

革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）

「水田里山の畜産利用による中山間高収益営農モデルの開発」

## 最新のホールクロップサイレージ（WCS）用稲 の収穫 ～ 完全混合飼料（TMR）の給与技術



水田里山畜産利用コンソーシアム



農研機構 西日本農業研究センター

## 目 次

はじめに

1.	汎用型微細断収穫機を活用したWCS用稲等の効率・低コスト収穫調製システムの開発	2
(1)	汎用型微細断収穫機を活用した効率的運用の条件	
1)	汎用型微細断収穫機の特徴	
①	マルチヘッダの採用	
②	微細断技術	
③	ワゴンタイプの収容部	
2)	新型収穫機を利用した現地実証試験	
3)	新型収穫機を利用した収穫・調製コストの試算結果	
4)	ストックヤードの設置による遠隔圃場の効率的運用	
(2)	開発中の効率的な生産履歴・管理システムについて	
1)	ワゴン重量計、ロール重量計システム	
2)	トルク計測システムについて	
2.	ICT を活用した全県規模収穫作業管理支援システムの開発	9
(1)	概要	
(2)	全県規模収穫作業管理支援システム	
(3)	全県圃場データベースと作業対象圃場地図データ生成機能の開発	
(4)	管理サーバと記録作成ツールの開発	
(5)	ダウンロードツール	
(6)	ファイル分割・統合ツール	
3.	和牛用「たちすずか」TMR給与体系	14
(1)	TMR 設計の考え方	
(2)	TMR の給与	
(3)	TMR 体系の狙いと給与における留意点	

本手引書の転載・配布等をご希望の方は、問い合わせ先までご連絡ください。

## はじめに

肉用牛経営では、輸入飼料価格高騰のもとで地域飼料資源を活用した飼養体系の確立が課題となっています。その際、家畜の繁殖性向上や子牛の発育に有効、かつハンドリングが容易な、地域飼料資源を利用したTMR（完全混合）飼料の開発に期待が寄せられています。TMR飼料を肉用牛経営に受け入れ可能な価格で供給するためには、TMR飼料の主な材料となるWCS用稲の供給価格及び生産コストの低減が不可欠になります。とくに、中山間水田での収穫調製作業効率の向上と、収穫期間の拡大及び収穫調製機械の稼働率の向上による収穫調製コストの低減は重要な課題です。また、コスト低減のためには、畜産農家の需要拡大する高品質な飼料生産体系が必要です。

そこで、本冊子では、1. 中山間地域において高能率に高品質な飼料を生産可能な汎用型微細断収穫機を活用したWCS用稲等の低コスト収穫・調製システム、2. 収穫時期の異なる広域での事業展開を促し、収穫機械の稼働率向上とコントラクター事業の安定化を図るための、全県規模の圃場情報の電子化とICTを活用した収穫作業管理等の支援可能なシステム、3. 繁殖牛と育成牛用の低コストで高栄養のWCS用稲「たちすずか」TMR生産と、1日1回給与を実現する高品質で効率的な給与技術を紹介します。

## 1. 汎用型微細断収穫機を活用したWCS用稲等の効率・低コスト収穫調製システムの開発

### (1) 汎用型微細断収穫機を活用した効率的運用の条件

#### 1) 汎用型微細断収穫機の特徴

WCS用稲収穫・調製の新技术は、汎用型微細断飼料収穫機(ワゴンタイプ)(以下、新型収穫機)で収穫し、トラックへ荷移しして飼料基地へ輸送し、バンカーサイロやロールベールに調製する体系(以下、新体系)であり、慣行より高密度な輸送、泥付きのない高品質サイレージの生産ができます。本プロジェクトでは、中国中山間地域において100ヘクタール規模の収穫調製を行うことで、慣行と比べて20%のコストを削減し、WCS用稲の収穫調製コスト25千円/10aの達成を目標としています。また、収穫機ワゴン等に重量計およびトルク計を設置し、圃場毎の収量や各作物に対する所要動力が測定可能となるようにしました。

新型収穫機の特徴として、①マルチヘッドの採用、②微細断技術、③収容部をワゴンタイプとしたことなどが挙げられます(図1-1)。なお、この新型収穫機は、農食事業25073C「画期的WCS用イネ「たちすずか」の特性を活かした微細断収穫調製・給与体系の開発実証」(H25-27)により開発されました。

写真提供：株式会社 **9hkg**



図1-1 新型収穫機と主な特徴

#### ①マルチヘッドの採用

近年、長稈で収量の多い「たちすずか」、「つきすずか」等のWCS用稲専用品種の普及が拡大しています。これら長稈品種を従来の自脱コンバインタイプの飼料収穫機によって収穫すると、負荷が大きく作業速度が低下し、刈取条数を減らす、高刈りするなど、作業効率の低下や収穫ロスの発生等の課題がありました。新型収穫機は、マルチヘッドを採用することで長稈品種の収穫に適しており、通常の乾いた圃場であれば約10cmの刈高さで作業可能です。さらに、WCS用トウモロコシの収穫も行

うことが可能なため、現在、WCS用トウモロコシの栽培を行っている方や、今後栽培を検討されている方にはさらに導入の利点が大きくなります。一方で、マルチヘッダは完全倒伏した稲や、80cm以下の背丈の稲の収穫が困難なため、適切な栽培管理が必要となります。

## ②微細断技術

理論切断長が最も短いときに6mmであり、従来の約1/5の長さです。切断長が短いことで収穫物の密度は従来の約1.5倍となるため、1回で多くの収穫物を運搬可能となり、飼料収穫機からトラックへの排出回数も減少します。同様に、ロールベールの成形時も高密度となるため、良好な発酵品質を確保できます。なお、現在市販されている汎用型微細断収穫機の切断長は、用途に応じて4段階（6、11、19、29mm）に変更可能です。

## ③ワゴンタイプの収容部

収容部をワゴンタイプとし、収穫したWCS用稲をトラックで飼料基地まで運搬し、飼料基地のロールベラとベールラップで梱包を行う作業体系（基地ロール体系）、または、バンカーサイロ調製を行う体系（バンカー体系）を構築しました。慣行のロールベールタイプの収穫機では圃場内にロールベールを排出する必要があり、ぬかるんだ圃場内においては泥が付着するため、品質の低下する恐れがありました。ワゴンタイプの収穫体系では、ワゴンからトラックへ直接WCS用稲を排出し、圃場内に収穫物を置く必要がないことから、泥の付着を防止可能で、高品質の飼料が確保できます。

一方で、慣行の収穫体系よりも効率的に運用するためには、圃場と飼料基地の距離を片道20分以内とする必要があります。20分を超えると運搬トラックの台数または収穫機の待ち時間が増加し、収穫コストが増大する試算結果が得られています。

また、飼料基地でのロールベラ等による梱包作業の他に、高糖分の「たちすずか」、乳酸菌「畜草2号」の添加、①に挙げた「微細断技術」を組み合わせることで、WCS用稲では困難であったバンカーサイロ調製が可能なことを過去に実証しており、これら技術を利用することでさらに効率的な新体系の構築が可能となりました。

なお、新型収穫機であるワゴンタイプ以外に慣行の収穫体系と同様に使用可能なロールベールタイプの収穫機も販売されています。

## 2) 新型収穫機を利用した現地実証試験

新型収穫機を導入している中国中山間地域のコントラクターに収穫機の作業記録を依頼し、実際の収穫作業の効率調査を行いました。このコントラクターでは将来、100ha規模の作業請負を想定した機械を導入し、基地ロール体系で収穫・調製作業を行っています（図1-2）。2018年時点の請負面積は約43haとなっています。請負圃場数は約200筆、平均圃場面積約20aと、中山間地特有の多他筆狭小圃場の請負が主であり、圃場も分散しています。また、③で述べたようにワゴンタイプの収穫体系にとって、圃場と飼料基地の距離（＝トラックの運搬時間・距離）が効率的な運用に重要な要素となりますが、トラックの運搬時間が20分を超える地区も含まれません。

2018年度に全収穫期間の収穫効率を調査した結果、半日作業の日も含めて平均で79a/日となりました。平均単収が3.0t/10aと収量が多い地域で、輸送トラックの待

ち時間が少なく効率的な収穫が行えた地域では、平均で91a/日となりました。また、平均単収が1.5t/10aと低収の地区を収穫した時に、最も作業面積が大きく130a/日となりました。なお、2019年度の聞き取り調査では、天候に恵まれ田面が乾いた良好な圃場が多かったため、運搬トラックを圃場内に乗り入れてWCS用稲を積載する日が多くありました。そのため、作業がさらに効率的となり、新型収穫機1台での収穫面積が1.7ha/日となる日もありました。圃場と飼料基地との距離が遠い圃場において作業時間の内訳を調査した結果、収穫効率は、トラブルによる停止や輸送トラックの待ち時間を含めて、20～34分/10aとなりました。トラブル等が無く良好な収穫が可能であれば、13～23分/10a程度で収穫が可能です。その他に、輸送トラックの台数を確保できなかった場合に、輸送トラックを待つ時間が半分を占めることがありました（図1-3圃場H）。また、草丈が85cm程度と低く、ぬかるんだ圃場では草詰まりによる停止時間が1/3程度を占める場合がありました（図1-3圃場B,G）。なお、図1-3の圃場Iにおいては、収量が多く排出回数が増加したことから刈取時間の割合が少なくなりました。多収の圃場については、必要な輸送トラックの台数が増加する可能性があるため注意が必要です。トラックの待ち時間やトラブル時間を除いた作業の内訳では、ワゴンからの排出時間が約2割を占めていたことから、排出装置を改良することで収穫効率を約1割程度上昇しうる可能性が示唆されました（図1-4）。

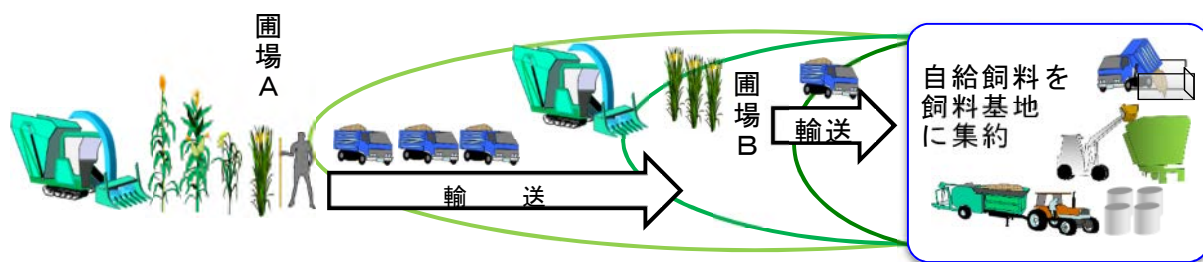


図1-2 WCS用稲を飼料基地で調製する新体系（泥付きなく高品質な飼料生産）

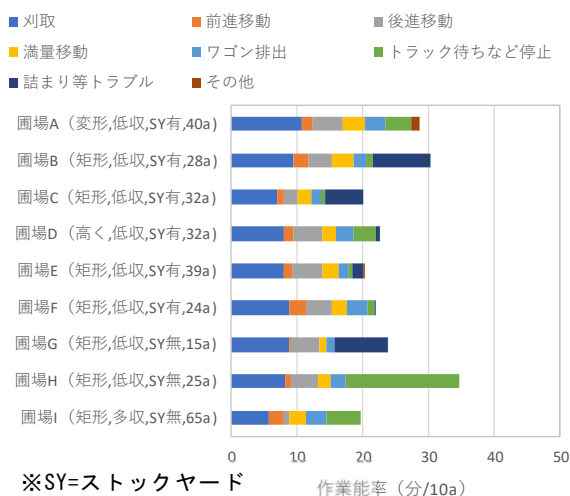


図1-3 圃場条件の異なる圃場内作業の内訳

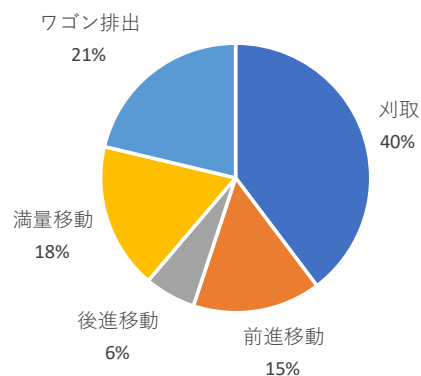


図1-4 トラブル等を除いた圃場内作業の内訳（図1圃場I）

同じく中国中山間地域で自脱コンバインタイプの飼料収穫機（従来収穫機）を使用するコントラクターの収穫作業（慣行体系）についても調査しました。このコントラクターでは、従来飼料収穫機とベールラップ各1台を1組とし、概ね2～3組が近隣の別の圃場で同時に収穫作業をしていました。ロールベールを運搬するベールグラブは、従来収穫機の台数やロールベールの仮置き場までの距離に応じて必要台数を調整し、1～2台が稼働しており、ロールベールの仮置き場から飼料基地までは、大型トラックで運搬しています。なお、従来収穫機よりもベールラップやベールグラブ、トラック積載の作業が遅れる傾向にあるため、従来収穫機のオペレータがベールラップやベールグラブに乗り換えるなど、流動的に作業しています。この慣行体系の作業効率は、従来収穫機1台で概ね60～70a/日でした。

### 3) 新型収穫機を利用した収穫・調製コストの試算結果

現地調査に基づいて、新型収穫機と従来収穫機を利用した収穫・調製コストの試算を行いました。試算にあたって、現状の50haで新型収穫機1台を使用した場合と、100haに規模を拡大して新型収穫機2台で作業した場合、基地ロール体系やバンカー体系についてそれぞれコストの計算をしました（図1-5）。また、③に述べた通り新体系は、圃場から飼料基地までの輸送時間がコストに大きく影響するため、25千円/10aの達成可能な輸送時間を求めました。その結果、50ha規模では目標を達成することが困難であり、100ha規模とした場合、基地ロール体系では片道2分以内、バンカー体系では、片道9分以内で目標コスト25千円/10aの達成可能と試算されました。また、慣行体系の収穫・調製コストは29,112円/10aとなり、目標とする慣行に比べて20%のコスト低減を達成するには、基地ロール体系ではなく、バンカー体系を導入する必要があります。なお、試算にあたって機械導入の補助を加えていないため、補助やトラクタ等の汎用機械について別用途で使用することを勧奨した場合、2,600～5,900円/10a程度生産費が低減すると推測されます。

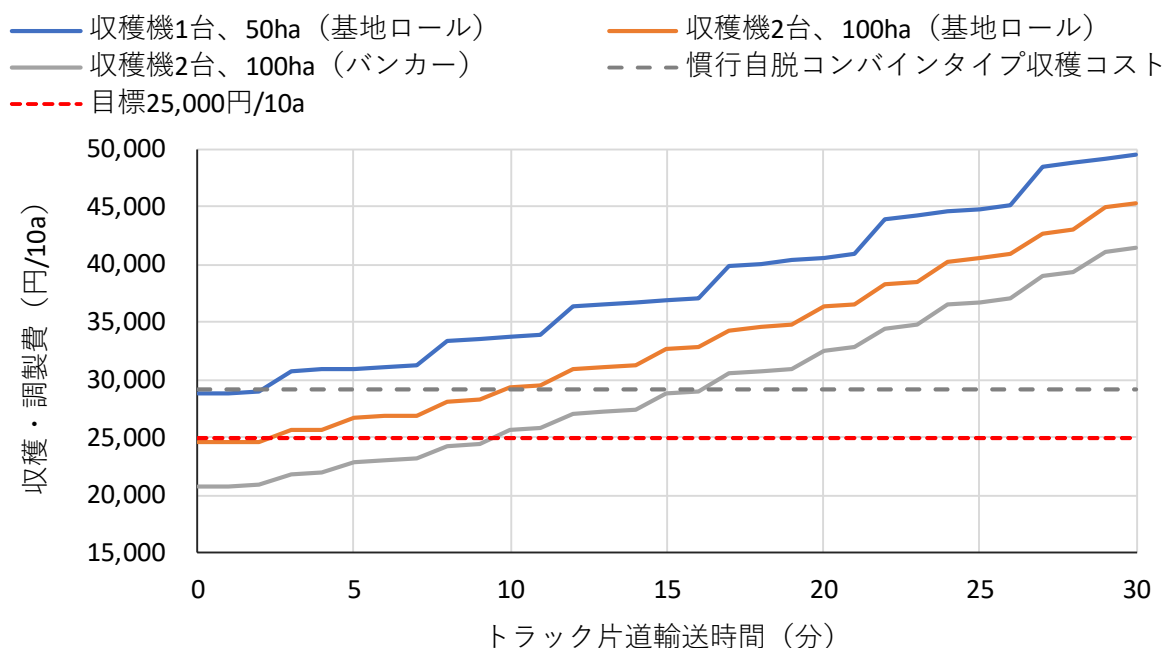


図1-5 輸送トラックの片道輸送時間と収穫・調製コストの関係

#### 4) スtockヤードの設置による遠隔圃場の効率的運用

新型収穫機を利用した新体系を効率的に運用するためには、圃場から飼料基地までを近距離に収めることが重要です。しかし、実際には遠隔圃場においても収穫を行わざるを得ない場面も多くあります。遠隔圃場において、できるだけ効率的な収穫を行う方法として、ストックヤード（仮設的な飼料調製基地およびロールベールの仮置き場）を設置した場合の効果を検証しました。片道25分の遠隔地域において、全体で約10haの地域に対して輸送トラック2台で収穫した場合は、輸送トラックの待ち時間によって収穫の効率が低下し、収穫におよそ23日かかる試算となりました。また、同じ条件で輸送トラックの待ち時間が生じないようにトラック台数を増やした場合、5台の輸送トラックが必要となり、その時の作業日数は12日と試算され、輸送トラックのレンタルに要する費用が膨らむと推測されました。その試算を踏まえ、現地実証試験先において片道約25分の地域に対し、10分以内の場所にストックヤードを実際に設置し、その効果を検証しました。その結果、輸送トラック2台で収穫日数が11日となり、ストックヤードを設置による作業日数の短縮効果を確認しました。一方で、ストックヤードの設置やロールベールの運搬に人手と日数を要したことから、今後、設置時間や運搬方法の見直しを行い、より効率的な運用を目指す必要があります（図1-6）。



図1-6 スtockヤード設置のコスト試算（左）と実際の設置状況（右）

## (2) 開発中の効率的な生産履歴・管理システムについて

### 1) ワゴン重量計、ロール重量計システム

圃場毎の収量の把握やロールベール重量の把握は、生産農家における生産量の把握や次年度以降の生産管理のため、コントラクターにおける地権者やロールベール販売先等との適切な取引のため、また、トレーサビリティの確保のため重要となります。これまで、WCS用稲の収量を圃場毎に把握する方法や、ロールベールの重量を簡易的に一つ一つ測定する方法が確立されていません。一般的には、ロールベールの一部を抜き取り、重量を測定することで全体の収量を推定する方法などが採られています。ワゴン重量測定システムは、収穫機のワゴンから排出される収穫物の重



さの把握が可能で、圃場毎の生産量の把握が可能となります（図1-7）。また、ロール重量計はコンビラップから排出されるロールベール個別の重量測定が可能となり、ロールベール販売先との適切な取引に役立ちます。現地試験において重量計の精度を確認したところ、いずれも目標とする5%以内の誤差であることが確認できました。これら機能について、今後メーカとともに市販機への搭載を検討していく予定です。



図1-7 ワゴン重量測定システム

## 2) トルク計測システムについて

新型収穫機の設計を改良し、より効率的な収穫が可能となるよう、刈取部のトルクをリアルタイムで計測可能なシステムを試作しました（図1-8）。長稈品種で負荷の大きい品種を収穫中のトルクを計測した結果、平均 $460\text{N}\cdot\text{m}$ 、最大で約 $670\text{N}\cdot\text{m}$ となりました。一方で、作業速度を上昇させ、エンジン回転速度が下がるほどの高負荷を加えたときのトルク測定試験では、作業速度の上昇に従ってトルクが上昇し、その後エンジン回転の低下とともにトルクも小さくなり、エンジンの停止直前までトルクリミッターが作動した様子が無かったことから、トルクリミッターの容量を大きくすることで作業性をあげることが困難であると推測されました（図1-9）。得られた知見は、メーカに情報提供し、今後の設計改良に活用する予定です。



図1-8 トルク計測システム

（PROシャフトにひずみゲージを貼付し、発信機でデータロガーへデータを送信）

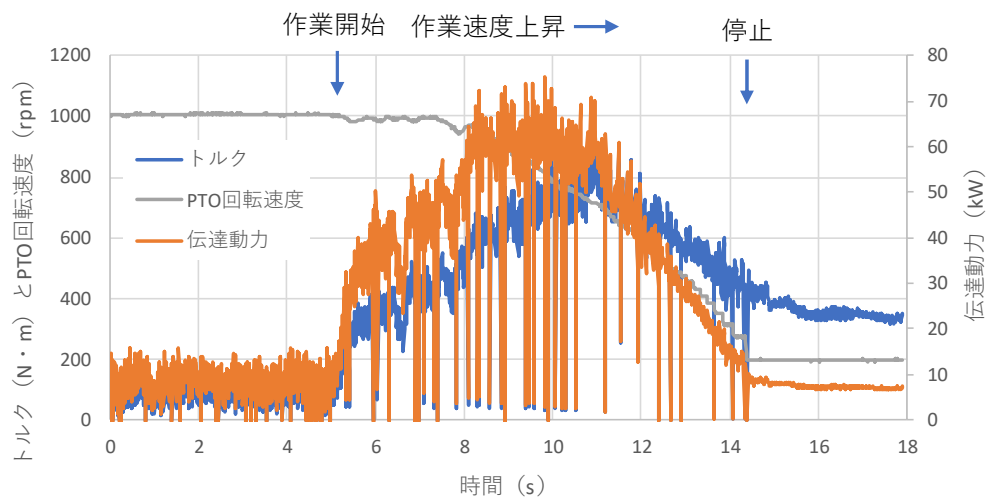


図 1-9 作業速度を上げたときの高負荷試験

参考文献：農研機構、広島県立総合技術研究所畜産技術センター、広島県酪農業協同組合、岡山大学、株式会社タカキタ（2016）画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした 低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/280229WCSmanual\\_1.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/280229WCSmanual_1.pdf)

## 2. ICT を活用した全県規模収穫作業管理支援システムの開発

### (1) 概要

現在、WCS用稲の収穫では、多数のコントラクター（作業受託）による収穫が行われていますが、コントラクターを統括する組織は、コントラクターごとの収穫を行った圃場の特定、収穫実績の集計、および代金支払い処理を行う必要があります。事務処理が膨大です。円滑な飼料生産・流通のために、これらの事務処理を低減することが重要です。

そこで、ICTを活用して、広域で円滑な飼料の生産・流通及び収穫を可能にするシステムを開発しました。作業記録作成はスマートフォンで、現在地付近の作業対象圃場の電子地図を見ることができ、また、現場で忘れないうちに記録することができます。

管理サーバでは、作成された記録を集約した表を作成するだけでなく、地域農業再生協議会からの転作台帳の地名（大字名と地番）から電子地図用の圃場図形データを作成する機能を持ちます。

このシステムで、コントラクターにおける円滑な作業と報告業務の簡素化、速やかな代金精算業務を支援します。

### (2) 全県規模収穫作業管理支援システム

本システムの概要を図2-1に示します。作業記録アプリと管理サーバからなります。管理サーバには、全県の圃場に関する電子地図データを持つ圃場情報サーバと、圃場情報や料金計算に必要な情報が格納されている作業記録サーバに分かれます。

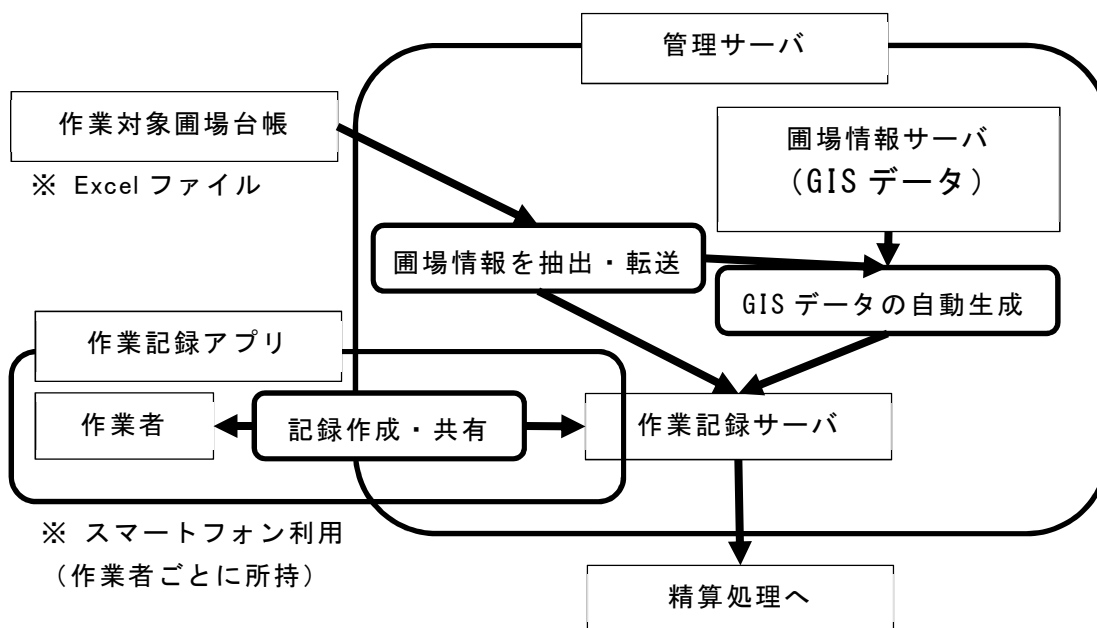


図2-1 システム構成

システム管理者は、収穫作業が始まる前に、インターネットに接続されているパソコンから管理サーバを操作します。まず、地域別作業対象圃場台帳から、作業記録作成に必要な情報を抽出して作業記録サーバに転送します。この際、台帳には電子地図データが無いので、圃場情報サーバを用いて、電子地図データを自動生成します。

作業者は、個々に持つ作業記録作成アプリを用いて、圃場毎の収穫ロール数等といった、

料金計算に必要な記録を作成します。作成された記録は、作業記録サーバに格納されていて、料金計算を行う際に、記録をダウンロードして利用します。

作業記録アプリは、原則として、作業者ごとにスマートフォンを所持して利用することを前提としています。誰が作業を行ったかの情報は、スマートフォンに保存されているユーザ情報から得ているためです。

ユーザ認証にGoogleアカウントを使用しているため、システム管理者、作業者ともに、Googleアカウントの作成が必要です。

### (3) 全県圃場データベースと作業対象圃場地図データ生成機能の開発

水土里ねっと岡山の協力を得て、全県圃場地図データを手に入れ、これをもとに、全県圃場地図データのデータベースを作成しました。このデータベースは、圃場1筆ごとの図形データ、大字名および地番を持っていて、電子地図データの自動生成が可能です。

コントラクターから借り受けたN町の台帳を用いて試験的に自動生成を行いました。N町は以前から再生協議会が作業対象圃場の地図を作成していたので、その地図と比較して正誤を判定したところ、122筆中、正答率は95%でした(表2-1)。

表2-1 作業対象圃場地図データ自動生成結果

成功	完全に一致	100
	番地レベルで特定(*1)	17
失敗	全県圃場地図データに存在しない	2
	番地レベルで特定できない(*2)	3
	計	122

\*1 作業対象圃場一覧表の枝番と全県圃場地図データの枝番とが異なるが、枝番を外すと1対1で対応する

\*2 作業対象圃場一覧表の枝番と全県圃場地図データの枝番とが異なるうえ、全県圃場地図データの枝番が複数あり、1対1に対応しない

### (4) 管理サーバと記録作成ツールの開発

収穫作業実績の自動集計に必要な収穫作業実績データを扱うための管理サーバ(図2-2)は、ブラウザで動作し、次の機能を持ちます。

- 転作台帳を元にしたCSVファイルを受け付け、地名・地番から適切な図形データを自動生成する機能
- 図形データを作図、編集する機能(自動生成に失敗した場合に使用)
- 合筆(台帳上は別圃場であるが実質的には同一圃場とされている)情報を作成する機能

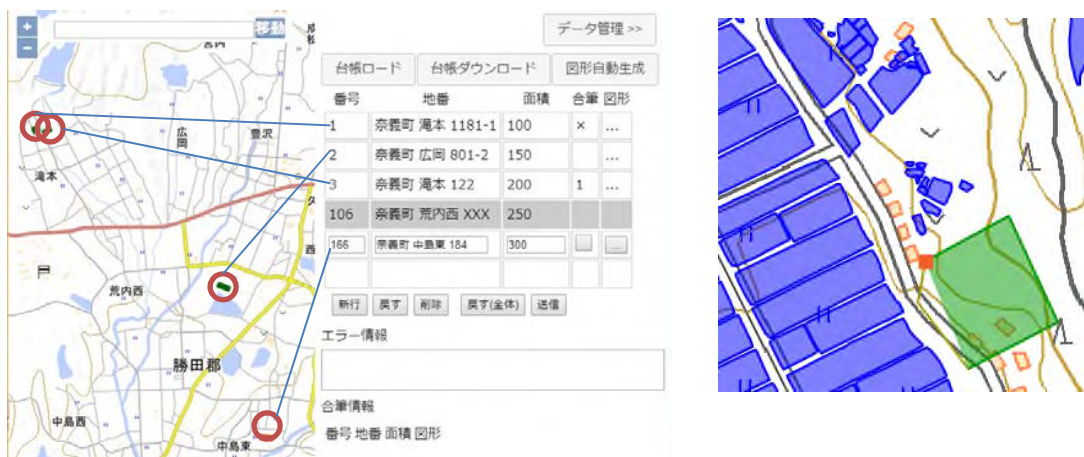


図 2 - 2 管理機能（左：自動生成実行結果、右：図形生成）

記録作成ツールの実行例を図 2 - 3 に示します。このアプリは、ブラウザで動作するので、AndroidやiPhoneといったスマートフォン用ブラウザで動作します（パソコン用ブラウザでも動作します）。

記録作成を行うには電子地図上の作業対象圃場をタップして、ロール数を入力するだけです。なお、作業終了時刻はスマートフォンの時計を使用し、作業情報スマートフォンに保存しているので、これらは自動で入力されます。

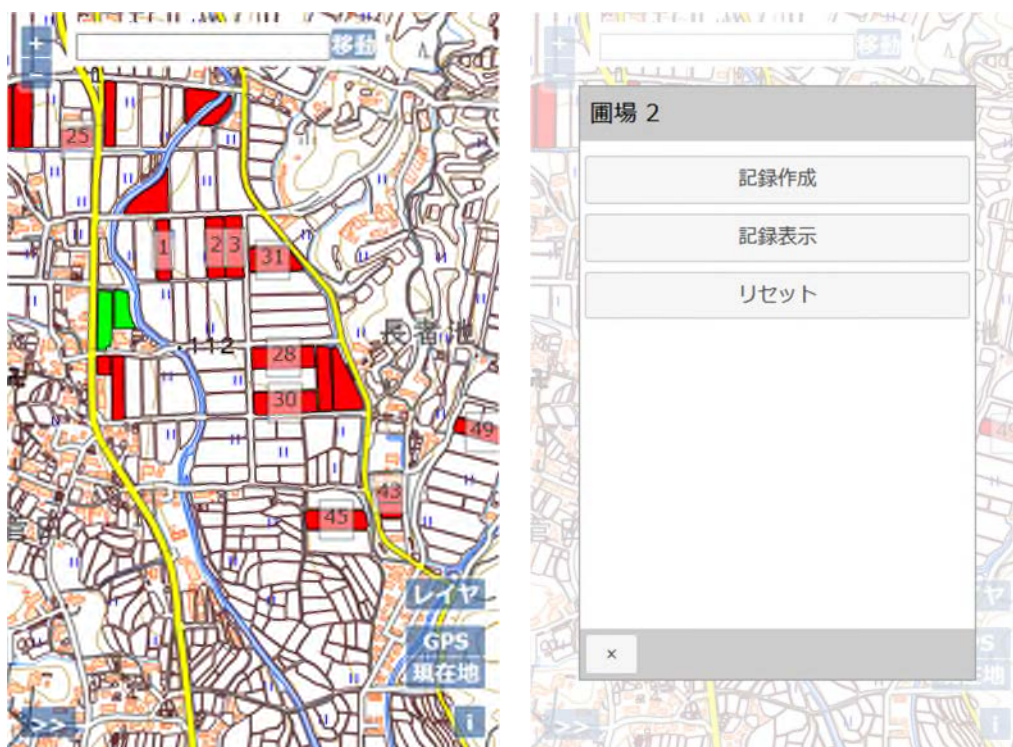


図 2 - 3 記録作成ツール（左：地図表示、右：記録作成）

記録作成ツールには、いくつかの機能を追加しています。

- ・ 当初は、電子地図上の圃場をタップしないと記録作成ができなかったのですが、ごく最近に基盤整備が行われた地域では、圃場情報サーバと現況とで全く異なるので、地図表示ができず、記録作成ができませんでした。そこで、圃場番号に基づく作業記録作成を可能にしました（図 2-4）。
- ・ 記録ごとに使用した収穫機の種類を指定できるようにしました（図 2-5）。使用収穫機によってロール単価が異なるためです。また、他にも記録しなければならないデータ項目があれば追加可能です。



図 2-4 圃場番号入力の場合  
(908番圃場選択)



図 2-5 管理機能での作業機選択肢  
設定と入力時の選択肢

### (5) ダウンロードツール

作成された記録は、ブラウザで表示することができます（図 2-6）。また、「ダウンロード」ボタンを押すと、表示されているのと同じデータをCSV形式でダウンロードできます。

このデータは、圃場ごとに、収穫日、作業者（メールアドレスで表示）、収穫数量、使用機械の各項目のデータが格納されています。合計値の計算等の集計処理や最終的な料金計算はここでは行われません。

yellow.naro@gmail.com 0777

### 記録表示

グループ 岡山  
 プロジェクト 2019 テスト 2019  
 地域 津山  
 作業 収穫

短い形式日  
 見出しを含む  ダウンロード

番号	地番	面積	収穫日	最終更新者	合筆	数量	使用機種
1	津山市 下高倉西	22					
2	津山市 下高倉西	27.8					
3	津山市 下高倉西	27.2					
4	津山市 種	6					
5	津山市 日上	21.5	2019-09-27 13:30:00	tc002.naro@gmail.com		20	汎用型
6	津山市 日上	12.4	2019-09-26 16:30:00	tc002.naro@gmail.com		12	汎用型
7	津山市 日上	28	2019-09-28 13:40:00	tc002.naro@gmail.com		26	汎用型
8	津山市 日上	6	2019-09-27 11:00:00	tc002.naro@gmail.com		4	汎用型
9	津山市 日上	15	2019-09-29 12:30:00	tc002.naro@gmail.com		11	汎用型
10	津山市 大蔵	33.7	2019-11-03 20:21:00	tc001.naro@gmail.com		28	汎用型
11	津山市 東一宮	30.1	2019-10-26 14:50:00	tc002.naro@gmail.com		28	汎用型
12	津山市 東一宮	32.2	2019-10-27 12:10:00	tc002.naro@gmail.com		26	汎用型
13	津山市 下横野	23	2019-10-27 15:24:00	tc002.naro@gmail.com		24	汎用型
14	津山市 東一宮	5.1					
15	津山市 東一宮	10.3	2019-10-28 13:00:00	tc002.naro@gmail.com		11	汎用型

図 2-6 データをダウンロードするソフトウェア  
 (表示データと同じものをCSVでダウンロード可能)

#### (6) ファイル分割・統合ツール

作業対象圃場台帳には、管理サーバで使われる項目（圃場番号、大字ならびに地番）以外の項目（圃場所有者住所氏名等）が多数あり、このデータをそのままサーバに保存することは、情報セキュリティの観点から危険です。

そこで、作業対象圃場台帳からアップロードするデータだけを切り出す機能と、記録作成ツールで作成されたデータ（圃場別の収穫ロール数および使用機材）を作業対象圃場台帳に書き込む機能を持つ「ファイル分割・統合ツール」を開発しました（図 2-7）。本ツールは、Windows (XP以上) で動作します。

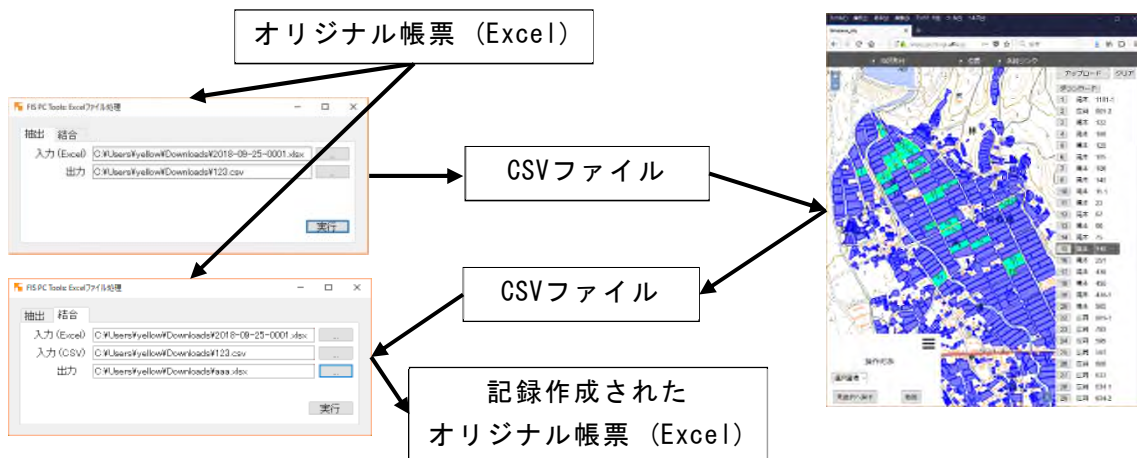


図 2-7 ファイル分割・統合ツール

### 3. 和牛用「たちすずか」TMR給与体系

「たちすずか」WCSを原料に用いた繁殖牛用及び子牛用TMRについて、TMRの品質や繁殖牛の繁殖成績、子牛の発育成績等、実証試験の結果に基づいて、TMR設計の考え方、給与方法、TMR体系の狙いや給与における留意点について解説します。

#### (1) TMR 設計の考え方

今回の実証試験では繁殖牛、子牛ともに「たちすずか」WCSの活用を主眼においてTMR設計を行いました(表3-1、表3-2)。

TMRは、それ単独で牛の栄養を全て充足させる必要があります。そのため、TMRは日本飼養標準に示されている、給与対象となる牛のエネルギー(可消化養分総量)、蛋白、ミネラル、ビタミン要求量を全て満たすことが前提となります。

各栄養成分の要求量は牛の体重や増体量、妊娠や泌乳量などの条件によって異なります。繁殖牛の場合は授乳期(分娩後子牛に授乳する期間)、妊娠末期(分娩前2か月間)及び維持期(授乳期と妊娠末期の間)の順にエネルギーやタンパク質などの要求量が多くなります。特に授乳期にはミルクを作るための栄養が必要になるため、授乳量に比例して要求量が多くなります。このように繁殖牛の養分要求量は繁殖ステージによって大きく異なることから、全てのステージを1種類のTMRで対応することはできません。そこで、今回の実証試験では要求量が最も少ない維持期用のTMRを調製し、妊娠末期や授乳期にはTMR給与量の増量と濃厚飼料の追加給与で対応する給与体系としました。なお、本研究の実証農場では、超早期母子分離のため、周年維持量(TMRとして13kg前後)のTMRを給与し、分娩1ヵ月前～分娩1ヵ月後を目途に、配合飼料1.5kg/日を追加給与しました。

子牛の場合も、日々成長するため養分要求量やバランスは少しずつ変化しますが、子牛用TMRの給与対象となる4～9ヶ月齢において、必要な栄養バランスの変化は比較的小さいことから、この間の平均値を目安にしてTMRを設計しました。また、飼料全体に占める粗飼料の割合については日本飼養標準に指標が示されていないため、経験則から乾物中40%に設定しました。

表3-1 繁殖牛用TMR

		区分	構成
原料 %DM		粗飼料	86.7
		チヌス <sup>®</sup> カWCS	48.7
		その他	38.1
		濃厚飼料	13.3
		穀類・糟糠類	12.3
		ソ	0.5
成分 %DM		タンサンカルシウム	0.5
		乾物	47.6
		可消化養分総量	52.2
		粗タンパク	8.2
		粗脂肪	1.6
		中生デタージェント繊維	45.0
		非繊維性炭水化物	24.6
		カルシウム	0.4
		リン	0.2

表3-2 子牛用TMR

		区分	構成
原料 %DM		粗飼料	40.5
		チヌス <sup>®</sup> カWCS	12.7
		オーツソウ	27.8
		濃厚飼料	59.5
		穀類他	58.8
		ソ	0.4
成分 %DM		タンサンカルシウム	0.2
		乾物	60.0
		可消化養分総量	72.6
		粗タンパク	16.5
		粗脂肪	4.1
		中生デタージェント繊維	38.8
		非繊維性炭水化物	34.0
		カルシウム	0.3
リン	0.4		



## (2) TMR の給与

一般的に、TMRは不断給与が基本です。不断給与の場合、牛は食べたいだけTMRを摂取するので、TMR摂取量は個体ごとの採食能力によって決まります。その場合、泌乳量を追求する乳牛や増体量を求める肥育牛では摂取量が多いほど生産性が高まるため、問題ありませんが、繁殖牛の場合はTMRを要求量よりも過剰に摂取した場合、過肥になり、繁殖障害の原因になる場合があります。そのため、繁殖牛へのTMR給与は不断給与にせず、要求量だけを給与して過剰摂取を防ぎます。実証試験ではこれを利用して、追い込み牛舎の繁殖牛を1日1回、連動スタンションに繋留して、1日分のTMRを給与しました。TMRは粗飼料が比較的細かく切断されるため、同じ量の飼料でも牛の採食速度は速くなり短時間で食べることが可能です。このため、1日量のTMRの摂取に必要な時間は概ね2時間程度でした。

一般的な分離給与と同様に、TMR給与においても繁殖牛の栄養度の観察による飼料給与量の調節が必要です。給与実証では家畜改良センター方式のBCS（ボディコンディションスコア）評価方法により繁殖牛の栄養度を毎月チェックしTMR給与量を加減しました（写真3-1、表3-3）。繁殖牛の過肥は繁殖障害の原因になる可能性があるため、栄養度の観察による給与量の調節は必ず行うようにします。

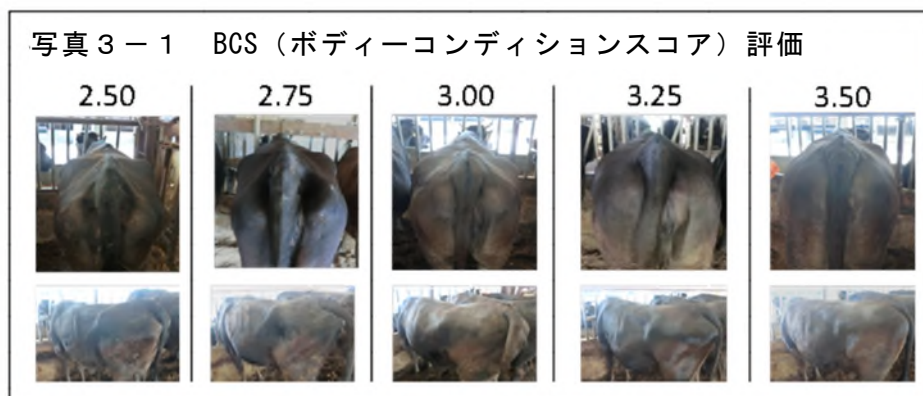


表3-3 繁殖牛の胸囲・BCSの推移

	頭数	胸囲		体表BCS		尾根部BCS	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
周産期外 <sup>※</sup>	258	187	± 6	3.03	± 0.24	3.06	± 0.25
分娩前1ヵ月	40	188	± 7	3.08	± 0.24	3.10	± 0.27
分娩月	32	187	± 8	3.04	± 0.21	3.04	± 0.23
分娩後1ヵ月	34	185	± 7	2.99	± 0.22	3.03	± 0.24

※分娩後2ヵ月～分娩予定2ヵ月前

また、繁殖牛の栄養管理が適切に行えているかを判断する手法として、血液の代謝プロファイルテスト（MPT）があります。MPTでは各種の血液成分値からエネルギーやタンパクの充足状況を推測することができます。実証試験では分娩前後1ヵ月時点の血液を採取し、各種血液成分を調べました。実証の初期において分娩前のエネルギー不足が明らかとなり、妊娠末期の増し飼いを見直しました。その結果、MPTの数値が正常になり栄養の充足を確認できました（表3-4）。

表3-4 繁殖牛の血液性状

検査項目	単位	周産期以外		分娩1ヵ月前		分娩1ヵ月後	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
調査頭数		90		41		34	
TP	g/dl	7.2	± 0.5	6.8	± 0.4	7.8	± 0.6
T-cho	mg/dl	100.6	± 24.5	100.1	± 16.0	98.4	± 22.3
NEFA	mEq/L	0.14	± 0.09	0.31	± 0.19	0.21	± 0.14
GOT	U/L	61	± 14	55	± 8	78	± 41
γ-GTP	U/L	19	± 5	17	± 3	20	± 4
BUN	mg/dl	9.6	± 2.5	11.3	± 2.3	9.5	± 2.4
Ca	mg/dl	9.4	± 0.5	9.2	± 0.5	9.0	± 0.5
IP	mg/dl	6.1	± 1.2	6.2	± 1.1	6.0	± 1.0
Mg	mg/dl	2.3	± 0.2	2.2	± 0.2	2.1	± 0.2
Cu	μg/dl	67	± 12	64	± 10	77	± 14
総ケトン体	μmol/L	-		444	± 314	396	± 206
アセト酢酸	μmol/L	-		12.6	± 22.8	11.8	± 17.2
β-HB	μmol/L	-		431	± 292	384	± 194
血糖	mg/dl	54	± 6	57	± 7	59	± 7
白血球数	/μL	6351	± 1154	6241	± 1234	6165	± 1566
赤血球数	万/μL	781	± 92	683	± 80	739	± 102
Ht	%	38	± 4	34	± 3	36	± 5
乳酸	mg/dl	-		4.4	± 1.9	4.9	± 2.1
アルブミン	g/dl	3.7	± 0.3	3.4	± 0.2	3.3	± 0.4
βカロテン	μg/dl	108	± 59	103	± 75	96	± 76
ビタミンE	μg/dl	574	± 237	491	± 167	487	± 176
ビタミンA	IU/dl	92	± 24	100	± 20	74	± 19
BUN/Glu		0.18	± 0.06	0.20	± 0.05	0.17	± 0.05

繁殖牛に対するTMR給与は、繁殖成績を良好な状態にすることが目的になります。繁殖成績は栄養条件だけでなく人工繁殖の手技の適否など、他の要因にも大きく左右されることから、判断が難しい点もありますが、新たにTMR体系を導入する場合は、それ以前の繁殖成績と比較することが最も分かりやすい方法です。繁殖成績に関しては初回発情日数や人工授精回数など様々な指標がありますが、経営上最も重要なのは分娩間隔であり、空胎日数を如何に短くするかがポイントになります。実証試験における分娩間隔は取りまとめ時点では381日と1年1産を達成できていませんが、上述の給与改善や繁殖手技の改善を行い、繁殖成績は徐々に改善しています（表3-5）。

表3-5 繁殖成績

	平均値	SD
頭数	37*	
分娩前	6	
受胎牛	25	
妊娠鑑定待ち	6	
受胎率 % (妊娠頭数/授精回数)	47.1	
受胎時月齢	54.8 ± 16.7	
分娩後初回授精日数	51.9 ± 12.1	
空胎日数	91.2 ± 34.3	
受胎に要した授精回数	2.1 ± 0.9	

\*調査牛のうち5頭は転出・事故により除外

一方、子牛へのTMR給与は不断給与とします。子牛の飼料摂取量は個体差が大きく、一律の給与量にすると特に発育能力が高く飼料要求量が多い個体では飼料が不足します。また、群飼育の場合、強い個体がTMRを独占し、弱い個体に行き渡らない場合も生じます。不断給与すると飼槽にはいつでもTMRがある状態であるため、1日何回給与しても基本的に摂取量は変わりません（図3-1）。そのため、実証試験では子牛へのTMR給与は1日1回給与としました。その場合、子牛の成長とともにTMR摂取量が増加するので、飼槽が空になる時間が長くなるようにTMR給与量を増やす必要があるのが注意が必要です。1日1回給与する時刻を午後に設定しておく、日中に飼槽の状況を確認するのに便利です。実証試験における子牛のTMR摂取量の推移や発育状況は図表のとおり、良好な成績が得られています（図3-2）。

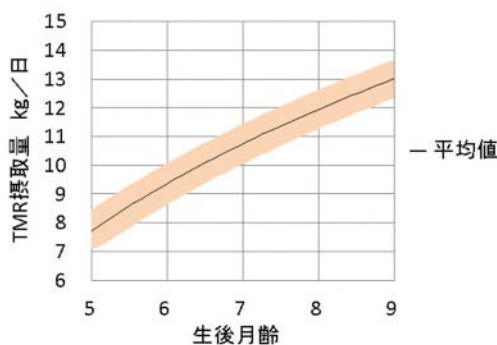


図3-1 実証子牛のTMR摂取量

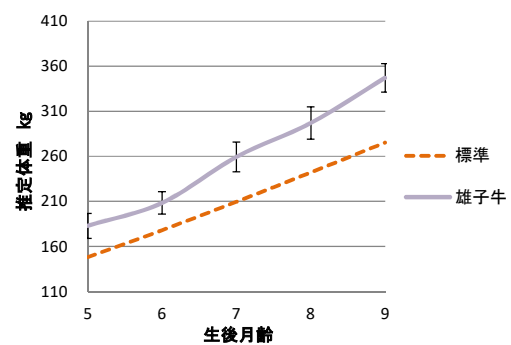


図3-2 実証子牛の推定体重（雄子）

子牛も繁殖牛と同様に、血液性状を用いて栄養状態を評価することができます。子牛のMPTについては、まだ情報が少なく手探りの状態ですが、繁殖牛と同じようにエネルギーやタンパクの充足状況を一定程度推測することができます。実証試験では子牛の発育段階毎に採血を行い血液成分値により良好な栄養状態であることを確認しました（表3-6）。

また、子牛の健康状態を把握する上で重要視されるのが糞便の状態です（表3-7、写真3-2）。子牛は成牛と比較して下痢しやすく、畜主は細心の注意を払って下痢の予防や治療を行

います。従来の分離給与体系において、最も多いのは濃厚飼料過多による下痢です。その経験から、TMR体系に移行した場合でも、不断給与には抵抗感が強い方が多いようです。TMRは濃厚飼料と粗飼料を混合した飼料であるため、濃厚飼料単独よりも下痢を起こしにくいですが、一気に固め食いした場合はTMRでも下痢する個体が生じます。重要なのは子牛が早く不断給与に順応して、一気に固め食いせずに1日かけて少しずつ飼料摂取する習慣を身に付けることです。子牛は飼料を制限すればするほど固め食いが激しくなるので、なるべく早く不断給与に移行するのがコツです。

表3-6 子牛の血液性状

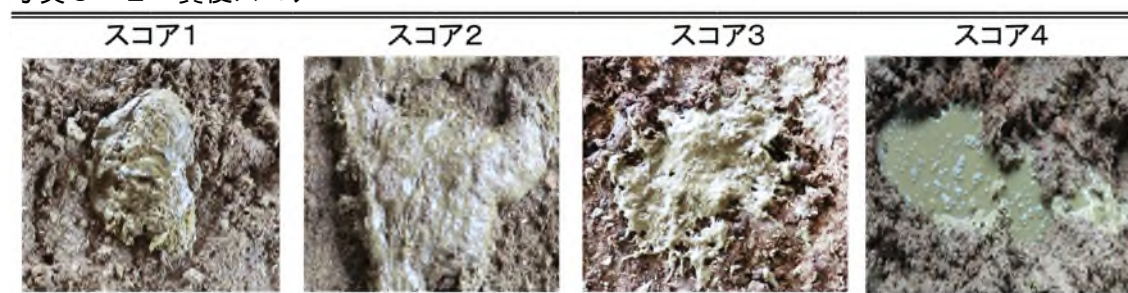
子牛の月齢	検査項目	単位	5~6ヶ月齢		8~9ヶ月齢	
			平均値	SD	平均値	SD
		頭数	36		30	
	TP	g/dl	6.4 ± 0.3		6.4 ± 0.3	
	T-cho	mg/dl	93.7 ± 18.7		124.2 ± 30.1	
	NEFA	mEq/L	0.14 ± 0.09		0.11 ± 0.04	
	GOT	U/L	100.3 ± 40.0		64.7 ± 22.4	
	γ-GTP	U/L	22.3 ± 6.3		17.4 ± 3.7	
	BUN	mg/dl	13.6 ± 3.5		15.4 ± 4.3	
	Ca	mg/dl	10.1 ± 0.4		10.0 ± 0.4	
	IP	mg/dl	8.7 ± 0.8		8.4 ± 1.1	
	Mg	mg/dl	2.3 ± 0.2		2.2 ± 0.3	
	血糖	mg/dl	84.3 ± 10.3		79.2 ± 7.1	
	白血球数	/μL	9221 ± 2079		9775 ± 3127	
	赤血球数	万/μL	876 ± 75		865 ± 96	
	Hb	%	11.3 ± 0.9		11.5 ± 1.4	
	Ht	%	32.6 ± 3.3		33.5 ± 3.9	
	アルブミン	g/dl	3.3 ± 0.2		3.3 ± 0.4	
	βカロテン	μg/dl	42.6 ± 47.8		70.3 ± 43.6	
	ビタミンE	μg/dl	116 ± 50		259 ± 100	
	ビタミンA	IU/dl	73.7 ± 39.7		81.3 ± 39.6	

表3-7 実証試験子牛の糞便スコア

スコア	割合 (%)	備考
1	56	正常便
2	17	軟便
3	19	泥状便
4	8	水様便

検体数：218

写真3-2 糞便スコア



### (3) TMR 体系の狙いと給与における留意点

TMR体系の導入には次の4つの狙いがあります。

1つ目は利用的な栄養バランスの実現です。TMRは幾つかの飼料原料を組合せることで、牛が必要な栄養をバランスよく給与することができます。例えば、単体ではエネルギーが多く、蛋白が少ないため繁殖牛に給与しにくいイネWCSでも、他の原料との組合せで栄養バランスを整えて給与することができます。

2つ目はアシドーシスの予防です。TMRは粗飼料を細かく刻んで濃厚飼料と混合し、牛が選り食いでできない飼料です。そのため、特に濃厚飼料の過剰摂取によるアシドーシスを防ぐことができます。これにより飼料給与量を増やす場合のトラブルが少なくなり、牛の管理が容易になります。

3つ目は競争や競合の軽減です。TMRを不断給与すると、牛の採食行動が変化しそれまで飼料給与直後に集中していた採食行動が別の時間帯にも分散し、競争が少なくなります。また、TMRはどの部分を食べても同じ内容であるため、強い牛が栄養価の高い濃厚飼料を独占し、他の牛が喰い負けるようなことはありません。そのため、群飼育における発育のバラツキを軽減し斉一化を図ることができます。

4つ目は1日1回給与による省力化です。発酵TMRは乳酸発酵により保存性が付与されるため、飼槽に給与した後の変敗を防ぐことができます(表3-8)。その特徴を生かして、1日1回給与が可能なのです。飼料の1日1回給与が可能になれば労働時間の大半を占めている飼料給与時間が大幅に短縮され、他作業の充実や経営規模拡大などに有利です。但し、発酵TMRの発酵が充分でない場合は飼槽の中で発熱し変敗する場合がありますので注意が必要です。発酵TMRの利用にあたっては、発酵期間に留意して、止む無く未熟な発酵TMRを使用する場合は1日2回給与にする必要があります。

発酵 TMR は水分を 40~50%含む飼料であるため、腐敗やカビの発生などによる品質の低下に留意が必要です。腐敗やカビの主な原因は、包装資材の破れや穴です。包装資材に穴が開くと、そこから TMR 内部に空気が侵入し、それまで窒息状態であったカビや酵母等の微生物が息を吹き返して増殖してしまうのです。そのため、発酵 TMR を取り扱う際は包装資材を破らないよう細心の注意を払って作業します。適切に管理した発酵 TMR は、発酵品質が良好で、悪い微生物やカビ毒の基準値をクリアすることができます。

表 3-8 TMRの発酵品質 (原物中%)

調査項目	繁殖牛用	子牛用
検体数	39	41
pH	4.24	4.30
乳酸	2.54	2.87
酢酸	0.74	1.16
酪酸	0.00	0.00
プロピオン酸	0.01	0.00
エタノール	0.68	0.36
プロパノール	0.29	0.51
スクロース	0.00	0.00
グルコース	0.21	0.47
フルクトース	0.12	0.79
カビ発生率 (%) ※	0.01未満	0.01未満
廃棄率 (%)	0.01未満	0.01未満
二次変敗	無	無
嗜好性	良好	良好

※目視で確認したTMR中のカビ発生状況

この冊子は、革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）「水田里山の畜産利用による中山間高収益営農モデルの開発」の課題3「地域飼料資源の効率的収穫調製・利用システムの開発、及び高収益肉用牛経営モデルの確立」で得られた研究成果を取りまとめたものです。

2020年1月

#### 執筆者一覧

#### 章節

1. 農研機構 九州沖縄農業研究センター 高橋仁康  
農研機構 西日本農業研究センター 岡田俊輔
2. 農研機構 農業技術革新工学研究センター 寺元郁博
3. 広島県立総合技術研究所畜産技術センター 末永晋一、河野幸雄、福馬敬紘

#### 問い合わせ先

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
西日本農業研究センター 地域戦略部研究推進室広報チーム  
〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1 Tel. 084-923-5385



WESTERN REGION AGRICULTURAL RESEARCH CENTER, NARO  
Fukuyama, Hiroshima 721-8514, Japan