

## イネ品種「たちすずか」を主軸としたダイレクト収穫による ホールクロップサイレージ用イネ・オオムギ二毛作体系の検討

手島信貴\*・宮川 創<sup>1)</sup>・柿原孝彦<sup>2)</sup>・下川 環・馬場武志

飼料価値が高いイネ品種「たちすずか」を主軸としたダイレクト収穫によるホールクロップサイレージ (WCS) 用イネ・オオムギ二毛作体系を福岡県で確立するため、「たちすずか」とWCS用オオムギの収穫時期別の収量成績や飼料成分、移植・播種時期と出穂期の関係および収穫期間と降雨リスクを考慮した作業可能日数について検討した。

「たちすずか」は出穂期後20～60日の間、茎葉部の乾物収量や高栄養成分、NDF消化率が高い水準かつ変動が少なかった。福岡県の標準的な栽培条件において、出穂期は9月8～9日となり、移植時期の違いに対し変動が少なかった。WCS用オオムギでは、乾物収量や高栄養成分が急激に高まるのは、出穂期後20～30日の間であった。標準的な出穂期は3月27日～4月13日となり、播種時期の違いによる変動が大きかった。これらのことから、以下のことが推定された。1) 収穫期間と作業可能日数は、「たちすずか」では9月23日～11月28日の間で37.1日、WCS用オオムギでは4月16日～5月13日の間でWCS用イネ換算として12.5日であった。2) 二毛作合計では作業可能日数は49.7日となり、WCS用イネの収穫調製コストをロールバール1個当たり2,500円以下にするために必要とされる作業日数である45日を超えることが可能となった。

[キーワード: イネ品種「たちすずか」、イネ・オオムギ二毛作、ダイレクト収穫、ホールクロップサイレージ]

Whole Crop Silage Rice-Barley Double-Cropping System Using a Direct Harvesting Method Centered on the Rice Variety "Tachisuzuka". TESHIMA Nobutaka, So MIYAKAWA, Takahiko KAKIHARA, Meguru SHIMOKAWA and Takeshi BABA(Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan)*Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 4:91-96(2018)

In order to establish a whole crop silage (WCS) rice-barley double-cropping system in Fukuoka Prefecture using a direct harvesting method centered on the high-feeding-value rice variety "Tachisuzuka," we examined yield and feed composition, and the relationship between transplanting or sowing period and ear emergence period in "Tachisuzuka" and WCS barley. In addition, we estimated the number of workable days while considering the harvest period and rainfall risk.

Stem and leaf dry matter yield, high nutritional composition, and neutral detergent fiber digestibility were high in the "Tachisuzuka" variety, and little variability was observed in these characteristics between 20 and 60 days after the ear emergence period. Under standard cultivation conditions in Fukuoka Prefecture, the ear emergence period in "Tachisuzuka" was September 8 or 9, with very little variability due to transplanting period. In the case of WCS barley, rapid accumulation of dry matter yield and high nutritional composition occurred between 20 and 30 days after the ear emergence period. The ear emergence period in WCS barely cultivated under standard cultivation conditions was between March 27 and April 13, with considerable variability depending on sowing period. The findings of the study were as follows: (1) the harvest period for "Tachisuzuka" extends from September 23 to November 28, which includes 37.1 workable days, while the harvest period for WCS barley extends from April 16 to May 13, which includes the equivalent of 12.5 workable days for WCS rice; (2) the number of workable days for the entire double-cropping system is 49.7 days, which exceeds the 45 days required to keep harvesting and ensiling costs for WCS rice under 2,500 JPY per round bale.

[Key words: rice variety "Tachisuzuka", rice-barley double cropping system, direct harvesting method, whole crop silage]

### 緒言

飼料自給率の向上・地域水田農業の維持のため、行政施策の後押しもあり、福岡県のホールクロップサイレージ (WCS) 用イネの作付面積は年々拡大し、WCS用細断型飼料収穫機や汎用細断型飼料収穫機 (以下; 細断型収穫機) によるダイレクト収穫体系も増加している。同時に、乳牛飼育の現場では利用量の増加に伴い、さらに飼料価値の高いWCS用イネが求められている。この要求に対応するため、飼料価値の高いWCS用イネ品種として「たちすずか (中国飼198号)」が開発された (松下ら 2012)。「たちすずか」は極少穂で茎葉部に糖類を蓄積するため、牛が利用できる養分が高く、さらに生育進行に伴う繊維消化性の低

下が少ないとの報告がある (河野 2011)。「たちすずか」は広島県を中心とした中国地方で先行的に普及が進んでおり、福岡県でもその飼料価値への期待は高い。一方、普及が進む細断型収穫機は高額な機械であるため、投資効果を得るためには十分な作業稼働計画が必要となる。このため、「たちすずか」の導入に向けて、広島県よりも気温が高い福岡県における栽培特性・飼料価値および作業稼働計画に必要な収穫期間を把握することが必要となる。そこで、まず収穫時期別の収量や飼料成分から収穫に適した生育ステージ (出穂期後日数) を決定し、次に福岡県の標準的な栽培時での出穂期を推定し、これらを組み合わせることで収穫期間のモデルを作成した。さらに、収穫期間の長さと共に期間中の降雨の多寡が作業稼働量に大きく影

\*連絡責任者 (畜産部: teshima-n4560@pref.fukuoka.lg.jp)

受付 2017 年 8 月 1 日; 受理 2017 年 11 月 14 日

1) 現 福岡県農林水産部団体指導課

2) 現 福岡県農林水産部経営技術支援課

響するため、降雨データを用いてダイレクト収穫体系における作業可能日数を検討した。

これに加え、細断型収穫機の稼働期間を増やすためには、イネとは異なる収穫時期を持ち、かつダイレクト収穫体系に適するWCS用オオムギ(横澤ら 2009)を活用することが、二毛作地帯である福岡県において有効と考えられる。そこでWCS用オオムギについても、「たちすずか」と同様の検討を行った。

なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発」と、「栄養収量の高い国産飼料の低コスト生産・利用技術の開発」の補助を受けて行った。

## 材料および方法

### 1 適期収穫期の決定

「たちすずか」とWCS用オオムギの適期収穫期の決定には、福岡県農林業総合試験場(福岡県筑紫野市大字吉木、東経 130° 34' , 北緯33° 30' , 標高 104m)内で行った栽培試験(第1表)の成績を用いた。「たちすずか」の収穫調査は出穂期後 5, 15, 30, 45, 60日を目安に 5回(I, II, III, IV, V期)実施した。地上高10cmを残して刈り取った収穫物を茎葉部と穂部を分離し、生草重量測定後80°C48時間で通風乾燥して乾物率・乾物収量を求めた。飼料成分分析用試料は60°C48時間で通風乾燥したものを粉砕し、1mmメッシュを通過したものをを用いた。飼料成分の分析項目は粗タンパク質(CP), 粗灰分(CA), 中性デタージェント繊維(NDFom), 酸性デタージェントリグニン(ADL), 中性デタージェント繊維中の粗タンパク質(NDICP), ケイ酸(Si)とした。収穫適期を決定する項目には、高栄養成分含量, 繊維の消化率, 乾物収量および乾物率を用いた。なお、高栄養成分は非繊維性炭水化物(NFC)と粗脂肪(EE)の合計とした。また、NFC+EE含量は100-CP-CA-(NDFom-NDICP)より求めた。繊維の消化率はNDFom中のADLの比率から求めた真の可消化NDFを用いて算出したNDF消化率とした。ケイ酸はADL分析時の残留無機物とした。以上の分析・算出方法は品質評価ガイドブック(自給飼料利用研究会編 2009)に準じた。

WCS用オオムギは殺菌剤の使用ができず、赤かび病によ

るかび毒汚染リスクが高いため、暖地では出穂期後30日(糊熟期)までの収穫が望ましい(農研機構 2013)。そこで、WCS用オオムギの収穫調査は、出穂期後 0, 10, 20, 30日を目安に 4回(I, II, III, IV期)実施した。調査方法は「たちすずか」と同様とした。

統計解析には統計処理ソフトR version 3.0.1(The R Foundation for Statistical Computing)を用いた。各調査項目について、年次および収穫時期を要因とした二元配置分散分析を行い、5%水準で有意であった項目について、Tukey法により調査時期間の有意差検定を行った。

### 2 出穂期の推定

「たちすずか」やWCS用オオムギの出穂期は移植・播種時期や気温によって異なることから、各種の栽培試験データや生産現場の生育データを集め、福岡県における出穂期は統計処理ソフトRを用いて重回帰分析により推定した。従属変数は移植・播種日から出穂期までの日数とし、独立変数は移植・播種時期と栽培期間中の気温とした。移植・播種時期は移植・播種基準日からの遅延日数とした。移植・播種基準日は「たちすずか」では6月20日、WCS用オオムギでは12月1日とした。栽培期間中の気温は栽培地最寄りのアメダス地点での任意の期間中の平均気温と同期間中のアメダス太宰府地点の平年値との差とした。気温差を算出した期間は「たちすずか」では7~8月、WCS用オオムギでは2~3月とした。

### 3 収穫期間のモデル作成と作業可能日数の検討

収穫期間は福岡県における標準的な移植・播種時期と気温データより推定された出穂期に、収穫に適した生育ステージを組み合わせて決定した。「たちすずか」の移植期間は6月10~30日、WCS用オオムギの播種期間は11月16日~12月16日とした。

作業可能日数は収穫期間から降雨による作業不能日を除いた日数とし、作業の可否は作業中-作業開始前-作業前日-作業前々日の降水量(作業限界降水量)より半日単位で算出した(南石 2002, 南石ら 1997)。作業限界降水量(mm)は、原料草の水分上昇によるサイレージ発酵品質への悪影響を考慮して作業中を0とした。残る作業開始前-作業前日-作業前々日の数値は、コンバインによ

第1表 収穫適期決定試験の栽培概要

草種	収穫年	品種・系統	栽培方式	播種・移植日	出穂期	試験規模	窒素水準 (/10a)
WCS用イネ	2014	「たちすずか」	乾田直播	2014/ 5/19	2014/ 9/ 9	375m <sup>2</sup> 3か所平均	基肥10.4kg (LPコート100) 堆肥3t (前年秋)
	2015	「たちすずか」	移植	2015/ 6/19	2015/ 9/15	150m <sup>2</sup> 3か所平均	基肥4.2kg+追肥4.2kg (共に硫安) 堆肥1.9t (前年秋)
	2016	「たちすずか」	乾田直播	2016/ 5/15	2016/ 8/28	4.3m <sup>2</sup> ×3反復	基肥18kg (LPコートS80+LPコート140 重量比1:1)
WCS用オオムギ	2013	「西海皮67号」	-	2012/11/21	2013/ 3/26	5.1m <sup>2</sup> ×3反復	基肥10kg+追肥6kg (共に高度化成肥料) 堆肥2t (前年秋)
	2014	「はるか二条」	-	2013/11/14	2014/ 4/ 3	5.1m <sup>2</sup> ×3反復	基肥10kg+追肥6kg (共に高度化成肥料)

る収穫作業の数値を用い、「たちすずか」では 2-15-25, WCS用オオムギでは 5-20-30とした。これらの試算は福岡県太宰府における2002~2016年のアメダス数値を用いて行った。

算出した作業可能日数の経済的評価は、手島ら(2015)が報告しているダイレクト収穫体系における収穫調製コストを基に行い、このコスト回収を担保する作業可能日数の確保に焦点を当て検討した。さらに、作業日数確保策についても検討を加えた。

## 結果および考察

### 1 適期収穫期の決定

「たちすずか」の収穫期別の収量成績と飼料成分を第2表に示した。全体の傾向として、各項目ともⅠ~Ⅲ期にかけて変動し、第Ⅲ期以降の変動は少なかった。Ⅰ~Ⅲ期にかけて増加した項目は、草体全体で乾物率、各乾物収量、NFC+EE含量であり、減少した項目はCP含量、NDFom含量、NDF消化率であった。ADL含量、ADL+Si含量は変動が少なかった。茎葉部のみでは、傾向は草体全体と同じであったが、NDF消化率はⅠ期とⅤ期で有意差が認められ、Ⅴ期はⅠ期よりも低下した。WCS用イネは子実の登熟が進むと未消化子実が増加する(新出ら 2008)。そのため、飼料成分分析結果と実際の給与時における飼料価値が大きく異なることから、栄養面の評価は茎葉部のみで行うことが望ましいと考えられる。「たちすずか」茎葉部の乾物収量および飼料成分について、CP含量とNDF消化率は漸減傾向である

ものの、Ⅱ~Ⅲ期以降変動が少なく、高栄養成分のNFC+EE含量は乾物中30%を超えており、出穂期のイタリアンライグラス(農研機構 2009)よりも高い水準である。また、粗飼料の乾物摂取量を低下させるNDF含量の増加とNDF消化率の低下は、生育の進行にもかかわらず見られない。これらの傾向は河野(2014)の報告と一致する。今回、繊維成分の消化率の評価にADLを指標とした方法を用いた。しかし、Siを多く蓄積するイネではSi含量も繊維成分の消化に大きく影響している(箭原ら 1981, 河野 2014)。そこで、ADL+Si含量の変化も検討したところ、生育に伴うADL+Si含量の増加は認められず、この点からも繊維成分消化率の低下は少ないと考えられる。以上のことから、Ⅱ~Ⅴ期の「たちすずか」は安定して高い飼料価値を持つと考察され、適期収穫期は出穂期後15~60日と考えられる。

WCS用オオムギの収穫期別の収量成績と飼料成分を第3表に示した。WCS用オオムギでは生育が進むにつれ、乾物収量、特に穂部での増加が著しく、これに伴って乾物率やNFC+EE含量も増加したが、CP含量とNDF消化率は減少した。WCS用オオムギの適期収穫期は乳熟期から糊熟期と報告されている(関谷と折田 1983, 横澤ら 2009)。この時期は本研究では出穂期後20~30日頃(Ⅲ~Ⅳ期)にあたり、穂部の乾物収量が急激に増加し、高栄養成分の増加および乾物率の向上が見られ、既報と一致する。オオムギはイネとは異なり子実中のSi含量が低く(村井 2005)、子実部分も栄養面の評価に加えることが可能であると考えられる。よってWCS用オオムギの適期収穫期はそのまま出穂期後20~30日と考えられる。

第2表 「たちすずか」の収穫時期別収量成績と飼料成分

収穫年	調査時期	調査日	出穂期後 日数	乾物率 (%)	乾物収量(kg/10a)			飼料成分(乾物%, %)											
					全体	茎葉部	穂部	全体					茎葉部						
								CP	NFC+EE	NDFom	ADL	ADL+Si	NDF 消化率	CP	NFC+EE	NDFom	ADL	ADL+Si	NDF 消化率
2014	Ⅰ	9/12	3	31.1	831	787	44	6.8	26.7	56.7	2.3	5.1	63.4	6.8	27.8	55.6	2.3	5.1	63.4
	Ⅱ	9/23	14	35.7	907	787	120	5.4	34.0	51.8	2.8	5.8	61.0	4.9	32.6	53.5	2.3	5.1	62.9
	Ⅲ	10/8	29	42.0	1,141	921	220	5.0	41.6	45.7	2.7	5.4	59.9	4.3	36.1	51.4	2.3	4.9	62.5
	Ⅳ	10/21	42	43.3	1,093	878	215	4.6	41.1	46.4	2.8	5.8	59.6	3.8	35.6	52.3	2.4	5.2	62.2
	Ⅴ	11/8	60	42.3	1,181	932	249	4.7	41.3	45.9	3.2	6.4	58.0	3.9	35.0	52.4	2.9	6.1	60.5
2015	Ⅰ	9/17	2	24.8	1,075	1,036	39	7.8	23.4	57.7	2.8	5.6	62.0	7.8	23.9	57.1	2.6	5.4	62.4
	Ⅱ	9/28	13	32.6	1,258	1,175	83	7.0	32.6	50.8	2.7	5.4	61.0	6.8	32.1	51.2	2.4	5.0	62.1
	Ⅲ	10/14	29	36.4	1,344	1,188	156	5.8	39.8	45.8	2.4	4.3	61.0	5.4	36.8	48.8	2.2	4.0	62.6
	Ⅳ	10/28	43	38.2	1,284	1,113	171	5.4	39.2	46.2	2.7	5.4	60.1	4.8	35.5	49.8	2.4	5.1	61.8
	Ⅴ	11/11	57	39.9	1,378	1,158	220	5.1	40.1	46.0	2.7	5.2	59.8	4.5	34.8	51.2	2.5	5.0	61.7
2016	Ⅰ	8/31	3	28.7	1,101	1,044	57	7.3	25.0	59.2	3.0	5.5	61.3	7.3	25.8	58.3	2.9	5.3	61.7
	Ⅱ	9/13	16	33.2	1,363	1,191	172	6.7	30.7	54.9	3.3	5.5	59.7	6.6	28.7	56.7	2.9	5.0	61.4
	Ⅲ	9/26	29	34.9	1,577	1,250	327	6.1	38.7	48.3	3.1	5.2	58.8	5.7	31.3	55.3	2.9	5.1	61.0
	Ⅳ	10/13	46	38.0	1,605	1,247	359	5.6	41.6	46.2	3.3	5.5	57.8	5.1	34.0	53.6	3.1	5.3	60.3
	Ⅴ	10/25	58	39.1	1,666	1,302	364	5.3	42.0	46.1	3.2	4.8	58.1	4.8	35.2	53.0	3.0	4.4	60.4
平均	Ⅰ		3	28.2 <sup>a</sup>	1,002 <sup>a</sup>	956 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	25.0 <sup>a</sup>	57.9 <sup>a</sup>	2.7	5.4	62.2 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	25.8 <sup>a</sup>	57.0 <sup>a</sup>	2.6	5.3	62.5 <sup>a</sup>
	Ⅱ		14	33.8 <sup>b</sup>	1,176 <sup>ab</sup>	1,051 <sup>ab</sup>	125 <sup>a</sup>	6.4 <sup>b</sup>	32.4 <sup>b</sup>	52.5 <sup>b</sup>	2.9	5.6	60.6 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>b</sup>	31.1 <sup>b</sup>	53.8 <sup>ab</sup>	2.5	5.1	62.1 <sup>ab</sup>
	Ⅲ		29	37.8 <sup>c</sup>	1,354 <sup>bc</sup>	1,120 <sup>b</sup>	234 <sup>b</sup>	5.6 <sup>bc</sup>	40.0 <sup>c</sup>	46.6 <sup>c</sup>	2.7	5.0	59.9 <sup>bc</sup>	5.1 <sup>c</sup>	34.7 <sup>b</sup>	51.8 <sup>b</sup>	2.5	4.7	62.0 <sup>ab</sup>
	Ⅳ		44	39.8 <sup>c</sup>	1,327 <sup>bc</sup>	1,079 <sup>ab</sup>	248 <sup>b</sup>	5.2 <sup>c</sup>	40.6 <sup>c</sup>	46.3 <sup>c</sup>	2.9	5.5	59.2 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>c</sup>	35.0 <sup>b</sup>	51.9 <sup>b</sup>	2.6	5.2	61.4 <sup>ab</sup>
	Ⅴ		58	40.4 <sup>c</sup>	1,408 <sup>c</sup>	1,131 <sup>b</sup>	278 <sup>b</sup>	5.0 <sup>c</sup>	41.1 <sup>c</sup>	46.0 <sup>c</sup>	3.0	5.5	58.6 <sup>c</sup>	4.4 <sup>c</sup>	35.0 <sup>b</sup>	52.2 <sup>b</sup>	2.8	5.1	60.9 <sup>b</sup>
分散分析に おけるP値			年次間	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.74	<0.05	<0.05	0.23	<0.05	<0.05	0.11	<0.05	<0.05	0.45	<0.05
			調査時期	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.29	0.51	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.21	0.59	<0.05

1) NDICPを除いた値

2) 同列において、異なる符号間に有意差 ( $P < 0.05$ ) あり

第3表 WCS用オオムギの収穫時期別収量成績と飼料成分

収穫年	収穫時期	調査日	出穂期後 日数	乾物率 (%)	乾物収量(kg/10 a)			飼料成分(乾物%, %)				
					全体	茎葉部	穂部	CP	NFC+EE	NDFom <sup>1)</sup>	ADL	NDF 消化率
2013	I	3/26	0	15.8	344	-	-	11.4	26.9	52.9	1.6	65.7
	II	4/ 5	10	20.4	541	454	87	7.6	25.9	59.8	2.6	63.0
	III	4/15	20	25.0	706	570	136	6.3	33.3	54.7	3.1	60.2
	IV	4/25	30	26.8	818	569	250	5.8	35.1	53.6	3.4	58.9
2014	I	4/ 3	0	19.4	394	-	-	9.1	25.0	59.9	2.5	63.1
	II	4/14	11	26.4	630	489	141	7.0	33.0	55.1	3.1	60.5
	III	4/25	22	29.4	878	560	317	6.2	39.4	49.5	3.2	59.0
	IV	5/ 7	34	39.2	1,060	495	565	5.9	46.9	43.0	2.8	58.7
平均	I		0	17.6 <sup>a 2)</sup>	369 <sup>a</sup>	-	-	10.2 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	56.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	64.4 <sup>a</sup>
	II		11	23.4 <sup>b</sup>	585 <sup>b</sup>	472 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	29.5 <sup>a</sup>	57.4 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	61.8 <sup>b</sup>
	III		21	27.2 <sup>c</sup>	792 <sup>c</sup>	565 <sup>b</sup>	227 <sup>b</sup>	6.2 <sup>bc</sup>	36.3 <sup>b</sup>	52.1 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>b</sup>	59.6 <sup>c</sup>
	IV		32	33.0 <sup>d</sup>	939 <sup>d</sup>	532 <sup>ab</sup>	408 <sup>c</sup>	5.9 <sup>c</sup>	41.0 <sup>b</sup>	48.3 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>	58.8 <sup>c</sup>
分散分析に おけるP値		年次間		<0.05	<0.05	0.53	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.16	<0.05
		調査時期		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

1) NDICPを除いた値

2) 同列において、異なる符号間に有意差 ( $P < 0.05$ ) あり

## 2 出穂期の推定

福岡県における「たちすずか」とWCS用オオムギの出穂期と移植・播種時期や気温との関係について、収集した栽培データの概要を第4表に、このデータを用いた重回帰分析の結果を第5表に示した。「たちすずか」では、移植遅延日数(X1)に対する偏回帰係数は-0.93となり、平均気温差(X2)に対する偏回帰係数は-1.90となった。

WCS用オオムギでは播種遅延日数(X1)に対する偏回帰係数は-0.44となり、平均気温差(X2)に対する偏回帰係数は-5.86となった。決定係数はそれぞれ0.69、0.66であり、いずれも1%水準で有意な相関が得られた。

これらの回帰式より、「たちすずか」は6月20日に移植すると、82.6日後の9月10日に出穂期となり、移植日が10日前後しても出穂期は1日程度しか前後しなかった。日本草地畜産種子協会(2016)によると、「たちすずか」は感光性が極めて強く、移植時期によらず出穂期がほぼ一定とされており、本試験の結果と一致する。また、月平均気温が平年値よりも1°Cの差がある場合、出穂期は2日程度前後すると推定された。同様にWCS用オオムギでは、12月1日に播種すると、出穂期は129日後の4月9日となり、播種日が15日前後すると出穂期は8~9日程度前後した。気温による変動は大きく、月平均気温が平年値よりも1°Cの差がある場合、出穂期は6日程度前後すると推定され、これらの傾向は増田(1975)や鳥生(1992)の報告と一致する。

推定精度について、今回の推定に用いた気温データは栽培ほ場での実際の値ではなく、また、窒素水準や日当たり、WCS用オオムギでは排水条件等、栽培条件も多種多様であるため推定式の誤差は大きくなると考えられる。その上でやや高い決定係数を得られたことから、移植・播種時期と気温から出穂期の推定は可能であると判断できる。

## 3 収穫期間のモデル作成と作業可能日数の検討

過去15年間の気象条件における「たちすずか」とWCS用

オオムギの収穫期間と作業可能日数について、1項で決定した適期収穫期と、2項で求めた出穂期推定式を組み合わせることで試算した結果を第6表に示した。

過去15年間の平均値として、「たちすずか」では6月10~30日に移植すると、出穂期は9月8~9日となり、これに適期収穫期の出穂期後15~60日とを組み合わせると、収穫期間は9月23日~11月8日の47日間となった。作業可能日数は37.1日となり、年次別では、平均値と比べ日数が多い年は9回、少ない年は6回であった。「たちすずか」の収穫期間および作業可能日数は、少穂ではない従来型品種のうち早生~極晩生品種に相当する(手島ら2015)。従来型品種では複数品種を組合せることで収穫期間および作業可能日数を拡大する方策がとられてきたが、「たちすずか」では1品種でも同様の効果が得られる。

WCS用オオムギでは11月16日~12月16日に播種すると、出穂期は3月27日~4月13日となり、収穫期間は出穂期後20~30日の4月16日~5月13日の28日間、作業可能日数は18.8日となり、年次別では、平均値と比べ日数が多い年は7回、少ない年は8回であった。

二毛作合計の作業可能日数を検討するに当たり、WCS用オオムギの単位収量(III~IV期の平均)は「たちすずか」(II~V期の平均)の3分の2程度であるため、面積当たりの作業能率が同じ場合、ロールベール1個当たりの作業能率も3分の2程度と考えられる。そこで係数3分の2を乗じてWCS用イネに換算し、二毛作合計の作業可能日数を求めた。その結果、15年平均で49.7日となり、年次別では、平均値と比べ日数が多い年は8回、少ない年は7回であった。

細断型収穫機によるWCS用イネの収穫調製コストをロールベール1個当たり2,500円以下にするために必要な作業可能日数は、手島ら(2015)の報告から試算すると、45日以上となる。「たちすずか」は高品質イネWCSの安定確保を可能とするが、作業可能日数は37.1日であり45日に達しない。そこで、WCS用オオムギとの二毛作を導入する

第4表 「たちすずか」とWCS用オオムギの出穂期の推定に用いたデータ概要

草種・品種	地点数	収穫年	n	項目	平均値	標準偏差	最小値	最大値
WCS用イネ 「たちすずか」	7	2012～2016	36	移植日	6/21	4	6/10	6/28
				出穂期	9/ 9	3	9/ 5	9/18
				移植～出穂期日数(Y)	80	5	73	90
				移植遅延日数(X1) <sup>2)</sup>	1	4	-10	8
				7-8月平均気温差(X2) <sup>3)</sup>	0.6	1.1	-1.1	2.3
WCS用オオムギ 「ワセドリ2条」 <sup>1)</sup> 「はるか二条」 「西海皮67号」	1	2011～2017	26	播種日	11/25	11	11/ 9	12/17
				出穂期	4/ 5	9	3/18	4/19
				播種～出穂期日数(Y)	131	7	118	143
				播種遅延日数(X1) <sup>2)</sup>	-5	11	-22	16
				2-3月平均気温差(X2) <sup>3)</sup>	0.2	0.7	-0.5	1.3

1) 「ワセドリ2条」の出穂期は、他2品種・系統より2日遅い(宮川ら 2016) ため補正した

2) 移植(播種)遅延日数: 基準日からの日数。基準日: 「たちすずか」移植6/20, WCS用オオムギ12/1

3) 平均気温差: 栽培地最寄りのアメダス地点値からアメダス太宰府地点平年値を引いたもの(°C)

第5表 出穂期推定の重回帰分析結果

草種		偏回帰 係数	標準 誤差	t値	P値	残差 標準誤差	決定係数 Adjusted-R <sup>2</sup>	P値
WCS用イネ 「たちすずか」	切片	82.63	0.56	148.55	<0.01	2.65	0.69	<0.01
	X1 <sup>1)</sup>	-0.93	0.11	-8.14	<0.01			
	X2 <sup>2)</sup>	-1.90	0.43	-4.44	<0.01			
WCS用オオムギ <sup>3)</sup>	切片	129.32	0.84	154.62	<0.01	3.80	0.66	<0.01
	X1 <sup>1)</sup>	-0.44	0.07	-6.00	<0.01			
	X2 <sup>2)</sup>	-5.86	1.11	-5.25	<0.01			

1) X1: 移植(播種)遅延日数

2) X2: 平均気温差(°C)

3) WCS用オオムギの早晩生は「はるか二条」と同等とした

第6表 収穫期間と作業可能日数の試算結果

収穫年	「たちすずか」 <sup>1)</sup>				WCS用オオムギ <sup>2)</sup>				二毛作合計	
	7-8月 平均気温差	出穂期の幅	収穫期間	作業 可能日数	2-3月 平均気温差	出穂期 <sup>3)</sup> の幅	収穫期間	作業 可能日数	WCS用イネ換算 <sup>4)</sup>	作業 可能日数
2002	0.45	9/ 9~9/10	9/24~11/ 9	35.5	1.50	3/23~4/ 8	4/12~5/ 8	15.0	10.0	45.5
2003	-0.85	9/11~9/12	9/26~11/11	39.0	0.25	3/30~4/16	4/19~5/16	15.5	10.3	49.3
2004	1.25	9/ 7~9/ 8	9/22~11/ 7	28.0	1.05	3/24~4/10	4/13~5/10	17.0	11.3	39.3
2005	0.35	9/ 9~9/10	9/24~11/ 9	39.5	-1.00	4/ 6~4/23	4/26~5/23	21.5	14.3	53.8
2006	0.85	9/ 8~9/ 9	9/23~11/ 8	43.0	0.20	3/30~4/16	4/19~5/16	17.0	11.3	54.3
2007	0.50	9/ 8~9/10	9/23~11/ 9	41.0	1.80	3/21~4/ 7	4/10~5/ 7	18.0	12.0	53.0
2008	1.20	9/ 7~9/ 9	9/22~11/ 8	40.0	-0.05	3/31~4/17	4/20~5/17	22.0	14.7	54.7
2009	0.05	9/ 9~9/11	9/24~11/10	40.0	2.15	3/19~4/ 5	4/ 8~5/ 5	21.5	14.3	54.3
2010	1.65	9/ 6~9/ 8	9/21~11/ 7	34.0	1.65	3/22~4/ 8	4/11~5/ 8	17.5	11.7	45.7
2011	0.75	9/ 8~9/ 9	9/23~11/ 8	31.5	-0.35	4/ 2~4/19	4/22~5/19	21.5	14.3	45.8
2012	1.15	9/ 7~9/ 9	9/22~11/ 8	41.0	-0.45	4/ 2~4/19	4/22~5/19	21.0	14.0	55.0
2013	2.15	9/ 5~9/ 7	9/20~11/ 6	35.0	1.30	3/24~4/10	4/13~5/10	20.5	13.7	48.7
2014	-0.50	9/10~9/12	9/25~11/11	39.5	0.80	3/27~4/13	4/16~5/13	24.0	16.0	55.5
2015	-0.40	9/10~9/12	9/25~11/11	41.0	0.45	3/29~4/15	4/18~5/15	18.0	12.0	53.0
2016	1.35	9/ 7~9/ 8	9/22~11/ 7	29.0	0.80	3/26~4/12	4/15~5/12	12.0	8.0	37.0
平均	0.66	9/ 8~9/ 9	9/23~11/ 8	37.1	0.66	3/27~4/13	4/16~5/13	18.8	12.5	49.7

1) X1: 移植(播種)遅延日数

2) X2: 平均気温差(°C)

3) WCS用オオムギの早晩生は「はるか二条」と同等とした

ことで、年間の作業可能日数をWCS用イネ換算で49.7日に拡大することが可能であり、二毛作の経済的効果は高いと考えられる。

ただし、降雨が多い年では、作業可能日数が40日を下回り(15年間のうち2年)、45日以上を安定して確保するために、作業可能日数をさらに拡大する方策の検討が必要である。まず、WCS用オオムギの早熟期間収穫が考えられる。横澤(2015)はWCS用オオムギの蒴殻抽出前後の早熟時に、繊維分解酵素入り乳酸菌製剤を添加することによって高水分でも良質なサイレージ発酵が可能となり、収穫期間の延長が可能であると報告している。この時期は本報告において出穂期後10~20日に当たる。したがって、乳酸菌製剤の添加を前提とすると、出穂期後10日から収穫が可能となり、この日数を加えると作業可能日数を7日(「たちすずか」換算で4.7日)拡大できると考えられる。ただし、早熟期間の飼料成分は、CP含量、NDFom含量が多くNDF消化率が高い反面、NFC+EE含量が少ない。出穂期後20日(乳熟期)以降、特に出穂期後30日と比較すると飼料特性が大きく異なるため、給与時に留意が必要である。

WCS用オオムギの収穫期間は出穂期後20~30日の11日間(早熟期間を加えても21日間)と短い。播種時期を集中すると出穂期も集中するため、十分な収穫期間・作業可能日数が確保できない。そこで播種時期による出穂期の変動幅が広いことを利用して、例えば、12月1日播種では収穫期間が4月24日~5月4日、作業可能日数が7.9日(過去15年平均)と少ないところ、11月16日と12月16日の播種を加えると、収穫期間が4月16日~5月13日の28日間、作業可能日数18.8日が実現できる。モデル通りの播種作業の実施は降雨状況により困難な年もあると考えられるが、可能な限り時期を広く分散して播種することが重要である。

WCS用イネの収穫期間の拡大について、「たちすずか」の収穫期間は9月下旬~11月上旬で安定しており、移植時期の影響も小さい。そのため、収穫期間をさらに拡大するためには、品種特性を活用することが有効であり、8月下旬~9月中旬に収穫可能な「たちすずか」と同様の飼料価値を持つ極早生品種の開発・検討が必要と考えられる。

## 謝 辞

本研究の遂行に当たり、現地実証試験・事例調査に多大なるご協力いただいた生産者・関係機関の皆様、さらにご指導いただきました独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の皆様に対し、ここに記して心よりの感謝の意を表します。

## 引用文献

自給飼料利用研究会編(2009)三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 社団法人日本草地畜産種子協会, 東京, p. 4-31, p. 90-91.

- 河野幸雄(2014)極短穂型飼料用イネの栄養特性と給与技術に関する研究, 博士論文, 広島大学, 広島.
- 河野幸雄(2011)高糖分飼料イネ「たちすずか」の飼料特性と乳牛への給与. 平成23年度飼料イネの研究と普及に関する情報交換会: 21-26.
- 増田澄夫(1975)二条大麦における出穂期の地域的変動に関する研究, 栃木県農業試験場研究報告. 19: 1-82.
- 松下 景・飯田修一・出田 収・春原嘉弘・前田英郎・田村泰章(2012)茎葉多収で消化性に優れ高糖分含量の飼料用水稲品種「たちすずか」の育成. 近畿中国四国農業研究センター研究報告. 11: 1-13.
- 宮川 創・山下滋貴・馬場武志・太田 剛・浅岡壮平・手島信貴(2016)低コスト・省力化、軽労化技術等の開発. 自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発(育種), 農林水産技術会議事務局, 東京, p64-66.
- 村井 勝(2005)水田から見た飼料生産の可能性. 北海道草地研究会会報. 39: 15-18.
- 南石晃明(2002)営農技術体系評価・計画システムFAPSの開発. 農業情報研究. 11: 141-159.
- 南石晃明・長野間宏・小柳敦史・土田志郎(1997)時間降水量データによる稲・麦・大豆体系の作業可能時間の推定方法. システム農学. 13: 1-9.
- (一社)日本草地畜産種子協会(2016)平成29年播種用飼料用イネの栽培と品種特性, 東京, p. 7-8.
- (独)農業・食品産業技術総合研究機構(2013)ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術マニュアル<2013年度版>. 全国飼料増産協議会, 東京, p. 34-35.
- (独)農業・食品産業技術総合研究機構編(2009)日本標準飼料成分表. 中央畜産会, 東京, p. 26.
- 関谷正男・折田正義(1983)麦類のホールクロップサイレージ技術確立試験. 山口県畜産試験場研究報告. 3: 86-96.
- 新出昭吾・城田圭子・長尾かおり(2008)飼料イネホールクロップサイレージの刈取時期の違いが子実排せつ量に及ぼす影響. 広島県立総合技術研究所畜産技術センター研究報告. 15: 1-7.
- 手島信貴・宮川 創・柿原孝彦(2015)熟期の異なるホールクロップサイレージ用イネ品種の組み合わせが収穫調製作業を行うコントラクターの経済性に与える効果. 日本暖地畜産学会報. 58(1): 11-17.
- 鳥生誠二(1992)愛媛県における麦の出穂期と成熟期の予測. 日本作物学会紀事. 61(1): 174-178.
- 箭原信男・高井慎二・沼川武雄(1981)水稲ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究. 東北農業試験場研究報告. 63: 151-159.
- 横澤将美(2015)ダイレクト収穫体系における飼料用オオムギホールクロップサイレージの収穫時期の検討. 群馬県畜産試験場研究報告. 22: 55-63.
- 横澤将美・山本哲久・佐藤拓実(2009)飼料用六条大麦の栽培と調製利用技術. 群馬県畜産試験場研究報告. 16: 92-104.

# TDR 方式簡易水分計によるロールベールの適切な測定部位の検討および重量推定への応用

浅岡壮平\*・山口昇一郎・馬場武志

九州沖縄農業研究センターを中心とした福岡県を含む研究グループは 2016 年に TDR (Time-Domain Reflectometry: 時間領域反射測定法) 方式による新たなロールベールサイレージ用の簡易水分計を開発した。今回、イタリアンライグラスおよびイネホールクroppサイレージのロールベールの上部、中央部および下部の水分含量、突刺抵抗値および TDR 測定値を調査し、簡易水分計の測定に適切な部位を検討した。ロールベール中央部で TDR 測定値と水分含量の相関が最も高かったため、測定部位として中央部が適切と判断した。また、ロールベール体積、TDR 測定値、突刺抵抗によるロールベール重量の推定を行った。同一機器で調製され梱包密度が同様なイタリアンライグラスでは良好な推定精度が得られたものの、さらなる精度向上のために梱包密度の指標を検討する必要があると思われた。

[キーワード: ロールベール, 簡易水分計, 測定部位, 重量推定, TDR]

Examination of Proper Measurement Point and Weight Estimation based on Measurement Value of Simplified Moisture Meter for Roll Bales. ASAOKA Sohei, Shoichiro YAMAGUCHI and Takeshi BABA (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Centre, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For Res. Cent.* 4: 97-101 (2018)

In 2016, a new simplified moisture meter for roll bales using the time-domain reflectometry (TDR) system was developed by our research group in cooperation with The NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center. In the present paper we discuss the appropriate measurement point for the new moisture meter by investigating the moisture content, piercing resistance value and TDR. These values were measured at the upper point, middle point and lower point of roll bales of Italian ryegrass silage and rice whole crop silage. The correlation between moisture content and measured TDR value was highest at the middle point; thus, the middle point was judged as most suitable for measurement. We then constructed an equation to estimate roll bale weight using the measured TDR value, and the piercing resistance as an index of roll bale packing density and volume. The equation for Italian ryegrass silage showed high accuracy. This may be because all sample roll bales of Italian ryegrass silage were prepared by same machine and had a similar packing density. Therefore, to improve the proposed equation, a new index of packing density needs to be investigated.

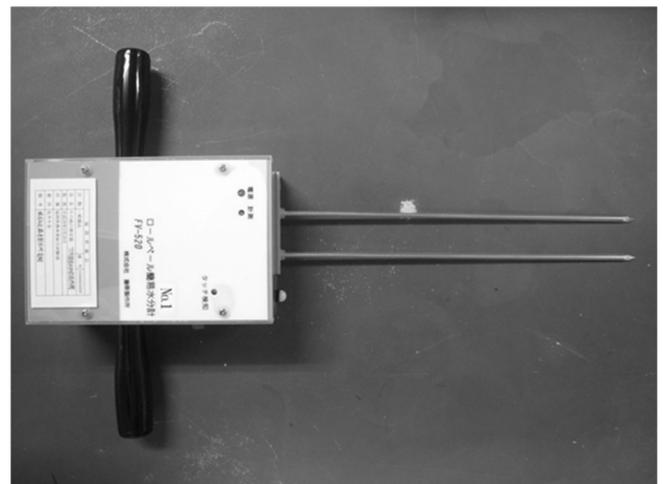
[Key words : roll bale, simple moisture meter, measurement point, estimate of weight, TDR]

## 緒言

粗飼料を含む輸入飼料価格が高止まりする中 (農林水産省 2017b), 国や関係機関等により国内飼料生産基盤の強化が図られており, 畜産農家に代わり飼料作物の生産作業を行うコントラクター組織等による粗飼料の広域流通が推進されている (農林水産省 2017c)。

福岡県での粗飼料生産は, 従来はほとんど畜産農家による自家生産・消費であった。しかし, コメの生産調整の主力作物としてイネホールクroppサイレージ (以下「イネ WCS」とする) の耕畜連携による生産が増加する一方 (農林水産省 2012, 農林水産省 2017a), 畜産農家側では高齢化や後継者不足による農家戸数の減少, 経営安定のための大規模化により労働力が不足する中, 県内でもコントラクターの設立が増えている (福岡県 2017a)。そのため, 福岡県酪農・肉用牛近代化計画書でも農家の労働負担の軽減のためにコントラクター組織の育成を推進することが謳われている (福岡県 2017b)。藤森ら (2015) は, 需要者はコントラクターに対し一定品質を求める声が強いことを報告しており, コントラクターの利用を推進するために, 品質の評価指標の一つである水分含量を現場で簡易に測定する機器の開発が必要であった。そこで, 九州沖縄農業研究センターを中心とした福岡県を含む研究グループでは, TDR (Time-Domain Reflectometry: 時間領域反射測定法) 方式を採用したサイレージ用簡易水分計の開発に取り組んだ (服部ら

2015)。TDR 方式は, 水分子の誘電率が他の物質に比べ非常に高い原理を利用しており, サイレージ中の水分量の多少で検査試料の誘電率が変化するため, サイレージに刺された二本のセンサーロッド周辺の飼料の誘電率により水分量を推定するものである。開発した水分計は 2016 年 6 月に (株) 藤原製作所より市販されており (第 1 図), 誤差 4 ポイント以内で精度は高い (服部ら 2016)。



第 1 図 ロールベール簡易水分計 FV-520