

**BULLETIN
OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION**

Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku
No.101, March 2003

独立行政法人 農業技術研究機構

**東北農業研究センター
研究報告**



独立行政法人 農業技術研究機構

東北農業研究センター

岩手県盛岡市

**National Agricultural Research Center
for Tohoku Region**

National Agricultural Research Organization
Morioka, Iwate 020-0198, Japan

本誌から転載・複製する場合は当研究
センターの許可を得てください。

東北農業研究センター研究報告 第101号

所長 杉 信 賢 一

編集委員会

編集委員長	八 卷	正					
編集委員	上 原	泰 樹		川 上 秀 和			
	榊 原	充 隆		山 守 田 誠			
	住 田	弘 一		門 田 育 生			
	由 比	進		平 尾 雄 二			

BULLETIN OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION

No.101

Director General
Kenichi SUGINOBU

Editorial Board

Editor
Tadashi YAMAKI

Associate Editors

Yasuki UEHARA	Hidekazu KAWAKAMI
Mitsutaka SAKAKIBARA	Makoto YAMAMORI
Hirokazu SUMIDA	Ikuo KADOTA
Susumu YUI	Yiji HIRAO

東北農業研究センター研究報告 第 101 号 (平成 15 年 3 月)

目 次

現地試験研究プロジェクトの方法上の課題

－地域総合研究「超省力水稲直播栽培を基幹とした寒冷地大規模生産システムの開発」
を事例として－

宮 武 恭 一…………… 1 - 21

バンカーサイロ作業の自動化を基幹とした自給粗飼料生産利用技術の確立に関する研究

矢 治 幸 夫…………… 23 - 65

BULLETIN OF THE
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR TOHOKU REGION
No.101 (March 2003)

CONTENTS

MIYATAKE, K :
Methodological Issues of On-Farm Experiment Project 1 - 21

YAJI, Y :
Studies on the Mechanization of Domestic Roughage Production and
Utilization using an Automatic Silage Loading and Unloading Device
for Bunker Silos 23 - 65

現地試験研究プロジェクトの方法上の課題

－地域総合研究「超省力水稲直播栽培を基幹とした
寒冷地大規模生産システムの開発」を事例として－

宮 武 恭 一 *1)

抄 録：農業試験研究機関では、現地実証型の研究プロジェクトが盛んに行われているが、その課題設計や試験方法については、従来より、多くの問題が提起されてきた。そこで、東北農業試験場が1993年から97年に実施した地域総合研究「超省力水稲直播栽培を基幹とした寒冷地大規模生産システムの開発」を事例として、ファーミング・システムズ・アプローチの実行プロセスや住民参加の理論を援用しつつ、現地実証型の研究プロジェクトを進める上での問題点と今後の研究方法について検討した。

当プロジェクトは、噴頭回転式広幅散布機を用いた寒冷地における大規模直播稲作システムを開発、実証して、新政策の描く望ましい経営体を技術的に裏付けることを契機として開始されたが、課題設計や現地選定段階でのフィージビリティスタディーの不十分さから、この大規模直播稲作システムと現地における担い手像との間には大きなズレが生じた。このため山形県遊佐町での試験研究は、営農システムそのものの現地実証という形ではなく、①農家が主体となった「直播研究会」における試験栽培の中で問題点が絞り込まれるのを研究者が彼らと経験を共有しながら解析し、②それらの問題に対応するための技術を提供するとともに、③こうした問題解析や技術改良を直播栽培普及のために東北管内へと発信するという形で実施された。また、④それと併行した経営調査により、ワンマンファームにおける補助労働軽減のために直播栽培が導入されるという形へ営農システムも練り直された。

本稿では、以上のような研究アプローチの転換を振り返りつつ、現地実証型の研究プロジェクトをさらに推進するためには、プロジェクトの立ち上げ段階での現地診断の徹底と農家の参加を重視する現地試験研究への転換が必要となることを明らかにした。

キーワード：現地試験研究, ファーミングシステム, 参加型アプローチ, 経営的評価, 直播稲作

Methodological Issues of On-Farm Experiment Project :

Case study of the Development of a direct Seeded Rice Farming System in Tohoku National Agricultural Experiment Station : Kyouichi MIYATAKE *1)

Abstract : Recently, national agricultural research institutes have been engaged in on-farm experiment research projects, but sometimes researchers are faced with methodological problems. Between 1993 and 1997, Tohoku National Agricultural Experiment Station carried out one such on-farm experiment project to develop a new technology package for direct seeding of rice.

At first, the project was intended for large scale farming systems based on national agricultural policy and it was tested on a farm in YUZA town, Yamagata prefecture. However, it did not meet the needs of farmers on the research site. On the other hand, farmers were attempting to develop their own direct seeding systems from technology available to various scale farms, especially one man operating farms.

Project researchers cooperated with the study group of these farmers, analyzed farmers' problems, found their needs and provided new technologies for them. Based on these experiments, Project researchers added new research subjects, modified their technologies and extended improved technologies to Tohoku region.

This paper reviews the project as a participatory approach and makes some suggestions for upgrading our on-farm experiment project.

Key Words : On-farm Experiment, Farming systems, Participatory approach, Feasibility study, Direct seeding of rice

* 1) 現・中央農業総合研究センター, 北陸研究センター (Hokuriku Research Center, National Agricultural Research Center, Jyoetsu Nigata, 943-0193, Japan).

2001年3月19日受付, 2002年6月20日受理

I. はじめに

1. 現地試験研究プロジェクトの推進

ガット・ウルグアイラウンド合意などを契機に、我が国農業の体質強化を急ぐため、研究蓄積の迅速な農業現場への投入が要請される情勢になった。これを踏まえ、キーテクノロジー開発の場を農業現場に移して、都道府県の試験研究や技術普及関係者及び農業者に公開しつつ、総合的な完成と普及をはかることを目標とした「地域総合」研究が、平成5年度予算から開始されるなど(三輪 1996)、国立試験研究機関においては、技術そのものの開発だけでなく試験研究成果の営農現場への移転を促進するために、研究成果を体系化し、農家の現場で実証することに力点を置いた現地実証型のプロジェクトが取り組まれてきた*2)。

これまでも我が国においては、「営農試験地事業」をはじめ、「機械化実験集落」、「総合実験農場」など、農業者の営む現実の農業経営の場において、農業者と研究者・普及者との共同によって、新しい技術を中心とした体系化技術の実証とその経営評価を行う研究プロジェクトに全国的に取り組んだ長い歴史*3)がある。こうした現地実証型の研究プロジェクトは、海外から得られた新しい技術やトラクタなどの省力技術を現地農家の経営の場を借りて試験・実証することを目的とし、①個々の技術の相互規制や農家全体としての生産レベル向上を確認するため、技術の組み立てや体系化が意識される、②設計→実施→問題抽出→評価(→改良)といった試行錯誤を行う、③大規模機械化のための技術体系確立など行政の「アンテナショップ」機能を持つといった特徴を持っており、営農現場における体系技術の開発と普及、農業経営の改善に寄与するなど多くの成果を上げてきた。

しかし、その一方で、現地実証試験を担当した研究者から、多くの問題点が指摘されていることを忘れてはならない。それらの問題点の中には、1992年に行われた総合研究に関する問題別レビュー(諸

岡 1996)で指摘されたような学会での評価、柔軟なチーム編成、予算的措置などの制度上の問題だけでなく、その推進方法や手順の未確立など、研究的に詰めるべき問題が含まれることは重要である。

2. 問題の所在

営農試験地事業に取り組んだ児玉(1968)は、技術体系化研究の問題として「研究者は真剣に研究成果の組立に努力する。そこで組立のために自分の専門分野に何が必要かを痛感する。しかしその結果出来上がったものは一つの組立の試行であって、農家のものにはなりにくい」と問題提起を行い、それを救う方法の一つとして「農業技術研究の発想を農家の現場に求め、それを科学とし、技術として結実した事例の方が、基礎理論による発想によるものよりはるかに多かった」ことを指摘して、技術調査の例数を積み上げることを提案している。

農作業研究についてのレビューを行った池田(1973)は、「農作業研究の目的が抽象的には労働負担の軽減、作業性の向上、作業コストの軽減、生産物の品質向上などを満たす技術体系を作ることであるが、こうした与件だけで、研究目標を設定することには疑問がある。技術開発を行う場合にも、まず story があり、具体的には農家の場をふまえて立てなければならない」とし、また、そこに経営研究との接点を探っている。

さらに、池田は行政の強力な要請によって体系化研究は今や花盛りとしながら、「行政側からいえば技術体系を組み立てるための素材研究の成果は多少あるではないか、試験場内でやるより農家の庭先で組み立てた方が早い、といった安易な形で組立試験が行われている例が多い。本来は、技術者の場での組立研究や作業研究の成果を受けて農家での事業試験が行われるという形が望ましいのであるが、個々の部分技術のつめもなく、いきなり零から出発し、試行錯誤している。しかも、それが試験場の場でなく農家の場で性急に行われるところに問題がある」と指摘し、こうした傾向を「悪しき現場主義」と呼び、「生体実験」の感さえあるとしている。

* 2) 1996年からはじめた第二期の東北農業試験場の「地域総合」研究では、農家との情報ネットワークの活用をキーポイントとした早期警戒システムなど新技術体系の現地実証型以外のプロジェクトも行われている。

* 3) こうした現地実証試験については小泉(1990a, 1990b)が、「総合研究」の視点からは西尾(1999)がレビューを行っている。また、農業機械化実験集落設置事業については松原ら(1996)、営農試験地事業及び総合実験農場については中村(1990)などを参照のこと。

その上で、組立試験や体系化研究のあるべき姿として、「農家の実体を明らかにし、目的意識での農家とのずれをできる限りなくした上で、技術者の場での体系化組立試験を行うべきである。その場合、技術体系が、そのままの形で農家に導入されたり、定着したりしなくても、そのような意識でとらえた技術研究の成果は、現実の農家にあった形で入っていくであろうし、現に定着している」と提起している。

中島（1996）は、農業研究センターの第Ⅰ・Ⅱ期のプロジェクト研究チームの取り組みを振り返って、対象とする課題が適切に設定され、先行する調査や実験によってその問題についての攻め口が明瞭となっていたプロジェクト研究第2チームが、連作障害診断システムの開発において、これまでにない成果を上げたのに対して、「多くの研究チームにおいては、研究チームのテーマが、概して大きすぎた。真に打破すべき隘路が何かを詰め切れなかった」と反省している。

3. 課題と方法

以上の指摘は、大きく二つの問題に集約できるように思われる。第1は、現地実証試験を立ち上げる際の設計に関わる問題である。目的が抽象的すぎる、農家の場を踏まえたストーリーがまずあるべき、攻め口を明瞭に絞り込み、農家との目的意識のズレをなくすことが重要といった現地実証型の研究プロジェクトの課題設計に対する指摘に関しては、近年の地域総合研究においても変わっていない。笹倉（1997）は、「はじめに技術ありき」からの出発は、試験場技術の現地での上手な再現に終始し、展示圃・実証圃と何等変わらないものとなる。ニーズが乏しい中での技術の経営的評価や地域システム構築は机上の空論に過ぎなくなる。（地域総合研究の）目標達成には、地域ニーズを踏まえた技術や論理の提起が重要である」と整理している。また、関野（1997）は、「現場のニーズをどう見つけ、課題に結びつけるか、研究着手時におけるターゲットの明確化が特に重要であり、現場のニーズを把握し、技術開発方向やその内容について技術研究者と経営研究者の両者の検討によって課題化するシステムが必要」としている。これらの指摘は、課題設定と経営研究・経営評価との関係をどう考えるかが、現地試験研究を進める上でのポイントになることを示している。

本稿では、これらの問題に対して、近年、FSRE

(Farming Systems Research and Extension) として紹介されている海外での現地試験研究プロジェクトにおける研究アプローチ（コールドウェルら1993, Caldwell 1994）に注目する。FSREは、自分たちの生産条件と目的に一致しない、一方的に「売り込まれる」技術に対して農家が拒絶反応を示したり、取り入れてみて失敗してやめたりといった経験に基づいている。そして、技術は試験場のみで創れるものではないということを前提として、農家の営む農業体系の把握と解析を行う「診断」、現地試験の課題を選定して設計する「設計」、農家の圃場でその実際の条件の下で農家とともに試験を行なって評価する「試験」、そして試験で検証できた技術を普及するための最終的な準備である「普及」という4段階の手法を採用している。その実行プロセスは、「地域総合」の課題設定のあり方を検討する上で有効なフレームになると考えられる。

一方、第2の問題は、試験方法に関する問題である。農家が技術体系をいかに受け入れるか、あるいは受け入れ可能かといった視点を欠いて、技術体系の実証のみを強調した現地試験を行うことに対しては、大きな危惧がもたれている。技術者の場での実験・研究による十分な技術的な詰めもなく、経営の場を借りて試行錯誤をやってみるといったやり方に対しては、「悪しき現場主義」であるという反省が行われている。むしろ、現場で組み立てられた技術体系はそのまま入るのではなく、現実の農家に合った形で入っていくのであり、技術調査の例数を積み上げ、農業技術研究の発想を農家の現場に求める方が有効と指摘されている。

本稿では、こうした試験方法に関して、農家とともに試験研究を進めるという視点から、農村計画研究における住民参加についての門間の研究成果（門間1996）に注目したい。門間は、住民参加を人々の多種多様な能力、意見を統合するとともに、行政機関ならびに住民らの相互理解によって合意形成が促進され、人々が責任を持って行政にかかわることができ、参加プロセスを通じて共同体メンバーの新しい価値・行動規範が生み出されることから評価している。そして、住民参加は、創造活動や意思決定、対外交渉にかかわる住民組織を核として進められ、①課題解決に対して的確な意思決定ができるよう関連情報を迅速に提供すること、②参加活動による改善効果を認識させること、③参加メンバーに不利益

や批判が集まらないようにすること、④社会問題に積極的に参加するような教育システム、⑤住民が自主的に活動できる場の設定、⑥二者択一ではなく、できる限り多数の代替案を提供することによって促進されるとしている。これらの指摘は、現地試験研究における農家と試験場との関わりにおいても、有効と思われる。

そこで以下では、FSREと住民参加という二つの概念を踏まえつつ、東北農業試験場で行われた現地実証型の研究プロジェクトのうち、水稻湛水直播技術をキーテクノロジーとして現地圃場での体系化を行うという典型的な「技術体系先行型現地実証試験(後述)」をめざした地域総合研究「超省力水稻直播栽培を基幹とした寒冷地大規模生産システムの開発」を事例に(伊澤ら1997, MIYATAKE1998, 東北農試編1998)、①課題の立ち上げから現地での試験開始までのプロセスの見直し、②現地における試験研究の取り組みと研究者の関わりについて、それぞれ検討した上で、③その反省に立って、現地試験研究プロジェクトを進める上での問題点を整理し、今後の研究の方法について検討したい。

II. 地域総合プロジェクトの立ち上げ

1. プロジェクトの課題化

農林水産技術会議事務局では、研究成果の活用が十分に進んでいないという認識と、「新しい食料・農業・農村政策の方向(1992年6月)」が出されるのに対応するという観点から、プロジェクト研究「地域総合」が企画された(当初は「地域大型共同研究」と仮称された)。このプロジェクト研究の特徴は、「行政機関との連絡協力のもとに国立農業試験研究機関の研究者が地域に入り、現地との共同と同時に異なる専門・部門の研究者の総合力を発揮して、これまでの研究蓄積、研究成果等に基づく現地規模での実証研究を行うことにある。また、21世紀を展望した最先端農林業技術、評価手法等の開発をおこない、これらを通じて行政施策への反映、新たな研究課題へのフィードバック等を推進する」こととされ、研究成果の営農現場への普及と行政的なニーズに応じて、21世紀を展望することを目的とした現地実証試験に取り組むことが、各試験研究機関に指示された(技術会議事務局1992年4月20日付事務連絡)。

この中で、東北農業試験場では寒冷地における大

規模生産システムの構築が求められたことから、その第1の柱として大規模水田農業システムの開発をめざすこととし、大区画圃場整備事業の進展に対応した作業技術体系の確立という問題意識から開発を進め、その前年に研究成果として発表されていた噴頭回転式広幅散布機(図1および表1)を用いた水稻湛水直播栽培をキーテクノロジーとして取り上げることになった。噴頭回転式広幅散布機は、ハイクリアランスの走行台車に自動回転する動力散布機を搭載し、コーティング粉を大型送風機によって地上4~5mの高さに吹き上げて、ばら撒きするものである。代かき後落水され羊糞状に仕上げられた圃場では10mm前後の深さに播種することができる。また、①最大播種幅は50m、作業能率は大区画水田で15~20分/haと極めて高く、②台車の最低地上高が650mmと高いことから、立毛中の稲をまたいで、水稻生育期間中の化成肥料、薬剤(微粒剤)などの散布にも使用できるといった作業面での特徴をもち、1台で1シーズンに約50haにも及ぶ播種作業を可能にする大規模技術である(今園1991, 矢治ら1998)。

また、水稻直播栽培については、酸素発生剤コーティングによる湛水土壤中直播法により直播栽培の寒冷地への適用性が増したこと、農家取り組みやすい背負式動力散粒機による散播方式が開発されたこと、新たな湛水直播用除草剤や直播栽培に適した比較的食味の良い水稻新品種が登場したことなど、いくつもの技術改良が行われ、北陸などの先進地では湛水土壤中直播法が普及へとすすむ兆候がみられた。さらに、稲作農業における低コスト技術の本命として行政的な後押しも期待できた。

こうした諸点を踏まえて、東北農業試験場では「噴頭回転式広幅散布機」をキーテクノロジーとした水稻湛水直播技術体系の現地実証を行うプロジェクトを「超省力水稻直播栽培技術を基幹とする寒冷地大規模生産システムの確立」として課題化した(表2)。その計画書においては「……(今後は)農地流動化は急速に進むと見込まれること、大区画圃場整備を契機に集落ごとに中核的担い手を核とする50ha規模の生産組合の組織化が計画されていること等から、土地利用型作物を柱とする大型機械体系による集落ぐるみの低コスト営農の確立が期待される。なお、所得目標は農業専従者一人当たり500万円、二人当たり1,000万円である(「地域総合」研

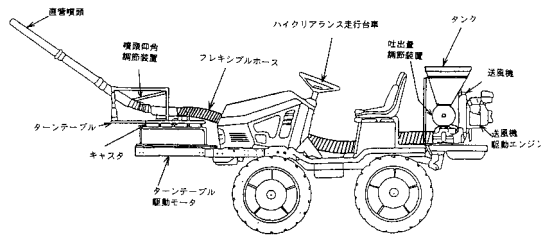


図1 噴頭回転式広幅散布機の概要
注. 研究成果シリーズ 354 より引用

表1 噴頭回転式広幅散布機主要諸元

全長	5,380 mm (噴頭 1,900 含)
全幅	1,310 mm
全高	1,920 mm
最低地上高	650 mm
全重	730 kg (台車 600 kg 含)
送風機	遠心一段式吸込式 35 m ² /m
送風機駆動エンジン	空冷2サイクルガソリンエンジン 最大出力 8 PS
繰り出し部	DC モータ駆動ロータリーバルブ
噴頭揺動方式	DC モータダイレクトドライブ

注. 研究成果シリーズ 354 より引用

究計画書, 1992年4月30日)」と現地実証試験が対象とする農業地域の目標が規定された。

このように、東北農業試験場の現地試験研究プロジェクトは、技術会議のイニシアチブによって開始され、研究成果を営農現場に技術移転するという観点から新たに開発された噴頭回転式広幅散布機をキーテクノロジーとして、21世紀を展望した寒冷地大規模直播稲作技術体系を構想するとともに、新政策のいう「望ましい経営体」を技術的に裏付けるものであった。

2. 現地決定プロセスでの混乱

農業試験場における現地実証試験をレビューした小泉(1990b)は、現地実証試験のあり方として、研究成果のなかの革新的基幹技術(キーテクノロジー)を核に技術体系を組み立て、その実証を目的とする「技術体系先行型現地実証試験」と、代表的な地域を対象に、開発されている技術のうち何を基幹技術として組み立てシステム化するかを確定し、その実証を目的とする「地域先行型現地実証試験」とを区分する必要があるとしている。また、当プロジェク

表2 「超省力水稲直播栽培を基幹とした寒冷地大規模生産システムの開発」課題一覧

1. 平坦水田地域における農業構造の解明と水稲直播技術体系の評価
(1) 地域農業構造の解明と稲作経営の展開方向
ア. 地域農業動向・稲作経営構造の現状分析
イ. 地域における稲作作業体系の特質解明と当該技術体系の事前評価
ウ. 平坦水田地域における稲作経営体の展開方向と地域農業支援システムの確立
(2) 超省力水稲直播技術を基幹とする生産システムの定着条件の解明
ア. 寒冷地における超省力水稲直播栽培技術体系の経営的評価
イ. 新技術体系を基幹とする大規模稲作生産システムの定着条件の解明
2. 寒冷地における直播栽培用水稲品種・系統の選定
(1) 寒冷地に適した直播栽培用育成系統の選定
(2) 寒冷地に適した直播用品種の選定
3. 大区画圃場における高能率生産・管理技術の開発
(1) 大区画圃場における噴頭回転式広幅散布機の利用技術の向上
ア. 噴頭回転式広幅散布機の改良による播種精度の向上と汎用利用技術の開発
イ. 直播用種子の予措・造粒技術の効率化
ウ. 大区画圃場における効率的施肥技術の開発
エ. 噴頭回転式広幅散布機を利用した病・虫害防除技術の開発
オ. 噴頭回転式広幅散布機を利用した雑草防除技術の開発
(2) 大区画圃場における土壌管理技術の改善
ア. 大区画圃場における均平技術の向上
イ. 大区画圃場直播に適した耕うん・整地技術の確立
(3) 大区画圃場における水管理合理化技術の開発
ア. 大区画圃場における水管理方式の解明
イ. 大区画圃場における水管理の自動化
(4) 超省力水稲直播栽培技術の体系化
ア. 大規模水稲直播栽培における作業計画支援システムの開発
イ. 大区画圃場における水稲直播栽培技術の体系化
(5) 水稲直播栽培における阻害要因の軽減・防止技術の開発
(6) 畦畔雑草管理の省力化
4. 寒冷地における超低コスト水稲直播栽培技術の標準化

注. プロジェクト発足時の課題一覧である。検討過程での課題構成については伊澤ら3)を参照。

トのような「技術体系先行型現地実証試験」においては、実証対象地域がその技術体系が普及・定着するであろう諸条件の整理を踏まえて決定されることが重要としている。

東北農業試験場においても、経営研究の立場からは、典型的な「技術体系先行型現地実証試験」として課題化された当プロジェクトを実施するにあたって、「対象とする市町村の選定がヤマ」との判断がなされ、「①その県の代表的な水田地帯にあって、②大規模水田農業への取り組みが確実にある地域を中心に、その地域内にいくつか注目すべき動きがあって、③首長および実務担当者の理解と協力が得られて、④なんらかの補助事業が実施されているところ。(中略)⑤なお、しっかりした振興計画をもっていること、JAと行政との関係が円滑でかつ、JAに指導体制が確立していることが望ましい。(森川元農村計画部長メモ、1992年4月)」という選定基準が提示された。そして、当時、大区画基盤整備を契機に、50ha規模の集落営農の取り組みが始まろうとしていた岩手県石鳥谷町の新堀地区を念頭に現地選定が開始された。

ところが、①気象条件の厳しい岩手県においては直播栽培での苗立ちの確保が難しいと判断したこと、②本プロジェクトでは、現地実証試験を「国県共同」プロジェクトなどを通じて県との連携の下で実施することが重要な要件となったが^{*4)}、岩手県では流体播種機を用いた芽出し初め条播をキーテクとした技術体系の開発を進めており、噴頭回転式広幅散布機をキーテクに採用した本プロジェクトとは整合が取れなかったことから、石鳥谷町は候補地から外され、現地選定は振り出しに戻ることになった(東北地域農業研究推進会議企画部会、1992年11月)。

一方、噴頭回転式広幅散布機については、大区画圃場整備事業との関わりで、山形県立農業試験場が、地域重要新技術課題「大区画汎用水田における高能率用排水管理技術と大型機械体系対応の農道整備技術の開発(1992～94年)」において取り上げ、大

区画・管排水路・農道ターン・地下灌漑といった条件を備えた山形県遊佐町のモデル整備圃場で、この機械を用いた実証試験を行っていた^{*5)}。さらに、山形県農政部との折衝を経て、山形県立農業試験場との共同研究受け入れへの同意が得られた。そこで、東北農業試験場では、大区画圃場を念頭に開発された噴頭回転式広幅散布機をキーテクとした大規模生産システムの実証が可能と判断し、現地の普及センター、土地改良事務所の了解を得て、1993年春に山形県遊佐町のN集落を現地実証地域に決定した。

庄内地方の北端に位置する遊佐町は、水稻の1戸当たり平均作付面積は2.4ha、水稻単収は640kg(1997年)という稲作中心の地域であり、気候的にも直播栽培の適地にあたる。また、1986年から開始された大区画圃場整備は、1996年には山形県下で4,109haに及んでいたが(1ha区画以上に限ると1998年で2,989ha)、遊佐町は、酒田市、鶴岡市と並んで、その先進地区となっていた。さらに、21世紀型水田農業モデル圃場整備事業に伴い現地実証試験を引き受けていたN集落では、プロジェクトの開始直後に行われたアンケート調査において「5年後農業をやっている」と回答した人が農業従事者の約5割に過ぎなかった。これらのことから、経営研究の部門からも、現地実証地域では、現在の農業従事者世代の加齢と基盤整備の進展とともに農地流動化が一気に進み、従来の家族経営の形態が見直され、50ha規模の生産組合あるいは集落営農が成立する可能性があるとの判断が出された。

しかし、プロジェクトの正式発足が年度途中の1993年10月となったこともあり、山形県立農業試験場による直播作業に合わせて初めて現地圃場視察が行われたのは1993年5月、現地で直播栽培を実施している農家、JA、役場との初会合がもたれたのは1993年9月であり、現地選定のための十分な農業実態や経営概況の把握はスケジュール的に困難であった。

特に、経営研究に関しては、現地実証地域として想定していた石鳥谷町が急遽変更になったことに加

* 4) 「地域総合」に対応した県での取り組みは1994年度から「地域基幹」としてプロジェクト化され、水稻直播に関しては、青森、岩手、宮城の3県による「やませ常襲地帯における水稻低コスト安定栽培技術」と、山形、秋田、福島、新潟の4県による「水稻湛水直播を基幹とした寒冷地安定多収技術」が東北農業試験場との連携の下で実施された。

* 5) 東北農業試験場では、先行する山形県立農業試験場の現地実証試験に協力する形で、1992年から、噴頭回転式広幅散布機による播種、カイトプレーンによる苗立ちや生育状況についての空撮を実施していた。

え、構造変化の遅れた東北地域の稲作経営では稠密な栽培管理によって多収をねらう傾向が強いという認識から、直播を導入した粗放的な営農システムに疑念がもたれていたこともあって、プロジェクトへの参加研究室が決まらず、ようやく1993年12月になって、臨時に「経営研究グループ」を組織して、前述のような現地試験実施集落でのアンケート調査を実施するという状況であった。

このため、その後、現地での打ち合わせや調査が進むにつれ、当プロジェクトの想定する営農システムと遊佐町の農業振興計画が描く担い手像とは大きく異なることが、徐々に明らかになった。つまり、農業振興計画が描く担い手像は、水稲7ha＋複合部門を営営する家族経営を中核としたものであり、N集落において21世紀型水田農業モデル圃場整備事業の導入にともなって担い手とされた6戸の農家の経営内容も町の計画に準じたものであった。さらに、N集落での直播栽培の現地試験は、この担い手のうちの1戸であり、土地改良区の集落代表であるK氏が、後述のようなねらいで個別経営の圃場の一部1.2haを供して取り組んだものである。このように、N集落の農家や現地の関係機関の描く担い手像と50ha規模の生産組合を組織化して集落ぐるみの低コスト営農をめざすといった、当プロジェクトが想定した直播技術体系・営農システムの間には、大きなズレが生じていた。このため、経営研究に関しては、当プロジェクトが進行する中で、改めて現地の農業情勢や経営実態を調査し、後付的に直播栽培を取り入れた農業展開のストーリーを練り直すという作業が行われることになった。

3. フィージビリティスタディーとしての「診断」の必要性

こうした経過をたどった当プロジェクトの立ち上げをFSREのアプローチ（コールドウェルら1993、Caldwell 1994）と比較すると、その混乱の原因がより明確になる。FSREのアプローチにおける課題「設計」では、①解決すべき問題の広がり、②問題の重要性・深刻さ、③問題解決の可能性、④解決策を農家が受容する可能性、⑤関係機関の協力や政策変更の必要性などから解決すべき問題のプライオリティーを決定する。そして、プライオリティーの高い問題や制約の共通した農家をドメインと呼ぶ類型として把握する。当プロジェクトにおいても、当初、課題化された寒冷地大規模直播技術体系を現地圃場

でいかに試験するかという観点から、これに準じた選定基準が考えられたが、結局、③問題解決の可能性＝キーテクが開発されている、⑤関係機関の協力や政策変更の必要性＝県との連携が可能という点が優先され、その他の点は後回しになった。

これら後回しになった①解決すべき問題の広がり、②問題の重要性・深刻さ、④解決策を農家が受容する可能性について把握するには、いずれもFSREのアプローチで「診断」と呼ぶ営農現場における農業体系の特徴や制約についての調査が必要である。本プロジェクトは、営農現場において技術体系を「試験」することを重視して開始されたが、その試験を設計するために営農現場の条件を「診断」することは、プロジェクトの立ち上げの重要な1プロセスとして備わっていなかった。

しかし、現地における自然条件・技術条件下で開発技術の可能性を検討するだけでなく、それを営農システムとして農業経営体が導入する可能性まで検討する場合には、気候条件や圃場条件に基づいて現地選定を行うこと以上に、社会経済条件に基づく現地選定が行われるか否かが重要になる*6)。このため、「地域総合」がめざしたような現地実証型の試験研究を円滑に進めるためには、FSREでいう「診断」をプロジェクトの開始前に、フィージビリティスタディーとして行い、プロジェクトに参加する研究者、現地の農家や関係機関が問題解決に向けて認識を共有するプロセスを備えることが必要なのではなかろうか。

Ⅲ．現地における試験の経過

1. 遊佐町における直播栽培への取り組み状況と「直播研究会」の活動

先にも述べたように、当プロジェクトが現地として選定した遊佐町では、大区画・管排水路・農道ターン・地下灌漑を取り入れたモデル圃場が整備されたが、その大区画基盤整備事業に伴う新技術導入として、東北農業試験場が開発した噴頭回転式広幅散布機を用いた直播技術の現地実証が、山形農業試験場を中心とした地域重要新技術課題「大区画汎用水田における高能率用排水管理技術と大型機械体系対応の農道整備技術の開発（1992～94年）」の一環として実施されることになった。

これを契機として、遊佐町では1992年に直播栽培が開始されたが、その後、同町の水稲直播は年を

追うごとにその規模を拡大してきた(表3)。これを、現地の取り組みという面からみると、直播栽培に取り組む農家の任意組織である遊佐町「直播研究会」が、酸素発生剤コーティングの共同作業、技術交流、情報伝達などの活動の中心となっており、その活動内容は以下のような発展段階を経て展開してきた(表4)。

1) 第一段階：現地試験研究の開始

1992年、前出のN集落のK氏が山形県立農業試験場庄内支場、酒田普及センター、庄内みどり農協の支援を得て、大区画モデル圃場で直播を開始した。直播を開始するにあたっては、①酸素発生剤や直播用除草剤など直播固有の資材はJAが調達する、②コーティングについては山形県立農業試験場庄内支場で講習を受けたJA営農指導員が庄内経済連から機械を借りて実施する、③播種については東北農業試験場機械利用研究室が噴頭回転式広幅散布機で実施するなど、移植と全く異なる作業については関係

機関が指導・実施した。しかし、④播種方式や⑤品種^{*7)}については、データ蓄積があり関係機関の薦めた「はなの舞」の条播ではなく、省力性の大きさや販売の観点から「どまんなか」の散播を経営主が決定した。⑥施肥設計についても、元肥は関係機関と検討したが、追肥は圃場条件、生育状況をみて経営主が決定するなど、栽培管理については農家自身による意思決定が行われた。さらに、⑦収量補償はしないというように、直播栽培の導入にあたっては試験場や関係機関の助言を得つつも、自主的な取り組みとして行われ、自己の意思決定で栽培することが基本であった。

2) 第二段階：「直播研究会」の発足

1992年、実証圃場において移植を上回る成果があったことから、1993年には、直播をやってみようという農家7人が、共同でコーティングを行うことを契機に、任意の研究会である「直播研究会」を設立した。会長はK氏であり、研究会の設立と運営に関してはJA担当者が事務局として大きな役割をはたした。栽培に関しては、圃場条件、品種、播種方法^{*8)}、播種日、水管理、追肥の量など、メンバー各々の圃場条件や技術の特徴によって、多様な試みが行われた(表5)。このため、この年は冷害年であり平均単収は350kgにとどまったが、生育状況や

表3 遊佐町における直播栽培の取り組み

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
直播導入農家数(戸)	1	7	11	16	16	12
直播栽培面積(a)	140	476	670	1,260	1,630	1,350
直播実証圃単収(kg)	540	360	573	410	521	580
参考：町平均単収(kg)	589	553	624	562	641	624

注. 町平均反収については、作物統計より引用。

表4 遊佐町直播研究会の活動の発展経過

第I段階	92年	直播試験の開始と、試験場、普及所、農協による支援 ①資材の調達、②カルパーコーティング、③直播作業 ④播種方式、⑤品種の決定、⑥施肥設計 ⑦収量補償はしない原則でスタート	→ 関係機関が指導・実施 → 農家自身による意志決定 → 農家の自主的な取り組み
第II段階	93・94年	7人の農家による直播研究会の発足と試行錯誤 ①自己の意志決定で栽培方法を決定 (多様な技術的、経営的条件を反映) ②お互いの圃場の巡回 (基盤条件や栽培管理の違いによる差) ③翌年の栽培方法についての検討と 耕種基準(マニュアル)の作成	→ 多様な栽培方法、比較対照区 ↓ → 試験結果についての情報交換 ↓ → ノウハウの蓄積と活用 (1994年の大豊作)
第III段階	95年以降	農家主導による技術体系の開発と普及 ①直播栽培の先輩農家による後輩農家への助言 ②農家の注文による作溝試験、除草剤試験 ③農家による条播機の作成や 無コーティング芽出し直播への挑戦	→ 農家間の技術移転(注) → 試験設計へのフィードバック → 自力での直播栽培試験

注. 99年には山形県により「直播名人」として制度化された。

* 6) なお、50～60ha規模での直播技術体系の現地実証に関しては、当プロジェクト終了後の1997年より、福島県が県庁、普及、農業試験場の強力な連携のもとに会津高田町で事業を始めており(農林水産省・福島県1999)、大区画基盤整備を契機とした集落営農と直播栽培の導入が75ha→96ha→103haと進むなど、現地の条件によっては導入の可能性が生まれている。

* 7) 山形県では当初、直播向け品種として早生の「はなの舞」が推奨されたが、その後、より市場評価の高い「はえぬき」「どまんなか」が直播に用いられるようになった。これらの品種は苗立ち、耐倒伏性に優れており、山形県における直播の普及に大きく貢献した。しかし、対象地域である遊佐町は北部秋田県境に位置することから、中晩生である「はえぬき」の栽培には不安定さが見込まれるため、「どまんなか」が主として採用されている。

単収はさまざまであり、こうしたお互いの圃場を見て回った経験は、研究会においてノウハウとして蓄積された。これらの経験は、メンバーの栽培に活かされ、天候にも恵まれた1994年には573 kgもの単収を実現させるとともに、JAが中心となって新しく直播を始める人へのマニュアルにまとめられ、関係機関の試験データや手引きとともに配布されることとなった。

3) 第三段階：普及・定着に向けて

1995年には機械メーカーが条播式直播の実演機を持ち込んだこと、1996年には遊佐町でも直播を転作にカウントすることになったことから、「直播研究会」のメンバーが増加した。このように年を追うごとに新しいメンバーが加わってきたため、この段階では直播研究会は「1年生と5年生が一緒に勉強している」ような状況になってきた。そうした中で直播栽培の先輩農家が後輩農家に助言をするなど、農家間の技術移転が進みつつある。また、経験を積んだ農家は、指導機関などからの説明を一方向的に聞くだけでなく、研究会を通じて普及・研究機関やメーカーに自らの経験に基づいて質問をしたり、提案をすることを重視するようになってきている。さらに、メンバーの一部は、先進事例を視察したり、自分達で市販の播種機を田植機走行部に装着した条播機械を試作するなど、新たな挑戦^{*9)}も始まっている。

以上のように遊佐町における直播栽培への取り組みは、「21世紀型水田農業モデルほ場整備事業」を

契機に始まったが、農協や普及センターのコーディネートの下で、しだいに農家が自主性を発揮する形に発展しながら試験栽培や普及が進んできた。そうした中で、東北農業試験場は山形県立農業試験場の試験を引き継ぎつつ、以下のような形で営農現場における直播栽培の特性解析と部分技術の現地試験を農家と共同で実施してきた（宮武 1999a, 東北農試総研部 1997）。

2. 東北農業試験場の取り組みと直播栽培の経過

当初、本プロジェクトにおいては、「大区画圃場における高能率生産・管理技術の開発」というテーマの下に、土壌管理から、播種、防除、水管理まで含んだ、稲作技術体系を網羅する形で個別研究課題がエントリーされ、フルセットの技術体系の開発と実証試験が営農現場において実施される予定であった。このため東北農業試験場では、1993年10月のプロジェクト発足と前後して、坪刈調査への参加などを通じて現地圃場の条件を調査するとともに、現地への試験要素の持ち込みについて、現地試験農家、JA、町役場などを加えた会合を繰り返し続けた。しかし、直播栽培が行われていた現地実証圃が借り上げ圃場ではなく、前述のような合意の下で農家の経営している圃場であること、集落営農への取り組みもみられないこと等から、現地圃場への試験要素の持ち込みは大きく制約されてしまった。

こうしたことに加え、研究予算が予算要求時点より大幅に縮小したことから、1993年6月に行われた東北農業試験場の内部検討会では、「東北農業試

表5 遊佐町で試験された技術体系（1992～）

	試験場の当初計画 (山形農試1992)	実際に試験された体系 担当農家K氏の意向を反映	直播研究会の他のメンバー
水 稲 品 種	まいひめ、花の舞	どまんなか	どまんなか、ひとめぼれ
播 種 量	4 kg/10a	4 kg/10a	2.8～5.8 kg/10a
カ ル パ ー	8 kg/10a	6～8 kg/10a	0～8 kg/10a
播 種 方 式	噴頭回転式広幅散布機	噴頭回転式広幅散布機 背負式動散	背負式動散 条播機（注1）
播種後の水管理	数日間干した後、浅水で管理	数日間干した後、浅水で管理	大部分は指導どおり 一部は自己流で管理
元 肥	移植の2/3	Nで4 kg/10a（注2）	Nで2～5.2 kg/10a
除 草 剤	2回体系	1～2回	0～2回

注1. 農協で自作したもの、およびデモ機で実施

注2. 移植栽培では、Nで5.2 kg/10aを施肥

* 8) 山形県立農業試験場が1996年に行った調査（山形県立農業試験場 1997）によると、山形県下の直播栽培のうち70%が背負式動力散布機、18%が田植機型条播機による直播となっており、湛水散布方式を中心に普及が進みつつある。現地実証試験では東北農業試験場が開発した「噴頭回転式広幅散布機」が導入されたが、遊佐町の一般農家では背負式動力散布機と田植機型条播機を用いた直播栽培が行われている。

* 9) K氏は1998年から直播栽培を全面積に拡大するとともに、無コーティング芽出し粉の散播栽培にも取り組んでいる。また、2000年には打ち込み点播機が遊佐町のJAによって導入された。

験場は基本的な部分を、山形県立農業試験場は現場対応的な部分を」担当してはどうか、「データ収集は山形県立農業試験場というのでは東北農業試験場の研究になるか」といった取り組み方についての議論が行われた。

FSREにおいては、だれが試験を設計し、管理するかに注目して、現地試験を On-farm 試験と On-plot 試験に分ける考え方がある(表6)。On-plot 試験は、研究者が圃場を借り上げて自ら管理して行う(Aタイプ)もので、開発された技術を現地の自然条件、実際の営農規模で実証するという意義がある。一方、On-farm 試験は、開発された技術を農家に管理してもらって試験したり(Bタイプ)、農家が試験設計にまで関与する(Cタイプ)もので、農家が直面している制約や農家の嗜好を試験に反映させるとともに、研究者が農家と共通の経験をしつつ、現地試験をモニターしたり、農家に助言することを通じて、より実践的な技術をめざす参加型の試験方法である。また、農家の技術を研究者が再試験し、その有効性を確認することも(Dタイプ)、広義の On-farm 試験と考えられる。

東北農業試験場で行われた当時の検討会でも、①現地圃場を管理する農家に直播用の機械・資材等を提供し、その作業経過・結果のデータに対する考察を研究の柱とする(On-farm 試験)、農家の理解が得られる範囲で、作業の中に試験の要素を組み込んでもらいたい、②現地で小さな試験区を設け、いくつか条件を組み合わせる試験を行いたい(On-plot 試験)、日常の管理は農家をお願いしたい(こうした要素試験は、1994年から大曲の場内圃場で実施された)、③原則として試験は場内のみで行うので、現地には観察情報を求めに行く程度といった様々な現地との関わり方が検討された(東北農試編1998)。こうした検討の結果、当初計画で目標とされていた50～60ha規模での直播技術体系の現地実証については実施されないこととなり、東北農業試験場としての取り組みは、現地では総合研究チームを中心に①キーテクノロジーである噴頭回転式広幅散布機を

用いた播種作業試験を農家が管理する1.2haの試験圃場で進めるとともに、②そこでの直播水稻の生育状況を研究者が調査し直播栽培の特性解析を進める、③現地に導入できなかった部分技術は場内での試験で補うという内容で進めることになった。これに伴い、当初計画された技術体系に盛り込まれていた新要素技術の多くは現地試験から省かれることになった。その一方、農家圃場における直播栽培の生育調査を続ける中で、苗立ち不良や倒伏など現地で直面した問題を解析し、その対策として必要な部分技術を提供するなど、現地からの要請に応える形で、徐々に試験栽培に新たな技術要素を加えた。その経過を年次別に整理すると以下のようであった(表7)。

1993年：百年に一度といわれた大冷害に見まわれたこの年、直播栽培は350kg程度の単収を確保し、「直播研究会」のメンバーは逆に直播への自信を深めた。しかし、大区画化された圃場においては、種籾の不均一な落下と気象条件の厳しさから、非常に大きな生育ムラが発生した。これに対し、1993年10月からスタートした「地域総合」プロジェクトでは、坪刈り調査と航空写真撮影による大区画圃場の生育分析によって、生育ムラの原因を明らかにした。また、直播栽培された米が2等米に格付けされたことから、「直播研究会」からは、直播栽培した米の品質についての調査が希望された。

1994年：この年から、生育期間中の現地試験農家の圃場内への立ち入りが可能になったため、東北農業試験場では1.2ha圃場の120地点について、田面の均平度、土壌硬度、苗立ち～収穫までの生育状況などを測定するメッシュ調査(図2)を行った。また、直播栽培された米の食味検査を開始した。

この年は気象条件に恵まれ、生育は極めて順調であったが、単収は550kgにとどまった。メッシュ調査によると、これは苗立ち不足地点の収量が伸びなかったことによるものであり、深水表面滞水による苗立ち不足が誘因となっていることが示された。また、苗立ち不足に関して「直播研究会」からは、カルガモによる食害が指摘された。

1995年：メッシュ調査の指摘を受けて、耕起前にトラクタ・キャリアを用いて圃場均平度の改善を行うとともに(大区画圃場整備後の不等沈下の測定と予防策については、山形県立農業試験場が課題化した)、播種機の改良によって播種密度の精度をアッ

表6 現地試験のタイプ

	タイプA	タイプB	タイプC	タイプD
試験の設計者	研究者	研究者	農家	農家
試験の管理者	研究者	農家	農家	研究者
	On-plot 試験	On-farm 試験		

表7 遊佐町における直播現地試験の主な経過

年次	現地の動向	生育概況 品種：どまんなか	改善を要した点	現地の要請を受け開始した試験
1993年	<ul style="list-style-type: none"> 「地域総合」プロジェクトスタート 現地圃場での試験は山形農試が実施 遊佐町直播研究会の立ち上げ 	茎数 (本/m ²) 6月10日 121本 7月10日 766本 出穂 8月25日 倒伏程度 0 直播単収 350kg (移植平均 553kg) 等級 2等	<ul style="list-style-type: none"> 播種精度の低さ 生育ムラの発生 米質の低下 	<ul style="list-style-type: none"> 空撮による生育解析 メッシュ調査試行 (坪刈中心)
1994年	<ul style="list-style-type: none"> 基盤整備の完了 本換地 試験圃場の移動 	茎数 (本/m ²) 6月10日 163本 7月10日 381本 出穂 8月7日 倒伏程度 0 直播単収 550kg (移植平均 636kg) 等級 1等	<ul style="list-style-type: none"> 表面滞水による生育不良 カルガモによる食害 	<ul style="list-style-type: none"> メッシュ調査開始 作業日誌分析開始 直播稲の食味試験 大区画圃場の不等沈下 (山形農試)
1995年	<ul style="list-style-type: none"> 暗渠施工 整地キャリアによる圃場均平を実施 	茎数 (本/m ²) 6月10日 100本 7月10日 670本 出穂 8月13日 倒伏程度 2 直播単収 421kg (移植平均 527kg) 等級 2等	<ul style="list-style-type: none"> 倒伏による減収 品質の低下 	<ul style="list-style-type: none"> 播種機の改良 鳥類観察の開始 倒伏モデルの開発
1996年	<ul style="list-style-type: none"> 直播面積の15%を転作カウント 倒伏防止のため元肥を減肥 	茎数 (本/m ²) 6月10日 70本 7月10日 543本 出穂 8月18日 倒伏程度 0~1 直播単収 521kg (移植平均 615kg) 等級 1等	<ul style="list-style-type: none"> 低温による苗立不良 出穂の遅れ アメリカアゼナの増加 	<ul style="list-style-type: none"> 倒伏対策としての播種前作溝法および打ち込み点播機の導入 アゼナの分布と除草剤抵抗性調査
1997年	<ul style="list-style-type: none"> 直播栽培による餌米の生産 生産調整の強化 米価の大幅下落 	茎数 (本/m ²) 6月10日 160本 7月10日 706本 出穂 8月10日 倒伏程度 1 直播単収 580kg (移植平均 621kg) 等級 1等	<ul style="list-style-type: none"> 除草剤体系の見直し 気象の年次変動への対応 直播用品種の販売対策 →残された課題 	<ul style="list-style-type: none"> 直播用早生品種 奥羽360号の採用

注. 東北農業試験場編『地域先導技術総合研究の記録』(1998)より引用加工。

ブした。また、森林総合研究所から鳥類生態の専門家の併任を得て、初期生育時の鳥類調査を実施した。この年は、十分な有効茎数を得たが、8月下旬以降の長雨により、挫折型倒伏が発生し、単収は421kgまで下落した(移植においても不作年であった)。メッシュ調査の結果から倒伏の要因が解析され、桿長、土壌硬度、播種深度、地上部の生育量などを変数とする倒伏モデルが作成された(農林水産技術会議2000)。

1996年：前年の倒伏による被害への対応として、苗立ちの改善と倒伏防止を目的に播種前作溝の試験を行った。直播圃場では、苗立ちの安定化のために、播種後3日~1週間は落水管理が奨励されているが、特に排水の悪い圃場については、代かき後、播種前にトラクタ車輪の轍を利用して排水溝を作溝し、表面滞水の排水を行う播種前作溝が試みられ、

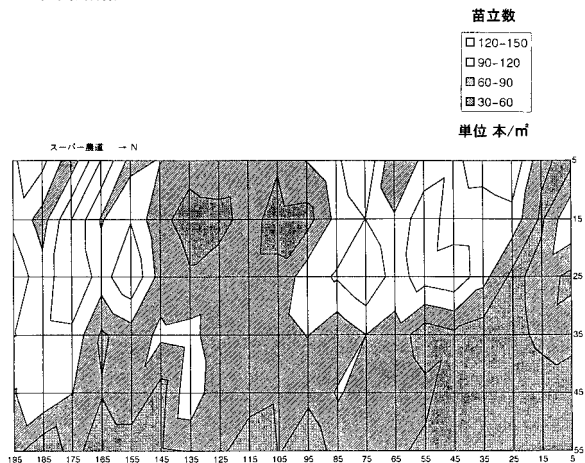


図2 遊佐町 現地大区画圃場における苗立分布
注：東北農業試験場編『地域先導技術総合研究の記録』(1998)より引用

1994年6月14日。長辺200m、短辺60mをそれぞれ10m毎に仕切った線が交差する120点において、田面標高、土壌硬度、苗立ち、葉色、坪刈り等の調査を行った。1994年の場合、表面滞水のため、圃場がぬかって種が深く潜ったり、芽干しが不完全だった中央上部と右下部分で苗立ち不良が起きた(右下部分は基盤整備時の盛土部分に当たる)。

中干しの徹底とも相まって、倒伏防止の効果が上がった。また、「直播研究会」が耐倒伏性が高いという点から注目していた「打ち込み式点播機」を東北農業試験場で提供し、現地試験を実施した。しかし、この年は播種後の低温により、6月10日時点の茎数が70本/m²と苗立ちが極端に悪く、単収は521kgにとどまった。また、直播栽培を数年続けた圃場では、アメリカアゼナなどの雑草が増加し、これらの対策が東北農業試験場に求められた。

1997年：気象条件が順調に推移する中で、これまで積み重ねられた技術改良の効果が発揮され、580kgの単収を確保した。また、出穂の遅れによる生育不足に対応するため、早生で直播適性の高い奥羽360号(東北農業試験場が直播用品種として開発)の試験栽培が行われた。アメリカアゼナの多発については、産直取引にともなう除草剤使用の制限が行われた結果、スルホニルウレア系除草剤に対する抵抗性が広がった可能性が確認され、除草体系の見直しが提起された*10)。カルガモ対策としては、全町のハザードマップが作られた。

以上のように、遊佐町における水稲直播は、基盤整備事業と山形県立農業試験場の直播研究プロジェクトを契機に始まったが、その取り組みが借上げ

方式で研究者の設計した技術体系を現地の圃場で実証するという形で行われるのではなく、農家の自主性を尊重する形でコーディネートされた。その結果、直播試験栽培は、しだいに賛同者を得て現地の農家の活動として発展を続けてきた。

こうした経過から、東北農業試験場の「地域総合」プロジェクトでは、当初は多様な研究分野から、超省力をめざした直播技術体系の技術要素が網羅的にエントリーされたが、その多くは現地圃場における試験栽培に採用されなかった(表8)。また、キーテクノロジーを当初、想定された大規模営農システムとして現地実証することはできなかった。その代わりに、現地の農家主導の試験に参加して試験圃場でのメッシュ調査を行い、それに基づいて現場で経験した問題を解析するとともに、「直播研究会」との意見交換を踏まえつつ、苗立不良や倒伏の克服、米販売への対応などのために、当初想定されていなかった新技术を提供したり、新たな研究課題を起こすといった対応をとってきた。その結果、東北農業試験場と現場との信頼関係が築かれ、現地の農家の直播栽培体系も、より安定したものに改善され、より多くの農家に普及したといえる。

さらに、こうした方向転換は、現地における単収の向上・安定化と直播栽培の普及のみならず、試験

表8 地域総合に盛り込まれた要素技術の現地での取り組み

各技術の現地での取り組み状況	備考
当初計画にあって現地でも採用・試験された	
噴頭回転式広幅散布機による播種作業	プロジェクト終了後に中止
直播用除草剤試験	体系防除の形に整理された
当初計画にあったが現地で採用・試験されなかった	
噴頭回転式広幅散布機による追肥、薬剤散布作業	1年のみ追肥試験実施
LP肥料、流し込み施肥	別の農家で試験導入
自動灌水装置	別の農家で試験(1年のみ)
薬剤の糊へのコーティング	98年より次期プロジェクトへ
自動コーティング装置	
畦畔処理材	
レーザーレベラーによる均平	
溝付け均平、簡易代かき	土壌条件が合わず場内試験へ
当初計画になかったが現地の要請で調査・試験した技術	
苗立ち不良と倒伏防止のための調査・試験	
落水管理法と播種前作溝	播種後作溝、浅水管理より移行
栽培条件を変数とする倒伏モデル	栽培管理の指標として活用
鳥害防止のための生態調査	ハザードマップ作成
打ち込み式点播機による直播	98年より次期プロジェクトへ
米の販売に関して求められた調査・試験	
減農薬に対応した除草剤体系	技術確立には至らず
直播で栽培した米の食味試験	移植に劣らないことを証明

*10) K経営においては、生協との契約米生産を行うために、除草剤は1回、殺菌殺虫剤は2回までという使用制限がなされている。このため新薬の投入などにより除草剤使用1回をめざしたが、直播栽培においてはヒエを中心とした雑草対策が容易でないため、直播用除草剤を施用した後、様子を見ながらヒエ対策除草剤を処理するという体系で、除草剤の総使用量を移植なみに抑える対策がとられている。

場サイドにとっては、遊佐町と多くの共通した問題を抱える東北地域の直播栽培の普及現場からも共感される問題解析や技術開発につながってきたと考えられる。そして、こうした問題解析や技術開発の成果は、地域基幹との連携、連絡試験にも裏付けされて、東北全体へ発信されたと評価できるのではなかろうか。

3. 直播導入についてのストーリーの練り直しとターゲットの明確化

- 補助労働の不足と水稲直播栽培の意義 -

以上のような現地試験が進められるにつれ、当初、集落規模での生産組合を主体とした営農システムが成立する可能性があるかと判断していた経営研究の分野においても、現地における経営上の問題の所在やその広がりについての調査が進み、直播栽培を導入した経営展開のストーリーが練り直されていった。

現地試験の受け入れ農家であり、「直播研究会」の会長でもあるK氏は、6 haの水稲作付けを行うとともに、2 haの機械作業を引き受ける大規模稲作農家である(表9)。しかし、経営部門構成としては水稲単作となっており、春秋の農繁期以外は、経営主であるK氏が地場産業である石材業(灯籠など)で石工として働いている兼業経営であった。またK経営では、妻がパート勤務に従事することや、育苗を手伝っている母の加齢が進むことから、基盤整備を契機に見込まれる規模拡大に対応するだけでなく、女子労働力が減少する中で経営の継続性を高める観点から、省力技術に関心が持たれていることが明らかになった^{*11)}。

そこで、K経営における水稲栽培の10a当たり労働時間をみると、田植えに要していた1.88時間が、直播作業では0.08～0.17時間に短縮され、育苗に

表9 K経営の経営概況(1997年)

経営規模	水田 6 ha (うち 2 ha 借地) 機械作業受託: 田植 2 ha, 収穫～乾燥調整 2 ha, 堆肥・肥料散布
労働力	経営主 44才, 石材店勤務(春4週, 秋2週の農休あり) 妻 42才, パート勤務(休日, 朝夕を中心に手伝い) 母 65才, 農業専従, 家庭菜園, 育苗ハウスの管理
機械施設	トラクター 43馬力, 田植機 8条乗用, コンバイン 4条グレンタンク付き 乾燥機 2台(45石, 32石), 育苗ハウス 3棟(50坪2棟, 49坪1棟)
圃場条件	120a 区画 2枚, 60a 区画 2枚, 40a 区画 2枚, その他は 20a 区画

表10 K経営における10a当たり稲作労働時間

(単位: 時間/10a)

	K経営1) 直播栽培	うち女子	移植栽培	うち女子	東北2) 5ha以上	備考: 妻や母の補助が必要な作業
種子予措	0.35	-	0.20	0.04	0.39	
苗代一切3)	-	-	4.18	1.63	3.89	苗箱土入れ～播種と育苗ハウスの
本田耕起及び整地	0.97	-	1.12	-	2.40	ビニール掛け外し及び苗管理
基肥	0.17	-	0.21	-	0.72	(経営主は本田準備に従事)
直播4)	0.08	-	-	-	0.00	
田植え5)	0.18	-	1.88	0.9	3.34	苗補給, 枕地整地, 補植など
追肥	0.41	-	0.59	-	0.58	
除草	0.21	-	0.38	-	1.57	
かん排水管理	3.27	-	3.17	-	4.64	
防除	0.16	-	0.14	-	0.61	
稲刈り及び脱穀	0.85	0.08	1.01	-	3.00	倒伏個所の刈り取り補助
籾乾燥及び調整6)	2.00	0.42	1.92	0.12	1.31	籾殻の運搬
生産管理	0.96	-	0.28	-	0.87	
総労働時間	9.61	0.50	15.08	2.68	23.32	

注. 1) K経営の移植栽培の過半と直播栽培については大区画圃場の実績値(1997)

2) 東北地域については1997年水稲生産費調査

3) 1996年のK経営の苗代一切は5.37時間, うち女子3.28時間であったが, 1997年には妻の勤務が大幅に増えたため苗代管理の時間が大幅に短縮された。

4) 噴頭回転式広幅散布機の場合, オペレーター3人(播種幅確認のため)で120aを20分で播種した。背負式動散による直播の場合は10a当たり0.17時間であった。

5) 直播栽培で田植えとあるのは苗立ち不良箇所への補植。

6) 直播栽培については土日に籾摺りをしたため, 妻が籾殻運搬を手伝った。

*11) 1996年からは直播栽培の振興を目的として, 直播面積の15%を転作にカウントする奨励策がとられている。水稲単作, 兼業というK経営の場合, 転作には調整水田と他用途米生産で対応しており, 転作部門からの収益が見込まれないことから, 直播栽培の導入は, 転作による稲作収入の目減りをくい止める重要な役割を果たしている。

表11 作業形態別にみた10a当たり労働時間

(単位:時間/10a, %)

	乗用機械の 作業1)	乗用機械補 助作業	固定機械の 作業2)	固定機械補 助作業	携帯機械の 作業3)	トラックで の運搬見回	人力での作 業4)
移 植	2.85	0.50	1.81	0.92	1.51	2.67	4.54
構 成 比	18.9	3.3	12.0	6.1	10.0	17.7	30.1
直 播	1.82	0.14	1.16	0	1.43	2.51	1.67
構 成 比	18.8	1.4	12.0	0	14.8	25.9	17.2

注. 妻が組み作業として実施した時間を補助作業時間とした。圃場を見回った時間はトラックでの見回りに、用排水バルブの開閉は人力作業に、機械の準備、片付けは人力作業に算入した。会合出席などは除いた。作業機械は以下のよう分類した。

- 1) トラクター、バックホー、田植機、噴頭回転式広幅散布機、コンバインを用いた作業。
- 2) 催芽機、砕土機、土詰機、播種機、初摺機、選別機を用いた作業。なお、乾燥機については他の作業と併行して監視等を行っているため表から除いた。
- 3) 動力散布機、草刈機を用いた作業。
- 4) 移植における人力作業は①育苗管理 2.17 時間、②用排水・畦畔修理 0.97 時間、③補植・苗箱片付け 0.57 時間、直播においては①用排水・作溝 1.00 時間、②補植 0.18 時間、③初穀片付け 0.16 時間が主な内容である。

要した 4.18 時間も省略されることから、移植栽培の 15.08 時間に対して 9.61 時間にまで縮小した(表 10)。また、作業形態別にみると、移植栽培では 10a 当たり 4.54 時間と全作業時間の 30% を占めていた人力作業が、直播栽培では 1.67 時間へと激減したのをはじめ、機械操作のための補助作業も大部分が削減され、大幅な軽労化が達成されている(表 11)。K 経営では、経営主が育苗準備から田植えまで 4 週間にわたって石工の仕事を手を休んでいたが、直播栽培への全面切り換えが行われれば、農休期間を減らすことも可能となる。

さらに、直播栽培の導入により、女子労働力が担ってきた補助労働を大幅に軽減する可能性に注目し、移植稲作における作業別労働時間を男女別にみると、苗代一切、田植、稲刈り及び脱穀において、女子労働の割合が高いことがわかる。具体的には、苗箱土入れから播種までの組作業、育苗ハウスの管理、田植えや稲刈りの補助を女性が担当している場合が多いが、育苗や田植えを行わない直播栽培では、まさにこうした補助作業が省かれる。さらに、グレンタンク付きコンバインを導入して、稲刈り時のモミ運搬を機械化すれば、女子労働力による補助作業を必要としないワンマン作業が可能となる。実際に、直播栽培を採用した K 経営についてみると、移植栽培の場合、経営主の妻と母が育苗と田植えを中心に 10a 当たり 2.68 時間、稲作に従事していた。これに対し、直播栽培についてみると、妻の作業時間は収穫、乾燥調製の 0.50 時間に過ぎず、ワンマン化がほぼ達成されていた。水稲単作の兼業経営という K 経営では、こうした直播栽培の作業のワンマン化、軽労化という面が、経営の継続性を高めるとい見地から高く評価され、1997 年に当プロジェクトが終

表12 導入農家が指摘する直播の長所(複数回答)

	指摘された長所	回答者(%)
省力化効果	苗箱の運搬がいない	21
	育苗管理がいない	37
	移植作業がいない	37
	春作業が一人でできる	26
	補助者の労働負担を軽減できる	63
	歳をとってもできる	21
	事業に出やすくなる	11
低コスト効果	水田を維持できる	5
	育苗ハウスがいない	32
	育苗資材がいない	32
	育苗土がいない	21
	ハウス用地がいない	5
作期調整	田植機がいない	16
	低コストになる	42
	春作業が短時間で済む	32
	作期調整ができる	16
	規模拡大ができる	37
	複合部門が拡大できる	21

注. 遊佐町直播研究会の会員 19 名の回答による。

了した後は、全面積が直播栽培に切り換えられた。

この点に関しては、1995 年に行った遊佐町における水稲直播農家を対象としたアンケートにおいても(表 12)、3 分の 2 の回答者が直播栽培の長所として補助者の労働負担が軽減されることをあげている。直播栽培の導入には、作業のワンマン化、軽労化以外にも、規模拡大、コストダウンなどいくつかの目的が考えられるが(宮武 1998)、直播の導入によって規模拡大ができる点を指摘した人は 3 分の 1 であり、低コストになると評価した人も 4 割にとどまった。作業分析や経済性分析においても、直播栽培では一定の省力効果は見られるものの、コストダウン効果は 10a 当たり 1 万 5 千円程度であり、減収によって相殺されるため収益性の改善効果はみられなかった。むしろ、気象条件によっては逆に大きく悪化する可能性があるなど、遊佐町での直播栽培の普及は、低コストや規模拡大を主な目的としたのではないということが裏付けられた^{*12)}。

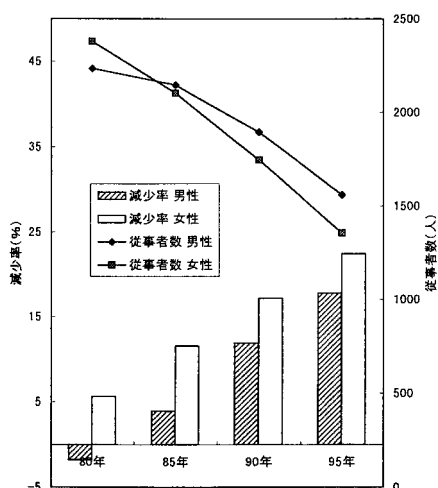


図3 遊佐町における農業従事者数(30～59歳)の減少

資料：農業センサス

注：減少率は当該年次までの過去5年の減少率である。

一方、遊佐町の農業構造の特徴をみると、水稲単作の集落が多く、水稲作付面積が5 haを越すような農家であっても兼業化が進んでいる^{*13)}。また、比較的規模の大きい農家では、経営主は農業に100日以上従事しているが、その妻は工場などに恒常的に勤務するケースが増えており、妻とともに補助的な農作業を担ってきた経営主の母たちの高齢化も指摘できる。実際、N集落についてみると(宮武1996)、水稲単作農家率は100%であり、農作業を担っているのは、40代以上の男性と50代以上の女性が中心である。こうしたことから、遊佐町では女子が先行する形で農業就業者の減少が急速に進んでおり、特に30代から50代の女子農業就業者の減少は激しく、1990年から95年までわずか5年間に22%も減少した(図3)。その結果、兼業化の影響を受けつつも男子については基幹労働力が維持されるという条件の下で、補助労働の不足による経営の

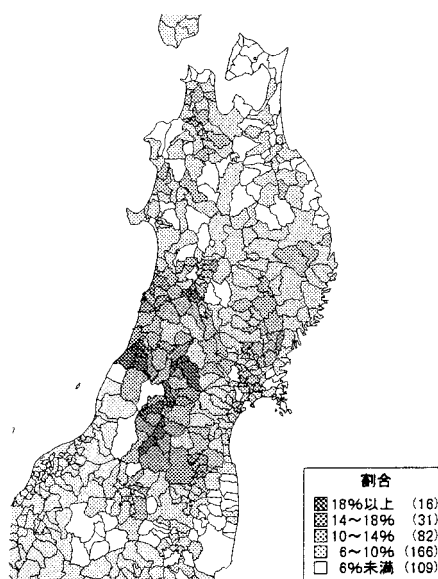


図4 市町村別のワンマンファーム(専従者が男子一人の農家)の割合

資料：1995年センサス

注：東北農業試験場『東北地域における直播栽培の普及を目指して』(1998)より引用

ワンマン化が焦点になっている。こうした条件から、遊佐町の水稲直播農家の多くは、補助労働軽減の可能性に注目したと思われる。さらに、こうしたワンマンファームの分布は山形県を中心に東北6県に広がってきており(図4)、これらの地域では女子労働力が先行して減少する中で、水稲直播栽培導入による補助労働軽減の意義は高まりつつある^{*14)}。

現地試験研究における経営研究の役割として鈴木(松原ら1996)は、「ある技術でやっている農家を成立させている技術的経営的条件を正確に洗い出してくること」、「他の農家はどのような制約条件があって技術が採用できないのかを解明すること」に重点を置くべきとしている。そこで、本プロジェクトにおいてK経営をはじめとする「直播研究会」のメン

*12) K経営における10a当たり水稲生産費をみると、直播栽培においては床土やハウスビニール、苗箱といった育苗用資材の節約、抑肥栽培による肥料費の節約があるものの、酸素発生剤や直播用除草剤などの使用によって、物材費が移植栽培に比べて5,315円増加する。一方、直播栽培では人件費が7,063円節約され、田植機、育苗ハウス、苗箱播種機などの減価償却費も全水稲作付面積5.96haで按分すると9,628円節約される。このため直播栽培の10a当たり生産費は約1万5千円低下することになる。しかしながら、現地試験が行われたK経営の単収をみると、技術が安定性を増し、気象条件も良好であった1997年においても、直播栽培の単収は移植栽培に比べて41kg低くなっており、収益性の改善効果はみられなかった。また、1993年の冷害、1995年の長雨による倒伏被害など、気象条件の厳しい年次には、移植に比べて120kg/10aを上回る減収が生じており、直播栽培が大きな経営リスクを内包していることにも留意する必要がある。

*13) 日本海に沿った砂丘地集落では、庄内メロンを初めとする園芸作が展開しており、家族労働確保の条件も異なっている。

バーが、収量補償もなく自主的な取り組みとして直播栽培を導入した条件を整理してみると、稲作依存度の高さが続く中で、農家女性の農外就業が増加するといった地域の社会経済的条件に対応するために、稲作をワンマン化して経営を継続するという農家においては、補助労働を軽減する直播栽培の利点が経営方針とマッチしており(表 13)、そのことが現地における直播栽培の漸増につながっていることが明らかになった。さらに、東北管内の農業動向を解析する中で、こうしたワンマンファームの広がりが確認され、本プロジェクトの立ち上げの際には検討されなかった①問題の広がり、②問題の重要性、③農家の受容可能性といった面から、当初計画とは異なる形での新技術を導入するストーリーや普及のターゲットとなる農家の存在(ドメイン)が明らかになってきたのである。

IV. まとめと考察

1993年10月に始まった東北農業試験場の地域総合研究「超省力水稻直播栽培技術を基幹とする寒冷

地大規模生産システムの確立」は、1997年度で完了した。

本プロジェクトは、研究者を現場へ向かわせる大きなエネルギーとなるとともに、播種機の改良、表面排水を促す作溝、除草剤体系、生育モデルの開発など、成果情報シリーズ(農林水産技術会議 2000)に登録された業績だけでも45本という大きな成果を生み出した。また、東北地域における直播栽培面積は、本プロジェクトの期間中に151haから944haへと大きく拡大しているが(表 14)、当プロジェクトの成果は、直播サミットや直播研究会での話題提供やパンフレット類の配布などによって、直播栽培の普及に取り組む関係者に繰り返し提供されており、東北地域における直播栽培の普及への技術的貢献も少なくなかったと思われる。さらに、遊佐町「直播研究会」でのアンケート結果においても、現地試験がしばしば大きな減収をまねいたにもかかわらず、「試験場との共同研究を望む」という意見が19名中14名から寄せられるなど、農家の圃場で農家とともに試験を行う現地試験研究への高い評価が、現場サイドからも得られた。

表 13 現地試験地域における営農システム

	プロジェクトの当初計画	K氏を含む営農現場の実態
重視した問題	兼業化や高齢化により農家戸数が半減することが予測された。	女子型企業への就業により育苗や田植えを手伝っていた女子労働が農外へ流出した。
営農システムの目標	①大規模稲作技術体系の導入による省力化 ②水稻生産費の低減 ③農家専従者一人当たり500万円の所得	①田植えの省略などによる労働強度の軽減 ②女子労働による補助を必要としないワンマン作業体系の確立
営農システムの概要	①数名の担い手を中心とする大規模稲作(50ha規模) ②東北農試が開発した噴頭回転式広幅散布機を用いた直播栽培を採用	①6戸の中規模個別経営を中心に集落の稲作が維持される ②背負式動散を用いた簡易な直播栽培を採用
現地の動向	営農システムは実現せず。	数戸の先進的農家が直播研究会を結成し、個別経営に直播栽培の導入を始めた。

表 14 東北地域における直播栽培の普及状況

(単位: ha)

年次	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
青森県	3	3	4	5	1	7	8	14	12
岩手県	9	10	9	7	7	7	11	13	18
宮城県	6	4	10	9	16	26	62	107	171
秋田県	0	18	15	16	15	43	113	138	150
山形県	43	96	142	218	395	369	481	536	555
福島県	13	20	35	55	297	492	623	766	730
東北計	74	151	215	310	731	943	1,298	1,574	1,636

*14) これに関しては、浅井が山形県において市町村別にワンマンファームの割合と直播導入農家の割合との関連を検討している(東北農試 1998)。また、ワンマンファームが直播栽培を導入している典型としては、水稻直播栽培が水稻作付面積の40%を占めている山形県長井市のI集落があげられる。この集落では16戸の稲作農家のうち7戸がワンマンファームであり、そのすべてが直播栽培を採用している(宮武 2001)。

表 15 現地における農家の取り組みを中心に大幅に見直された現地試験研究の推進方法
 -東北農試「超省力水稻直播栽培を基幹とした寒冷地大規模生産システムの開発」の実施経過-

	東北農試の現地試験研究プロジェクトにおける当初計画	現地試験研究における関係機関の取り組み	現地試験研究における技術研究の取り組み	現地試験研究における経営研究の取り組み
主なできごと	1992.4 プロジェクト開始指示 1992.6 研究課題エントリー 1992.11 現地選定の大幅見直し 1993.4 現地決定 1993.10 プロジェクト正式発足	1992 ・山形農試プロジェクトを契機として直播導入 ・農家が管理する試験へ ・東北農試の参加 1993 「直播研究会」の発足	1993.6 現地試験方法の再検討 1993.9 現地農家との打ち合わせ 1993.10 プロジェクト正式発足 1994～ 現地圃場で直播実施 メッシュ調査を開始	1993.12 現地調査を開始 1994～ 作業記帳依頼 現地試験データ収集 1995～ 営農システムの見直し 農家アンケート調査
FSRE の実行プロセス (注)	技術会議より指示 ↓ 診断プロセス ↓ 設計プロセス ↓ 試験プロセス ↓ 普及プロセス ↓ 行政施策へ反映	契機は、研究機関からの提起と基盤整備事業からの要請 ↓ <代表性?> 「農家が管理する試験」 試験農家の意見を反映して技術設計を見直し ↓ <自主性◎> 「直播研究会」の発足 ↓ <普及性○> ノウハウの蓄積と公開 先輩農家による指導 ↓ 技術の安定化と普及	キーテックの利用可能性 関係機関との協力体制 ↓ 現地試験方法の再検討 農家の主導する試験に参加し、現地での経験を共有 (参与観察) ↓ 問題点をプロジェクトに反映・課題化 ↓ 情報・技術を農家に提供 (試験要素を付加) ↓ 「地域基幹」との連携 県との連絡試験 ↓ 「現場から共感される技術開発」	社会経済条件を考慮した現地選定の試み ↓ 現地選定をめぐる混乱 ↓ プロジェクト開始後 現地でのニーズ調査 現地試験データの収集 ↓ 営農システムの見直し 「ストーリーの練直し」 ↓ 東北管内の社会経済動向の解析 ↓ 「ターゲットの明確化」
残された課題	現地試験研究の初動のエネルギーにはなったが、計画・方法に問題	現地選定や農家選定のあり方 JA 等による支援のあり方	農家の参加という視点の導入 現地試験から基礎研究への還流	課題や現地の決定に先立つフィージビリティスタディーへの貢献
参考文献	伊澤ら 3), 東北農業試験場 26)	東北農試総合研究 28), 宮武 13)	研究成果シリーズ 22), 東北農試 27)	宮武 15)

注. FSRE の実行プロセスについては、ジョン・S.コールドウェルら 4) 5)を参照のこと。

しかしながら、この現地実証型的水稻直播プロジェクトを実施するに当たっては、冒頭で整理したような①プロジェクト立ち上げの際の課題設計に関する問題と②現地試験における試験方法に関する問題が典型的な形で見られたのであり、本プロジェクトの実施過程では、それを何とか克服しようとする努力を繰り返してきた (表 15)。

1. 課題設計に関わる問題と経営研究の課題

東北農業試験場における「地域総合」プロジェクトは、①新農政プランに基づく大規模水田営農システムを技術的に裏打ちするためのキーテックを選定し、②それを中心として要素技術を体系化するという課題設計を行い、③この営農システムを現地実証することによって、④行政目標としての 21 世紀の大規模稲作生産システムを開発、明示し、行政施策へ反映させるという構想の下に開始された。具体的には、噴頭回転式広幅散布機をキーテクノロジーとした「寒冷地・大区画・直播」技術体系を設計し、50～60ha の組織経営体を行政的モデルとして構想しつつ、大区画基盤整備の先進地である山形県遊佐町での現地実証が計画された。

しかしながら、この「地域総合」の課題設計の手順を FSRE の研究プロセスと比較すると、「技術体

系先行型現地実証試験」を進める上でポイントとなる現地選択の方法や手順が未確立であり、プロジェクト立ち上げの 1 プロセスとして備わっていなかった。また、当プロジェクトが現地を選定するにあたっては、課題設定の段階において「診断」すべき、キーテックの利用可能性、関係機関の協力については検討されたものの、課題提出までの時間的制約や県との連携に手間取ったこともあり、解決すべき問題の広がりや問題の深刻さ、農家の受容可能性については十分検討できなかった。このように、FSRE という「診断」が適切に実施されなかったことは、課題設計や現地選定における混乱を招き、結果として、現地の農家や関係機関の描く担い手像とプロジェクトの想定した営農システムとの間に大きなズレを生じたまま当プロジェクトはスタートしたのである。

一方、現場の農家が直播技術を導入し、現地でのニーズ調査や現地試験のデータ収集が進むにつれ、直播栽培を導入して水稻単作経営をワンマンファームという形態で維持していくというプロジェクトの想定した大規模稲作生産システムとは異なるストーリーが明らかになった (表 13)。さらに、東北地域の社会経済動向の解析によって、そうした経営対応を促す農作業の補助者を含めた担い手の減少という

条件が、一定の広がり（ドメイン）を持つことが確認され、水稲直播技術の可能性とその普及に向けたターゲットが明らかになった。

現地実証型研究の初期のモデルケースとされる三本木原営農支場では、調査研究部、技術研究部、経営実験部を組織して、営農現場における問題の所在をつかむための調査に技術開発と同等のウエイトが置かれていたとされるが（西尾 1999）、近年、社会経済環境の変化に対応して、多様性を増す形で、農業のあり方が急速に変容を遂げていることから、「診断」の重要性はさらに増している。このため、現地実証型のプロジェクトをより実践的なものへと発展させていくためには、課題設計や現地選択に先だって、地域農業の動向や生産者のニーズに関して、経常的な研究とのすりあわせや、対象地域のフィージビリティスタディーを徹底すると同時に、プロジェクトに参加する研究者、現地の農家、関係機関が徹底した問題認識の統一を行い、その結果を課題設計に反映するシステムを確立することこそ第一歩なのであり、そこに経営研究が参加する必要性があるのではなかろうか^{*15)}。

また逆に、経営研究においては、問題解決に直接つながる技術的手段をもたないこともあり、「後追い研究に終始」、「提言・提案の不在」といった批判がある。これに対し、問題解決のために「技術体系を開発する」、「行政施策に反映させる」という行動手段に裏打ちされた「地域総合」プロジェクトにおいて、営農現場における問題分析の結果が課題設計や現地選択に活かされるならば、経営研究に関して、出口の見える研究にむけて、新たな可能性が開かれるのではなかろうか。

2. 試験方法に関する問題と打開方向

現地試験における農家との関係

本プロジェクトでは、現地規模での実証研究を焦点として、営農システムの実証、「日本型直播」の普及をめざした技術開発、現場から技術開発へのフィードバックといった複数の目標が統合されること

が期待された^{*16)}。また、多部門の研究者が農家の現場で同一の経験を積むことにより技術の相互規制を解明することや、農家全体としての生産レベルを向上させることを目的に、当初すべての稲作研究分野から課題がエントリーされ、新たな要素技術を網羅した大規模水田営農システムを実証試験するという課題設計がなされた。しかし、実際の試験に当たっては計画に盛り込まれた要素技術が全て現地で実証されるのではなく、農家の合意が得られた技術に関してのみ直播栽培の現地試験が行われることとなり、採用されなかった技術は場内試験で取り組むことになった。このため、大規模水田営農システムを現地実証してキーテクノロジーを確立するという目標は果たせなかった。

これに対し、現地圃場を借り上げる方式で、あくまで大規模水田営農システムを現地実証する可能性もあったと思われるが、借り上げ方式で実証試験を行うことについては、10aあたりの労働時間や単収で示された技術的な目標が達成されたとしても、「単なる一試行」であって、開発技術体系が定着するとは限らない。また、冒頭でもレビューしたように、長期的視点に立った戦略的視点から選択されるキーテクノロジーはしばしばハイリスクであり、本来、農家の場へ持ち込むのではなく、試験場内で基礎研究としてやるべき試験であることが多いという問題もあった^{*17)}。むしろ、新技術の普及をめざした現地支援という面では、遊佐町で行われた当プロジェクトのように、農家が参加し、主導していく試験栽培に、農業試験場も参加する形で研究プロジェクトを進めることにより、新たな現地試験研究の推進方向が見えてくるように思われる。

この参加型アプローチは、①「直播研究会」の農家が試験栽培を続けた中で営農現場での技術的問題点が絞り込まれ（研究者は参与観察の形で経験を共有した）、②彼らとの共同研究を通じて技術研究者が、問題を解析し、必要となる技術を開発、提供してきた。さらに③そうした技術改良が「地域基幹」

*15) こうした反省から、1998年からの第2期の直播プロジェクトでは、1997年中に対象地域におけるフィージビリティ調査を実施した。

また、東北農業試験場で開発され、普及段階に入りつつある「立毛間播種技術」の開発プロセスにおいても、まず現地調査が行われ、技術研究者と経営研究者との議論を経て、地域輪作農法という方向性が打ち出された後、立毛間播種技術の開発が、その具体的手段として開発されることになったことが、佐藤らの研究レビューにより確認された（東北農試 2000）。

*16) 1994年からスタートした「地域基幹研究」では、こうした点が体系化総合試験または体系化実証試験、技術開発試験、現地支援研究という形で明示された。

表 16 住民参加のポイントと遊佐町での取り組み

	住民参加のポイント	遊佐町での取り組み
住民参加の意義	①人々の多種多様な能力、意見を統合することができる。 ②行政機関と住民らの相互理解により合意形成が促進される。 ③人々が責任を持って行政に関われる。 ④参加プロセスを通じて共同体メンバーの新しい価値・行動規範が生み出される。	①現地の条件をふまえた直播技術体系 →多様な現場の条件を反映させた農業体系が開発される。 ②農家同士や関係機関とのつながり強化 →試験場と現場との相互理解が進む。 ③稲作について考えたり話す機会の増加 →参加農家の問題意識が高まり普及に弾みがつく。 ④農家自身の問題解決能力が高まる。 →持続的な農業発展の契機になる。
参加のあり方	①創造活動や意志決定、対外交渉に関わる住民組織を核として進める。 ②参加者が的確な意志決定ができるよう関連情報を迅速に提供すること。 ③参加活動による改善効果を認識してもらうこと。 ④二者択一でなく多数の選択肢を提供。 ⑤住民参加のための教育システムの整備 ⑥参加メンバーに不利益や批判を集めない	①情報交換や自主的な学習の場としての「直播研究会」を組織する。 ②栽培技術の指導、圃場巡回などを通じたタイムリーな情報提供。 ③失敗を含めた試験成果を互いに検討。 ④当初計画以外の技術要素も導入、課題化した。 (提案が不採用の場合は理由を説明)
	残された課題	①誰をパートナーとして選ぶか (計画段階からの参加) ②基礎研究や普及・指導との関わり

をはじめとする各県とのネットワークの中で検証を経て、東北地域の直播栽培の普及にとつてのブレークスルーとなっていったと整理される。

こうした経過を住民参加の考え方に沿って読み直すと(表 16)、現地試験研究には、①開発技術のユーザーたる農家の参加により、多様な現場の条件を反映させた農業体系を開発すること、②試験場と現場との相互理解をめざすこと、③参加農家の問題意識が高まり普及に弾みがつくこと、④農家自身の問題解決能力が高まることといった意義が考えられる。

実際、遊佐町の「直播研究会」の取り組みは、直播技術体系を現地の条件を踏まえたものへと脱皮させ、地域への普及の突破口を開くとともに、稲作について考えたり話し合う機会を増やし、農家同志や関係機関とのつながりを強化する効果をもたらした。また、農家自身が地域の農業について考え、問題を解決しようとするところから、持続的な農業発展のための重要な契機になる可能性も高いと思われる。

さらに、住民参加の考え方は、参加のあり方に関しても参考になる。住民組織を核とした活動の場の

設定、改善効果や代替案について適時に情報提供を図るといった点などは、遊佐町の取り組みにうまく符合する。具体的には、情報の交換や自主的な学習のための場として「直播研究会」が組織され、普及センター、JA、農家が一体となった栽培技術の指導、資材・機械の調達、圃場巡回などソフト条件を含めた支援が研究会の発展段階に応じて整備されたことが、農家が参加する現地試験研究を活性化してきたのである。

こうしてみると、現地実証型の研究プロジェクトにおける試験方法に関わる問題点は、農家の参加という視点を欠いていた点に起因すると思われる。そして、農家が参加する現地試験研究への転換は、そうした問題を打開する一つの方向と考えられるのである。

ただし、農家が参加する現地試験研究を推進するためには、以下の2点が未検討となっている。遊佐町では、直播技術が「直播研究会」における実践者を中心とした技術開発過程を経て定着しつつあるが、そこにおいては、①直播栽培を導入するワンマ

* 17) 遊佐町では、1972～1976年に山形県立農業試験場によって「大規模営農実験農場」事業が導入され、勤労世帯並の所得を目標として稲作規模目標が立てられ、それを実現するために乾田直播技術体系を導入するという大規模実験農場が設置された。このプロジェクトは、集落単位の協業経営(ハーモニー農場)が既に取り組みされ、目標とする作業規模が実現されつつあると思われる地区を選んで、大規模圃場を造成し、現地試験を実施するというものであった。しかし、①オイルショックを経て政策的条件が大きく変化したこととともに、②漸進的發展を希望する農家の意向と試験設計が合致しなかったことから、開発目標とされたコストダウン、省力化をほぼ達成したにもかかわらず、試験期間の終了とともに直播栽培は中止され、普及には至らなかった(山形県立農業試験場 1977)。しかも、省力的な直播栽培が試行されたプロジェクト期間中に、就業の場をなくした担当農家の妻たちが営農現場から離れてしまう等、その後の集落の農業にも大きな影響を残す結果となった。

ンファームという経営タイプにおいて典型的な農家がメンバーとなったこと(代表性)、②参加農家が自主的な取り組みとして、自己の意思決定で栽培に取り組んだこと(自主性)、③ともに試験栽培に挑戦する仲間と情報・経験を共有し、後発農家へのアドバイスも行う(普及性)といった特徴を持つことが重要な発展契機となっていた(宮武1997)。しかし、遊佐町の場合でも、基盤整備事業との関係でK氏らが現地試験に参加したことが幸いしたのであり*18)、計画段階から意識的にパートナーを選択したとはいえない。このため、現地試験の開始に当たって、農家や関係機関に研究の主旨を徹底した上で参加を求めるなど、現地試験研究におけるパートナーを選択するプロセスについて、より適切な方法を開発していくことが第1の課題である。

また、現地実証型の研究プロジェクトを農家が参加する現地試験研究へと発展させるには、プロジェクトに参加する研究者や関係機関のパラダイムの転換が要求される。遊佐町の試験では、農家の判断で補植や追肥によるムラ直しが行われ、苗立調査や生育調査における均一性が乱されるなど、開発技術の試験、実証としての科学性について悩みが積み重なった。また、普及・指導の立場からは、リスクの多い未確立な技術、特性も分からない技術をどう指導するかという問題があった。しかし、現場の圃場で生じている問題を調査、観察することからは、基礎研究に多くのフィードバックが行われたはずであり、初めから解決策を示さず農家とともに考えることは、普及理論におけるプロジェクト法とも合致する。こうした基礎研究や普及との関わりについては未だ検討が不十分であり、今後、その評価を進めていくことが第2の課題である。

引用文献

- 1) 池田 弘. 1973. 最近における農作業研究の流れ. 農業技術 28 (10): 433 - 438
- 2) 今園支和. 1991. 水田大区画化と直播栽培. 東北農業研究別号 4 : 5 - 19
- 3) 伊澤敏彦, 亀川健一, 谷本 岳, 鈴木祥悟, 関野幸二. 1997. 総合研究第1チームの概要. 東北農試総合研究 創刊号: 1 - 50
- 4) ジョン.S.コールドウェル, 佐藤 了, 八木宏典, 和田照男. 1993. 「営農試験」から農民主導の「むらおこし」へ. 農業および園芸 68 (3): 335 - 342, および68 (4): 447 - 454
- 5) John.S.Caldwell. 1994. "Farming Systems". Encyclopedia of Agricultural Science. Volume 2 (総合研究シンポジウム紀要 第1号. 1997. これからの地域農業と農業研究を考えるシンポジウム. 農業研究センター: 45 - 54)
- 6) 児玉賀典. 1968. 川島論文と経営研究. 農業技術 23 (10): 493 - 495
- 7) 小泉浩郎. 1990a. 現地実証試験の課題と方法. 農業技術 45 (12): 548 - 552
- 8) 小泉浩郎. 1990b. 農業経営研究と現地実証試験 - その方法論的課題 - (農業研究センター編, 現地実証試験における経営研究の役割). 農業研究センター: 43 - 54
- 9) 松原茂昌, 吉澤喜美男, 日山信一, 鈴木福松, 阿部久盛, 佐藤 了, 伊澤敏彦, 三田村強. 1996. 農業・農村の現場に直結した技術開発の過去と未来を語る. 農業技術 51 (8): 422 - 429, および51 (9): 374 - 380
- 10) 宮武恭一. 1996. 補助労働力の不足に対応した水稲湛水直播技術の経営的評価. 農業経営研究 34 (3): 60 - 65
- 11) 宮武恭一. 1997. リードユーザー法による新技術の事前評価. 東北農試総合研究 第2号: 23 - 33
- 12) 宮武恭一. 1998. 稲作技術の経営的評価 - 水稲直播技術を中心として - 農業経営研究成果集報 17: 43 - 50
- 13) MIYATAKE. 1998. Case study of the On-Farm Experiment Project in Japan. AFSRE 15th International Symposium Proceedings: 1184 - 1189
- 14) 宮武恭一. 1999a. 東北地域における補助労働不足に対応した湛水直播栽培の経営的評価 (小室重雄編著, 水稲直播の経営的効果と定着条件) 農林統計協会: 51 - 66
- 15) 宮武恭一. 1999b. 水稲直播技術の経営評価に

*18) K氏を含む「直播研究会」のメンバーの多くは、遊佐町で取り組まれていた減農薬米の生協産直にも参加しており、消費者との話し合いを通じた新たな米作りへの挑戦という経験を持っていたことも、現地試験への農家の参加を成功させる要因になったと考えられる。

- 関する方法論的課題．東北農業研究 52：285 - 386
- 16) 宮武恭一．2001．東北地域における稲作農業のワンマン化と水稲直播栽培の普及．農政調査時報第532号：24 - 30
- 17) 三輪睿太郎．1996．農業試験場における総合研究部の発足に当たって．農業技術 51 (10)：433 - 436
- 18) 門間敏幸．1996．TN法 - むらづくり支援システム - 実践事例集．農林統計協会：1 - 351
- 19) 諸岡慶昇．1996．新たな試験研究体制下の総合研究推進態勢．農業技術 51 (11)：506 - 511
- 20) 中島征夫．1996．農業研究センターにおける総合研究の実践．農業技術 51 (12)：560 - 564
- 21) 中村恵一．1990．現地実証試験の経過と経営研究の役割（農業研究センター編，現地実証試験における経営研究の役割）農業研究センター：7 - 18
- 22) 西尾敏彦．1999．総合研究の系譜．農業1395：26 - 41
- 23) 農林水産技術会議事務局．2000．超省力水稲直播栽培技術を基幹とする寒冷地大規模生産システムの確立．研究成果シリーズ354：1 - 106
- 24) 農林水産省，福島県．1999．平成11年度全国直播稲作サミット資料：1 - 209
- 25) 笹倉修司．1997．九州農試における地域総合研究の取り組み状況．農業経営通信 193：10 - 13
- 26) 関野幸二．1997．四国農業試験場における地域総合研究の取り組み．農業経営通信 193：14 - 17
- 27) 東北農業試験場編．1998．地域先導技術総合研究の記録 - 山形県遊佐町における実証試験を中心に - ．東北農業試験場：1 - 588
- 28) 東北農業試験場．1998．東北地域における直播栽培の普及を目指して．東北農業試験場：1 - 40
- 29) 東北農業試験場．2000．水田輪作 - 東北農試における研究 - 第8号．東北農業試験場：1 - 42
- 30) 東北農業試験場総合研究部．1997．21世紀の水稲生産を支える直播栽培技術 - 東北地域の直播農家サミットの記録 - ．東北農試総合研究 第3号．東北農業試験場：1 - 82
- 31) 矢治幸夫，木村勝一，関野幸二．1998．噴頭回転式広幅散布直播栽培（農林水産技術情報協会編，直播稲作への挑戦 第2巻．直播稲作研究の最前線）農林水産技術情報協会：75 - 93
- 32) 山形県立農業試験場．1977．大規模営農実験農場総合成績報告書．山形農試研究資料 No.51-10：1 - 189
- 33) 山形県立農業試験場．1997．大区画・直播栽培技術体系導入条件の解明ならびに営農体系の評価．山形農試研究資料 No.8 - 9：1 - 28

バンカーサイロ作業の自動化を基幹とした自給粗飼料 生産利用技術の確立に関する研究

矢 治 幸 夫*)

抄 録：我が国の大家畜生産において課題とされる担い手の高齢化、飼料自給率低下、家畜糞尿処理などの問題を解決するには、自給粗飼料を基盤とした省力的な飼料供給技術を開発する必要がある。そこで、高品質な自給粗飼料を低コストで省力的に周年供給するために、長大作物収穫・麦類施肥播種同時作業機を開発し、同時作業により可能となる一年二作周年作付け体系を採用して、トウモロコシ-ライ麦体系やソルガム-大麦体系における長大作物と麦類の単収向上、適期播種・適期収穫実現による粗飼料品質向上を図りつつ機械化による作業の省力化を実現した。さらに、粗飼料調製・貯蔵施設として安価で材料の制約が少ないバンカーサイロに着目し、バンカーサイロに設置する装置としてサイレージ詰め込み・取り出し装置を開発した。本装置を用いて、バンカーサイロを基幹とした材料の詰め込みとサイレージの取り出し作業の機械化とコンピュータによる自動化を図った。サイレージ詰め込み・取り出し装置の小型バンカーサイロを供試した材料の詰め込み作業能率は 645 kg/h、サイレージ取り出し作業能率は 453 kg/h を示した。

キーワード：自給粗飼料、長大作物、麦類、同時作業機、周年作付け体系、バンカーサイロ、サイレージ、自動化、機械化

Studies on the Mechanization of Domestic Roughage Production and Utilization using an Automatic Silage Loading and Unloading Device for Bunker Silos : Yukio Yaji *)

Abstract: This thesis describes the procedures to culture, ensile and utilize domestic roughage using a combined seeder and a silage loading and unloading device. A combined seeder was developed for dent corn-barley cropping systems, which comprised a forage harvester, a rotary tiller, a fertilizer and a seeder. The working efficiency of the seeder was 12 a/h when the working speed was 0.76 m/s. This efficiency indicated a labor saving of 30% compared with the conventional methods carried out by separate machines. A prototype loading and unloading device for a small test bunker silo was developed. Both the traveling device running on rails installed on the walls of the bunker silo and the working device suspended from the traveling device performed well. The sensing parts, limit switches, rotary encoder, motor inverters control program that controlled the loading and unloading device were coordinated by a micro computer. In the case of automatic working, the loading efficiency was 645 kg/h and the unloading efficiency was 453 kg/h.

Key Words : domestic roughage, sorghum, dent corn, barley, rye, combined seeder, bunker silo, automatic, mechanization

I 序 論

1 研究の背景

1) 大家畜生産における自給粗飼料生産利用の必要性

我が国の食料の自給率は毎年低下傾向をたどり、1998年のカロリーベースで40%程度にまで低下している。そこで、2000年3月に国の政策として自給

率の向上のための施策を決定するとともに、食料生産における作物別の具体的な数値目標を掲げた(農林水産省2000)。現在、ミニマムアクセスによる輸入を除けば自給率が100%である主食用の米を除いては、大豆3%、麦9%、飼料作物25%と自給率が低く、畜産物も55%と例外ではない。大家畜生産である肉牛生産や酪農においても、輸入飼料の増加を抑えるために自給粗飼料の生産と利用が推奨され

*) 東北農業研究センター(National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan.)
2002年6月20日受付, 2002年12月25日受理

ているが、なかなか進まないのが現状である。

大家畜生産における自給粗飼料生産の増大は、後述するように二つの点でメリットがある。一つは、家畜糞尿による環境汚染問題への解決策となることである。二つ目は、牛の生理機能を生かした健全な飼養管理を行えることである。

肉牛や乳牛生産では、安価であることと取り扱いが容易であるために、大豆などマメ類やトウモロコシなどの穀実を主体とした輸入濃厚飼料の利用が増加しつつあり、そのため飼料自給率は酪農で34.6%、肉用牛では繁殖で57.8%、肥育で3.3~6.7%と低くなっている(農林水産省畜産局自給飼料課1997)。このことは、餌として給与された飼料の未利用分として毎日排出される家畜糞尿のかなりの部分が輸入飼料に由来することとなり、家畜糞尿処理の問題も生じている。

家畜糞尿処理の問題を概括すると、牛の飼養頭数は乳牛と肉牛を合わせて約480万頭であり、乳牛一頭から排泄される糞尿は1年当たり約20tであるから、合計糞尿量は約9,600万tとなる(農林水産省畜産局自給飼料課1997)。飼料作物作付け面積約97万haに対してその圃場に還元できる糞尿量は、1ヘクタール当たり最大100t程度と言われており、豚などの他の動物を除いた牛の糞尿だけで還元に必要な面積とほぼ拮抗した値となっている。また、北海道以外の都府県では飼料作物作付け面積が少なく、糞尿量が還元可能量を上回る状態を示すなど地域的な偏りも示している。今後、家畜糞尿処理についての規制が強まることから、家畜糞尿の輸入ともいえる飼料の輸入を減らすとともに、糞尿の圃場還元による有効利用を図ることができる自給粗飼料生産を増大して環境保全を進める必要がある。

一方、肉牛や乳牛ではその生物学的な消化系として反芻胃を持っており、特に第一胃は一種の発酵槽とされ、微生物の発酵活動により粗飼料の炭水化物が分解されて揮発性脂肪酸(VFA)になる。このように、発酵の過程で胃内pHが低下するが、一定pHに保つためにはアルカリ性である唾液の分泌が重要な役割を果たしている。唾液の分泌を増加させるためには、食べるのに時間がかかり反芻時間が長い飼料すなわち粗飼料が必要となる。乳牛が最大のエネルギーを摂取するためには第一胃が正常に機能する必要があり、そのためには飼料中の粗繊維量が14~16%必要と考えられている。とくに、濃厚飼料

を多給する場合には消化器障害が発生しやすく、粗繊維含量が高い粗飼料給与の必要性が示されている(石田1998)。しかし、粗飼料給与率は低下傾向を示しており、酪農で49.2%、肉用牛の肥育で8~14%程度となっている(農林水産省畜産局自給飼料課1997)。このことは、牛の生理機能を維持発揮させて健全発育させるためには、さらに粗飼料の給与を増加させることが必要であることを示している。

2) 機械化による自給粗飼料生産量増大と低コスト化の可能性について

我が国の肉牛や乳牛の飼養管理で主に使われている飼料は濃厚飼料である。濃厚飼料はほとんどが外国から輸入されている大豆、麦類、トウモロコシなどの穀実であり、可消化栄養含量が多く給与量が少なくて済み、水分含量が低いいため軽量で容積が少なく取り扱いが容易であるというメリットがある。これに対して、自給粗飼料生産には、作付けのための圃場、栽培・収穫・調製・利用のための機械と労力を必要とする。従って、自給粗飼料生産技術に求められる命題は、低コスト・省力生産である。

低コスト生産のためには、土地生産性の向上すなわち単収の増大や二毛作など土地利用率の向上が必要となり、生産・調製作業に使用される機械の汎用利用など生産コスト低減のための方策も重要である。また、農業の担い手の高齢化が進行しており、後継者確保のためにも作業の軽労化や省力機械化技術の開発が求められており、播種や収穫の作業能率の向上や作業のワンマンオペレーション化などが必要となる。

さらに、自給粗飼料生産は地域的な気象条件にも大きな影響を受ける。本研究が対象とする北東北地域は、寒冷地であり、春から秋にかけての作物生育期間が短い。とくに、秋冷の訪れが早いいため夏作物の収穫と冬作物の播種適期が短くなる。このため、福島県以南では可能な大豆-小麦の一年二作体系(酒井ら1982)も、二年三作体系あるいは前作物の収穫前に条間に後作物を播種する間作栽培方式をとる必要がある。このように、北東北では作物切り替え時の作業の合理化を図ることが、前後作物の収量と収穫物の品質を向上させるために重要である。

3) 自給粗飼料調製・貯蔵施設としてのサイロの現状

大家畜生産用の自給粗飼料としては、貯蔵中の品質低下もなく軽量でハンドリングし易い特徴を持つ

風乾物としての乾草を利用するのが理想的である。しかし、乾草に仕上げるためには3～4日の晴天が必要とされる。圃場における予乾中に降雨に当たると品質低下や損失の増大が大きく、天候が変わりやすく降雨が多い我が国においては高品質な乾草を得ることが難しい。これまでに、細川ら（1965）の半乾燥粗飼料を人工乾燥させる技術や中ら（1976）の半乾燥粗飼料成形利用技術なども開発されたが、コスト的に問題を残し実用化されていない。また、予乾牧草をベールに梱包してから堆積し、フィルムで密封しサイレージ貯蔵する技術（我妻ら1976）や密封したベールにアンモニアを添加して品質を維持する技術（小泉ら1981）などが開発された。近年、我が国と同様に比較的乾草を得にくい北ヨーロッパで、ロールベアラで梱包した半乾燥牧草をサイレージにするために、ロールベールをストレッチフィルムで包むためのラッピングマシンが実用化され、ロールベールサイレージ調製技術が開発された。梱包能率が高いロールベアラとの組み合わせで、調製・貯蔵施設無しで予乾牧草を高効率でサイレージ化する技術として、我が国においても農機メーカーによる小型機械の開発などにより普及が進んでいる。さらに、トウモロコシ用のロールベアラとしてカッティングベアラの開発も試みられている（志藤ら2000）。しかし、ベールの密封のためにストレッチフィルムを使用し、この使用済みフィルムの処理などに問題を残している。

現在実用化されている自給粗飼料の調製・貯蔵施設としては水平型サイロと垂直型サイロがあり、それぞれ取り扱うことができるサイレージ材料や作業の機械化に特徴がある。垂直型サイロとしては塔型サイロ、気密サイロ、地下型サイロがある。とくに気密サイロは気密性が高く材料密度も高いので、高品質のサイレージ調製が可能であり普及が進んだが、サイロ施設費が高いことや取り出し作業を行うボトムアンローダやトップアンローダにトラブル発生があった場合に対処法が難しいなどの点に問題を残しており、田原ら（1997）によって新しいボトムアンローダの開発研究も進められた。地下型サイロは、掘込み式なため材料の投入が容易で、取り出し作業について富樫ら（1993）や瀬川（1991）によって機械化研究が進められ、瀬川らが開発したサイロクレーンが地下水位が低いなどの立地条件に合致した一部地域の酪農家を中心に普及が進んでいる。

水平型サイロとしては、バンカーサイロ、トレンチサイロ、スタックサイロなどがある。これらはサイロ施設費は安い空気に触れる開放面が多く、堆積高さが低く材料の自重による高密度化が図れないため踏圧作業と密封作業が必要であり、サイレージ品質や機械化作業体系に問題を残している。

詰め込む材料についてはサイロ形式毎に材料の切断長や水分条件に制限がある。気密サイロの場合は、サイロ内でブリッジを起こさないためや取り出し作業が容易なように切断長を10 mm以下、材料水分60%以下とすることが必要である（内藤1978）。一方、バンカーサイロなど水平型サイロでは、切断長や材料水分には気密サイロよりも制限は少ないなどのメリットはあるが、気密サイロで実用化されているような給餌までの自動取り出しシステムは実現されていない。このように、垂直型サイロでは気密サイロを基幹とした詰め込み・取り出し作業の自動化が実現されているが、バンカーサイロなど水平型サイロでは個別の機械化に止まっており、サイロ構造物と一体となった自動化が遅れている。

4) バンカーサイロと詰め込み・取り出し作業機械化の現状

バンカーサイロに関する研究は、重量車両による材料踏圧時のサイロ壁面に対する力学的な解析研究（Ahmets et al.1994,ASAE 1997,Darby et al.1993,Jofriet et al.1990,Messer et al.1977,Zhao et al.1988,Zhao et al.1991,Zhao et al.1992）、サイレージ発酵にともなう有機酸のコンクリートに対する影響や保護のための塗料など構造物に対する研究（Blocker 1991,Razl et al.1988）、空気に触れる面が大きいために、埋草密度と品質や好气的変敗、好气的変敗防止のための添加剤など品質や変敗に関する研究（Ashbell et al.1987,Ashbell et al.1988,Ashbell et al.1992,Bursewitz et al.1991,Furll et al.1990,Haigh 1992,Muck et al.1995,Pitt et al.1993,Ruppel et al.1995,Ruxton et al.1994,Weinberg et al.1994）が行われてきた。また、バンカーサイロの詰め込み作業や取り出し作業の機械化については、フォレージワゴンやサイロアンローダなど個別の作業機が開発が進められ、少量ハンドリングのための小型機械や器具から、大量処理用の大型専用機械まで実用化されて、作業性能の調査やハンドリングシステムの確立がなされている（Bengtsson et al.1981,Decker 1960,Ebbinghaus 1958,Flada 1990,Hendrix 1960,

Maier et al.1976, Muck et al.1994, Muck et al.1996, Weghe et al.1983)。しかし、気密サイロで行われているように、スイッチを入れるだけで詰め込みから取り出し・給餌までの作業を行える自動化システムの確立のための研究は少なく、イギリスで行われた取り出し作業の施設化・自動化研究 (Benson et al.1982, Lindsay 1971, Lindsay et al.1973, Lindsay 1980) と電力中央研究所で行われた自動取り出し・給餌システムの開発 (吉野ら 1976) があるにすぎない。近年バンカーサイロはその設置費の安さから見直されており、省力・自動化が一層の課題となっている。

2 研究の目的および論文の構成

1) 研究の目的

本研究の目的は、北東北の寒冷地において、高品質な自給粗飼料を低コストで安定的に周年供給するために、粗飼料生産の機械化体系の改善とバンカーサイロを基幹とした詰め込みと取り出し作業の自動化を図ることである。

自給粗飼料生産の機械化体系の改善は、トウモロコシなど長大型飼料作物 (以下、長大作物と称する) と麦類を対象とした長大作物収穫・麦類施肥播種同時作業機 (以下、同時作業機と称する) の試作とそれにより可能となる一年二作の周年作付け体系を採用して、機械化による省力化を図るとともに、単収の向上と適期播種・適期収穫の実現による粗飼料品質の向上をねらいとする。

また、バンカーサイロ作業の自動化では、独特のサイレージ臭を持ち水分が高く重量物であるサイレージのハンドリングについて、大型のサイレージアンローダによる現行作業の改善の可能性を検討し、その問題点の摘出を行う。また、サイロ構造と一体となった装置を用いた作業の自動化を実現するために、サイレージ詰め込み・取り出し装置 (以下、サイロ装置と称する) の設計・試作を行い、試作機の性能試験を行うとともに、バンカーサイロ作業の自動化の可能性とサイレージの品質低下防止を追求する。

2) 論文の構成

本論文の構成と内容は以下のとおりである。Ⅱ-1においては、北東北地域の転換畑における自給粗飼料生産技術の効率化のために試作した同時作業機の構造の概要と作業方法を示す。さらに、開発した同時作業機の性能について圃場試験を行い、長大作

物収穫と麦類の施肥播種作業を同時工程化したことによる省力効果と粗飼料の取量向上の可能性を明らかにするとともに、自給粗飼料の生産性向上について考察する。Ⅱ-2においては、寒冷地である北東北地域において同時作業機の使用により可能となる一年二作体系について、作業シミュレーションにより同時作業機の評価を行う。

Ⅲ-1においては、自給粗飼料の調製・貯蔵装置として、水平型サイロの一つであるバンカーサイロの特徴を調査するとともに、サイレージ調製から給与までの詰め込み作業と取り出し作業について機械化の問題点を文献調査から明らかにする。Ⅲ-2においては、バンカーサイロにおけるサイレージ取り出し作業の機械化について、大型サイレージアンローダを導入・供試して、サイレージ材料を異にした性能と問題点を示し、バンカーサイロ作業における問題点を考察する。

Ⅳ-1においては、バンカーサイロ用の自動化装置として試作開発すべきサイロ装置の設計目標を明確にし、設計目標に従って小型試験バンカーサイロ用に試作開発した1号機の性能試験結果を示す。さらに、Ⅳ-2においては、試作1号機の性能試験結果で問題とされた点を改良した試作2号機の性能試験とサイレージ調製結果を示す。Ⅳ-3では、マイクログコンピュータを使ったサイロ装置運転の自動化を図り、バンカーサイロの詰め込み・取り出し作業の新しい可能性を示す。

Ⅴ-1においては、Ⅳまでの内容を自給粗飼料の省力・低コスト生産のための同時作業機と、粗飼料の調製・貯蔵のための作業の省力化・自動化を図るためのサイロ装置の特徴と有利性を中心に総合的に検討し、Ⅴ-2において本論文の結論を示す。

本論文を作成するにあたり、東京農工大学渡辺兼五教授にはご多忙中にも関わらず懇切なご指導とご校閲を賜った。ここに衷心より感謝を申し上げる。また、茨城大学農学部森泉昭治教授、宇都宮大学農学部志賀徹教授、東京農工大学農学部塩谷哲夫教授、東京農工大学農学部東城清秀助教授には論文のご校閲と貴重なご助言を賜ったことに深く感謝する。

本研究は農林水産省農事試験場 (現独立行政法人農業技術研究機構中央農業総合研究センター) および東北農業試験場 (現独立行政法人農業技術研究機構東北農業研究センター) において実施したものである。農事試験場畑作部機械化研究室我妻幸雄室

長、東北農業試験場企画連絡室総合研究第2チーム滝本勇治チーム長（現独立行政法人農業技術研究機構理事）には本研究に着手する機会を与えて頂いた。機械化研究室今園支和主任研究官（前九州農業試験場総合研究部総合研究第2チーム長）、雁野勝宣研究員（現独立行政法人農業技術研究機構野菜茶業研究所果菜研究部作業技術研究室長）、細田英二技官（現埼玉大学教育学部）、群馬県畜産試験場塚田大策氏、同金子信夫氏にはサイレージアンローダの研究の実施において、総合研究第2チーム萩野耕二主任研究官（現独立行政法人農業技術研究機構九州沖縄農業研究センター畜産飼料作研究部上席研究官）、同チーム篠田満主任研究官（現東北農業研究センター畜産草地部栄養飼料研究室長）、同チーム関野幸二主任研究員（現独立行政法人農業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター総合研究部園芸経営研究室長）、東北農業試験場生産工学部生産施設研究室古川嗣彦室長（現九州沖縄農業研究センター所長）、同屋代幹雄主任研究官（現東北農業研究センター野菜花き部野菜花き作業技術研究室長）には、同時作業機の研究とサイロ装置の研究実施において、東北農業試験場企画連絡室業務第3科四戸忠男技官、山口和美技官（現東北農業研究センター企画調整部業務第3科）をはじめ多くの科員の方々にはこれら試作機の試作・改良と圃場試験、サイレージ調製試験や取り出し試験に多大なる協力を頂いた。

なお、本研究の一部は科学技術庁振興調整費重点基礎研究費を使用して行った。ここに記して、関係各位に謝意を表す。

II 転換畑における自給粗飼料生産技術の効率化

1 作物切り替え時の作業効率化のための同時作業機的设计・試作と性能試験

1) 目的

我が国の大家畜生産は、牛乳はもとより、近年の輸入自由化により牛肉においても低コスト化が必須となっている。1998年の畜産物生産費調査（農林水産省統計情報部1999）によれば、牛乳の生産費に占める飼料費は41.5%で第1位となっている。牛肉の生産費に占める割合では、去勢若齢肥育が27.2%、乳用おす肥育が47.8%と、それぞれ2位、1位と高い割合を示している。この飼料費に占める牧草、わら、サイレージなどの粗飼料の割合は、現状では牛乳生産で約50%（東北地域平均）、牛肉生産で約

11%（去勢若齢肥育、全国平均）、約9%（乳用おす肥育、全国平均）と低下する。これは、とくに牛肉生産では必要最少限の粗飼料を給与しているのが実態であり、牛乳や牛肉の低コスト生産には、良質な自給粗飼料の低コスト生産の実現が必要である。

一方、米の自給率はほぼ100%を達成しており、現有水田約200万haでの稲の作付けを30%程度制限して大豆、麦などの畑作物や牧草など飼料作物の作付けを進めている。しかし、寒冷地である北東北地域における転換畑の飼料作物生産は、雪融けがおそい、秋冷が早く来るといった厳しい気象条件や、圃場の区画が小さい、排水が悪いといった圃場条件の厳しさから、その収量が低位にとどまるとともに品質が不安定であり、これらの克服が大きな課題となっている。

我が国で生産される粗飼料、いわゆる自給粗飼料の低コスト生産のためには、単位面積当たりの収量向上と合わせて労働生産性の向上が求められる。この実現のためには、圃場の土地利用率の向上と作業の省力化が重要となり、一年二作といった周年作付け体系を省力機械化で行う必要がある。しかし、寒冷地である北東北では、夏作物の収穫作業と冬作物の播種作業が時期的に競合し、いわゆる作物切り替え時の作業期間が限定されて、一年二作体系を行うことは困難である。代表的な一年二作体系である大豆-小麦体系（酒井ら1982）は、北東北地域では現行品種では不可能となり、二年三作体系あるいは間作体系をとることを余儀なくされている。

これまでに、作物切り替え時の収穫作業と播種作業を同時作業機として一工程で行う技術開発は、いくつかの作業や作物の組み合わせについて試みられている。一例として、水稲-麦類体系における水稲収穫と麦類施肥播種については、入江ら（1987）が開発した自脱コンバイン刈り取り部前面に施肥播種機を装着して行う方式の収穫同時条播機、柴田（1984）や柴田ら（1989）、高橋ら（1984）、寺山ら（1985）、馬場崎ら（1986）が試みた麦-大豆体系における麦類の収穫と大豆の施肥播種の同時工程化などが挙げられる。しかし、飼料作物生産におけるトウモロコシやソルガムといった長大作物と麦類の栽培体系においては、同時工程化や同時作業機の開発などの試みは行われていない。

そこで、自給粗飼料生産における収量と品質の向上を実現するために、一年二作体系の適期収穫、適

期播種が可能となる同時作業機を設計・試作する。さらに、試作した同時作業機の収穫部、耕耘部、施肥播種部の圃場における作業性能の把握と、操作性など問題点の摘出ならびに作業能率の把握、および麦類の生育について検討するために、東北農試圃場において性能試験を実施する。

2) 同時作業機の設計目標

長大作物・麦類の一年二作体系を二年以上継続する場合、長大作物収穫・麦類播種を行う秋作業と麦類収穫・長大作物播種を行う春作業の2回が同時作業として想定される。しかし、トウモロコシやソルガムなど長大作物では根圏が広く分布し、養分の収奪も大きいと萩野ら(1996)が指摘しており、収量の向上と品質の確保の観点からは堆厩肥や土壌改良材の投入とプラウ耕による十分な作土層の確保を行い地力の増進を図ることが重要である。また、堆厩肥については、家畜糞尿の還元と有効利用の観点からも投入を図りたい。従って、長大作物の播種作業は、麦類の収穫後約一週間程度の作業期間を確保して、堆厩肥や土壌改良資材の散布とプラウによる反転耕を行い、同時作業化は行わないこととした。そこで本研究においては、秋作業である長大作物収穫作業と麦類施肥播種作業に限定した技術開発を行う。

長大作物の収穫作業機は、フォレージハーベスタとしてフレール型、ダブルチョップ型、シリンダ型があるが、バンカーサイロでの調製・貯蔵を前提とすると、取り出し作業の容易さからも切断長を10mm以下と短くできるシリンダ型フォレージハーベスタとする必要があると考えた。また、麦類施肥播種作業は、耕耘しない土壌表面にバラ播きする不耕起散播方式、圃場全面に散播した後ロータリ耕を行う全面全層播種方式、耕耘整地後の圃場に条播するドリル播種方式などいくつかの方法が考えられる。深澤らの北東北における大豆-小麦の間作作業体系の結果によると、不耕起散播では小麦播種後の降雨の有無により発芽が不安定となるので、できれば耕耘作業により土壌を膨軟にして播種時に覆土を行うことが望ましいとしている。また、麦類の収量を確保するためには、条間が18cm程度と狭いドリル播種が一般的に推奨されている。これらの結果を検討し、本研究の同時工程化においては、長大作物の収穫はシリンダ型フォレージハーベスタ、刈り株の処理と播種床の耕耘のためにロータリを用い、麦類の播種はドリル播方式を採用することとした。

以上の検討結果から、同時作業機の設計目標は以下のとおりとした。

①一年二作体系における秋期作業を省力化するために、長大作物の収穫作業と麦類の施肥・播種作業を同時工程化する。

②長大作物刈り株の埋没と麦類の発芽苗立ちを安定させるために、ロータリによる耕耘作業を行うこととする。

③長大作物収穫部は10mm以下の微細断が可能なシリンダ型フォレージハーベスタとする。

④麦類の耕耘・施肥・播種部は長大作物収穫部(フォレージハーベスタ)へ簡単に着脱できる構造とする。

⑤同時作業機の操作性は個別の作業機械より低下しない構造とする。

3) 同時作業機の構造と諸元

Ⅱ-1-2)の設計目標に従って試作した同時作業機の概要は図1、写真1に、主要諸元は表1に示した(矢治ら1996)。同時作業機は長大作物収穫部と麦類施肥播種部で構成した。なお、同時作業機による長大作物の収穫条数は1条(条間75cm程度)で、麦類の播種は耕耘幅75cmに4条(条間18.5cm)のドリル播きとした。収穫部は、長大作物のサイレージ調製における高品質化を図るために、切断長10mm以下の微細断可能なシリンダ型フォレージハーベスタ(ロックロップアタッチメント付き、NH-718)を使用した。耕耘部は、ロータリ耕耘方式(K社RS900)として、動力は空冷ディーゼルエンジン(Y社L90SES最大出力6.75kW)を用いた。エンジンによる耕耘部の駆動はVベルト伝達として、ロータリ上部に搭載したエンジンからVベルトプリー径

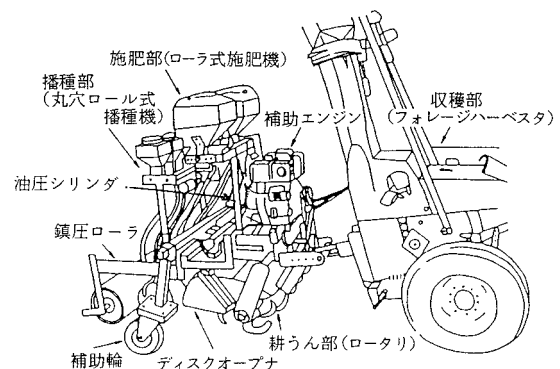


図1 収穫・施肥・播種同時作業機の概要

Fig. 1 Prototype seeder combined with rotary-tiller and forage harvester



写真1 試作した収穫・施肥・播種同時作業機
Photo 1 Prototype seeder combined with rotary-tiller and forage harvester



写真2 補助車輪
Photo 2 Assistant wheel

表1 同時作業機の主要諸元
Table 1 Dimensions of prototype seeder

項目	諸元
全長(m)	6.2 (収穫部 4.2, 耕うん施肥播種部 2.0)
全幅(m)	2.2 (耕うん施肥播種部 1.5)
全重(kg)	1,506 (収穫部 1,276, 耕うん施肥播種部 230)
収穫部	牽引式シリンダ型フォレージハーベスタ 1条用ロックロップアタッチ付き (NH-718)
耕うん部	ロータリ 作業幅 0.75m 駆動用エンジン 空冷ディーゼルエンジン (最大出力 12kW)
施肥部	ローラ式施肥機 4条用 DC モータ駆動
播種部	丸穴ロール式播種機 4条用 DC モータ駆動 W ディスクオープナ, 鎮圧ローラ付き

注：トラクタの所要動力は使用するフォレージハーベスタによる

の違いにより回転数を1/3に減速しロータリを駆動した。施肥部は溝ロール式施肥機、播種部は丸穴ロール式播種機を使用し、それぞれトラクタの12V直流電源によるDCモータ（O社 DM80PF12V80W）駆動とした。播種部の作溝器は、長大作物の刈り株や根があっても播種溝形成が可能なダブルディスクオープナ（直径30cm）とした。さらに、塩化ビニル製の平滑鎮圧ローラ（直径34cm）を装着して、播種された麦類を鎮圧して発芽苗立ちの改善を狙った。また、同時作業機が枕地で旋回する時にオペレータが運転席より耕耘・施肥・播種部の昇降を可能とするために、補助車輪（ゴムタイヤ 3.5×5インチ、写真2）と油圧シリンダ（T社 ストローク150mm、複動型）を装着してトラクタ外部油圧回路から駆動した。

収穫部と耕耘・施肥・播種部との連結は、フォレージハーベスタ後部の連結棒と耕耘・施肥・播種部の連結棒を一本の連結ピンを介して行った。このた

め、収穫部と耕耘・施肥・播種部との着脱は容易に行われた。

4) 同時作業機による作業方法

試作した同時作業機は、収穫部でトウモロコシやソルガムなど長大作物の刈り取り、微細断、伴走トレーラへの吹き込みを行うとともに、耕耘部で長大作物の残渣の切断処理と埋没、土壌の耕耘を行い、施肥・播種部で大麦やライ麦など麦類の施肥播種と鎮圧を一工程で行う。トラクタは4輪駆動型（F社 6600, 最大出力 59.25kW）を使用した。作業方法は、収穫部がトラクタ右側に位置するので右回りの作業となり、最初の作物畦の左側に枕地を必要とする。枕地での旋回は、オペレータが運転席から油圧を操作して同時作業機の補助車輪を下降させ、耕耘・施肥・播種部を上昇させて旋回動作に入る。なお、収穫した長大作物は、同時作業機に伴走するトレーラ（最大積載量 2 t）に積み込む。

5) 圃場性能試験の方法

1989年は、35a（100m×35m）を使用して、同時作業機を用いて10月6日にトウモロコシ（品種：XL61）を収穫しながら、ライ麦（品種：春一番）を播種した。1990年は改良した同時作業機を用いて、30a（100m×30m）を使用して、10月12日にトウモロコシ（品種：XL61）を収穫しながら、ライ麦（品種：春一番）を播種した。なお、土壌は厚層黒ボク土である。調査項目は、作業能率、作業精度（耕深、肥料・種子使用量）、操作性である。なお、ライ麦の苗立ち数については、越冬前に調査した。

6) 圃場性能試験結果

同時作業機の作業性能試験結果を表2（1989

表2 作業性能試験結果(1989年)

Table 2 Performance test of prototype seeder (1989)

作業精度	耕深(cm)	8.9	
	施肥量(化成304)(kg/10a)	96.1	
	播種量(ライ麦「春一番」)(kg/10a)	13.2	
	燃料使用量(耕うん部駆動用エンジン)(L/10a)	1.1	
作業能率	作業速度(m/s)	0.51	
	作業時間(min/10a)	67.4	
	収穫施肥播種作業時間	収穫施肥播種作業時間	43.7
		旋回時間	14.6
		肥料・種子補給時間	9.1
	圃場作業効率(%)	64.8	
	圃場作業量(a/h)	9.0	

(供試圃場 35a : 100m × 35m)

表3 作業性能試験結果(1990年)

Table 3 Performance test of improved prototype seeder (1990)

作業精度	耕深(cm)	8.6	
	施肥量(化成304)(kg/10a)	67.2	
	播種量(ライ麦「春一番」)(kg/10a)	8.6	
	燃料使用量(耕うん部駆動用エンジン)(L/10a)	0.9	
作業能率	作業速度(m/s)	0.76	
	作業時間(min/10a)	49.3	
	収穫施肥播種作業時間	収穫施肥播種作業時間	29.3
		旋回時間	14.7
		肥料・種子補給時間	5.3
	圃場作業効率(%)	59.5	
	圃場作業量(a/h)	12.2	

(供試圃場30a : 100m × 30m)

年), 表3(1990年)に, 作業状況を写真3, 4にそれぞれ示した。

1989年の試験では, 収穫部, 耕耘部, 施肥播種部の各部動作は順調で, 作業速度0.51 m/sで作業能率は約9 a/hとなった。作業時の耕深は8.9 cmで, トウモロコシの刈り株や根はほぼ埋没され, ライ麦の播種に支障はなかった。作業上の問題点としては, 耕耘用ロータリの駆動用エンジン出力の制限から, 作業速度0.51 m/s以上の高速作業ができなかった点があげられた。なお, 播種後のライ麦の越冬前生育調査によると, 出芽も良好で平均茎数は1,430本/m²を確保した(写真5)。

1989年の試験では耕耘部の作業速度約0.5 m/sが制限要因となり, 収穫部が通常行う長大作物収穫作業の作業速度0.7 m/sを達成できなかった。そこで, 1990年には, 作業能率向上のために, 耕耘用ロータリの外側の爪を取り外して, 作業幅を90 cmから必要最小限の75 cmへ狭めた。この結果, 作業速度は0.76 m/sと約1.5倍の高速化を図ることができ, 作業能率も約12a/hと約36%向上した。



写真3 収穫・施肥・播種同時作業機の作業状況(その1)
Photo 3 Harvesting and seeding work by prototype seeder



写真4 収穫・施肥・播種同時作業機の作業状況(その2)
Photo 4 Harvesting and seeding work by prototype seeder



写真5 ライ麦の越冬前の生育状況
Photo 5 Growth of rye seeded by prototype seeder before winter

7) 同時作業機を使用した一年二作体系による自給粗飼料生産性の向上

試作した同時作業機を使用した一年二作体系における飼料作物の生産性向上については, 図2に示し

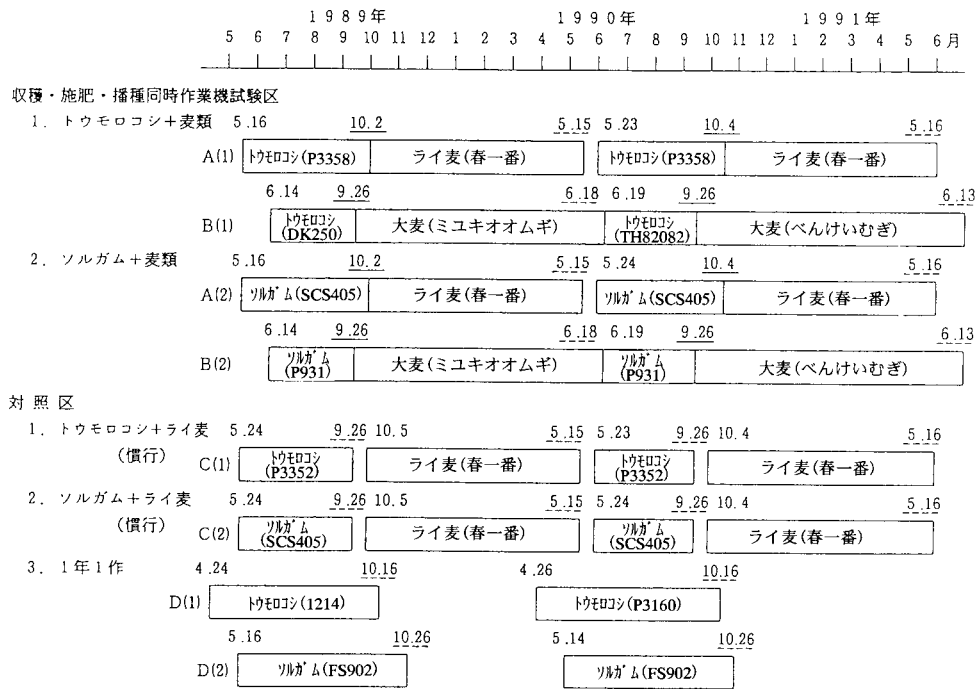


図2 各作付体系の供試品種と播種及び収穫日（東北農試：盛岡市）
 作物名（品種名），数字：播種日，数字：収穫・播種日，数字：収穫日
 Fig. 2 Varieties, seeding and harvesting date of each cropping systems (Morioka, Iwate)
 crop (variety), seeding date, seeding & harvesting date, harvesting date

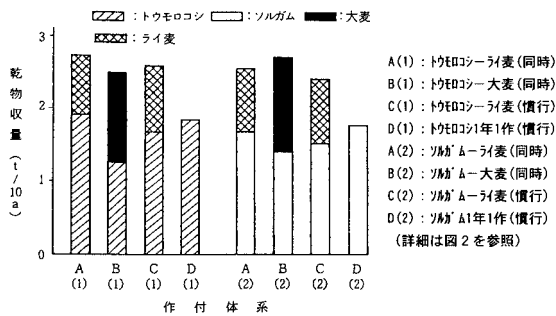


図3 各作付体系の年間乾物収量（各2回転、延べ3年の平均）
 Fig. 3 Dry matter yields of the culture systems (average of 3 years)

た長大作物（ソルガム，トウモロコシ）－麦類（大麦，ライ麦）体系について試験を行った。同時作業機を用いることにより，乾物収量は一年一作対照比136～155%，同時作業機を用いない慣行一年二作体系（トウモロコシ・ソルガム－ライ麦体系）比105%と増収を示した。

年間最多乾物収量は，図3に示したようにトウモロコシ－ライ麦，ソルガム－大麦の2体系で得られ，

それぞれ2.74，2.72t/10aとなった。また，飼料作物の品質については，作物切り替え期間が短縮されることにより，慣行の一年二作体系に比して同一品種であれば長大作物の穂重が増加し乾物率が向上するなど，サイレージ材料としての品質向上効果が認められた。このように，同時作業機を用いることによって，作付け期間が延長され増収効果が認められるとともに，一年二作体系の安定化と品質の向上が図られ，作物の安定多収栽培及び他作業との競合の緩和を図ることが可能となった。

8) 考察

同時作業機の問題点としては，耕耘・施肥・播種部の付加により，機体の全長が6.2mと約2m程度長くなるために枕地を長く必要とすること，旋回時間が多くかかるなど操作性が良くないことなどが挙げられる。同時作業機の実用化にあたっては，機体全長を短くする工夫が必要である。このためには，フォレージハーベスタの後ろに牽引されている施肥播種部をフォレージハーベスタへ直接搭載するなどの改良とともに，トラクタ3点リンク装着式のコーンハーベスタをベースとした同時作業機とすることなども有効であると考えられる（図4）。

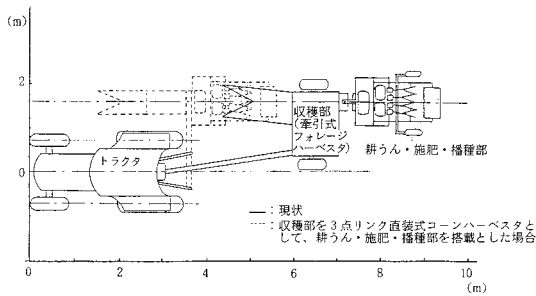


図4 同時作業機全長短縮の可能性

Fig. 4 Possibility to shorten prototype seeder

表4 個別作業による作業能率(試算)と同時作業機との比較

Table 4 Work efficiency comparison between prototype seeder and individual works

作業名	使用機械(作業条件)	作業能率(min/10a)(%)
長大作物収穫	フォレージハーベスタ(1条用) (作業速度: 0.76m/s、 圃場作業効率: 67%)	44
耕うん	ロータリ(作業幅: 2.4m 作業速度: 0.5m/s 圃場作業効率: 80%)	17.5
播種	グレーンドリル(作業幅 2.4m 13条用、作業速度: 0.7m/s 圃場作業効率: 80%)	12.6
合計		74.1 (100)
同時作業機		49.3 (66.5)

また、施肥播種部の肥料と種子のホッパは、容量が4.5 L程度と少なく、肥料、種子の補給回数が多くなり作業効率を低下させているので、容量を2倍程度大きくすると、資材補給時間が短縮されて作業効率と作業能率の一層の向上が可能と考えられる。さらに、耕耘部の駆動方式を現在の補助エンジン駆動方式からトラクタの外部油圧回路を利用した油圧モータ駆動とすると、同時作業機の軽量化が可能となると考えられる。しかし、この場合、長大作物収穫作業にトラクタのPTO出力として多くの動力を必要としており、かつ所要動力の変動が大きいので、トラクタ出力に余裕が必要となる。さらに、トラクタの外部油圧回路は、使用可能な流量に制限があるので事前の確認が必要である。

本同時作業機は、長大作物収穫作業を行うと同時に麦類の施肥播種作業を完了することを目的に開発した。ここで、長大作物収穫作業、耕耘作業、麦類の施肥播種作業を個別作業として行った場合の作業能率を試算して、同時作業機による能率との比較を行って、その省力効果を検討する。

表4に示したように、個別作業では圃場内作業時

間のみで74分を必要とするのに対して、同時作業機では49.3分となり30%以上の省力化となった。個別作業において、トラクタ1台、オペレータ1人で長大作物収穫から麦類の施肥・播種を行うとすると、フォレージハーベスタ、ロータリ、施肥播種機と3種類の作業機を付け替えるための時間や作業機の調整等の準備作業にさらに時間を必要とする。

作物切り替え時のこれらの作業を遂行するために、3組のオペレータとトラクタを用意して、同時並行作業を行うことも想定できる。しかし、長大作物収穫作業には、伴走トレーラを2組以上、サイレージ詰め込み作業に数人の人員を必要としており、さらに耕耘作業と施肥播種作業のために2組の機械と要員を確保することはかなり難しいと思われる、同時作業機の省力効果は高いと考えられる。

なお、トウモロコシ以外の長大作物としてのソルガムと、ライ麦以外の麦類としての大麦を組み合わせた体系については、栽培試験のための小区画について作業を行い、ソルガムが倒伏した場合には、収穫作業の作業能率の低下や損失の増大につながる点は考慮する必要があることを明らかにしている。

さらに、同時作業機による一年二作体系は、作物の選択範囲が拡大され、ソルガム-大麦体系も可能となった。得られる最大収量は、トウモロコシ-ライ麦体系で乾物約2.7t/10aと慣行で可能な一年二作体系の5%増を示し、穂重や乾物率の増大などの品質向上効果が認められた。

9) 摘要

寒冷地の粗飼料生産の低コスト化をねらいとして、長大作物収穫と麦類施肥播種作業において、同時作業機の開発による作業の省力化の効果を明らかにするために、長大作物収穫麦類施肥播種同時作業機を設計・試作し、トウモロコシ-ライ麦体系における作業性能試験を行った。その結果、次の知見を得た。

(1)同時作業機はシリンダ型フォレージハーベスタ、空冷ディーゼルエンジン駆動ロータリ、溝ロール式施肥機、丸穴ロール式播種機を組み合わせで製作した。

(2)麦類の発芽を良好にするために播種床のロータリ耕耘と平滑ローラによる播種後の鎮圧を行うこととして、収量確保のために播種方式にはドリル播方式を採用した。

(3)同時作業機は、収穫部でトウモロコシなど長大

表5 作業シミュレーションに使用した作業機の諸元と能率

Table 5 Dimensions and working efficiencies of machines for simulation

作業名	作業機	諸元	作業能率 (a/h)	実作業率 (%)	作業可能降水量上限値 (mm)
堆肥散布	マニユアスプレッダ	2 t	65	60	20
石灰散布	ライムソフ	3 m	66	75	20
耕うん	ロータリ	2.4m	46	75	15
長大作物施肥播種	吸引式播種機	4条	71	75	20
長大作物収穫	フォレージハーベスタ	シリンドラ型 1条	12,18,24	65	15
麦類施肥播種	ドリルシーダ	2.6m (17条)	50	65	20
同時作業	試作同時作業機	1条 (75cm)	12, 24	65	15

同時作業機の作業能率 12a/h は実測値、その他は試算値

作物の刈り取り・細断を行って、耕耘部で長大作物残茎の切断・埋没と播種床の耕耘を行うとともに、施肥播種部で大麦などの施肥・播種・鎮圧を行い、すべての作業を一工程で完了した。

(4)同時作業機はトラクタの右側に装着するために、作業は右回り法となり、最初の作物列の左側に枕地を必要とした。

(5)各部の機能は良好で、トウモロコシの収穫作業、ライ麦の施肥播種作業ともに順調に行われ、ライ麦の初期生育も良好であった。作業性能は、作業速度 0.76 m/s で作業能率 12a/h となり、長大作物収穫作業と麦類の施肥播種作業を個別で行う場合と比較して 30%以上の省力化が図られた。

(6)同時作業機は、全長の短縮化、軽量化、肥料・種子ホッパの大型化による操作性の改善と作業能率の向上が可能と考えられた。

(7)同時作業機を利用したトウモロコシ-大麦、ソルガム-ライ麦の一年二作体系で、乾物収量 2.7t/10a 以上を得て、サイレージ材料としての品質向上も可能となることが明らかとなった。

2 作業シミュレーションによる同時作業機の評価

1) 目的

試作開発し、圃場利用試験を行った同時作業機の性能について、耕耘、施肥、播種、収穫などをそれぞれの作業機を用いて行う個別作業法を対照として、気象データに基づいた作業体系化シミュレーション(矢治ら 2001)を行い、作業上のメリットを評価する。

2) 試験方法

使用したシミュレータは、金谷ら(2000)が作成した農作業シミュレータである。入力項目は、圃場に関連して圃场面積、圃場枚数、圃場の分散度、装備機械に関連して機械名とその作業能率、作業時間、実作業率、作業に関連してその作業の降水量上限値、作業開始日、作業終了日である。なお、シミュレーション条件として、圃場分散を加味するかどうか、

作業可否条件として前日の降水量が影響するかどうか、後作業の処理面積は前作業の処理面積を上回らないなどがある。本シミュレーションでは、圃場分散は小さい、前日の降雨も影響する、後作業は前作業の処理面積を上回らないとした。

シミュレーションで使用した同時作業機や他の作業機の規格、能率、制限条件は表5に、各作付体系の供試品種と播種及び収穫日は図2に示した。また、シミュレーションにおける飼料作物の作付面積は、一年二作体系で長大作物と麦類を合わせた飼料作物の生草収量を約 10t/10a (乾物収量約 2.5t/10a)、乳牛や肉牛でのサイレージ給与量を 1頭当たり 20 kg/d と設定して、50頭程度の飼養が可能となる 5 ha (1 ha × 5 枚) を基準とした。

長大作物の播種作業に際し、地力維持や家畜糞尿処理の観点から堆肥散布作業および石灰散布作業を加え、耕耘はロータリ耕耘作業、播種は収量確保をねらいとして正確な株間を得られる吸引式播種機による播種作業とした。作業期間はそれぞれ 2 日間で合計 8 日間とした。なお、耕耘作業は作業可能降水量上限値を 15 mm/d、その他の作業では 20 mm/d とした。

長大作物収穫作業は、サイレージの品質向上をねらいとして、微細断が可能なシリンドラ型フォレージハーベスタを使用し、作業期間は 5 日間、作業可否の降水量上限値は 15 mm/d とした。

麦類の施肥播種は、17条用のドリルシーダを使用し、耕耘はロータリで行った。耕耘作業と播種作業は各 2 日間、合計 4 日間の作業期間とした。

同時作業機は、長大作物収穫作業 5 日、麦類の施肥播種作業 4 日の合計 9 日間を作業期間として、実際の圃場試験から得られた作業能率 12a/h を基準とした。また、同時作業機の降水量上限値はフォレージハーベスタと同じ 15 mm/d とした。

トウモロコシ-ライ麦体系では、トウモロコシの堆肥散布作業、石灰散布作業、耕耘作業、施肥播種作業までを 5 月 15 ~ 22 日までの 8 日間とした。トウ

表 6 シュミレーション結果 (トウモロコシ-ライ麦体系)

Table 6 Simulation result of dentcorn-rye cropping system

年	トウモロコシ				ライ麦			トウモロコシ			ライ麦			トウモロコシ-ライ麦 同時作業機 (12a/h)
	堆肥散布 (65a/h) ^{a)} (5/15-16) ^{b)}	石灰散布 (66a/h) (5/17-18)	耕うん (46a/h) (5/19-20)	施肥播種 (71a/h) (5/21-22)	収穫 I (12a/h) (9/26-30)	耕うん (46a/h) (10/1-2)	施肥播種 (50a/h) (10/3-4)	収穫 II (18a/h) (9/26-30)	耕うん (46a/h) (10/1-2)	施肥播種 (50a/h) (10/3-4)	収穫 III (24a/h) (9/26-30)	耕うん (46a/h) (10/1-2)	施肥播種 (50a/h) (10/3-4)	
1985	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1986	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
1987	5.0	5.0	5.0	5.0	1.9	1.9	1.9	2.9	2.9	2.9	3.8	3.8	3.8	4.4
1988	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1989	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1990	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1991	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1992	3.1	3.1	3.1	3.1	1.9	1.9	1.9	2.9	2.9	2.9	3.1	3.1	3.1	3.1
1993	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1994	3.1	3.1	3.1	3.1	1.9	1.9	1.9	2.9	2.8	2.8	3.1	2.8	2.8	3.1
1995	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	2.8	2.8	5.0

a) : 作業能率
 b) : 作業予定期日
 なお、作業終了期日は予定より早く終了した場合のみを記入しており、記入がない場合は予定日に終了した。
 ** は降雨により作業終了面積が計画の5haあるいは前の作業面積よりも減少したものを。

表 7 シュミレーション結果 (ソルガム-大麦体系)

Table 7 Simulation result of sorghum-barley cropping system

年	ソルガム				大麦			ソルガム			大麦			ソルガム-大麦 同時作業機 (12a/h)
	堆肥散布 (65a/h) ^{a)} (6/13-14) ^{b)}	石灰散布 (66a/h) (6/15-16)	耕うん (46a/h) (6/17-18)	施肥播種 (71a/h) (6/19-20)	収穫 I (12a/h) (9/23-27)	耕うん (46a/h) (9/28-29)	施肥播種 (50a/h) (9/30-10/1)	収穫 II (18a/h) (9/23-27)	耕うん (46a/h) (9/28-29)	施肥播種 (50a/h) (9/30-10/1)	収穫 III (24a/h) (9/23-27)	耕うん (46a/h) (9/28-29)	施肥播種 (50a/h) (9/30-10/1)	
1985	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	2.8	2.8	4.8	2.8	2.8	5.0	2.8	2.8	5.0
1986	5.0	5.0	0	3.7	3.2	3.2	3.2	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
1987	5.0	5.0	5.0	3.7	1.3	1.3	1.3	1.9	1.9	1.9	2.5	2.5	2.5	3.7
1988	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1989	5.0	5.0	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
1990	5.0	4.0	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
1991	5.0	5.0	5.0	5.0	3.2	3.2	3.2	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
1992	5.0	5.0	5.0	5.0	1.9	1.9	1.9	2.9	2.9	2.9	3.8	3.8	3.8	4.4
1993	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
1994	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3	1.3	0	1.9	1.9	0	2.5	2.5	0	2.5
1995	5.0	0	5.0	3.7	3.2	3.2	3.2	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7

a) : 作業能率
 b) : 作業予定期日
 なお、作業終了期日は予定より早く終了した場合のみを記入しており、記入がない場合は予定日に終了した。
 1986年、1995年は降雨のためソルガムの施肥播種作業、石灰散布作業において作業不可能となったため、その後の作業は [] で試算してある。
 ** は降雨により作業終了面積が計画の5haあるいは前の作業面積よりも減少したものを。

モロコシの収穫作業は、関村ら (1987) が示したライ麦の播種晩限である 10 月 5 日を前提として、9 月 26 ~ 30 日の 5 日間とした。ライ麦の耕耘作業はロータリを用いて 10 月 1 ~ 2 日、シードドリルの施肥播種作業は 10 月 3 ~ 4 日で、それぞれ 2 日間とした。

ソルガム-大麦体系では、ソルガムの堆肥散布作業、石灰散布作業、耕耘作業、施肥播種作業を 6 月 13 ~ 20 日までの 8 日間で、それぞれ 2 日間ずつとし

た。ソルガムの収穫作業は、関村ら (1987) が示した大麦の播種晩限である 9 月末を前提として、9 月 23 ~ 27 日の 5 日間とした。大麦の耕耘、施肥播種作業は 9 月 28 日 ~ 10 月 1 日の 4 日間として、それぞれ 2 日間とした。

同時作業機では、トウモロコシ-ライ麦体系においては、長大作物の収穫作業期間を 9 月 26 ~ 30 日までの 5 日間、ライ麦の耕耘、播種期間を 10 月 1 ~ 2 日、10 月 3 ~ 4 日、同時作業機の作業期間を 9 月

26日～10月4日の9日間とした。なお、トウモロコシ、ソルガムの播種時期は、一年二作体系を継続できる期日を前提とした。

シミュレーションに使用した降水量は、1985～1995年まで11年間の盛岡市のデータを使用した。

3) シミュレーション結果

同時作業機と個別作業の降水量に基づいた作業シミュレーション結果を表6, 7に示した。

トウモロコシ-ライ麦体系では、表6に示したように、5 ha 作付けの場合は1作目のトウモロコシの施肥播種作業が11年中8年可能となった。2作目のライ麦作付けまでは、同時作業機体系は11年間で7年作業可能となった。基準とした5 haの作業面積を処理できなかった原因は、1987年は同時作業機、1986年、1992年、1994年は堆肥散布作業の処理面積が降雨のために3.1haと減少したためである。個別作業体系ではトウモロコシの収穫作業能率に大きく影響を受けて、作業能率12a/hおよび18a/hの場合はすべて5 haの収穫が出来ず、作業能率が24a/hの場合に7年、ライ麦播種までは6年可能となった。このように同時作業機体系は、フォレージハーベスタの収穫能率が24a/hと高い収穫Ⅲの体系とほぼ同じ面積を処理できた。

ソルガム-大麦体系では、表7に示したように、1作目のソルガム施肥播種作業から施肥播種作業まで5 haの播種が出来たのは11年で5年と少なく、作業期間内に全く作業が出来なかった例が、1986年および1995年と2年あり、盛岡では6月中旬に雨が多い傾向が影響した。ソルガム収穫作業では、作業能率24a/hの場合でも5 ha作業できたのは11年中3年であった。さらに、2作目の大麦施肥播種作業では5 ha作付けできたのは2年のみであった。これに対して、同時作業機では、作業能率12a/hで3年は5 haの面積を処理できた。

4) 考察

寒冷地において、自給粗飼料の単収を向上させるために長大作物と麦類の一年二作体系を行う場合には、長大作物の収穫作業をできるだけ遅くして粗飼料としての品質を確保しつつ、麦類の越冬前の生育を確保するために麦類播種作業を晩限までに終了する必要がある。また、春や秋に降雨が多い我が国の気象条件下では、降雨による作業の中断や延期が避けられない。このような条件では、作業可能な圃場条件となったら迅速に全ての作業を完了することが

重要となる。長大作物の収穫から耕耘、施肥、播種作業を同一工程で行うことができる同時作業機を用いた作業体系は、それぞれの作業を個別で行う作業体系と比較して、作業可能面積の拡大や適期内作業の遂行に効果があると考えられた。しかし、同時作業機は、個別の作業機と比較して構造が複雑で機体全長が大きくなるため旋回性能など操作性が低下する可能性があること、機体質量が増大するため降雨の影響による作業可能な圃場条件がより厳しくなることがあるなどのデメリットも予想される。同時作業機の実用化にあたっては、機体質量の軽量化、構造の簡素化などを十分検討する必要がある。

5) 摘要

寒冷地における長大作物-麦類一年二作体系において、同時作業機による作業体系と個別作業の組み合わせによる作業体系を対象とした作業シミュレーションによる降雨量を基準とした作業シミュレーションを行い、次の知見を得た。

(1)トウモロコシ-ライ麦体系では、作付け面積5 haの場合、トウモロコシの施肥播種作業は11年中8年作業可能であった。さらに、トウモロコシ収穫とライ麦播種が完了したのは、同時作業機は11年中7年となったのに対して、個別作業ではトウモロコシ収穫作業能率が12a/hおよび18a/hでは作業不可能で、24a/hの場合に6年となった。

(2)ソルガム-大麦体系では、作付け5 haの場合にはソルガム播種が降雨で制限されて11年中5年の達成で、ソルガム収穫と大麦播種が完了したのは、同時作業機が3年であるのに対して、個別作業では収穫作業能率12a/hおよび18a/hでは作業不可能で、24a/hの場合は2年であった。

(3)同時作業機の体系では、長大作物収穫作業能率が2倍のフォレージハーベスタを中心とした個別作業体系と同程度の作業可能性を示すとともに、作業期間の短縮などの効果が期待された。

Ⅲ バンカーサイロ作業の機械化

1 バンカーサイロ詰め込み・取り出し作業の機械化における問題点の解明

1) 目的

乳牛飼養管理における給餌作業に要する時間は25.9%を占めており、搾乳作業時間に次いで労力を要する。また、肉牛飼養管理においては68.3% (去勢若齢肥育)、64.1% (乳用おす肥育) と第1位を

占める（農林水産省統計情報部1999）など省力化が求められる作業である。このように労力を要する給餌作業において、年間を通して利用可能な自給粗飼料であるサイレージは通年サイレージ給与といった方向で利用拡大されているが、サイレージ材料の詰め込みや取り出しと給与にかかる作業の機械化・省力化が求められている。

サイレージは、タワーサイロやバンカーサイロなどいくつかの型式のサイロに詰め込み・調製されるが、垂直型のサイロでは施設型の機械化・自動化が、水平型のサイロではトラクタ装着の作業機や専用機等、走行型の機械化が進められてきた。ここでは、バンカーサイロにおけるこれらの機械や作業の特徴について、諸外国を含めた現状を調査して問題点を明らかにする。

2) バンカーサイロにおける材料詰め込み作業

バンカーサイロにおける詰め込み作業は、圃場で収穫したサイレージ材料をダンプトレーラなどの運搬車に積み込みサイロまで運搬する。運搬車がサイロ内に入って材料を荷下ろしした後（写真6）、人力やローダなどで平らに均しながら車輪を用いて自重で踏圧する（写真7）。サイロが一杯になるまで材料の詰め込み、均平、踏圧の操作を繰り返す。最後に、サイロ上面とサイロ端面をビニールフィルムで覆い、空気を遮断する。この時、気密を保つために壁際へフィルムを差し込む、あるいは、壁にフィルムを留めるなどの操作が必要である。

詰め込み作業における材料の踏圧は、サイレージ材料の間隙に存在する空気をできるだけ排除し嫌気条件にして、サイレージ調製における乳酸発酵の開始を早めて良質のサイレージとするために必要であ

る。踏圧作業は、サイレージ発酵が終わり給与のために開封した後に、開封面からサイレージ内部への空気の侵入をできるだけ防いで好気的変敗を防止し、品質を低下させないためにも重要である。踏圧後の埋草密度をできるだけ高くするためには、踏圧のために専用の建設車両など重量車両を用いる場合もある。また、バンカーサイロの場合は、壁面際から空気の侵入があるので、特に壁面近傍の踏圧は重要である。

3) バンカーサイロにおけるサイレージ取り出し作業

バンカーサイロで調製されたサイレージの取り出し作業は、牛に自由採食させる方法から、大型のアンローダを用いる方法まで工夫されている。牛の自由採食法には、バンカーサイロを開封し、柵や電気ショックを与えるカーテンなどを設置して牛が必要以上に入らないように制限しながら自由に採食させる方法（目黒2000）がある。この方法は省力的であるが、同時に利用する頭数に制限があり、サイレージの喰いこぼしや踏みつけによるロスが多い特徴がある。人力取り出し作業では、フォークやサイレージナイフを使用するが、取り出し量が多くなると水分が高い重量物を扱うことやサイレージ独特の臭いがあることなどから、重労働である。機械化作業では、トラクタのフロントローダにフォークを取り付けて行う方法があるが、サイレージを崩しながら取り出すために取り出し断面を荒らす、空気が侵入し好気的変敗が発生するなど品質低下に問題を残している。

そこで、サイレージの取り出し断面をきれいにすることや空気侵入を抑えるために、いくつかの取り出し方法が工夫されてきた。垂直型サイロの取り出



写真6 バンカーサイロにおける材料の詰め込み作業
Photo 6 Forage loading work in bunker silo



写真7 バンカーサイロでのトラクタによる踏圧作業
Photo 7 Forage compressing procedure by tractor in bunker silo

表8 サイレージ取り出し機の種類と性能の概要
Table 8 Working efficiencies of silage unloaders

適応サイロ	機械名	能率 ²⁾ (t/h)	所要動力 ³⁾ (kW)	細断の必要性	機械の形式	給餌方法	備考
垂直型サイロ	グラーブケット式取出機 (Greifer)	12-14	—	有	サイロ施設	自動給餌可能	運搬距離で能率は異なる
	上部取出機 (Obentnahmefrasen)	コン:~9 グラス:~6	最大 11.25	"	"	"	
	下部取出機 (Untenfrasen)	"	"	"	"	"	
	フロントローダ (Frontloader)	—	—	"	トラクタ装置	運搬車	従来から行われていたが、 2次発酵等の問題が多い。
水平型サイロ	サイレージ切断機	5~8	37.5kW以上の トラクタに適應	無	トラクタ前部・ 後部装着	切断したブ ロックを人力で 給餌する	切断するサイレージの大きさ (0.8-1.8m ²)により適應 桁が異なる。
	水平型サイロ取出機 (Flachsilofrasen)	コン:20-30 グラス:6-8	30kW以上の トラクタに適應	有	トラクタ装着・ トラクタ3点リク装着	運搬車、給 餌車(サイレージ ミキサー等)	能率が高く、供試サイレージ も含まれる。
	給餌装置付取出機 (Fraswagen)	コン:6-12	22.5-37.5kW のトラクタに適應	有	3点リク又は 牽引式	給餌車も兼 ねている	ホッパーが2-5m ² まであり適 応桁が異なる。
	水平型サイロ取出機	8程度	7.5程度	必要なものと 無いものがある	サイロ施設	自動給餌可能	研究段階

1) 引用文献 10) に加筆して作成した。

2), 3) 能率、所要動力はその範囲が広いため大まかな数字を示した。

し機と合わせて作業能率や問題点を表8に示した。サイレージ切断機は、サイレージをブロックで取り出すときに、サイレージブロックの側面と奥の面にレシプロ刃で切り込みを入れて切り出すブロックカタ方式である。

また、バンカーサイロでは、材料の踏圧を十分に行くと空気を排除して嫌気条件となり乳酸発酵が迅速に行われるため、高品質のサイレージ調製が可能となる。これを実現するためには埋草密度を高くする必要がある。この場合、材料の自重のみで高密度を達成するためには、タワーサイロのように10mを超えるように高く堆積する必要があるが、サイロ高さが低いバンカーサイロといえどもある程度堆積高さを高くすることも重要である。このため高さが4~5mのバンカーサイロもあり、取り出し可能高さが高いバンカーサイロ用サイレージアンローダも実用化されている。

サイレージ取り出し作業は、材料水分や材料切断長など、材料の違いによる作業のトラブルや能率低下の問題が大きい。微細断されたトウモロコシやソルガムなど長大作物は、フォレージハーベスタやコーンハーベスタなどの収穫機で茎を挟みながら細断するので10mm程度と切断長が短く、長いものは含まれない。しかし、牧草や麦類などは、収穫時の水分が80%以上と高く、サイレージ調製のための最適水分である40~70%に低下させるために、刈り取り後に予乾作業が必要となる。このため、予乾後の拾い上げ・細断作業では、ウインドローに集められ

た材料をピックアップ装置付きのフォレージハーベスタで作業することになる。この作業では、予乾する過程で行われる転草作業や集草作業で材料の並ぶ方向が乱れていること、牧草や麦類では茎の直径が細くフォレージハーベスタのフィードローラによる挟持が十分でないこと、などのために平均切断長が長くなるとともに長い材料が混入するようになる。

さらに、細断後の材料の形状は、長大作物では、茎の直径が20mm程度と大きく切断長が10mm程度の円筒状となるが、牧草や麦類では、扁平な茎葉が主体であり切断長も長く層状に堆積されたマット状となる。このように、材料の特性に合わせた取り出し方法を工夫する必要があり、機械の機構にも違いがある。

サイレージトップアンローダやイギリスの試作取り出し機(Benson et al.1982,Lindsay 1971,Lindsay et al.1973,Lindsay 1980)、我が国の試作アンローダ(生研機構(富樫ら1993)、電力中央研究所(吉野ら1976)など)でも、サイレージ上層から剥がすような機構が考案されている。また、切断刃によりサイレージをブロックとして切り出す機構を付けたサイレージブロックカタが、トラクタのフロントローダやリアマウント作業機として実用化されている。

開封後の給与時において問題となる好気的変敗は、前述したように材料詰め込み時に踏圧を十分に行って埋草密度900kg/m³以上を確保すると、空気の侵入が極めて少なくなり対策はほとんど不要となる。しかし、取り出し方式によっては、取り出し断面を乱したり膨軟にすることで空気が侵入したり、

材料詰め込み時の踏圧が十分に行われなかった場合には、好気的変敗が発生する可能性がある。一般的には、1日の取り出し量が断面の移動距離として30cm以上あれば変敗量が少なく済むと言われているが、取り出し断面に空気遮断操作を行うことが出来れば、踏圧や取り出し方法に関わらずサイレージ品質低下を減少させることが可能と考える。

4) 摘要

バンカーサイロにおけるサイレージ材料の詰め込み作業、サイレージの取り出し作業、使用される機械等を調査し問題点を明らかにした。その結果、次の知見を得た。

(1)バンカーサイロにおける詰め込み作業は、ダンプトレーラなどの運搬車による材料の荷下ろし後、人力やトラクタなどによる均平作業と踏圧作業を行い、ビニールフィルムなどで表面を覆い密封する。この過程では、材料の踏圧がサイレージ品質保持や開封後の品質低下を抑えることとなるので、材料の運搬労力と均平や踏圧のための機械や労力を必要としている。

(2)バンカーサイロの取り出し作業は、労力をほとんど必要としない自由採食から高能率な専用アンローダによる取り出し作業まで、多くの実用化技術が確立されているが、タワーサイロに見られるような自動化作業は実現されていない。とくに、開封後の取り出し作業では、取り出し面からの空気の侵入による好気的変敗の発生を防止することが必要となる。

2 サイレージアンローダによるバンカーサイロ取り出し作業の機械化

1) サイレージ材料別の取り出し性能

(1)目的

バンカーサイロにおけるサイレージ取り出し作業の省力機械化の一例として、アメリカにおいて実用化されており高能率な取り出しが可能と考えられる大型サイレージアンローダを導入・供試して、材料を異にしたサイレージの取り出し性能を検討するとともに、作業上の問題点を明らかにする。

(2)試験方法

①供試機械

供試したサイレージアンローダの構造の概要と主要諸元は、図5、表9に示した(我妻ら1977, 我妻ら1978)。供試機は30kW以上のトラクタを原動機として組み込む方式を採用した取り出し作業専用機で

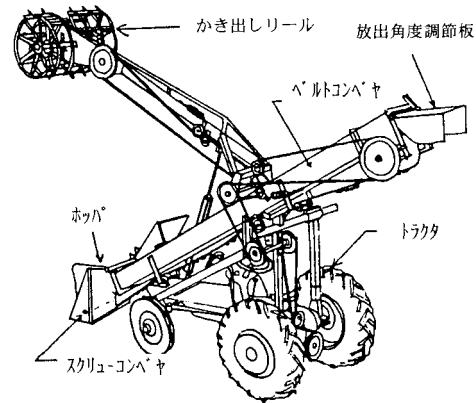


図5 サイレージアンローダ概要図 (Beef型)
Fig. 5 Sketch of silage unloader (Beef type)

表9 サイレージアンローダの主要諸元
Table 9 Dimensions of silage unloader

項目	仕様
形式	Beef型(米国Butler社)
全長(mm)	6,560
全幅(mm)	1,470
全高(mm)	3,510
全質量(kg)	800(トラクタは除く)
リール揚程(mm)	4,600
リール幅(mm)	1,450
リール直径(mm)	880
ベルトコンベヤ幅(mm)	355
掻き出し刃	
ディガースプリング(個)	34
ナイフ刃(個)	41

ある。主要な構造は、掻き出し部、集積・搬送部、動力伝達部および油圧操作部からなる。

掻き出し部は、図6にその展開図を示した直径880mm、幅1,450mmの掻き出しリールと、リールフレームに螺旋状に配置・装着されたナイフ刃、ディガースプリングの2種類の掻き出し刃からなり、掻き出しリールの回転作用によってサイレージを取り出す。掻き出し刃のうち、ディガースプリングが主として掻き出し作業を行い、ナイフ刃はディガースプリングによってできる溝を崩して、掻き出し作用を助ける働きを持っている。本機による作業は模式図を図7に示した。

集積・搬送部はホッパ、スクリュウコンベヤとベルトコンベヤで構成される。掻き出されたサイレージは、ホッパで確実に受けてスクリュウコンベヤで横方向へ送り、ベルトコンベヤで後上方へ搬送し運搬車へ積み込む。ホッパは油圧操作により地上高0~40cmの範囲で上下調節可能である。

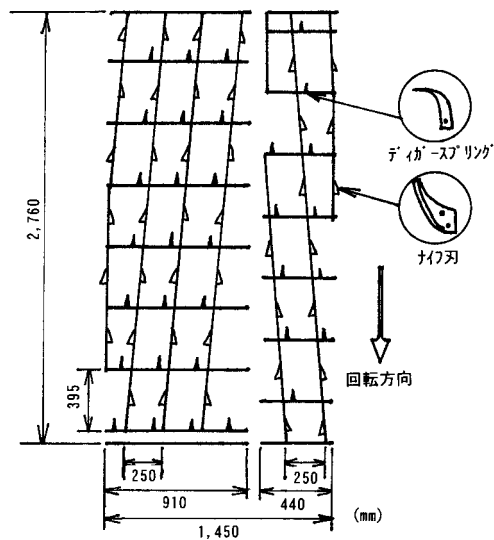


図6 掻き出しリール展開図と掻き出し刃
Fig. 6 Unfolded figure of scratching reel and arrangement of scratching knives

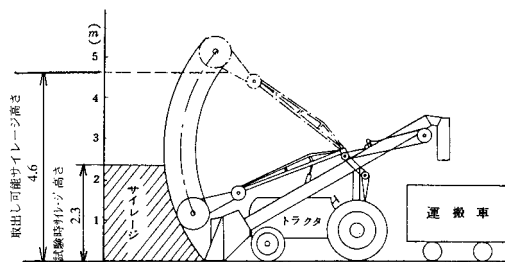


図7 サイレージアンローダ作業模式図
Fig. 7 Working scheme of the silage unloader

動力伝達部は、原動機であるトラクタのPTO軸へ取り付けられたVベルトプーリーを動力源として、C型Vベルトを使用した伝達が主である。また、掻き出しリールとホッパは、それぞれ油圧シリンダを備えて、運転席の操作レバーから別個に昇降可能である。

②作業法と特徴

本アンローダによるサイレージの取り出し作業は、掻き出しリールをサイレージ上面まで上げた後、ホッパをサイロ床面まで降ろしながらサイレージ取り出し面まで前進する。トラクタの前進を停止して掻き出しリールを回転させた後、リールを下降させながらサイレージ取り出し作業を進める。掻き出したサイレージは、ホッパで受けてスクリュコンベヤでホッパ横方向へ集め、ベルトコンベヤで後ろ上方へ搬送・放出し、運搬車へ積み込む。本サイレージアンローダによる取り出し可能なサイレージ高さは、掻き出しリール下部到達高さである4.6 mとなる。



写真8 サイレージアンローダ (トラクタマウント型)
Photo 8 Silage unloader (Tractor mounted type)



写真9 サイレージアンローダ (トラクタリアマウント型)
Photo 9 Silage unloader (Tractor rear mounted type)

本機の構造的な特徴は、①動力源にトラクタを用いて掻き出し部や集積・運搬部を組み込む方式で、トラクタ前向き作業である(写真8)。(トラクタ3点リンク装着式作業機は後ろ向き作業である(写真9))。②掻き出し方式がリール回転式であり、リールの揚程が高く取り出し可能高さが4.6 mと高い(写真10)。スラットコンベヤに刃を付けた方式もあるが、トラクタ3点リンク装着方式であり取り出し可能高さは低い(写真9)。③取り出したサイレージの搬送にベルトコンベヤを使用しており、ブロワによる搬送と比較すると、Lindsay (1971) が指摘するように所要動力が少なくて済む、などである。

③試験材料

供試材料は、牧草、トウモロコシの2作物をフレール型ダイレクトカット式、フレール型ダブルカット式およびシリンダ型の3種類のフォレージハーベスタで収穫して、バンカーサイロで調製した。踏圧は、



写真10 サイレージアンローダ（トラクタマウント型）
（掻き出しリールを上げた状態）
Photo 8 Silage unloader (Tractor mounted type)
（Upper scratching reel position）



写真11 サイレージアンローダによるコーンサイレージ取り出し作業
Photo 11 Corn silage unloading work by silage unloader

表10 サイレージ材料の性状
Table 10 Characteristics of grass and corn before ensiling

サイレージ材料	サイレージ水分 (%) ^{a)}	材料切断長質量割合 (%)							平均切断長 (mm)	密度 (wb, (db)) (t/m ³)	備考	
		0-10mm	10-25	25-50	50-100	100-200	200-300	300-			収穫機 ^{b)}	踏圧
牧草	47.3		9.8	10.0	31.7	25.6	23.0	212	-	F	人力 ^{c)}	
	82.8	13.4	18.8	20.7	26.9	20.2	0	62	1.0(0.172)	W	トラクタ ^{d)}	
	45.9	6.2	31.6	28.6	19.2	14.4	0	53	0.3(0.162)	C	トラクタ	
トウモロコシ	74.3		17.9	17.9	37.3	24.9	2.1	143	-	F	人力	
	62.0		70.7	16.6	10.4	2.3	0	46	0.3(0.114)	W	人力	
	90.7	10.4	76.2	8.7	4.7	0	0	21	0.8(0.074)	C	トラクタ	

a) 80℃ - 48時間乾燥

b) F: フレール型ダイレクトカット式フォレージハーベスタ

W: フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタ

C: シリンダ型フォレージハーベスタ

c) 人力 (約60kg), d) トラクタ (約1,500kg)

細断した材料についてはトラクタで十分に行った。これら6種類のサイレージについて、試験時における材料水分、切断長、埋草密度を表10に示した。

④試験方法

試験は表10に示したように、材料と収穫方法を異にしてバンカーサイロで調製した6種類のサイレージについて行った。なお、調製後のサイレージについて土壌硬度計 (SR - 2型) による硬度測定を行った。さらに、一定時間における取り出し量を計測して作業能率を調査するとともに、掻き出しリールや搬送コンベヤなど各部の動作や取り出し面の状態などを含めた作業上の問題点を検討した。

(3)試験結果

詰め込み後、踏圧し、調製したサイレージの高さ

別の材料密度、貫入深さの測定結果を表11に示した。埋草密度が高いサイレージほど貫入深さが低下する傾向、すなわち硬度が大きくなっていることが明らかとなった。また、供試サイレージ堆積高さは2.5m程度で、中層・下層の貫入深さに一定の傾向は見られなかったが、サイレージ上面から50cm程度までの表層部分は貫入深さが大きくなり、密度が低下し膨軟になる傾向が見られた。

供試したサイレージアンローダによる材料別、収穫方法別のサイレージ取り出し作業性能調査の結果、表12に示したように取り出し作業能率は材料の切断長や踏圧程度 (埋草密度) に大きく影響を受けることが明らかとなった。しかし、サイレージの高さと取り出し能率には一定の傾向は見出せなかつ

表 11 サイレージ材料・高さ別貫入深さ
Table 11 Characteristics of grass and corn silage

サイレージ材料	サイレージ水分 ^{a)} (%)	平均切断長 (mm)	収穫機 ^{b)}	堆積密度(wb,(db)) (t/m ³)	踏圧方法	高さ別貫入深さ ^{c)} (cm)					備 考
						0.5m	1.0	1.5	2.0	2.5	
牧 草	82.8	62	W	1.0 (0.172)	トラクタ ^{d)}	1.0	1.0	2.0	-	-	サイレージ高さは 1.8m
	45.9	53	C	0.3 (0.162)	トラクタ	6.0	4.5	4.4	3.5	8.7	
トウモロコシ	90.7	76	C	0.8 (0.114)	トラクタ	1.0	1.8	1.3	4.3	9.5	
	62.0	21	W	0.3 (0.074)	人力 ^{e)}	貫通	貫通	貫通	貫通	貫通	大コーンでも貫通

a) 80℃ - 48h
 b) W：フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタ
 C：シリンダ型フォレージハーベスタ
 c) SR-2型土壌硬度計に小コーン（断面積2cm²）を取り付けてサイレージ断面に196Nの力で貫入させた時の貫入深さを示した。
 d) トラクタ(約1,500kg)
 e) 人力(約60kg)

表 12 サイレージアンローダの作業性能
Table 12 Performance of silage unloader

サイレージ種類	収穫機	エンジン		掻き出しリール		取り出し量 (wb,(db)) (kg/min)	備 考	
		回転数 (rpm)	回転数 (rpm)	作業幅 (cm)	作業幅 (cm)			
グ ラ ス サ イ レ ー ジ	F ^{a)}	1800	67	150	-	-	作業不能	
		2000	72	150	161(27.7)	161(27.7)	作業順調	
	W ^{b)}	1800	65	150	121(20.8)	121(20.8)	作業順調	
		1800	65	150	150(81.2)	150(81.2)	作業順調	
		C ^{c)}	2000	72	150	162(87.6)	162(87.6)	作業順調
			1800	65	150	-	-	作業不能
コ ー ン サ イ レ ー ジ	F	1800	65	150	-	-	作業不能	
		1600	59	150	166(63.1)	166(63.1)	作業順調	
	W	1800	67	150	200(76.0)	200(76.0)	作業順調	
		1800	67	75	93(35.3)	93(35.3)	リール作業幅1/2	
		C	1600	57	150	900(83.7)	900(83.7)	作業順調
			1600	57	150	800(74.4)	800(74.4)	ディガー・スプリング 取り外し

a) F：フレール型ダイレクトカット式フォレージハーベスタ
 b) W：ダブルカット式フォレージハーベスタ
 c) C：シリンダ型フォレージハーベスタ

た。以下に材料別の性能を示す。

①コーンサイレージ

ロークroppアタッチメント付きフォレージハーベスタで収穫して、トラクタによる踏圧を行ったコーンサイレージの取り出し能率は、掻き出しリール、スクリュウコンベヤ、ベルトコンベヤの作用が順調で、900 kg/min (wb) , 84 kg/min (db) を示した(写真 11)。また、掻き出しリールのディガースプリングを取り外してナイフ刃のみで作業を行うと、800 kg/min (wb) と約 10%程度能率が低下し、ディガースプリングが掻き出し面を崩して切断刃の作用を助ける効果が認められた。

フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタで収穫し、人力踏圧を行い調製したコーンサイレージは、取り出し能率が 166 ~ 200 kg/min (wb) , 63 ~ 76 kg/min (db) と乾物重と比較するとシリンダ型よりもやや低下した。これは、掻き出しリールの作用により一度に多量のサイレージがホッパに落と

されるとスクリュウコンベヤが詰まるので、調節しながら掻き落とす必要があったためである。

さらに、フレール型ダイレクトカット式フォレージハーベスタで収穫し、人力で踏圧を行い調製したサイレージは、サイレージアンローダによる作業はほとんど不可能であった。これは、踏圧が不足して掻き出しリールの作用で一度に多量のサイレージがホッパに掻き出されることによって、切断長が長く流動性の悪いサイレージがスクリュウコンベヤ部に詰まったことによった。

このように、コーンサイレージの場合は、材料の切断長が短いほど作業が順調に行われて取り出し作業能率も高くなった。材料の切断長が長いもの場合は、フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタで収穫した程度の切断長であれば、踏圧を十分に行いサイレージ調製し、リール降下速度を低速で行うことで、能率はやや低下するが作業は可能であると判断された。

②グラスサイレージ

ピックアップアタッチメント付きシリンダ型フォレージハーベスタで収穫し、トラクタで十分踏圧を行って調製した予乾グラスサイレージの取り出し能率は、150 ~ 162 kg/min (wb) , 81 ~ 88 kg/min (db) を示し、乾物基準ではコーンサイレージとほぼ同様の能率を示した(写真 12)。しかし、フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタで収穫し、トラクタで十分に踏圧したグラスサイレージの取り出し能率は、121 ~ 161 kg/min (wb) , 21 ~ 28 kg/min (db) と乾物基準ではシリンダ型と比較して 1/3 ~ 1/4 と低下した。この場合は、写真 13 に示したように爪でサイレージを梳る状態となり、ディガースプリングなどにサイレージが絡みつくこと(写真 14) も加わり能率が低下した。



写真 12 サイレージアンローダによるグラスサイレージ取り出し作業

Photo 12 Grass silage unloading work by silage unloader



写真 14 掻き出し爪に付着したグラスサイレージ
Photo 14 Grass silage caught by scratch knives



写真 13 掻き出しリールが作用したグラスサイレージ表面

Photo 13 Grass silage face scratched by silage unloader reel

また、フレール型ダイレクトカット式フォレージハーベスタで収穫し、人力で踏圧を行い調製したグラスサイレージは、コーンサイレージの場合と同様にスクリーコンベヤ部に詰まりが発生し作業不能であった。

(4)考察

供試サイレージアンローダの取り出し能率について、平均切断長、密度、貫入深さの違いを含めて考察した。平均切断長については、シリンダ型で収穫した場合、トウモロコシが 21 mm、牧草が 53 mm と牧草

で 2 倍以上の長さを示した。これは、Finner (1966) や Law (1976) が指摘するように、予乾牧草の細断ではフォレージハーベスタにウインドローアタッチメントを装着して行うが、トウモロコシに比べて牧草の場合は保持が確実でないために、理論切断長の 2 倍あるいはそれ以上のものが発生する可能性があることによると考えられる。

ダブルカット式で収穫した場合にはトウモロコシ 46 mm、牧草 62 mm とそれぞれシリンダ型と比較して 2.2 倍、1.3 倍と長くなった。これは、ダブルカット式の場合には、シリンダ型の材料を保持しながら切断する機構がないため、切断長が長くなるのである。供試サイレージアンローダのこれらを材料としたサイレージの取り出し能率は、平均切断長が 2.2 倍と長くなったトウモロコシではやや低下した程度であったが、1.3 倍となった牧草では 1/3 以下と低下した。これは、表 11 に示したように、ダブルカット式で収穫し、トラクタで踏圧した材料は、材料水分が高く、サイレージの貫入深さが小さく、サイレージが硬く締まっていることを示している。したがって、Decker (1960)、Lindsay (1971) や Willcocks (1968) が述べているように、牧草はトウモロコシとは異なり葉が扁平で茎も細く、材料の絡み合いが大きく、堆積・踏圧されたときに層をなすマット状となり、掻き出しのための引き抜きエネルギーがトウモロコシと比較して増大するためと推察される。これに対して、トウモロコシでは茎の直径が 20 mm 以上あり、切断長 46 mm 程度でも、材料が層とならずに流動性が維持されたためと考える。

したがって、予乾牧草の場合は、シリンダ型で収穫した場合であっても切断長がトウモロコシより長

くなり、十分な踏圧を実施するとマット状となり、供試サイレージアンローダのようなサイレージを掻き落とす取り出し方式では取り出し能率が低下することが予想された。

(5) 摘要

高能率な取り出し性能を持つバンカーサイロ用サイレージアンローダを供試し、材料および収穫法を異にしたサイレージの取り出し性能を検討した結果、以下の成果を得た。

①コーンサイレージの取り出し作業では、切断長が短いサイレージほど取り出し能率が高く、シリンダ型フォレージハーベスタで微細断したサイレージでは 900 kg/min (wb) , 84 kg/min (db) の能率を得た。しかし、フレール型ダブルカット式では 166 kg/min (wb) , 63 kg/min (db) とやや能率が低下し、フレール型ダイレクトカット式では作業が不可能となった。

②グラスサイレージの取り出し作業では、フォレージハーベスタで収穫した時の切断長が長い傾向となるが、シリンダ型で収穫し十分踏圧した材料では 150 ~ 162 kg/min (wb) , 81 ~ 88 kg/min (db) と、乾物基準ではコーンサイレージと同等の能率を示した。しかし、ダブルカット式で収穫して十分踏圧した材料では、コーンサイレージの能率と比較して 1/3 ~ 1/4 に低下した。サイレージアンローダの取り出し性能と切断長、踏圧による材料密度との関係は、コーンサイレージと同様に切断長が短いほど作業能率が高くなった。

2) サイレージアンローダの理論処理量の試算

(1) 目的

供試したサイレージアンローダの作業能率は、掻き出し部、集積部、搬送部の能率のうち最少の値に制限される。II-2-1) の結果から、供試機の作業能率はサイレージ材料の性状によって大きく変化することが明らかとなった。そこで、供試サイレージアンローダの問題点となったスクリュコンベヤを中心とした各部構造・諸元から、基本的な各部の処理能力を試算し、理論処理量を算出して作業上の問題点を明らかにする。

(2) 試験方法

供試サイレージアンローダのスクリュコンベヤ部とベルトコンベヤ部の構造を調査し、処理量算出のための基礎データを収集するとともに、各部の基準回転速度を測定して理論処理量を算出した。

(3) 試験結果

①スクリュコンベヤの運搬能力

スクリュコンベヤの運搬量の理論値は以下の式で表される。

$$Qt = 60 \eta \cdot \psi (\pi \cdot D^2 / 4) p \cdot \gamma \cdots (1)$$

ここで、 Qt : 運搬量 (t/h)

η : 回転数 (rpm)

ψ : ケーシングの充填率

D : スクリュウの直径 (m)

p : スクリュウのピッチ (m)

γ : 運搬物の見かけ比重 (t/m³)

上式に、 $\eta = 260$ 、 $\psi = 0.3$ 、 $D = 0.31$ 、 $p = 0.31$ を入れると、

$$Qt = 109 \gamma \text{ (t/h)}$$

となる。

②ベルトコンベヤの運搬能力

ベルトコンベヤの運搬量の理論値は、下記の理論式で示される。

$$Qt = 60A \cdot v \cdot \gamma \cdots (2)$$

ここで、 Qt : 運搬量 (t/h)

A : 運搬物の積載断面積 (m²)

v : ベルト速度 (m/min)

γ : 運搬物の見かけ比重 (t/m³)

積載断面積は、ベルト幅 : 0.35 m、堆積高さ : 0.09 m より、 $A = 0.03$ となる。上式に、 $A = 0.03$ 、 $v = 290$ を入れて計算すると、

$$Qt = 548 \gamma \text{ (t/h)} \cdots (3)$$

となる。これは、スクリュコンベヤの運搬量の値 109 γ の約 5 倍となった。これらの試算から、供試サイレージアンローダの理論処理量は最小値であるスクリュコンベヤの運搬量に制限されることを示している。

③スクリュコンベヤの処理能力と材料切断長

理論式で計算されたスクリュコンベヤ運搬量を確認するために、切断長 15 mm、48 mm、60 mm に切断したトウモロコシを供試して運搬量を測定し、結果を図 8 に示した。運搬量は材料切断長が長いほど低下したが、切断長 60 mm のものもスクリュコンベヤのフィンに詰まることもなく処理可能であった。

また、切断長 18 mm における運搬量は、99 γ (t/h) となり、ほぼ理論値 109 γ (t/h) に近い値が得られた。同様に、シリンダ型で収穫したコーンサイレージ (平均切断長 21 mm) の運搬量は、約 115 γ (t/h) と推定され、ほぼ理論値に近い値であった。

(4)考察

細断された材料ではほぼ理論運搬量に近い値が得られたが、切断長が長くなると運搬量は低下した。フレール型ダブルカット式フォレージハーベスタで細断したコーンサイレージは、平均切断長46mmにもかかわらず、若干トラブルが生じた理由は、材料切断長が不均一で100mm以上のものが13%も含まれていること(表10)が原因と考えられた。従って、スクリーコンベヤの能力を發揮させるためには、材料の切断長が短くかつ均一であることが必要であると考えられた。

(5)摘要

大型サイレージアンローダの取り出し能率に影響を与えた各部の構造を基にした理論処理量を試算し、実際の材料搬送試験の結果と合わせた検討から以下の結論を得た。

①供試したサイレージアンローダでは、かき落としたサイレージを側方に搬送しベルトコンベヤに渡す機能を持つスクリーコンベヤが、アンローダの全体としての能率を規制することが明らかとなった。

②スクリーコンベヤは、細断されたトウモロコシではほぼ理論運搬量に近い能率が得られたが、平均材料切断長が長くなると運搬量が低下した。従って、材料切断長と切断長の均一性が取り出し能率を規制する要因であることが示された。

3) 現地におけるサイレージアンローダの性能と問題点の解明

(1)目的

米国で実用化されているバンカーサイロアンローダについて、サイレージ給与を行っている現場における適応性の調査、人力による取り出し作業との作業能率などの比較を行い、その性能を明らかにするとともに作業上の問題点を摘出する。

(2)試験方法

①試験期間および場所

試験期間 1974年11月～1977年1月

試験場所 群馬県畜産試験場

②試験方法

試験場所の群馬県畜産試験場では120頭の乳牛、肉用牛を飼育し、毎年10月～4月頃まで約半年間にわたって日量約800kgのサイレージを給与している。本場で1974年11月から翌年1月までの約3ヶ月間、Ⅲ-2-1)で供試したサイレージアンローダを用いて、細断したコーンサイレージとグラスサ

イレージの取り出し、積み込み作業を行い、現場における性能や利用上の問題点の解明を行うとともに、人力取り出し作業との比較を行った。

(3)試験結果

使用したバンカーサイロとサイレージアンローダの関係は、図9に示した。このように、サイロ間口が3mとアンローダ全幅1.45mの2倍程度しかないので、サイロ内でのアンローダの走行が不便であったが、取り出し作業において側壁部にサイレージを残すこともなく作業できた(写真15)。

サイレージアンローダによる取り出し、積み込み作業と人力作業との比較を表12、13に示した。作業時間から見ると、供試サイレージアンローダは、人力取り出し作業と比較して、コーンサイレージで1/8～1/14、グラスサイレージでは1/4～1/6に短縮された。また、聞き取り調査によれば、サイレージアンローダの利用は、コーンサイレージの取り出し作業よりもグラスサイレージの取り出し作業に多く利用されたとのことであった。

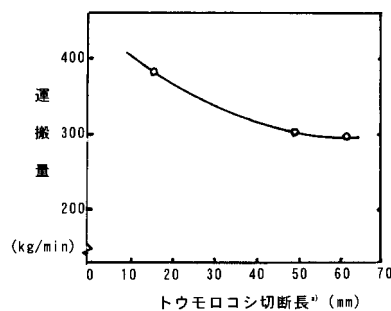


図8 トウモロコシ切断長とスクリーコンベヤ運搬量

Fig. 8 Transport ability of screw-conveyor plotted against cut length of maize

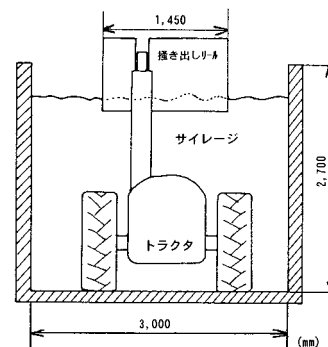


図9 供試バンカーサイロとサイレージアンローダ

Fig. 9 Working operation of silage unloader in a bunker silo



写真 15 サイレージアンローダと運搬車

Photo 15 Silage unloader and transportation vehicle

サイレーズのアンローダによる取り出し断面は、掻き出しリールの爪の作用で均一な断面となっており、断面からの空気の侵入は少ないと考えられた。一方、掻き出されたサイレーズは、掻き出し作用や搬送作用で空気にさらされており、長時間放置すると好気的変敗による品質低下が問題となることも予想されたが、11月から1月の間は冬季で気温が低いこともあり、給餌における品質低下の問題は発生しなかった。

(4)考察

コーンサイレーズの取り出し作業では、サイレーズアンローダを使用することによって取り出し作業の時間が1/10に短縮されるが、①1日の取り出し量が800 kg程度とサイレーズアンローダの取り出し能率と比較してあまり多くないこと、②給餌先が数ヶ所に分かれており試験牛に応じて個々に秤量して給餌する必要があること、③細断されたコーンサイレーズは人力による取り出しが比較的容易であることなどから、サイレーズアンローダの使用は少なかったと考えられた。

グラスサイレーズの取り出し作業では、サイレーズアンローダの操作に不慣れであったこともあり、能率が十分発揮されず省力効果は1/5程度と限られたが、グラスサイレーズの人力取り出し作業が重労働であるため、サイレーズアンローダが積極的に使われて使用回数が多くなった。このように、グラス

表 13 人力によるサイレーズ取り出し作業

Table 13 Work efficiency of manual silage unloading

サイレーズ種類 (収穫機)	作業人員 (人)	取り出し時間 ^{a)} (min)	取り出し量 (wb(db)) (kg)	能率 (wb(db)) (kg/min)	備考
グラスサイレーズ (W ^{b)})	2	19.42	670(115.2)	34.5(5.9)	サイレーズ17
" (C ^{c)})	2	6.83	450(243.5)	32.0(17.3)	"
コーンサイレーズ (C)	2	9.33	840(78.1)	45.0(4.2)	取り出し高さで 能率は異なる

a) サイレレーズを運搬車に積み込むまでに要した時間

b) W：フレール型ダイレクトカット式フォレーズハーベスタ

c) C：シリンダ型フォレーズハーベスタ

サイレーズの取り出しの機械化、能率向上が重要であることが明らかとなった。

(5)摘要

群馬県畜産試験場において、大型サイレーズアンローダを約3ヶ月間使用し、サイレーズ給与現場での作業上の問題点を究明し、以下の成果を得た。

①供試機の取り出し作業能率はコーンサイレーズでは人力の10倍と高いが、給与量が800 kg/d程度の場合には、人力やフロントローダなど他の方法でも容易に作業が可能で、高効率なアンローダを使用するメリットが少なかった。

②グラスサイレーズでは、供試アンローダの取り出し能率は約1/5とコーンサイレーズと比較して低い、フロントローダでは作業不可能であり、また人力での取り出し作業は重労働となるので、サイレーズアンローダが積極的に利用された。

③サイレーズ取り出し作業の機械化では、グラスサイレーズの取り出し機械化、作業能率の向上が重要であると判断された。

IV サイレレーズ詰め込み・取り出し装置によるバンカーサイロ作業の自動化

1 サイレレーズ詰め込み・取り出し装置の設計と1号機の性能試験

1) 目的

バンカーサイロにおける材料の詰め込み作業、取り出し作業の自動化と、サイレーズ調製品質向上ならびに開封後の品質低下防止をねらいとしたサイレーズ詰め込み・取り出し装置（以下、サイロ装置と称する。）の設計目標を提示し、基本構造を設計する。

さらに、設計目標に基づき、サイロ装置試作1号機各部の構造と機構を決定し試作するとともに、各部の性能を検討する。

2) バンカーサイロ作業の特徴

バンカーサイロの特徴は、①サイロ施設費が気密

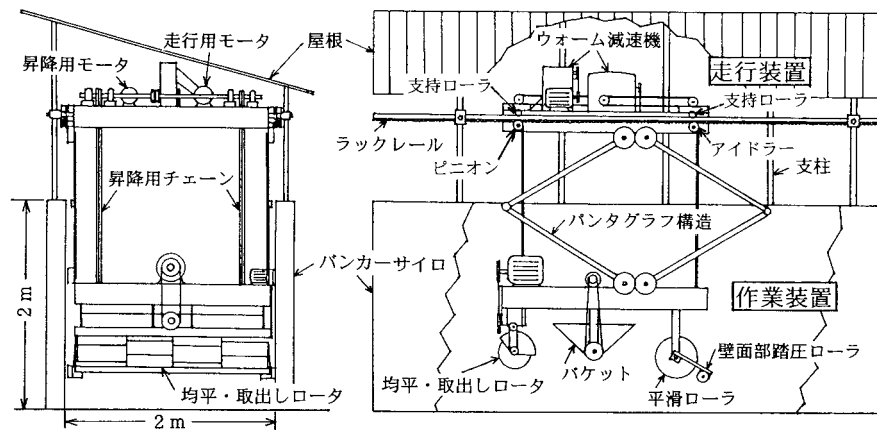


図10 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作1号機

Fig. 10 Silage loading and unloading device prototype 1

サイロと比較して安価である、②材料の種類、切断長や水分等の条件に対する適応性が大きく、70%以上の高水分材料なども調製可能である、③取り出し装置が故障してもローダを利用するなどの他の方法で代替が可能である、などのメリットがある。しかし、①サイロ上面と取り出し面に開口部がある、②サイロ上面をプラスチックフィルムで被覆するのが難しい、③開封後の変敗が発生しやすいなどに問題が残されている。

バンカーサイロにおけるサイレージ材料の詰め込み作業は、Ⅲ-1-2)で概括したように、一般的にはダンプトレーラやフォレージワゴンに積載した材料をサイロ内へ排出し堆積した後、フロントローダやブレードを装着した大型トラクタを使用して均平を行いながら車輪を用いて踏圧する方法が主流である。これらの方法では、均平・踏圧専用の車両と労力を必要としており、忙しい秋の収穫作業の中でさらに多くの組作業員を必要とする点に問題を残している。

バンカーサイロにおけるサイレージの取り出し作業の特徴は、①サイレージ水分が40~70%と高いために乾草などと比較して約2倍の重量物のハンドリングとなる、②サイレージ発酵過程で発生する有機酸によるサイレージ独特の臭いがある、③近年は多頭飼養により給餌の取扱量が増大する、などの理由から自動化への要請が強い。このため、Ⅱ-1-3)で概括したように、サイレージカッターを利用した人力取り出しから、サイレージを掻き出す方式や切り出す方式などのトラクタ用作業機が欧米諸国において実用化されているのが現状である。さらに、

イギリス (Benson et al.1982,Lindsay 1971,Lindsay et al.1973,Lindsay 1980) や日本 (吉野ら 1976) においてバンカーサイロを装置化して自動取り出しの研究が行われたが実用化には至っていない。

3) サイレージ詰め込み・取り出し装置の設計目標

バンカーサイロの構造上の特徴やバンカーサイロの詰め込み・取り出し作業の特徴を検討し、装置の汎用利用による粗飼料生産コストの低減、作業の自動化による人力作業の排除、詰め込み・取り出し作業の高精度化によるサイレージ品質の維持をねらいとして、サイロ装置の開発目標を以下のように設定した (矢治ら 1991, 矢治ら 1991)。

①装置の汎用利用によるコストの低減をめざして、サイレージの詰め込み作業と取り出し作業の両作業に使用可能な基本構造とする。

②詰め込み作業では、埋草密度を向上させてサイレージ品質の向上を図るために、踏圧作業を改善する。

③取り出し作業では、好気的変敗を防ぎ品質の維持と損失の低減を図るために、貯蔵サイレージ内部への空気の侵入を減少させる。

④作業者の重労働の解消とサイレージ臭からの開放を図るために、マイクロコンピュータを使用した詰め込み・取り出し作業の自動化を実現する。

4) 試作1号機の構造と諸元

サイロ装置試作1号機の概要は、図10、写真16、表14に示した (矢治ら 1998)。

①基本構造

サイロ装置試作1号機は、試験用小型バンカーサ



写真 16 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1号機

Photo 16 Silage loading and unloading device prototype 1

表 14 試作 1号機の諸元

Table 14 Specifications of prototype 1

項 目	諸 元
全 長(mm)	2,170
全 幅(mm)	2,250
全 高(mm)	3,300
全 質 量(kg)	820
作業装置質量(kg)	520
最大上昇高さ(mm)	1,500
最大積載量(kg)	80
水平移動速度(mm/s)	40
垂直移動速度(mm/s)	40

イロ（間口 2 m × 高さ 2 m × 奥行き 10 m）の左右の壁上部に設けたラックレールと走行装置、作業装置で構成する。

ラックレールは、果樹園モノレール用（50 mm × 50 mmの角パイプに幅 18 mm、高さ 23 mm、ピッチ 35 mmの波状ラックを溶接したレール：以下レールと称する）を使用し、バンカーサイロの左右の壁上部に約 1 m毎に立てた鋼管（直径 34.8 mm）を支柱として設置した。支柱は、コンクリートサイロ壁に取り付け金具とアンカーボルトで固定した。左右 2本のレールの設置にあたっては、レール間を走行装置が走行するので、レール間距離を正確に設定する必要がある。なお、レールの支柱はレール高さより長く設



写真 17 試験バンカーサイロに設置した屋根
Photo 17 Roof attached to test bunker silo

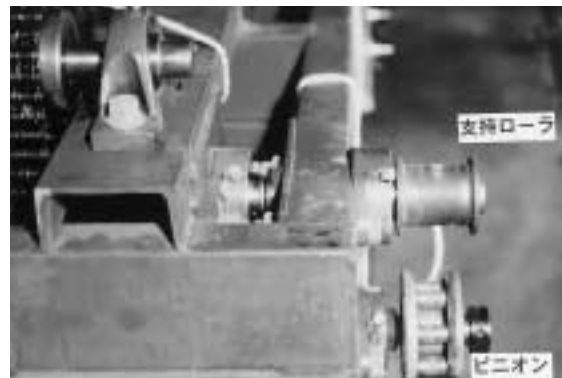


写真 18 前部支持ローラとピニオン
Photo 18 Front supporting roller and pinion gear

定し、バンカーサイロの屋根を保持させて、サイレージ品質低下の一因となる壁際からの雨水の浸入防止を図った（写真 17）。

②走行装置

走行装置は、フレーム、走行駆動部、昇降駆動部、パンタグラフ構造（図 10）からなり、作業装置を懸架するとともにサイロ内所定位置へ水平移動、垂直移動させる機能を持つ。走行装置のレールへの支持は、フレームの左右に取り付けた前後それぞれ 2 個、合計 4 個の支持ローラで、走行装置と作業装置を合わせた全重を支える方式とした。支持ローラ（モノレール部品：直径 63 mm、幅 65 mm、高さ 7 mmの鍔付き）はレール上面（波状ラックがないレールの平滑部）に位置し、走行装置と作業装置の全重を支えつつ回転走行する（写真 18）。装置の水平移動においては、前部支持ローラの下方にレールを挟むように位置し、レール下面の波状ラックと噛み合う左右一組のピニオン（モノレール部品：直径 100 mm、幅 48 mm、6 歯）を一本の駆動軸に取り付けて（写真 18）、

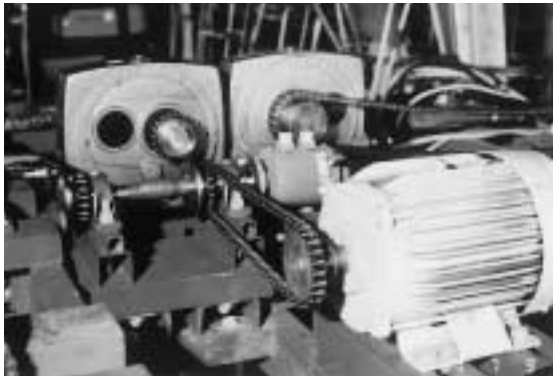


写真 19 走行装置水平移動用モータと減速機
Photo 19 Motor and reduction gear for back and forward movement of moving device



写真 21 試作 1 号機の作業装置
Photo 21 Working device of prototype 1



写真 20 作業装置昇降用モータと減速機
Photo 20 Motor and reduction gear for up and down movement of working device



写真 22 試作 1 号機のかご形リムに取り付けた爪
Photo 22 Knife welded to driving harrow limb

1/200 の減速機を介してモータ（3 相 200V, 3.7kW）で正逆転させることにより前進、後退して所定位置まで移動する（写真 19, 図 10）。なお、後部には走行装置がレールから外れることを防止するために、ピニオンの代わりにアイドラー（モノレール部品：直径 100 mm, 幅 48 mm）を取り付けた（図 10）。

作業装置の垂直移動においては、走行装置と作業装置を繋ぐ 4 本のローラチェーン（50 番 2 連）を、前部と後部の 2 本の巻き上げ軸にそれぞれ左右 2 個ずつのチェンホイールを取り付けて、減速機（1 / 200）を介してモータ（3 相 200V, 1.5kW）により巻き上げ、巻き降ろして、所定高さへ昇降させる（写真 20）。なお、減速機はラックとピニオン方式のものを使用して、モータ電源を切った時に作業装置が自重により落下することを防止した。さらに、作業装置が水平移動時に慣性力を受けた時や均平や取出し作業中に水平方向の力を受けた場合に、常に水

平姿勢を保つように、上下の節点を歯車で噛み合わせたパンタグラフ構造（図 10）を設けた。

③作業装置

作業装置は、材料の詰め込み作業に使用する装置、サイレージ取り出し作業に使用する装置と両作業に使用する共通部から構成した（写真 21）。

均平・取り出しロータは、詰め込み作業では材料の均平に使用し、取り出し作業ではサイレージの掻き出しに使用する。均平・取出しロータは、かご形リムに爪（高さ 70 mm, 厚さ 6 mm, 幅 45 mm, 写真 22）を溶接した水田用ロータリハロー（S 社製, BG-180, サイドドライブ式）を利用し、作業装置前部に取り付けた。駆動は、ロータリハロー PTO スプライン軸に V ベルトプーリを取り付けて、モータ（3 相 200V 7.5kW）で駆動した。

バケットは、詰め込み作業では材料の搬入のための運搬装置として、取り出し作業では取り出したサ

イレージ搬出のための運搬装置として使用する。バケットは断面が三角形で容積約 0.1 m³として、底部に設けた軸を中心にモータ（単相 100V, 120W DC モータ）により排出のための回転を可能にするとともに、前端部に排出ロータ（直径 160 mm, 3 相 200V 1.5kW モータ駆動）を設けて強制的な掻き出し作用による均一な排出が可能となるようにした。

なお、装置各部に使用したモータは各種試験条件にも対応できるように出力に余裕を持たせてある。

バンカーサイロに詰め込む材料の踏圧は、サイレージの品質を向上させるためには重要な作業であり、迅速にかつ材料密度を高くする必要がある。機械による踏圧作業は、従来からのトラクタを用いる方法や大規模サイロではブルトザや広幅タイヤローダなど建設用車両も用いられている。しかし、開発したサイロ装置試作 1 号機の作業装置質量は 500 kg 程度とトラクタ等の車両に比較して軽量なため、搬入した多量の材料を一度に踏圧することは出来ない。したがって、材料を薄い層としてかつ均平な条件で踏圧作業を行う必要がある。さらに、機械による踏圧では、サイロ壁際の材料の踏圧を十分に行うことが品質低下や損失増大を防ぐために重要である。そこで、まず、踏圧ローラと左右一組の壁面部踏圧ローラを組み合わせた方法を検討した。

壁面部踏圧ローラは、左右のサイロ壁近傍を踏圧するために、直径 100 mm, 幅 150 mm の鋼製で、質量は 15 kg とした。平滑ローラは直径 340 mm, 幅 1800 mm の塩化ビニル製である。なお、壁面部踏圧ローラの支持は、平滑ローラ左右端から平行リンク方式で常に左右に張り出すとともに、独立して上下する構造である（写真 23）。



写真 23 壁面踏圧ローラ
Photo 23 Side compression roller

5) 試験方法

① 走行装置・昇降装置の性能と詰め込み作業

走行装置・昇降装置各部の動作を確認し、作業速度を調査した。詰め込み作業では、圃場から収穫した材料のバンカーサイロ内へ搬入し均平・踏圧する作業装置の各部動作の確認と、一連の作業方法の手順ならびに材料の散布と均平の状態、踏圧ローラによる踏圧程度などの検討を行った。

サイロは、試験用小型バンカーサイロ（間口 2 m × 高さ 2 m）の一区画（奥行き 2 m）を使用した。材料の詰め込みは、厚さ約 20 cm に散布して層毎に踏圧する方法を繰り返す層別踏圧法とした。材料は、長大作物としてソルガム、牧草として予乾オーチャードグラスを用い、これらの材料水分と平均切断長は表 15 に示した。

表 15 サイレージ材料と調製結果
Table 15 Materials of silage and ensiling results

材料種類	オーチャードグラス	オーチャードグラス	ソルガム
品 種	キタミドリ	キタミドリ	FS902
材料含水率 (%wb)	56.1 (予乾)	60.9 (予乾)	76.1
平均切断長 (mm)	66.2	49.3	
埋草密度 (wb (db), kg/m ³)	318 (139.6)	334 (130.6)	490 (117.1)
取り出し時全質量 (kg, wb)	1,207	1,424	4,181
良品質量 ^{a)} (kg) (割合%)	1,152 (95.4)	1,238 (86.9)	3,813 (91.2)
pH	4.8	4.9	4.2
詰め込み日	90.7.24	90.8.7	90.10.31
取り出し日	90.9.3	90.9.3	90.12.17

a) カビ、腐敗を除いた給与可能なサイレージ

② 取り出し作業

取り出し作業は、試作した均平・取り出しロータの動作と取り出し作業手順の確認を行うとともに、サイレージの種類と、作業装置の取り出し性能である取り出しロータ回転数と取り出し能率を検討した。サイレージは、試験用バンカーサイロで調製した材料（表 15）を用いた。

6) 試験結果

① 走行装置・昇降装置の性能と詰め込み作業

走行装置は、支持ローラによる装置全質量の支持とピニオンによる装置の水平移動は順調に行われ、走行駆動部のモータ回転数の調整により、作業速度 40 mm/s までの前進後退が可能であった。昇降装置は、昇降駆動用のモータ回転数の調整により、速度 40 mm/s までの作業装置の昇降が可能であった。従って、バンカーサイロ壁面に設置したレール等の施設、ならびにラックとピニオンによる走行、ギヤとチェーンによる昇降については、本方式が有効であ



写真 24 アンローディングボックスと試験バンカーサイロ

Photo 24 Unloading box and test bunker silo



写真 25 試作 1 号機の詰め込み作業

Photo 25 Loading work by prototype 1



写真 26 搬入口と取り出し口に設置した仕切り板

Photo 26 Partition boards attached to bunker silo

ることを確認した (矢治ら 1991)。

材料詰め込み作業時には、アンローディングボックスに一時貯留した材料を、ベルトコンベヤからバケツに積み込み、サイロ搬入口から材料を排出しながら均平・取出しロータで均平にしつつ取出口へ移動する (写真 24)。次に、戻り工程で再度均平を



写真 27 サイロ装置で詰め込まれたソルガムサイレージ

Photo 27 Sorghum silage loaded by silage loading and unloading device prototype 1

行うとともに材料を踏圧する。所定の高さには達するまでこの動作を繰り返す (写真 25)。

バンカーサイロの両端 (搬入口と取り出し口) は、踏圧する材料の高さに応じた仕切板を設置して垂直な端面を形成する (写真 26)。これにより、サイロの容積効率が高まるとともに、本装置が端面まで十分に踏圧することにより、変敗による品質の低下や損失を抑えることが可能となった。

本方式で堆積貯蔵したサイレージは、良品比率が予乾オーチャードグラスサイレージで 95.4 および 90.1 %、ソルガムサイレージで 91.2 % を示し、pH はそれぞれ 4.8、4.9、4.2 と品質は良好であった (表 15、写真 27)。

②取り出し作業

サイレージ取り出し作業時には、均平・取り出しロータでサイレージを掻き出しながらバケツに受ける。バケツが一杯になったら掻き出しを停止して、作業装置を上昇させながらサイロ後方へ移動し、給餌装置へつながるベルトコンベヤにサイレージを排出する (写真 28, 29)。

均平・取り出しロータによる取り出し能率は表 16 に示したように、予乾オーチャードグラスサイレージで 20 ~ 46 kg/min (wb)、8 ~ 17 kg/min (db)、ソルガムサイレージで 68 ~ 226 kg/min (wb)、23 ~ 77 kg/min (db) であった。下降速度と切り込み深さが同じ条件では、ソルガムサイレージが 3 倍以上能率が高く、グラスサイレージが取り出しにくい傾向を示した (矢治ら 1992)。

7) 考察

サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機



写真 28 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機によるソルガムサイレージの取り出し作業

Photo 28 Sorghum silage unloading work by silage loading and unloading device prototype 1



写真 30 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機によるグラスサイレージ取り出し作業

Photo 30 Grass silage unloading work by silage loading and unloading device prototype 1



写真 29 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機によるソルガムサイレージ取り出し面

Photo 29 Sorghum silage unloading surface by silage loading and unloading device prototype 1



写真 31 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機によるグラスサイレージ取り出し面

Photo 31 Grass silage unloading surface by silage loading and unloading device prototype 1

表 16 サイロ装置試作 1 号機によるサイレージ取り出し性能

Table 16 Silage unloading efficiency by prototype 1

サイレージ種類	オーチャードグラス			ソルガム	
	242	242	323	181	181
取り出しロータ回転数 (rpm)	242	242	323	181	181
下降速度 (mm/s)	40	20	20	20	40
切り込み深さ (mm)	100	50	100	50	150
取り出し能率 (wb (db) (kg/min))	45.6 (23.1)	20.3 (10.3)	29.1 (14.8)	68 (23.1)	226 (76.6)

は、走行装置については各部機能等に問題はなかったが、レール端や昇降チェーン端に暴走防止のための安全装置として、リミットスイッチを取り付けることが必要と考えられた。作業装置については、詰め込み時の踏圧ローラと取り出し作業時の均平・取り出しロータに作業精度上の問題が残った。

機械踏圧を行うための壁面部踏圧ローラは、切断長が短いソルガムでは順調な作業が可能であったが、予乾オーチャードグラスでは、切断長が長く膨軟な条件でローラ沈下量が大きく材料を引きずることがあった。これはローラ（直径 100 mm、幅 150 mm、質量 15 kg）が未踏圧の材料にめり込むことが原因と考えられた。このため、試作 2 号機では、壁面部踏圧ローラを取り外してサイロ全幅の 1 本のローラとすることとした。

ソルガムサイレージの取り出し作業では、材料の切断長が短く掻き出しが容易であるため、均平・取り出しロータ回転数、回転方向による取り出し量の変化はほとんどなく、下降速度が速くなると能率が高くなった。

オーチャードグラスサイレージの取り出し作業では、予乾牧草のため材料切断長が長く材料のからみつきが大きいことなどから、均平・取り出しロータによる掻き出し作用のみでは掻き出す量が限られ、取り出し方式や爪の形状の改良が必要と考えられた(写真 30, 31)。

また、本均平・取り出しロータは、サイドドライブ方式のためにチェーンケース部に掻き出すことが出来ない部分がある点に改善が必要と考えられた。

8) 摘要

バンカーサイロの詰め込み・取り出し作業の機械化・自動化のために、バンカーサイロの特徴や詰め込み・取り出し作業の機械化の現状を検討するとともに、自給粗飼料を前提としたサイレージ生産コスト低減、自動化による作業の省力化、高精度化をねらいとした設計目標を設定した。さらに、試験用小型バンカーサイロ用のサイレージ詰め込み・取り出し装置試作 1 号機を開発し、その性能を検討した。結果の要約は以下の通りである。

(1)設計目標は、①詰め込み作業と取り出し作業に汎用利用できる構造、②踏圧精度改善によるサイレージ品質の向上、③好気的変敗の防止による品質の維持、④自動化による作業の省力化と軽労化、の 4 点である。

(2)サイロ装置は、左右のバンカーサイロ壁上部に設置したラックレールを走行する走行装置と走行装置に懸架された作業装置で構成する。作業装置は均平・取り出しロータとバケットからなり、材料の詰め込み作業と取り出し作業の両方に使用する。

(3)詰め込み作業は、バケットに積んだ材料を均平・取り出しロータで掻き出しながらサイロ内に散布し、戻り工程で均平にしながら踏圧を行う。層別踏圧で埋草密度 $318 \sim 490 \text{ kg/m}^3$ (wb) , $117 \sim 140 \text{ kg/m}^3$ (db) を示し、サイレージ調製品質は良好であった。

(4)取り出し作業は、均平・取り出しロータでサイレージを垂直に掻き出しながらバケットに積み込む方法である。最大取り出し能率は、ソルガムサイレージ 226 kg/min (wb) , 77 kg/min (db) 予乾オーチャードグラスサイレージ 45 kg/min (wb) , 18 kg/min (db) を示した。

(5)1号機の改良を必要とする点は、走行装置に暴走防止のリミットスイッチを取り付けること、壁面部踏圧ローラと均平・取り出しロータをグラスサイ

レージにも対応できるように取り出し方式や爪の形状を改良すること、などであった。

2 サイレージ詰め込み・取り出し装置 2 号機の試作と性能試験

1) 目的

IV-1-7) で考察したように、踏圧ローラ、均平・取り出しロータ、切断装置などの改良を行い製作したサイロ装置試作 2 号機について、各部の動作と性能を究明する。

2) 試作 2 号機の構造と諸元

サイロ装置試作 2 号機の構造と諸元は表 17、写真 32、図 11、に示した(屋代ら 1993)。

表 17 試作 2 号機主要諸元

Table 17 Dimensions of prototype 2

項 目	諸 元
全 長(mm)	2,170
全 幅(mm)	2,250
全 高(mm)	3,300
全 質 量(kg)	1,200
作業装置質量(kg)	900
最大上昇高さ(mm)	1,500
最大積載量(kg)	120
水平移動速度(mm/s)	10,20,40
垂直移動速度(mm/s)	10,20,40
均平・取り出しロータ回転数(rpm)	200
排出ロータ回転数(rpm)	50
搬送コンベヤ移動速度(mm/s)	0-10



写真 32 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 2 号機 (サイレージ上部に上昇した状態)

Photo 32 Silage loading and unloading device prototype 2 (Upper position over silage)

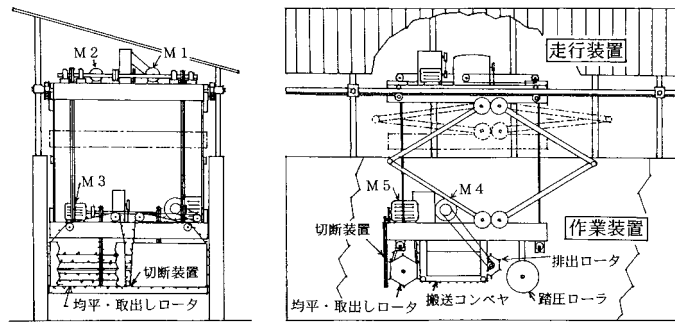


図 11 サイレージ詰め込み・取り出し装置試作 2 号機 (M1 ~ M5 は図 13 に対応するモータ)
 Fig. 11 Silage loading and unloading device prototype 2 (M1 ~ M5 : Motors correspond to Fig 13)

(1)試作 2 号機

①踏圧ローラ

IV-1-7) で指摘したように、バンカーサイロ壁際の踏圧用に製作した壁面部踏圧ローラは、質量が大きく直径が小さかったために、切断長が長い予乾牧草ではローラ沈下量が大きく牧草を引きずり、十分な踏圧性能を発揮しなかった。また、壁面部踏圧ローラが中央の踏圧ローラの後方に位置することは、装置全体を長くして自動作業を難しくする。このため、踏圧ローラはサイロ幅一杯の 1 本の平滑ローラとすることにした。ローラ直径は 340 mm で塩化ビニル製とした。なお、作業装置への支持は後端から 200 mm の位置とした。

②均平・取り出しロータ

試作 1 号機の均平・取り出しロータは、市販のサイドドライブ方式のロータリハローを利用したため、サイレージ取り出し作業で駆動チェーンケース部分が掻き出し不可能となった。このため駆動方式を含めて均平・取り出しロータの構造を変更した。

駆動方式の変更は以下の 2 点である。まず、ロータ径とほぼ同じ直径 (340 mm) のチェーンホイール (写真 33) を 2 ヶ所に設置するとともに、駆動用のチェーンとしてアタッチメント付きローラチェーン (40 番, 6 ピッチ毎にアタッチメントを取り付けるためのフィンがリンクプレートについている) を使用し、取り出し刃を取り付けて駆動力の伝達と同時に掻き出し作業を行えるようにした (写真 34)。

さらに、ロータを作業装置フレームに懸架するためのアームを、チェーンが走行する内側へ配置し、駆動と懸架を兼用させて取り出し不可能部分を無くす構造とした。また、取り出し時の負荷変動を少なくするために、かご形ロータを中央から左右に 2 分割し、取り出し刃を螺旋状に配置する構造とした。



写真 33 均平・取り出しロータ駆動用チェーンホイール

Photo 33 Driving chain wheel of leveling and unloading rotor

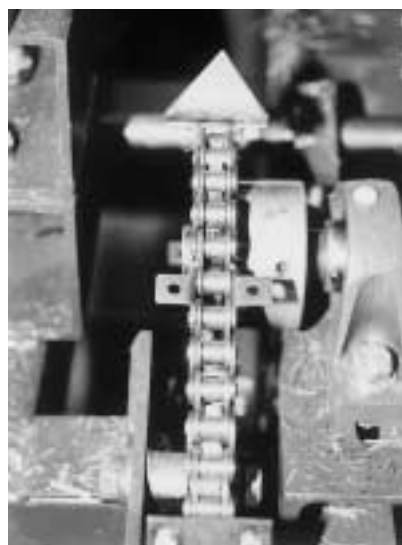


写真 34 駆動用チェーンと取り出し刃

Photo 34 Driving chain and unloading knife



写真 35 取り付け刃のねじれ状態
Photo 35 Twisted knife of unloading rotor

さらに、取り出し時にはダウンカットでサイレージが運搬装置中央に集中して装置外への飛散が少ないように、均平時には作業方向に対してアップカットで材料が壁際へ分散されるように、左右外側の取り付け刃にねじれ角をつけて（写真 35）、飛散方向を制御した。取り付け刃は、硬鋼板を用いた三角形状のもので、刃をつけた後に焼き入れを行った。バンカーサイロ壁際への対応として、壁面用ブラシ（線径 2.5 mm ナイロン製）を取り付けて、ブラシが壁面に常に接触してサイレージを掻き落とす方式とした。

③切断装置

予乾牧草を材料としたサイレージでは、細断されたソルガムなどと比較して材料の絡みつきが大きい。このため、均平・取り出しロータの爪による掻き出し作用だけでは牧草サイレージの取り出しが困難であった。そこで、グラスサイレージ用の切断装置を設計試作した（図 12）。

グラスサイレージ取り出し用の切断装置は、絡みつきが大きいサイレージに切断面を入れて、均平・



写真 36 チェーン切断方式の切断装置
Photo 36 Cutting device using chain cutting mechanism

取り出しロータの掻き出し作業を順調に行わせるとともに、取り出し断面を齊一にかつ垂直に形成する作用を持つ。切断装置は左右に 2 分割して作業装置前面に配置し、チェーン切断方式とした。左右それぞれのチェーンはアタッチメント付きローラチェーン（40 番）に切断刃を取り付けた構造である（写真 36）。なお、切断装置は、チェーンの幅約 15 mm に相当する切断溝を作成するために、切断刃は直刃と左曲がり・右曲がりの掻き出し刃を 3 枚 1 組として、それぞれチェーン 6 ピッチ（約 76 mm）毎に装着した（写真 37）。さらに、切断したサイレージを上部へ排出するために、左右の切断刃は中央部で重複させるとともに、互いに干渉しないように一定間隔でチェーンに配置し、同一のモータ（3 相 200V、

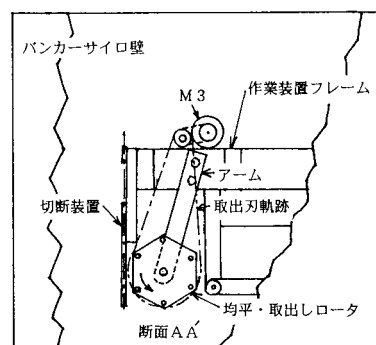
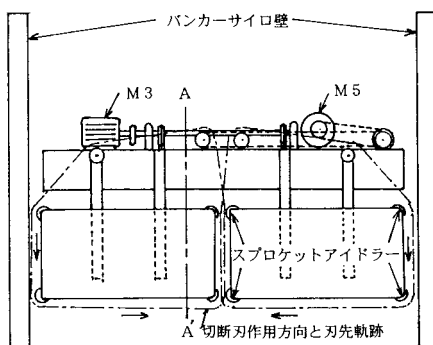


図 12 改良均平・取出しロータと切断装置
Fig. 12 Improved unloading rotor and cutting device



写真 37 チェーンと切断刃
Photo 37 Chain and cutting knife



写真 38 搬送コンベヤ
Photo 38 Transport conveyer

3.7kW) からギヤ列を介して同期して駆動した。

④搬送コンベヤ

試作 1 号機のバケットは、バケット傾斜角度調節と排出ロータの掻き出しによる作用で均一に散布しようと試みた。しかし、バケット傾斜角度の変化による排出では、材料が間欠的に落下することが避けられなかった。このため、試作 2 号機では堆積した材料を強制的に排出口へ移動させるためのスクレーパコンベヤと、排出ロータからなる搬送コンベヤを設計試作して用いた。

搬送コンベヤは、詰め込み作業時には材料をサイロ内へ運搬・排出する作用を、取り出し時には取り出されたサイレージを受けて堆積し運搬する作用を持つ。構造は、スクレーパコンベヤ（幅 1,940 mm、スクレーパ取り付けピッチ 160 mm、コンベヤ速度 0 ~ 10 mm/s）及び三角形の爪（底辺 15 mm、高さ 20 mm）を付けたアングル鋼材をかご形に配置し、回転させて材料を強制的に排出する直径 240 mm の排出ロータ（3 相 200V、0.4kW モータ駆動）を備えている。容量は約 0.8 m³（縦 850 mm、横 1,950 mm、深さ 500 mm）である（写真 38）。



写真 39 試作 2 号機によるグラスサイレージ取り出し作業
Photo 39 Grass silage unloading work by prototype 2

⑤安全装置

装置の走行及び昇降時の暴走を防止するために、リミットスイッチ（O社製 WLCA12）を走行レールの前後端、昇降チェーンの上下端に取り付けた。

3) 試験方法

改良した踏圧ローラ、均平・取り出しロータ、切断装置、搬送コンベヤを装着した試作 2 号機について、各装置の動作の確認と予乾グラスサイレージを用いた性能の検討を行った。

4) 試験結果

サイロ装置試作 2 号機の諸元は表 17 に示した。走行装置は、作業装置の質量が 1 号機の約 2 倍の 900 kg と増加したが、順調な走行が可能であった。作業装置は、駆動方式を変更し、バンカーサイロの間口 2 m の作用幅を持つ均平・取り出しロータに改良したことにより、取り出し不可能部の発生が解消された。また、グラスサイレージの取り出し作業は、試作切断装置の付加により順調に行われた（写真 39）。切断装置は均平・取り出しロータの取り出し爪が作用する直前部に切断面を形成する（図 12 右側）。このため、均平・取り出しロータは、グラスサイレージを引き出す必要が無くなり、掻き落とすのみでよくなった。取り出し能率は、表 18 に示し

表 18 グラスサイレージ取出し能率
Table 18 Grass silage unloading efficiency

切り込み深さ(mm)	100	160	230	230
均平・取り出しロータ回転速度(m/s)	2.2	2.2	2.2	2.2
切断装置切断速度(m/s)	1.1	1.1	1.65	1.65
下降速度(mm/s)	7.6	7.6	11.6	15.5
取り出し量(wb)(kg/min)	15.8	25.9	51.7	73.3

a)各区とも 3 反復の平均値

b)材料は予乾オーチャードグラス

(埋草密度：319kg/m³(wb)、材料含水率：42.6%、平均切断長：57mm)

たように、切り込み深さや下降速度により変化して、最大73 kg/min (wb)、42 kg/min (db)と乾物基準で試作1号機の2.4倍を示した。

なお、本装置は1994年にドイツ特許(Yaji et al.1994)、イギリス特許(Yaji et al.1994)、1995年に日本国特許(矢治ら1995)を取得した。

5) 考察

サイレージ詰め込み・取り出し装置試作2号機は、詰め込み作業では、搬送コンベヤ、踏圧ローラ等の作用は順調であった。

取り出し作業では、問題であった予乾グラスサイレージの取り出しに切断装置が有効となり試作1号機の能率と比較して2.4倍となった。この切断装置は、サイレージ端面に平滑な切断面を形成するため、均平・取り出しロータの爪がサイレージ表面に凹凸を形成し表面積が増大することを回避できた。この作用は、コーンサイレージの取り出し作業でも認められ、開封後の好気的変敗防止に役立つと考えられる。

試作2号機を基本として、マイクロコンピュータを制御装置とした自動化を図ることが可能であると判断した。

6) 摘要

サイレージ詰め込み・取り出し装置2号機を試作し、性能試験の結果、以下の成果を得た。

(1)平滑踏圧ローラ、スクレーパコンベヤと排出ロータからなる搬送コンベヤ、支持・駆動と掻き出しを両立させた均平・取り出しロータ、チェーンに刃を取り付けてサイレージに切断面を入れる切断装置を新設した試作2号機を製作した。

(2)サイレージ詰め込み作業では、新たに製作した搬送コンベヤと改良した踏圧ローラの作用が順調に行われることを確認した。

(3)サイレージ取り出し作業では、試作切断装置の付加と均平・取り出しロータの改良により順調に行われ、作業能率が約2.4倍の42 kg/min (db)の能率を示した。

(4)試作2号機を基本として、マイクロコンピュータを利用した詰め込み・取り出し作業の自動化を図ることが可能と判断した。

3 サイレージ詰め込み・取り出し装置の自動化

1) 目的

IV-2で試作改良したサイロ装置試作2号機について、各部にセンサを取り付けるとともに、マイク

ロコンピュータによりその運転を自動化し、より省力効果の高いバンカーサイロシステムとする。

2) 試験方法

(1)サイレージ詰め込み・取り出し装置の制御システムの開発

サイロ装置の各駆動部分のそれぞれのモータについて、回転方向や速度制御の必要なものはインバータを付加して最適制御ができるようにした。さらに、運転プログラムに基づいて、各種センサの計測データを参照しながら装置を制御するためのシステムを開発した(矢治ら1998, 屋代ら1993)。

(2)自動運転プログラムの開発

簡易な運転コマンド体系で、サイロ内走行位置、装置の高さの制御ならびに均平・取り出しロータの始動・停止と回転方向・速度の制御、切断装置、搬送コンベヤの排出ロータ等の各駆動用モータを制御し、自動的に詰め込み作業と取り出し作業を行うための自動運転プログラムを開発した。

(3)自動運転試験

試験用バンカーサイロにおいて、切断したソルガムを用いて人力による堆積と踏圧を行う人力詰め込み方式と、サイロ装置試作2号機と自動運転プログラムによる自動詰め込み方式について、作業能率、埋草状態の比較を行うとともに、サイレージ調整試験を行った。

取り出し作業は、試験用バンカーサイロで調製したソルガムサイレージを使用し、サイロ装置の自動運転による作業について、作業精度や作業能率を検討した。

3) 試験結果

(1)サイレージ詰め込み・取り出し装置の制御システムの開発

各部駆動用のモータには、それぞれインバータを取り付けた(走行装置:M社FR-2220-3.7kW,昇降装置:同-0.75kW,均平・取り出しロータ:同-7.5kW)。

コンピュータ(N社製PC-9801A)及び信号の入出力を行うためのリモートI/Oユニット(N社製PC-9814)を用い、リレー、スイッチ等で構成した制御盤を製作して、サイロ装置の各モータと接続し、装置全体を制御するシステムを開発した(図13)。走行装置のサイロ内走行位置と作業装置の高さは近接センサ(S社製GX-8ML)を用いて駆動スプロケットの回転数を検出して計測した。また、材料詰め込

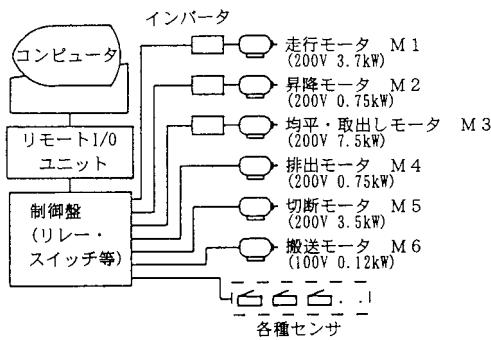


図 13 制御システム構成
Fig. 13 Automatic control system

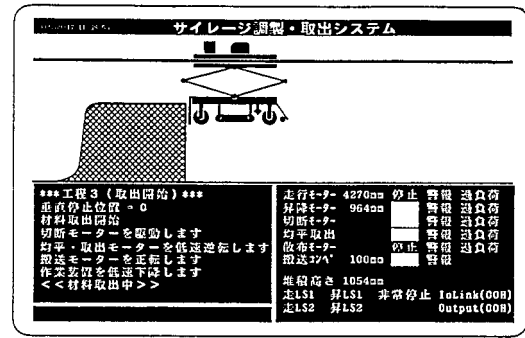


図 15 システムモニター画面 (取り出し作業時)
Fig. 15 Display monitor image (unloading work)

```

?? "---- (( 詰め込み作業 )) ----\r\n";
/*1*/
?? "***工程1 (上端へ移動)***\r\n";
垂直停止位置 = 装置2 上昇限界;
昇降(3); /* 高速上昇 */
while(垂直進行方向 != 0);
while(1) {
/*2*/
?? "***工程2 (一時停止位置移動)***\r\n";
水平停止位置 = 一時停止位置;
走行(3); /* 高速東行 */
while(水平進行方向 != 0);
}
    
```

図 14 システム制御プログラム
Fig. 14 Automatic system control program

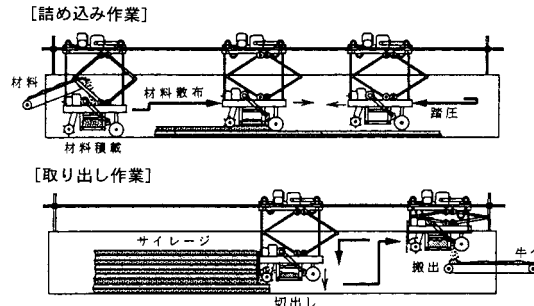


図 16 自動詰め込み・取り出し作業の概要
Fig. 16 Automatic loading and unloading work

み作業時及び取り出し作業時の材料堆積高さの計測は、ローラ付きロールバーを試作し、その傾き（N社製ポテンシオメータ）で計測した。

(2)自動運転プログラムの開発

自動運転プログラムの開発を容易にするために、C言語（B社製 Turbo-C）を用いて簡易言語処理プログラムを作成した（図 14）。自動運転プログラムはこの簡易言語処理プログラム上で動き、作業者は取り出し量など必要な数値を入力するなど比較的簡易な入力操作で、サイロ装置を制御することができる。また、コンピュータのモニターディスプレイ上には、現在のコマンド受付状態、装置位置、各種モータの運転状況及び材料の堆積高さを常に表示するとともに、装置位置や材料の堆積高さはグラフィック表示できるようにした（図 15）。

材料詰め込み作業では、初期位置より材料堆積位置へ装置を移動させ材料を積載する。その後、サイレージ堆積開始位置へ移動し、材料を放出しながら堆積して、戻り行程で材料を踏圧しつつ材料高さを測定しながら初期位置へ戻る。2行程目からは、測

定した材料堆積高さに基づき、装置高さを上昇させながら、所定堆積高さになるまで材料の堆積と踏圧を繰り返す（図 16）。

サイレージ取り出し作業は、まずサイレージの堆積高さの測定から始める。これは、貯蔵中にサイレージが自重により沈下し、詰め込み時の堆積高さより低くなるために必要である。その後、初期位置より装置を上昇させ、サイレージの高さを測定しながらサイレージ前端から後端へ進み、設定切り込み位置まで装置を戻す。その後、均平・取り出しロータと切断装置を起動させて、装置を下降させながらサイレージを取り出す。搬送コンベヤの最大積載量になったら掻き出しを中止し、後退して給餌コンベヤへサイレージを搬出する。この操作を必要取り出し量に達するまで行った後、初期位置へ戻って作業を終了する（図 16）。

(3)自動運転試験結果

自動運転プログラムを用いて、詰め込み作業と取り出し作業を自動で行った結果を表 19、20 に示した。詰め込み作業では、搬送装置への材料の積載量

表19 詰め込み作業能率

Table 19 Loading work efficiency

	人力詰め込み	装置詰め込み
詰め込み材料	ソルガム	
材料含水率(%wb)	78	
詰め込み形状(mm)	2,200×2,200×1,200	2,600×2,000×1,100
埋草量(kg)	2,370	2,440
埋草体積(m ³)	5.28	5.8
埋草密度(wb(db))(kg/m ³)	453(99.7)	419(92.2)
積載量(kg/1行程)		111
詰め込み行程数(回)		22
1行程時間(min)		10.33
積載(min)		3.72
移動(min)		2.25
詰め込み・踏圧(min)		4.37
1ヶ月後pH	3.64	3.72
作業能率(wb(db))(kg/h)		645(141.9)

表20 取り出し作業能率

Table 20 Unloading work efficiency

	人力詰め込み	装置詰め込み
詰め込み材料	ソルガム	
材料含水率(%wb)	78	
詰め込み形状(mm)	2,200×2,200×1,200	2,600×2,000×1,100
埋草量(kg)	2,370	2,440
埋草体積(m ³)	5.28	5.8
埋草密度(wb(db))(kg/m ³)	453(99.7)	419(92.2)
積載量(kg/1行程)		111
詰め込み行程数(回)		22
1行程時間(min)		10.33
積載(min)		3.72
移動(min)		2.25
詰め込み・踏圧(min)		4.37
1ヶ月後pH	3.64	3.72
作業能率(wb(db))(kg/h)		645(141.9)

約110 kgで、積載、移動、詰め込み・踏圧を含む一行程の所要時間が約10分、作業能率は645 kg/h (wb)、142 kg/h (db)を示した。詰め込み終了後の埋草密度は419 kg/m³ (wb)、92 kg/m³ (db)となり人力踏圧と同程度の密度となった。詰め込み・踏圧後にビニールフィルムで密封しサイレージ調製した結果、約一ヶ月後のpHは約3.7となり品質は良好であった。

取り出し作業は、切り込み深さ350 mm、降下速度20 mm/sで、取り出し、移動、排出を含む一行程の所要時間は14分で、作業能率は453 kg/h (wb)、100 kg/h (db)を示した。

4) 考察

試作2号機の作業装置質量は、切断装置や搬送装置の付加により900 kgと試作1号機の約2倍となった。しかし、試作2号機の材料詰め込み作業後の埋草密度は人力踏圧と同程度の419 kg/m³ (wb)であり、サイレージ品質の安定化や開封後の好气的変敗

を抑えるために推奨されている埋草密度900 kg/m³とするためには、踏圧方法の改善や密封後サイレージ上面に重石を載せるなどの方法により、さらに密度向上の方策を検討する必要がある。

切断装置は、切断長が短く取り出しの容易な長大作物サイレージにおいても、取り出し断面を均一にして空気接触面積を減少させるために有効であった。また、装置の自動運転による詰め込み作業、取り出し作業の能率は、さらに向上させる必要があると考える。とくに、詰め込み作業においては、サイレージの品質向上のために迅速な詰め込み・踏圧、密封が重要である。そのためには、作業装置水平移動速度の向上、搬送装置の最大積載量増加、堆積や排出時間の短縮などさらなる改良が必要と思われる。

5) 摘要

サイレージ詰め込み・取り出し装置試作2号機の運転を自動化するために、マイクロコンピュータとセンサ等による各部の制御システムの製作と自動運転プログラムの開発により、装置運転の自動化を図り、以下の成果を得た。

(1)近接センサ、リミットスイッチ、駆動モータ用インバータ、ポテンシオメータなどのセンサや制御機器、マイクロコンピュータによる制御システムとC言語による自動運転プログラムを開発し、詰め込み作業と取り出し作業の自動運転を可能とした。

(2)サイレージ調製・取り出し装置試作2号機の自動運転による詰め込み作業能率は、645kg/h、埋草密度は419 kg/m³ (wb)、92 kg/m³ (db)、サイレージ取り出し作業能率は453 kg/h (wb)、100 kg/h (db)を示した。

(3)サイロ装置のさらなる性能向上、サイレージの品質向上のためには、材料の踏圧法の改善、装置の水平移動速度向上などを行う必要がある。

V 総合論議および結論

1 総合論議

1) 同時作業機による自給粗飼料生産の有利性
本研究では、土地利用率向上や土地生産性向上のために、夏作物と冬作物の一年二作体系を前提とした自給粗飼料の生産・調製・貯蔵を、省力的にかつ高品質に生産するための具体的方策を検討した。まずⅡでは、長大作物収穫・麦類施肥播種同時作業機を設計・試作して、長大作物の収穫作業と麦類の施肥播種作業を同時工程化してその効果を検討すると

ともに作業シミュレーションによる評価を行った。寒冷地における秋の作物切り替え時期は、降雨が多い気象条件であり、麦類の播種適期と長大作物の収穫適期が重なり、とくに麦類の播種晩限が迫るため迅速な作業が求められる。このため、同時作業機を使用することにより個別作業と比較して省力効果が高いこと、個別作業と比較して作業可能面積の増大と作業期間短縮の可能性が高いこと、長大作物の収量と品質が向上し、年間の最多乾物収量が2.7t/10aを超えることを示した。

畑作物の輪作で一般的なダイズ-麦体系では、同時工程化をさらに進めた間作作業体系が研究されて、ハイクリアランストラクタを利用した立毛間播種機の実用化が進められている。しかし、長大作物では2mを超える草丈があり、大下ら(1989)の畦間ロボットの研究で長大作物畦間を自動走行する可能性は示されたが、作業速度は低く間作作業に使用できる能率を実現できていないなど、長大作物収穫・麦類施肥播種作業に間作作業の実現は難しいと考えられる。

また、長大作物の収穫作業と麦類の施肥播種作業を個別作業として行い、高能率化により同時平行作業として適期内作業を可能とすることも考えられる。しかし、秋の収穫シーズンは比較的降雨が多く、さらに粗飼料収穫作業とサイロへの調製貯蔵作業などに人力を必要としており、個別作業にそれぞれオペレータを張り付けることは難しいと思われる。また、高能率作業を可能とする大型作業機は、圃場区画が小さい我が国の圃場条件では導入が困難である。

これらの条件から見ると、長大作物の収穫と麦類の耕耘・施肥・播種作業が同時に完了する同時作業機は、個別作業の作業能率を落とすことなく、むしろ個別作業より高い作業可能性を示し、その効果は高いと考えられる。

2) バンカーサイロにおける自給粗飼料調製・貯蔵の特徴と問題点

Ⅲ-1においては、水平型サイロとしてバンカーサイロに着目し、自給粗飼料のサイレージ調製・貯蔵について新たな視点から検討を進めた。バンカーサイロは、タワーサイロと比較して施設費が安価であるという特徴があり、さらにサイレージ材料の水分や切断長などの制約が少ないという自給粗飼料の調製・貯蔵・利用として利点がある。このため、ト

ウモロコシやソルガムなどの長大作物をはじめ、オーチャードグラスなど予乾牧草や大麦など麦類のサイレージ調製についても、切断長や材料水分の制限が少ないと考えられる。

また、70%を超える高水分材料をサイレージ調製する場合には、踏圧などで高密度に圧密されると物理的に圧縮・搾汁され、材料から排汁が出てしまう。このため、タワーサイロでは、サイレージの調製品質保持のために排汁をサイロ外へ排出させる構造を備えている。しかし、従来捨てられて環境汚染の根源ともなっている排汁には、可溶性ミネラルなどの栄養分が含まれており(Jofreit et al.1988)、できれば家畜へ与えることが望ましい。バンカーサイロにおいては、筆者らが試験を実施した高水分材料の下層に低水分材料、例えばヘイキューブなどを堆積する層別堆積法(矢治ら1992)により水分調整と排汁の防止が可能となり、サイレージ品質も向上することが示されている。この層別堆積法によって調製されたサイレージは、サイロ上面から下面に向けて垂直に取り出す方法のサイレージアンローダやサイレージ詰め込み・取り出し装置などを使って取り出すと、取り出し時に2種類の材料が混合されて均一なサイレージとして家畜に給与することができる。

このように、バンカーサイロは様々なサイレージ材料の調製が可能で、材料の水分や切断長、埋草密度などの制約が少なく、サイレージの詰め込み法や取り出し法の工夫により材料の適応性が拡大し、一年二作体系などの高度土地利用体系から生産される自給粗飼料としての長大作物、麦類、牧草など多様な粗飼料についても調製可能である。このことは、我が国が農地面積が少ない現状において、土地利用率の向上を図り単位面積当たりの収量を向上させて低コスト生産を図るためには、バンカーサイロが最も適したサイロであると考えられた。

3) バンカーサイロ用アンローダの特徴と問題点

Ⅳ-2においては、水分が高く重量物であり独特の臭いを持つサイレージのバンカーサイロにおける取り出し作業を機械化する方策の一つとして、大型のサイレージアンローダを導入しその性能を検討するとともに、我が国におけるバンカーサイロ取り出し作業での問題点を明らかにした。供試アンローダは、微細断されたコーンサイレージでは取り出し能率900 kg/min (wb)、84 kg/min (db)と高能率を示したが、切断長が長い材料や踏圧が不十分な材料、

予乾グラスサイレージでは詰まりが発生して能率が低下した。したがって、供試したアンローダは、トウモロコシやソルガムなどの長大作物では切断長が長い材料、大麦やライ麦などの麦類、さらに予乾牧草など多種多様な材料を想定した自給粗飼料の取り出し作業に使用するには、取り出しや搬送などの基本構造から見て不可能であると考えられた。

また、供試サイレージアンローダを給餌作業に使用する場合、組作業として運搬・給餌車が必要となる。このことは、担い手が減少し省力化が求められている状況の中で、取り出し作業についても給餌を含めたサイロ作業全体の自動化を図る必要があることを示している。

専用機である供試したバンカーサイロ用サイレージアンローダは、トウモロコシなど長大作物を微細断し高密度で調製したサイレージに対する適応性は高く、とくに多頭飼養している大規模経営には適しているが、予乾グラスサイレージなど長大作物以外のサイレージ取り出し作業や組作業人員を減らすための作業の自動化などについては、新たな機械や装置の開発が必要と考えられた。

4) サイレージ詰め込み・取り出し装置の特徴と性能

前述した長大作物と麦類の一年二作体系から高い生産性で栽培される自給粗飼料の有効利用の必要性、バンカーサイロが持つ様々なサイレージ材料に対する適応性、バンカーサイロにおける詰め込み・取り出し作業の機械化の現状と自動化の必要性に基づき、Ⅳ-1からⅣ-2においてはバンカーサイロ用のサイレージ詰め込み・取り出し装置を設計試作し、性能試験を行った。

サイレージ詰め込み・取り出し装置は、作業の省力化実現、装置の汎用利用と低コスト化の観点から、その基本構造はバンカーサイロにおける詰め込み作業と取り出し作業の両方に使用可能な装置として設計・製作した。装置は、バンカーサイロの壁面上部に取り付けたラックレールを跨いで走行する走行装置と、詰め込み作業や取り出し作業に使用する作業装置で構成した。バンカーサイロへの材料の詰め込みは下層から上層へ順次堆積する方法、サイレージの取り出し作業はサイレージの上方から下方へ垂直に取り出す方法を採用した。本方式は、高水分材料の水分調整や排汁を出さない層別堆積方式へ対応が可能である。また、予乾グラスサイレージの取り出

し能率向上と取り出し時のサイレージ断面からの空気侵入による好気的変敗を防ぐため、取り出し断面に切り込みを入れるための切断装置を付加した。

このように、サイレージ詰め込み・取り出し装置による機械化で、サイレージ材料の詰め込み作業とサイレージの取り出し作業を、自動化することが可能となった。さらに、切断装置によりサイレージの取り出し面を齊一にして、空気侵入を防止してサイレージ品質保持の点も改良される可能性が示された。

5) サイレージ詰め込み・取り出し装置による作業の自動化と汎用利用の可能性

Ⅳ-3においては、サイレージ詰め込み・取り出し装置にリミットスイッチ、ロータリエンコーダなどセンサの取り付けと、開発した運転制御プログラムにより、マイクロコンピュータをベースとした運転の自動化を実現した。

試験用バンカーサイロにおける詰め込み作業は作業能率 645 kg/h (wb), 142 kg/h (db), 取り出し能率は 453 kg/h (wb), 100 kg/h (db) を示し、バンカーサイロにおける詰め込み・取り出し作業の自動化が可能となった。さらに、バンカーサイロにおいて、開封後のサイレージ品質低下の一因として問題となる取り出し面からの空気の侵入については、筆者らにより、取り出し面に空気遮断のためにケラチン泡を塗布することで防止する可能性(矢治ら 1992) が示され、取り出し作業の装置化や自動化の機能に加えることを検討する必要がある。

バンカーサイロとサイレージ詰め込み・取り出し装置によるサイロ作業システムの発展の可能性については、バンカーサイロを複数設置して、レールの延長と切り替え方式などの工夫を行うことにより、長大作物と麦類の年2回のサイレージ調製が可能となると考える。さらに、装置の汎用利用については、作業装置の付け替えにより、例えばビニールハウスにおける太陽熱利用の家畜糞尿乾燥作業への利用なども可能であろう。このように、サイレージ詰め込み・取り出し装置は、大家畜生産における自給粗飼料の調製・給与から家畜糞尿処理までの利用拡大が可能と思われる。

6) 環境問題と自給粗飼料生産について

これまでは、自給粗飼料の生産と利用について新しい機械、装置の開発による省力機械化や自動化の観点から考察してきた。さらに、試作した同時作業機とサイロ装置について、ここでは家畜糞尿処理に

関連した環境問題を含めて、広く大家畜生産の観点からそれらの効果を考えてみる。

これまでの我が国の大家畜生産において、酪農、肉牛生産いずれも飼料基盤を外国産の濃厚飼料に置いてきた。この原因は、価格が比較的安くハンドリングが容易であること、自給飼料生産を行うためには狭隘で排水が悪い我が国の圃場条件、労働力事情に合致した栽培体系が確立されていないことなどのためと考えられる。自給飼料のうちでも、とくに粗飼料については、サイレージの通年利用体系なども一部で実用化され普及しているが、粗飼料生産基盤である農耕地の確保や生産のための機械装備、さらにサイロ関連装置などの投資が必要となるなどの点で問題となり、広く普及するにはいたっていない。しかし、飼育する乳牛や肉牛の餌としての飼料生産だけでなく、家畜から排出される糞尿の処理問題が顕在化している現在は、粗飼料生産と糞尿処理の問題をトータルとして解決できる技術開発が最も重要であると考えられる。

とくに、N成分利用の観点では、長大作物と麦類の一年二作体系は、長大作物播種前に堆肥や土壌改良材の施用が可能な体系としており、大家畜と飼料作物の間で循環が可能となる。

また、バンカーサイロは、トウモロコシなどの長大作物だけでなく麦類や予乾牧草の調製が可能で、さらにタワーサイロで必要とされる微細断や材料の水分条件の制約などが緩和される。また、我が国の降雨が多い気象条件を考慮すると、高水分材料の調製貯蔵において低水分材料と交互に堆積する層別堆積法を用いてサイレージ調製に適した材料水分にできることから、これまでは踏圧など埋草密度を向上させる過程で捨てられていた排汁を吸収・利用し、自給粗飼料の有効利用と環境保全を両立させる可能性がある。

2 結論

我が国の農業従事者、とくに中核的な担い手が減少する傾向の中で、大量の自給粗飼料が必要とされる大家畜生産において今日求められる解決すべき課題は、①自給粗飼料生産の省力化・低コスト化、②自給粗飼料の調製・貯蔵・取り出し作業の自動化、③これらによる自給粗飼料の生産拡大と積極的な利用による食料自給率の向上、④家畜糞尿処理の解決による環境問題への対応、である。この四つの問題

は互いに深く繋がっている。すなわち、大家畜生産における飼料が50%近くも外国産に依存しており、このことが、飼料の未利用部分として排泄される家畜糞尿が我が国の農耕地に処理不可能な程に排出されているのである。

この現状を解決するためには、自給粗飼料の生産性を向上し、機械化や装置化により省力作業を可能とすることが必要で、このことによりコストや労働力不足の制約から脱却することが可能で、粗飼料生産と家畜糞尿処理問題のバランスが改善されると考える。

本研究においては、これらの問題の解決のために、自給粗飼料の効率的生産とその調製・貯蔵・利用についてのいくつかの解決策を示すものである。

ⅡからⅣおよび以上の論点を整理すると、次のように集約できる。

1) 試作開発した長大作物収穫・麦類施肥播種同時作業機を用いた長大作物-麦類一年二作体系では、長大作物から麦類への作物切り替え時の労働時間が約30%削減されて省力化が可能となり、北東北においても自給粗飼料としての長大作物の収量と品質の確保、麦類の適期播種による収量確保が可能となった。

2) 自給粗飼料の調製・貯蔵施設としてバンカーサイロに着目し、詰め込み作業では材料の踏圧や均平などの補助労力を必要としていること、取り出し作業では牛の自由採食から人力取り出し、サイレージアンローダによる高能率取り出しまで可能であるが自動化は実現されていないことを明らかにした。

3) バンカーサイロの取り出し作業の省力化の可能性について、大型サイレージアンローダを導入して自給粗飼料としてのトウモロコシや予乾牧草の材料性状を異にした性能を検討し、微細断したトウモロコシサイレージでは高い能率を実証したが、切断長が長いトウモロコシや予乾牧草では能率が低下する、あるいは踏圧が十分でない場合には作業が困難となり、新しい取り出し方式を検討する必要が確認された。

4) バンカーサイロ用のサイレージ詰め込み・取り出し装置を設計・試作し、バンカーサイロ壁上に設けたラックレールを走行する走行装置、均平・取り出しロータ、バケット、踏圧ローラからなる作業装置を備えた試作1号機を開発した。さらに均平・取り出しロータ、踏圧ローラを改良し、切断装

置、搬送コンベヤを付加した試作2号機を開発し、順調な運転が可能であることを示した。

5) サイレージ詰め込み・取り出し装置を基幹として、リミットスイッチ、ロータリエンコーダやモータ用インバータなどセンサの取り付けと、マイクロコンピュータと開発した制御用ソフトを使って、運転の自動化を図った。詰め込み作業能率は645 kg/h (wb), 142 kg/h (db), 取り出し作業能率は453 kg/h (wb), 100 kg/h (db)を得た。

6) 自給粗飼料の生産性の拡大と省力化を図るためには、長大作物収穫・麦類施肥播種同時作業機による一年二作体系での収量や品質の向上、調製貯蔵施設としてのバンカーサイロを基幹としたサイレージ詰め込み・取り出し装置を利用することが有効である。

引用文献

- 1) Ahmets,H.P.; Isensee,E. 1994. On compaction of wilted grass in horizontal silos. Landtechnik 49(3):126,146-147.
- 2) ASAE Standards. 1997. Design loads for bunker(horizontal) silos. ASAE Standard No.Ed:767-768.
- 3) Ashbell,G.; Kashanchi,Y. 1987. In-silo losses from wheat ensiled in bunker silos in a subtropical climate. J. of the Science of Food and Agric. 40(2):95-103.
- 4) Ashbell,G.; Linsker,N. 1988. Aerobic determination in maize silage stored in a bunker silo under farm conditions in a subtropical climate. J. of the Science of Food and Agric. 45(4):307-315.
- 5) Ashbell,G.; Weinberg,Z.G. 1992. Top silage losses in horizontal silos. Canadian Agric. Eng. 34(2):171-175.
- 6) 我妻幸雄,柿沼計,矢治幸夫,今園支和,雁野勝宣. 1976. 流通化のための梱包サイレージ調製作業について-第1報 タイトベアラを利用した梱包サイレージ調製作業の改善.農作業研究 25 : 57-62.
- 7) 我妻幸雄,矢治幸夫,今園支和,雁野勝宣,塚田大策,金子信夫. 1977. サイレージローダによるサイレージ取出し・積み込み作業の機械化について. 農作業研究会第12回講要: 34.
- 8) 我妻幸雄,矢治幸夫,今園支和,雁野勝宣,塚田大策,金子信夫. 1978. サイレージローダによるサイレージ取出し,積み込み作業について. 農作業研究 31 : 85-93.
- 9) 馬場崎一俊,松尾要,坂本五十夫. 1986. 同時作業播種機の試作とその性能. 九州農業研究 48 : 217.
- 10) Bengtsson,N.; Nilsson,E. 1981. Uttagning och utfodring av ensilage ur plansilor. JTI-rapport 32 Swedish Institute of Agricultural Engineering.
- 11) Benson,J.A.; Neal,M.A. 1982. Design and testing of an automatic bunker silo top unloader. Division Note 1121 National Institute of Agricultural Engineering.
- 12) Blocker,J. 1991. Repairing floors horizontal silos. Landtechnik 46(1/2):57-60.
- 13) Bursewitz,G.H.; Huhnke,R.L.; Barnes,E.M. 1991. Performance of nutri-shield in protecting bunker-stored silage. Applied Engineering in Agriculture 7(5):515-519.
- 14) Darby,D.E.; Jofreit,J.C. 1993. Dencity of silage in horizontal silos. Canadian Agric. Eng. 35(4):257-280.
- 15) Decker,M. 1960. Unloading silos mechanically. Agric. Eng. 41:378.
- 16) Ebbinghaus,J.H. 1958. Silage handling techniques. Agric. Eng. 39:556-557.
- 17) Finner,M.F. 1966. Harvesting and handling low-moisture silage. Trans. of ASAE 9:377-381.
- 18) Flada,J. 1990. The unloading, transporting and distribution of silage from horizontal silos. FAO Agri/Mech Report No.122.
- 19) Furl,C.; Oberbarnscheidt,B.; Wenske,E. 1990. CCM-Silos richtig bemessen-Bestimmung der Lagerungsdichten von CCM. Landtechnik 45(6):229-230.
- 20) 萩野耕司,矢治幸夫,篠田 満,滝本勇治,関野幸二. 1996. 北東北地域の転換畑における長大型飼料作物収穫,麦類施肥播種用同時作業機による周年作付体系の確立 第二報 飼料作物の周年安定多収技術. 東北農試研報 91 : 33-44.
- 21) Haigh,P.M. 1992. The effect of an acid salt-type additive on the fermentation of grass silage made in bunker silos on commercial dairy farms

- in Wales. Grass and Forage Science 47(4):353-357.
- 22) Hendrix,A.T. 1960. Equipment and labor requirements for storing and feeding silage. Agric. Eng. 41:165-167.
- 23) 細川明,野村喬. 1965. 牧草の熱風乾燥機に関する研究 (3) 大型牧草熱風乾燥機の使用例と熱風三角架. 農機誌 27(1) : 33-38.
- 24) 入江道男,窪田昌綱,後藤美明,吉村靖生,和田学,長峰司,廣川文彦,江口久夫,金尾忠志. 1987. 温暖地における直播水稻-麦の作付方式と技術の体系化. 中国農試研報 1 : 15-49.
- 25) 石田元彦. 1998. 牛になぜ粗飼料が必要か.DAIRYMAN 臨時増刊号 : 20-23.
- 26) Jofriet,J.C.; LeLievre,B. 1988. Juice from silages. Canadian Agric. Eng. 30(1):99-106.
- 27) Jofriet,J.C.; Yao,Z. 1990. Silo design loads for wet silage. Paper-American Society of Agric. Eng. No.90-4010.
- 28) 金谷豊,佐々木豊,建石邦夫. 2000. インターネット利用による農作業シミュレータの開発. 農作業研究 35(別 1) : 9-10.
- 29) 小泉武紀,深澤秀夫,矢治幸夫,吉原徹,加茂幹男,月館鉄夫. 1981. ラウンドベアラの利用法に関する研究.農機学会第 40 回大会講要 : 145.
- 30) Law,T.W.M. 1976. How to choose a forage harvester. Power Farming 55:14-19.
- 31) Lindsay,R.T. 1971. An unloader for horizontal silos. J. of Agric. Eng. Res. 16:157-171.
- 32) Lindsay,R.T.; Neal,M.A.; Westgate,G.R.; Messer,H.J.M.; Hawkins,J.C. 1973. Unloading and Filling in a Deep Bunker Silo. Department Note National Institute of Agric. Eng..
- 33) Lindsay,R.T. 1980. Self-feed complete diet. Big Farm Management July:85-87.
- 34) Maier,L.; Wagner,M. 1976. Techniken fur die Silage-entnahme. Landtechnik 10:430-434.
- 35) 目黒良平. 2000. のれん状電柵によりバンカーサイロで牛の採食を管理する.東北農試たより 93 : 8.
- 37) Much,R.E.; Rotz,C.A. 1994. Bunker silo unloaders An economic analysis. ASAE winter meeting paper No.941525:1-17.
- 38) Muck,R.E.; Huhnke,R.E. 1995. Oxygen infiltration from horizontal silo unloading practices. Tran. of the ASAE 38(1):23-31.
- 39) Muck,R.E.; Rotz,C.A. 1996. Bunker silo unloaders an economic comparison. Applied Engineering in Agriculture 12(3):273-280.
- 40) 内藤元男. 1978. 畜産大事典.養賢堂 : p.796-799.
- 41) 中精一,川村五郎,山内敏雄,加茂幹男. 1976. 半乾燥粗飼料の圧縮成型化技術に関する研究.東北農試研報 53 : 63-171.
- 42) 農林水産省. 2000. 食料・農業・農村基本計画 : 6-11.
- 43) 農林水産省畜産局自給飼料課. 1997. 飼料作物関係資料 : 114-123.
- 44) 農林水産省統計情報部. 1999. 畜産物生産費 : 18,24,25,26,2740-41,130-131,146-147.
- 45) 大下泰生,古川嗣彦,屋代幹雄,矢治幸夫. 1989. 自動走行管理機の開発 (第 2 報) . 農機学会東北支部報 36 : 89-94.
- 46) Pitt,R.E.; Muck,R.E. 1993. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. J. of Agric. Eng. Res. 55(1):11-26.
- 47) Razl,I.; Bellman,H.E.; Turnbull,J.E. 1988. Evaluation of sealers and mortars for protection of concrete silos. Canadian Agric. Eng. 30(1):179-183.
- 48) Ruppel,K.A.; Pitt,R.E.; Chase,L.E.; Galton,D.M. 1995. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. J. of Dairy Science 78(1):141-153.
- 49) Ruxton,G.D.; Gibson,G.J. 1994. Effect on deterioration of spraying the open face of a silage bunker with propionic acid. J. of Agric. Eng. Res. 58(3):159-168.
- 50) 酒井孝雄,高橋信一. 1982. 福島県における小麦-大豆 (1 年 2 作) 体系の確立に関する研究.東北農業研究 31 : 149-150.
- 51) 瀬川敬. 1991. 草地畜産における技術革新(4)サイレージ取出し装置 (サイロクレーン等) と連続混合システムの開発. 畜産の研究 45(5) : 632-636.
- 52) 関村栄,萩野耕司,太田顕,名久井忠,目黒良平,桂勇,高橋鴻七郎. 1987. 飼料作物の周年多収栽培 第 1 報 麦類の作期と飼料価値. 東北農業研究

- 40 : 203-204.
- 53) 柴田洋一. 1984. 麦収穫同時大豆播種作業について. 近畿中国農業研究 68 : 32-36.
- 54) 柴田洋一, 田坂幸平, 河本恭一, 天野憲典, 後藤美明, 井尻勉. 1989. 麦の収穫と同時に大豆を播種する技術の開発研究. 農作業研究 67 : 223-229.
- 55) 志藤博克, 山名伸樹. 2000. トウモロコシ収穫用カッティングロールベアラの開発. 農機誌 62(3) : 157-159
- 56) 高橋康利, 畠山貞雄, 折坂光臣, 岡島正昭, 石山伸悦. 1984. 岩手県における小麦・大豆を基幹とする新体系化技術に関する研究 - 小麦収穫大豆同時播種機による1年2作体系 -. 東北農業研究 35 : 127-128.
- 57) 田原虎次, 藍房和, 渡辺兼五, 成東鴻. 1977. 気密サイロ-ボトムアンローダに関する研究(第1報)ボトムアンローダ試作1号機とその運転試験. 農機誌 39(1) : 59-64.
- 58) 田原虎次, 藍房和, 渡辺兼五, 成東鴻. 1977. 気密サイロ-ボトムアンローダに関する研究(第2報)ボトムアンローダ試作2号機とその運転試験. 農機誌 39(2) : 185-190.
- 59) 寺山豊, 佐々木章悟, 沓野芳彦. 1985. 麦刈取り同時大豆播種作業. 山口県農業試験場研究報告 37 : 29-34.
- 60) 富樫辰志, 市戸万丈, 佐々木泰弘. 1993. 地下角型サイロ用2軸オーガ式トップアンローダの開発. 農機誌 55(3) : 125-131.
- 61) Weghe, H. von den; Kadner, K. 1983. Maschinen und Gerate zur Entnahme, Transport und Vprlage von Grundfutter aus Flachsilos-Bauarten. Landtechnik 38(9):369-372,377-379.
- 62) Weinberg, Z.G.; Ashbell, G. 1994. Changes in gas composition in corn silages in bunker silos during storage and feedout. Canadian Agric. Eng. 36(3):155-158.
- 63) Willcocks, T.J. 1968. Investigation into the ultimate tensile strength of laminated silage fibers. J. of Agric. Eng. Res. 13:103-119.
- 64) 矢治幸夫, 滝本勇治, 萩野耕司, 古川嗣彦. 1991. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第1報)サイレージ調製・取出装置の試作. 農機学会第50回大会講要 : 359-360.
- 65) 矢治幸夫, 滝本勇治, 萩野耕司, 古川嗣彦. 1991. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第2報)サイレージ調製・取出装置によるサイレージ調製・取出作業. 農機学会第50回大会講要 : 361-362.
- 66) 矢治幸夫, 滝本勇治, 萩野耕司. 1991. バンカーサイロにおける層別踏圧についての一考察. 農機学会東北支部平成3年度講要 : 65-66.
- 67) 矢治幸夫, 滝本勇治, 篠田満. 1992. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第3報)グラスサイレージ取出し作業. 農機学会第51回大会講要 : 231-232.
- 68) 矢治幸夫, 篠田満, 滝本勇治, 屋代幹雄, 大下泰生, 伊澤敏彦. 1992. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第4報)ケラチン泡によるサイレージの好気的変敗防止法. 農機学会第51回大会講要 : 233-234.
- 69) Yaji, Y.; Takimoto, Y.; Hagino, K.; Furukawa, T.; Shinohe, T.; Yamaguti, K. 1994. Vorrchtung zum Bedienen eines Bunkersilos. ドイツ国特許 No.4103417.
- 70) Yaji, Y.; Takimoto, Y.; Hagino, K.; Furukawa, T.; Shinohe, T.; Yamaguti, K. 1994. Ensiling and unloading device for a bunker silo. イギリス国特許 No.2241934.
- 71) 矢治幸夫, 滝本勇治, 萩野耕司, 古川嗣彦, 四戸忠男, 山口和美. 1995. サイレージ調製・取出装置. 特許第1946385号.
- 72) 矢治幸夫, 萩野耕司, 篠田満, 滝本勇治, 関野幸二. 1996. 北東北地域の転換畑における長大型飼料作物収穫, 麦類施肥播種用同時作業機による周年作付体系の確立 第一報 長大型飼料作物収穫, 麦類施肥播種作業の同時行程化のための同時作業機の試作. 東北農試研報 91 : 25-31.
- 73) 矢治幸夫, 屋代幹雄. 1998. バンカーサイロ作業の自動化(第1報)サイレージ詰込み・取出し装置の設計目標と試作1号機の性能. 農機学会誌 60(4) : 23-28.
- 74) 矢治幸夫, 屋代幹雄. 1998. バンカーサイロ作業の自動化(第2報)サイレージ詰込み・取出し装置試作2号機の性能とコンピュータによる自動化. 農機学会誌 60(5) : 45-51.
- 75) 矢治幸夫, 萩野耕司. 2001. 長大飼料作物収穫・麦類施肥播種用同時作業機による飼料作物1年2作体系のシミュレーションと実証. 農作業研究

- 36(2)：69-78.
- 76) 屋代幹雄,篠田満,滝本勇治,矢治幸夫. 1993. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第5報)サイレージ調製・取出装置の改良と作業性能の検討. 農機学会第52回大会講要：157-158.
- 77) 屋代幹雄,篠田満,滝本勇治,矢治幸夫. 1993. バンカーサイロにおける高精度機械化作業技術の確立(第6報)サイレージ調製・取出装置における自動制御システムの開発. 農機学会第52回大会講要：159-160.
- 78) 吉野昭朗,藤原徹夫,上原毅,古館敬一,井上莞爾. 1976. 酪農におけるサイレージ給餌の自動化に関する研究. 電力中央研究所報告 No.475006.
- 79) Zhao,Q.; Jofriet,J.C.; Darby,D.E. 1988. Wall loads on a large bunker silo. Paper-American Society of Agricultural Engineering No.88-4006.
- 80) Zhao,Q.; Jofriet,J.C. 1991. Structural loads on bunker silo walls experimental study. J. of Agric. Eng. Res. 50(4):273-290.
- 81) Zhao,Q.; Jofreit,J.C. 1992. Wall loads on bunker silos due to compaction. Canadian Agric. Eng. 34(1):83-94.

Studies on the Mechanization of Domestic Roughage Production and Utilization using an Automatic Silage Loading and Unloading Device for Bunker Silos

Yukio YAJI

Summary

In Japan, about 75% of roughage for cows is imported from foreign countries. Although the production cost of home-grown roughage is lower than the purchase price of imported roughage, farmers are reluctant to culture and ensile domestic roughage because it needs space, labor, machines and silos. Roughage is an indispensable feed for cows that have ruminant digestive systems to keep them in a healthy condition. Because roughage and feeds are imported from foreign countries, a large amount of manure from cows is produced and spread on domestic fields. But excessive manure spread on fields can cause water pollution. From these stand points, roughage should be cultured in domestic fields. This thesis describes procedures to culture, ensile and utilize roughage in domestic fields. The three component chapters of the thesis are summarized as follows:

1. Development of a combined seeder

- 1) A combined machine comprised of a forage harvester, a rotary tiller, a fertilizer and a seeder for dent corn-barley cropping systems was developed to reduce the working hours needed for harvesting and seeding.
- 2) The working efficiency of the combined seeder was 12 a/h when the working speed was 0.76 m/s. This efficiency indicated a labor saving of 30% compared with the same tasks performed by separate machines.
- 3) The simulation results of 11 years (1985-1995) using precipitation data for Morioka in a field area of 5 ha showed that the combined seeder, with the working efficiency of 12 a/h completed harvesting and seeding of 5 ha of dent corn/sorghum-rye/barley cropping systems, as the same rate as a forage-harvester with a work efficiency of 24 a/h. The combined seeder will finish rye or barley seeding earlier than individual harvesting and seeding machines.

2. Mechanization of bunker silos

- 1) Loading, leveling and compression of bunker silos affect silage quality and need machines and manpower. Various practices and machines are in practical use in unloading of bunker silos, ranging from free feeding to high-efficiency mechanized unloaders.
- 2) To increase labor-saving during silage unloading work, a tractor mounted silage unloader was tested for performance. The unloading efficiency was affected by the kind, cut length and density of silage material. The shorter cut length made for easier work and higher unloading efficiency.
- 3) The unloading efficiency of dent-corn silage harvested by a cylinder-type forage harvester was 900 kg/min (wb), 84 kg/min (db). The unloading efficiency of the same silage harvested by a double-cut-type forage harvester was 166 kg/min (wb), 63 kg/min (db). Unloading of the silage harvested by a

flail-type forage harvester was impossible. The silage with long cut lengths often made an auger clogged.

- 4) The unloading efficiency of grass silage harvested by a cylinder-type forage harvester was 162 kg/min (wb), 88 kg/min (db). The unloading efficiency of the silage harvested by a double-cut-type forage harvester was 161 kg/min (wb), 28 kg/min (db), which was 1/3 that of the cylinder-type harvester. The longer grass leaves made it difficult to remove and the working efficiency became lower than that of dent-corn silage harvested by a double-cut-type forage harvester. Unloading of the silage harvested by a flail-type harvester was impossible because of the longer cut length and lower volumetric density.
 - 5) The theoretical unloading efficiency calculated from the specification of the unloader was about 900 kg/min, which is the same as the measured unloading efficiency for corn silage harvested by a cylinder-type forage harvester.
 - 6) The performance tests were carried out at Gunma Prefectural Livestock Research Station for about three months. The unloader was mainly used to unload grass silage because unloading grass silage was labor consuming work.
3. Automatic loading and unloading work in a bunker silo using a silage loading and unloading device
- 1) A prototype 1 loading and unloading device for a small test bunker silo was developed and its performance investigated. Both the traveling device running on rails installed on the walls of the bunker silo and the working device suspended from the traveling device performed well.
 - 2) The density of partly dried grass and raw dent corn in the silo after loading and compressing work was 318-490 kg/m³ (wb), 117-140 kg/m³ (db), and the unloading efficiency of sorghum silage was 226 kg/min (wb), 77 kg/min (db).
 - 3) The performance of prototype 2, which consisted of an improved bucket, a compressing roller and a new cutting device, was tested. The new cutting device for grass silage worked well and prototype 2 was able to unload silage with an efficiency of 73 kg/min (wb), 42 kg/min (db).
 - 4) The sensing parts, limit switches, rotary encoder, motor inverters and control program that controlled the loading and unloading device were coordinated by a micro computer. In the case of automatic working for sorghum, the loading efficiency was 645 kg/h (wb), 142 kg/h (db), and the unloading efficiency was 453 kg/h (wb), 100 kg/h (db).

平成13年度

所外学術誌掲載論文要旨

平成 13 年度

所外学術誌掲載論文要旨

当所刊行物以外の学術誌上に掲載された、当所研究者による論文の和文要旨を掲載します。

目 次

長大飼料作物収穫・麦類施肥播種同時作業機による飼料作物 1 年 2 作体系のシュミレーションと実証 矢治 幸夫, 萩野 耕司	75
耕耘整地・代かき作業における均平作業の役割 長利 洋, 矢治 幸夫	75
Influence of Prestorage Conditioning Treatment and Optimal Temperature and Humidity for Prolonged Storage of 'Kiyomi' Tangor. Fujisawa, H.; Takahara, T.; Ogata, T.	75
Effects of Carbon Dioxide Enrichment on Tree Vigor of Citrus cv. Shiranuhi under Greenhouse Culture Fujisawa, H.; Ono, S.; Takahara, T.; Ogata, T.	75
気象予報を用いた農業技術選択—水稲冷害対策技術を対象とした考察— 林 清忠	76
共選場統合過程におけるコンフリクトと交渉 林 清忠	76
東北公共牧場における簡易草地改良の新技術評価 金岡 正樹, 澁谷 幸憲	76
Growers' barriers to a new technique to improve vegetable nutrition using cold weather Satoh, Y.; Katoh, T.; Ozawa, K.	76
現代の民俗芸能—農村地域における伝承活動と地域活性化— 澁谷 美紀	77
日本の条件不利地域におけるルーラルツーリズムの可能性と限界—長野県栄村秋山郷を事例として— 大橋めぐみ	77
水稲代かき同時打込み点播機のための鋸歯形ディスクの開発 下坪 訓次, 富樫 辰志	77
水稲代かき同時打込み点播機の開発と播種深度特性 富樫 辰志, 下坪 訓次, 吉永 悟志	77

水稲代かき同時打込み点播機の点播特性 富樫 辰志, 下坪 訓次, 吉永 悟志	78
水稲代かき同時打込み点播機の作業性能および栽培特性 富樫 辰志, 下坪 訓次, 吉永 悟志	78
Free-air CO ² enrichment (FACE) using pure CO ² injection: system description Okada, M.; Lieffering, M.; Nakamura, H.; Yoshimoto, M.; Kim, H.Y.; Kobayashi, K.	78
Comparison of Complete Nucleotide Sequences of Genomic RNAs of Four Soybean Dwarf Virus Strains That Differ in Their Vector Specificity and Symptom Production Terauchi, H.; Kanematsu, S.; Honda, K.; Mikoshiba, Y.; Ishiguro, K.; Hidaka, S.	78
Isolation of Olive Latent Virus 1 from Tulip in Toyama Prefecture Kanematsu, S.; Taga, Y.; Morikawa, T.	79
Comparison of Complete Nucleotide Sequences of Genomic RNAs of Four Soybean Dwarf Virus Strains That Differ in Their Vector Specificity And Symptom Expression Terauchi, H.; Kanematsu, S.; Honda, K.; Mikoshiba, Y.; Ishiguro, K.; Hidaka, S.	79
Adventitious shoot formation from hypocotyl sections of mature soybean seeds Yoshida, T.	79
Genetic Diversity of Japanese Barley Cultivars Based on SSR Analysis Turuspekov, Y. ; Nakamura, K. ; Yoshikawa, R. ; Tuberosa, R.	79
Leaf Rust Resistance Genes in Japanese Wheat cultivars Singh, R.P.; Nakamura, K. ; Huerta-Espino1, J.	80
Callus induction and plant regeneration in anther culture of Japanese buckwheat cultivars (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench). Yui, M. ; Yoshida, T.	80
Isolation of a VP1 homologue from wheat and analysis of its expression in embryos of dormant and non-dormant cultivars Nakamura, S.; Toyama, T.	80
Physiological Interactions between ABA response loci of Arabidopsis Nakamura, S.; Lynch T.J.; Finkelstein, R.R.	80
ソバ地上部の生育ステージによる抗酸化能とフラボノイド組成の変動 渡辺 満, 伊藤 美雪	81

Structural analysis of a novel antimutagenic compound, 4-hydroxypanduratin A, and the antimutagenic activity of flavonoids in Thai spice, Fingerroot (<i>Boesenbergia pandurata</i> Schult.) against mutagenic heterocyclic amines Trakoontivakorn, G.; Nakahara, K.; Shinmoto, H.; Takenaka M.; Onishi-Kameyama, M.; Ono, H.; Yoshida, M.; Nagata, T.; Tsushida, T.	81
Genetic diversity of high-molecular-weight glutenin subunit compositions in landraces of hexaploid wheat from Japan Nakamura, H.	81
Evaluation of wheat endosperm protein fingerprints as indices of Udon-noodle making quality. Nakamura, H.	81
東北地域農産物のマウス白血病細胞増殖に対する作用 新本 洋士, 木村 俊之, 鈴木 雅博, 山岸 賢治.....	82
Trp-P2 の <i>Salmonella typhimurium</i> TA98 変異誘導に対するカキ果実およびカキ葉抽出物の抑制作用 新本 洋士, 木村 俊之, 山岸 賢治, 鈴木 雅博.....	82
Discrimination of Cooked Mochiminori and Koshihikari Rice Grains by Observation of Internal Hollows Using Light Transmittance Photography Suzuki, M.; Kimura, T.; Yamagishi, K.; Shinmoto, H.	82
Antigenicity estimation of collagenase-treated gelatins by a novel assay system using human antibodies secreted by B-lymphoblastoid cells Shinmoto, H.; Yamagishi, K.; Kimura, T.; Suzuki, M.; Sakai, Y.	82
Cryopreservation of Lateral Buds of In Vitro-grown <i>Inula</i> Plants (<i>Solemostemon rotundifolius</i>) by Vitrification Niino, T.; Hettiarachchi A.; Takahashi J.; Samarajeewa P.K.	83
種子根伸長角度を指標にした根系の深さが異なるコムギ実験系統群の作出 小柳 敦史, 乙部 (桐淵) 千雅子, 柳澤 貴司, 本多 一郎, 和田 道宏.....	83
マメ科牧草リビングマルチ下で栽培したスイートコーンの生育及び収量 三浦 重典, 渡邊 好昭.....	83
Evaluation of Three Antioxidants and their Identification and Radical Scavenging Activities in Edible <i>Chrysanthemum</i> Murayama, T.; Yada, H.; Kobori, M.; Shinmoto, H.; Tsushida, T.	83
Effect of temperature on growth and nitrogen mineralization of fungi and fungal-feeding nematodes Okada, H. ; Ferris, H.	84

Comparison of Bacterial and Fungal Biomass Determined by Phospholipid Fatty Acid and Direct Microscopical Analysys in 4 Types of Upland Soils Arao, T.;Okano, S.;Nishio, T.	84
Influence of Earthworm Activity and Rice Straw Application on the Soil Microbial Community Structure Analyzed by PLFA Pattern Enami, Y.; Okano, S.; Yada, H.; Nakamura Y. Eur. J.	84
Damaeid Mites (Acari: Oribatei) from the Kushiro Wetland of Hokkaido, North Japan (II) Enami, Y. ; Aoki, J.	84
Effects of Plant Stages on bolting of the Breeding Line 'Leafy Green Parental Line No.2' (Brassica rapa L. pekinensis group) Yui, S. ; Hida, K.	85
Loss of freezing tolerance associated with decrease in sugar concentrations by short-term deacclimation in cabbage seedlings Sasaki,H.;Ichimura,K.;Imada,S.;Oda,M.	85
Sucrose synthase and sucrose phosphate synthase,but not acid invertase,are reg-ulated by cold acclimation and deacclimation in cabbage seedlings Sasaki,H.;Ichimura,K.;Imada,S.;Yamaki,S.	85
Evidence that protein kinase C (PKC) participates in the meiosis I to meiosis II Viveiros, M.M.; Hirao, Y.; Eppig, J.	85
育成期及び泌乳期における黒毛和種, 日本短角種及びホルスタイン種雌牛の成長ホルモン及びインスリン分泌機能の比較 新宮 博行, 甫立 孝一	86
Profiles of growth hormone and insulin secretion, and glucose response to insulin in growing Japanese Black heifers (beef type): comparison with Holstein heifers (dairy type) Shingu, H.; Hodate, K.; Kushibiki, S.; Ueda, Y.; Watanabe, A.; Shinoda, M.; Matsumoto, M.	86
Effects of long-term administration of rbTNF on glucose metabolism and GH secretion in steers Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Yokomizo, Y.	86
Insulin resistance induced in dairy steers by TNF is partially reversed by 2,4-TZD Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M ; Yokomizo, Y.	86
Effect of BLG on plasma retinol and TG concentrations, and fatty acid composition in calves Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M.	87

Effects of long-term administration of rbTNF on glucose metabolism and GH secretion in steers Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Yokomizo, Y.	87
Insulin resistance induced in dairy steers by TNF is partially reversed by 2,4-TZD Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M ; Yokomizo, Y.	87
Effect of BLG on plasma retinol and TG concentrations, and fatty acid composition in calves Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M.	87
Using the mixed model for interval mapping of quantitative trait loci (QTL) in outbred line crosses Nagamine, Y.; Haley, C.	88
Genetic distance and classification of domestic animals using genetic markers Nagamine, Y.; Higuchi, M.	88
ヤギや牛の放牧が森林伐採跡の植生変化に及ぼす影響?森林地帯にシバ草原が成立するしくみ? 福田 栄紀	88
Efficient protoplast regeneration for some homofermentative lactobacilli and pediococci Tanaka, O.; Ohmomo, S.	88
アルファルファ, オーチャードグラス, トウモロコシ及びソルガムのサイレージの微生物相及び発酵品質に γ 線照射が及ぼす影響 田中 治, 秋山 典昭, 山田 明央, 安藤 貞, 上垣 隆一, 小林 亮英, 久米 民和.....	89
トウフ粕及びビール粕を材料としたサイレージの微生物相及び発酵品質に γ 線照射が及ぼす影響 田中 治, 秋山 典昭, 山田 明央, 安藤 貞, 上垣 隆一, 小林 亮英, 久米 民和.....	89
夜温処理が数種ソルガム (Sorghum bicolor Moench)品種の幼穂形成および最終主稈幼数に及ぼす影響 魚住 順, 黒川 俊二, 吉村 義則.....	89
夜温処理がソルガム (Sorghum bicolor Moench) 品種 932233B の幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす 影響 魚住 順, 黒川 俊二, 吉村 義則.....	89
気温の違いがソルガム (Sorghum bicolor Moench)の出穂関連形質に及ぼす影響 魚住 順, 吉村 義則, 黒川 俊二.....	90
青刈り用エンバク (Avena sativa L.) 新品種「はえいぶき」の育成 上山 泰史, 桂 真昭, 松浦 正宏, 大山 一夫, 佐藤信之助.....	90
ハーブ・ヘラオオバコ (Plantago lanceolata L.) の機能性成分蓄積に及ぼす気温, 光強度, 窒素施肥の影響 田村 良文.....	90

画像解析によるカット牛肉の水分、粗タンパク質および粗脂肪重量の高精度な推定

米丸 淳一, 上田 靖子, 川手 督也, 渡邊 彰, 篠田 満…………… 90

長大飼料作物収穫・麦類施肥播種同時作業機による飼料作物 1 年 2 作体系のシミュレーションと実証 . 矢治幸夫, 萩野耕司. 農作業研究 36(2): 69-78 (2001).

自給粗飼料生産性向上のため, 長大作物収穫と麦類の施肥播種を同時行程で行う同時作業機を開発し, 飼料作物の収量と品質の向上ならびに作業能率向上の効果を明らかにした。同時作業機はフォレージハーベスタ, 施肥播種機, ロータリで構成した。同時作業機の作業能率は, 作業速度 0.76m/s で 12.2a/h を示した。飼料作物の年平均乾物収量は, トウモロコシ-ライ麦体系などで 2.7t/10a を超え, サイレージ材料としての品質も向上した。作業シミュレーション結果から, 同時作業機は作業能率が 2 倍のフォレージハーベスタを中心とした個別作業体系と同程度の作業可能性を示すとともに, 作業期間の短縮効果が期待できた。

耕耘整地・代かき作業における均平作業の役割 .

長利 洋, 矢治幸夫. 農土誌 212: 143-149(2001).

水田の均平は営農において重要な管理項目である。水田の区画が大きくなり, 営農における均平作業の負担が大きくなる状況の中で, 営農作業における均平作業の役割を把握するため, ロータリ耕耘整地作業と代かき作業による土の移動を検討した。ロータリ耕耘整地作業には, 水田表面を滑らかにする役割とともに水田全体の標高をそろえる役割を期待することは難しい。代かき作業には, 水田表面を滑らかにする役割とともに水田全体の標高をそろえる役割を期待できる。しかし, 均平を達成するために代かき作業回数を多くすると, トラクタ車輪跡が耕盤に残り, 轍箇所とそれ以外の土壌物理性の不均一性のため田面の均平度が悪化する。

Influence of Prestorage Conditioning Treatment and Optimal Temperature and Humidity for Prolonged Storage of 'Kiyomi' Tangor. Fujisawa, H. ; Takahara, T. ; Ogata, T. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 719-721 (2001).

カンキツ '清見' の貯蔵中に発生する果皮障害を防止する目的で, 貯蔵前の乾燥予措処理の影響及び長期貯蔵に適する貯蔵温・湿度環境を検討した。乾燥予措の程度が強いほど, 果皮が斑点状に褐色する果皮障害が著しく発生した。貯蔵温度 1℃では低温によるピットティングが発生し, 12℃では貯蔵早期から果皮障害が発生した。貯蔵温度を 5, 6℃とした場合に障害発生が少なく, 貯蔵環境を高湿度とすることにより障害は顕著に抑制された。'清見' 果実は, 予措を施さず, 温度 6℃, 相対湿度 98%以上の環境に貯蔵することにより, 5ヶ月以上の長期間にわたり果皮障害を免れて貯蔵することが可能であった。

Effects of Carbon Dioxide Enrichment on Tree Vigor of Citrus cv. Shiranuhi under Greenhouse Culture. Fujisawa, H. ; Ono, S. ; Takahara, T. ; Ogata, T. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 593-595 (2001).

施設栽培されているカンキツ品種 '不知火' において, 発芽から新梢発育の期間のみ二酸化炭素を施用した。処理により新梢長が増大し, 新葉の葉面積および葉厚が大きくなった。成熟期の果実は体積, 重量が増大したが糖度等の品質には影響がみられなかった。また, 人工気象室を用いて同様の時期に二酸化炭素施肥した樹は, 新葉の葉面積, 葉厚及び葉色が向上し, 生理落果後の着果数, 着果率が顕著に高くなった。以上のことから, '不知火' を施設栽培する際, 新梢発育期間の二酸化炭素施肥は, 樹勢強化に有効であり, 果実品質への影響が小さく, 増収が期待できる。

気象予報を用いた農業技術選択 水稲冷害対策技術を対象とした考察 . 林 清忠. 農業経営研究 39 : 91-94 (2001).

気象予報等の情報を用いて、冷害対策技術（水管理方式）を選択するかしないかを決定する方法を検討した。まず、影響図、意思決定樹、ペイオフ行列を用いた問題表現方法を援用し、アンブレラ問題（意思決定者が外出時に傘を携帯していくかどうかを、降水が不確実な状況で決定しなければならないという問題）との比較によって水管理問題の特徴を明らかにした。水管理問題の場合には、対策が実施されても確実に冷害が回避できるとは限らない点にその特徴がみられた。次いで、水稲の予想収量、必要作業時間、気象庁による確率予報等のデータを用いて代替的農業技術の選択問題を作成した。分析結果は、予報確率と労働時間の評価水準（水管理コスト）をパラメータとする感度分析の形式で示され、たとえば水管理コストが約 15,700 円の場合には、対策技術を選択すべき予報数（可能な確率予報の組合せ）と選択すべきでない予報数が等しくなることが図示された。

共選場統合過程におけるコンフリクトと交渉 . 林 清忠. 中山間地域農業の支援と政策 第Ⅲ部 第 4 章 農林統計協会 : 231-243 (2001).

複数の当事者間の対立的状況（コンフリクト）及びその解消過程を、グラフモデルを用いたゲーム理論によって分析した。分析対象は、中国地方の中山間地域における共選場統合過程であり、そのグラフモデルは次の要素から構成される。第 1 は、意思決定者（仮想的主体）としての「行政機関」、「農協」、「生産者」である。第 2 は、それぞれの意思決定者のオプション（選択肢）である。たとえば生産者のオプションには、共選場統合の意思表示をするかしないかがある。第 3 は、意思決定者の選好ベクトルである。選好ベクトルは、選好樹という選好を階層的に表現する方法によって決定した。以上の情報に基づき均衡解（ナッシュ均衡およびノンマイオピク均衡）を求めることによって、対立的状況や交渉過程を分析した。さらに、それを踏まえ、対立的状況の解消可能性等を検討した。

東北公共牧場における簡易草地改良の新技術評価。金岡正樹, 澁谷幸憲, 農林業問題研究, 36(4) : 59-64(2001).

東北の公共牧場は豊富な土地資源を有しているが、放牧頭数の減少傾向が続いており、牧草地の粗放化と低・未利用地が生じている。そこで、公共牧場の有効活用を図るため、荒廃化した公共草地の改良及び低・未利用地の草地化を行うマクロシードペレット散布作業システムの経済性評価を行った。マクロシードペレット散布作業システムによる草地改良は、既存の完全更新と比較して工程数及び機械稼働時間が少なく簡易な方法である。直接費用の比較では、低コストであり既存法に比べ約 20%安価である。特に、野草等の混生草地や林内草地造成などの低密度播種、急傾斜の草地改良において高い適応性を示す。新散布作業システムの導入について、低・未利用地を放牧地として有効利用を行い、採草適地を活用して貯蔵粗飼料販売事業の収益を用いるとの前提で、試算分析からその条件を明らかにした

Growers' barriers to a new technique to improve vegetable nutrition using cold weather. Satoh, Y.; Katoh, T.; Ozawa, K. Acta Horticulturae 559: 401-406 (2001) .

寒じめ栽培は、低コストで簡便な食味向上技術である。しかし、加温による生育促進を目的とした従来のハウス栽培技術と異なるため、寒じめ栽培の技術特性に対して生産者は、これまでの経験や知識に基づく潜在的な抵抗感を抱きやすいと考えられる。

生産者を対象とした調査によれば、抵抗感の低いグループに比べ高いグループでは、寒じめ栽培に対する理解度が低く、導入の意向を示さない傾向がみられた。また寒じめ栽培は、病害の防除や重労働の解消等、問題解決型の技術ではないため、生産者にとって差し迫って必要なものではなく、特に冬作経験が浅く冬場の自給が主な目的である場合は、食味や栄養価の向上に関心が及んでいない可能性が示唆された。このように、コスト面や操作面で誰もが取り組みやすいシンプルな技術を普及する際も、生産者の栽培目的や技術レベルを考慮した導入が肝要である。

現代の民俗芸能 - 農村地域における伝承活動と地域活性化 - , 澁谷美紀, 日本の農業 220 : 1-74 (2001)

民俗芸能を地域活性化資源として活用するため、伝承活動の促進に基づく活用方策を検討した。分析の結果、伝承活動の実態として、①従来、民俗芸能は伝承地の住民だけでなく他地域の人々の協力によって伝承されてきたこと、②しかしながら、戦中戦後や高度経済成長期を通して、担い手が地域住民、さらにはその一部の人々に限定されることで伝承活動が衰退していることを明らかにした。この分析をふまえ、活用の際の留意点として、①伝承活動を活発化させるには、広く担い手の育成が重要であること、②民俗芸能は本来的に地域住民のコミュニケーションを活発化させる機能を持つが、そのためには住民の伝承活動への参加が必要であること、③その他の地域活性化機能を発揮させるには、活用の目的の照らした伝承活動の環境整備が求められることを解明した。

日本の条件不利地域におけるルーラルツーリズムの可能性と限界 - 長野県栄村秋山郷を事例として - . 大橋めぐみ, 地理学評論第 75-3 : 139-153(2002)

本研究では、日本の条件不利地域における小規模なルーラルツーリズムの可能性と限界を明らかにするため、長野県栄村秋山郷の事例を取り上げ、ツーリズムの需給構造ならびにツーリズム資源となる農村生態系の保全との関連に注目して検討を行った。秋山郷を訪れる観光客は、農村生態系を構成する要素のうち自然的・文化的要素への関心が高く宿泊客を中心に満足度も高い。しかし、農業的要素への需要は十分満たされていない。地域住民は、農業や建設業との複合経営の一環として、低コストで小規模な宿泊施設を運営してきたが、近年は経営の維持が困難となっている。こうしたツーリズムは文化的要素の維持には貢献してきたものの、農業的要素の維持には結びついてこなかった。農村生態系の劣化はツーリズム自体の存立を脅かすものであるが、その保全のためには観光客やルーリズムに携わる住民のみでなく、地域住民全体を含めた保全の枠組みが必要である。

水稲代かき同時打込み点播機のための鋸歯形ディスクの開発 . 下坪訓次, 富樫辰志. 農作業研究 36(2) : 49-58 (2001)

水稲湛水直播栽培における播種方式として、種子を代かき土中に打込むための鋸歯形ディスク、及び収納ケース等で構成された種子打込み装置を開発した。

鋸歯形ディスクの材質はスポンジゴムで、その形状は直径 190 mm、厚さ 20 mm の円盤状で、周辺部に鋸歯状の切込みを 32 個入れた。鋸歯形ディスクの収納ケースは種子供給管と種子打込み管とで構成され、ディスク先端部と収納ケース内壁との隙間は 1 ~ 3 mm である。種子打込み装置に組込まれた鋸歯ディスクは 100 ~ 1500rpm の範囲で無段変速でき、ディスクの周速度とほぼ同じ速さで種子を打出することができる。開発した装置は種子打込み方式であるため、代かき直後の軟らかい状態の土中播種に適用する。種子供給管より数粒の種子を間欠的に導入することにより、圃場における点播状播種が可能になる。

水稲代かき同時打込み点播機の開発と播種深度特性 . 富樫辰志, 下坪訓次, 吉永悟志. 農作業研究 36(4) : 179-186 (2001)

トラクタによる代かき作業と同時工程で水稲直播作業を行う「代かき同時打込み点播機」を開発し、その播種深度特性について室内基礎試験を行った。

播種機は代かきハロー後部に取付けられ、播種ロールより繰出された数粒の過酸化石灰被覆種子を回転 (100 ~ 1500rpm 可変) する鋸歯ディスクによって代かき土壌中に打込むものである。播種ロールおよび鋸歯ディスクの駆動はトラクタバッテリーを電源とする可変速直流モータ (40W・130W) で行う。鋸歯ディスクによる打撃種子の速度は、鋸歯ディスク周速度より若干大きく、CV15%程度のばらつきを有した。水中に打込まれた種子が一旦停止状態となる深度は、打込み速度 10 m/s では 40 mm 前後が多かった。寒天ゲル (粘度約 50dPa・s) に打込まれた種子深度の CV は 36 ~ 38 % で、打込み速度が大きいほど播種深度も大きくなることが確認された。

水稲代かき同時打込み点播機の点播特性. 富樫辰志, 下坪訓次, 吉永悟志. 農作業研究 36(4): 187-194 (2001).

代かき同時打込み点播機の主要な播種精度である点播形状に及ぼす要因等について検討した。

本機によって代かき土壌中に打込まれた数粒の種子の分散程度(点播形状, 出芽形状)はかなり複雑な形状となるが, それを楕円形と見立てるのが最も合理的と判断された。数粒の種子を間欠的に繰出し, かつ過酸化石灰資材の被覆種子の剥離粉末が種子繰出しセルに付着するのを防ぐために点播用播種ロールを開発した。幅 27 mm・縦 24 mm の打込み管を使用し, 走行速度 0.5m/s での平均的な点播形状は, おおよそ長径 7~12 cm, 短径 3~6 cm の楕円形となる。点播形状に影響を及ぼす要因としては, 播種ロールによる種子繰出し時間, 鋸歯ディスクへの種子供給時間, 走行速度, 代かき土壌硬度等が挙げられる。

水稲代かき同時打込み点播機の作業性能および栽培特性. 富樫辰志, 下坪訓次, 吉永悟志. 農作業研究 36(4): 195-203 (2001).

水稲代かき同時打込み点播機の作業精度・作業能率および栽培特性等について検討した。

圃場試験の結果, 打込み速度 12 m/s, 標準的な土壌硬度(粘度 50~250dPa・s)の条件で出芽深度は 12 mm (± 6 mm) となった。点播形状は, 0.5~0.7m/s の作業速度, 種子打込み速度 10 m/s 等の標準的な作業条件で, 長径 6~10 cm, 短径 3~5 cm の楕円形となった。作業能率は, 0.4ha/h (8条用)であった。播種作業条件は代かき土壌硬度・種子打込み速度・ハロー回転数・作業速度等を適正に設定する必要がある。現地実証試験(福岡県夜須町: 1997)の出芽率は 80~90%で, 全国実証試験結果では 60%前後の出芽率が多かった。打込み点播の耐倒伏性は移植に近く, 表面散播に比べて大幅に押倒し抵抗値が増加した。全国実証試験結果の収量性は, 条播に比べて同等以上, 移植に比較して約 10%の減収と判断された。

Free-air CO₂ enrichment (FACE) using pure CO₂ injection: system description. Okada, M.; Lieffering, M.; Nakamura, H.; Yoshimoto, M.; Kim, H.Y.; Kobayashi, K. New Phytologist 150: 251-260 (2001).

水田 FACE (開放系大気 CO₂ 増加) 実験のために, 濃度 100% の純 CO₂ ガスを放出する新しい装置を開発した。大気と CO₂ ガスの混合を促進するために, あらかじめ CO₂ ガスを希釈し, 送風機を用いて放出パイプから試験区内に吹き付ける従来の FACE 装置に対して, 本装置では, 園芸用灌水チューブを放出装置に利用して, 純 CO₂ ガスと周囲大気との素早い混合を実現した。この結果, 制御機材の能力や必要量を, 従来方式に比べて数百分の一に小型化できた。

直径 12 m の FACE 実験 4 区, 対照実験 4 区を農家水田に設置し, CO₂ ガス分析計, 風向風速計, データロガー, 制御バルブ等を介して, CO₂ ガス濃度を計測・制御した。FACE 区の CO₂ ガス濃度は, 昼夜を通して対照区 + 200ppm に設定した。動的制御の安定性においては, 30 秒あるいは 1 分間の平均濃度が設定値の 10% 以内におさまる時間割合が 60% 強となり, 従来方式に比べてやや劣る程度の制御性を示した。試験区面積の 60% が設定濃度の 15% 以内に維持でき, 濃度の空間むらにおいても従来方式と大差ない。

Comparison of Complete Nucleotide Sequences of Genomic RNAs of Four Soybean Dwarf Virus Strains That Differ in Their Vector Specificity and Symptom Production. Terauchi, H.; Kanematsu, S.; Honda, K.; Mikoshiya, Y.; Ishgiuro, K.; Hidaka, S. Arch. Virol. 146: 1885-1898 (2001).

ダイズわい化ウイルスはアブラムシ媒介型と病徴型から 4 つの系統に分けられている。これら 4 系統のルテオウイルス科内での分類学的な関係および系統間の類縁関係を明らかにするため, 4 系統について全塩基配列を決定した。その結果, 本ウイルスはルテオウイルス科のルテオウイルス属とポレロウイルス属の間でのキメラ様構造を有しており, 本科内でも独特な分類学的位置関係にあることが示唆された。また, 全 ORF の相同性から系統間の類縁関係を解析した場合, 同じ病徴型の系統間での類縁性の方が異なる病徴型の系統間の類縁性よりも高いことが示された。しかし, リードスルータンパク質の N 端側で解析した場合は, 同じ媒介型の系統間での類縁性の方が異なる媒介型の系統間の類縁性よりも高いことが示された。リードスルータンパク質の N 端側はアブラムシ媒介性に関与して機能するタンパク質と推察されており, この結果はそれを裏付けるものとなった。

Isolation of Olive Latent Virus 1 from Tulip in Toyama Prefecture. Kanematsu, S.; Taga, Y.; Morikawa, T. J. Gen. Plant Pathol. 67: 333-334 (2001).

1987年にえそ病罹病チューリップから分離され、タバコネクロシウイルスと同定されていたウイルス株 Pare-P について再同定するため、本株の外皮タンパク質遺伝子の塩基配列を決定した。Pare-P 株の外皮タンパク質遺伝子は 810 塩基から成り、270 残基のアミノ酸をコードしていると考えられた。この塩基配列を既報のタバコネクロシウイルス株と相同性検索したところ、54-56%の相同性しか有しておらず、Olive Latent Virus 1 (OLV-1) の外皮タンパク質遺伝子とは 93%の相同性を有していた。OLV-1 はタバコネクロシウイルスと同じネクロウイルス属に属するウイルスであるが、チューリップが OLV-1 に感染するという報告はこれまでにない。また、Pare-P 株が分離されたチューリップはえそ病の典型症状は呈しておらず、本株のチューリップへの戻し接種など、その生物学的性状を再調査する必要が考えられた。

Comparison of Complete Nucleotide Sequences of Genomic RNAs of Four Soybean Dwarf Virus Strains That Differ in Their Vector Specificity And Symptom Expression. Terauchi, H.; Kanematsu, S.; Honda, K.; Mikoshiba, Y.; Ishiguro, K.; Hidaka, S. Arch. Virol 146:1885-1898 (2001).

ダイズわい化ウイルスは、国内では病徴型 (Y:黄化症状、D:わい化症状) 及び媒介アブラムシの種類 (P:エンドウヒゲナガアブラムシ、S:ジャガイモヒゲナガアブラムシ) により、4 系統 (YP, YS, DP, DS) に分類されている。本研究では、系統間の差異を遺伝子レベルで明らかにするために、これらのウイルスの全塩基配列を決定した。全塩基数は、それぞれ YP:5841, YS:5853, DP 及び DS:5708 であったが、推定される 5 つの読み取り枠 (ORF1-5) 等のゲノム構成は一致していた。これらの系統間の相同性 (塩基配列レベル) は、ORF5 以外の領域では同じ病徴型を示す YP と YS あるいは DP と DS 間で高い相同性がみられた。一方、ORF5 の 5' 側領域は同種のアブラムシにより伝搬される YP と DP あるいは YS と DS 間で相同性が高いことから、当該領域は媒介特異性を支配しているタンパク質をコードしていることが示唆された。

Adventitious shoot formation from hypocotyl sections of mature soybean seeds. Yoshida, T. Breeding Science 52:1-8 (2002).

遺伝子組換えに用いることのできる簡単で安定なダイズの培養系を開発するため、成熟種子胚軸からの効率的な不定芽形成条件を明らかにした。胚軸上部を軸に対して垂直に切断した子葉節部位を含む長さ 1 mm の切片とその根側の 1 mm の切片を材料として用いた。チジアズロン (TDZ) の効果、切片の培地への置床方法の影響、品種間差について調べた。胚軸の子葉節切断面では、全ての条件で芽が形成された。一方、胚軸切断面では、TDZ が不定芽形成に必要で、最適濃度は 2~10 mM であった。不定芽形成効率は材料の置床方法により変化し、胚軸の軸を培地に垂直になるように置くことで上昇した。また、不定芽は、培地の表面に接している切断面から形成され、空気中及び培地中の切断面からは形成されなかった。さらに、子葉節からの長さが 1 mm の切断面が 2 mm の切断面より効率的に不定芽を形成した。東北地域で栽培されている 6 品種を用いた場合、子葉節切断面における芽形成に品種間差は認められなかったが、胚軸切断面における不定芽形成には著しい品種間差が認められた。

Genetic Diversity of Japanese Barley Cultivars Based on SSR Analysis. Turuspekov, Y. ; Nakamura, K. ; Yoshikawa, R. ; Tuberosa, R. Breeding Sci. 51 : 215-218 (2001).

日本の精麦用主要大麦 18 品種について、マイクロサテライト多型による遺伝的多様性の解析を行った。18 種類のマイクロサテライトマーカーを用いた 6%ポリアクリルアミド電気泳動による解析で、21 種類のマイクロサテライト部位より計 77 の多型が検出された。この結果をもとにクラスター分析を行ったところ、供試品種を育成場所別にグループ分けすることが可能であった。さらに Shannon の遺伝的多様性指数を育成場所別に比較すると、東北地域が最も低く、関東地域で最も高くなった。また 5 種類のマーカーによって、解析に用いた大麦 18 品種すべての品種判別が可能であった。これらの結果から、多型が得られにくい国内品種間における遺伝的多様性解析や品種判別におけるマイクロサテライトマーカーの有効性が示唆された。

Leaf Rust Resistance Genes in Japanese Wheat cultivars. Singh, R.P.; Nakamura, K.; Huerta-Espino, J. *Breeding Sci.* 51 : 83-87 (2001).

日本の小麦 37 品種・系統 (主要栽培品種: 18, 赤さび抵抗性中間母本系統: 12, 日本の赤さび病原菌レース付加的判別品種: 7) に, 抵抗性遺伝子に対する反応が明らかにされている赤さび病原菌レースを幼苗期に人工接種し, その抵抗性反応から各品種が持つ抵抗性遺伝子の遺伝子型の推定を行った。使用した赤さび病原菌の 11 レースは, すべて国際トウモロコシ小麦改良センター (CIMMYT) にて収集・保管・増殖されたものであり, 接種試験も CIMMYT にて行った。その結果, 日本の小麦品種に 9 つの既知の赤さび病抵抗性遺伝子 Lr1, Lr3, Lr9, Lr10, Lr17, Lr19, Lr23, Lr27+31 の存在が推定された。しかし, CIMMYT のレースに対する抵抗性反応により同じ遺伝子型と推定される品種間でも, 日本のレースに対して明らかに異なる反応を示すものがあり, 日本のレースでのみ検出される新しい抵抗性遺伝子の存在が示唆された

Callus induction and plant regeneration in anther culture of Japanese buckwheat cultivars (*Fagopyrum esculentum* Moench). Yui, M.; Yoshida, T. *FAGOPYRUM* 18 : 27-35 (2001).

ソバ 3 品種 (最上早生, 階上早生, キタワセソバ) の葯培養条件を試験した。B5 基本培地に 2% ショ糖, 1 mg/l NAA, 2 mg/l BA を添加した培地で, 比較的効率よくカルスを誘導できた。階上早生では添加物濃度を 1/2 に減じた培地も適していた。また, 培養前に材料を 5℃ で 10 日ほど低温処理することによりカルス形成率が向上した。長さ約 1 mm の未熟蕾から摘出した未熟葯 (4 分子期から 1 核期頃の小胞子を含み, 長さ 0.4 mm 程度) では, 同 2 mm からのものに比べ, 明らかにカルス形成率が高かった。カルス形成率の最高値は上記 3 品種でそれぞれ約 16%, 39%, 43% であった。階上早生では低温前処理や培地条件に対する反応に個体間差があり, カルス形成率にも顕著な個体間差がみられた。最上早生と階上早生ではわずかながら再分化個体を得られ, うち 1 個体は葉片の DNA 含量が標準の 3/5 程度であったが, 他は 2 倍体と判断された。

Isolation of a VP1 homologue from wheat and analysis of its expression in embryos of dormant and non-dormant cultivars. Nakamura, S.; Toyama, T. *J. Exp. Bot.* 52:875-876(2001).

これまでにトウモロコシやシロイヌナズナによる分子遺伝学的解析で, 種子休眠形成に重要な働きをしていることが知られていた VP1 遺伝子の相同遺伝子を小麦から単離し, その塩基配列を決定した。得られた配列は, 既知の VP1 遺伝子と同様, A1, B1, B2, B3 ドメイン構造を有していた。種子休眠の非常に深い「ミナミノコムギ」と非常に浅い「東山 18 号」の完熟種子胚中の VP1 遺伝子発現量を解析したところ, ミナミノコムギでは VP1 遺伝子の発現が強く, 東山 18 号では弱いことが明らかになった。この結果から, 小麦 VP1 遺伝子の完熟胚中の発現量と小麦種子休眠の深さや胚のアブシジン酸感受性程度との関連が示唆された。

Physiological Interactions between ABA response loci of Arabidopsis. Nakamura, S.; Lynch T.J.; Finkelstein, R.R. *Plant J.* 26: 627-636 (2001).

アブシジン酸非感受性遺伝子は相互に影響し, 種子特異的及びアブシジン酸により誘導される遺伝子発現を制御していることが示されている。しかし, 遺伝子の蛋白レベルでの相互作用は不明であった。そこで, 酵母 2 ハイブリッド法によりアブシジン酸非感受性遺伝子の蛋白レベルの相互作用を解析した。相互作用が確認できたのは ABI3 と ABI5 間のみであり, ABI5 はそれ自身で 2 量体を形成することが示された。ABI3 と ABI5 の相互作用には ABI3 の B1 ドメインが重要であり, ABI5 の N 末端の 2 つの保存配列が ABI3 との相互作用で重要なことが明らかになった。また酵母ワンハイブリッド法により, AtEm6 のプロモーターに ABI5 転写因子のみが相互作用することが明らかになった。

ソバ地上部の生育ステージによる抗酸化能とフラボノイド組成の変動. 渡辺 満, 伊藤美雪 日食科工 49 : 119-125 (2002).

ソバ地上部抽出物のラジカル消去活性, ポリフェノール量を調査した。ポリフェノール量は発芽後 15 日目まで減少し, その後開花初期の 23 日目まで増加した。ラジカル消去活性も同様に変動したが, 23 日目の活性は 1 日目と同等以上であった。ポリフェノール量, 抗酸化活性とも高かった幼植物には, ルチンを含む 5 つのフラボノイドの存在が認められた。しかし生育が進むにつれルチン以外は減少し, 19 日目以降はルチンのみとなった。幼植物中の 2 つの化合物は, HPLC データからビテキシン, イソビテキシンと同定し, ラジカル消去活性を有する 2 つの化合物は, 単離後機器分析によりオリエンチン, イソオリエンチンと同定した。ソバ幼植物にはルチン以外にも, フラボノイドが極めて豊富に含まれていることが明らかになった。

Structural analysis of a novel antimutagenic compound, 4-hydroxypanduratin A, and the antimutagenic activity of flavonoids in Thai spice, Fingerroot (*Boesenbergia pandurata* Schult.) against mutagenic heterocyclic amines. Trakoontivakorn, G.; Nakahara, K.; Shinmoto, H.; Takenaka M.; Onishi-Kameyama, M.; Ono, H.; Yoshida, M.; Nagata, T.; Tsushida, T. J. Agric. Food Chem. 49: 3046-3050 (2001).

タイで栽培されているショウガの仲間であるフィンガールートから抗変異原性のある新規フラボノイドを単離した。抗変異原性は, サルモネラ菌と Trp-P1 を用いたエームス試験によって評価した。フィンガールート抽出物から抗変異原性を有する 6 種類の化合物を分離した。構造を決定したところ, ピノセンブリンカルコン, カルダモニン, ピノセンブリン, ピノストロビン, パンデュラチン A, および新規化合物であった。新規化合物はパンデュラチン A の 4 ハイドロキシ体であった。それぞれの化合物は既知の抗変異原と比較しても強い活性を持っており, タイ産ハーブの新しい機能性として注目される。

Genetic diversity of high-molecular-weight glutenin subunit compositions in landraces of hexaploid wheat from Japan. Hiro NAKAMURA. Euphytica 120: 227-234(2001).

日本の普通系コムギ遺伝子源の遺伝的多様性を調べることは, コムギ育種開発及び遺伝子源開発計画を行う上で重要である。そこで, 日本コムギ在来種 174 点の高分子量グルテニンサブユニット (HMW-GS) 構成 (品質に関与する重要なタンパク質成分) を SDS-ゲル電気泳動法により調べた。その結果, 174 点の在来種は 24 の主要な HMW-G 有し, 17 種類の HMW-GS 構成に分けられた。さらに, 農林品種と同様に世界的に稀なグルテニン遺伝子 Glu-D1f を高頻度 (25.3 %) で有しており, 特異的な遺伝変異を示した。また, 農林品種に存在しない Glu-B1a 遺伝子を有するなど, 在来種の幅広い遺伝的変異を明らかにできた。

Evaluation of wheat endosperm protein fingerprints as indices of Udon-noodle making quality. Hiro NAKAMURA. Aust.J.Agric.Res.52: 919-923 (2001)

日本めん (うどん) の品質改善が急務であるが, その品質向上に関与する重要な蛋白質はみつからない。そこで, うどん品質に関与する蛋白質成分を同定するために, コムギ種子貯蔵蛋白質の中で分子量が 53,000 の 53kDa 蛋白質に着目し, うどん品質の中で最も重要な品質項目である, ゆでめんの粘弾性との関連解明を行った。その結果, 53kDa 蛋白質・高分子量グルテニンサブユニット 2 * の消長と ゆでめんの粘弾性 (うどんの食感を左右する) との関連が明らかとなった。すなわち, 53kDa 蛋白質は, ゆでめんの粘弾性の向上に強く関与し ($r = 0.8093^{**}$), その一方, 高分子量グルテニンサブユニット 2 * は, ゆでめんの粘弾性の低下に関与していた ($r = -0.9292^{**}$)。

東北地域農産物のマウス白血病細胞増殖に対する作用, 新本洋士, 木村俊之, 鈴木雅博, 山岸賢治, 食工誌, 48, 787-790 (2001).

200 種以上の東北地域を中心に生産される農産物から抽出試料を調製し, マウス白血病細胞 P388 の増殖におよぼす作用を検索した。試料は, 凍結乾燥した試料をジメチルスルホキシドによって抽出した。マウス白血病細胞 p388 はマイクロカルチャープレート中で培養し, 細胞増殖を WST-1 試薬に対する還元能で検出し, マイクロプレートリーダーで還元された WST-1 色素の吸光度を測定した。ほとんどの試料にはごく弱い作用しかなかったが, 食用菊, フキノトウ, ウルイ, ホップ, 桑の根, ウコン, ラベンダーからの抽出物は非常に強い増殖抑制作用を持っていた。

Trp-P2 の *Salmonella typhimurium* TA98 変異誘導に対するカキ果実およびカキ葉抽出物の抑制作用, 新本洋士, 木村俊之, 山岸賢治, 鈴木雅博, 食工誌, 49, 203-206 (2002).

東北地域で栽培される果実の抗変異原性を測定した。試料は, 凍結乾燥した試料をジメチルスルホキシドによって抽出した。抗変異原性は, サルモネラ菌と Trp-P2 を用いたエームス試験によって評価した。モモ, ナシ, リンゴ, ブドウには抗変異原性はみられなかった。脱渋前の渋ガキには強い抗変異原性がみられたが, 脱渋処理によって作用は低下した。また, 以上の結果から, 渋味成分であるタンニンが抗変異原性の本体であることが示唆された。また, 柿の葉抽出物にも脱渋前の渋ガキと同程度の強い抗変異原性がみられた。

Discrimination of Cooked Mochiminori and Koshihikari Rice Grains by Observation of Internal Hollows Using Light Transmittance Photography. Suzuki, M.; Kimura, T.; Yamagishi, K.; and Shinmoto, H. Food Sci. Technol. Res., 8 (1), 8-9, 2002

NMR マイクロイメージングを用いて炊飯米中の空洞の存在が明らかにされた。前報において, その空洞が透過光にて観察できることを報告した。その後, モチミノリとコシヒカリにおいて空洞体積が大きく異なると報告された。今回, 1.5 倍加水にて炊飯したモチミノリの空洞を透過光により観察し, NMR マイクロイメージングと同様に小さな空洞を検出したか, 全く空洞を検出できなかった。モチミノリとコシヒカリの空洞を比較した結果, 両品種を空洞観察により区別できる基準があることを見いだした。そこで, モチミノリとコシヒカリを混合炊飯した試料を空洞の大きさに基づき分離し, 分離したものをヨウ素染色法により検定したところ, モチミノリとコシヒカリの判別が可能であった。空洞観察による判別法は, ヨウ素染色法と異なり劇物であるヨウ素を使用せず, 特別な機械も必要としない。

Antigenicity estimation of collagenase-treated gelatins by a novel assay system using human antibodies secreted by B-lymphoblastoid cells, Shinmoto, H.; Yamagishi, K.; Kimura, T.; Suzuki, M.; Sakai, Y.: Food Sci. Technol. Res. 7, 331-332 (2001).

コラゲナーゼ処理されたゼラチンのアレルギー性を, ヒト B 細胞ライブラリーから得た抗ゼラチン抗体を用いて検討した。ゼラチンをコートした 96 穴プレートに, コラゲナーゼ処理低アレルギー化ゼラチンと抗ゼラチン抗体を分注し, プレートへの抗体の結合を, コラゲナーゼ処理ゼラチンがどの程度阻害するかを, 競争酵素免疫測定法で測定した。インタクトなゼラチンは抗体の結合を強く阻害したが, コラゲナーゼ処理ゼラチン標品 3 種類は高濃度に添加しても抗体のプレートへの結合を阻害しなかった。これらの結果から, ヒト B 細胞ライブラリーから得た抗ゼラチン抗体を用いて, ゼラチンのアレルギー性評価が可能であると結論した。

Cryopreservation of Lateral Buds of In Vitro-grown *Innala* Plants (*Solemostemon rotundifolius*) by Vitrification. Niino, T.; Hettiarachchi A.; Takahashi J.; Samarajeewa P.K. *Cryo-Lett.* 21: 349-356 (2000).

スリランカで栽培されているジャガイモに似た植物インナラのガラス化法による超低温保存法の開発を行った。均一な材料を得るために培養した茎頂から節を切りだし、3週間培養を行った。得られた茎頂から、側芽が球形で0.1 mm以下の大きさのものを節につけたまま切りだし、保存材料とした。この材料を0.3Mのショ糖を添加したMS培地で2日間(5℃)前培養し、その後2Mグリセロール及び0.4Mショ糖を添加したMS培地液で25℃, 20分処理を行った。さらに、ガラス化液(PVS 2)で25℃, 18分脱水処理を行い、液体窒素中に保存した。再生育させるには、35℃の温水中で加温し、1Mショ糖を添加したMS培地液で材料を洗浄後、培地に置床した。生存した側芽は置床後、3日で再生育し始め、カルス形成もなく、茎頂を伸長させた。上記の方法で液体窒素保存した側芽の平均生存率は85%と高く、インナラの培養した側芽がガラス化法で超低温保存できることを明らかとした。

種子根伸長角度を指標にした根系の深さが異なるコムギ実験系統群の作出。小柳敦史, 乙部(桐) 千雅子, 柳澤貴司, 本多一郎, 和田道宏。日作紀70: 400-407 (2001)。

コムギにおいて幼植物の種子根の伸長角度を指標にして、根系の深さが異なる系統を選抜することができるかどうかを調べた。作出される系統群の遺伝的背景を揃えるため、一組の親組み合わせから得た姉妹系統を用い、早期に遺伝的に固定した系統を得るため半数体育種法を利用した。バスケット法で播種後7日目の種子根の伸長角度を調べ、種子根の数と伸長角度の関係から、下向きの伸長角度が小さい9系統(S群)と大きい9系統(D群)を選抜した。これらを土壌環境の異なる畑圃場と水田圃場で栽培し、それぞれ穂孕期と登熟期に改良モノリス法で深さ30 cm, 条間方向への距離15 cmまでの根長密度を調べた。その結果、根系の深さは両群で有意に異なり、D群はS群に比べて畑圃場で22%, 水田圃場で13%深い根系を形成していることを確認した。これらの系統は、根系の深さが生育に及ぼす影響を調べるための比較実験などに用いることができる。

マメ科牧草リビングマルチ下で栽培したスイートコーンの生育及び収量。三浦重典, 渡邊好昭。日作紀71: 36-42(2002)。

アルファルファ, アカクローバ, シロクローバをリビングマルチとして利用し、無除草剤でスイートコーンを不耕起栽培した結果、全てのリビングマルチ区で雑草の生育が顕著に抑制された。スイートコーンの収量は、シロクローバリビングマルチ区で慣行栽培と同等であったが、アカクローバ, アルファルファでは低下した。シロクローバリビングマルチ区では、スイートコーンの株立ち率が高く、スイートコーンとシロクローバとの間の窒素や光に対する競合が小さいと推察された。これらのことから、シロクローバをリビングマルチとして利用することで、除草剤を用いずにスイートコーンを栽培することが可能であると考えられた。

Evaluation of Three Antioxidants and their Identification and Radical Scavenging Activities in Edible Chrysanthemum. Murayama, T.; Yada, H.; Kobori, M.; Shinmoto, H.; Tsushida, T. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71:236-242 (2002)。

食用ギク4品種の抗酸化活性, ラジカル消去活性を評価したところ、これらの花卉のメタノール抽出物はいずれも強い活性を示した。品種間で活性に大きな差はみられなかった。抗酸化活性は、クーロケム検出器でのピークの大きさと高い相関性がある。クーロケム検出器で分析したところ、いくつかの抗酸化成分の存在が示唆された。そこで、ゲル濾過クロマトグラフィーおよび分取液体クロマトグラフィーによって、抗酸化成分を分離・精製した。HR-ESI-MSおよびNMRで構造を確認し、食用ギク花卉に含まれる主な抗酸化成分はクロロゲン酸, 3,5-ジカフェオイルキナ酸, 4,5-ジカフェオイルキナ酸であることを明らかにした。

Effect of temperature on growth and nitrogen mineralization of fungi and fungal-feeding nematodes. Okada, H.; Ferris, H., *Plant Soil* 234: 253-262 (2001).

糸状菌及びそれを摂食する線虫の増殖並びに窒素無機化作用に及ぼす温度の影響を人工培地中で調べた。糸状菌 *Rhizoctonia solani* と *Botrytis cinerea* の生育速度は各々 29℃ と 25℃, これら糸状菌を摂食した線虫 *Aphelenchus avenae* と *Aphelenchoides composticola* の増殖率は各々 29℃ と 25℃ で最大だった。これら生物が無機化する窒素の量は, *R. solani* + 線虫区では線虫の増殖適温付近で最大になった。一方, *R. solani* 単独区及び *B. cinerea* を入れた全試験区では, 窒素量は温度の影響を受けなかった。また, 線虫の働きによる窒素無機化量は糸状菌のそれに比べて少なかった。線虫と糸状菌菌体の C/N 比が近く, 有機物の C/N 比が小さいこと等がその原因と考えられた。

Comparison of Bacterial and Fungal Biomass Determined by Phospholipid Fatty Acid and Direct Microscopical Analysis in 4 Types of Upland Soils. Arao, T.; Okano, S.; Nishio, T. *Soil Microorganisms* 55:29-36(2001).

4 種類の畑土壌 (赤色土, 灰色低地土, 淡色黒ボク土, 多腐植質黒ボク土) にセルロースまたはグルコースを添加して培養し, 直接検鏡法による微生物バイオマス (細菌 + 糸状菌) とリン脂質脂肪酸 (PLFA) 含量を比較した。18:2 ω 6 を除く全 PLFA 含量と細菌バイオマスの間には有意な正の相関があった ($r=0.75$; $P<0.01$, $n=66$)。両者の比 4.7 ± 0.2 を用いて PLFA 含量から細菌バイオマスを概算できた。一方, 18:2 ω 6 含量と糸状菌バイオマスの間には有意な正の相関があり, この脂肪酸が 0.1 mg g⁻¹ 以上の土壌で相関係数は高まった ($r=0.64$; $P<0.01$, $n=38$)。この場合の糸状菌バイオマスと 18:2 ω 6 の比 822 ± 71 を用いて 18:2 ω 6 含量から糸状菌バイオマスを概算できた。

Influence of Earthworm Activity and Rice Straw Application on the Soil Microbial Community Structure Analyzed by PLFA Pattern. Enami, Y.; Okano, S.; Yada, H.; Nakamura Y. *Eur. J. Soil Biol.* 37: 269-272 (2001).

ヒトツモンミミズが土壤微生物フローラに与える影響を, 土壌中のリン脂質脂肪酸組成に基づき解析した。稲藁を表層または土壌と混合して添加した場合と, 添加しない場合を設定し, 設定毎にミミズ導入と未導入の区を設けた。1ヶ月後の土壌リン脂質脂肪酸組成を分析したところ, 稲藁を添加 (表層と混合) した場合, ミミズのいない土壌に比べて, ミミズが生息していた土壌中で, 細菌のマーカーであるリン脂質脂肪酸 i15:0, i17:0, 17:0, 18:1 ω 7, ならびに糸状菌のマーカーである 18:2 ω 6 が多く, 逆に放線菌のマーカー p10-17:0 は少ない傾向を示した。またミミズが生息すれば, 稲藁の添加方法 (表層への添加と土との混合添加) が異なっても, リン脂質脂肪酸組成に顕著な違いは見られなかった。

Damaeid Mites (Acari: Oribatei) from the Kushiro Wetland of Hokkaido, North Japan (II). Enami, Y.; Aoki, J. J. *Acarol. Soc. Jpn.* 10(2): 87-96.

菌食性ササラダニ類であるジュズダニ科の 2 新種を, クシロジュズダニ (*Dyobelba kushiroensis* sp. nov.) ならびにカナボウジュズダニ (*Epidamaeus fortisensillus* sp. nov.) と命名, 記載した。タイプ産地は共に北海道釧路湿原である。クシロジュズダニは本属のタイプ種である *D. carolinensis* (Banks) と IV 脚転節を除いて同じ歩脚毛式をもつことで似るが, 前種は第 I 脚底を発達させず, かつ腹板隆起をもたない点で後種と区別された。なお, 本属の日本における分布が初めて示された。カナボウジュズダニは, 腹板中央に隆起をもつことと桁間毛の形, 体長の違いにより既知の同属数種から区別された。

Effects of Plant Stages on bolting of the Breeding Line ' Leafy Green Parental Line No.2 ' (Brassica rapa L. pekinensis group). Yui, S. and Hida, K., J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71(2) : 192-196 (2002).

ハクサイと同種の Brassica rapa L. pekinensis group に属する晩抽性育種素材 'つけな中間母本農 2 号 (旧系統名安濃 3 号または FNC31・63)' について、抽だいに及ぼす苗令の影響を調査した。その結果、この系統は植物体の苗令に関わらず、花芽分化は非常に遅く、低温に対する感受性も非常に低かった。また、この系統の抽だい開花は 16 時間の長日処理によって誘起されたが、補光による長日は効果が認められなかった。発芽直後から植物体を 16 時間の長日条件下に置いた場合、開花するまでに約 70 日を要した。これに対して、苗令が進むと長日条件下に置かれてから開花するまでの日数は 50 日以下と短くなった。これらの結果から、'つけな中間母本農 2 号' の長日感受性は、植物体の生長に伴って高くなると考えられた。

Loss of freezing tolerance associated with decrease in sugar concentrations by short-term deacclimation in cabbage seedlings.

Sasaki,H.;Ichimura,K.;Imada,S.;Oda,M. J.Japan. Soc. Hort. Sci. 70 : 294-298 (2001).

これまでの植物の耐凍性に関する研究は、耐凍性の獲得や誘導を中心に解明が進められてきたが、本論文では、キャベツ幼植物の耐凍性について脱順化という観点から解明しようとした。5℃処理 8 日間で低温順化したキャベツ幼植物を 15, 20 および 25℃の暗条件、もしくは明条件に移した。獲得されていた耐凍性は、すべての昇温処理で消失した。脱順化処理の温度が高いほど、耐凍性の消失は速やかであった。可溶性糖、特にスクロースは、短時間脱順化処理 (20℃暗条件, 1-3 時間) で急激にある程度まで減少した。こうした糖質の減少は、葉の耐凍性の低下と同じ挙動であった。葉の可溶性酸性インベルターゼ活性は、短時間脱順化処理によって影響を受けなかった。

Sucrose synthase and sucrose phosphate synthase, but not acid invertase, are regulated by cold acclimation and deacclimation in cabbage seedlings. Sasaki,H.;Ichimura,K.;Imada,S.;Yamaki,S. J.Plant Physiol.158:847-852 (2001).

キャベツ幼植物では、低温順化時にミオ-イノシトール以外の可溶性糖質が葉に蓄積した。5 日間の脱順化時には、スクロース、グルコース、フルクトース濃度が低温順化前のレベルまで減少した。スクロース合成酵素、スクロース-リン酸合成酵素、酸性インベルターゼについて低温順化・脱順化時の活性を調べると、スクロース合成酵素活性は低温順化中に増加したが、脱順化によって低温順化前のレベルまで減少した。スクロース-リン酸合成酵素活性も低温順化中に増加し、脱順化中に低下した。しかし、酸性インベルターゼ活性は、低温順化中に減少したものの、脱順化中に低温順化前のレベルまで増加することはなかった。これらのことから、酸性インベルターゼを除くスクロース合成酵素とスクロース-リン酸合成酵素は、低温順化・脱順化によって調節を受けていることが明らかとなり、これらの活性変化が糖質蓄積と耐凍性の獲得に重要な役割を持つことが示唆された。

Evidence that protein kinase C (PKC) participates in the meiosis I to meiosis II

Viveiros, M.M.; Hirao, Y.; Eppig, J.J. Dev. Biol. 235 : 330-342 (2001).

LT 系統のマウスは、卵巣内で卵母細胞に単為活性化が起こる頻度が高く、卵巣性テラトーマの希少モデルである。これまで、第一減数分裂の途中で異常成熟となることが判明している。今回、体外培養で再現した結果、40%が単為活性化を起こし、その過程に C キナーゼが関与することの証拠を得たので報告する。まず、第一減数分裂中期の卵母細胞に C キナーゼの阻害薬を作用させた結果、単為活性化は抑制されるとともに、正常な卵母細胞の割合が増加した。反対に C キナーゼを活性化する処理では、単為活性化率が上昇した。この時、C キナーゼは第一減数分裂の後期から終期へと移行する段階で関与していた。共焦点レーザー顕微鏡を用いた解析では、デルタ型 C キナーゼの染色体への局在が認められた。以上から、LT 系統の卵母細胞では、第一減数分裂後期から終期にかけて異常が生じること、その原因として C キナーゼが異常な制御を受けていることが示唆された。

育成期及び泌乳期における黒毛和種，日本短角種及びホルスタイン種雌牛の成長ホルモン及びインスリン分泌機能の比較. 新宮 博行, 甫立 孝一. 家畜栄養生理研究会報 45 : 93-117 (2001) .

動物の成長並びに泌乳は数多くのホルモンが関与しているが, 特に成長ホルモン (GH) 及びインスリン (INS) の内分泌機能はこれら生理現象に対して極めて重大な影響を及ぼす。

本報告では, 肉用種である黒毛和種 (JB 種) 及び日本短角種 (JS 種) の発育並びに泌乳ステージの進行に伴うこれら内分泌機能の変化を, ホルスタイン種 (HS 種:乳用種) と比較することで明らかにした。育成期及び泌乳期における JB 種の GH 分泌機能は他品種に比べ極めて小さく, 逆に INS 分泌機能は性成熟期以降で最大になった。一方, JS 種では他品種のほぼ中間で推移した。これら分泌機能の品種間差異が育成期では, 成長速度や骨:筋肉比, 並びに屠体性状に, また, 泌乳期では, 摂取及び体蓄積した栄養素を乳腺または体蓄積に向けて配分する生体内機構に影響し, 結果として品種間で泌乳能力が異なる要因の一つになると推察される。

Profiles of growth hormone and insulin secretion, and glucose response to insulin in growing Japanese Black heifers (beef type): comparison with Holstein heifers (dairy type). Shingu, H.; Hodate, K.; Kushibiki, S.; Ueda, Y.; Watanabe, A.; Shinoda, M.; Matsumoto, M. *Comp. Biochem. Physiol. C*. 130: 257-270 (2001).

ホルスタイン種 (HS 種:乳用種) に比べ成長速度が緩慢である黒毛和種 (JB 種:肉用種) は体成熟時でも骨格や骨:筋肉比が小さい特徴を持つ一方で, 高い枝肉内脂肪蓄積や交雑度を示す屠体性状を持つ。JB 種のこれら品種特性を内分泌学的側面から精査する目的で, 育成期における JB 種雌牛の成長ホルモン (GH:糖及び蛋白質代謝並びに骨形成促進等) 及びインスリン (INS:糖及び脂質代謝促進等) 分泌機能並びに INS 感受性の発育ステージに伴う変化を, HS 種雌牛と比較した。本結果から, JB 種の GH 分泌機能は HS 種に比べ 6 ヶ月齢以降有意に小さく, 逆に INS 分泌機能は性成熟期以降有意に大きいこと, 一方, INS 感受性については品種間で大きな違いが認められないことが明らかになった。育成期における GH 及び INS 分泌機能の品種間差異は発育過程における種固有の生理学的特徴を出現させることを示唆している。

Effects of long-term administration of rbTNF on glucose metabolism and GH secretion in steers. Kushibiki, S.; Hodate, K.; Shingu, H.; Ueda, Y.; Yokomizo, Y. *Am. J. Vet. Res.* 62: 794-798 (2001).

牛 TNF の連日の長期投与がグルコース利用性, インスリン及び GH 分泌機能に及ぼす影響を検討した。10 頭の去勢牛を TNF 区と対照区に分け, TNF 区の 5 頭には TNF (5.0 μ g/kg/day) を, 対照区には生食 (5 ml/head/day) を 12 日間皮下注射した。TNF 注射により, 血漿インスリン濃度は上昇し, GH 濃度は低下した。また, グルコース誘導インスリン分泌は亢進したものの, インスリン投与後の血漿グルコース利用性は減少した。さらに, GHRH 刺激 GH 放出が抑制された。これらの結果から, TNF は牛のインスリン感受性を低下し, GH の分泌を抑制することが明らかになった。

Insulin resistance induced in dairy steers by TNF is partially reversed by 2,4-TZD. Kushibiki, S.; Hodate, K.; Shingu, H.; Ueda, Y.; Shinoda, M.; Yokomizo, Y. *Domest. Anim. Endocrinol.* 21: 25-37 (2001).

チアゾリジン誘導体のコア成分であるチアゾリジンジオン (TZD) を去勢牛に投与し, TNF 誘導インスリン抵抗性への影響を検討した。16 頭の去勢牛に TNF (2.5 μ g/kg/day) を 9 日間皮下注射してインスリン抵抗性を誘導し, うち 8 頭には TZD (2.0 mg/kg/day) を静脈投与した。TZD は TNF による高グルコース, 低グルカゴン, 高インスリン及び高脂肪血症を抑え, インスリン分泌機能及びインスリンによるグルコース利用性を改善した。これらのことから, TZD は TNF と拮抗的に作用し, TNF によるインスリン抵抗性をほぼ解除することが明らかになった。

Effect of BLG on plasma retinol and TG concentrations, and fatty acid composition in calves. Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M. J. Dairy Res. 68 : 579-586 (2001).

牛の乳清タンパク質の主成分である β ラクトグロブリン (BLG) が哺乳子牛の脂質吸収機構に及ぼす影響を検討した。新生子牛 38 頭を用い、BLG 添加乳の哺乳後における血漿中性脂肪、レチノール、脂肪成分における脂肪酸の構成割合を調べた。BLG は哺乳後の中性脂肪及びレチノールの吸収を顕著に高めた。また、BLG はパルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸の吸収割合を選択的に増加した。これらは *in vitro* における知見と一致しており、BLG が子牛消化管からの脂質成分の吸収を促進する機能性タンパク質であることが明らかになった。

Effects of long-term administration of rbTNF on glucose metabolism and GH secretion in steers. Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Yokomizo, Y. Am. J. Vet. Res. 62 : 794-798 (2001).

牛 TNF の連日の長期投与がグルコース利用性、インスリン及び GH 分泌機能に及ぼす影響を検討した。10 頭の去勢牛を TNF 区と対照区に分け、TNF 区の 5 頭には TNF (5.0 μ g/kg/day) を、対照区には生食 (5ml/head/day) を 12 日間皮下注射した。TNF 注射により、血漿インスリン濃度は上昇し、GH 濃度は低下した。また、グルコース誘導インスリン分泌は亢進したものの、インスリン投与後の血漿グルコース利用性は減少した。さらに、GHRH 刺激 GH 放出が抑制された。これらの結果から、TNF は牛のインスリン感受性を低下し、GH の分泌を抑制することが明らかになった。

Insulin resistance induced in dairy steers by TNF is partially reversed by 2,4-TZD. Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M. ; Yokomizo, Y. Domest. Anim. Endocrinol. 21 : 25-37 (2001).

チアゾリジン誘導体のコア成分であるチアゾリジンジオン (TZD) を去勢牛に投与し、TNF 誘導インスリン抵抗性への影響を検討した。16 頭の去勢牛に TNF (2.5 μ g/kg/day) を 9 日間皮下注射してインスリン抵抗性を誘導し、うち 8 頭には TZD (2.0mg/kg/day) を静脈投与した。TZD は TNF による高グルコース、低グルカゴン、高インスリン及び高脂肪血症を抑え、インスリン分泌機能及びインスリンによるグルコース利用性を改善した。これらのことから、TZD は TNF と拮抗的に作用し、TNF によるインスリン抵抗性をほぼ解除することが明らかになった。

Effect of BLG on plasma retinol and TG concentrations, and fatty acid composition in calves. Kushibiki, S. ; Hodate, K. ; Shingu, H. ; Ueda, Y. ; Shinoda, M. J. Dairy Res. 68 : 579-586 (2001).

牛の乳清タンパク質の主成分である β ラクトグロブリン (BLG) が哺乳子牛の脂質吸収機構に及ぼす影響を検討した。新生子牛 38 頭を用い、BLG 添加乳の哺乳後における血漿中性脂肪、レチノール、脂肪成分における脂肪酸の構成割合を調べた。BLG は哺乳後の中性脂肪及びレチノールの吸収を顕著に高めた。また、BLG はパルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸の吸収割合を選択的に増加した。これらは *in vitro* における知見と一致しており、BLG が子牛消化管からの脂質成分の吸収を促進する機能性タンパク質であることが明らかになった。

Using the mixed model for interval mapping of quantitative trait loci (QTL) in outbred line crosses (タイトル訳: 系統間交配における Q T L インターバル・マッピングのための混合モデルの利用)

Nagamine, Y.; Haley, C.

Genetical Research 77 巻, 199-207 (2001)

近年、遺伝的能力がいくつかの遺伝子座位 (Q T L) で決定されることがわかってきた。しかし、従来の Q T L 探索法では Q T L 遺伝子以外のポリジーン (微小な効果を持つ遺伝子) の効果を考慮できず、また、両親の測定値の利用もできなかった。そこで、Q T L 遺伝子とともにポリジーン効果を含んだモデルを提案した。この方法は従来から使われてきた回帰による方法を、混合モデルに拡張した方法であり、従来法に比べ QTL の探索効率が 20%ほど高く、特に母畜当たりの産子数が少ない牛、羊などでは有効であった。

Genetic distance and classification of domestic animals using genetic markers (タイトル訳: 遺伝マーカーを用いた家畜の遺伝距離と分類)

Nagamine, Y.; Higuchi, M.

Journal of Animal Breeding and Genetics 118 巻, P101-109 (2001)

これまで家畜の品種や系統を分類するための遺伝距離に関する比較検討はされていない。そこで、8つの遺伝距離測定法の特性を比較した。方法としては Nei (3法), Reynolds (2法), Sanghvi, Roger, Cavalli-Sforza の距離をシミュレーションにより比較した。閉鎖集団として 20 世代経た後、分岐させ、分岐後 5 ~ 20 世代の集団について距離の正確度と特性を検討した。その結果、正確度について有意差はなかったが、Nei の標準と最小遺伝距離は様々な条件下で他の距離より精度が高かった。集団サイズが固定された条件下で Roger と Cavalli-Sforza の距離を除き、他の測定法による遺伝距離の分岐後世代に対する回帰は一次直線を示した。またマーカー座位の対立遺伝子数が多いほど正確の遺伝距離の推定が可能であった。

ヤギや牛の放牧が森林伐採跡の植生変化に及ぼす影響? 森林地帯にシバ草原が成立するしくみ? . 福田栄紀. 日草誌 47:436-442 (2001).

東北農業研究センター内の落葉広葉樹二次林を伐採した跡地に、ヤギ放牧区と牛放牧区を設け年 3 回の放牧を 11 年間行い、植物種の高さ、被度の推移を調査した。なお両家畜は伐採跡に放牧する前にシバ草地に放牧しておいた。ヤギは伐採跡のタンニンの多いクリやヌルデもよく食べ、木の衰退を早めたが、牛はタンニンの多い木を嫌がった。両家畜はシバ種子を食べ、糞を通して種子を伐採跡地に撒布し、同時に伐採跡地の堆積した落葉層を蹴散らし表土を露出させ、糞で撒布された種子の発芽環境を整え、発芽定着を促進した。シバは糞の養分を利用し木の衰退に伴い被度を増し、伐採跡地のシバの被度は 6 年目にはヤギ放牧区で 70%、牛放牧区で 60%にもなり、シバ草原状となった。草食家畜は採食、排糞、踏圧の 3 機能により、木の抑圧と草原性植物の侵入、発芽定着の促進を図り、森林極相地帯の植生をシバ草原へシフトさせる働きを持つことを明らかにした。

Efficient protoplast regeneration for some homofermentative lactobacilli and pediococci. Tanaka, O.; Ohmomo, S. Arch. Microbiol. 177: 36-40 (2002).

Lactobacillus 属及び Pediococcus 属乳酸菌プロトプラスト再生法を検討した。その結果、ゼラチン、ポリビニルピロリドン (PVP)、アルギン酸カルシウム等のコロイド物質を高濃度で培地に添加する必要性を明らかにした。同時に、プロトプラストの再生に適したコロイド物質は菌種によって異なることも示唆された。300 g/L ゼラチン、100 g/L PVP 及び浸透圧調節剤を含有した培地を用いて嫌気条件下で培養することにより、L. plantarum 及び L. pentosus の場合で 88 ~ 99%、L. rhamnosus の場合で 30 ~ 41% のプロトプラスト再生率が得られた。Pediococcus sp. に関しては、浸透圧調節剤の他、50 g/L ゼラチン及び 350 g/L PVP を含有する寒天培地を用いることにより、16 ~ 36% の再生率が得られた。L. curvatus に関しては、浸透圧調節剤の他、10g/L アルギン酸カルシウムゲルを含有した培地によって 19 ~ 33% のプロトプラスト再生率が得られた。

アルファルファ、オーチャードグラス、トウモロコシ及びソルガムのサイレージの微生物相及び発酵品質に線照射が及ぼす影響. 田中 治, 秋山典昭, 山田明央, 安藤 貞, 上垣隆一, 小林亮英, 久米民和. 日草誌 47: 62-67 (2001).

貯蔵前に γ 線を照射して、アルファルファ、オーチャードグラス、トウモロコシ及びソルガムを材料とした実験室規模のサイレージを調製し、その微生物相及び発酵品質を調べた。サイレージの酪酸発酵の原因となりうる嫌気性芽胞細菌は、8 kGy 以上の照射で検出されなくなった。サイレージの好気的変敗の原因菌のうち、カビは 4 kGy の照射で、酵母は 16kGy の照射で検出されなくなったが、好気性細菌は 16kGy 照射した場合でも 10² cfu/g 程度検出されることがあった。乳酸菌は 6.6kGy 以上の照射で 10⁴ cfu/g 以下に減少し、その場合材料中の乳酸含量は低く、pH は高くなった。以上の結果から、 γ 線照射によってサイレージの酪酸発酵及び好気的変敗を抑制するためには、少なくとも 16kGy の線量が必要と考えられた。

トウフ粕及びビール粕を材料としたサイレージの微生物相及び発酵品質に線照射が及ぼす影響. 田中 治, 秋山典昭, 山田明央, 安藤 貞, 上垣隆一, 小林亮英, 久米民和. 日草誌 47: 274-282 (2002).

貯蔵前に γ 線を照射して、トウフ粕、ビール粕のサイレージを調製し、その微生物相及び発酵品質を調べた。嫌気性芽胞細菌は 8 kGy の照射で、カビ及び酵母はそれぞれ 4 kGy 及び 16kGy の照射で材料から検出されなくなり、好気性細菌も、16kGy の照射で 10³ cfu/g 以下に減少した。16kGy 照射した材料の中では、ビール粕を含有するものが最も pH が低く乳酸含量が高くなった。その場合、乳酸菌は、照射によって増殖能を失って材料からほとんど検出されなくなるにもかかわらず、乳酸生成能を維持しており、それによって照射後に材料中の乳酸含量が増加することが認められた。以上の結果から、サイレージの酪酸発酵や好気的変敗を抑制するためには 16kGy の線量が必要であること、及びその場合ビール粕の材料への添加によって発酵品質が改善されることが示唆された。

夜温処理が数種ソルガム (Sorghum bicolor Moench) 品種の幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響. 魚住 順, 黒川俊二, 吉村義則. 日本草地学会誌 47: 139-144 (2001).

温度感応性を有するソルガム品種の出穂特性を明かにするため、市販 F 1 2 品種および純系 1 系統を供試し、夜温処理の時期と期間の違いが幼穂形成と最終主稈葉数に及ぼす影響を検討した。

いずれの品種においても、低夜温は幼穂形成を早期に誘起して主稈葉数を減少させ、高夜温は幼穂形成を抑制して主稈葉数を増加させた。低夜温が幼穂形成の早期誘起作用を示すようになる生育時期、および高夜温が幼穂形成の抑制作用を示すようになる生育時期は、品種によって顕著に異なった。また、幼穂形成が誘起されるのに必要な低夜温の継続期間(必要期間)も品種によって異なったが、いずれの品種の必要期間も生育が進むほど短くなった。

夜温処理がソルガム (Sorghum bicolor Moench) 品種 932233B の幼穂形成および最終主稈葉数に及ぼす影響. 魚住 順, 黒川俊二, 吉村義則. 日本草地学会誌 47: 145-150 (2001).

ソルガムの温度感応特性を解明するため、純系品種 932233B を供試し、夜温処理の時期と期間の違いが幼穂形成期および最終主稈葉数に及ぼす影響を検討した。

低夜温は、幼穂形成を誘起して、最終主稈葉数を減少させ、高夜温は、幼穂形成を抑制して、最終主稈葉数を増加させたが、反応の様相は夜温処理の時期と期間の違いにより様々に異なった。この反応を解析することにより、低夜温への感応性の獲得時期は播種直後、高夜温への感応性の獲得時期は 3~4 葉期頃にあることが推定された。

幼穂形成を誘起するのに必要な低夜温の継続期間(低夜温必要期間)は、8 葉期までは生育が進むほど短くなり、展葉数で表した低夜温必要期間と、低夜温処理開始時の葉齢との間には有意な負の相関関係が認められた。8 葉期以降は、必要期間と生育ステージとの関係は明確ではなかった。

気温の違いがソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) の出穂関連形質に及ぼす影響 . 魚住 順, 吉村義則, 黒川俊二. 日本草地学会誌 47 : 484-490 (2001).

温度感応性の強い品種 (高感応性品種) においては, 生育温度の上昇は, 葉の分化速度を促進し, また, 播種から幼穂分化までの日数を増加させた。この温度反応は, 高温条件における最終主稈葉数を大きく増加させた。一方, 温度感応性の弱い品種 (低感応性品種) においては, 葉の分化速度は高感応性品種と同様に高温によって促進されたが, 幼穂分化までの日数は逆に高温ほど少なくなった。その結果, 温度上昇が最終主稈葉数に及ぼす影響は, 高感応性品種の場合よりも顕著に小さかった。高感応性品種においては出穂日数の温度反応に, 低感応性品種においては最終主稈葉数の温度反応に, それぞれ品種間差が認められた。

青刈り用エンバク (*Avena sativa* L.) 新品種「はえいぶき」の育成 . 上山泰史, 桂 真昭, 松浦正宏, 大山一夫, 佐藤信之助. 九州沖縄農研センター報告 39 : 1-13(2001).

九州・沖縄から関東までの暖地・温暖地で夏播き年内収穫栽培に適する青刈り用エンバク新品種「はえいぶき」を育成した。主な特性は次の通りである。暖地及び温暖地で8月下旬から9月上旬に播種する夏播き栽培で, 秋に出穂して年内の収穫期までに乳熟期以降のステージに達する。収穫期の乾物率が高いので収穫・調製が容易である。乾物収量は「アキワセ」よりも多収で安定性が優れる。草姿は短稈で茎数が多く, 葉重割合が低い。草型は立型である。また, 採種栽培で春の出穂が早く, 暖地でも梅雨入り前に採種できる。冠さび病抵抗性や耐倒伏性は高くないので, これらの障害を回避するために適期播種及び収穫を行うことが重要である。

ハーブ・ヘラオオバコ (*Plantago lanceolata* L.) の機能性成分蓄積に及ぼす気温, 光強度, 窒素施肥の影響 . 田村良文. 日作紀 70(4) : 548-553(2001).

ヘラオオバコ2品種の機能性成分であるフェニルエタノイド配糖体の Acteoside, イリドイド配糖体の Catalpol 及び Aucubin の蓄積に及ぼす気温, 光強度, 及び窒素施肥量の影響を検討した。その結果, Acteoside は低温区 (昼温 15℃/夜温 10℃) で, Catalpol 及び Aucubin は高温区 (同 20/18℃) で含有率が高かった。72%の遮光処理で Acteoside と Aucubin の含有率が低下し, その程度は Acteoside がより顕著であった。Catalpol 含有率は変化しなかった。硝酸アンモニウム 50 mg/L を添加した水耕液で生育させたところ Acteoside と Aucubin の含有率が無添加区よりも低下し, Catalpol 含有率は変化しなかった。これらの反応の違いを利用して, 機能性成分含有率を高める栽培技術の開発が期待された。

画像解析によるカット牛肉の水分, 粗タンパク質および粗脂肪重量の高精度な推定 . 米丸淳一, 上田靖子, 川手督也, 渡邊 彰, 篠田 満. 東北農業研究センター報告 100 : 67-73 (2002).

カット牛肉の成分を消費者に提示するため, 画像解析を用いて店頭で販売される牛肉の水分, 粗タンパク質および粗脂肪の重量を高精度に推定する方法を確立した。リブローズ部分肉画像を赤身部分と脂肪部分に選別した後, 肉重量と比重値を用い赤身と脂肪の部分重量を求め, 恒定法により得た水分, 粗タンパク質および粗脂肪含量から算出した各成分重量との相関を調査した。その結果, 赤身部分重量と水分重量 ($R^2=0.98$), 赤身部分重量と粗タンパク質重量 ($R^2=0.94$), 及び脂肪部分重量と脂肪重量 ($R^2=0.97$) で高い相関 (いずれも $p<0.01$) がみられ, 従来の方法より精度が高いと判断された。

東北農業研究センター研究報告 第 101 号

平成 15 年 3 月 発 行

編集兼発行 東北農業研究センター
代表者 杉 信 賢 一
〒 020-0198 盛岡市下厨川字赤平 4
電 話 (019) 643-3414, 3417
(情報資料課)

印 刷 所 河北印刷株式会社
〒 020-0015 盛岡市本町通 2 - 8 - 7
