたる9月の日照条件が胴割れ発生の引き金になるという従来の説明（高橋ら 2002）によく合致した。

全県の品質調査データは、検査地点における複数の検

体の平均値として、地域の大きな傾向を見出すためには大変有用であった。発生の要因が複合的な胴割れに対しても、月平均の気温と日照時間という大まかな傾向（8月の平均気温が概ね23～24℃以上、かつ9月の平均日照時間が概ね5時間以上）によって、現象を説明することができた。その一方で出穂期や肥培管理が様々な検体を総じて扱っていることから、稲体の生育に基づいたより具体的な品質低下要因の評価には至らず、栽培管理に関する生産者への指導を行うには情報が不足している。現在、作期移動の手法、および高温登熟ハウス下での栽培試験を用い、登熟期間に遭遇する温度条件を変えて稲の品質に与える影響の評価試験を進めている。今後さらなる解析が進むことによって、高品質な玄米生産のために必要な環境条件の把握が望まれる。またこれを踏まえて長野県産米の品質維持にかかわるリスク回避の対策を立てていく必要がある。

5. 「あきたこまち」における8月の気温と品質の関係

「あきたこまち」で、「コシヒカリ」と同様に、8月の気温と品質の関係を確認した。その結果整粒歩合が高く維持される適温域が存在すること、整粒以外の玄米粒歩合の気温との関係など、「コシヒカリ」と同様の特徴を示した（図 18, 19, 20, 21, 22, 表 9）。

9月の平均日照時間と8月の平均気温の、胴割粒+碎粒歩合への関係を確認するため、重回帰分析を行った結果以下の回帰関数が得られ、回帰は有意であった。ただし全体に発生程度が低く、リスクの高まる温度域、日照時間に関しては明確ではなかった（図 22）。

$$y = 0.21 X_1 + 0.42 X_2 - 5.09$$

（関数 $P < 0.001$, X_1 の係数は5%水準で有意性なし、

X_2 の係数 $P < 0.001$ ）

y : 胴割粒+碎粒歩合

X_1 : 8月の平均気温

X_2 : 9月の平均日照時間

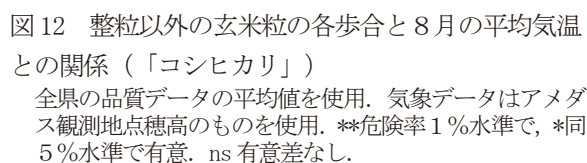
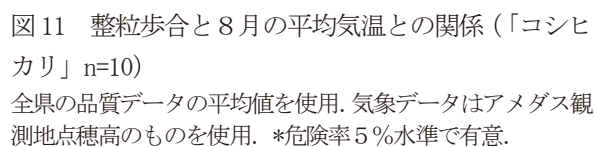
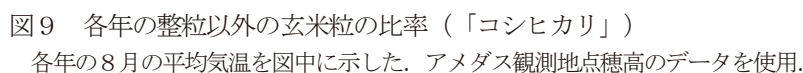


表8 各産地での品質と8月の気温との回帰分析による決定係数^{a)}（「コシヒカリ」）

品質項目 × 気温月平均値 ^{b)}	整粒歩合 ×			未熟粒総計歩合 ×			白未熟粒歩合 ×			青未熟粒歩合 ×			胴割粒+碎粒歩合 ×		
	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低
信濃町	0.63*	0.63*	0.33	0.46	0.46	0.27	0.05	0.26	0.58*	0.56*	0.73**	0.77**	0.15	0.18	-0.25
佐久	0.36	0.55*	0.40	-0.03	0.16	-0.03	0.04	0.48*	0.71**	0.80**	0.63*	0.64*	0.32	0.18	0.02
みゆき	0.20	-0.15	-0.09	0.14	0.13	-0.13	0.75**	0.81**	0.32	0.70**	0.78**	0.20	0.34	0.65*	-0.35
大北	0.36	0.70**	0.61*	0.66**	0.88**	0.64*	0.59*	0.65*	0.81**	0.09	0.31	0.64*	-0.19	0.09	0.22
中信平	-0.05	0.25	0.33	0.05	0.22	0.13	0.21	0.33	0.87**	0.08	0.32	0.71**	-0.26	-0.16	-0.15
上伊那	-0.16	0.28	0.62*	0.35	0.36	0.32	-0.08	0.06	0.52*	0.29	0.42	0.79**	-0.14	-0.16	0.40
下伊那	-0.27	0.14	0.73**	-0.06	0.32	0.64*	0.03	0.73**	0.61*	0.24	0.22	0.33	-0.27	-0.24	0.62*

表中は全て多項式（2次）による回帰分析を行って求めた決定係数^{a)}。5%水準で有意であったものをグレーの背景で、各産地、項目において、最高気温、平均気温、最低気温のうち、最も値が大きかったものを太字で示した。**危険率1%の水準で有意。*同5%の水準で有意。

a) 決定係数は全て、自由度修正済み決定係数。

b) 最高、平均、最低ともにそれぞれ8月の日別最高、平均、最低気温値の月平均値を示す。

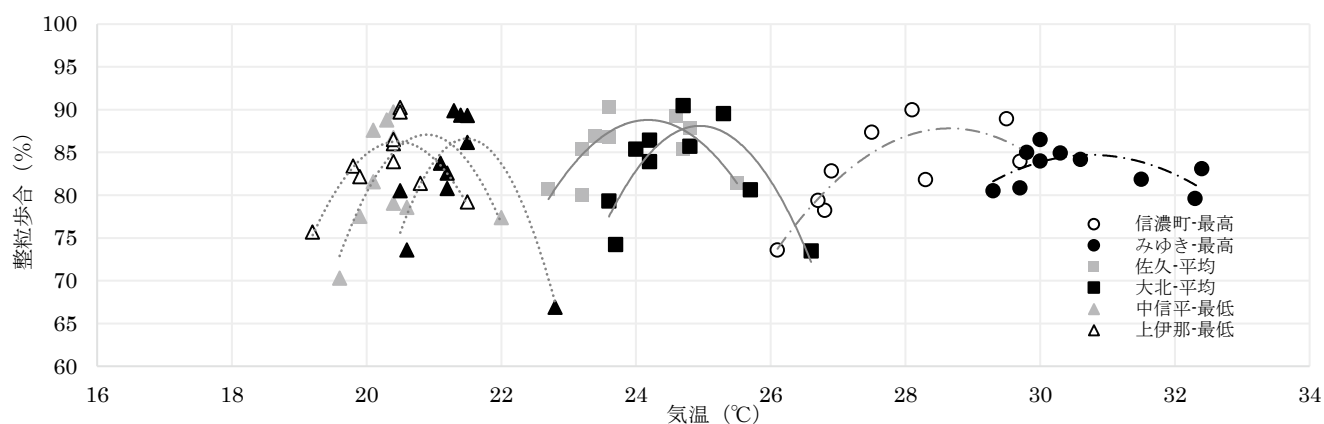


図13 各年各産地の整粒歩合と8月の気温との関係（「コシヒカリ」、信濃町のみn=9、他の産地はn=10）

信濃町、みゆきは最高気温との（一点破線）、佐久、大北は平均気温（実線）との、中信平、上伊那、下伊那は最低気温（点線）との関係を示す。

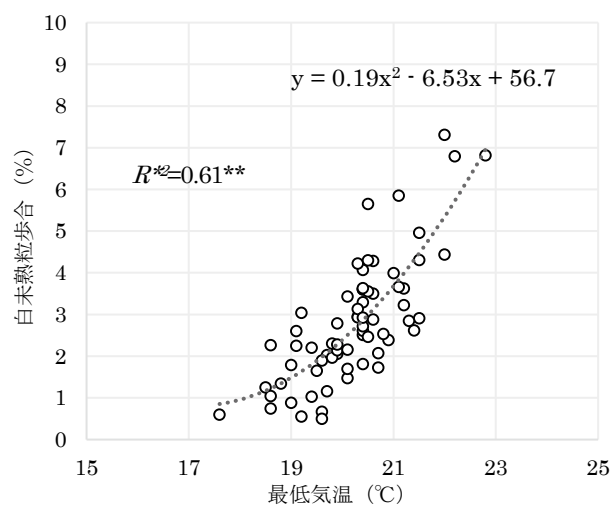


図14 白未熟粒歩合と8月の最低気温との関係（「コシヒカリ」、n=69、2009～2018年）

**危険率1%水準で有意

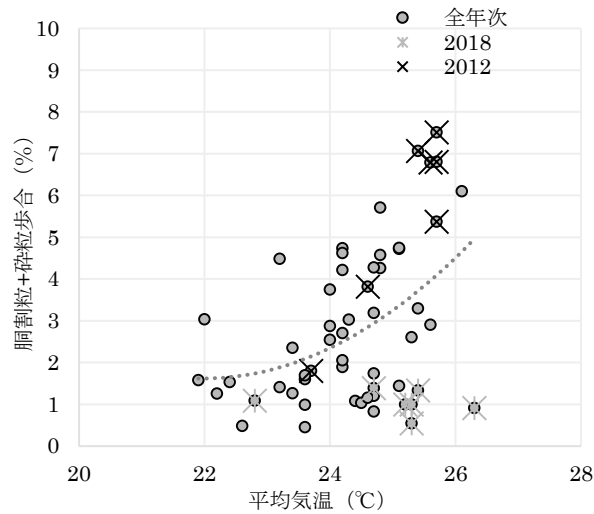


図 15 胴割粒+碎粒歩合と8月の平均気温との関係（「コシヒカリ」，n=55，2011～2018）

**危険率1%水準で有意.

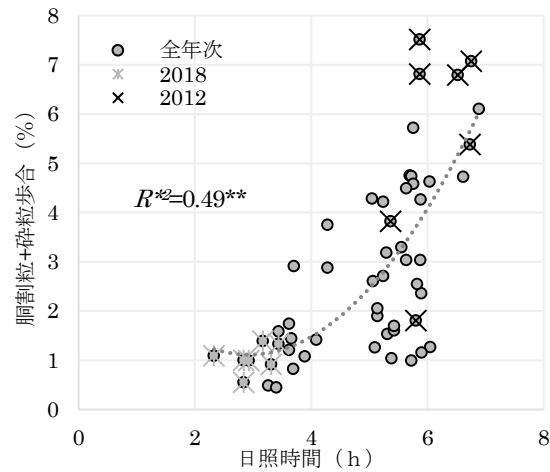


図 16 胴割粒+碎粒歩合と9月の平均日照時間との関係（「コシヒカリ」，n=55，2011～2018 年）

**危険率1%水準で有意.

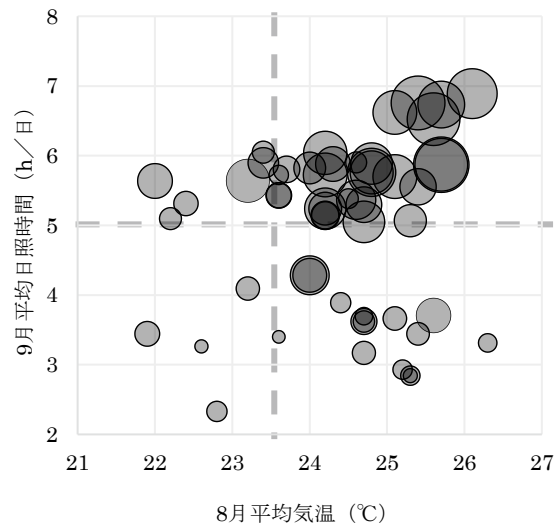


図 17 8月の平均気温，9月の平均日照時間と胴割粒+碎粒歩合との関係～2018 年）

（「コシヒカリ」，n=55，2011）

バブルの面積が胴割粒+碎粒歩合の大きさを示す。図中の破線は平均気温 23.5℃，平均日照時間 5 時間の位置を示す。

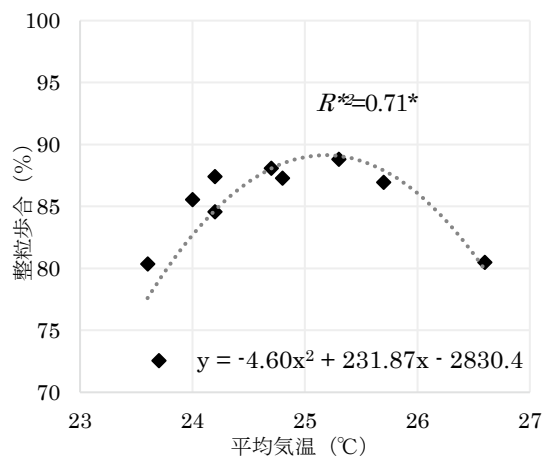


図 18 整粒歩合と 8 月の平均気温との関係（「あきたこまち」 n=10）
気象データはアメダス観測地点穂高のものを使用. *危険率 5%水準で有意.

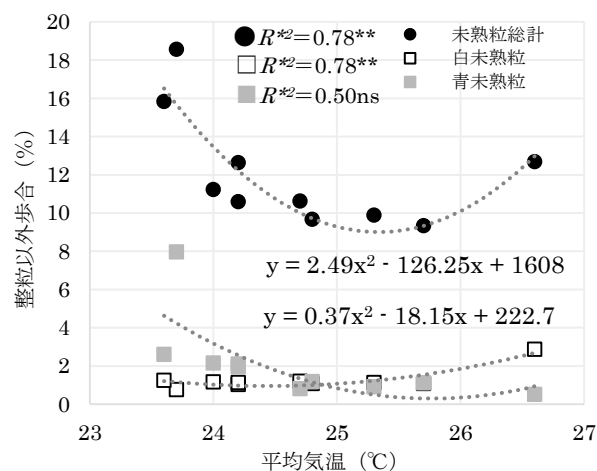


図 19 整粒以外の玄米粒の各歩合と 8 月の平均気温との関係（「あきたこまち」）
気象データはアメダス観測地点穂高のものを使用. **危険率 1%水準で有意. ns 有意差なし.

表 9 各産地での品質と 8 月の気温との回帰分析による決定係数（「あきたこまち」）

品質項目 ×	整粒歩合 ×			未熟粒歩合 ×			白未熟粒歩合 ×			青未熟粒歩合 ×			胴割粒+碎粒歩合 ×		
	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低
信濃町	0.11	0.29	0.67*	-0.11	-0.08	0.22	0.80**	0.93**	0.91**	0.78**	0.75**	0.45	0.50	0.59	0.22
佐久	0.58*	0.83**	0.41	0.38	0.47*	-0.03	-0.14	0.35	0.55*	0.79**	0.71**	0.74**	0.25	0.15	-0.03
大北	0.01	0.80**	0.44	-0.03	0.68**	0.47*	-0.01	0.19	0.44	0.19	0.67**	0.16	-0.39	-0.26	-0.31
中信平	-0.06	0.26	0.46*	-0.14	0.07	0.18	0.45	0.42	0.65*	0.19	0.39	0.64*	-0.19	0.18	0.34

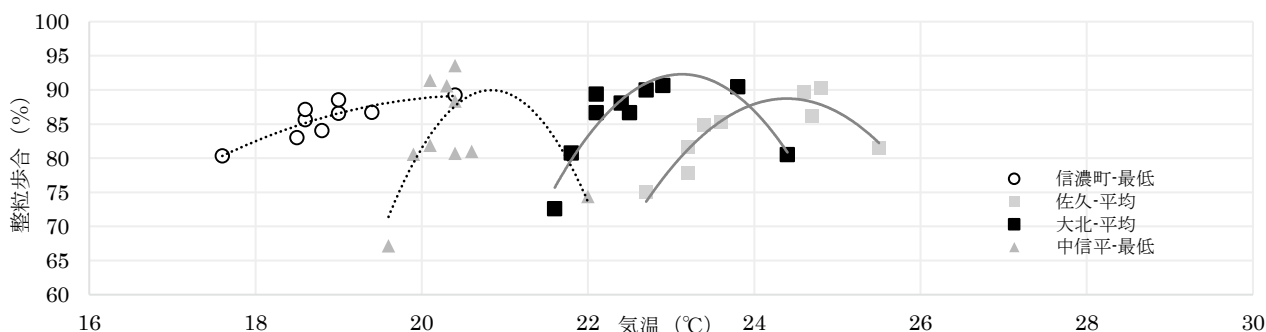


図 20 各年各産地の整粒歩合と 8 月の気温との関係（「あきたこまち」，信濃町のみ n=9，他の産地は n=10）
佐久，大北は平均気温との（実線），信濃町，中信平は最低気温との（点線）関係を示す.

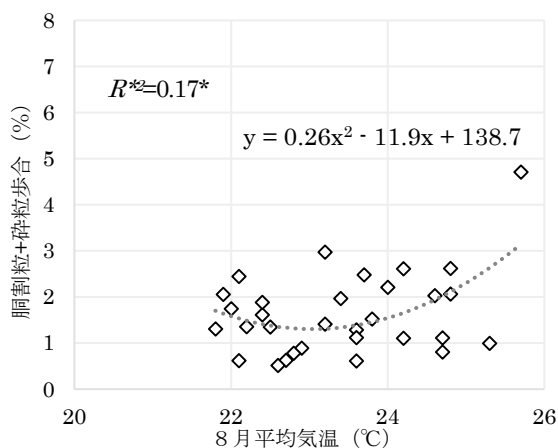


図 21 胴割粒+碎粒歩合と8月の平均気温との関係
（「あきたこまち」，n=31，2011～2018年）
全対象地域での各年データを使用．*危険率5％水準で有意．

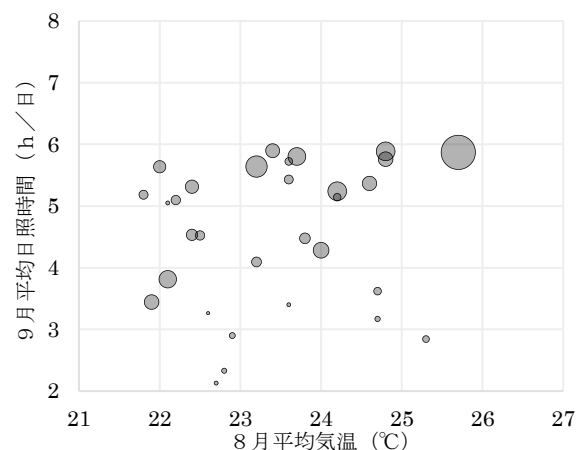


図 22 8月の平均気温，9月の平均日照時間と胴割粒+碎粒歩合との関係（「あきたこまち」，n=31，2011～2018年）
バブルの面積が胴割粒+碎粒歩合の大きさを示す．

摘 要

1. 県内の34年間（1983～2016年）の6月から9月の4か月間の平均気温は，地域間でばらつきがあるものの，約1℃上昇していた．またこの期間の平均気温と作況情報による単収には正の相関が認められた．
2. 8月の平均気温は平均的な気温上昇よりも年次による変動が大きく，数年内に起こりうる高温に対処する必要がある．また，県内の8月の平均気温と，コシヒカリの一等米比率には相関がみられ，高温年で一等米比率が低下する傾向であった．一等米比率が特に低下した年は主な等級落ち原因は胴割れであった．
3. 出穂日を5日後退させることで高温条件を回避できることが推定された．作期移動による高温回避対策が白未熟粒の発生リスク低減に有効であると考えられた．
4. 白未熟粒よりも，胴割れ粒の発生が助長される温度条件に遭遇していた地域・年次が多かった．
5. 各産地の代表的なアメダス観測地点のデータを活用して傾向を把握すると，産地ごとに整粒歩合が高く維持される温度域が異なった．これに関する特徴は以下の通りである．
 - ア．産地ごとに品質と最も関係の深い温度データ（最高気温，平均気温，最低気温）は異なる．
 - イ．白未熟粒，青未熟粒歩合でも関係の深い気温データは地域ごと異なった．
 - ウ．その他未熟粒歩合，胴割粒+碎粒歩合に関しては，

全体に気温との関係は明確ではなかった．

6. 「コシヒカリ」では，白未熟粒は8月の最低気温で発生リスクを評価できることが，胴割粒は8月の平均気温が概ね23～24℃以上，かつ9月の平均日照時間が概ね5時間以上で発生リスクが高まることが示された．
7. 「あきたこまち」でも「コシヒカリ」とおおむね同様の傾向が認められた．

謝 辞

今回の調査では，全国農業協同組合連合会長野県本部米穀課櫻井広氏の多大なる協力のもと，米穀課が長年にわたり調査してきた貴重な品質データを使用させていただいた．また，統計情報に関して関東農政局地域センターのご協力を，アメダス観測データに関しては長野地方気象台のご協力をいただき，データの取り扱いに際し有益な助言をいただいた．また南信農業試験場栽培部の協力を得て過去の資料を揃えることができた．加えて県下の農業改良普及センターの各担当者の情報が調査をまとめるにあたり非常に参考になった．これらの多大なる協力に対し，ここに心から謝意を表する次第である．

引用文献

- 井上健一．2012． 福井県におけるコシヒカリの高温登熟回避の試み―“適期田植え”の普及と品質食味の解析を中心に―．北陸作物学会報 47：137-140
- 川口祐男・北條綾乃．2010． 穂肥の施用条件が籾水分

- と胴割れ米の発生に及ぼす影響. 北陸作物学会報 45 : 15~18
- 神戸崇. 2015. 新潟県における晩生熟期水稻の栽培に気象が及ぼす影響の評価. 北陸作物学会報 50:18-22
- 高橋渉・尾島輝佳・野村幹雄・鍋島学. 2002. コシヒカリにおける胴割れ米発生予測法の開発. 北陸作物学会報 37 : 48-51
- 高田聖・坂田雅正・亀島雅史・山本由徳・宮崎彰. 2010. 高知県の水稲早期栽培用品種における白未熟割合の年次, 地域間差に關与する要因の解析. 日作紀 79 (2) : 205-212
- 田中研一. 2013. 茨城県における水稻高温障害軽減対策とその普及—高品質米生産運動の推進について—. 熱帯農業研究 6 (2) 90-92
- 田中博春・陸 斉. 2014. ICPP 第5次評価報告書の気候シナリオに基づいた長野県における年平均気温の変化予測. 長野県環境保全研究所研究報告 10 : 55-60
- 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 (3) : 336-342
- 長田健二. 2006a. 高温登熟と米の胴割れ. 農業及び園芸 81 (7) : 797-801
- 長田健二・森田敏・小山豊・上野直也・細井淳・石田義樹・山川智大・中山幸則・吉岡ゆう・大橋善之・岩井正志・大平陽一・中津紗弥香・勝場善之助・羽嶋正恭・森芳史・木村浩・坂田雅正・近藤始彦. 2006b. 米粒の胴割れ発生に及ぼす登熟気温および玄米窒素条件の影響 —全国連絡試験による解析—. 日作紀 75 (別2) : 16-17
- 長戸一雄・江幡守衛・石川雅士. 1964. 胴割れ米の発生に關する研究. 日作紀 33 82-89
- 農林水産省北陸農政局. 2018. 農林水産統計 平成30年産水稻の作付面積及び予想収穫量 (10月15日現在) (北陸).
www.maff.g.jp/hokuriku/stat/attach/pdf/30_10_31_kome-1.pdf
- 農林水産省関東農政局統計部. 2018. 平成30年産水稻の作付面積及び予想収穫量 (10月15日現在) (関東農政局管内) 10月31日公表の補足資料.
www.maff.go.jp/kanto/to-kyo/kohyo/attach/pdf/index-89.pdf
- 南山恵・川口祐男・高橋渉. 1998. コシヒカリの刈り取り適期における籾水分と品質の關係. 北陸作物学会報 33 : 75~76
- 森田敏. 2008. 稲の高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77 (1) : 1-12
- 森田敏編. 2010. 近年の九州における水稻の作柄・品質低下の実態要因の解析と今後の対応. 九州沖縄農業研究センター研究資料 第94号
- 森田敏. 2011. 稲の高温障害と対策—登熟不良の仕組みと防ぎ方—. (社) 農山漁村文化協会
- 村田吉男. 1964. わが国の水稻収量の地域性に及ぼす日射と温度の影響について. 日作紀 33 59-63

もち性大麦新品種「ホワイトファイバー」について

田淵 秀樹・前島 秀和・上原 泰・牛山 智彦¹・細野 哲²・中村 和弘³
・酒井 長雄・中澤 伸夫⁴・高橋 信夫⁵・吉田 清志⁶・矢ヶ崎 和弘⁷・
新井 利直⁸・谷口 岳志⁷・後藤 和美⁸・久保田 基成⁹

A New Waxy Barley Cultivar "White Fiber"

Hideki TABUCHI, Hidekazu MAEJIMA, Yasushi UEHARA, Tomohiko USHIYAMA,
Satoshi HOSONO, Kazuhiro NAKAMURA, Nagao SAKAI, Nobuo NAKAZAWA,
Nobuo TAKAHASHI, Seishi YOSHIDA, Kazuhiro YAGASAKI, Toshinao ARAI,
Takeshi TANIGUCHI, Kazumi GOTO and Motoshige KUBOTA

Abstract

A new barley cultivar 'White Fiber' was developed from a cross between 'Touzankei mochi No.437' and 'Touzankawa 96 gou (Fiber Snow)' at Nagano Prefecture Agricultural Experiment Station. It was registered as 'Hulled Barley Norin mochi 41' in July 2016. 'White Fiber' is six-rowed, hulled waxy and high- β -glucan contents barley. Its heading is 1 day later than one of the standard barley cultivar 'Syunrai'. It has a same level yield with 'Syunrai' and the resistance to barley yellow mosaic virus strain types I and III. The quality for pearling use of 'White Fiber' is better than 'Syunrai' because of low glassy grains and high pearling Whiteness. 'White Fiber' is well adapted in Touhoku, Hokuriku, Kanto and Touzan area. It has been registered as a recommended cultivar in 2016 at Nagano and Miyagi prefectures.

Key Words: barley, waxy, high- β -glucan contents, glassy grains, pearling Whiteness, new cultivar

I 緒言

長野県では平成27年度に六条大麦が495ha作付され、その内「ファイバースノウ」が281ha、「シュンライ」が208ha栽培されていた（農業技術課 推定値）。「シュンライ」は、平成2年度長野県奨励品種に採用された長野県農事試験場（現 長野県農業試験場）の育成品種（精

麦・麦茶用）であり、早生で倒伏に強く、大豆やそばとの輪作体系に適する長野県および北関東の主力品種である。しかし硝子率が高いため、品質ランク区分でCランクに区分けされることが多く、また精麦品質が「ファイバースノウ」よりやや劣るため、生産者及び実需者等から「硝子率が低く、精麦品質の優れる」品種の育成が強く求められてきた。一方、近年大麦の健康機能性が注目され、大麦の販売数量が飛躍的に増加している。また食感・食味が優れ、機能性成分の β -グルカン含有率が高い「もち性大麦（いわゆる「もち麦」）」が注目され、外国産を主原料に商品化されているが、実需者からは国産「もち性大麦」の品種育成を強く求められてきた。さらに平成27年度から「機能性表示食品」制度が始まり、大麦 β -グルカンを機能性関与成分とした食品が届出されている。ここ数年「もち性大麦」の効果や料理法につい

1 現在 長野県原種センター、
2 現在 長野県長野農業改良普及センター、
3 農研機構・九州沖縄農業研究センター
4 退職（元 長野県農業試験場）
5 退職（元 長野県農事試験場）
6 現在 JA全農長野
7 現在 長野県野菜花き試験場
8 退職
9 退職（元 長野県農業大学校）

てマスコミが取り上げるたびに、「もち性大麦」商品が品薄状態となるなど、大麦需要はさらに高まっている。このような情勢の中、高品質な国産もち性大麦を求める実需者からの強い要望に応じ、寒冷地適応性のあるもち

性大麦「ホワイトファイバー」を育成したので報告する。なお本品種の各世代における育成担当者は、表1のとおりである。

表1 ホワイトファイバーの育成担当者

試験年度(平成)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	備考
世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇	
【担当者】																			
上原 泰							●	—										●	
前島秀和					●	●					●	—						●	現在員
吉田清志																		●	
矢ヶ崎和弘																	●		
牛山智彦	●	—				●			●	—						●			
細野 哲		—												●					
久保田基成	●																		
酒井長雄	●	●																	
田淵秀樹	●	—	●																現在員
後藤和美		●																	
中澤伸夫			●	—	●			●											
谷口岳志				●															
新井利直					●														
高橋信夫						●	●												
中村和弘							●	—	●										

II 育成経過

「ホワイトファイバー」は、早生、多収、耐雪性、糯性を育種目標として、平成9年度(平成10年5月)長野県農事試験場(農林水産省 麦類育種指定試験地)において、早生、糯性の「東山系糯 437」に、越冬性の優れた良質系統「東山皮 96号(後の「ファイバースノウ」)」を人工交配し、派生系統育種法により選抜固定を図ってきたものである。なお「ホワイトファイバー」の系譜は図1に示し、選抜経過の概要は図2に示した。平成16年度には、「長系 R172」として生産力検定予備試験に供試するとともに、特性検定試験に供試した。平成18年度には「東山系 531」として系統適応性検定試験、生産力検定予備試験に供試し、その結果成績が良好であったので、平成20年度から「東山皮糯 109号」の地方番号を付して生産力検定試験に供試するとともに奨励品種決定調査に供試した。令和元年度の系統世代はF22である(年度は播種年)。

「ホワイトファイバー」は平成28年度に長野県及び宮城県においてそれぞれ奨励品種に採用された。また平成

28年度農林番号付与品種「平27皮麦農林糯41号」として登録が公表された。平成28年7月27日には種苗法に基づく品種登録出願公表(第30780号)、平成31年4月23日には品種登録公表となった(品種登録番号27407)。なお「ホワイトファイバー(white fiber)」は精麦白度が高く、また食物繊維である大麦β-グルカンを多く含むことから命名された。

III 特性の概要

1 形態的特性

叢性は“やや匍匐”，株の開閉は“中”，並渦性は“並”である。稈長は“やや長”で「シュンライ」より長い。稈の細太は“中”，稈の剛柔は“やや剛”で「シュンライ」並である。穂長は「シュンライ」より長い“やや長”である。条性は“六条”であり、粒の形は“やや長”である。粒の大小は“やや大”，千粒重は“やや大”で「シュンライ」よりやや小さい。リットル重は「シュンライ」と同等の“中”である。原麦粒の見かけの品質は“中の中”で「シュンライ」と同等である。(表2)

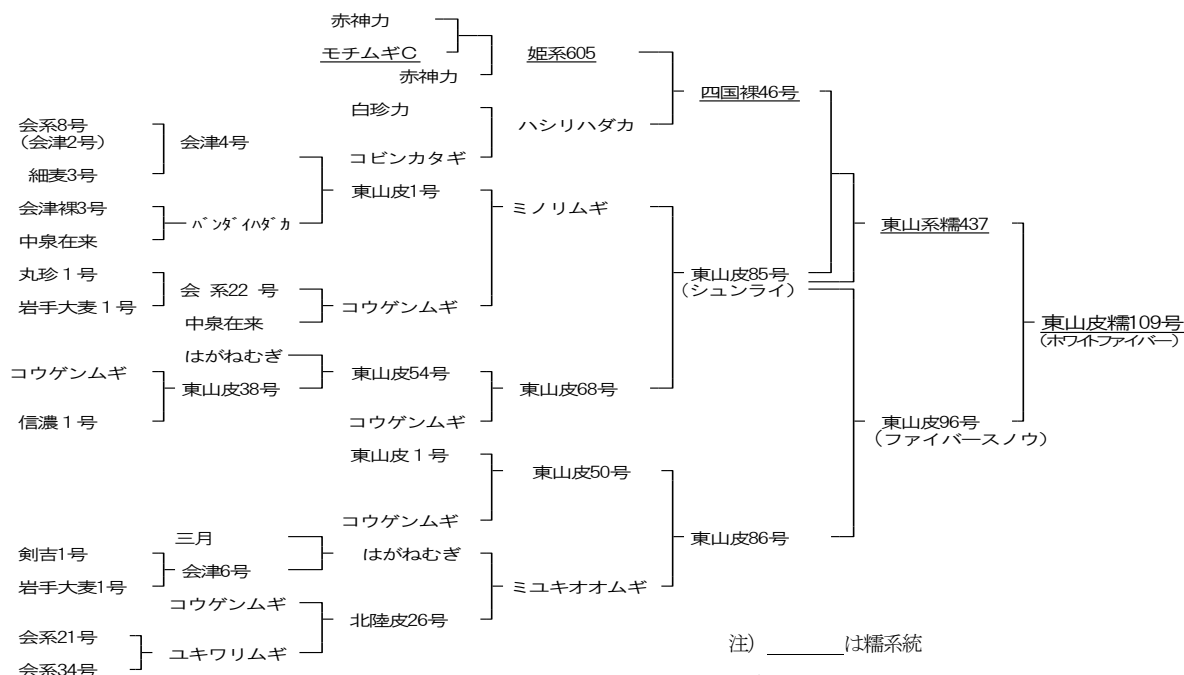


図1 ホワイトファイバーの系譜

試験年度	平成9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇
試験区分		F1養成	集団	集団	集団	集団	DL1	DL2	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL
供試							単独系統	単独系統	1系統群3系統	1系統群5系統	-----							
系統群数							15	11	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
系統数							15	11	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5
個体数			2000	2000	2000	2000												
選抜																		
系統群数							11	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
系統数							11	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
個体数						200		15	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
生産力 検定試験	予備 系適 系適 本試験																	
備考	長交946							長系R172		東山系531		東山皮糯109号						

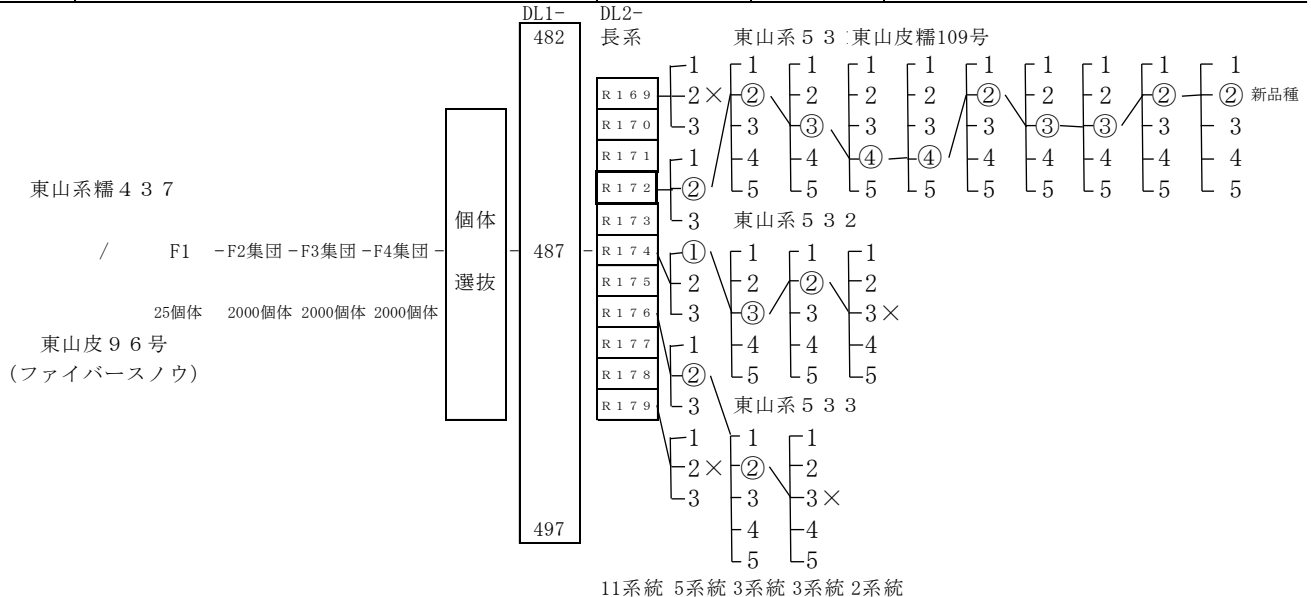


図2 ホワイトファイバーの選抜経過 (上) と育成系統図 (下)

表2 ホワイトファイバーの特性表（大麦種苗特性分類調査報告書（昭和55年3月）に基づく特性表）

項目番号	形質	ホワイトファイバー		シュンライ		セツゲンモチ		ファイバースノウ	
		区分	(階級)	区分	(階級)	区分	(階級)	区分	(階級)
I-1-1	叢生	やや匍匐	6	やや匍匐	6	やや匍匐	6	やや匍匐	6
I-1-2	株の開閉	中	5	中	5	中	5	中	5
I-1-3	並渦性	並	2	並	2	並	2	並	2
I-2-1	稈長	やや長	6	中	5	中	5	やや長	6
I-2-2	稈の細太	中	5	中	5	中	5	中	5
I-2-3	稈の剛柔	やや剛	4	やや剛	4	やや剛	4	やや剛	4
I-2-4	稈のワックスの多少	中	5	中	5	中	5	中	5
I-3-1	葉耳の有無	有	1	有	1	有	1	有	1
I-3-2	葉色	中	5	中	5	中	5	中	5
I-3-3	葉鞘のワックスの多少	中	5	中	5	中	5	中	5
I-3-4	葉鞘の毛の有無・多少	無	0	無	0	少	3	少	3
I-4-2	穂長	やや長	6	中	5	中	5	やや長	6
I-4-3	粒着の粗密	やや密	6	やや密	6	やや密	6	やや密	6
I-4-4	穂の抽出度	中	5	やや長	6	中	5	やや長	6
I-4-5	条性	六条	8	六条	8	六条	8	六条	8
I-4-6	穂の下垂度	直	3	直	3	直	3	直	3
I-5-1	芒の有無と多少	多	7	多	7	多	7	多	7
I-5-2	芒長	長	7	やや長	6	中*	5	やや長	6
I-5-3	芒の粗滑	粗	7	粗	7	粗	7	粗	7
I-6-1	ふ色	黄	2	黄	2	黄	2	黄	2
I-7-1	粒の形	やや長	6	やや長	6	中	5	やや長	6
I-7-2	粒の大小	やや大	6	大	7	中	5	大	7
I-8-1	千粒重	やや大	6	大	7	中	5	やや大*	6
I-8-2	リットル重	中	5	中	5	中	5	中	5
I-9-1	原麦の見かけの品質	中の中	5	中の中*	5	中の中*	5	中の中*	5
II-1	播性	II	2	II*	2	II*	2	V*	5
II-2	茎立性	やや早	4	やや早	4	やや早	4	中	5
II-3-1	出穂期	やや早	4	やや早	4	やや早	4	やや早	4
II-3-2	成熟期	やや早	4	やや早	4	やや早	4	やや早	4
II-4-1	粳・糯の区別	糯	8	粳	2	糯	8	粳	2
II-4-2	皮裸性	皮	2	皮	2	皮	2	皮	2
II-4-3	脱芒性	易	7	易	7	中	5	易	7
II-5	穂発芽耐性	中	5	易	7	やや難	4	易	7
II-6	脱粒性	中	5	やや易	6	中	5	やや易	6
II-7	耐倒伏性	強	3	強	3	強	3	強	3
II-8-1	耐寒性	やや強	4	やや強	4	やや強	4	強	3
II-8-2	耐雪性	やや強	4	やや強*	4	中	5	強*	3
II-8-4	耐凍上性	中	5	やや強*	4	やや弱	6	やや強*	4
II-9	収量性	多	7	多	7	多*	7	多	7
II-10-1	粒質	粉状質	3	中間質	5	粉状質	3	中間質	5
II-10-3	精麦白度	大	7	やや大*	6	やや大*	6	やや大*	6
II-12-1	縞萎縮病抵抗性	強	3	やや強*	4	強*	3	やや強*	4
II-12-2	赤かび病抵抗性	やや弱	6	やや弱	6	やや弱*	6	やや弱*	6
II-12-3	うどんこ病抵抗性	やや強	4	中*	5	やや弱*	6	やや強*	4

注) シュンライ, セツゲンモチ, ファイバースノウは品種登録時の特性値。ただし, *表示の箇所は本報告の集約結果をもとに修正。

2 生態的特性

播性の程度は“Ⅰ～Ⅱ”で、出穂期で「シュンライ」より1日遅く、成熟期は同日の“やや早生”である。粳・糯の区別では“糯”である。耐倒伏性は「シュンライ」と同等である。耐寒性は「シュンライ」と同等の“やや強”，耐雪性は「シュンライ」より優れる”強”である。耐凍上性は“中”である。収量性は「シュンライ」と同等である。オオムギ縞萎縮病抵抗性はⅠ＋Ⅲ型に対して

“強”，Ⅱ型に対して”やや弱”である。麦類萎縮病抵抗性は”やや弱”であるが、「シュンライ」よりやや優れる。赤かび病抵抗性は「シュンライ」と同等の“やや弱”である。うどんこ病抵抗性は「シュンライ」よりやや強い“やや強”である。（表2，表3，表4）

表3 ドリル栽培における生育・収量調査成績（育成地 平成17～26年播種）

系統名 または 品種名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 の 多少	子実重 (kg/a)	同差対 標準比 率(%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
ホワイトファイバー	5.02	6.09	90	4.9	438	0.1	69.6	100	711	37.8	4.6
(標) シュンライ	5.01	6.09	85	4.4	453	0.0	70.1	100	720	39.7	4.7
(比) ファイバースノウ	5.03	6.10	91	4.7	451	0.0	70.9	101	714	40.0	4.4

注) 外観品質は1(上上)～9(下下)の9段階評価

表4 特性検定試験結果（平成21～26年播種）

系統名 または 品種名	耐寒性	耐雪性		耐寒雪性	耐凍上性	病害抵抗性	
						赤かび病	うどんこ病
	原村 試験地	飯山市 常盤	飯山市 温井	岩手県 高冷地	長野県 中信試	育成地	育成地
ホワイトファイバー	やや強	強	強	中	中	やや弱	やや強
(標) シュンライ	やや強	やや強	やや強	やや弱	やや強	やや弱	中
(比) ファイバースノウ	強	強	強	強	やや強	やや弱	やや強

系統名 または 品種名	病害抵抗性					穂発芽性	播性
	赤かび病	大麦縞萎縮病		萎縮病			
		Ⅰ＋Ⅲ型	Ⅱ型	(JSBWMV)			
	作物研	栃木農試	WB	作物研	作物研	育成地	育成地
ホワイトファイバー	中	強	(+)	やや弱	やや弱	中	Ⅰ～Ⅱ
(標) シュンライ	やや弱	やや強	—	やや弱	弱	易	Ⅰ～Ⅱ
(比) ファイバースノウ	中	強	(+)	やや弱	やや弱	易	V

注) 栃木農試のWBはウェスタンブロットリング法によるウイルス検定

表5 育成地による精麦品質試験（育成地ドリル栽培生産物 平成20～26年播種）

系統名 または 品種名	原麦			精麦	完全	55%精麦	
	蛋白質含量 (%)	硝子率 (%)	硬度 SKCS. HI	時間 (分:秒)	搗精粒率 (%)	砕粒率 (%)	白度
ホワイトファイバー	11.5	16.4	78.5	13:19	27.2	0.6	49.7
(標) シュンライ	12.0	56.0	70.4	11:06	39.2	4.3	47.8
(比) ファイバースノウ	11.9	48.8	62.6	10:18	31.1	5.2	49.5

系統名 または 品種名	55%粉ペースト 色相						55%精麦粉	
	加熱前			加熱後			アミロース	β-グルカン
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	含量 (%)	含量 (%)
ホワイトファイバー	82.6	1.2	12.9	59.7	2.4	15.4	3.5	7.3
(標) シュンライ	82.2	1.6	12.2	59.7	2.7	13.9	25.2	4.2
(比) ファイバースノウ	83.0	1.3	12.4	59.5	2.5	13.9	25.4	3.6

注) 色相はL*a*b*表色系で示す。L*, a*, b*の値は、それぞれ粉の明るさ、赤み、黄色みの程度を表す。

表6 実需者による精麦品質試験（育成地ドリル栽培生産物 平成20～26年播種）

評価 場所	系統名 または 品種名	原 麦 品 質					55%精麦粒色相			砕粒 率 (%)	精麦 粒の 外観 品質	切断 麦の 外観 品質	精麦 品質 総合 評価
		容積 重 (g)	千粒 重 (g)	硝子 率 (%)	搗精 時間 (分:秒)	搗精 白度 (%)							
							L*	a*	b*				
A社	ホワイトファイバー	713	36.8	15.3	14:42	46.7	80.2	1.65	21.0	0.6	C	B	B
	(標) シュンライ	724	38.6	42.0	12:35	44.7	77.3	1.96	18.4	3.4	C	C	C
	(参) ファイバースノウ	722	38.6	38.1	11:38	46.9	79.9	1.61	19.2	3.9	C	B	C
B社	ホワイトファイバー	697	36.8	44.3	-	42.0	72.4	0.92	17.4	0.3	-	-	B
	(標) シュンライ	707	38.6	51.1	-	39.6	64.6	1.46	14.6	1.0	-	-	C
	(参) ファイバースノウ	700	38.7	48.4	-	40.7	70.7	1.19	16.1	0.9	-	-	C

注) ランク付けはA (優), B (良), C (可), D (劣), E (不可)

3 品質特性

「ホワイトファイバー」は、アミロースがかなり少ないもち性大麦である。粒質は粉状質で、中間質の「シュンライ」より硝子率はかなり低い。55%搗精に要する精麦時間は「シュンライ」「ファイバースノウ」より長い。55%搗精麦における完全搗精粒率は「シュンライ」よりやや劣るが、砕粒率は「シュンライ」「ファイバースノウ」より少ない。精麦白度は「シュンライ」より優れ、「ファイバースノウ」と同等。加熱後色相のL* (明るさ) は「シュンライ」と同等である。水溶性食物繊維であるβ-グルカンの含有率が、「シュンライ」「ファイバースノウ」などのうるち性品種に比べ高い(表5)。実需者による精麦試験においても「ホワイトファイバー」は「シュンライ」より砕粒率が低く、搗精白度及び加熱前後の色相L* (明るさ) が高いことから、精麦品質総合評価は優っている(表6)。

Ⅳ 適応地帯

表7には「ホワイトファイバー」の配付先における試作結果と収量の対標準比を示した。

関東・東山地方、南東北・北陸地方の小雪地帯が適応地帯と考えられる。耐寒性が十分ではないので、高冷地や多雪地への作付けは避ける。また播性が低いため、早播きは行わない。

Ⅴ 考 察

長野県農事試験場では、平成11年度にもち性大麦「セツゲンモチ」を育成した。国内で始めて実用的な形質を備えたもち性大麦品種(皮麦)であり、優れた食味が新たな需要を喚起することが期待された。しかし小粒で精麦品質が劣るため、群馬県で麦茶用として栽培されたの

表7 ホワイトファイバーの配付先における成績

試験場所	試験年度										標準品種
	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28		
岩手	△ 88										ファイバースノウ
宮城古川				△105	○107	△111	△104	○ 110	奨		シュンライ
福島	△114	△109	※98								シュンライ
石川	△102	△101	△110	△ 99	○101	○102	◎130	◎128			ファイバースノウ
福井					○118	△133	×123	△ 104	× 68		ファイバースノウ
富山	△ 92		△ 95			× 82		△ 78	95		ファイバースノウ
茨城本場	△114	× 97									カシマムギ
栃木				72	△ 95	※ 97					シュンライ
埼玉	×101										すずかぜ
山梨					△ 80	△ 89	※ 89				ファイバースノウ
長野	△ 96	○105	○109	△ 91	○ 93	○ 96	奨 86		87	93	シュンライ
岐阜飛騨	△ 88	△ 94	×102								ミノリムギ
岐阜中津川	△ 91	△ 85									ミノリムギ
岐阜本場	△135	※ 49									ミノリムギ
兵庫			△110	※ 91				△ 110	※ 75		シュンライ
鳥取	○109	△ 95	△109	※114							シュンライ
育成地	96	107	105	92	96	92	80	89	104		シュンライ

注) ◎極有望, ○有望, △継続検討, ×打ち切り, ※特性把握により試験終了

みであり、残念ながら精麦用として栽培されることはなかった。

今回育成された「ホワイトファイバー」は、「早生多収で耐雪性を有するもち性大麦」という育種目標をおおむね達成することができた。「ホワイトファイバー」は精麦品質の実需者評価が「ファイバースノウ」より1ランク高く、また「シュンライ」と同等の収量性、栽培適性を有し、硝子率は「シュンライ」より低く、生産者及び実需者双方にメリットがあることから、長野県においては「シュンライ」に替えて、「ホワイトファイバー」を平成28年度から奨励品種として採用することとなった。

本品種は平成28年度から長野県において一般栽培(約160ha)を開始しており、令和元年度には182ha(農業技術課 推定値)で栽培されている。また宮城県においては、平成28年に奨励品種に採用されており、令和元年度には179ha(みやぎ米推進課 推定値)が作付けされている。石川県においては平成30年に産地品種銘柄に設定され、令和元年度には約20ha(JA全農いしかわ 推定値)作付けされており、今後は面積の拡大が検討されている。その他大分県などでも栽培が開始されており、「ホワイトファイバー」の生産拡大が、国産「もち性大麦」

供給の拡大に大きく寄与することが期待される。

さらに「ホワイトファイバー」はβ-グルカンを多く含んでいるが、大麦β-グルカンを継続的に摂取することにより、血中コレステロール濃度の正常化、食後の血糖上昇抑制、内臓脂肪蓄積抑制などの効果が認められている^リことから、「ホワイトファイバー」の生産拡大が健康増進につながることも期待している。平成28～30年度には「ホワイトファイバー」の産地である松本市内を対象とした「機能性農産物等の食による健康都市づくり支援事業」に参画し、地域における健康意識の更なる醸成および「ホワイトファイバー」の生産振興を行った。

なお「ホワイトファイバー」は播性が低いため、今後は播性の高い「もち性大麦」の育成を目指す。

VI 摘 要

「ホワイトファイバー(東山皮糯109号)」は、早生、多収、耐雪性、糯性を育種目標として、平成9年度(平成10年5月)長野県農事試験場(麦類育種指定試験地)において、早生、糯性の「東山系糯437」に、越冬性の優れた良質系統「東山皮96号(後のファイバースノウ)」を人工交配し、派生系統育種法により選抜固定を図って

きたものである。平成 28 年 7 月 27 日には種苗法に基づく品種登録出願（第 30780 号）が公表され、平成 31 年 4 月 23 日には品種登録公表となった（品種登録番号 27407）。平成 28 年度には長野県及び宮城県で奨励品種として採用された。現在長野県、宮城県、石川県などで普及している。

この品種は、「シュンライ」に比較して次の様な特性がある。

1. 播性は“Ⅰ～Ⅱ”で、出穂期で 1 日遅く、成熟期は同日の“やや早生”である。
2. 稈長は 5cm 程度長く、収量は同等である。
3. 千粒重はやや小さく、容積重もやや小さい。
4. 耐寒性は同等の“やや強”であるが、耐雪性はやや優れる“強”である。
5. 大麦萎縮病抵抗性は、Ⅰ・Ⅲ型に対してやや優れる“強”である。
6. 硝子率が低く、精麦白度が高い。
7. アミロースが低く、 β -グルカン含有率が高い。

留意事項としては、耐寒性が十分ではないので高冷地、多雪地への作付けは避ける。

「ホワイトファイバー」の栽培適地は関東・東山地方、南東北・北陸地方の小雪地帯である。

VII 謝 辞

本品種の育成に当たって、全国精麦工業協同組合連合会、宮城県農業試験場及び石川県農林総合研究センター農業試験場の担当者の方々には大変お世話になった。また当場の圃場担当職員や各府県の特性検定試験、系統適応性検定試験及び奨励品種決定調査試験担当者の絶大なご援助をいただいた。これらの諸氏に対し心から謝意を表する。

なお本研究の一部はイノベーション創出強化研究推進事業「新たな実需ニーズに応える寒冷地・多雪地向け新需要大麦品種等の育成と普及（課題番号 26084C）」により実施された。

VIII 文 献

青江誠一郎：大麦 β -グルカンの機能性について 日本食生活学会誌 第 26 巻 第 1 号 3-6(2015)

酒造好適米新品種「山恵錦」について

細井 淳・高松 光生¹・久保田 基成²・牛山 智彦³・新井 利直⁴
・酒井 長雄・吉田 清志⁵・矢ヶ崎 和弘¹

A New Rice Cultivar for Sake brewery “Sankeinishiki”

Jun HOSOI, Mitsuo TAKAMATSU, Motoshige KUBOTA, Tomohiko USHIYAMA,
Toshinao ARAI, Nagao SAKAI, Seishi YOSHIDA and Kazuhiro YAGASAKI

Abstract

A new rice variety for Sake brewery, “Sankeinishiki” was developed at the Nagano Prefecture Agricultural Experiment Station. It was selected from the cross between “Shinkoh No.509” and “Yamagata Sake No.86 (Dewanosato)”. The superior characteristics of this cultivar compared with “Miyamanishiki” are as follows: yield, lodging resistance, grain size, expression of white core in grain, cool weather resistance and blast resistance.

Key Words: *Oryza sativa* L, Sake brewing rice cultivar, Sankeinishiki

緒 言

現在、長野県および東北地域を含む冷涼地での酒造好適米の基幹品種は、1978年に本県にて育成された「美山錦」であり、酒造好適米品種では全国作付面積第3位となっている。しかしながら近年、「美山錦」は温暖化などの影響による心白発生率の低下や小粒化、碎米発生の増加などの玄米品質の低下が現場から問題視されることが多くなり、生産者からは新品種が強く要望されてきた。また最近の地酒ブームに伴い、長野県内の蔵元から

はブランド力のある新しい酒造材料への期待も高まっていた。そこで、優れた栽培性および玄米品質を育種目標とし、蔵元の要望に合致した醸造適性に優れる酒造好適米品種の育成に取り組んできた。本論文では、「山恵錦」の育成経過と特性について報告する。

来歴および育成経過

長野県農事試験場（現：長野県農業試験場）において、2003年に「美山錦」以上の耐冷性、いもち病抵抗性の強化、多収、外観品質の向上（高い心白発生率）、加工性の向上（とう精時の碎米発生の低減）を育種目標として、栽培性に優れるうるち系統「信交509号」を母とし、心白の発現に優れる酒造好適米系統「山形酒86号（後の「出羽の里）」を父とする交配を行った。交配組み合わせおよび系譜は第1図、育成経過は第1表のとおりである。2003年秋から翌年春にかけて世代促進温室にてF₁およびF₂集団を養成した。2004年にF₃集団を苗代放置栽培し、2005年に試験場内圃場にて個体選抜を行った。以降、系統選抜法により選抜と固定を図った。2007年に「八系207222」の系統番号を付して生産力検定予備試験、2008年より生産力検定本試験に供し、並行して各種

1 現在 長野県野菜花き試験場

2 元 長野県農業大学校

3 現在 長野県原種センター

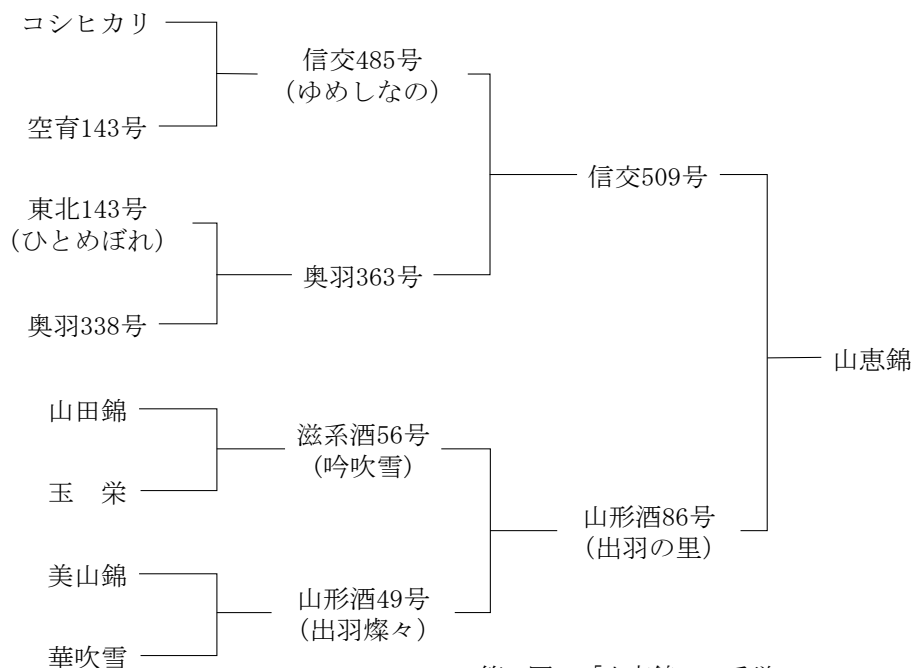
4 元 株式会社関東甲信クボタ

5 現在 JA全農長野

本研究の一部は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業「麹製造適性に基づく酒造好適米の新たな選抜技術の確立と品種育成(27034C)」により実施された。本論文は、平成28年度普及技術、および北陸作物学会報53:9-11(2018)を再構成したものである。

特性検定試験やとう精加工試験などを行った。いずれも成績が良好だったことから、2011年に「信交酒545号」の地方番号を付し、奨励品種決定調査予備試験に供した。2013年より同調査本試験および現地試験に供した。2014年より長野県工業技術総合センター食品技術部門にて麴製造適正試験と醸造試験を行った。醸造適性を

含む多くの優れた特性が認められたことから、品種登録出願申請を行った。2017年3月に「山恵錦（さんけいにしき）」として品種登録出願公表となり、2017年度より県奨励品種（認定品種）として採用された。名称は一般公募での選定により、信州の山々からもたらされる様々な恵みや清廉などをイメージして名付けられた。



第1図 「山恵錦」の系譜

第1表 「山恵錦」の育成経過

年次	世代	栽 植			選 抜			詳 細
		系統群	系統数	個体数	系統群	系統数	個体数	
2003	交配	(交配番号2003-61)						採種粒数 2粒
	F ₁			2粒				ガラス室世代促進
	F ₂			44粒				〃
2004	F ₃			粳63g				集団栽培（苗代放置）
2005	F ₄			約1000株			17	個体選抜（試験場内圃場）
2006	F ₅		17			9	27	系統選抜
2007	F ₆	9	27			3	15	生産力検定予備試験「八系207222」
2008	F ₇	3	15		1	1	5	生産力検定本試験（以後継続）
2009	F ₈	1	5		1	1	5	〃
2010	F ₉	1	5		1	1	5	〃
2011	F ₁₀	1	5		1	1	5	奨励品種決定予備試験「信交酒545号」
2012	F ₁₁	1	5		1	1	5	〃
2013	F ₁₂	1	5		1	1	5	奨励品種決定本試験，現地試験開始（以後継続）
2014	F ₁₃	1	5		1	1	5	〃，醸造試験開始（以後継続）
2015	F ₁₄	1	5		1	1	5	〃
2016	F ₁₅	1	5		1	1	5	〃
2017	F ₁₆	1	5		1	1	5	品種登録出願公表，県奨励品種（認定品種）採用
2018	F ₁₇	1	5		1	1	5	産地品種銘柄指定

品種特性の概要

1. 生理形態的特性

「美山錦」を比較品種とした生理形態的特性の一覧を第2図に示す。また、草姿を第2図、玄米外観を第3図にそれぞれ示す。

「美山錦」と比べ、出穂期および成熟期は同程度の“中生早”である。移植時における草丈は、やや短い“中”，葉色および葉幅は同程度の“中”，草状は同程度の“やや立”である。最高分げつ期における草丈はやや短い“中”，茎数はやや多い“中”，葉色および葉幅は同程度の“中”，草状は同程度の“立”，株の開閉は同程度の“閉”である。

稈の細太はやや細い“中”，稈の剛柔はやや硬い“やや剛”，芒の多少は多い“中”，芒の長短は“中”，芒，ふ先色およびふ色は同程度の“黄白”である。粒着密度は同程度の“やや粗”で，脱粒性は同程度の“難”である。

いもち病真性抵抗性遺伝子は，*Pia* および *Pik* を有すると推定され，葉いもち抵抗性は優れる“強”，穂いもち抵抗性は優れる“強”である。耐冷性はやや優れる“強”である。

玄米粒の大きさは同程度の“やや大”である。心白の発現は優れる“中”であり，形状は小眼状で大きさは中程度である。外観品質はやや優れる“中上”である。

2. 栽培特性

長野県農業試験場（須坂市八重森 標高 340m）および同原村試験地（諏訪郡原村 標高 1020m）での生産力検定試験における栽培特性を第3表、第4表にそれぞれ示す。また、奨励品種決定調査現地試験における長野県内各地での栽培特性評価を第5表に示す。

低暖地に属する須坂市において，5月中旬の移植で出穂期は7月下旬，成熟期は9月初旬である。高冷地に属する原村において出穂期は8月中旬である。いずれの試験実施場所においても「美山錦」と比較して，稈長は短く，穂数は多く，倒伏は軽微である。また，玄米収量は多く，千粒重は重く，外観品質は良好である。

長野県内現地 10ヶ所の各慣行栽培において，病害や冷害などの障害発生は認められず，長野県農業試験場での生産力検定試験と同様の結果である。概ね標高 800m 以下の中間地から低暖地において，優れた栽培性を有しているとともに，十分な普及適応性が認められる。

第2表 「山恵錦」の生理形態的特性 (2016年 長野県農業試験場)

品種名	早晩性	移植時				最高分げつ期					株開閉	止葉草状
		草丈	葉色	葉幅	草状	草丈	茎数	葉色	葉幅	草状		
山恵錦	中生早	中	中	中	やや立	中	中	中	中	立	閉	立
比)美山錦	中生早	やや長	中	中	やや立	やや長	やや少	中	中	立	閉	立

第2表 (続き)

品種名	稈		芒		芒及びふ先色	ふ色	粒着密度	脱粒性	いもち病抵抗性			耐冷性
	細太	剛柔	多少	長短					葉	穂	遺伝子型	
山恵錦	中	やや剛	中	中	黄白	黄白	やや粗	難	強	強	<i>Pia, PiK</i>	強
比)美山錦	やや太	中	無	—	黄白	黄白	やや粗	難	中	中	<i>Pia, Pii</i>	やや強

第2表 (続き)

品種名	粒大	心白			外観品質
		発現	形状	大きさ	
山恵錦	やや大	中	小眼	中	中上
比)美山錦	やや大	低	無/点	小	中中

品種登録審査における特性調査基準に準拠

(心白・外観品質はイネ育種マニュアルの調査基準に準拠)



第2図 「山恵錦」の草姿 (9月初旬の株)
左：「美山錦」 右：「山恵錦」



第3図 「山恵錦」の粳と玄米
左：「美山錦」 右：「山恵錦」

第3表 「山恵錦」の栽培特性 (長野県農業試験場)

品種名	試験年次	出穂期 (月. 日)	成熟期 (月. 日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (9段階)
山恵錦	2008-2016	7. 27	9. 07	88	19. 3	453	微
比) 美山錦	2008-2016	7. 26	9. 07	100	20. 3	389	やや多
参) しらかば錦	2013-2016	7. 20	8. 29	87	20. 7	432	中

倒伏9段階：無－極微－微－少－やや少－中－やや多－多－甚

第3表 (続き)

品種名	試験年次	全重 (kg/a)	わら重 (kg/a)	精粳重 (kg/a)	1.8mm篩別 精玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	外観品質 (9段階)
山恵錦	2008-2016	176. 5	75. 6	89. 8	68. 5	24. 9	中上
比) 美山錦	2008-2016	167. 3	75. 4	82. 7	61. 4	24. 2	中中
参) しらかば錦	2013-2016	158. 4	67. 2	78. 7	60. 6	26. 0	中中

第4表 「山恵錦」の栽培特性（長野県農業試験場原村試験地）

品種名	試験年次	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)
山恵錦	2009-2016 (2012除く)	8.12	80	18.0	412
比)美山錦	2009-2016 (2012除く)	8.11	93	19.1	358
参)しらかば錦	2013-2016	8.07	79	19.6	406

第4表 （続き）

品種名	試験年次	全重 (kg/a)	わら重 (kg/a)	精粳重 (kg/a)	1.8mm篩別 精玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	外観品質 (9段階)
山恵錦	2009-2016 (2012除く)	181.9	80.9	88.3	67.3	24.4	中上
比)美山錦	2009-2016 (2012除く)	173.9	75.7	86.1	64.1	22.8	中下
参)しらかば錦	2013-2016	163.5	65.5	85.8	67.6	26.5	中中

第5表 奨励品種決定調査現地試験における「山恵錦」の栽培特性（2013～2016年 各農業改良普及センター）

試験場所 (標高)	品種名	試験年次	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (9段階)	精玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	外観品質 (9段階)
茅野市米沢 (880m)	山恵錦	2014-2016	8.06	9.14	74	18.0	338	無	68.4	25.5	上中
	比)美山錦		8.02	9.12	88	19.3	275	無	61.6	23.9	中中
伊那市美篁 (720m)	山恵錦	2013-2016	7.28	9.10	76	19.8	328	少	67.8	25.7	—
	比)美山錦		7.24	9.07	86	21.3	287	中	65.1	23.9	—
佐久市野沢 (690m)	山恵錦	2013-2016	8.04	9.21	81	18.3	460	極微	69.8	24.3	中下
	比)美山錦		8.01	9.22	93	19.1	371	や少	69.7	23.0	上下
信濃町穂波 (670m)	山恵錦	2013-2016	8.03	9.11	76	17.5	363	無	57.9	25.8	中中
	比)美山錦		8.02	9.11	87	18.7	288	無	53.8	24.4	中中
大町市常盤 (660m)	山恵錦	2013-2016	7.25	9.08	71	18.6	381	無	54.8	26.5	中上
	比)美山錦		7.24	9.06	83	20.7	315	無	48.5	25.8	中上
安曇野市豊科 (560m)	山恵錦	2013-2016	7.28	9.11	81	19.5	478	少	74.5	24.6	中下
	比)美山錦		7.26	9.15	95	21.3	393	や多	75.7	23.9	中下
南木曽町田立 (550m)	山恵錦	2016	8.03	9.17	75	18.3	339	中	60.6	25.7	—
	比)美山錦		8.01	9.14	89	21.0	249	多	63.1	25.1	—
飯田市下殿岡 (520m)	山恵錦	2014-2016	7.31	9.23	84	19.8	449	微	76.9	25.8	中下
	比)美山錦		7.29	9.21	97	19.4	376	中	71	24.9	中下
上田市塩田 (450m)	山恵錦	2013-2016	8.03	9.15	80	20.4	318	無	62.6	25.5	中中
	比)美山錦		7.29	9.13	90	21.5	287	少	59.4	24.1	中中
飯山市常盤 (315m)	山恵錦	2013-2016	7.31	9.17	81	18.0	379	無	60.6	25.5	—
	比)美山錦		7.31	9.10	91	18.6	338	無	53.6	24.2	—

3. 品質・加工特性

蔵元への入荷を想定した収穫物（長野県農業試験場産、2.0mm 篩別後サンプル）の玄米品質、加工に関する諸特性を第6表に示す。

玄米品質について、「美山錦」と比べて心白発生率は高く「山田錦」と同程度である。心白の大きさは「美山錦」と同程度の“小”であり「山田錦」より小さい。優占する心白の形状は“眼状”であり、「美山錦」の“点状”または“無”，「山田錦」の“線状”とは形状が異なる。タンパク質含有率は玄米で「美山錦」よりも低く、精米では同程度である。加工特性について、とう精時における砕米発生は「美山錦」よりも少なく、精米加工適性に優れる。

蔵元契約圃場において慣行栽培で得られた現地生産物の品質、加工に関する諸特性について、第7表に示す。

現地慣行栽培によって得られた収穫物のタンパク質含有率は、著しく高いものがほとんど含まれていないことから玄米および精米ともに適性範囲と判断される。また、テストミルによるとう精時の砕米率も概ね15%未満の低い範囲にある。これより、県内各地での生産物は品質加工適性に優れていると判断される。

4. 醸造関連特性

長野県農業試験場産サンプルにおける麴製造適性を第8表に示す。

醸造時の「溶け（溶解性）」に関する指標において、麴のデンプン溶解総合活性（高いほど良好とされる）は、「美山錦」よりも高く優れている。また糖類の生成に関する指標として、グルコース生成総合活性（高いほど良好とされる）は、「美山錦」と同程度である。両指標ともに「山田錦」よりやや低い。醸造時の「味わい」に関する指標において、麴アミノ酸量（低いほど良好とされる）は「美山錦」および「山田錦」と同程度である。また、アミノ酸生成総合活性（低いほど良好とされる）は、「美山錦」および「山田錦」よりも低く、極めて優れている。麴製造適性は総じて、アミノ酸系の指標において良質と判断される。

試験醸造による純米吟醸酒の官能評価を第9表に示す。また、蔵元において特定名称酒としての出荷を想定した試験醸造の結果を第10表に示す。

長野県工業技術総合センター食品技術部門における官能評価は、概して「美山錦」と同等以上である。「山恵錦」の清酒における特徴は“バランスが良い”，“ふくらみ”，“味巾がある”が主な寸評として得られている。また、蔵元における試験醸造についても上記と同様の評価に加えて“なめらか”という寸評も得られている。これらのコメントはいずれも「美山錦」における清酒では得られにくい好評価も含んでいる。総じて、清酒の品質は良好な評価である。

第6表 「山恵錦」の品質・加工特性 (2010～2016年 長野県農業試験場)

品 種 名	心白発生率 (%)	心白の大きさ 形状	タンパク質含有率		精米加工適性	
			2.0mm篩別 精玄米 (%)	70%精米 (%)	真精米率 (%)	砕米率 (%)
山恵錦	46.2	小・眼状	7.4	4.4	72.8	9.5
比)美山錦	18.5	小・点状または無	7.7	4.5	72.4	12.4
参)山田錦(兵庫県産)	45.5	中・線状	7.3	4.4	72.7	14.4

心白発生率は、SATAKE穀粒判別器 RGQ120Aによる。2015年および2016年の平均値。

心白の大きさ形状は、「イネ育種マニュアル」に準拠した形状観察による。

タンパク質含有率は、静岡精機食味計 PS-500による。2012年～2016年の平均値。

精米加工適性は、酒造用原料米全国統一分析法に準拠した試験による。2010～2016年（山田錦は2013～2016年）の平均値。

第7表 「山恵錦」の品質・加工特性（現地）

試験年次・産地	タンパク質含有率		精米加工適性	
	2.0mm篩別 精玄米 (%)	70%精米 (%)	真精米率 (%)	砕米率 (%)
2013・信濃町	7.0	4.7	72.3	8.2
2013・佐久穂町	7.5	5.9	71.6	13.8
2013・木島平村	6.3	4.5	70.7	10.0
2013・上田市武石	7.0	4.2	70.9	(18.0)
2014・信濃町	7.1	4.1	74.0	10.9
2014・佐久穂町	6.1	4.3	72.8	8.2
2014・伊那市御園	7.6	5.4	72.7	4.9
2015・信濃町	7.1	4.5	74.5	14.1
2015・佐久穂町	6.8	4.3	74.7	11.6
2015・飯島町	7.6	4.9	74.4	(28.4)
2016・信濃町	6.9	3.5	72.8	6.0
2016・長野市戸隠	7.3	4.1	72.0	13.3
2016・佐久穂町	7.2	4.4	75.0	14.8
2016・松川村	7.6	4.5	73.0	11.5
2016・上田市武石	8.5	4.6	73.5	8.3
2016・白馬村神城	7.8	4.1	72.3	15.6

調査方法等は第6表と同じ。

2013年上田市武石、2015年飯島町における現地生産物では、刈り遅れによる胴割れがやや多く発生したため砕米率も高かった。

第8表 「山恵錦」の麴製造適性（2012～2016年 長野県工業技術総合センター食品技術部門）

品種名	デンプン溶解 総合活性 (U/g-dryKoji)	グルコース生成 総合活性 (U/g-dryKoji)	麴アミノ酸量 (mg/g-dryKoji)	アミノ酸生成 総合活性 (U/g-dryKoji)
山恵錦	423	216	3.4	8.8
比)美山錦	409	219	3.3	9.5
参)兵庫県産 山田錦	457	258	3.5	10.0

岩野君夫「自己消化法による麴の評価」に準拠。2012～2016年の平均値。

第9表 研究機関での試験醸造における純米吟醸酒の官能評価（長野県工業技術総合センター食品技術部門）

年次・産地 品種	評価点合計			寸評
	香り	味	総合	
2016 農業試験場（須坂市産） 山恵錦	2.3	1.8	1.9	軽い、きれい、甘い、酸、丸さ、華やか、バランス良し、巾、ふくらみあり、ライト、さわやかさのあるフレッシュな味、酸味ほどよい
2016 農業試験場（原村産） 山恵錦	2.3	2.5	2.1	味きれい、すっきり、旨味あり、軽い、キレ、辛い、華やか、やや重たい香り、甘味あり、おだやかでフレッシュな香り、味に丸さあり、酸にキレあり
2016 現地（大町市産） 美山錦	2.0	2.0	2.0	シブ味、苦味、ややオリ臭、きれい、粗い、酸、調和、幅、スツキリ、キレあり、淡麗、フレッシュ、さわやかさのあるフレッシュな香り、酸味シャープ

製造方法等：純米吟醸酒（精米歩合55%）、長野酵母Dを使用。

2017年1月11日専門家審査員7名による評価。鑑評会における官能評価法に準拠し、5点法（1優れている・2良好・3無難・4やや難あり5難点あり）で評価した。

第10表 蔵元での試験醸造における評価 (2014～2015年 長野県工業技術総合センター食品技術部門)

年次・産地 製造蔵元	製造方法等	一般成分				寸評
		アルコール (%)	日本酒度	酸度	アミノ酸度	
2014 信濃町 T酒造店	59%精米 純米吟醸 酵母 協会9号	16.0	±0	1.9	—	濃厚，なめらか（原産地呼称管理委員会） 軽快（信州清酒研究会）
2014 伊那市 S	50%精米 純米吟醸 酵母 K1901号	17.2	-2	1.6	—	なめらか（原産地呼称管理委員会） なめらか，軽快，きれい（信州清酒研究会）
2014 大町市 U商店	59%精米 純米吟醸 酵母 K1801号，K901号	17.0	±0	1.6	—	なめらか，きれい（信州清酒研究会）
2015 信濃町 T酒造店	39%精米 純米吟醸 酵母 K1801号	15.8	±0	1.2	0.9	ふくらみあり，香り良い，味甘めでバランス良い 味巾あり（長野県酒米研究会テイスティング）
2015 佐久穂町 K酒造	59%精米 純米吟醸 生もと 酵母 K1401号	17.3	+2	1.5	0.9	すっきり，酸味，味巾，酸味に特徴 （長野県酒米研究会テイスティング）
2015 飯島町 M醸造	39%精米 吟醸 生もと 酵母 K1801号	17.7	-1.3	1.1	0.5	旨い，華やか，なめらか，やわらかく上品 （長野県酒米研究会テイスティング）

醸造関係専門家および蔵元関係者20人～40人程度による官能評価を行い，寸評の中で多かった表現を集計した．括弧内は会合名．

栽培適地および栽培上の留意点

基幹品種の「美山錦」と比べて耐冷性に優れるため，「美山錦」の適応地帯よりも標高の高い準高冷地においても栽培が可能である．長野県では，標高800m以下での水稲栽培地帯での作付けを推奨している．

いもち病についてはレースの変動により発病被害が生じる可能性があるため注意する．

収穫物の品質管理では，玄米のタンパク質含有率を低く維持するため，生育後半の過度な追肥を避ける．また，早期の落水を避けて適期に収穫を行うことで胴割米の発生を抑制し，良質な酒米生産に努める．

摘 要

「美山錦」に替わりうる品種として，酒造好適米品種「山恵錦：さんけいこしき」を育成した．「山恵錦」は「美山錦」よりも耐倒伏性に優れ，多収である．耐冷性といもち病抵抗性に優れる．心白発現率が高く，とう精時の碎米率が低い．麴製造適性に優れ，製麴時のアミノ酸生成量は少ない．清酒の官能評価ではバランスが良く味巾があり，なめらかさがある．

謝 辞

本品種の育成にあたり，長野県工業技術総合センター食品技術部門，試験協力蔵元，各現地の農業改良普及センター，現地栽培試験生産者，JA全農長野の各担当者には多大なる協力を頂いた．ここに心から謝意を表する．

第11表 育成従事者および従事期間

氏 名	育成従事期間	2003 交配 F ₁ ～F ₂	04 F ₃	06 F ₅	08 F ₇	10 F ₉	12 F ₁₁	14 F ₁₃	16 F ₁₅	18 F ₁₇
細井 淳	2008～2018:11年間				○	○				○
高松 光生	2004.5～2018:14年11ヶ月間		○							○
久保田 基成	2003～2007:5年間	○		○						
牛山 智彦	2011～2013:3年間						○	○		
新井 利直	2003～2004.4:1年1ヶ月間	○	○							
酒井 長雄	2016～2017:2年間								○	○
吉田 清志	2015:1年間								○	
矢ヶ崎 和弘	2014:1年間							○		

葉色に基づくイネいもち病の発生予察手法

中島 宏和・山下 亨¹・萬田 等²・和田 美佐³

Rice Blast Forecasting Methods Based on Rice Leaf Color

Hirokazu NAKAJIMA, Toru YAMASHITA, Hitoshi MANTA and Misa WADA

Abstract

Koshihikari rice susceptibility of leaf blast increased at SPAD value; over 35 up to 40 and color scale value; over 3.5 up to 4.0. Akitakomachi of the susceptibility also increased at SPAD value; around 40 and color scale value; around 4.5. In contrast, Kazesayaka of them was low SPAD value; around 35 and low color scale value; around 3.5. Panicle blast control necessity judgment indicator" for "Koshihikari" based on leaf color and leaf blast was tested the suitability with 102 cases. In a result, the precision estimated 60% for need control at 40 cases, 100% for unnecessary control at 37 cases, and pending at 25 cases. The cases of unnecessary control were suitable in all cases, and this standard is effective to reduce excessive fungicide spraying.

Key words: rice blast, rice, leaf color, forecasting method, control necessity judgment indicator

緒 言

イネいもち病は *Pyricularia oryzae* によって引き起こされる水稻の最重要病害であり、防除技術が普及した現在でも大きな減収を起こす場合がある。イネいもち病は主に種子によって伝染し、苗によって圃場に病原菌が持ち込まれる。感染に適した気象条件が続くと、葉いもち（葉身に形成される病斑）が増加し、葉いもちが感染源となり、穂いもち（穂に形成される病斑）を発生させる。このため、いもち病を対象とした防除は、種子消毒、苗箱施薬、本田防除1～2回の計3～4回がスケジュール的に実施される場合が多い。一方で、年次や地域によってはいもち病の発生が皆無で過剰防除となる場合がある。いもち病の10a当たり防除コストは約5,000円で経営費に締める割合は約4%であり、20ha規模の経営体であれば100万円に達する（長野県, 2017）。発生予察技術の向上により、過剰防除が削減できれば大幅

なコスト削減につながる。

葉いもちの発生に関わる主な要因としては、苗によって持ち込まれる感染源量（主因）、稲体の感受性を表す指標としての葉色（素因）、気象条件（誘因）が挙げられる。主因に関しては、種子消毒剤や温湯消毒等の安定した防除方法の確立がなされている（山下ら 2009）。また、誘因に関しては広域での感染を予測するモデル「BLASTAM」（越水 1988）および「BLASTAM-NAGANO」（武田ら 1990）やクロップナビ（和田ら 2009）等の発生予察技術が開発され防除に利用されている。一方、素因の葉色に関しては、葉色が濃くなるほど感受性が高まることは一般的に広く認識されているものの、感染リスクが高まる葉色の目安は熟練指導者の経験等によるところが大きい。原澤ら（1991）によって「コシヒカリ」によるSPAD値と葉いもちの関係は検討されているものの調査がより簡易なカラースケールでの検討や他品種については未検討である。また、NDVI（植生指標）等の画像情報によるいもち病の発生予察手法（Kobayashi et al 2003, 笹原・佐々木 2005, 小林ら 2005）は検討されているが、感受性の高まる葉色について詳細に検討された事例は少ない。

そこで、まず長野県の主要水稻品種「コシヒカリ」、 「あきたこまち」、県オリジナル品種「風さやか」について、葉いもちに対する感受性の高まる葉色の目安の検

本研究の一部は、農林水産省委託「発生予察調査実施基準改良事業」により実施された。本論文は、平成25、26、28、29年度普及技術を再構成したものである。

- 1 現在 長野県植物防疫協会
- 2 現在 長野県南信農業試験場
- 3 現在 長野県病害虫防除所

討を行った。次に、同目安を応用して穂いもちの防除要否判定に関する指標を作成し、さらに現地圃場での適合性の検証を行った。

I 水稻品種の葉いもちに対する感受性の高まる葉色の目安の検討

1 「コシヒカリ」の葉色と葉いもちの関係

場内圃場（須坂市、標高 360m）で「コシヒカリ」を用いて、施肥量を変え養成した葉色の異なる稲株にいもち病菌を接種し、病斑数と葉色（SPAD 値、カラースケール値）の関係を調べた。栄養生長期と生殖生長期では葉いもちの感受性が異なる可能性があったため、幼穂形成期を境としてその前後の生育ステージの稲株について評価を行った。また、現地圃場で自然発生した葉いもちの発生量と葉色の関係を調査した。

材料および方法

1) 接種用稲株の養成

2013 年 6 月 10 日に試験場内の柰圃場（多湿黒ボク土、細粒灰色低地土、中粗粒灰色低地土）へ移植し、7 月 3 日に 1/5,000a ワグネルポット（以下、ポット）へ鉢上げした。供試ポット数は各土壌 15、合計 45 とし、幼穂形成期の前後で 45 ずつ供試した。7 月 4 日に各ポットに 0.5～8.0kgN/10a 相当量まで 0.5kg/10a 刻みで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして葉色の異なる稲株を養成した。

2) 幼穂形成期前の評価

幼穂形成期前の 2013 年 7 月 18 日にいもち病菌分生孢子懸濁液（ 9×10^5 個/ml）を噴霧接種し、24℃の温室に 13 時間静置した。接種直後の葉色は 7 月 19 日に各ポットの主茎 5 本の最上位展開葉の葉身中位を葉緑素計 SPAD（コニカミノルタ製、以下 SPAD）により測定すると共に、株全体を葉色カラースケール

水稻用（富士平工業株式会社製、以下カラースケール）で測定した。葉いもちの調査は 7 月 31 日に発病茎、病斑数を計測し、10 茎当たりの病斑数を算出した。

3) 幼穂形成期後の評価

葉色は接種直前の 2013 年 8 月 6～8 日に前記 1・2）と同様に計測し、8 月 8 日にいもち病菌分生孢子懸濁液（ 2.4×10^6 個/ml）を噴霧接種後、25℃の温室に 38 時間静置した。葉いもちの調査は 8 月 21 日に前記 1・2）と同様の方法で実施した。

4) 現地圃場における葉いもちと葉色の関係

飯山市 15 地点、長野市 5 地点の計 20 地点の「コシヒカリ」栽培圃場を対象として、2013 年 8 月 5 日（出穂期前）に各地点 30 株について最上位展開葉を SPAD により計測し平均値を算出した。また、群落の葉色はカラースケールで測定した。同日に上位 3 葉の葉いもち病斑数を調査し、株当たりの病斑数を算出した。

結果および考察

いもち病の病斑数と感受性の高まる葉色の関係は土壌の種類に影響を受けなかったため、3 土壌をまとめて関係性を評価した。10 茎当たりの葉いもち病斑数 5 個を感受性の高まる目安値とすると、幼穂形成期の前後共に SPAD 値 35～40 を超えると病斑数が急激に増加した（第 1 図 A、第 2 図 A）。カラースケール値では幼穂形成期の前後ともにカラースケール値が高くなるに従い、葉いもちの病斑数が増加する傾向で、特に 3.5 以上で病斑数が増加する傾向が認められた（第 1 図 B、第 2 図 B）。圃場調査ではカラースケール値、SPAD 値ともに数値が大きくなるに従い葉いもちの病斑数が増え、株当たりの葉いもち病斑数 2 個を感受性の高まる目安値とすると、カラースケール値では 5 を超えた時点から、SPAD 値では 30 後半を境に急激に増加する傾向が認められた（第 3 図）。この傾向は原澤ら（1991）の結果と概ね一致していた。なお、発病程度は試験環境によって大きく異なるので感受性の高まる病斑数の目安値は、試験ごとに設定する必要があると考えられた。

以上のことから、水稻品種「コシヒカリ」では幼穂形成期の前後を通じて SPAD 値で 35～40、カラースケール値で 3.5～4.0 を越えると葉いもちに対して感受性が高まると考えられた。

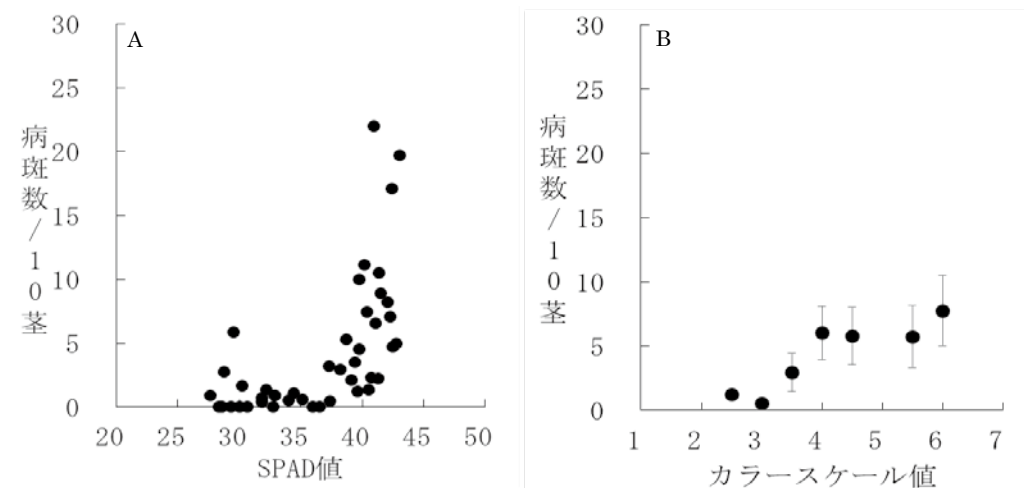
2 「あきたこまち」の葉色と葉いもちの関係

県内で「コシヒカリ」に次いで栽培面積が多く、高冷地を中心に作付けされている「あきたこまち」について同様の試験を実施した。

材料および方法

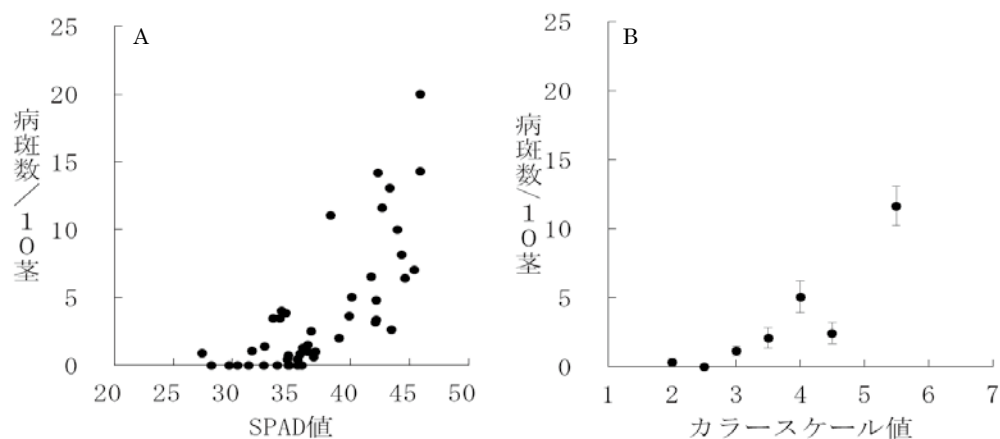
1) 幼穂形成期前の評価

2014 年、場内において 20 個のポットに約 3l の土壌（細粒灰色低地土）を充填し、1 ポット当たり 4 本の「あきたこまち」の中苗を 6 月 13 日に移植し、野外で常時湛水管理した。6 月 30 日に各ポットに 0～15.0kgN/10a まで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして、葉色の異なる



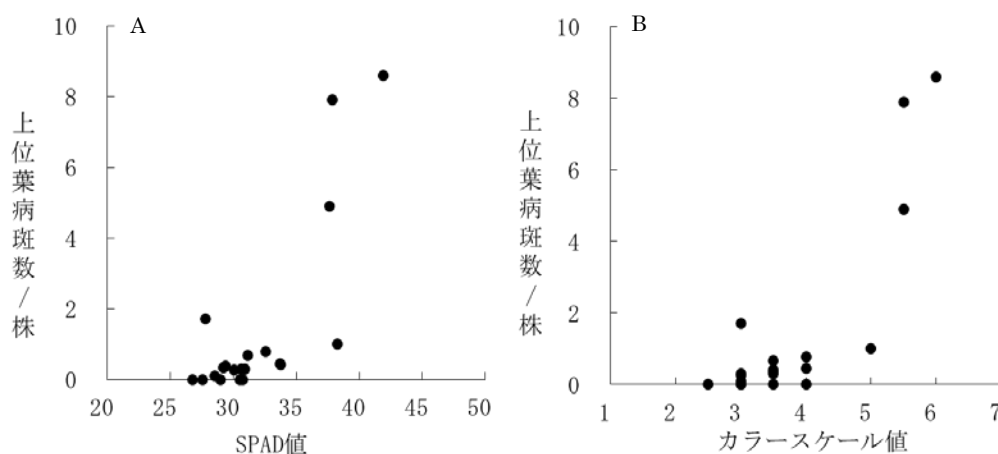
第1図 幼穂形成期前における「コシヒカリ」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2013 年, ポット試験)

A : SPAD 値, B : カラースケール値, エラーバーは標準誤差を示す.



第2図 幼穂形成期後における「コシヒカリ」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2013 年, ポット試験)

A : SPAD 値, B : カラースケール値, エラーバーは標準誤差を示す.



第3図 現地圃場における出穂期前の「コシヒカリ」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2013 年)

A : SPAD 値, B : カラースケール値.

る稲株を養成した。7月18日にいもち病菌分生孢子懸濁液 (7.8×10^5 個/ml) を噴霧接種し、25℃の温室に18時間静置した。高温による発病抑制が懸念されたため、接種後は野外の遮光ネット下で管理した。葉色の調査は7月18日に、葉いもちの調査は7月31日に、前記1・2)と同様に実施した。

2) 幼穂形成期後の評価

2015年、場内において20個のポットに約3lの土壌(褐色低地土)を充填し、1ポット当たり5本の「あきたこまち」の中苗を2015年5月8日に移植し、野外で常時湛水管理した。6月18日に各ポットに0～15.0kgN/10aまで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして、葉色の異なる稲株を養成した。6月29日にいもち病菌分生孢子懸濁液 (1.1×10^6 個/ml) を噴霧接種し、25℃の温室に22時間静置した。その後は野外の遮光ネット下で管理した。葉色の調査は6月29日に、葉いもちの調査は7月14日に、前記1・2)と同様に実施した。

3) 現地圃場における葉いもちと葉色の関係

2017年6月5日に「あきたこまち」を小布施町の現地圃場(灰色低地土)に移植した。追肥は6月29日および7月20日に行い、0～10kgN/10aまで硫酸による追肥窒素量を段階的に変えて葉色の異なる区画(4.8m×7.2m)を8地点作成した。病原菌の接種方法は6月29日に区境長辺に3箇所ずつ葉いもち罹病苗を移植する方法とした。出穂始期(8月4日)に各区内50～100株の上位3葉について病斑数を調査し、株当たりの病斑数を算出した。8月7日に群落の葉色はカールスケールで測定、株ごとの葉色は1地点20株の止葉をSPADで計測し平均値を算出した。

4) 「コシヒカリ」と「あきたこまち」の葉色と葉いもちの比較

2017年に場内において「あきたこまち」および「コシヒカリ」について各25ポットずつ供試し、「あきたこまち」は6月2日、「コシヒカリ」は5月26日に移植した。6月22日に各ポットに0～15.0kgN/10aまで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして、葉色の異なる稲株を養成した。幼穂形成期前の7月10日に孢子懸濁液(孢子濃度 5×10^4 個/ml) を噴霧接種し、25℃で38時間温室に保持した。葉色の調査は7月10日に、葉いもちの調査は7月25日に、前記1・2)と同様に実施した。

結果および考察

10茎当たりの葉いもち病斑数5個を感受性の高まる目安値とすると、幼穂形成期の前後ともにSPAD値では40～45、カールスケール値では4.5～5.0を超えると葉いもち

の病斑数が急激に増加した(第4図、第5図)。圃場調査ではSPAD値、カールスケール値ともに数値が大きくなるに従い葉いもちの病斑数が増え、株当たりの葉いもち病斑数1個を感受性の高まる目安値とすると、SPAD値では40前後、カールスケール値では4.5を超えると急激に増加する傾向が認められた(第6図)。

また、ポット試験での同一条件下で「コシヒカリ」と「あきたこまち」の葉色と葉いもちの関係を比較した結果、「コシヒカリ」はSPAD値35～40の間から病斑数が増加傾向であったが、「あきたこまち」ではSPAD値40付近で増加した(第7図)。このことから、「あきたこまち」の葉いもちの感受性の高まる葉色を、「コシヒカリ」より高い、SPAD値40前後(カールスケール値4.5前後)とすることが妥当であると考えられた。また、「あきたこまち」は「コシヒカリ」と同一の施肥条件下でも葉色(SPAD値)が濃くなる傾向であった(第1表)。「あきたこまち」の葉いもちの感受性の高まる葉色が「コシヒカリ」より濃く、要因として、品種特性として本来の葉色が「コシヒカリ」より濃いことが影響していると推察された。

3 水稻品種「風さやか」の葉色と葉いもちの関係

新しい県オリジナル米で実需者等からの評価が高い「風さやか」について、主要品種「コシヒカリ」と同様の試験を実施した。

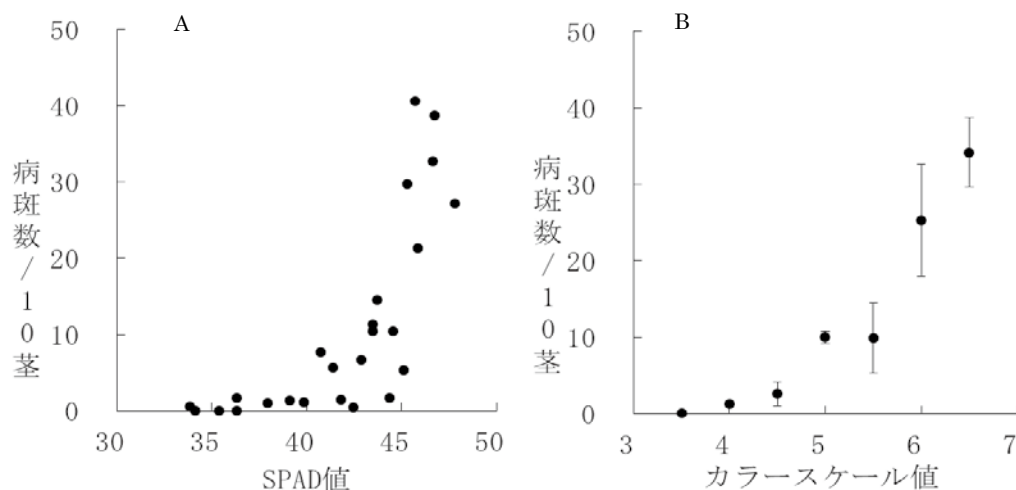
材料および方法

1) 幼穂形成期前の評価

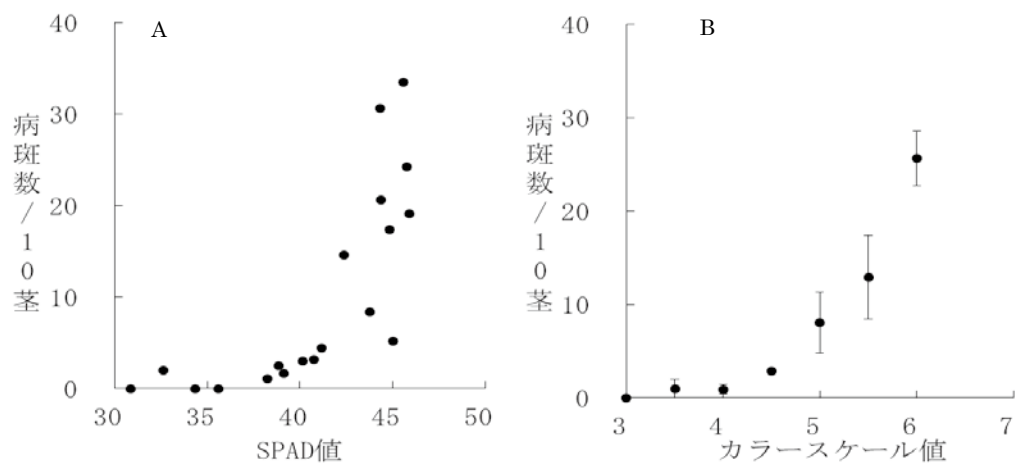
2016年、場内において20個のポットに約3lの土壌(灰色低地土)を充填し、1ポット当たり5本の「風さやか」の中苗を5月26日に移植し、野外で常時湛水管理した。6月30日に各ポットに0～15.0kgN/10aまで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして、葉色の異なる稲株を養成した。7月11日にいもち病菌分生孢子懸濁液 (3.5×10^5 個/ml) を噴霧接種し、25℃の温室に24時間静置した。接種後は発病を促すため、野外の遮光ネット下で管理した。葉色の調査は7月11日に、葉いもちの調査は7月28日に、前記1・2)と同様に実施した。

2) 幼穂形成期後の生育ステージの評価

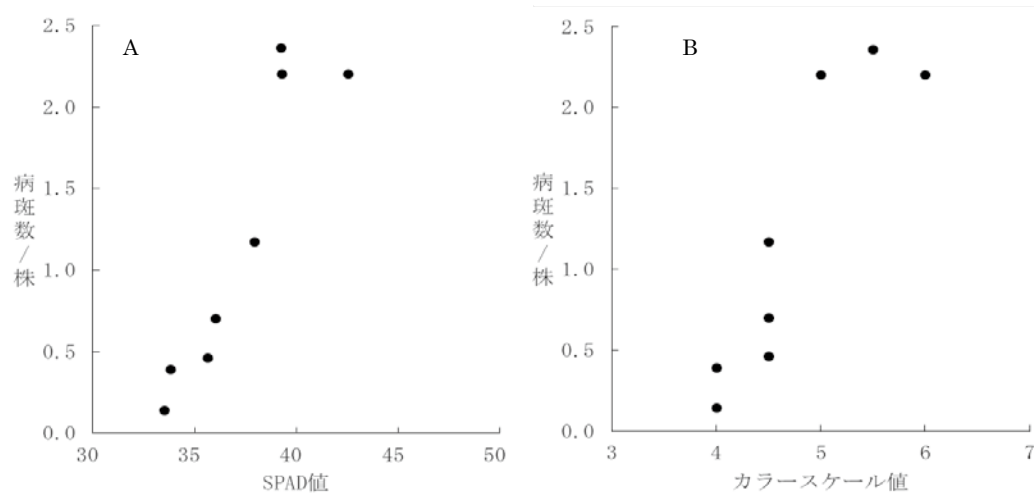
2016年、場内において20個のポットについて追肥までは幼穂形成期前処理と同様に管理した。7月7日に各ポットに0～15.0kgN/10aまで硫酸の追肥窒素量を段階的に増やして、葉色の異なる稲株を養成した。7月26日にいもち病菌分生孢子懸濁液 (4×10^5 個/ml) を噴霧接種し、25℃の温室に24時間静置した。その後は野外の



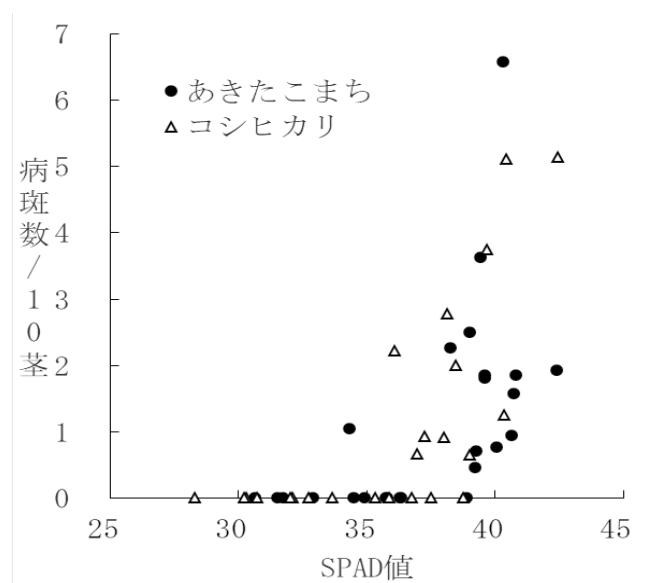
第4図 幼穂形成期前における「あきたこまち」の葉色と葉いもち病斑数の関係（2014年，ポット試験）
A：SPAD 値，B：カラースケール値，エラーバーは標準誤差を示す。



第5図 幼穂形成期後における「あきたこまち」の葉色と葉いもち病斑数の関係（2015年，ポット試験）
A：SPAD 値，B：カラースケール値，エラーバーは標準誤差を示す。



第6図 現地圃場における出穂期前の「あきたこまち」の葉色と葉いもち病斑数の関係（2017年）
A：SPAD 値，B：カラースケール値。



第7図 葉色 (SPAD 値) と葉いもちの関係 ; 「あきたこまち」と「コシヒカリ」の比較 (2017 年, ポット試験)

第1表 施肥量と葉色 (SPAD 値) の関係 ; 「あきたこまち」と「コシヒカリ」の比較 (2017 年, ポット試験)

施肥窒素量 kgN/10a	0.5	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
あきたこまち 葉色 (SPAD値)	31.1	31.7	35.0	34.0	34.8	35.7	35.4	37.0	37.7	36.2	39.5	40.3	39.5	41.7
コシヒカリ 葉色 (SPAD値)	29.7	29.5	31.3	31.2	32.6	32.0	35.2	35.1	36.3	35.7	37.4	36.7	37.6	39.4
差 (あきたこまち -コシヒカリ)	1.3	2.2	3.7	2.8	2.2	3.7	0.2	1.9	1.3	0.4	2.2	3.6	1.9	2.3

各ポットの主茎5本の最上位展開葉の葉身中位をSPADにより測定。反復なし。

遮光ネット下で管理した。葉色の調査は7月26日に、葉いもちの調査は8月9日に、前記1・2)と同様に実施した。

3) 現地圃場における葉いもちと葉色の関係

2016年6月7日に「風さやか」を小布施町の現地圃場(灰色低地土)に移植した。7月7日に0~10kgN/10aまで追肥窒素量を段階的に変えて葉色の異なる区画(4.8m×7.2m)を8地点作成した。病原菌の接種方法は7月7日に区境長辺に3箇所ずつ葉いもち罹病苗を移植する方法とした。穂ばらみ期(8月5日)に各区内50~100株の上位3葉について病斑数を調査し、株当たりの病斑数を算出した。また、8月5日に群落の葉色はカールスケールで測定、株ごとの葉色は1地点20株の止葉をSPADで計測し平均値を算出した。

4) 「コシヒカリ」と「風さやか」の葉色と葉いもちの比較

前記3・1)幼穂形成期前の評価と同一の条件下で「コシヒカリ」と「風さやか」を養成し(コシヒカリの移植日は2016年6月2日)、病原菌接種を行って両品種間の葉色と発病を比較した。

結果および考察

10茎当りの葉いもち病斑数5個を感受性の高まる目安値とすると、幼穂形成期の前後ともにSPAD値で35、カールスケール値では4.0を超えると葉いもちの病斑数が急激に増加した(第8図、第9図)。圃場調査ではSPAD値、カールスケール値ともに数値が大きくなるに従い葉いもちの病斑数が増え、株当りの葉いもち病斑数1個を感受性の高まる目安値とすると、SPAD値では35付近、カールスケール値では3.5を超えると、急激に増加する傾向が認められた(第10図)。カールスケールでの感受

性の高まる葉色が圃場試験でポット試験より 0.5 ポイント低い要因として、圃場では病原菌接種から調査まで1ヵ月程度あり、複数回の感染が起こっているためと推定され、感受性の高まる葉色をより正確に表していると考えられる。

また、ポット試験での同一条件下で「コシヒカリ」と「風さやか」の葉色（SPAD 値）と葉いもちの関係を比較した結果、「コシヒカリ」は SPAD 値 35～40 を超えると、病斑数が増加する傾向であったが、「風さやか」では SPAD 値 35 付近から増加した（第 11 図）。

このことから、「風さやか」の葉いもちの感受性の高まる葉色の目安として、「コシヒカリ」より低い、SPAD 値 35 付近（カラースケール値 3.5 付近）とすることが妥当であると考えられた。また、同一の施肥条件下でも「風さやか」は「コシヒカリ」より葉色（SPAD 値）が淡くなる傾向であった（第 2 表）。「風さやか」の葉いもちの感受性の高まる葉色の目安が「コシヒカリ」より淡い要因として、品種特性として本来の葉色が「コシヒカリ」より淡いことが影響していると推察された。

Ⅱ イネいもち病（穂いもち）の防除要否判断指標の作成

1. 材料および方法

（1）上位 3 葉の葉いもち発生程度と穂いもち被害度の関係

2011～2014 年長野市中条の 15 地点、小布施町および飯山市の 28 地点の「コシヒカリ」を対象として、出穂期約 10 日前に止葉を含めた上位 3 葉の葉いもち病斑数を調査した。また、穂いもちの発生程度は日本植物防疫協会（2004）の調査基準に従って、出穂約 4 週間後に発病部位別（穂首、1/3 以上の枝梗、1/3 未満の枝梗）に調査

し、部位別の発病率および次式による被害度を算出した。被害度＝穂首率＋枝梗（1/3 以上）率×0.66＋枝梗（1/3 未満）×0.26。

（2）出穂期の葉色と穂いもち被害度の関係

2013 年に I・1・1）と同様に養成した葉色の異なる「コシヒカリ」45 ポットを供試し、8 月 18 日（穂揃い期）にいもち病菌分生孢子懸濁液（ 1.5×10^6 個/ml）を噴霧接種後、25℃の湿室に 38 時間静置した。葉色は接種前の 8 月 15 日に各ポットの主茎 5 本の止葉の葉色を SPAD により測定するとともに、株全体の葉色をカラースケールで測定した。穂いもちの被害程度は日本植物防疫協会（2004）の調査基準を一部改訂して、9 月 12 日に発病部位別（穂首、2/3 以上の枝梗、2/3～1/3 の枝梗、1/3 未満の枝梗、籾）に調査し、部位別の発病率および次式により被害度を算出した。被害度＝首率＋枝梗（2/3 以上）率×0.66＋枝梗（2/3～1/3）率×0.5＋枝梗（1/3 未満）×0.26。

（3）出穂前における時期別の水面施用剤の穂いもちに対する防除効果

1）ピロキロン粒剤の防除効果の検討（ポット試験）

2012 年 10 月に場内においてポットで育成した「あきたこまち」を用いて、出穂期 22、15、2 日前（10 月 4、11、24 日）にピロキロン粒剤の 3kg/10a 相当量を湛水処理した。なお、各処理 2 ポットを供試し 2 反復とした。10 月 26 日の出穂期にいもち病菌孢子懸濁液（ 4×10^5 孢子数/ml）を 15ml/ポット噴霧接種し、24 時間 24℃接種槽に静置した。約 1 ヶ月後（12 月 4 日）に接種時に出穂していた穂を対象に部位別に発病の有無を調査し、被害度を算出した。

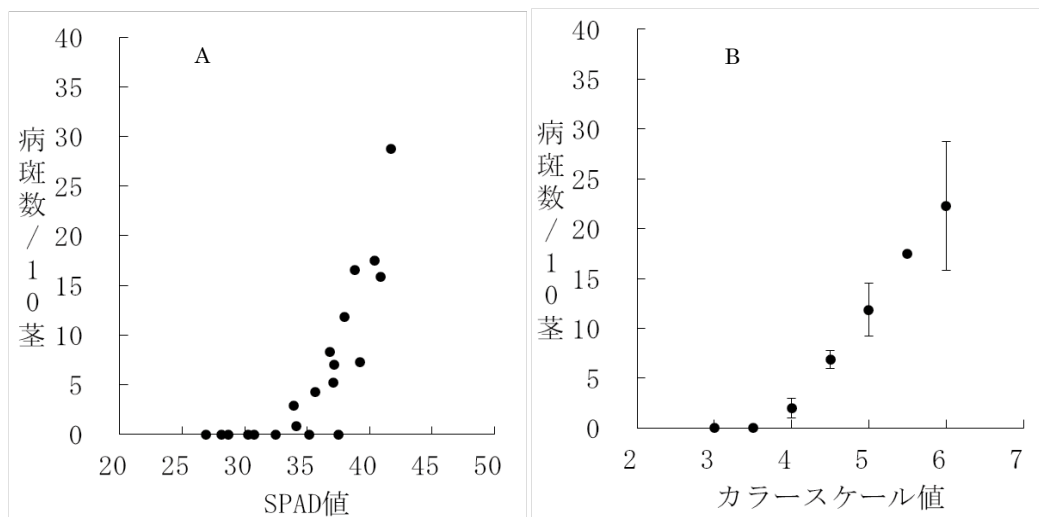
2）ピロキロン粒剤の防除効果の検討（圃場試験）

2009 年に飯山市の現地圃場の「コシヒカリ」を用いて試験を行った。1 区 30 m² 2 反復で実施した。出穂期の 15 日、10 日、5 日前（7 月 27 日、8 月 1、6 日）にピロ

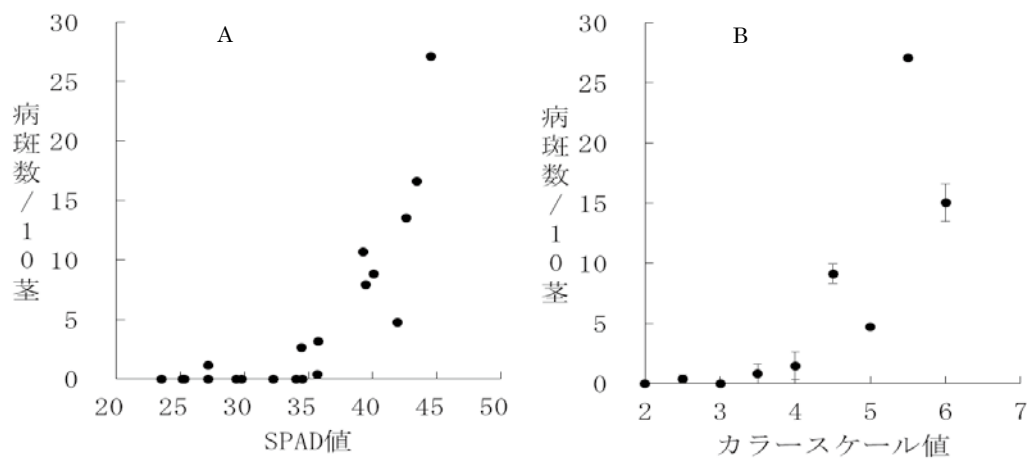
第 2 表 施肥量と葉色（SPAD 値）の関係；「風さやか」と「コシヒカリ」の比較（2016 年、ポット試験）

施肥窒素量 (kg/10a)	0.0	0.5	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
風さやか 葉色 (SPAD 値)	26.9	28.7	28.1	30.8	30.2	35.2	32.5	33.9	37.5	34.1	35.7	37.1	36.8
コシヒカリ 葉色 (SPAD 値)	28.0	29.5	29.3	29.2	35.3	33.2	33.8	34.6	40.5	37.8	38.4	39.6	38.3
差 (風さやか- コシヒカリ)	-1.1	-0.8	-1.2	1.6	-5.1	1.9	-1.3	-0.7	-3.0	-3.6	-2.7	-2.4	-1.5

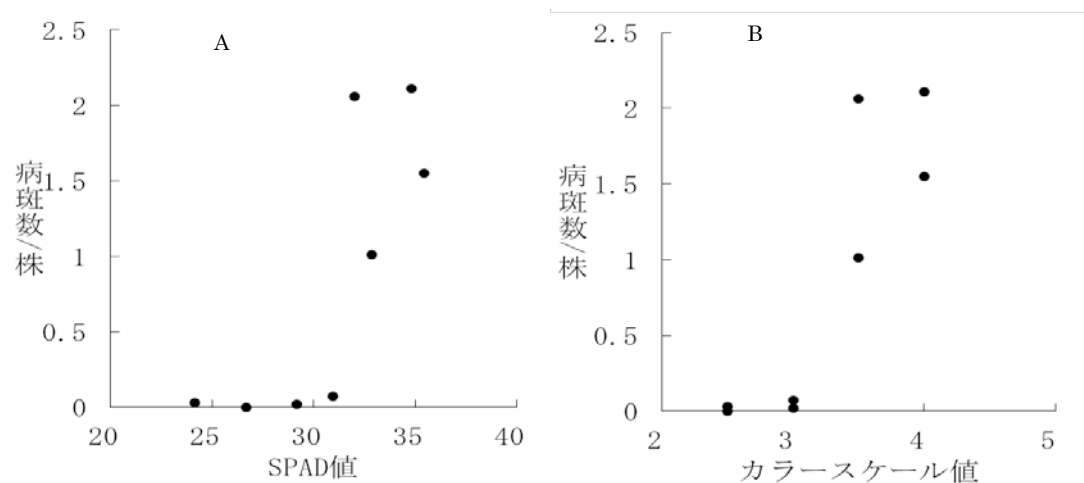
各ポットの主茎 5 本の最上位展開葉の葉身中位を SPAD により測定。反復なし。



第8図 幼穂形成期前における「風さやか」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2016年, ポット試験)
A : SPAD 値, B : カラースケール値, エラーバーは標準誤差を示す.



第9図 幼穂形成期後における「風さやか」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2016年, ポット試験)
A : SPAD 値, B : カラースケール値, エラーバーは標準誤差を示す.



第10図 現地圃場における出穂期前の「風さやか」の葉色と葉いもち病斑数の関係 (2016年)
A : SPAD 値, B : カラースケール値.

キロン粒剤の3kg/10a相当量を湛水散布した。約1ヶ月後(9月10日)に各区30株の全穂について発病部位別に発病を調査し、被害度を算出した。

3) メトミノストロビン粒剤の防除効果の検討(ポット試験)

2011年にポットで育成した「コシヒカリ」を用いて、出穂期の22, 14, 5日前および3日後(10月4, 9, 17, 26日, 11月3日)にメトミノストロビン粒剤の3kg/10a相当量を湛水処理した。なお、各処理4ポットを供試し4反復とした。10月31日の出穂期にいもち病菌孢子懸濁液(3×10^5 孢子数/ml)を15ml/ポット噴霧接種し、30時間20℃接種槽に静置した。接種約1ヵ月後(12月3日)に各ポットの接種時に出穂していた穂を対象に部位別に発病の有無を調査し、被害度を算出した。

4) 圃場試験(メトミノストロビン粒剤)

2012年に小布施町の現地圃場の「モリモリモチ」を用いて試験を行った。1区40m²2反復で実施した。出穂期の9日, 4日前および4日後(8月5, 10, 18日)にメトミノストロビン粒剤の3kg/10a相当量を湛水散布した。調査は約1ヶ月後(9月14日)に各区30株の全穂について発病部位別に発病を調査し、被害度を算出した。

2. 結果および考察

(1) 上位3葉の葉いもち発生程度と穂いもち被害度の関係

出穂10日前頃の止葉を含む上位3葉の病斑数と穂いもちの被害度について、地域毎に評価した場合、両者には正の相関関係が認められた(第12図)。しかし、常発地域(長野市中条)と一般平坦地域(小布施町、飯山市)で回帰式の傾きは大きく異なった。このため両者の関係は地域の環境条件に影響を受けることが考えられる。上位3葉の病斑数から穂いもち被害度を推定するためには地域毎に関係性を検討する必要があるが、現実的に困難であるため、上位3葉の病斑数による穂いもちの防除要否を直接的に判定する閾値設定は行わず、上位3葉の病斑の有無によってリスクの有無を判定することとした。

(2) 出穂期の葉色と穂いもち被害度の関係

穂いもちの被害度は、葉色(SPAD値、カールスケール値)が高まるほど、高まる傾向であった(第13図)。このことから、葉色が濃くなるほど穂いもちの感受性も高まることが明らかとなった。一方で、葉いもちのように特定の葉色を超えた場合に感受性が高まるのではなく、一定の割合で被害度が増加する傾向であった。これまでの検討から、葉いもちの感受性の高まる葉色の目安は品種毎に明らかとなったため、穂いもちの感染源であ

る葉いもちの感受性の高まる葉色の目安を穂いもちの防除要否を判定する指標として用いることが適当と考えた。コシヒカリの場合、カールスケール値で3.5~4.0以上から葉いもちの感受性が高まるため、第13図の結果をカールスケール値3.0未満と4.0以上で区分した場合、穂いもち被害度は4.0以上が有意に高くなった(第14図)。このことから、カールスケール値4.0以上を穂いもちの感染リスクが高い、3.0未満を感染リスクが低いと判断した。

(3) 出穂前における時期別の水面施用剤の穂いもちに対する防除効果

ピロキロン粒剤、メトミノストロビン粒剤の両剤において出穂前処理では、いずれの処理日においても無処理と比較すると防除効果は認められるものの、出穂期に近づくほど効果が低下する傾向であった(第15図、第16図)。また、出穂後処理では著しく効果が低下した(第16図)。このため、安全を見込んで出穂期10日前を水面施用剤の処理晩限とし、この時期に穂いもちの防除要否判定をすることとした。

(4) 穂いもちの防除要否判断を支援するフローチャートの作成

これまでの結果に基づいて、穂いもちの感染源である葉いもちの有無および葉色を判断基準とした「コシヒカリ」版の穂いもちの防除要否判断を支援するフローチャートを作成した(第17図)。なお、カールスケール値3.0以上4.0未満は、穂いもちの感染に適した気象条件の出現頻度によって穂いもちの発病リスクが変動することが考えられるため、判定保留とした。

Ⅲ イネいもち病(穂いもち)の防除要否判断を支援するフローチャートの現地適合性の検証

1. 材料および方法

(1) 穂いもち被害度と減収率の関係

2011, 2012年に長野市および小布施町の現地圃場において「コシヒカリ」および「モリモリモチ」を用いて、薬剤処理等によって穂いもちの発病が異なる合計24区を作成した。成熟期に各区から30株を採取し、乾燥調製後、常法に従って収量調査を行った。各圃場の穂いもちの無~極少発生区の収量を100とした場合の各区の相対収量と穂いもち被害度の関係を検討した。

(2) フローチャートの現地適合性の検証

2011~2016年に穂いもちに対する薬剤散布を実施していない圃場を対象として、北信地域を中心とした

県内各地の延べ 79 圃場について、フローチャートの適合性を検討した。すなわち、各圃場の出穂期約 10 日前に、上位 3 葉の葉いもちの有無、下位葉の葉いもちの有無、カラスケール値の群落測定を行った。穂いもちはⅡ-1-(1)と同様に調査し、部位別の発病穂率および被害度を算出した。

(3) 普及指導員によるフローチャートの現地実証

2017 年に千曲市内の「コシヒカリ」を栽培する穂いもち無防除の 2 地域 23 圃場を対象として普及指導員によるフローチャートの実証的検証を行った。当地域は、慣行的に苗箱殺菌剤を使用せず、葉いもちの発生が多い場合に穂いもち防除を実施しており、本フローチャートの普及が見込まれる。

防除要否判定調査は出穂期の約 10 日前にあたる 8 月 10 日に行った。畦畔際～3m 程度の地点で、達観により上位 3 葉および下位葉の葉いもち発生量とカラスケールによる群落の葉色を測定した。なお、下位葉の発病程度は以下の基準で判定した。

下位葉病斑数/100 株 微：1～5 個未満，少：5～10 個未満，中：10 個以上

穂いもちは出穂期約 4 週間後の 9 月 19 日に、Ⅱ-1-(1)と同様に調査し、部位別の発病穂率および被害度を算出した。

2. 結果および考察

(1) 穂いもち被害度と減収率の関係

現地圃場での相対収量は、穂いもち被害度が増加するほど低下する傾向であった（第 18 図）。有意に収量に影響してくるのは被害度 10 前後からと推察され、被害度 5 未満では収量にほとんど影響しないことが明らかになった。勝部・越水（1970）は、穂揃期 30 日

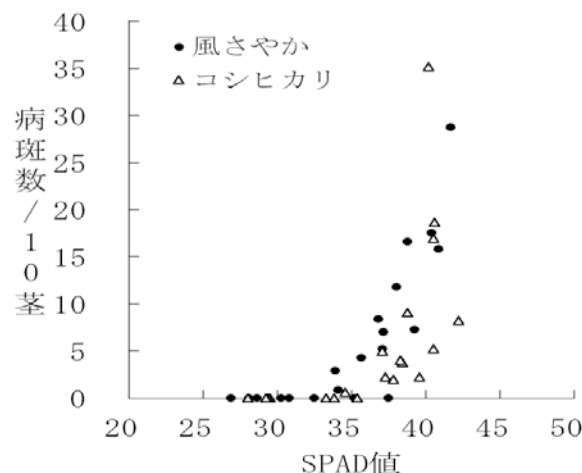
減収率に対する影響が判然とするとした。また、竹内（1997）は、病穂率 5%以下では収量に影響がないとしており、上記結果を支持している。これらのことから、被害度 5 未満を穂いもちによる実被害無し、被害度 5 以上を実被害有りとは判定することとした。

(2) フローチャートの現地適合性の検証

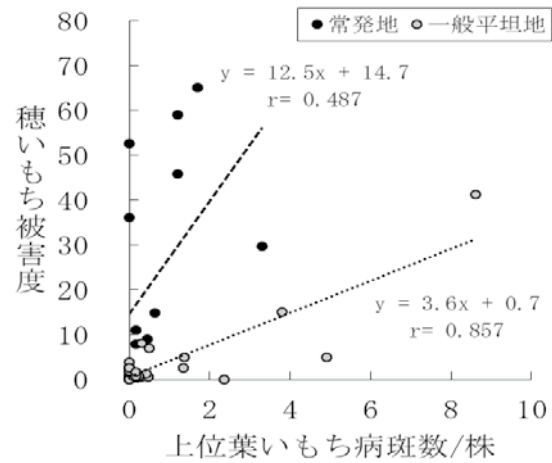
79 事例中 37 事例が要防除、24 事例が防除不要、18 事例が判定保留と判定された。判定結果と穂いもち被害度から評価した判定の適合率は要防除で 64.9%、防除不要で 100%であった（第 3 表）。このことから、要防除判定で防除をした場合、過剰防除となるリスクは有しているものの、防除不要判定では全ての事例で適合したため、現地適合性は高いと考えられた。

(3) 普及指導員によるフローチャートの現地実証

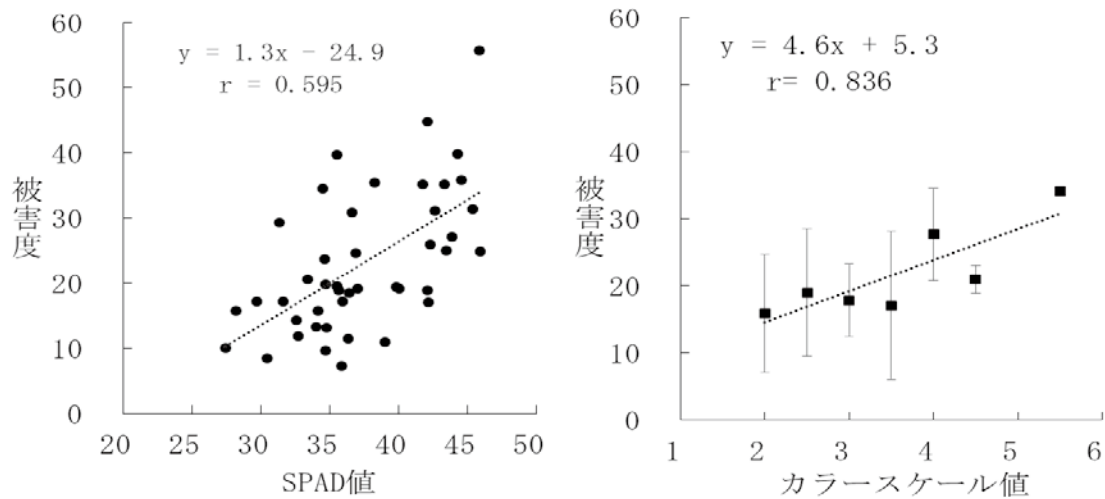
長野県千曲市内の 2 地域 23 圃場を判定したところ、3 圃場が要防除（上位 3 葉に病斑なし、下位葉に有り）、13 圃場が防除不要（上位 3 葉および下位葉に病斑なし）、7 圃場が判定保留とされた。判定結果と穂いもち被害度から評価した判定の適合率は要防除で 0%、防除不要で 100%であった（第 4 表）。地域一帯の穂いもちは少発生傾向で、要防除判定は適合しなかったが、防除不要判定は全ての事例で適合した。試験を実施した普及指導員によると、毎年穂いもち防除を注意喚起する際の防除要否判断は明確な基準がなかったため、本フローチャートによる情報は参考になるとのことであった。しかし、実証的検証を通じて、短時間で調査を行っても 1 圃場 1 分程度は要する上に圃場間の移動に時間がかかり、多くの圃場を調査するのは労力の負担が大きいことが明らかとなった。今後、各圃場の葉色や発病程度を簡易に把握できるような調査方法の改良が望まれる。



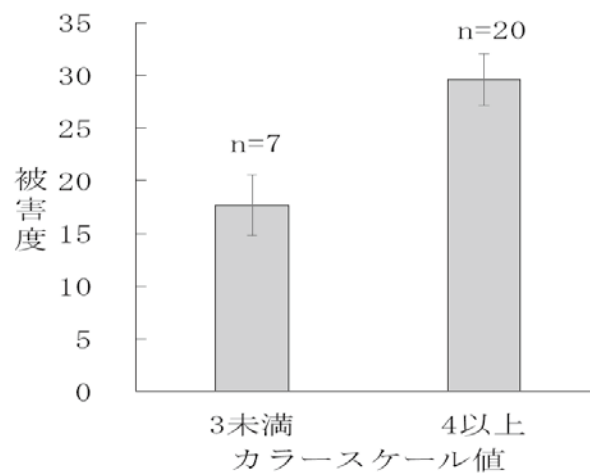
第 11 図 葉色（SPAD 値）と葉いもちの関係；「風さやか」と「コシヒカリ」の比較（2016 年，ポット試験）
後の穂いもち（首+枝梗）の罹病率が 10%を超えると



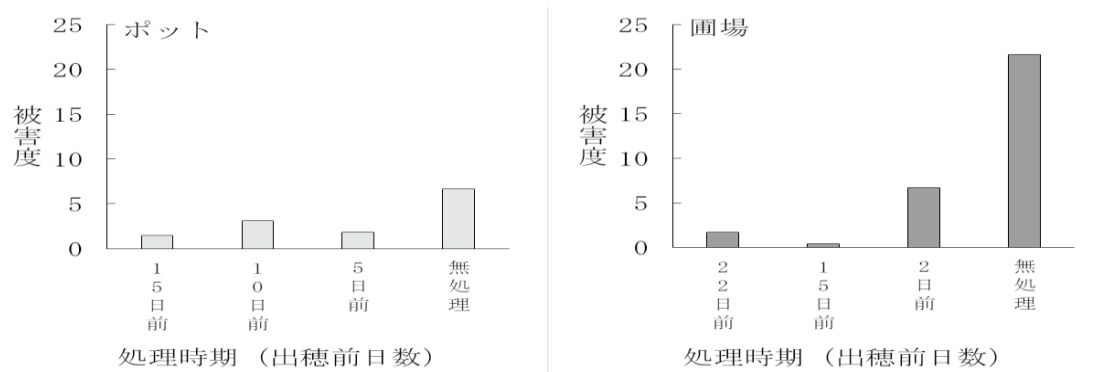
第12図 上位3葉の葉いもち病斑数と穂いもち被害度の関係 (2011～2014年)



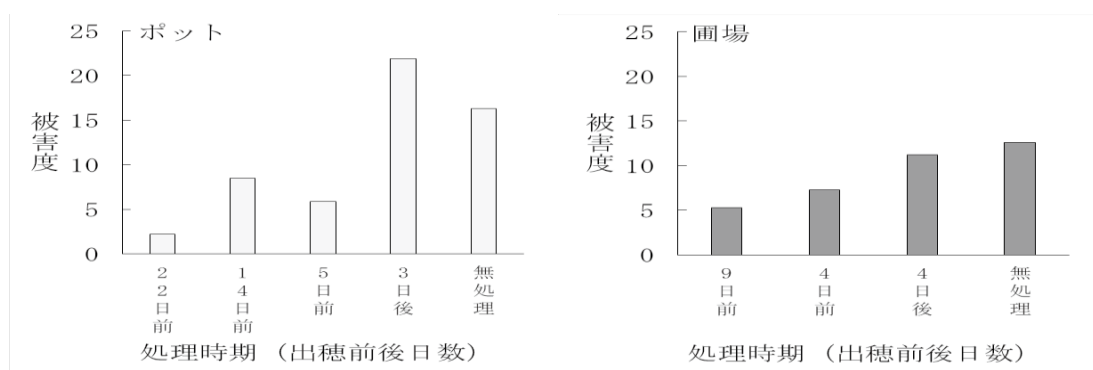
第13図 「コシヒカリ」の葉色と穂いもち被害度の関係 (2013年, ポット試験)
A: SPAD値, B: カラスケール値, エラーバーは標準誤差を示す。



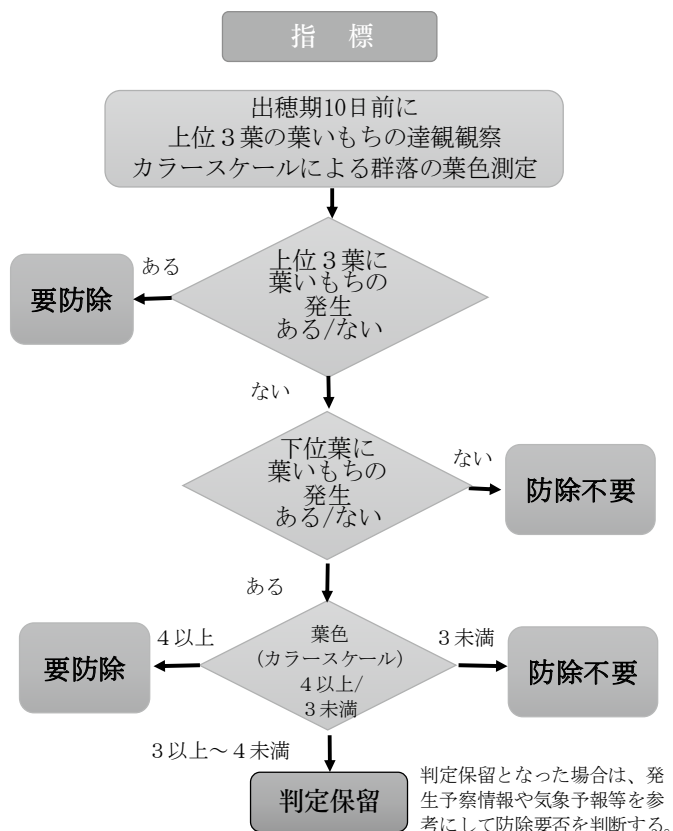
第14図 「コシヒカリ」の葉色と穂いもち被害度の関係 (2013年, ポット試験)
エラーバーは標準誤差を示す。



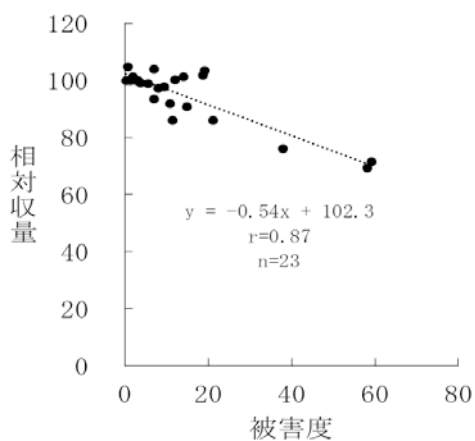
第15図 ピロキロン粒剤の処理時期と穂いもち被害度の関係 (ポット試験：2012年，圃場試験：2009年)



第16図 メトミノストロビン粒剤の処理時期と穂いもち被害度の関係 (ポット試験：2011年，圃場試験：2012年)



第17図 穂いもちの防除要否判断を支援するフローチャート「コシヒカリ」版



第18図 穂いもち被害度と相対収量の関係
(2011～2012, 現地圃場)

第3表 フローチャートの現地適合性の検証

	該当 事例数	適合 事例数	適合率 (%)
要防除判定	37	24	64.9
「上位3葉に葉いもちあり」	(36)	(24)	(66.6)
「下位葉に葉いもちのあり 葉色4以上」	(1)	(0)	(0)
防除不要判定	24	24	100.0
「下位葉に葉いもちなし」	(10)	(10)	(100.0)
「下位葉に葉いもちあり 葉色3未満」	(14)	(14)	(100.0)
判定保留判定	18		

第4表 フローチャートの現地実証試験
(2017年, 長野県千曲市での検証事例)

地区	No.	上位3葉 病斑数/株 ¹⁾	下位葉 病斑数/株 ²⁾	葉色カラス ケール値 (群落) ³⁾	判定	発病総率 (%) ⁴⁾	被害度 ⁵⁾	適合性
Y	1	なし	少	4	要	2.0	0.9	×
	2	なし	微	4	要	1.1	0.7	×
	3	なし	少	4	要	0.9	0.3	×
	4	なし	微	3.5	保留	0.6	0.3	-
	5	なし	微	3	保留	3.4	2.0	-
	6	なし	なし	3	不要	2.3	1.2	○
S	7	なし	中	3	保留	1.3	0.3	-
	8	なし	微	3	保留	0.7	0.2	-
	9	なし	微	3.5	保留	0.3	0.2	-
	10	なし	微	3.5	保留	1.3	0.3	-
	11	なし	微	3.5	保留	0.3	0.1	-
	12	なし	なし	2.5	不要	0.4	0.1	○
	13	なし	なし	2.5	不要	1.2	0.3	○
	14	なし	なし	3	不要	2.0	0.6	○
	15	なし	なし	3	不要	1.1	0.4	○
	16	なし	なし	3	不要	0.0	0.0	○
	17	なし	なし	3	不要	0.0	0.0	○
	18	なし	なし	3.5	不要	1.2	0.8	○
	19	なし	なし	3.5	不要	0.8	0.2	○
	20	なし	なし	3.5	不要	0.2	0.1	○
	21	なし	なし	3.5	不要	0.6	0.2	○
	22	なし	なし	4	不要	0.6	0.3	○
	23	なし	なし	4	不要	0.9	0.6	○

総 合 考 察

葉いもちの発生に関わる3つの主要因；感染源量（主因）、稲の葉色（素因）、気象条件（誘因）のうち、素因である葉色に関しては、穂いもちの発生につながる重要な要因であるが、これまで、葉色から発病進展と防除要否を生産現場で簡便に判断する実用的な手段がなかった。そこで、県内の水稻主要3品種を供試し、葉いもちに対する感受性の高まる葉色の目安を検討し、それに基づく穂いもち防除要否判断指標を作成し、その現地適合性を検証した。

まず、イネいもち病（葉いもち）の感受性の高まる葉色の目安（以下、当目安）は、「コシヒカリ」ではSPAD値35～40、カラースケール値3.5～4.0、「あきたこまち」ではSPAD値40前後、カラースケール値4.5前後、「風さやか」ではSPAD値35前後、カラースケール値3.5前後であることが明らかとなった。当目安が品種によって異なる要因として、品種によって施肥反応が異なり、品種特性として葉色の差異が影響していることが推察された。当目安は幼穂形成期の前後で大きな変化は認められなかったことから、県内で葉いもちが発生する主な期間である6月下旬（平年の初発期）～8月上旬（出穂期）を通じて使用できる指標であると考えられる。

次に、当目安を用いて、葉いもちから穂いもちへの進展を予測し防除の要否を判断するために必要な諸条件を探り、フローチャートを作成した。

穂いもちの発生に関わる3つの主要因として、出穂時の上位3葉における葉いもち発生量（主因）、稲体の感受性を表す指標としての葉色（素因）、出穂以降の気象条件（誘因）が挙げられる。出穂以降の気象条件は、特に降雨の影響が大きいことが指摘されているが（古賀ら 1988）、現在の技術では高精度な長期の気象予測には限界がある。本報告では、出穂10日前の時期に上位3葉の病斑の有無によってリスクの有無を判定することで、圃場単位で穂いもちの防除要否判断を行うことができるフローチャートを作成した。このフローチャートに従って、葉いもち発生の有無による「コシヒカリ」版の穂いもち防除要否判断指標を策定し、その現地適合性を検証した。現地圃場延べ102事例での適合性検証の結果、要防除判定が40事例で適合率60%、防除不要判定が37事例で適合率100%、判定保留は25事例であった。防除不要判定は全ての事例で適合していたことから、本防除要否判断指標「コシヒカリ」版は、イネいもち病の過剰防除の削減につながる有効な技術であると考えられる。

一方で、当判断指標の問題点として、判定保留事例が多いこと、葉色・発病調査の労力負担が大きいこと、稲体のケイ酸含有率を考慮していないことが挙げられる。判定保留は、下位葉に病斑があつて、カラースケール値3.0以上～4.0未満の場合である。この場合は、穂いもちの感染に適した気象条件の出現頻度によって穂いもちの発病リスクが変動する。穂いもちは出穂期以降の降雨が多く、好適な気温であると発生しやすいことが報告されている（古賀ら 1988）。現在は1kmメッシュ気象予測技術等が農業分野においても広く利用されており、21日先までの気温については精度の高い予測が可能となっているが、降水量の予測は未だに精度が低い（大野ら 2016）。当技術を活用するためには最低10日先までの精度の高い降水量の予測が必要であり、今後の気象予測技術の発展が望まれる。

また、葉色および発病調査手法の改良も課題である。現在の調査手法では1圃場に1分程度の調査時間に加え、圃場間の移動にも時間がかかる。大規模経営体への普及を考えた際に、調査手法の改善は欠かせない。かつてから航空機または衛星による撮影画像からの水稻の栄養診断手法が検討され、マルチスペクトルカメラによる近赤外光を利用することで地上調査のSPAD値と高い相関が得られることが報告されている（鳥山 2009、境谷・井上 2012）。また、近年は同様の手法を用いてマルチローターによる栄養診断手法が盛んに検討されている（田中・近藤 2016、片桐ら 2016）。これらの手法の技術確立による葉色測定手法の一般化が望まれる。ただし、マルチローターによる葉いもち病斑の検出は、上位葉の多発生条件においては検出可能であるものの、少発生条件での検出は困難である（中島ら 2017、小林ら 2018）。マルチローター等による病斑の検出手法についても今後の検討が必要である。

このほかの改善点として、稲体のケイ酸含有率を発生予測指標に反映する必要がある。ケイ酸含有率が高いほどいもち病の発生が減少することは多くの研究によって明らかにされている（前川ら 2002）。しかし、ケイ酸含有率は葉色に影響しにくい（藤井 2002）、稲体のいもち病感受性を葉色だけで診断すると、ケイ酸含有率の多少によって発病が影響を受ける場合がある。予備試験において県内の主要な3種類の土壌（細粒灰色低地土：可給態ケイ酸量14.7(mg/100g)、中粗粒灰色低地土：同9.5、多湿黒ボク土：同5.6）を用いて葉色といもち病の関係を検討したところ、感受性が高まる葉色は土壌によらず一定であったが、土壌によって発病程度は異なる傾向であつた。

た。このため、稲体のいもち病感受性を評価する上で葉色に加えてケイ酸含有率を考慮する必要がある。生育、収量、品質向上に有効なケイ酸含有率は11%とされており、いもち病抵抗性向上のためにも有効とされている（今泉・吉田 1958, 高橋 2007）。県内の水田土壌のケイ酸供給力は主に中南信と東北信で二分され、中南信地域の土壌はケイ酸供給力が低く、水稻のケイ酸含有率は6~9%前後、東北信地域の土壌はケイ酸供給力が高く、水稻のケイ酸含有率は12~14%である（上原 私信 2019）。このように、長野県の場合は地域によってケイ酸含有率を大別して推定できる可能性がある。また、土壌機能実態モニタリング調査等（池羽 2010）によって各地区の土壌の可給態ケイ酸量は調査が進んでいるため、これらをパラメーターとして発生予察に活かすことも今後の課題である。

摘 要

イネいもち病（葉いもち）の感受性の高まる葉色の目安は、「コシヒカリ」ではSPAD 値 35~40, カラースケール値 3.5~4.0, 「あきたこまち」ではSPAD 値 40 前後, カラースケール値 4.5 前後, 「風さやか」ではSPAD 値 35 前後, カラースケール値 3.5 前後であることを明らかにした。この結果に基づき作成した、葉色および葉いもち発生の有無による「コシヒカリ」版の穂いもち防除要否判断指標は、現地圃場延べ 102 事例での適合性検証の結果、要防除判定が 40 事例で適合率 60%, 防除不要判定が 37 事例で適合率 100%, 判定保留は 25 事例であった。要防除判定精度の向上と保留判定の扱いが課題として残るものの、防除不要判定は全ての事例で適合したため、過剰防除の削減につながる有効な技術であると考えられる。

引用文献

- 藤井弘志. 2002. 水稻の生育・収量・食味に及ぼすケイ酸の効果. p. 40-73. 日本土壌肥料学会編. ケイ酸と作物生産. 博友社. 東京.
- 原澤良栄・藤巻雄一・石川浩司. 1991. 葉緑素計（ミノルタ SPAD-501）による葉いもちに対するイネの体質検定の可能性. 北陸病虫研報. 39 : 41-45.
- 池羽正晴. 2010. 土壌調査. P19-20. 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎編. 土壌肥料用語辞典第 2 版. 農文協. 東京.
- 今泉吉郎・吉田昌一. 1958. 水田土壌の珪酸供給力に関する研究. 農技研報. 8 : 261-304.
- 片桐哲也・安藤和登・松本由美・森静香・藤井弘志. 2016. ドローンによる圃場生育評価と無人ヘリによる可変追肥システムを利用した水稻収量・品質改善について. 計測と制御. 55 : 806-80
- 勝部利弘・越水幸雄. 1970. いもち病による水稻の被害機構に関する研究. 第一報. 穂いもちの罹病率と収量構成要素ならびに玄米品質との関係. 東北農試研報. 39 : 55-96.
- Kobayashi, T. Kanda, E. Naito, S. Nakajima, T. Arakawa, I. Nemoto, K. Honma, M. Toujyou, H. Ishiguro, K. Kitada, K. Torigoe, Y. Ratio of rice reflectance for estimating leaf blast severity with a multispectral radiometer. 2003. J Gen Plant Pathol. 69:17-22.
- 小林隆・神田英司・笹原剛志・石川志保・畑谷みどり・石黒潔・菅野洋光・鳥越洋一. 2005. 穂いもち被害度と正規化植生指数（NDVI）の関係. 日植病報. 71 : 326-329.
- 小林隆・菅原隆介・田邊大・上野清・佐々木一嘉・白土宏之・吉田めぐみ・片平光彦・長谷修. 2018. 無人航空機（UAV）画像によるイネいもち病被害度の評価. 日植病報. 84 : 245.
- 古賀博則・小林尚志・吉野嶺一. 1988. 自然感染による穂いもち発生と気象要因. 北陸病虫研報. 36 : 1-5.
- 越水幸男. 1988. アメダス資料による葉いもち発生予察法. 東北農業試験場研究報告. 78 : 67-121.
- 前川和正・神頭武嗣・渡辺和彦. 2002. ケイ酸による作物病害の抑制と作用機作. p. 77-118. 日本土壌肥料学会編. ケイ酸と作物生産. 博友社. 東京.
- 長野県. 2017. 農業経営指標. P16-21. 長野県農政部・長野県農業協同組合中央会・JA 長野県営農センタ一. 長野.
- 中島宏和・伊達卓馬・萬田等・豊嶋悟郎. 2018. イネいもち病の発生予察手法としての葉色の検討—カラースケールからドローンへ—. 北陸病虫研報. 67 : 33.
- 日本植物防疫協会. 2004. 稲・麦等殺菌剤圃場試験法. P46-49. 日本植物防疫協会. 東京.
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江. 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象. 16 : 71-79.
- 境谷栄二・井上吉雄. 2012. リモートセンシングによる玄米タンパク含有率の推定精度に影響する誤差要因—地域スケールでの実践的応用に向けて—. 日作紀. 81 : 317-331.
- 笹原剛志・佐々木次郎. 2005. 分光放射計で測定されたイネ群落の植生指数による穂いもち発生の危険性評

- 価. 北日本病虫研報. 56 : 11-15.
- 高橋英一. 2007. ケイ酸施肥はどこまで有効か. P. 57.
高橋英一編著. 作物にとってケイ酸とは何か. 農文協.
東京.
- 武田和男. 1990. 葉いもち発生予測モデル
「BLASTAM-NAGANO」による進展予測の適合
性. 関東東山病虫研報. 37 : 11-14.
- 竹内徹. 1997. 北海道におけるイネいもち病の被害許容
水準. 北日本病虫研報. 48 : 7-11.
- 田中圭・近藤昭彦. 2016. 小型マルチローターを用いた
近接リモートセンシングによる水稻生育マップの作
成. 日本リモートセンシング学会誌. 36 : 373-387.
- 鳥山和伸. 2009. 非破壊的手法による作物栄養診断の最
前線 1. 水稻：リモートセンシングによる窒素栄養
診断. 土肥誌. 80 : 66-74.
- 和田美佐・武田和男・鈴木剛伸・山下亨・新井利直・山
崎研一. 2009. スタンドアローン型栽培支援装置「ク
ロップナビ」による葉いもちの発生予察. 関東東山病
虫研報. 56 : 5-7.
- 山下亨・江口直樹・酒井長雄・武田和男・赤沼礼一・斉
藤榮成. 2009. 水稻種子の温湯浸漬法による種子伝染
性病害の防除. 長野県農業試験場報告. 50 : 86-99.

場 長	丸山 秀樹
編集委員長	山田 和義
編集委員	山田 直弘
	小野 佳枝
	上原 泰
	前島 秀和
	諸 人誌

長野県農業試験場報告

第 2 号

印刷・発行 令和 2 年 3 月 30 日

発行者 長野県農業試験場
長野県須坂市小河原 492
郵便番号 382-0072

電話 026-246-2411 (代)

印刷所 社会福祉法人 ながのコロニー
長野福祉工場

CONTENTS

Effect for Yielding Ability and Operating Performance of the Down-cut Method of Rotary Tilling, Ridge-making and Seeding in Crop Rotation Systems for Paddy Fields

Masaharu AOKI, Takanori OOKUBO, Manabu TSUCHIYA, Takayoshi UEHARA ,
Kiyoshi OKAMOTO and Satoshi HOSONO 1

Rice Cultivation Characteristics of High Density Seedlings in Nursery Boxes, Transplant Accuracy and Reduce Seedling Box

Yasushi UEHARA, Masaharu AOKI, Satoshi HOSONO, Tetsushi NAKAZAWA,
Tsutomu MORIMOTO, Manabu TUCHIYA, Satomi OKUDE, Shota MARUYAMA,
Nagao SAKAI 9

Effect of Air Temperature during the Grain-filling Stage on Grain Quality of Rice in Nagano Prefecture

Satomi OKUDE, Tsutomu MORIMOTO, Nagao SAKAI 24

A New Waxy Barley Cultivar "White Fiber"

Hideki TABUCHI, Hidekazu MAEJIMA, Yasushi UEHARA, Tomohiko USHIYAMA,
Satoshi HOSONO, Kazuhiro NAKAMURA, Nagao SAKAI, Nobuo NAKAZAWA,
Nobuo TAKAHASHI, Seishi YOSHIDA, Kazuhiro YAGASAKI, Toshinao ARAI,
Takeshi TANIGUCHI, Kazumi GOTO, Motoshige KUBOTA 40

A New Rice Cultivar for Sake brewery "Sankeinishiki"

Jun HOSOI, Mitsuo TAKAMATSU, Motoshige KUBOTA, Tomohiko USHIYAMA,
Toshinao ARAI, Nagao SAKAI, Seishi YOSHIDA and Kazuhiro YAGASAKI 48

Rice Blast Forecasting Methods Based on Rice Leaf Color

Hirokazu NAKAJIMA, Toru YAMASHITA, Hitoshi MANTA, Misa WADA 56

Published by

BULLETIN OF THE NAGANO AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

Suzaka, Nagano-ken

JAPAN