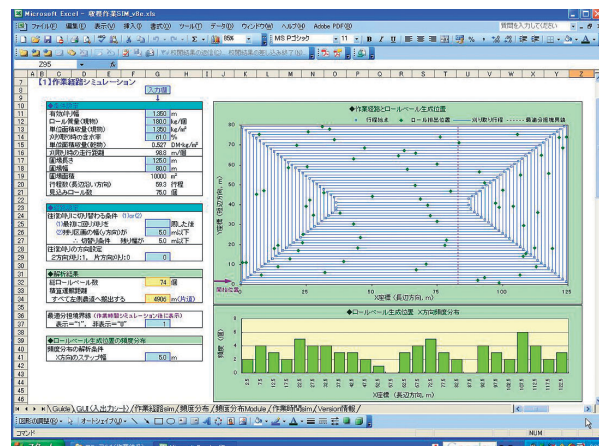


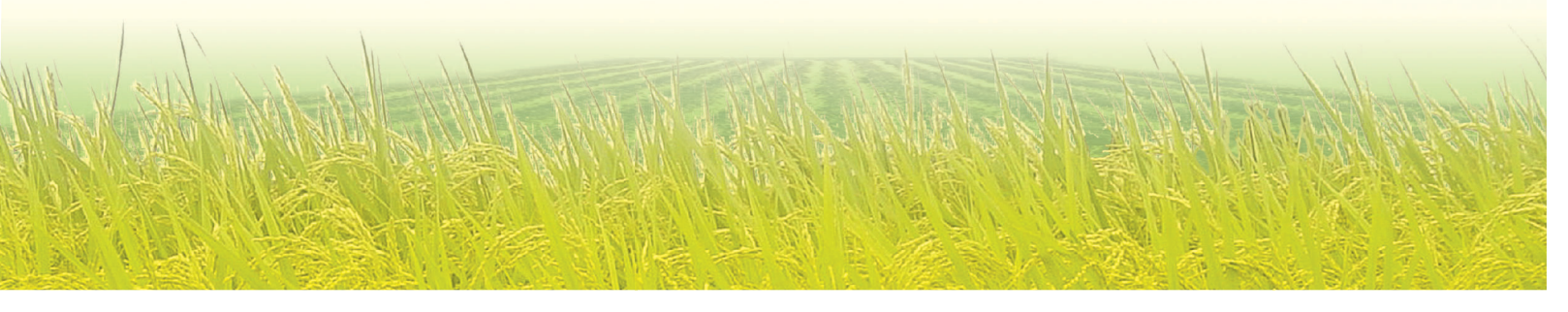
飼料イネの効率的収穫作業マニュアル(1)

フレール型専用収穫機による効率的作業体系



平成20年3月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター・北陸研究センター



目 次

1. はじめに	1
2. シミュレーションによる組作業の連携条件向上	2
1) シミュレーションの背景	
2) シミュレーションモデルの構築	
3) 作業経路シミュレーション	
4) 作業時間シミュレーション	
5) まとめ	
3. 圃場内運搬に重点を置いた効率的作業体系	6
1) 作業時間解析の目的	
2) 作業時間解析の方法	
3) 各作業体系での作業能率	
4) 作業内容別の解析結果	
5) まとめ	
4. フレール型専用収穫機での収穫ロス	10
1) 収穫ロス調査の目的	
2) 収穫ロスの分類と概略	
3) 収穫ステージによるロスの変動	
4) その他の要因によるロスの変動	
5) まとめ	
5. 現場でのロールベール計量法	15
6. まとめ	17
参考文献	17

表紙写真

- 左上： フレール型専用収穫機とベールラップの連携作業
- 右上： 作業経路シミュレーションのパソコン画面
- 左下： ベールラップを2台にした作業体系
- 右下： ロールグラブ付きのトラクタでの運搬作業

1. はじめに

良質な国産粗飼料確保への要求と、水田の機能を維持できる転作作物としての利便性から、水稲の子実を茎葉とともに収穫・調製するイネホールクロップサイレージ（稲発酵粗飼料）の生産機運は高まっており、専用品種の育成¹⁾や、省力・低コストな栽培方法の確立²⁾、さらにはダイレクト収穫が可能な専用収穫機や調製技術の開発^{3),4)}等を背景に、技術の確立と生産現場への普及・定着が推進されている。

稲発酵粗飼料用水稲（飼料イネ）の生産では、播種から栽培の過程では一般水稲の栽培技術が適用できるが、収穫・調製の過程では水田でのホールクロップ収穫という新しい作業技術が求められる。近年開発された自走式専用ロールベアラを基軸とする「専用収穫機体系」は、ゴムクローラ式の走行部を持つ飼料イネ用ロールベアラ（以下専用収穫機）と自走式ベールラッパを組み合わせたもので、トラクタ直装型の「牧草収穫機体系」と比較して圃場内損失（ロス）が少なく、地耐力の低い軟弱な水田でも安定した作業ができるなど有利な面が多い⁵⁾。しかし一方で、飼料イネの単位面積収量は現物で3～4t/10a⁶⁾と一般水稲の5倍以上であり、また専用収穫機は牧草収穫機と比較して作業幅や作業速度の面で劣るため、総作業時間は1ha当たり5～6時間を要しているのが実情である。さらに、飼料イネは転作作物として栽培されることが多く、主作目である一般水稲や麦・大豆等の他作目との作業競合の回避・低減に対する要求は極めて高い。

本マニュアルでは、専用収穫機とベールラッパの組作業による作業能率の向上、圃場内でのロールベール運搬のために新たな作業車を導入した場合の効果、実収量を少しでも向上するための圃場内損失の要因解明の3つの視点から、専用収穫機を基軸とする収穫・調製作業の効率化について考察する。

牧草収穫機体系（大型機械体系）



飼料イネ専用収穫機体系



牧草収穫機体系と専用収穫機体系

2. シミュレーションによる組作業の連携条件向上

1) シミュレーションの背景

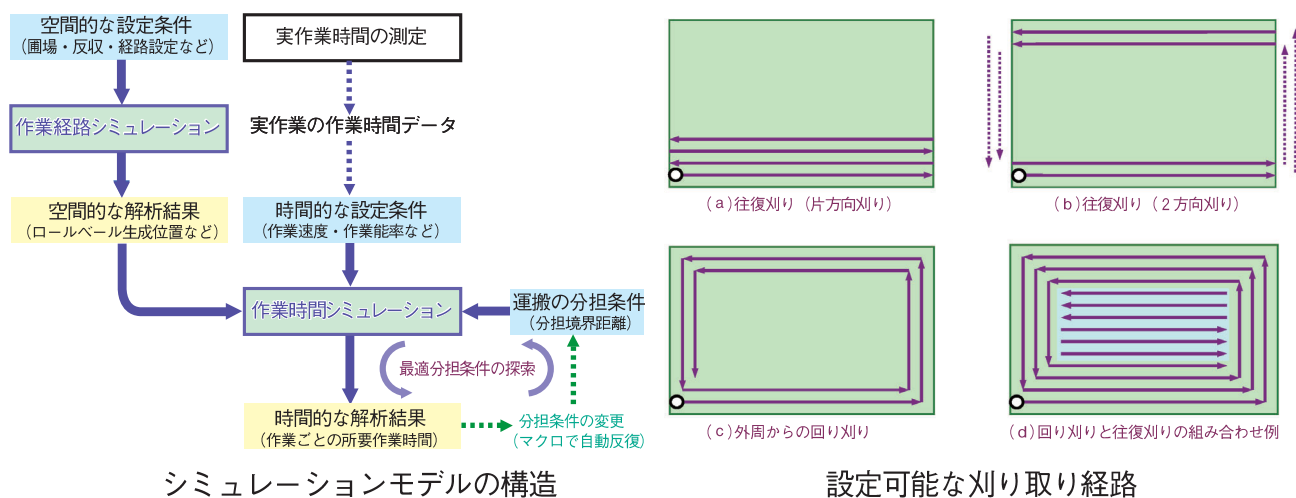
飼料イネの収穫・調製作業は複数の作業機の組作業となり、作業体系が複雑になりがちである。このため、作業能率向上のためには作業機相互の連携条件の検討が不可欠である。特に専用収穫機体系では従来にない作業機を用いるため、組作業としての効率的な運用方法はまだ定着していない。既往の研究としては、作業能率の測定や効率的作業方法の検討^{7),8)}が行われているが、作業能率の更なる向上が求められている。

これらの問題を解決して作業全体の効率化を図るために、収穫シミュレーションモデルの作成とそれによる解析を行った。ここでは、専用収穫機（以下、収穫機）が圃場内で刈り取りを行う傍ら、自走式バールラップ（以下、バールラップ）が圃場内もしくは圃場に隣接した農道上で密封作業を行う作業体系を対象に簡易な収穫シミュレーションモデルを開発し、組作業の方法と作業能率向上の可能性について検討した。

2) シミュレーションモデルの構築

収穫作業シミュレーションモデルは、表計算ワークシート（Excel2000）とそのマクロプログラム等で構築し、一般のパソコン（Windows2000以上）で動作するものとした。モデルは、刈り取り時の作業経路等の空間的解析を行う「作業経路シミュレーション」と、作業能率等の時間的解析を行う「作業時間シミュレーション」で構成され、具体的データには実作業の作業時間解析から得た数値を活用した。

シミュレーションの対象は矩形圃場、刈り取り経路は直線のみとし、飼料イネの一般的な収穫作業を想定して、外周からの回り刈り、往復刈り及びそれらの組み合わせに限定し、往復刈りは、回り刈りの短辺を省略する2方向刈りと、圃場の片側から順次刈り取っていく片方向刈りの2種から選択可能とした。



3) 作業経路シミュレーション

作業経路シミュレーションでは、圃場の大きさや作物の生育量と刈り取り経路に関する設定値を入力すると、その時のロールベール生成数、個々のロールベールの生成位置及び必要運搬距離が算出・表示される。ここでロールベール生成位置とは、収穫機が刈り取り・梱包作業を行ってロールベール1個が成形完了する位置を指す。

開発したシミュレーションモデルでは、刈り取り経路の算出は、1行程の刈り取りが終わるたびに未刈り取り部の四隅の座標を算出し、次の行程の刈り取りが可能か、また次の行程は未刈り取り部のどの位置から開始するか等を判定して、反復処理により行われる。さらにロールベール生成位置は、刈り取り作業を行った積算走行距離と、条件設定した単位面積当たり収量に応じて、順次その座標を算出している。従って、条件設定や経路設定を変更するたびにロールベール生成位置は再計算され、入力値の変更にも柔軟に対応できる。また、作業経路シミュレーションは表計算ワークシートのセルに関数式を埋め込んだものであり、必要に応じてモデルの拡張・改良が随時可能である。

作業経路シミュレーションでの解析例を以下に示す。これは、面積1ha(125m×80m)の圃場を想定し、以下の2つの異なる経路について解析を行った結果である。

経路1：始めの3周のみ回り刈りを行った後に往復刈り(片方向刈り)に移行する

経路2：外周から回り刈りを行い、未刈り取り部の幅(短辺方向)が5m以下になった時に往復刈り(2方向刈り)に移行する

次ページの図は作業経路シミュレーションのコンピュータ画面を示しており、図の左側は条件設定値及び経路設定値の入力欄と解析結果としての数値出力、右側は作業経路及びロールベール生成位置の出力欄である。入力欄(水色セル)の設定値を変更すると、それに対応して出力結果が即座に更新される。必要運搬距離は、全てのロールベールを収穫機か又はベールラップで圃場進入路側の短辺に運搬する場合に必要な積算運搬距離であり、図では片道距離で示されている。運搬後に作業機がもとの位置に戻るとすると、往復で経路1では9567m、経路2では9812mの移動が必要と算出される。なお、図中の紫色点線は、後述する最適分担条件を示す分担境界線である。

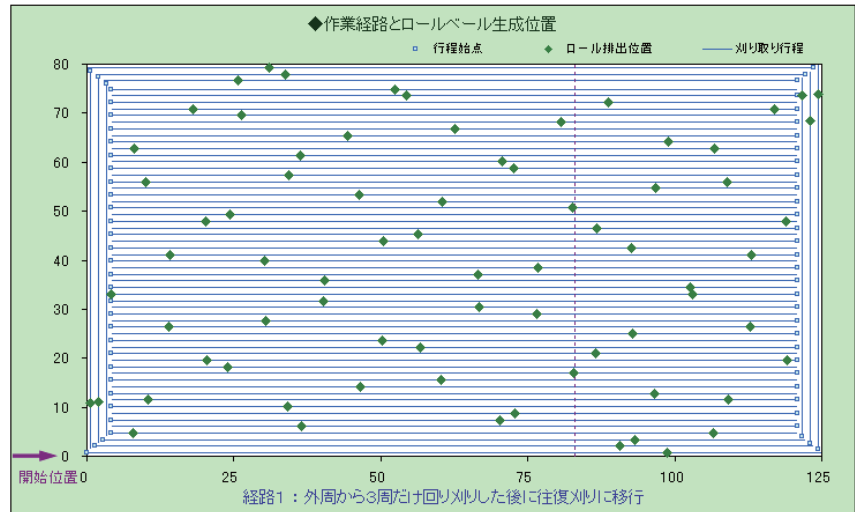
圃場・作物や経路の条件が一定であれば、収穫機が刈り取り・ベール成形に要する時間とベールラップが拾い上げ・ラッピングに要する時間は一定である。従って、圃場内での収穫・調製作業全体としての能率を向上するには、このロールベール運搬に要する時間が重要である。すなわち、どのロールベールをどちらの機械で農道まで運搬するかといった運搬作業の分担で全体の作業能率が大きく変動する。従って、最大の作業能率を得るためには、組作業としての分担・連携条件の検討がポイントになる。

入力欄

◆条件設定	
有効刈幅	1.350 m
ロール質量(現物)	180.0 kg/個
単位面積収量(現物)	1.350 kg/m ²
刈り取り時の含水率	61.0 %
単位面積収量(乾物)	0.527 DMt kg/m ²
刈り取り時の走行距離	98.8 m/個
圃場長さ	125.0 m
圃場幅	80.0 m
圃場面積	10000 m ²
行程数(長辺沿い方向)	58.3 行程
見込みロール数	75.0 個

◆経路設定		
往復刈りに切り替わる条件 (1)or(2)		
(1)最初に回り刈りを	3 周した後	
(2)残り区画の幅(y方向)が	71.9 m以下	
∴ 切り替り条件残り幅が		
71.9 m以下		
往復刈りの方向設定		
2方向刈り:	1, 片方向刈り:	0

◆解析結果	
総ロールベール数	74 個
積算運搬距離	4788 m(片道)
すべて左側農道へ搬出する	4788 m(片道)



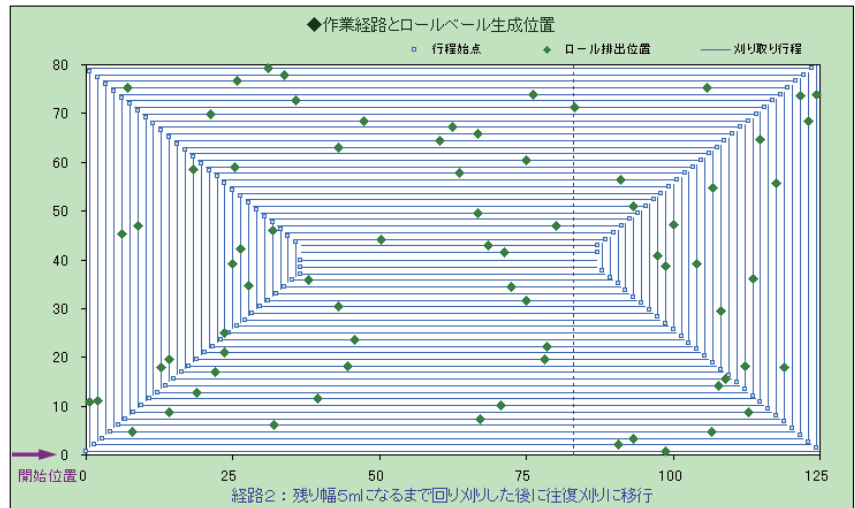
経路1：外周から回り刈りを3周した後に片方往復刈りに移行

入力欄

◆条件設定	
有効刈幅	1.350 m
ロール質量(現物)	180.0 kg/個
単位面積収量(現物)	1.350 kg/m ²
刈り取り時の含水率	61.0 %
単位面積収量(乾物)	0.527 DMt kg/m ²
刈り取り時の走行距離	98.8 m/個
圃場長さ	125.0 m
圃場幅	80.0 m
圃場面積	10000 m ²
行程数(長辺沿い方向)	58.3 行程
見込みロール数	75.0 個

◆経路設定		
往復刈りに切り替わる条件 (1)or(2)		
(1)最初に回り刈りを	5 周した後	
(2)残り区画の幅(y方向)が	5.0 m以下	
∴ 切り替り条件残り幅が		
5.0 m以下		
往復刈りの方向設定		
2方向刈り:	1, 片方向刈り:	0

◆解析結果	
総ロールベール数	74 個
積算運搬距離	4906 m(片道)
すべて左側農道へ搬出する	4906 m(片道)



経路2：残り幅5mになるまで回り刈りをした後に2方向往復刈りに移行

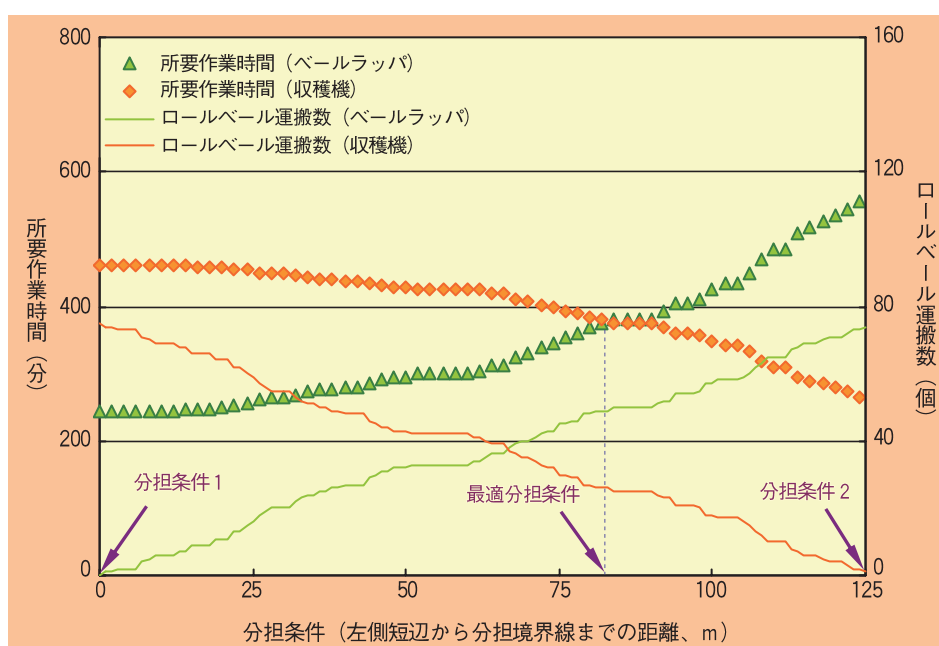
4) 作業時間シミュレーション

作業時間シミュレーションでは、作業経路シミュレーションで得られたロールベールの分布に加えて、ロールベール運搬の分担条件を定義して、そのときの圃場内作業開始から全てのロールベールが密封されて農道上に集積されるまでの作業時間を求める。すなわち、個々のロールベールはその生成位置に応じて、収穫機から放出された後にベールラップに拾い上げられて運搬・密封されるか、又は、収穫機で直接農道まで運搬されて放出された後にベールラップで密封されるかが決められるものとし、その分担条件のもとでの両機の必要作業時間を算出するとともに、全体の作業時間を最短にする最適分担条件を、マクロによる反復演算によって探索するものとした。

経路2の場合の作業時間シミュレーションの例を以下に示す。ここでは実作業での測定結果から、収穫機がロールベール1個を刈り取り・成形・放出する際の能率を2.61分/個、ベールラップが拾い上げ・ラッピング・荷降ろしする際の能率を2.36分/個とし、運搬時の走行速度は収穫機が0.8m/s、ベールラップが0.5m/sとした。運搬の分担条件は、生成位置が圃場入り口側から一定距離（分担境界距離）以内の物をベールラップで、遠い物を収穫機で運搬するものとした。この分担条件を順次変更して反復計算を行い、両機の所要作業時間との関係を示したのが下の図である。例えば分担境界距離0mの分担条件1は、収穫機が全てのロールベールを運搬し、ベールラップは農道上での専らラッピング作業を行う場合を示す。また分担境界距離が125mとなる分担条件2は、収穫機では刈り取り・成形作業のみを行い、ベールラップで全てのロールベールを運搬する場合である。

両作業機が同時に並行して作業を進めるならば、全体の作業時間が最短となるのは両機の作業時間がほぼ等しい場合である。従って、最適分担条件は2つの所要作業時間曲線の交点となり、本解析例では分担境界距離が82mの場合となる。すなわち圃場入り口側から82m以内の49個をベールラップで、それ以遠の26個を収穫機で運搬する場合となり、収穫機とベールラップの所要作業時間はそれぞれ379分、374分となる。このとき、全体の作業能率は6.3時間/haとなる。一般的な作業方法である分担条件2では9.5時間/haであることから、運搬の分担を最適化することで作業能率は約33%向上すると算出される。

最適分担条件は他の解析例でも同様の傾向を示し、どの場合も分担境界距離は圃場の長さの概ね2/3の位置となった。すなわち、圃場入り口側から2/3以内のものはベールラップで農道へ運搬し、2/3以遠のものは収穫機が農道まで戻ってロールベールを放出する方法が最も効率的であると示された。



作業シミュレーションによる分担条件の最適化 (経路2)

分担条件による作業能率の比較

分担条件	分担条件 1		最適分担条件		分担条件 2	
分担境界距離 (m)	0		82		125	
作業機名	ベールラッパ	収穫機	ベールラッパ	収穫機	ベールラッパ	収穫機
運搬対象範囲 (m)	なし	0~125	0~82	82~125	0~125	なし
ロールベール数 (個)	0	75	49	26	75	0
総運搬距離 (m)	0	9812	3956	5855	9812	0
所要作業時間 (分)	243	462	374	379	570	258
固有作業 (分)	177	195	177	195	177	195
移動・旋回 (分)	66	63	66	63	66	63
運搬 (分)	0	204	131	121	327	0
作業能率 (時間/ha)	9.5	4.0	7.7	6.2	6.3	4.3
全体の作業時間 (分)	462		379		570	
全体の作業能率(時間/ha)	7.7		6.3		9.5	
比率 (%)	81.1		66.5		100.0	

注) この表は経路2に関する結果である。固有作業は、収穫機では刈り取り-成形-トワイン結束及び放出、ベールラッパでは拾い上げ-ラッピング-荷降ろしを指すものとした。またロールベール運搬に関わる移動・旋回は全て運搬時間に含めた。

5) まとめ

飼料イネのダイレクト収穫における圃場内作業時間の短縮・効率化のために、専用収穫機と自走式ベールラッパ各1台による作業体系を対象に簡易なシミュレーションモデルを開発し、ロールベール運搬の分担による能率向上の方策を検討した。その結果、圃場内でのロールベール運搬の分担方法によって全体の作業能率が大きく変動することが示され、収穫機とベールラッパでの最適な分担条件が導出された。

なお、開発したシミュレーションモデルは表計算ワークシートと簡単なマクロプログラムで構成されるため、解析の目的に応じてモデルの改良・拡張が可能である。本モデルは試作段階であり一般頒布の予定は無いが、その使用方法及び解析事例については文献⁹⁾に詳しく述べられている。

3. 圃場内運搬に重点を置いた効率的作業体系

1) 作業時間解析の目的

専用収穫機を基軸とする飼料イネの収穫・調製作業は複数の機械の組作業となるため、機械の組み合わせや作業の分担によって作業能率は大きく変動する。しかし、実際の生産現場では圃場の形状や現有機械の種類、耕種農家・畜産農家のどちらが収穫作業を行うか等の様々な条件が異なるため、作業方法はいまだ定着していない。ここでは、圃場内でのロールベール運搬が全体の作業能率を左右することに着目し、市販作業機を組み合わせた異なる作業体系につい

て、現地実証圃場に於いて作業時間と作業能率の解析を行い、作業能率向上ための方策を検討した。

2) 作業時間解析の方法

専用収穫機を基軸とする異なる機械体系（下図参照）について、現地実証圃場での実作業をデジタルビデオカメラで撮影した後、各作業機についての作業時間解析を行った。具体的には、表計算ソフト（Excel 2000）を使用して、それぞれの作業工程ごとの所要時間を秒単位で解析・集計した。解析対象は、刈り取りの開始から、全てのロールベールをラッピングして隣接する農道上に配置するまでの時間とし、トラックによる畜産農家への運送過程については解析対象から除外した。供試機械は、フレール型の専用収穫機（ヤンマーYWH-1400A）、自走式ベールラップ（タカキタSW-1010W）及びロールグラブ付きトラクタ（クボタL₁-345、ヤンマーF475Dなど）である。

■ 収穫機＋ベールラップ（2台体系）



圃場内での運搬はベールラップ1台で行う。
最も標準的な体系。

■ 収穫機＋ロールグラブ付トラクタ＋ベールラップ（3台体系）



圃場内での運搬はトラクタで行い、
ベールラップは農道上のラッピングのみに用いる。
トラクタを使うため十分な地耐力が必要。

■ 収穫機＋ベールラップ×2（増車体系）



運搬効率を上げるためベールラップを
2台にする体系。

注) 赤字で記した体系の名称は一般的な名称ではなく、ここでの便宜的な名称である。

作業時間解析を行った3つの機械体系

3) 各作業体系での作業能率

各体系の単位面積あたりの作業時間は、2台体系及び3台体系で5.6～6.9haとなった。条件が異なる圃場では、単位面積の収量に応じてロールベール生成数は変動し、収穫機やベールラップでのロール処理数が増減し、それが作業能率の計算にも影響する。そのためここでは作業能率の指標として、単位面積あたりの作業時間（min/ha）ではなく、全作業時間を全ロールベール数で除した値（min/個）を用いた。

作業能率は2台体系では5.3min/個、3台体系では3.0～4.1min/個となった。従って、標準的な2台体系に対して、ロールグラブ付きトラクタを用いると作業能率は35～70%向上した。また、ベールラップ2台を用いる増車体系では作業能率は2.3min/個となった。これには中割作業による通路確保の効果も含まれるが、2台体系に対して大幅に改善された作業能率である。

各体系の作業能率の比較

No.	収穫日	面積 a	ロール数		全作業に要した時間			
			個	個/10a	min	h/ha	min/個	
収穫機+ベールラップ (2台体系)								
(1)	2003.9.4	81.2	61	7.5	324	6.65	5.31	標準体系
収穫機+トラクタ+ベールラップ (3台体系)								
(2)	2003.9.9-10	97.0	81	8.4	328	5.63	4.05	
(3)	2004.9.3	97.3	129	13.3	387	6.63	3.00	
収穫機+ベールラップ×2 (増車体系)								
(4)	2004.9.23	97.1	108	11.5	242	4.16	2.31	中割作業を併用

注) 3つの体系の名称は一般的な名称ではなく、ここでの便宜的な名称である。



トラクタを導入した3台体系

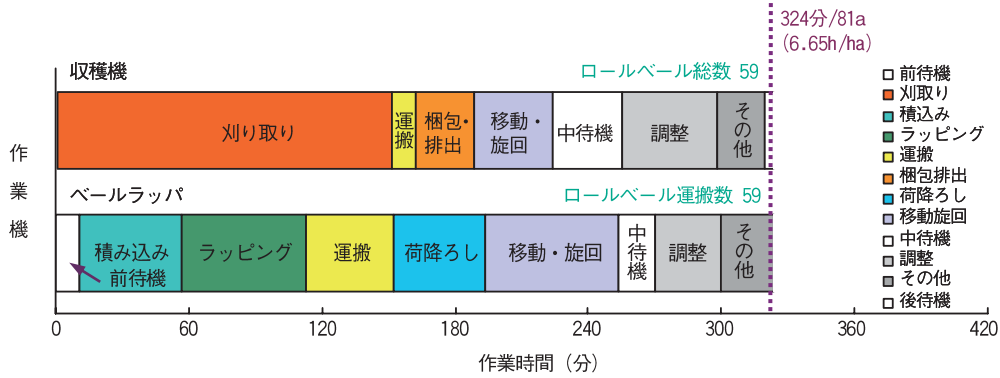


ベールラップを2台に増やした体系

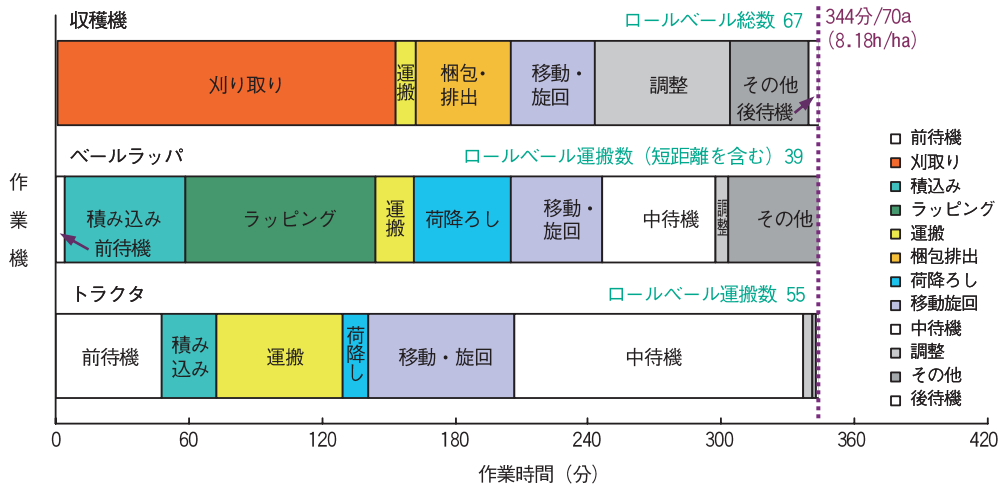
4) 作業内容別の解析結果

各体系での作業内容ごとの所要時間構成を以下に図で示す。組作業では、作業機ごとに作業開始時刻及び終了時刻が異なるため、ここでは、いずれか他機が作業を開始してから自機が作業を開始するまでの「前待機」と、自機が作業を完了してから全ての他機が作業を完了するまでの「後待機」を設けた。

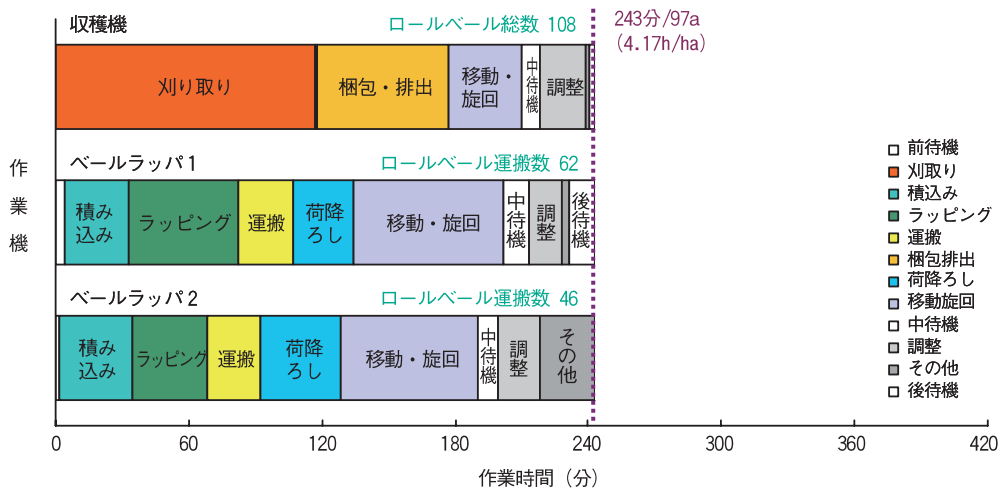
ロールベール1個当たりの作業能率で比較すると、ロールグラブ付きトラクタを用いる3台体系は全体の作業能率が2台体系より高い。しかし、トラクタは運搬のみに使用されるため、作業中の待機時間（中待機）が長く実働時間の割合は低い。また4輪式トラクタは過湿な重粘土水田で走行困難になるという問題もある。



2 台体系の例 (2003.9.4、面積81a)



3 台体系の例 (2003.9.9、面積70a)



増車体系の例 (2004.9.23、面積97a)

一方ベールラッパを2台用いる増車体系では、中割作業を行ったことと、ベールラッパが走行中にもラッピング可能であったことから、全体の作業時間は大幅に短縮された。圃場面積や総ロール数が違うため他と直接比較できないが、作業中の待機時間も少なく機械を効率的に運用できることが示された。



一度に2個を運ぶのには高い技術が必要だが、能率向上の効果は高い。



4輪トラクタは、圃場が過湿だと走行困難になることがある。

5) まとめ

専用収穫機に異なる市販作業機を組み合わせ、圃場内でのロールベール運搬の効率に重点を置いた作業体系を検討した。その結果、慣行体系にロールグラブ付きのトラクタを追加すれば作業能率は最大70%程度向上した。しかし、トラクタを導入してもラッピング時間は短縮できず、また軟弱圃場では走行困難になることもあるため、全体の作業時間を短縮するためにはベールラップを2台に増やすことの効果が大きいと判断された。

4. フレール型専用収穫機での収穫ロス

1) 収穫ロス調査の目的

飼料イネのために開発された専用収穫機は、刈り取り部の形状の違いからコンバイン型（タカキタ等）とフレール型（ヤンマー等）に大別される。フレール型収穫機は構造上、刈り取り部で稲体を細断しながら収穫・梱包するため発酵品質に優れるほか、予乾作業に対応可能であるとともに、牧草やソルゴー等の他作物への汎用利用ができる利点もあるが、コンバイン型と比較して収穫ロス（圃場内損失）が多いとされている。特に、収穫前に手刈りで行う坪刈り調査（地際刈り）と機械収穫による全刈り収量の間には大きな差があり、圃場からの回収率（収穫率）を改善して実収量を向上する余地は大きく残されている。

収穫ロスの発生は収穫機の違いのほかに、刈り取り時の作業速度や刈り高さ、収穫ステージの違い、作物の生育量や草量等の様々な条件によって変動すると考えられる。そこで、生産現場における実収量を向上する適切な改善策を検討するために、これら諸条件と収穫ロスの関係を定量的に明らかにした。なおここでは、異なる条件での収穫ロスの比較は、作物の地上部総量（乾物重）に占める各損失の割合（%）で表記する。



コンバイン型収穫機（タカキタWB1000）

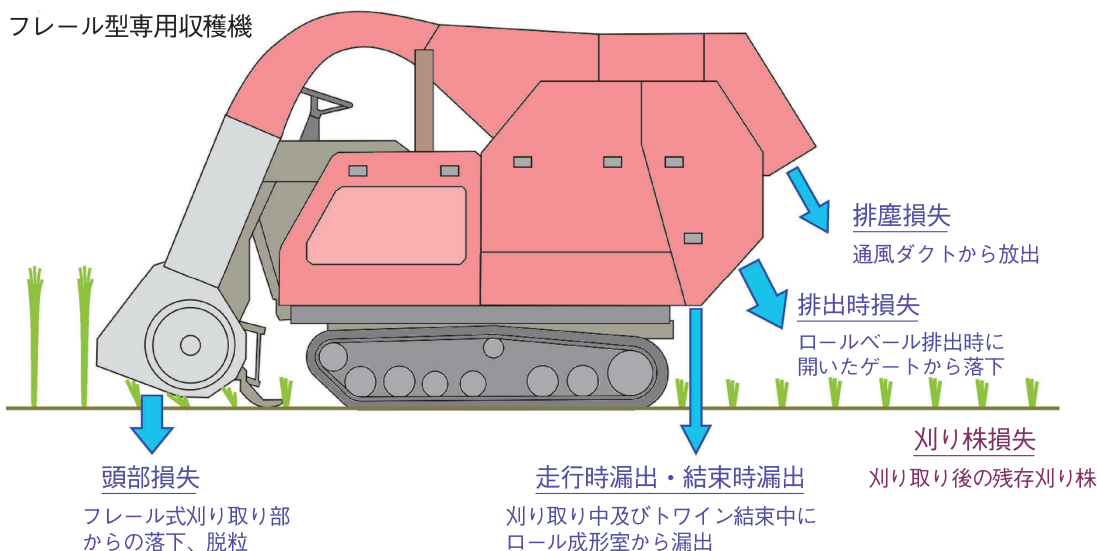


フレール型収穫機（スターJCB1400）

2) 収穫ロスの分類と概略

機械による収穫・調製時に圃場内で失われる収穫ロスは、刈り取りや成形を行う収穫機から飛散・落下する収穫機損失、ラッピングや運搬・荷降ろし時にバールラップから落下する密封時損失、刈り残しとして圃場に残存する残存刈り株に大別される。さらに収穫機損失は、刈り取り部から飛散・落下する頭部損失（ヘッドロス）、成形・結束済みのロールを放出する際にゲート開放部から落下する排出時損失（排出ロス）のほか、通風ダクトからの排塵損失、ロール成形室の空隙からの成形室漏出に分類される。

フレール型収穫機の標準的な収穫ロス構成の例を次ページの表に示す。収穫ロスの大半は頭部損失、排出時損失であるが、標準的な刈り高さ（10cm程度）では刈り株損失は頭部損失や排出時損失より多くなる。これらの他にフレール型収穫機では、収穫物を予乾後に拾い上げたり、トワイン結束不良で形崩れしたロールを再度拾い上げたり出来るが、その場合には拾い上げ損失が発生する。この拾い上げ損失については、本稿では扱わない。



収穫機によるロスの分類（フレール型収穫機）

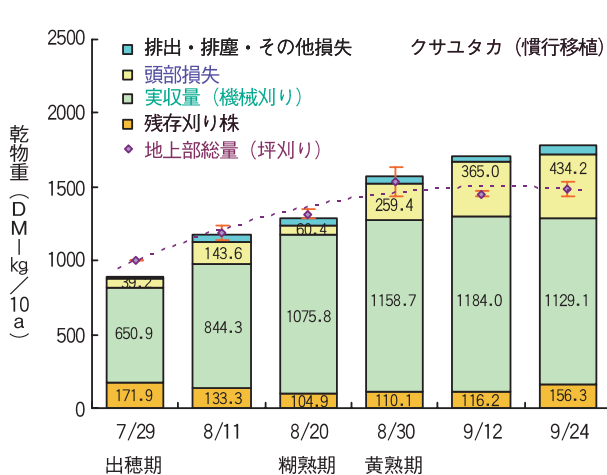
フレール型収穫機での収穫ロス構成の例

項目	数値 (構成比)	
刈り取り面積 (m ²)	66.2	[備考] 本表は、以下の条件で試験を行った結果の1例である。 供試機：フレール型収穫機 (ヤンマー YWH1400A)、自走式ベールラップ (タカキタ SW1010W)
ロールベール質量 (kg/個)	180.0	
実収量 (生草) (kg/10a)	2721.1	
含水率 (%)	65.6	
地上部総量 (DM-kg/10a)	1223.3 (100.0%)	
実収量 (DM-kg/10a)	936.1 (76.5%)	供試品種：「夢あおば」
収穫機損失 (DM-kg/10a)	180.5 (14.8%)	播種法：湛水直播 (条播)
頭部損失 (DM-kg/10a)	73.0 (6.0%)	収穫ステージ：黄熟期 (出穂後31日、積算温度792度)
走行時漏出 (DM-kg/10a)	4.3 (0.3%)	刈り取り作業速度：0.56m/s (変速段：標準×3速)
排出時損失 (DM-kg/10a)	97.9 (8.0%)	刈り高さ：10cm
排塵損失 (DM-kg/10a)	5.4 (0.4%)	表中のDMは乾物重を示す。
密封時損失 (DM-kg/10a)	0.3 (0.0%)	
刈り株損失 (DM-kg/10a)	106.4 (8.7%)	

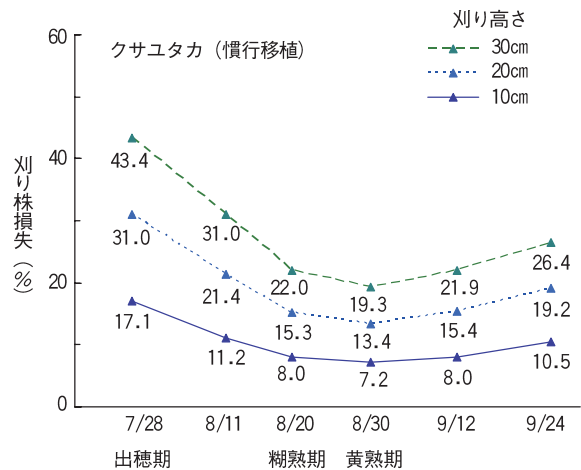
3) 収穫ステージによるロスの変動

まず、収穫ロス全般の傾向を把握するために、供試品種「クサユタカ」を用いて慣行移植栽培による試験を行った。供試収穫機はヤンマーYWH1400Aである。

各収穫ステージでの坪刈り収量と全刈り収量の傾向について以下に示す。試験の結果、地際刈りによる坪刈り収量は、出穂期 (1004DM-kg/10a) から増加して黄熟期に最大 (1540DM-kg/10a) となり、その後は徐々に低下した。フレール型の収穫機を用いた全刈り収量も同様に、出穂期 (650DM-kg/10a) から増大したが、最大となったのは黄熟期をやや過ぎた時期 (1184DM-kg/10a) となった。坪刈り乾物収量 (地上部総量) に対する全刈り乾物収量の比で示される収穫率は、出穂期で64.8%、糊熟期で最大の81.9%となり、以後は75~80%程度であった。収穫ステージが進むにつれて作物体の含水率は低下し、TDN (可消化養分総量) は逆に向上するため、飼料イネの収穫は一般的に黄熟期以降が推奨されている。しかし、ロスの比率は黄熟期前半に最も低くなる。



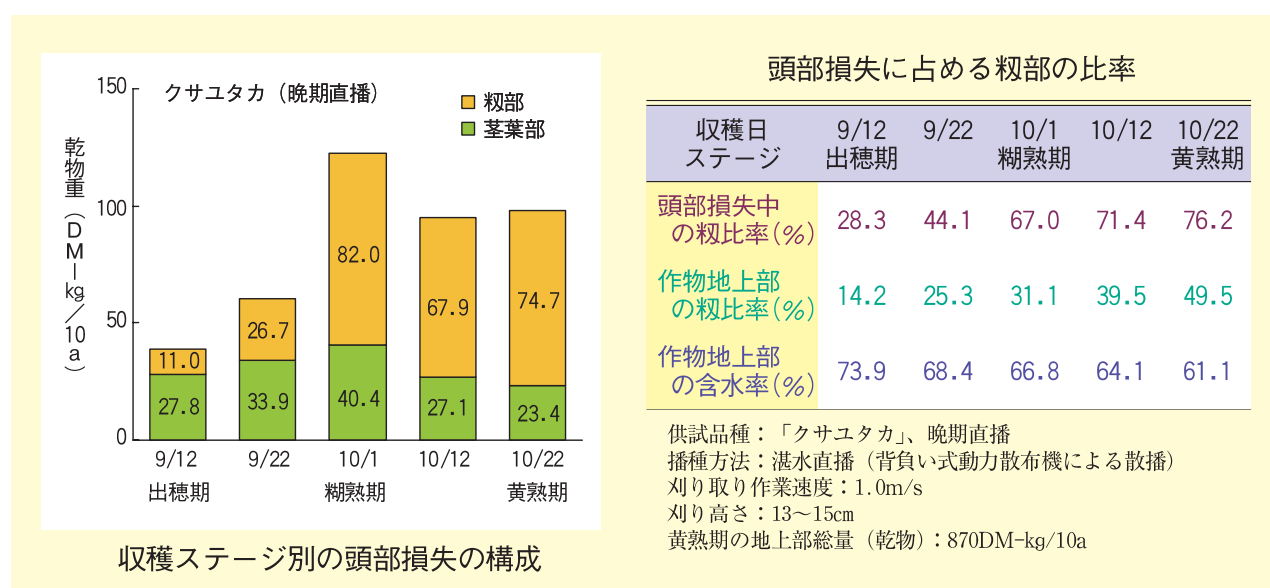
収穫ステージごとのロスの構成



収穫ステージごとの刈り株損失

刈り株損失は、ステージが進むにつれて作物の地上部総量が大きくなるため出穂期から黄熟期にかけて低下するが、その後は微増する傾向を示した。刈り株損失を低減するためには、刈り高さを少しでも低くする必要があるが、極端な低刈りでは土やゴミの混入、含水率の高い株元の取り込み等により、サイレージの品質低下を招く。特に軟弱な土壌条件では、実収量とサイレージ品質の2つの視点から適切な刈り高さを決定する必要がある。

頭部損失の単位面積あたりの絶対量（乾物重）は、下の図表に示すように糊熟期に最大となり、その後は漸減する。しかし、頭部損失に占める籾部の割合は、出穂期から糊熟期にかけて急激に増加し、黄熟期には76%に達する。作物の地上部総量に占める籾部の割合は黄熟期でも50%程度であるため、頭部損失には籾部の混入割合が極めて高い。



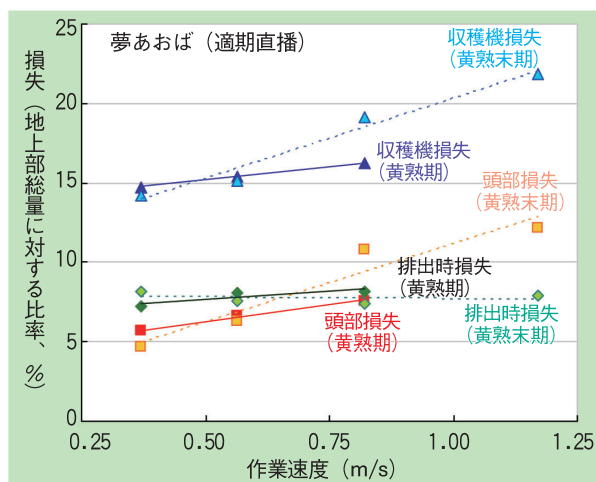
排出時損失は、「クサユタカ」を用いた移植圃場では、単位面積あたりの乾物量で出穂期に10DM-kg/10a程度であったが、糊熟期以降は40～50DM-kg/10aの範囲となり大きく変動しなかった。また、「夢あおば」を用いた直播圃場ではやや量が多いものの、ほぼ同様であった。排出時損失は、成形室においてロールが圧縮・成形される際に一緒に巻き込まれずに空隙に残る籾ワラがゲート解放時に落下するものであるため、この空隙が飽和状態となってロール放出1回あたりの損失量がほぼ一定量になると考えられる。

排塵損失はステージの進行とともに増加したが、単位面積あたりに換算した損失量は最も多い完熟期でも7.60DM-kg/10a程度であった。排塵損失は特に枯れ葉部が多く含まれ乾物率が高いが、乾物重で地上部総量に占める割合は1%以下である。

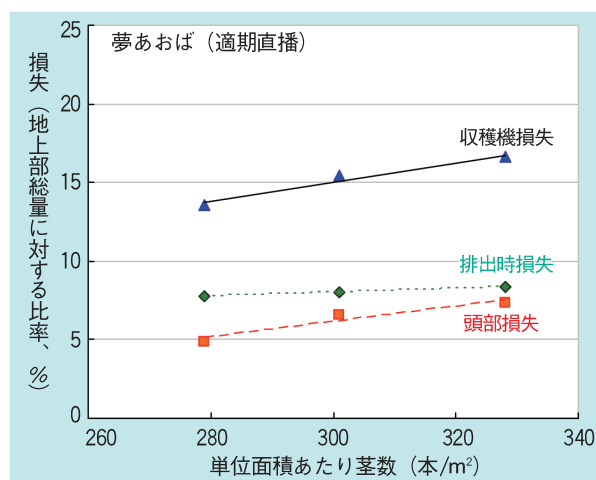
密封時損失は単位面積あたりの乾物重で0.14～0.60DM-kg/10aであった。地上部総量に対する割合は最大でも0.04%であり、他の損失と比較しても著しく少量である。

4) その他の要因によるロスの変動

刈り取り時の作業速度を変えての収穫ロス試験は、「夢あおば」を用いて直播（条播）圃場で行った。その結果、頭部損失は作業速度が速くなるにつれて増え、また黄熟末期には速度による影響が更に強くなった。頭部損失を含む収穫機損失の全体も同じ傾向を示しその差がほぼ一定であることから、排出時損失などの他の損失は作業速度に関わらずほぼ一定である。収穫作業の能率を向上するうえでは刈り取り時の作業速度は重要であるが、特に黄熟期以降の高速作業では頭部損失の増加を招くとともに、1 m/s以上では成形室で穀実の詰まりが生じやすいので注意が必要である。



作業速度による損失の変動



栽植密度による損失の変動

疎播・密播による違いは、直播栽培において単位面積あたりの播種量を変えて試験を行った。生育期間中の補償作用により収穫時の地上部総量に大きな差は無くなるが、茎数で比較すると、地上部乾物量に占める頭部損失の割合は疎播で少なく、密播になるほど多くなる。すなわち、単位面積あたりの茎数が多いほど頭部損失の比率は高い。排出時損失等の他の損失は茎数に関わらずほぼ一定である。

5) まとめ

フレール型収穫機による飼料イネ収穫作業に於いて、収穫ロスを少しでも低減して実収量を向上するために、収穫ステージや刈り取り速度等の諸条件と収穫ロスの関係を定量的に調査した。作業精度を上げて実収量を向上することと、作業速度を上げて能率やコストを改善することとは相反することである。そのため、どのような条件の時にどのような作業方法を選択するかは、経営規模、他作物との競合、圃場条件、収量（生育量）、選択できる機械装備、天候など様々な要因により変動する。ロスを低減するか作業時間を最短にするか等の判断を含めた最適な作業方法は、個々のケースに応じて適宜選択する必要がある。

5. 現場でのロールベール計量法

ロールベールの計量は、正確な収量を把握するために重要である。しかし実際のロールベールは、含水率や梱包密度の違いによりひとつひとつの重量にバラツキがある。理想的には全てのロールベールを測定することが望ましいが、例えば1 ha圃場では総数100個以上になり測定には多くの手間がかかるため、生産現場では幾つかを抽出して計量するにとどまることが多い。

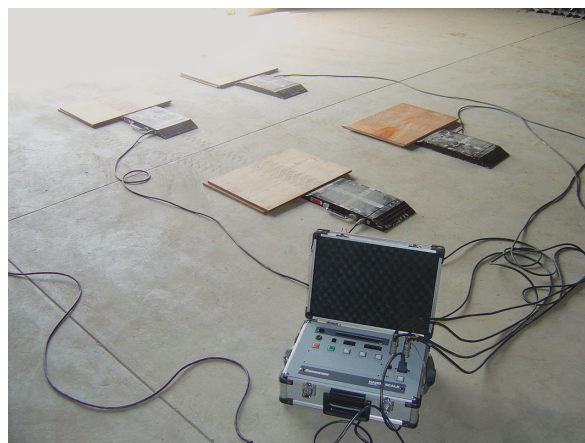
飼料イネの収穫作業現場で利用可能なロールベールの計量方法について、以下で簡単に紹介する。

(1) トラックスケールによる計量

最も確実な測定方法は、運搬車両ごとトラックスケールで計量する方法である。この方法では、利用する運搬車（又は積載車等）の自重を別途測定しておく。トラックスケールには設置型と可搬式があるが、設置型の利用は収穫現場の近くにある場合に限定される。また可搬式を利用するには、平坦な測定場所と電源が必要である。



設置型のトラックスケール



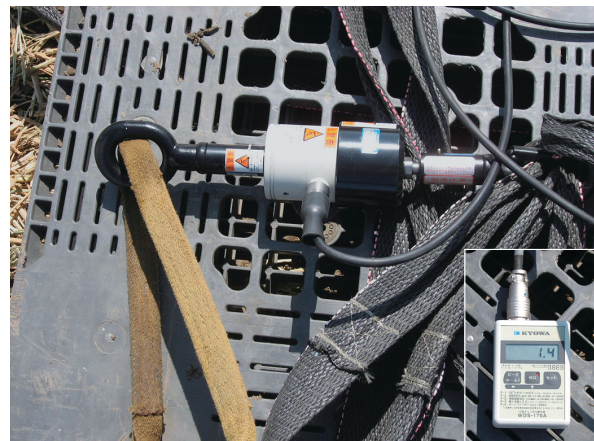
可搬式のトラックスケール

(2) ホイストスケール等による吊り上げ法

フロントローダ付きのトラクタやホイールローダ、フォークリフト等の車両があれば、吊り上げ法による測定が可能である。測定装置としては、ホイストスケールや表示器付きロードセルが利用できる。この方法は、車両のローダ部に測定装置を吊り下げ、その下にベルトスリング等でロールベールを吊るす。ベルトスリングをロールベールに巻き付ける作業が必要になるため、補助員を必要とし時間と手間がかかる。しかし、収穫現場で直ちに計量できる方法であり、広く利用されている。ロールベール吊り上げは、写真のようにベルトスリグ1本で可能だが、より丁寧に測定するには樹脂製のパレット等を利用すると良い。



ホイストスケールでの吊り上げ計量



表示器付きのロードセル

(3) オンボード型油圧計量装置の利用

これは、ロールグラブ付きトラクタのように油圧式の把持装置をもつ車両で利用可能な方法である。油圧の変動を感知して把持物の重量を測定するセンサーキットが市販されており、これを事前に車両に取り付けて使用する。具体的には、T字型コネクタを使って車両の油圧回路から分岐を取り、その先に油圧センサを取り付ける。取り付けには若干の技術が必要であるが、この方法ではベルトスリングの巻き付けも不要となり、通常のハンドリング中に次々に計量することが可能である。供試したキット¹⁰⁾はRDS社(英国)“Weighlog 200”であり、1回ずつの計量の他に積算や印刷の機能も有している。なお試験の結果、正確な測定のためには次の点に注意が必要であった。

- (a) 測定前には、油圧・油温が安定するまで油圧系の暖機を十分に行う。
- (b) 水平な場所で停止して、エンジン回転数を一定にして測定する。
- (c) 分解能が1kgであるため、測定数(又は反復数)を増やす。
- (d) 事前に十分な校正試験を行う。



オンボード油圧計量装置での測定



運転席に取り付けた表示器

6. まとめ

本稿では、フレール型専用収穫機を基軸とする飼料イネの収穫作業体系について、既存作業機を有効活用して作業時間を短縮する方策と、作業方法の改善によって収量性を向上する方策について考察した。作業能率と作業精度は相反するものであるが、生産性という観点からこれらの高い次元でのバランスが求められる。最適な作業方法は個々のケースによって唯一ではないが、作物、土壌、天候、利用できる機械など様々な条件に応じて随時選択する必要がある。なお、新たに開発した装置を導入した効率的作業法については、別稿で述べる。

参考文献

- 1) 根本 博：飼料イネの新品種と特徴，畜産の研究 58(8)，p.848-852，2004.
- 2) 石川哲也：飼料イネの低コスト栽培技術，畜産の研究 58(9)，p.947-951，2004.
- 3) 浦川修司：飼料イネ収穫・運搬の機械体系，畜産の研究 58(9)，p.952-956，2004.
- 4) 吉田宣夫：稲発酵粗飼料研究の現状と展望(4)稲発酵粗飼料の収穫と調製，農業技術 57(9)，p.423-427，2002.
- 5) 全国飼料増産行動会議：稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル，p.25-27，2006.
- 6) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太：飼料イネの営農現場における実証栽培試験と問題点，日本作物学会紀事 73(別1)，p.32-33，2004.
- 7) 浦川修司・吉村雄志：自走式飼料イネ用収穫調製機械の効率的作業方法，Grassland Science 49(4)，p.413-418，2003.
- 8) 浦川修司・吉村雄志・平岡啓司・奥村政信：高能率作業を目的とした飼料イネ用自走式ベールラップの改良，Grassland Science 50(3)，p.304-309，2004.
- 9) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治：飼料イネ専用収穫機体系の作業能率向上のためのシミュレーション，農作業研究 42(2)，p.123-131，2007.
- 10) RDS Technology Ltd.社ホームページ：<http://www.rdstec.com/>

この技術マニュアルは、平成15～19年度地域農業確立総合研究「北陸地域における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」において得られた成果である。

執筆者および研究担当者

元林 浩太（執筆者）、湯川 智行、佐々木良治（現近畿中国四国農業研究センター）、小島 誠

問い合わせ先

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター 北陸研究センター

〒943-0193 新潟県上越市稲田1-2-1

TEL：025-523-4131 FAX：025-524-8578

発行

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター 北陸研究センター

〒943-0193 新潟県上越市稲田1-2-1

TEL：025-523-4131 FAX：025-524-8578

ホームページ <http://narc.naro.affrc.go.jp/inada/>