

ファーマーミングシステム研究

Farming System Research

FARMING
FARMING
FARMING

9
2011

北陸における高品質大麦—飼料用イネ輪作システムの確立

SYSTEM RESEARCH
FARMING
FARMING
FARMING
SYSTEM RESEARCH
RESEARCH

ファーミングシステム研究

No.9 (2011)

目次

北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立

序章 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」の研究 計画と結果の概要	1
第1部 高品質大麦の生産管理技術の開発	
1) 高品質大麦の安定生産技術の開発	
(1) 大麦の精麦白度の年次変動および無機元素との関係	23
伊藤誠治 ¹⁾ ・馬場孝秀 ²⁾ ・青木恵美子 ³⁾	
(2) 越冬後追肥が大麦「ファイバースノウ」の品質及び収量に与える影響	32
服部 誠 ⁴⁾ ・佐藤 徹 ⁴⁾ ・田村隆夫 ⁴⁾ ・市川岳史 ⁵⁾ ・田村良浩 ⁴⁾	
第2部 高品質飼料用イネの生産管理技術	
1) 高品質飼料用イネの省力湛水散播直播栽培技術の開発	
(1) 稲発酵粗飼料向けイネ品種の栽培特性の解明	38
松村 修 ¹⁾ ・山口弘道 ⁶⁾ ・千葉雅大 ¹⁾	
(2) 稲発酵粗飼料向けイネ品種の最適栽培管理法の開発	60
松村 修 ¹⁾ ・山口弘道 ⁶⁾ ・千葉雅大 ¹⁾	
2) 重粘土水田における飼料用イネの収穫作業の安定化技術の開発	77
大嶺政朗 ⁷⁾ ・帖佐 直 ⁸⁾ ・細川 寿 ¹⁾	
3) 飼料用イネの給与技術の開発	
－飼料用イネの乳牛への給与技術－	91
関 誠 ⁴⁾	
4) 飼料用イネの効率的供給システムの開発	
－飼料用イネを用いて生産された乳製品の消費者意識－	98
守屋 透 ⁴⁾	

第3部 大麦－飼料用イネ2年3作体系の開発

1) 大麦－飼料用イネ2年3作体系の開発

- (1) 飼料用イネと大麦の2年3作体系における飼料用イネ生産 …… 103
湯川智行⁹⁾・元林浩太¹⁾・高畑良雄¹⁰⁾・小島 誠¹⁾・佐々木良治¹¹⁾・米村 健¹⁰⁾
- (2) 飼料用イネ収穫あとの大麦栽培 …… 145
湯川智行⁹⁾・元林浩太¹⁾・高畑良雄¹⁰⁾・小島 誠¹⁾・佐々木良治¹¹⁾・米村 健¹⁰⁾
- (3) フレール型飼料イネ用ロールベアラによる収穫時の圃場内損失 …… 161
元林浩太¹⁾・湯川智行⁹⁾・佐々木良治¹¹⁾・小島 誠¹⁾
- (4) 専用収穫機体系のための飼料用イネ収穫作業シミュレーション …… 176
元林浩太¹⁾・湯川智行⁹⁾・佐々木良治¹¹⁾
- (5) ロールベール運搬装置「ロールキャリア」の開発と収穫作業の効率化 …… 191
元林浩太¹⁾・湯川智行⁹⁾
- (6) フレール型飼料イネ用ロールベアラの乳酸菌散布装置の自動化 …… 202
元林浩太¹⁾・湯川智行⁹⁾

第4部 新輪作営農システムの経営的評価と定着支援方策の構築

- 1) 新輪作営農システムの経営的評価 …… 214
土田志郎¹²⁾
- 2) 飼料用イネの地域内利用に向けた耕畜連携システムの構築と定着支援方策の解明 …… 229
宮武恭一¹³⁾・齋藤仁蔵¹¹⁾

おわりに …… 241

執筆者の所属 (2011年2月1日現在)

1) 中央農業総合研究センター、2) 福岡県農業総合試験場、3) 作物研究所、4) 新潟県農業総合研究所、5) 新潟県新潟地域振興局、6) 東北農業研究センター、7) 九州沖縄農業研究センター、8) 東京農工大学、9) 農研機構本部、10) 元中央農業総合研究センター、11) 近畿中国四国農業研究センター、12) 東京農業大学、13) 農林水産省農林水産技術会議事務局

序章 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」の研究計画と結果の概要

Abstract on Research for Cropping System of Barley and Forage Rice in Hokuriku Area

平成15年度から平成19年度までの5年間、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の交付金プロジェクト研究として「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」を実施した。ここでは、本プロジェクトの研究内容の概要について紹介する。

1. 研究目的

北陸地域は、全国の大麦生産の約50%を占めており、実需者からは高品質化の要請が強い。一方、飼料の自給割合は低く、良質粗飼料の確保が課題とされている。その中で、近年、我が国において水田機能の維持や国産飼料確保の視点から生産機運が高いホールクロップサイレージ用イネ(飼料用イネ)は、北陸に適した転換作物として注目されている。

北陸地域における大麦生産は、稲－大麦ないしは大麦－大豆の作付体系をとるのが一般的であるが、北陸で広く導入されてきた品種は精麦白度が劣るのに加え、収穫時期が梅雨期にかかるために品質が劣化し易かった。このため、従来品種よりも早生でかつ高品質な品種の導入および高品質栽培技術が強く要請されている。一方、飼料用イネについては、導入に適した品種、栽培法、収穫技術及び給与技術等の技術開発は緒についた段階であり、低コスト生産の実現およびホールクロップサイレージとしての品質や可消化養分総量の確保が課題である。飼料用イネは食用米に比べて収穫時期が早いため、後作大麦の適期播種が可能であり、そのため根雪前の生育量確保が容易で高品質生産が可能となるとともに高品質早生品種の導入によって飼料用イネ－大麦－飼料用イネの2年3作体系が可能になる。

そこで、飼料用イネの低コスト生産と大麦の高品質安定生産の両立を図るため、北陸の気象・営農条件に適した飼料用イネ及び大麦の新品種を導入して飼料用イネ－大麦2年3作体系を開発し、北陸地域における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムを確立する。

2. 達成目標

- 1) 従来品種よりも早生でかつ高品質な大麦品種を導入し、高品質大麦の安定生産技術を開発する。
- 2) 大麦－飼料用イネ2年3作体系で栽培される飼料用イネの収量、飼料品質等を高める栽培管理技術、重粘土水田における収穫作業の可否判定等の技術を開発する。
- 3) ホールクロップサイレージとしての飼料用イネの給与技術を確立するとともに、生産されたホールクロップサイレージの効率的かつ継続性のある流通・利用システムを提示する。

- 4) 営農形態や経営規模に対応した大麦-飼料用イネ2年3作体系を開発する。
- 5) 経営的評価に基づく大麦-飼料用イネ2年3作体系の最適導入規模を明らかにするとともに、耕種と畜産の連携のための条件を解明し、必要な支援方策を提示する。
- 6) 以上の技術開発や経営的評価から、北陸地域における高品質大麦-飼料用イネ2年3作輪作システムを確立する。

3. 研究推進体制

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

推進リーダー：

平成15～17年度：独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 北陸総合研究部長

平成18～19年度：独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

北陸大規模水田作研究チーム長

評価委員：

平成15～19年度：J A全農畜産環境総合対策部技術主管 千葉寿夫

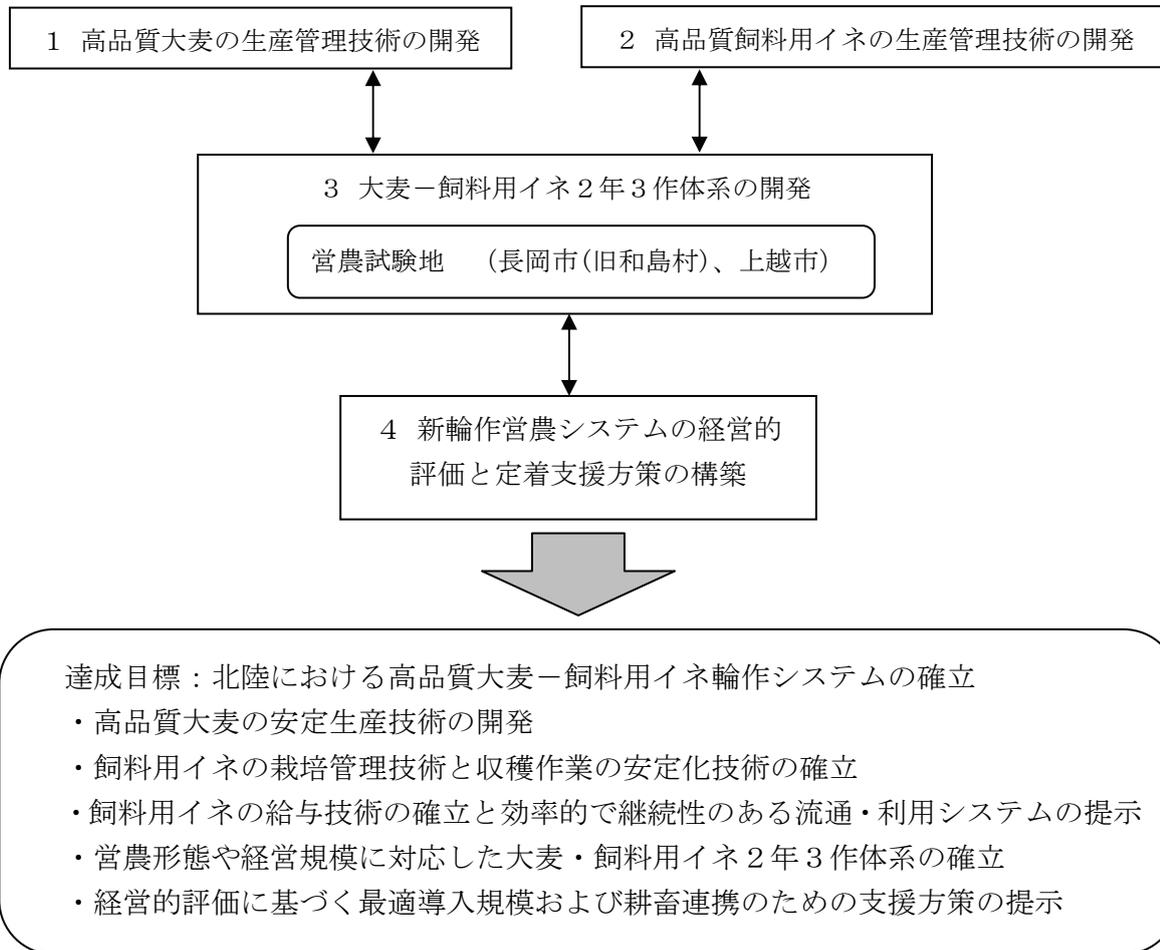
平成15～16年度：富山県立大学教授 下坪訓次

平成17～19年度：日本畜産草地種子協会飼料作物研究所長 杉信賢一

4. 年次計画

	研究実施年度
1. 高品質大麦の生産管理技術の開発	
1) 高品質大麦の安定生産技術の開発	15-16-17-18-19
2. 高品質飼料用イネの生産管理技術の開発	
1) 高品質飼料用イネの省力湛水散播直播栽培技術の開発	15-16-17-18-19
2) 重粘土水田における飼料用イネの収穫作業の安定化技術の開発	15-16-17-18-19
3) 飼料用イネの給与技術の開発	15-16-17-18-19
4) 飼料用イネの効率的供給システムの開発	15-16-17-18-19
3. 大麦-飼料用イネ2年3作体系の開発	
1) 大麦-飼料用イネ2年3作体系の開発	15-16-17-18-19
4. 新輪作営農システムの経営的評価と定着支援方策の構築	
1) 新輪作営農システムの経営的評価	15-16-17-18-19
2) 新輪作営農システムの定着支援方策の解明	17-18-19

5. フローチャート



6. 研究計画と結果の概要

1. 高品質大麦の生産管理技術の開発

1) 高品質大麦の生産管理技術の開発

(1) 研究目的

北陸地域で栽培される大麦の品質には年次間のバラツキが見られる。また、飼料用イネあとにおける高品質大麦生産のための栽培法が未確立である。そこで、品質変動要因の解明とともに高品質大麦の安定生産のための栽培技術を開発する。

(2) 既往の成果：

一般に、精麦白度は、粒質や硬軟質性、タンパク質含量と関係がある。品種内比較では、精麦白度とタンパク質含量との間に相関関係が認められる品種と認められない品種があった（北陸研セ・畑作物育種研2002）。大麦に40%含有される主タンパクのホルデインは窒素栄養条件による変動が大きい。「ミノリムギ」の精麦白度向上と多収のための生育指標が明らかにされ（石川農総研）、倒伏を考慮した止葉抽出期追肥の要否の診断は、葉色と草丈と茎数の積値を用いることにより可能であった（新潟農試1995）。高品質な大麦品種「ファーバースノウ」が育成され、新潟県では2001年に奨励品種に選定した（新潟作物研2001）。品種「ファイバースノウ」において、越冬後の総窒

素追肥量が多くなるに従い精麦品質（硝子率、白度）は低下し、収量、品質から越冬後窒素追肥量および生育の指標を策定した（新潟作物研、2002）。品種「ファイバースノウ」において、生育および収量・品質を考慮した生育診断に基づく越冬前後の追肥技術は未確立である。

(3) 研究内容

大麦の精麦白度等の品質と気象要因、タンパク含量等を比較し、品質変動要因を明らかにする。また、「北陸皮35号」など有望系統についてタンパク質含量と精麦白度や硝子率との関係について「ファイバースノウ」等と比較検討し、高品質化とタンパク質含量との関連を解明する。飼料用イネとの2年3作体系上での「ファイバースノウ」について播種適期を明らかにするとともに、生育診断に基づく肥培管理技術を開発する。

(4) 達成目標

大麦品質の年次変動要因を解明し、「北陸皮35号」の施肥法を確立する。飼料用イネあとの「ファイバースノウ」の高品質生産のための簡易な生育診断に基づく栽培管理法を確立する。

(5) 実施課題と結果の概要

（大麦品質の年次変動要因の解明と「北陸皮35号」の施肥管理法の確立、15年度～17年度、担当：北陸研究センター畑作物育種研究室、土壌管理研究室：伊藤誠治・馬場孝秀・青木恵美子・亀川健一・新良力也・関口哲生・小原洋・中島秀治）

搗精大麦のカリ、ケイ素の含量が、白度と関係があることが強く示唆された。北陸皮35号の特徴として、ミノリムギ、ファイバースノウに比べ、搗精白度の年次による変動が少なく、リン、カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、鉄を多く蓄積する品種特性を持っていることが明らかになった。また、標準施肥量以上のカリの追肥とカリ肥料の種類は、大麦の品質各項目に対して影響を与えなかった。

北陸皮35号に対する窒素追肥法として、消雪期追肥 4 gm^{-2} と茎立期追肥 2 gm^{-2} を組み合わせるのが安定生産をもたらす効率的な施肥管理法であった。ただし、異種の土壌条件で、特に窒素供給能が異なる場合については、推奨できる追肥時期と追肥量は異なる可能性が強い。対応すべき技術として、土壌診断を組み合わせる施肥量を加減する手法の開発が必要である。

なお、本書では、精麦白度と大麦粒に含まれる無機元素含量との関係を詳細に解析し、精麦白度の年次変動と大麦粒の無機元素含量の変動との関係について1-1) -(1)に報告した。

（飼料用イネあとの「ファイバースノウ」の高品質安定栽培法、15年度～19年度、担当：新潟農総研・作物研究センター・育種科：服部誠・佐藤徹・田村隆夫・市川岳史・田村良浩）

前作飼料用イネの導入は大麦播種まで猶予期間が十分確保できること、大麦作付前の排水対策作業などが適時、適条件下で実施でき、碎土率が高まり、苗立ちや生育が安定し、収量も高まる傾向がみられた。大麦「ファイバースノウ」に適する播種期について、穂数や収量を確保するためには10月11日頃の晩播は適さない。また、千粒重は9月20日頃の早播で小さく、容積重は9月30日頃の標播で高い傾向が見られることから、品質面も加えて考慮すると播種期は9月30日頃が最も適すると考えられた。碎土率の悪い条件（概ね31%以下）では、種子の表面散播と播種後の基肥表面散布によって、苗立数および越冬前の茎数・乾物重の増加が見られ、越冬前生育が改善された。目標収量を $400 \text{ kg}/10\text{a}$ 、品質ランク区分の硝子率基準値40%以下を満たすための越冬後窒素追肥量は、消雪直後の成分 $3 \text{ kg}/10\text{a}$ の施用と、茎立期と止葉抽出期追肥の合計窒素成分を $5 \text{ kg}/10\text{a}$ 未満に控えることが適当であった。なお、茎立期および止葉抽出期追肥はリニア型被覆尿

素肥料40日タイプの越冬後追肥で代替が可能であり、慣行栽培と同等の収量・品質が得られ、追肥作業の省力化が図られた。

本書では、越冬後の追肥が「ファイバースノウ」の収量及び品質に与える影響と、さらに肥効調節型肥料の利用による越冬後追肥の簡略化について検討した結果について1－1)－(2)に報告した。

2. 高品質飼料用イネの生産管理技術の開発

1) 高品質飼料用イネの省力湛水散播直播栽培技術の開発

(1) 研究目的

「クサユタカ」等の飼料用イネについて栽培特性を明らかにし、大麦－飼料用イネ2年3作体系を可能にする栽培管理法を開発する。

(2) 既往の関連成果

「クサユタカ」を含む飼料用イネ向け品種・系統の物質生産特性について調査し、日本型超多収水稻で茎葉デンプン蓄積が多いことを明らかにした(北陸研究セ・栽培生理研2001)が、気象条件や栽培条件による変動の知見は少ない。「クサユタカ」の現地栽培は新潟、富山、群馬等で実施されたが、諸データの蓄積が少なく、直播での知見が特に少ない。群馬県では6月末の晩播栽培が実施され、不稔籾が多くなるが全乾物重で1.2t/10a程度を確保した(群馬農試2003)。また、「クサユタカ」は黄熟期等収穫時期の判定が難しいとされる(平14年度21世紀プロ3系推進会議)。直播水稻の生育ステージ予測について、「軽労化プロ」で実施しており、その成果が活用できる。潤土直播の基本栽培法については、播種法、苗立期管理法、施肥法等が明らかにされている(楳木1991)が、飼料用イネ品種のような乾物生産量の多い超多収水稻についての知見は少ない。また従来の技術開発は子実生産が前提であり、飼料用イネではホールクロップ収量や品質を目標とした最適管理法を確立する必要がある。

(3) 研究内容

「クサユタカ」等の飼料用イネの直播特性、出穂・登熟・収量・飼料品質等の特性を明らかにし、それをもとに収量や飼料品質等を高める栽培管理技術を明らかにする。

(4) 達成目標

大麦－飼料用イネ2年3作体系において栽培される飼料用イネの乾物生産、飼料品質、可消化養分総量等の変動特性が解明され、大麦あとの晩播・晩植条件も含め、最適な栽培管理技術が明らかにされる。

(5) 実施課題と結果の概要

((1) ホールクロップサイレージ向け飼料用イネ品種の栽培特性の解明、15年度～17年度、北陸研究センター栽培生理研究室、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、担当：松村修・山口弘道・千葉雅大)

「クサユタカ」、「夢あおば」ともに「キヌヒカリ」並の低温生育性を有し、北陸平坦地での湛直播栽培に普及可能であるが、苗立密度は食用イネ基準より多くする必要がある。「クサユタカ」の出芽・苗立性は夢あおばにやや劣るので播種期、圃場条件により注意が必要である。出芽・苗立は同じ平均気温でも昼温条件で左右されるので播種期設定時に考慮する必要がある。直播栽培でも移植と同等の飼料価値、飼料成分を得ることができる。

本書では、「クサユタカ」と「夢あおば」の湛水直播の栽培特性のうち、①出芽・苗立ち時の覆

土や湛水条件、播種期が苗立ちや苗倒伏に及ぼす影響、②出芽・苗立ち時の温度条件が初期生育に及ぼす影響、③散播・条播の播種方式の違いが生育・収量に及ぼす影響、④TDN含有率とNSC含有率の特徴について2-1) - (1)に報告した。

((2)ホールクroppサイレージ向け飼料用イネ品種の最適栽培管理法の開発、15年度～17年度、担当：北陸研究センター栽培生理研究室、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、松村修・山口弘道・千葉雅大)

多収のための「クサユタカ」と「夢あおば」の目標苗立密度ならびに播種期別の窒素施肥法を明らかにした。穂首分化期の葉色により生育診断が可能なことを明らかにし、苗立密度別の葉色基準値を得て、診断後の迅速な追肥によって減収を軽減することが可能であることを示した。また、条播では総窒素施肥量が散播よりも多い10～12kg/10aで多収を得られることを明らかにした。

本書では、湛水直播栽培での「クサユタカ」と「夢あおば」の最適管理法として、①散播直播栽培における適正苗立ち密度と最適施肥法、②散播直播栽培における生育診断法、③条播栽培における最適施肥法について2-1) - (2)に報告した。

2) 重粘土水田における飼料用イネの収穫作業の安定化技術の開発

(1) 研究目的

2年3作体系では収穫期間が限定され水田での収穫作業が制約要因となるので、重粘土水田における飼料用イネの収穫作業安定化技術を開発する。

(2) 既往の関連成果

中山間地に対応した小型の自走式ロールベアラとベールラップが、数社で開発され市販されているが、重粘土での作業性が未知であり、作業能率の低下が懸念される。GPSを利用して、農用車両の沈下量やすべり率など走行性を計測するシステムが開発された(北陸研究セ・作業技術研)。この計測システムはその他に、タイムスタディーや作業履歴のマッピングに応用可能である。飼料用イネ収穫時の走行性は未知であり、作業の安定化に不可欠な情報である。車両が走行可能な地盤の地耐力を判定する方法(WESの走行可否判定法)が開発されている(1961 米国陸軍水路実験所)。これは機体の諸元から車両可動性指数を算出し、圃場の実測地耐力(円すい指数)と比較して走行性能を判定する方法であるが、重粘土の飼料用イネ圃場にてそのまま適用できるかは未知であり、現場ではより簡便な判定方法が求められる。

(3) 研究内容

飼料用イネ圃場における地耐力の変化を種々の条件で調査し、収穫時の問題点を分析するとともに、走行性の数値的評価手法を開発し、それをもとに収穫作業の可否判定技術を開発し営農試験地における実作業データから評価する。

(4) 達成目標

重粘土水田における収穫作業の可否判定技術を確立する。

(5) 実施課題と結果の概要

(重粘土水田における飼料用イネの収穫作業の安定化技術の開発、15年度～17年度、担当：作業技術研究室、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、大嶺政朗・帖佐直・細川寿)

飼料用イネの栽植密度が高いほど収穫時の機械の沈下量は低くなるなど栽植密度による収穫時の地耐力および収穫機の走行性を明らかにした。WES(米国陸軍水理研究所)の走行可否判定を飼

料用イネ収穫に適用し、提案した CI_r 推定モデル式（コーン指数CI）による地耐力のシミュレーションにより収穫機選定を可能とする技術について明らかにし、本書2－2）に報告した。

3) 飼料用イネの給与技術の開発

(1) 研究目的

ホールクroppサイレージを飼料として流通させるためには、飼料特性を明らかにする必要がある。そこで通常作期の飼料用イネと大麦あとの飼料用イネについて収穫時期を変えた場合の飼料特性を明らかにし、乳牛に対する飼料用イネの給与技術を開発する。

(2) 既往の関連成果

糊熟期に収穫した飼料用イネのエネルギー価は、輸入チモシー乾草と同等であった（新潟畜産研；2001）。移植栽培により糊熟期と黄熟期に収穫した「クサユタカ」のホールクroppサイレージは、輸入チモシー乾草と同等のエネルギー価を有し、飼料の物理性も同程度であった（新潟畜産研；2002）。穂に養分蓄積をするタイプの飼料用イネの未消化粗排出割合は、10～57%と変動が大きく、エネルギー含量に大きな影響を及ぼしているが、その要因解析が不十分である（21世紀プロ3系試験研究推進会議資料；2002）。牛に給与した場合の未消化粗の排出率は、粗の成熟に伴って高まり、そのことによりエネルギー価も顕著に低下するが、単位面積当たりの可消化養分総量は黄熟期が最も高い（広島畜技セ；2002）。

(3) 研究内容

飼料用イネ－大麦2年3作体系において直播で栽培される飼料用イネについて、移植で生産される飼料用イネおよび流通乾草を対照として乾乳牛を用いて消化試験や採食行動調査を行う。また収穫時期等の異なる種々の収穫条件の飼料用イネについてはより簡便な消化試験を実施する。それらをもとに作期や収穫期の異なる飼料用イネが嗜好性や乳生産に及ぼす影響を明らかにし、給与技術を明らかにする。

(4) 達成目標

生産された飼料用イネのホールクroppサイレージとしての給与技術を確立する。

(5) 実施課題と結果の概要

（飼料用イネの給与技術の開発、15年度～19年度、担当：新潟農総研・畜産研究センター・酪農肉牛科、環境飼料科、関誠・荒木創）

大麦跡に栽培される稲発酵粗飼料（2年3作体系の3作目）は、5月播種の稲発酵粗飼料と比べて、同等以上のエネルギー価を有することが示唆された。出穂後12～33日目に収穫した稲発酵粗飼料は、流通チモシー乾草の半分程度を代替しても同等の乳生産が期待できる。

本書では、2年3作の輪作体系の中で生産される稲発酵粗飼料の飼料特性の詳細と北陸地域の酪農家の多くが採用する飼料給与方式である分離給与条件における乳牛への稲発酵粗飼料の給与特性について2－3）に報告する。

4) 飼料用イネの効率的供給システムの開発

(1) 研究目的

飼料用イネの流通利用上の課題とその解決策を示し、畜産農家への効率的で継続性のある飼料用イネの供給システムを開発する。

(2) 既往の関連成果

飼料用イネの生産費及び投下労働時間を把握した(新潟農総研:2002)。消費者ニーズに応える農産物の商品開発手法を開発した(新潟農総研:2000)。売れる野菜の商品開発手法を開発した(新潟農総研:2002)。

(3) 研究内容

飼料用イネの生産・流通・利用上の問題点を実態調査等から明らかにし、飼料用イネによる畜産物商品の差別化の視点も含めた流通・利用の改善方策を検討する。

(4) 達成目標

ホールクroppサイレージの流通・利用の改善方策を検討し、効率的で継続性のある飼料用イネの供給システムを提示する。

(5) 実施課題と結果の概要

(飼料用イネの効率的供給システムの開発、15年度～19年度、担当:新潟農総研・基盤研究部・経営流通、守屋透)

飼料用イネの取り組みにおいては、耕種農家と畜産農家に意識のズレが見られ、それは主に技術面よりも経営的な意識レベルの違いに要因があった。このズレを解消し、導入・定着を図るためにはJA等による協議会の設立と消費者視点による製品差別化に取り組むことが重要であり、それぞれ発展段階別の取り組みが必要である。

本書では、稲発酵粗飼料を給与して生産された牛乳についての差別化を視点に消費者評価を行い、牛乳の付加価値額及び消費者に受け入れられる販売促進方法について検討した結果について2-4)に報告した。

3. 麦-飼料用イネ2年3作体系の開発

1) 大麦-飼料用イネ2年3作体系の開発

(1) 研究目的

個別の要素技術を営農試験地において体系的に組み立て大麦-飼料用イネ2年3作体系を実証する。また、作業競合、生産物収量、品質等の観点から2年3作体系における作業技術や栽培技術について評価して2年3作体系を確立する。

(2) 既往の成果

転換畑作物の最適な作付け方式や作業方式を策定するシミュレーションプログラムが開発されており(北陸農試1989)、本課題に利用できる。潤土高密度散播直播栽培に関する研究成果(北陸農試・栽培生理研、1991)の知見は、高密度散播を必要とする飼料用イネ栽培に利用できる。フレール式収穫機における作業時間・能率等に関する知見がある(北海道立中央農試2001年)。転換畑におけるフォーレージハーベスターの利用に関する諸報告も参考となる(1980年代)。

(3) 研究内容

営農試験地において、既存技術や個別の技術開発で得られた成果を組み合わせ2年3作体系の栽培・作業体系を提示し、その評価結果を個別の技術開発に還元する。圃場試験結果や既往の知見に基づき、2年3作体系の栽培・作業体系モデルを提示する。

(4) 達成目標

営農形態や経営規模に対応した多収で高品質な大麦-飼料用イネの2年3作体系を確立する。

(5) 実施課題

(大麦-飼料用イネ2年3作体系の開発、15年度～17年度、北陸研究センター総合研究第1チー

ム、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、湯川智行・元林浩太・高畑良雄・小島誠・佐々木良治・米村健)

「コシヒカリ」との収穫時の作業競合を回避しながら5月に湛水直播栽培と大麦収穫後に直播または移植栽培する飼料用イネ生産では、5月直播「夢あおば」により乾物実収量1360kg/10a、大麦収穫後の移植「クサユタカ」で1007kg/10a、直播「夢あおば」で981kg/10aを実証した。

大麦新系統「北陸皮35号」の現地実証試験で、「北陸皮35号」は早生で収量性も高かったが、精麦品質に難点があった。耕起法の改善として取り組んだチゼルプラウによる耕起は、収量が高かったが稈長が長くなった。また、肥効調節型肥料による春追肥は、収量は同等以上となり、省力化の可能性が明らかになった。

飼料用イネの省力化技術を開発するために、耕起、代かきと酸素発生剤の粉衣を省略した不耕起湛水直播栽培を検討した。苗立ち率は15～22%になり、苗立ち数は60～70本/m²になった。乾物収量は、721～1246kg/10aになった。不耕起であったが供試した品種が「夢あおば」で耐倒伏性が極強であることもあり倒伏は見られず、また収穫作業に都合がよい高い地耐力を得ることができた。

圃場内での飼料用イネの収穫・調製作業全体の効率を向上するために、収穫作業シミュレーションモデルを構築するとともに、実用的なロールベール運搬装置を開発した。また、実収量向上のために収穫損失の解明、品質向上を効果的におこなう乳酸菌散布装置の自動制御装置を開発した。

なお、本書では、飼料用イネ生産については3-1) -(1)、大麦生産については3-1) -(2)、飼料用イネの実収量向上のために収穫機の収穫損失の解明については3-1) -(3)、収穫・調製作業全体の効率向上のための収穫作業シミュレーションモデル構築については3-1) -(4)、実用的なロールベール運搬装置の開発については3-1) -(5)、乳酸菌散布装置の自動制御装置を開発については3-1) -(6)にその詳細を報告した。

4. 新輪作営農システムの経営的評価と定着支援方策の構築

1) 新輪作営農システムの経営的評価

(1) 研究目的

営農試験地における事例調査等から大麦－飼料用イネ2年3作体系の導入効果を経営的視点から評価する。

(2) 既往の成果

北陸地域の麦作を対象にしてその特徴や導入効果を分析した成果があり（北陸農試農業経営研1992）、この研究で示されたモデル構築手法やシミュレーション手法等は、新輪作体系の経営評価を行う場合にも参考になる。また、飼料用イネの導入効果や課題を取り上げた成果では（農林中金研究所 2001）、全国の飼料用イネ先進事例の実態調査から、飼料用イネ導入の理由、飼料用イネ生産の特徴、単収水準等を整理し、飼料用イネ生産が直面している課題について検討している。さらに、集团的土地利用や土地利用調整等について分析した成果では（集团的土地利用研究会1989）、水田の高度利用を行うための組織化や土地利用調整の重要性、組織化の在り方、団地転作の形成過程、水田転作の定着条件等に関して分析を行っている。

(3) 研究内容

営農試験地における聞き取り調査や作業データ・収支データの収集等により、新技術の導入効果をシミュレートするための数理計画モデルを作成し、それを用いて大麦－飼料用イネ体系を導

入・定着するための条件や可能性を検討する。

(4) 達成すべき成果

経営的評価にもとづく大麦－飼料用イネ2年3作体系の最適導入規模を明らかにする。

(5) 実施課題と結果の概要

(新輪作営農システムの経営的評価、15年度～17年度、担当：北陸研究センター農業経営研究室、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、土田志郎・塩谷幸治・齋藤仁蔵・宮武恭一)

飼料用イネと大麦が導入され定着するには、少なくとも10a当たり4万円程度の産地づくり交付金が必要である。大豆単収が低い経営の場合、大豆の代わりに飼料用イネを作付けることによって飼料用イネの後作に高価格米のコシヒカリを栽培することができるならば、経営全体の所得が増加するため、飼料用イネが選択される可能性が高まる。大家畜経営が立地し転作大豆単収が低い地域で、飼料用イネの相対的有利性が増す。本書ではその詳細を4-1)に報告した。

2) 新輪作営農システムの定着支援方策の解明

(1) 研究目的

経営規模に応じた大麦－飼料用イネ体系の最適導入規模を明らかにするとともに、定着条件を明らかにし、耕畜連携が円滑に進むための支援方策を提示する。

(2) 既往の成果

飼料用イネを中心とした耕畜連携の在り方を検討する上で参考になる成果としては、新潟県農林水産部の「稲発酵粗飼料生産と利用マニュアル」2002.3があり、新潟県内において飼料用イネ生産を行っている耕種経営とそこで生産されたホールクロップ飼料用イネを利用している畜産経営(6事例)について、取り組みの経過、生産体制、生産物の取引契約、栽培概要、給与概要、経営者の評価等について整理している。また、「飼料イネ特集」(Grass vol.14 全農 2001)では、飼料用イネの生産・利用に取り組んでいる先進事例(全国5事例)を取り上げ、取り組みの経過、生産体制、利用・給与上の課題、支援方策等について整理している。

(3) 研究内容

既往の成果をもとに大麦－飼料用イネ体系の導入・定着条件、政策面から必要とされる各種支援内容を明らかにする。また、生産された飼料用イネを利用している畜産経営と耕種経営の耕畜連携の実態を調査するとともに全国の先進事例の調査を行い、耕畜連携の促進条件と支援方策について明らかにする。

(4) 達成すべき成果

耕種と畜産の連携のための条件が明らかにされ、必要な支援方策が提示される。

(5) 実施課題と結果の概要

(新輪作営農システムの定着支援方策の解明、17年度、担当：北陸研究センター農業経営研究室、18年度～19年度、北陸大規模水田作研究チーム、齋藤仁蔵・宮武恭一・塩谷幸治・土田志郎)

稲発酵粗飼料を利用する酪農家ではチモシーやヘイオーツなどの購入乾草4kgを稲発酵粗飼料10kgで代替する比率で年間4～9ヶ月、1頭あたり6～9ロールが利用される。乾物1kg当たりのコストは30円と乾草代金45円に比べ15円安く、搾乳牛1頭当たり年間1.8～2.4万円の経費節約になる。こうした稲発酵粗飼料の利用は、牧草収穫経験の豊富な酪農家を中心とした耕畜連携により促進されることを明らかにした。

本書では、北陸地域における飼料用イネ導入の大部分を占める新潟県の導入状況について統計

データ等を用いて解析するとともに、飼料用イネ生産について耕種と畜産の役割分担が異なる上越市と旧和島村・出雲崎町における事例の比較により飼料用イネの生産利用における耕畜連携のあり方について分析し、北陸地域における飼料用イネ導入の意義と耕畜連携を核としたその定着条件について4-2) - (1)に詳細を報告した。

7. 研究成果

1) 原著論文 (13編)

- (1) 土田志郎 (2003) 北陸地域における大麦・飼料用イネ生産の現状と課題. 北陸研究センター農業経営研究, 2, 1-29.
- (2) 高畑良雄・湯川智行・元林浩太・米村 健 (2005) 飼料イネの湛水直播栽培における播種から苗立ちまでの最適水管理条件の解明. 北陸作物学会報, 40, 44-47.
- (3) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太・高畑良雄・米村 健 (2005) 飼料イネの栽培方法についての新潟県内における農家実態調査. 北陸作物学会報, 40, 121-124.
- (4) 湯川智行・高畑良雄・元林浩太 (2006) 飼料イネの省力低コスト栽培法の開発 1. 不耕起, 無代かきの水田に飼料イネを播種した場合の播種量と種子催芽が生育と収量に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 41, 59-62.
- (5) 佐々木良治・松村修・湯川智行・元林浩太 (2006) 水稻生育予測モデルを利用した飼料用イネの播種・収穫作業計画の支援ツール. 農作業研究, 41 (2), 59-67.
- (6) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治 (2007) 飼料イネ専用収穫機体系の作業能率向上のためのシミュレーション. 農作業研究, 42 (2), 123-131.
- (7) Motobayashi, K., T. Yukawa and M. Kojima (2007) Development of a Round Bale Carrier for Self-propelled Rice Whole Crop Harvester. 65th International Conference on Agricultural Machinery "Landtechnik-AgEng2007", 411-416.
- (8) 松村 修 (2007) 飼料イネ品種の初期生育に及ぼす低温, 温度日変化等の影響. 北陸作物学会報, 42, 23-25.
- (9) 佐藤徹・服部誠・田村隆夫 (2007) 「飼料稲－大麦」の2年3作体系における大麦「ファイバースノウ」の生育・収量および品質. 北陸作物学会報, 42, 89-92.
- (10) 服部誠・佐藤徹・田村隆夫・市川岳史・田村良浩 (2007) 越冬後追肥が大麦「ファイバースノウ」の品質及び収量に与える影響. 北陸作物学会報, 42, 93-96.
- (11) 土田志郎 (2007) 良質米生産地帯における飼料イネの定着可能性と支援方策. 農林業問題研究, 43 (1), 72-77.
- (12) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2008) 飼料イネ用ロールペーラのためのロールベール運搬装置. 農業機械学会誌, 70 (1), 72-78.
- (13) 湯川智行・元林浩太・小島 誠 (2008) 飼料イネの省力低コスト栽培法の開発 2. 不耕起, 無代かきの水田に飼料イネを播種した場合の種子催芽と施肥量が生育と収量に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 43, 69-72.

2) 特許 (1件)

- (1) 元林浩太 (2007. 10. 11). ロールペーラ用ロールベール運搬装置. 公開番号2007-259748.

3) 研究成果情報 (17編)

- (1) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治. 飼料イネ収穫作業効率化のためのシミュレーションモデル. 平成15年度 (技術・参考).
- (2) 佐々木良治・松村 修・湯川智行・元林浩太. 飼料イネと大麦の2年3作体系における播種・収穫作業計画の支援ツール. 平成15年度 (技術・参考).
- (3) 関 誠・宮腰雄一・長谷川昌伸・権平 弘・北井智枝・湯川智行. 栽培方法が異なる稲発酵粗飼料の繊維消化性および栄養価. 平成16年度 (技術・参考).
- (4) 湯川智行・元林浩太・米村 健・佐々木良治・大嶺政朗・高畑良雄. 作業競合を回避して実収量を高めるための飼料イネ生産体系の要点. 平成16年度 (技術・参考).
- (5) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治・米村 健・高畑良雄. 飼料イネの収穫作業における圃場内損失. 平成16年度 (技術・参考).
- (6) 松村 修・山口弘道・千葉雅大. 飼料用水稲「クサユタカ」「夢あおば」の直播での窒素施用量と苗立密度. 平成16年度 (技術・参考).
- (7) 元林浩太・湯川智行. ロールキャリアによる飼料イネ収穫作業の効率化. 平成17年度 (技術・参考).
- (8) 松村 修・千葉雅大・山口弘道. 飼料用水稲「クサユタカ」「夢あおば」の散播直播栽培での生育診断. 平成18年度 (技術・参考).
- (9) 小島 誠・湯川智行・元林浩太・米村 健. 「夢あおば」は不耕起湛水直播で省力的に栽培できる. 平成18年度 (技術・参考).
- (10) 元林浩太・湯川智行・小島 誠・米村 健. 飼料イネ収穫作業を効率化する簡易な運搬装置 ロールキャリア. 平成18年度 (技術・普及).
- (11) 元林浩太・湯川智行・小島 誠・米村 健. 乳酸菌散布装置の自動化による飼料イネ収穫作業時の溶液消費量の節減. 平成18年度 (技術・参考).
- (12) 土田志郎. 北陸地域におけるイネWC S生産の低コスト化と導入促進条件. 平成18年度 (技術及び行政・参考).
- (13) 湯川智行・元林浩太・土田志郎・佐々木良治・小島 誠・松村 修・大嶺政朗・齋藤仁蔵・宮武恭一・関 誠・佐藤 徹・服部 誠・守屋 透. 5月直播と大麦収穫後の飼料イネ生産技術体系. 平成19年度 (技術・普及).
- (14) 服部 誠・佐藤 徹・田村隆夫・市川岳史・湯川智行. 飼料稲跡大麦「ファイバースノウ」の栽培特性と硝子率を高めない越冬後追肥法. 平成19年度 (技術・参考).
- (15) 関 誠・島津是之・高橋英太・伊藤鉄三・湯川智行. 分離給与方式で乳生産に影響しない稲発酵粗飼料の収穫時期. 平成19年度 (技術・参考).
- (16) 守屋 透・湯川智行. 水田地帯における飼料用イネを用いた乳製品の効果的な販売促進方法. 平成19年度 (技術・参考).
- (17) 元林浩太・湯川智行・小島 誠. フレール型収穫機による飼料イネ収穫時の圃場内損失. 平成19年度 (技術・参考).

4) 総説および解説, マニュアル (28編)

- (1) 湯川智行 (2006) 北陸飼料イネ. 飼料イネ 水稻の飼料利用 (稲発酵粗飼料) に関する生産・調製・利用技術の研究レビューと今後の技術開発方向. 畜産草地研究所, 65-67.

- (2) 湯川智行 (2006) 水稻移植・直播新技術の開発 高収量が望める飼料イネの生産技術体系. 機械化農業, 3058, 16-19.
- (3) 元林浩太(2006) 飼料イネ収穫作業を効率化するロールベール運搬装置, テクノトピックス. 農業機械学会誌, 68(4), 27-28.
- (4) 元林浩太(2006) 飼料用イネの合理的収穫方法. 農業技術大系 畜産編 追録第25号, 第7巻, 基 384の18-23.
- (5) Yukawa,T., K.Motobayashi and M.Kojima(2006) Forage Rice Cultivation in No-tillage Unpuddled Paddy Field. Proceeding of XIIth AAAP Animal Science Congress 2006 on CD-ROM. Korean Society of Animal Science & Technology, Federation of Korean Societies of Animal Sciences, CO5-PP-042.
- (6) Yukawa,T., K.Motobayashi and M.Kojima(2006) Current Studies on Whole Crop Rice Cultivation in Japan. Proceedings of XIIth AAAP Animal Science Congress 2006 Satellite Symposium. Korean Society of Animal Science & Technology, Federation of Korean Societies of Animal Sciences, 69-74.
- (7) 湯川智行 (2007) 高度先進技術研修「水稻の高品質生産技術, 飼料イネ生産の最新技術習得研修」. 革新的農業技術習得研修情報, 3, No. 3.
- (8) 湯川智行 (2007) 種子粉衣なし, 不耕起, 無代かきで究極の低コスト直播栽培技術を確立. 農業経営者, 141, 69.
- (9) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2007)「ロールキャリア」による飼料イネ収穫・調製作業の効率化. 農業技術, 62(10), 447-450.
- (10) 元林浩太 (2007) 飼料イネ収穫作業を効率化する簡易運搬装置. 農業技術大系 畜産編, 追録第26号, 7巻, 基566の24-29.
- (11) 松村 修 (2007) 飼料用イネの品種と栽培について. 飼料増産広報誌 グラス&シード, 17-24
- (12) 松村 修 (2008) 飼料イネ専用品種の上質な栽培方法と利用. 平成20年播種用飼料イネ種子のご案内 (日本草地畜産種子協会パンフレット), 1-2.
- (13) 松村 修 (2008) 飼料イネの品種と最適な栽培方法について. 米麦改良, 2008. 1, 22-24.
- (14) 松村 修 (2008) 飼料イネの品種と最適な栽培方法. 農産物検査とくほん, 2008. 3, 38-41
- (15) 松村 修 (2008) 飼料イネ・栽培技術の現状と課題. Dairyman, 58(2), 24.
- (16) 松村 修 (2008) “エサ” 生産としての水稻栽培に必要なこと. 農業及び園芸, 83(5), 539-544
- (17) 湯川智行・小島 誠・元林浩太・佐々木良治 (2008) 2年3作体系 (飼料イネ-大麦-飼料イネ) の生産技術マニュアル. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 1, 1-19.
- (18) 松村修 (2008) 飼料イネ安定多収のための栽培のポイント. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 2, 1-8.
- (19) 小島 誠・湯川智行・元林浩太・高畑良雄 (2008) 省力化のための飼料イネの不耕起湛水直播栽培法. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 3, 1-7.
- (20) 服部 誠・佐藤 徹・田村隆夫・市川岳史・湯川智行 (2008) 飼料イネあと「ファイバースノウ」の高品質安定栽培法. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 4, 1-7.
- (21) 大嶺政朗・帖佐 直・細川 寿 (2008) 飼料イネ収穫機の走行安定化法. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 5, 1-5.
- (22) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治・小島 誠 (2008) 飼料イネの効率的収穫作業マニュアル (1) フレール型専用収穫機による効率的作業体系. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 6, 1-18.

- (23) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2008) 飼料イネの効率的収穫作業マニュアル (2) 「ロールキャリア」による収穫作業の能率向上. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 7, 1-13.
- (24) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2008) 飼料イネの効率的収穫作業マニュアル (3) 乳酸菌散布装置の自動化による資材の節減. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 8, 1-14.
- (25) 関 誠・湯川智行 (2008) 飼料イネの乳牛への給与技術. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 9, 1-10.
- (26) 土田志郎 (2008) 飼料イネWCSの生産・利用にかかわる経営評価・導入支援方策. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 10, 1-5.
- (27) 宮武恭一 (2008) 飼料イネWCSの生産・利用にかかわる経営評価・導入支援方策. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 10, 6-8.
- (28) 守屋 透 (2008) 飼料イネWCSの生産・利用にかかわる経営評価・導入支援方策. [北陸版稲発酵粗飼料・大麦生産利用技術マニュアル], 10, 9-11.

5) 学会発表講演要旨 (45編)

- (1) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太・土田志郎・松村 修・亀川健一・大嶺政朗・伊藤誠治・市川岳史・光野 均・関 誠 (2003) 飼料用イネー六条大麦の2年3作体系の確立. 北陸作物学会報, 39 (別), 11-12.
- (2) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治 (2003) 飼料イネー大麦輪作体系シミュレーションモデルの開発 (第1報) - 2年3作体系の概略と問題点 -. 平成15年度農業機械学会東北支部大会講演要旨, 23-24.
- (3) 元林浩太・湯川智行・佐々木良治 (2004) 飼料イネ収穫シミュレーションモデルの開発 - 矩形圃場における作業経路と作業時間の解析 -. 農作業研究, 39 (別1), 153-154.
- (4) 松村 修・山口弘道・千葉雅大・関 誠 (2004) 飼料用イネ品種「クサユタカ」「北陸187号」の直播栽培での最適苗立密度と施肥法. 日本作物学会紀事, 73 (別1), 12-13.
- (5) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太 (2004) 飼料イネの営農現場における実証栽培試験と問題点. 日本作物学会紀事, 73 (別1), 32-33.
- (6) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太・高畑良雄 (2004) 飼料イネの栽培方法についての農家実態調査. 北陸作物学会報, 40 (別), 12.
- (7) 高畑良雄・湯川智行・元林浩太 (2004) 飼料イネの湛水直播栽培における最適水管理条件の解明. 北陸作物学会報, 40 (別), 13.
- (8) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太・米村 健・高畑良雄 (2004) 飼料イネ栽培における収量と損失. 日本作物学会紀事, 73 (別2), 88-89.
- (9) 元林浩太・湯川智行・高畑良雄 (2004) 飼料用イネ収穫作業における作業時間の解析 - 専用収穫機を基軸とする収穫体系 -. 農業機械学会関東支部, 第40回年次報告 (講演要旨), 28-29.
- (10) Motobayashi, K., T. Yukawa, R. Sasaki and Y. Takahata (2004) A simulation model for harvesting and ensiling rice forage. Abstract of World Rice Research Conference 2004, 254.
- (11) Takahata, Y., T. Yukawa, K. Motobayashi, I. Nozaki and S. Saito (2004) Suitable water management and seed depth for direct sowing cultivation of forage paddy rice. Abstract of World Rice Research

- Conference 2004, 255.
- (12) Yukawa, T., R. Sasaki, K. Motobayashi and Y. Takahata (2004) Forage paddy rice production and some problem on farmer's paddy field. Abstract of World Rice Research Conference 2004, 256.
 - (13) 関 誠・宮腰雄一・長谷川昌伸・権平 弘・北井智枝・湯川智行 (2004) 栽培様式の異なる稲発酵粗飼料の飼料特性について. 北信越畜産学会報, 第53回講演要旨89, 23.
 - (14) 佐々木良治・松村 修・湯川智行・元林浩太 (2005) 飼料イネと大麦の2年3作体系における播種・収穫作業計画作成の支援ツール. 日本作物学会紀事, 74 (別1), 280-281.
 - (15) 元林浩太・湯川智行・米村 健・高畑良雄・佐々木良治 (2005) フレールモア型収穫機による飼料イネの圃場内損失. 農作業研究, 40 (別1), 13-14.
 - (16) 湯川智行・高畑良雄・元林浩太 (2005) 飼料イネの省力低コスト栽培法 1. 催芽条件, 播種量と生育, 収量について. 北陸作物学会報, 41 (別): 21.
 - (17) 高畑良雄・湯川智行・元林浩太 (2005) 飼料イネ栽培における水管理方法と地耐力, 収量. 北陸作物学会報, 41 (別), 22.
 - (18) 元林浩太・湯川智行・高畑良雄 (2005) 飼料用イネ収穫作業における作業時間の解析 (第2報) - 専用収穫機を基軸とする作業体系の比較 -. 農業機械学会関東支部, 第41回年次報告 (講演要旨), 44-45.
 - (19) 関 誠・松村 修・湯川智行 (2005) 飼料イネの播種時期および苗立ち密度の違いと成分組成の関係. 北信越畜産学会報 91, 第54回講演要旨, 23.
 - (20) 新良力也・亀川健一・関口哲生・小原洋・中島秀治・伊藤誠治・馬場孝秀・中村恵美子 (2006) 北陸地域における大麦の窒素追肥法の検討. 2006年度日本土壌肥料学会関東支部, 大会講演要旨集, 17.
 - (21) 元林浩太・湯川智行 (2006) 飼料イネ収穫シミュレーションモデルの開発 (第2報) - 刈り取り同時運搬による能率向上の検討 -. 農作業研究, 41 (別1), 57-58.
 - (22) 元林浩太・湯川智行 (2006) 飼料イネ専用収穫機のための液剤散布装置の開発. 農作業研究, 41 (別1), 59-60.
 - (23) 湯川智行・元林浩太・小島 誠 (2006) 飼料イネの省力低コスト栽培法 2. 不耕起の直播栽培における催芽条件と施肥量が生育, 収量に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 42 (別), 8.
 - (24) 松村 修 (2006) 飼料イネ品種の初期生育に及ぼす低温, 温度日変化等の影響. 北陸作物学会報42, (別), 9.
 - (25) 服部 誠・佐藤 徹・田村隆夫 (2006) 飼料イネ跡に栽培した大麦「ファイバースノウ」の生育. 北陸作物学会報, 42 (別), 31.
 - (26) 服部 誠・佐藤 徹・市川岳史・田村良宏・田村隆夫 (2006) 越冬後追肥が大麦「ファイバースノウ」の収量及び品質に与える影響. 北陸作物学会報, 42 (別), 32.
 - (27) 湯川智行・元林浩太・佐々木良治 (2006) 飼料イネの現地営農現場における過去3年間の生育と収量. 日本作物学会紀事, 75 (別1), 20-21.
 - (28) 湯川智行・元林浩太・小島 誠 (2006) 飼料イネ「夢あおば」の多収に関与する栽培的な要因. 日本作物学紀事, 75 (別2), 44-45.
 - (29) 小島 誠・湯川智行・元林浩太 (2006) 飼料イネの不耕起湛水直播栽培における緩効性肥料の全量基肥施用が収量・品質に及ぼす影響. 農作業研究, 42 (別1), 21-22.
 - (30) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2006) フレールモア型収穫機による飼料イネの圃場内損失 (第

- 2報)－作業速度による損失の変動－. 農作業研究, 42(別1), 65-66.
- (31) 元林浩太・湯川智行・小島 誠(2006) 水稲湛水直播栽培における防鳥テグスの簡易な展開・回収技術の開発. 農作業研究, 42(別1), 89-90.
- (32) 元林浩太・湯川智行・小島 誠(2006) 飼料イネ収穫機用ロールベール運搬装置の開発. 農業機械学会関東支部, 第42号年次報告(講演要旨), 24-25.
- (33) Yukawa,T., K.Motobayashi and M.Kojima(2006). Forage Rice Cultivation in No-tillage Unpuddled Paddy Field. Abstract of XIIth AAAP Animal Science Congress 2006 Satellite. Korean Society of Animal Science & Technology. Federation of Korean Societies of Animal Sciences, 296.
- (34) Yukawa,T., K.Motobayashi and M.Kojima(2006) Current Studies on Whole Crop Rice Cultivation in Japan. Abstract of XIIth AAAP Animal Science Congress 2006 satellite symposium. Korean Society of Animal Science & Technology. Federation of Korean Societies of Animal Sciences, 726.
- (35) Motobayashi,K., T.Yukawa and M.Kojima(2007) Development of a Round Bale Carrier for Rice Whole Crop Harvester. Proceedings of 3rd International Conference on Crop Harvesting and Processing 2007, American Society of Agricultural and Biological Engineers, CH-P2.
- (36) 元林浩太・湯川智行・小島 誠(2007) 飼料用イネ収穫作業における作業時間の解析(第3報)－ロールベール運搬装置による作業能率の向上－. 農業機械学会関東支部, 第43回年次報告(講演要旨), 46-47.
- (37) 松村 修・古畑昌巳(2007) 鉄粉と過酸化石灰の混合粉衣が直播水稲の鳥害と生育に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 43(別), 1.
- (38) 湯川智行・元林浩太・小島 誠(2007) 大麦－飼料イネの1年2作体系の開発 1. 耕起法が異なる大麦の立毛間に播種した飼料イネの苗立ちと生育・収量. 北陸作物学会報, 43(別), 5.
- (39) 湯川智行・小島 誠・元林浩太(2007) 飼料イネの省力栽培法－種子予措と耕起, 代かき省略した直播方法－. 日本作物学会紀事, 76(別2), 52-53.
- (40) 松村 修・千葉雅大・山口弘道(2007) 苗立ち密度に応じた散播直播飼料イネの生育診断と是正法. 日本作物学会紀事, 76(別2), 54-55.
- (41) 佐藤 徹・服部 誠・田村隆夫(2007)「大麦－飼料稲」2年3作体系における被覆尿素肥料の越冬後追肥が大麦の収量及び硝子率に及ぼす影響. 日本作物学会紀事, 76(別2), 86-87.
- (42) 関 誠・島津是之・高橋英太・伊藤徹三・湯川智行(2007) 分離給与条件下での収穫時期の異なる稲発酵粗飼料の給与が乳生産に及ぼす影響. 日本畜産学会108回大会2007年度, I26-08.
- (43) 大嶺政朗・帖佐 直・細川 寿(2007) 重粘土水田における収穫時期の降雨による地耐力低下と走行可否のモデル化. 農業機械学会関東支部会, 第43回年次報告(講演要旨), 34-35.
- (44) 元林浩太・湯川智行・小島 誠(2008) 飼料イネ専用収穫機のためのロールベール運搬装置の実用化. 農業機械学会第67回年次大会, 279-280.
- (45) 松村 修(2008) 水稲茎葉部に蓄積されるNSCの飼料的価値について. 日本作物学会紀事, 77(別1), 48-49.

6) 講演・講義等(29件)

- (1) 佐々木良治(2003) 2年3作体系における飼料イネ生産と作業技術上の問題点. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成15年度現地推進検討会, 17-22.

- (2) 多田好治・守屋 透 (2003) 耕畜連携のこれまでの取り組みと問題点. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成15年度現地推進検討会, 23-28.
- (3) 土田志郎 (2003) FSを踏まえた大麦－飼料用イネ輪作システム研究への提言. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成15年度現地推進検討会, 6-16
- (4) 湯川智行 (2004) 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」の紹介. 飼料イネ研究連絡会, 86-107.
- (5) 湯川智行 (2004) 大麦－飼料イネ輪作体系. 平成16年度 高度先進技術研修, 63-75.
- (6) 元林浩太 (2004) 現地実証圃場における飼料イネの生育・収量等の状況. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成16年度現地推進検討会, 1-3.
- (7) 米村 健 (2004) 稲発酵粗飼料生産利用ネットワークの活動報告. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成16年度現地推進検討会, 4-9.
- (8) 植村 繁・湯川智行 (2005) 大麦粉の可能性－大麦の歴史と用途開発－. 第2回はつと！netミーティング, 資料6.
- (9) 湯川智行 (2005) 北陸向け品種と夢あおば栽培技術. 平成17年自給飼料生産利用技術研修会.
- (10) 湯川智行 (2005) 北陸地域における稲発酵粗飼料の取り組みについて. 平成17年大豆あと稲発酵粗飼料収穫実演研修会.
- (11) 元林浩太 (2005) 3年間の現地実証試験の経過報告. 「飼料イネの多収・低コスト栽培」に関する検討会, 平成17年度飼料イネ研究連絡会 (第4回)・地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成17年度現地推進検討会, 13-17.
- (12) 土田志郎 (2005) 飼料イネに求められる多収と低コスト. 「飼料イネの多収・低コスト栽培」に関する検討会, 平成17年度飼料イネ研究連絡会 (第4回)・地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成17年度現地推進検討会, 25-37.
- (13) 松村 修・山口弘道 (2005) TDN多収のための茎葉デンプン蓄積型系統の利用. 「飼料イネの多収・低コスト栽培」に関する検討会, 平成17年度飼料イネ研究連絡会 (第4回)・地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成17年度現地推進検討会, 45-49.
- (14) 湯川智行 (2005) 不耕起・無催芽栽培による省力・低コスト化. 「飼料イネの多収・低コスト栽培」に関する検討会, 平成17年度飼料イネ研究連絡会 (第4回)・地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成17年度現地推進検討会, 71-75.
- (15) 湯川智行 (2006) 飼料イネに関する地域確立総合研究の最近の研究成果. 北陸地域飼料増産推進協議会, 稲発酵粗飼料推進協議会及び国産稲わら緊急確保対策協議会.
- (16) 湯川智行 (2006) 飼料生産に関わる平成18年度の研究プロジェクト. 平成17年度北陸地域飼料増産協議会.
- (17) 湯川智行 (2006) 飼料イネ栽培技術研究の現状. 高度先進技術研修, 57-64.
- (18) 湯川智行 (2006) 地域確立「北陸大麦－飼料イネ」4年間の研究成果と今後の推進方向. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」平成18年度現地推進検討会, 45-50.

- (19) 元林浩太 (2006) 北陸での飼料イネの新しい生産技術. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」ミニシンポジウム「稲発酵粗飼料の生産と利用」, 12-17.
- (20) 関 誠 (2006) 乳牛向け稲発酵粗飼料の生産と利用について. 地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」ミニシンポジウム「稲発酵粗飼料の生産と利用」, 18-21.
- (21) 湯川智行 (2006) 北陸地域における飼料・燃料エタノールの生産技術体系の可能性 (2)飼料・バイオエタノール用水稲生産に必要な多収穫技術の現状と課題. 北陸地域における飼料・バイオエタノール用水稲生産の技術的課題に関する研究会, 32-38.
- (22) 元林浩太 (2007) 専用収穫機での収穫作業を効率化する「ロールキャリア」の開発. 平成18年度飼料イネの研究・普及に関する情報交換会, 25-30.
- (23) 湯川智行 (2007) 新しい稲発酵粗飼料の生産技術. 平成19年度北陸地域稲発酵粗飼料収穫実演検討会, 1-7.
- (24) 土田志郎 (2007) イネWCS生産の収益性と定着条件－北陸地域の場合－. 平成19年度北陸地域稲発酵粗飼料収穫実演検討会, 29-36.
- (25) 湯川智行 (2007) 飼料イネ生産技術研究の現状と課題. 畜産草地分野行政・研究連絡会議(稲の飼料利用促進) 5, 1-8.
- (26) 小島 誠・元林浩太・湯川智行 (2007) 飼料イネ栽培技術研究の現状. 水稲の高品質生産技術, 飼料イネ生産の最新技術習得研修, 45-52.
- (27) 松村 修 (2007) 飼料イネ品種の特性と栽培. えさプロ現地検討会・出前技術指導(沖縄県石垣市), えさプロ事務局(作物研).
- (28) 元林浩太 (2007) ロールベール運搬装置「ロールキャリア」による収穫作業の効率化. 平成19年度「関東飼料イネ」&「飼料イネ研究連絡会」合同現地検討会, 12-19.
- (29) 松村 修 (2008) 稲発酵粗飼料の最適な栽培方法について. 福島県県中地区飼料増産セミナー.

7) 所ニュースなど (15編)

- (1) 佐々木良治 (2003) 大区画水田における水稲の収量や品質のバラツキを克服する技術－水稲の局所栽培管理システムの開発－. 中央農業総合研究センターニュース, 9, 2.
- (2) 佐々木良治 (2003) 海外出張報告 三江平原に水稲の直播栽培が広がるのも近い!. 北陸研究センターニュース, 8, 6.
- (3) 湯川智行 (2004) 稲発酵粗飼料生産利用ネットワーク. 中央農業総合研究センターニュース, 11, 6.
- (4) 佐々木良治・湯川智行 (2004) 飼料イネの作業計画を立案するのに便利なソフトウェア－コシヒカリや後作大麦との作業競合が回避できます－. 北陸研究センターニュース, 10, 2.
- (5) 佐々木良治・湯川智行 (2004) 飼料イネの作業計画のための便利な支援ツール－コシヒカリや後作大麦との作業競合を回避するソフトウェア－. 中央農業総合研究センターニュース, 14, 3.
- (6) 元林浩太 (2004) 飼料イネの収穫作業を効率的に行う方法－シミュレーションモデルによる作業方法の検討－. 北陸研究センターニュース, 11, 2.

- (7) 湯川智行 (2005) 飼料イネを作る人と使う人のネットワーク会議. 北陸研究センターニュース, 12, 6.
- (8) 湯川智行 (2005) 飼料イネのネットワーク会議. 中央農業総合研究センターニュース, 16, 6.
- (9) 大嶺政朗 (2006) 作物の生育量をはかる植被率カメラ. 北陸研究センターニュース, 14, 3.
- (10) 湯川智行 (2006) 第4回飼料イネ研究連絡会報告 飼料イネを手間をかけずに安くたくさん作りたい. 北陸研究センターニュース, 14, 5.
- (11) 元林浩太 (2006) ロールキャリア (簡易運搬装置) で飼料イネ収穫・調製作業の能率を35%向上. 北陸研究センターニュース, 16, 2.
- (12) 松村 修 (2007) “エサ”としてのイネをより良く作るために… 北陸研究センターニュース, 19, 3.
- (13) 野崎育雄・齊藤 進 (2007) 平成19年度文部科学大臣表彰創意工夫功労者賞を受賞. 北陸研究センターニュース, 19, 5.
- (14) 小島 誠 (2007) 省力化を目指した飼料イネ生産－「夢あおば」の不耕起湛水直播栽培－. 北陸研究センターニュース, 20, 2.
- (15) 元林浩太 (2007) 簡易運搬装置「ロールキャリア」で飼料イネ収穫作業の能率アップ. 中央農業総合研究センターニュース, 23, 2.

8) 新聞・放送等 (36件)

- (1) 2003年5月10日. 日本農業新聞. 期待の飼料用稲「クサユタカ」初のたん水直まき.
- (2) 2003年5月15日. 上越タイムス. 飼料用イネ開発, 試験作付けへ.
- (3) 2003年8月27日. 飼料用イネと大麦の新しい研究プロジェクト. 上越市有線放送.
- (4) 2003年9月5日. 新潟日報. 2年3作実用化へ着々, 飼料用稲の収穫試験.
- (5) 2003年9月6日. 上越よみうり. くるくる巻いてラッピング, 下百々で飼料用稲を収穫.
- (6) 2004年2月20日. 建設ジャーナル. 試験圃場の稲や大麦の発育状況を遠隔地から観察できデータ化しています.
- (7) 2004年8月18日. 早生で多収「北陸皮35号」. 日本農業新聞.
- (8) 2004年9月4日. 飼料用の新種イネ「北陸187号」を開発. 新潟日報.
- (9) 2004年9月5日. 飼料用イネ収穫, 病害にも強く注目集め. 上越タイムス.
- (10) 2004年10月16日. 飼料稲を収穫, 梱包. 日本農業新聞.
- (11) 2004年11月24日. 大麦粉の話. 上越市有線放送.
- (12) 2004年12月8日. 稲発酵粗飼料の実践①移植, 直播で作期分散 (新潟県岩室村). 日本農業新聞.
- (13) 2004年12月9日. 稲発酵粗飼料の実践②酪農家が収穫調製 (秋田県雄勝酪農協). 日本農業新聞.
- (14) 2004年12月14日. 稲発酵粗飼料の実践③役割・費用分担巧みに (熊本県御船町). 日本農業新聞.
- (15) 2004年12月15日. 稲発酵粗飼料の実践④産直牛ブランド化 (鳥取県畜産農協). 日本農業新聞.
- (16) 2005年3月25日. 寒冷地向け飼料イネ新品種「夢あおば」普及へ. 日本農業新聞.
- (17) 2005年3月25日. 収穫期早く多収量, 飼料用イネ「夢あおば」開発. 新潟日報.
- (18) 2005年3月27日. 米を飼料においしい牛乳, 飼料用イネ「夢あおば」を発表. 上越よみより.

- (19) 2005年3月27日. 飼料用イネ「夢あおば」開発, 上越と和島で実証試験. 上越タイムス.
- (20) 2005年5月12日. 飼料用イネ「夢あおば」の普及拡大を. 共同組合通信. No.15267. 3-4.
- (21) 2005年11月18日. 飼料用イネ「夢あおば」10アール1トン超を収穫. 日本農業新聞.
- (22) 2005年11月19日. 飼料用イネ検討会開催. 上越よみうり.
- (23) 2005年11月22日. 「やせた牛も太った」飼料用イネで検討会. 上越タイムス.
- (24) 2005年12月. 先進的地域農業, 資源循環利用. 戦略技術開発推進本部 戦略本部だより. VOL. 5 No.8.
- (25) 2006年1月. 飼料用イネ生産・普及拡大について活発討議「飼料用イネの多収・低コスト栽培」に関する検討会. 肉牛ジャーナル ニューススポット:101.
- (26) 2006年1月25日. 吟醸ミルクの誕生です!. 上越市有線放送.
- (27) 2006年8月5日. 稲発酵粗飼料普及探る. 福井新聞.
- (28) 2006年8月5日. 稲飼料の展望考える. 県民福井.
- (29) 2006年9月15日. 「夢あおば」収穫量は?. 新潟日報.
- (30) 2006年10月4日. 繁忙期に効率アップ. 上越よみうり.
- (31) 2006年10月4日. 飼料用稲刈り取り運搬 簡易装置で省力化. 日本農業新聞.
- (32) 2006年10月5日. エリアレポート. 上越タイムス.
- (33) 2006年10月5日. 乳牛のごちそうゴロリ. 上越よみうり.
- (34) 2006年10月6日. ロールで効率アップ. 上越タイムス.
- (35) 2006年11月24日. 飼料用イネ生産拡大へ. 上越タイムス.
- (36) 2007年2月21日. 飼料稲「ロールキャリアー」実用化へ. 日本農業新聞.

9) 稲発酵粗飼料生産利用ネットワークニュース (24編)

- (1) (2004. 3. 2). 待望の新品種候補系統「北陸187号」.
- (2) (2004. 4. 5). 飼料用イネとコシヒカリの作付け計画支援ソフト.
- (3) (2004. 4. 12). 飼料用イネ生産を行った場合の助成金額.
- (4) (2004. 6. 4). 現地実証圃場の飼料用イネ, 苗立ち・生育極めて順調.
- (5) (2004. 8. 18). 飼料用イネの効率的な収穫作業の方法.
- (6) (2004. 10. 5). 第2回稲発酵粗飼料生産利用ネットワーク会議.
- (7) (2004. 11. 25). 第2回稲発酵粗飼料生産利用ネットワーク会議 報告 (11月12日(金) 中央農業総合研究センター北陸研究センターにて開催).
- (8) (2005. 3. 28). 「クサユタカ」「夢あおば」を直播栽培する際のポイント.
- (9) (2005. 6. 22). 飼料用イネの苗立ち・生育, 今年も順調です!.
- (10) (2005. 7. 5). 大豆受託組織が稲発酵粗飼料の栽培に挑戦!
- (11) (2005. 9. 20). 第3回稲発酵粗飼料生産利用ネットワーク会議 飼料用イネ研究連絡会(第4回).
- (12) (2005. 9. 28). 飼料用イネ専用収穫機の乳酸菌散布装置の改良とロールペール重量の測定法.
- (13) (2005. 11. 9). 乾物実収量13.61t/ha, ロールペール193個/ha 「夢あおば」で達成.
- (14) (2006. 6. 11). 簡易運搬装置による刈り取り同時運搬で収穫・調製作業の能率アップ.
- (15) (2006. 6. 12). 飼料用イネ直播の苗立ち・生育, 今年も順調. 大麦あと直播にも取り組みます.
- (16) (2006. 8. 1). 省力・低コストな不耕起無代かき直播の実証試験を行っています!.

- (17) (2006. 10. 16). 第4回稲発酵粗飼料生産利用ネットワーク会議.
- (18) (2006. 10. 17). 大麦あと晩期移植「夢あおば」でも多収を達成.
- (19) (2006. 10. 18). 省力・低コストな不耕起・無代かき直播の実証試験結果！.
- (20) (2006. 12. 26). ミニシンポジウム「稲発酵粗飼料の生産と利用」報告 12月8日(金)新潟市西川地区, 岩室地区にて.
- (21) (2007. 4. 11). 飼料イネを利用した畜産物のPR方法(新潟県の場合).
- (22) (2007. 7. 2). 現地実証圃場の飼料イネ直播の苗立ち・生育. 今年は播種量を減らして取り組んでいます.
- (23) (2007. 7. 3). 省力・低コストな不耕起無代かき湛水直播の現地実証試験を行っています！.
- (24) (2008. 3. 13). 北陸版 飼料イネ・大麦の最新技術マニュアルが刊行されました.

10) その他(3編)

- (1) 湯川智行(2005)稲発酵粗飼料(ホールクロップサイレージ)の取り組み. 越後さんとう広報誌「てんてんてん」, 2005. 10.
- (2) 湯川智行(2006)吟醸ミルクの誕生. 平成18年 農業日誌, 326-327.
- (3) 元林浩太(2006)飼料イネの収穫作業における圃場内損失の実態把握. 平成16年度 北陸の食料・農業・農村, 175.

8. 謝辞

本研究プロジェクトである地域農業確立総合研究「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」は、元中央農業総合研究センター北陸研究センター総合研究第1チーム長の鳥山和伸氏(現国際農業研究センター)の立案により開始されたものである。適切な設計があったからこそ所期の成果を挙げることができた。敬意を表します。また、外部評価委員の千葉寿夫氏、下坪訓次氏、杉信賢一氏には適切な指導、評価、ご助言を頂き、研究の推進にあたっての重要なご示唆を頂いた。現地実証試験を実施するにあたっては、実証協力農家として圃場を提供していただいた上越市下百々の尾崎邦雄氏、長岡市(旧和島村)上桐の上桐生産組合の小黒久雄(故人)組合長、小川栄組合長、大矢弘陸組合長、長岡市(旧和島村)荒巻の星友吉組合長とそれぞれの組合員の方々には、多大なる協力を頂いた。JA越後さんとう北部地区営農センターの山田健治氏、出雲崎酪農組合の諸橋清隆氏と組合員の方々、加勢牧場の加勢勉氏、上越市の畜産農家の石平篤信氏、金子義昭氏、井沢真作氏、梨本健司氏、畦原宏幸氏、武藤正信氏、JAえちご上越営農振興課の平田元彦氏、新潟県農林水産部及び上越市農林水産課の方々には、飼料用イネの給与や耕畜連携の推進にあたってご協力、ご尽力頂き、感謝申し上げます。また、ヤンマー農機新潟頸城プラザの大滝仁氏には現地実証圃場への大型の収穫機械等の運搬で大変お世話になった。円滑に実証試験が実施できたことに感謝申し上げます。現地推進検討会の開催にあたっては、熊本県御船町飼料イネ作付け推進協議会代表の赤星宏高氏、新潟県新潟市のフジタファームの藤田毅氏、新潟県巻農業振興事務所(当時)の宮腰温子氏、新潟県三古農業改良普及センターの多田好治氏、鳥取県畜産協同組合の鎌谷一也氏、秋田県雄勝地域農業改良普及センター(当時)の伊藤剛氏、秋田県農業試験場の若松一幸氏、長野県佐久農業改良普及センターの近藤武晴氏、鹿児島県の畜産農家で九州沖縄農業研究センターの研究協力員でもある榎下貞美氏、中央農業総合研究センターの石川哲也氏、三浦清之氏、九州沖縄農業研究センターの西村和志氏、中野洋氏、近畿中国四国農業研究センターの山内稔氏、畜産草地研究所の塩谷繁氏、

北陸農政局生産経営流通部の藤原寿隆氏、新潟県農林水産部の長谷川裕二氏、福井県農林水産部の久保長政氏には、飼料用イネをめぐる情勢や新技術などの話題提供をして頂いた。また、飼料イネ研究連絡会の中央農業総合研究センター有原丈二関東東海総合研究部長(現在、株式会社クボタ)、石田元彦関東飼料イネ研究チーム長(現在、石川県立大学教授)、千田雅之上席研究員、渡邊寛明雑草バイオタイプ・総合防除研究チーム長、作物研究所の加藤浩上席研究員、畜産草地研究所吉田宣夫上席研究員(現在、山形大学農学部教授)、東北農業研究センターの矢治幸夫東北飼料イネ研究チーム長(現在、生物系特定産業技術研究支援センター)、押部明德東北飼料イネ研究チーム長、近畿中国四国農業研究センターの佐藤節郎総合研究第1チーム長(現在、畜産草地研究所)、中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム長の尾関秀樹氏(現在、農林水産技術会議)、佐藤健次イネ発酵TMR研究チーム長には、最新の飼料用イネ研究や技術などについて極めて有意義な情報交換をすることができた。さらに、東北農業研究センターの関矢博幸氏、山口弘道氏、畜産草地研究所の中西直人氏(現在、中央農業総合研究センター)、中央農業総合研究センターの芦澤武人氏、宮城県古川農業試験場の星信幸氏、辻本淳一氏には、研究や技術情報の提供をして頂き本研究プロジェクトの推進に役立てることができた。

大麦関係では、現地圃場で生産された大麦について精麦試験をして頂いた阿部精麦株式会社の植村繁氏、大麦の普及について行政の立場から力強く推進して頂いた北陸農政局生産経営流通部の川口健史氏、それから(株)里吉製作所里吉賢司取締役社長と吉田祐子氏には、大麦粉を使った広島風お好み焼きの商品開発と実用化をして頂き、北陸産の大麦粉を使った商品が世の中に流通することになった。心より感謝申し上げます。

本研究プロジェクトにおける膨大な量の生育調査などには、中央農業総合研究センター北陸研究センターの関係職員と契約職員には多大なご協力を頂いた。とりわけ、業務4科の野崎育雄氏、齊藤進氏、市橋正則氏には圃場管理、現地実証圃場での調査、機械の試作、改良などの業務を推進していただいた。契約職員の秋山せつ子氏、吉川清香氏、伊倉智子氏、塚田満子氏、渡辺貞子氏、柳澤千晶氏、渡辺梅子氏、笹川由希氏、安藤志保氏、松村哲郎氏には全面的にご協力頂いた。最後になってしまったが、農林水産技術会議の関係者各位、農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)本部の関係者各位、北陸農政局関係者各位、北陸4県農業試験研究関係者各位、それから、稲葉忠興元農研機構副理事長、中央農業総合研究センター高屋武彦所長(現在、富山県農林水産総合技術センター所長)、丸山清明元農研機構理事、元北陸農業研究官松葉捷也氏、古賀野完爾元北陸農業研究監、森田弘彦元北陸農業研究監(現在、秋田県立大学教授)、宮井俊一元北陸農業研究監、元北陸水田利用部長岩野正敬氏、寺島一男研究管理監(現在、作物研究所)には、本研究プロジェクトの円滑な推進に終始ご高配、ご配慮頂いた。

以上の方々のご協力がなければ本研究プロジェクトは、所期の成果を挙げることができなかつたであろう。ご支援、ご協力に心よりの謝意を表したい。

第1部 高品質大麦の 生産管理技術の開発

1) 高品質大麦の安定生産技術の開発

(1) 大麦の精麦白度の年次変動および無機元素との関係

Annual Change of Whiteness Pearled Barley and Relation to Inorganic Element

伊藤誠治・馬場孝秀^{*1}・青木恵美子^{*2}
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Seiji Ito, Takahide Baba^{*1} and Emiko Aoki^{*2}
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

北陸地域における六条大麦の生産は、全国の50%を占めている²⁾。しかし、収量や品質は年次間¹⁾および地域間で変動が大きく、大麦生産振興のためには、品質の高位安定化が急務な課題である。そのため、年次変動要因を解明することは、高品質大麦の安定生産のための栽培技術を開発する上で重要な項目の一つである。大麦の品質の中では精麦白度が重要である。精麦白度は、品種特性に加え土壌条件、施肥条件、気象条件などの生育条件によって変動してくる。また、精麦白度に関連する品質項目として、硝子率、タンパク質含量、容積重などが測定されている。しかし、精麦白度と大麦粒に含まれる無機元素含量との関係を解析した報告は少ない。そこで、精麦白度の年次変動と大麦粒の無機元素含量の変動との関係を解析したので報告する。

2. 材料と方法

1) 大麦品質の年次変動要因

供試品種には「ミノリムギ」、「ファイバースノウ」、「北陸皮35号」の3品種・系統を用いた。2002年度(播種年度、以下同じ)は、北陸研究センター東圃場8、2003年度は、東圃場7、2004年度は東圃場8を用いて行った。両圃場の土性は同じ壤土である。耕種概要は(表1-1)のとおりで、試験区は3反復で行った。搗精試験には、収穫し乾燥した大麦を2.2mmの篩で調整した整粒180gを用いた。

現在は、*1) 福岡県農業総合試験場、*2) 作物研究所。

搗精機（佐竹TMO5）で重量が55%になるまで搗精し、搗精時間と白度計（kettC-3型）で精麦白度を測定した。原麦及び55%搗精粒をサイクロテック粉砕器（Tecator）で粉砕し、1 M塩酸で抽出後、ICP分析法により無機元素を測定した。タンパク質含量は、整粒を用い近赤外分析機（インフラテック1255）を用いて測定した。

表1-1 大麦の耕種概要

年度	播種日 月日	播種量 粒/m ²	石灰 kg/10a	基肥 kg/10a	殺虫剤 (ダイアジノン) kg/10a	追肥 kg/10a	追肥日 月日
2002	10. 4	150	60	80	5	6	3. 18
2003	10. 6	150	60	80	5	6	3. 16
2004	10. 12	150	60	80	5	6	4. 1

注) 石灰は粒状消石灰、基肥は苦土燐加安055(10:25:15:3(Mg))、追肥は硫酸。

2) カリ追肥による品質への影響

試験は2004年度に行い、追肥以外の耕種概要は上記1)の試験の2004年度と同じである。カリ追肥として、塩化カリ、硫酸カリ、ケイ酸カリを用い、追肥量は、播種後追肥ではカリ成分として0.6kg、1.2kg/10a、融雪期追肥は0.3kg、0.6kg、0.9kg、1.2kg/10aである。融雪期追肥は4月1日に行った。

3. 結果と考察

1) 大麦品質の年次変動要因

3年間の平均の55%搗精の精麦白度（以下精麦白度）は、「北陸皮35号」が44.0で最も高く、「ファイバースノウ」が43.4、「ミノリムギ」が42.3であった。年度では2004年度が44.5で最も高く、2003年度が42.8、2002年度が42.3であった。3年間の最低と最高の差は「北陸皮35号」は0.8、「ミノリムギ」は1.6、「ファイバースノウ」は3.7であった（表1-2）。今までの試験結果から「北陸皮35号」は窒素追肥量を変化させた時に、「ミノリムギ」や「ファイバースノウ」に比べ精麦白度の変動が少ないことを認めていたが、年次間変動においても、同様に変動が少ないことが明らかになった。年度毎の原麦のタンパク質及び無機元素の含量、55%搗精麦（以下搗精麦）の無機元素の含量と精麦白度及び55%搗精時間（以下搗精時間）との相関係数を（表1-3、表1-4）に示した。搗精時間と相関が認められた無機元素はなかったが、精麦白度と原麦のリン（P）・カルシウム（Ca）・マグネシウム（Mg）・鉄（Fe）の含量との間に正の相関（図1-1）が、精麦白度と搗精麦のカリウム（K）・ケイ素（Si）の含量との間に負の相関（図1-2）が認められた。原麦のリン・カルシウム・マグネシウム・鉄の含量の間には相互間に0.9以上の相関が認められた。また、搗精麦の含量では精麦白度と相関が認められないことから、原麦のリン・カルシウム・マグネシウム・鉄の含量は精麦白度の年次変動要因ではないと考えられる。

精麦白度、原麦のタンパク質含量及び無機元素含量、搗精麦の無機元素含量の年次と品種系統に関する分散分析を行った（表1-5、表1-6）。精麦白度、タンパク質含量を始め、多くの無機元素に年次間で差が認められた。精麦白度と相関のあった原麦のリン・鉄には年次間差が認められず、カルシウムは5%でしか差が認められなかった。このことから、リン・カルシウム・マグネシウム・鉄含量が直接的な精麦白度の年次変動の要因ではないと考えられる。搗精麦のカリウム及びケイ素は1%水準で年次間差が認められ、分散比も他の無機元素に比べ非常に大きいことから、含量の年次変動が大きく、精麦白度と相関が認められることとあわせ、精麦白度の年次変動には搗精麦のカリ

ウム・ケイ素の含量が関係していることが考えられた。精麦白度とカリウム・ケイ素の含量とは負の相関で、精麦白度を向上するためには、カリウム・ケイ素の施肥を減らして吸収を抑える必要があると考えられる。ただし、カリウムは最も多く搗精麦に含まれ、大切な生理的役割を果たしている無機元素³⁾なので、大麦の生育とのバランスをみながらカリウムの吸収調整を行うことが必要である。

「北陸皮35号」は、「ミノリムギ」や「ファイバースノウ」に比べタンパク質含量が多いことが認められていたが、リン、カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、鉄も両品種に比べ多く蓄積することが明らかになった(図1-3)。

表1-2 主要特性、搗精時間及び精麦白度の年次変動

年度	品種名 系統名	成熟期	稈長	子実重	55%搗精	
		月・日	cm	kg/10a	時間 分秒	精麦 白度
2002	ミノリムギ	6. 2	94	528	14:16	41.6
2002	ファイバースノウ	6. 1	89	511	13:08	42.1
2002	北陸皮35号	5.31	91	483	13:09	43.7
2003	ミノリムギ	5.31	81	245	13:12	42.1
2003	ファイバースノウ	5.30	79	285	12:30	42.4
2003	北陸皮35号	5.27	89	427	12:24	43.8
2004	ミノリムギ	6.13	94	529	14:16	43.2
2004	ファイバースノウ	6.13	86	461	12:27	45.8
2004	北陸皮35号	6.10	89	399	13:52	44.5
2002年度平均		6. 1	91	507	13:31	44.5
2003年度平均		5.29	83	319	12:42	42.8
2004年度平均		6.12	90	463	13:32	44.5
ミノリムギ平均		6. 5	90	434	13:54	42.3
ファイバースノウ平均		6. 4	85	419	12:42	43.4
北陸皮35号平均		6. 1	90	436	13:08	44.0

表1-3 原麦のタンパク質(%)及び無機元素の含量($\mu\text{g/g}$)と精麦白度・搗精時間との相関

年度 平成	品種名 系統名	精麦 白度	タンパク質	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Al	Si
2002	ミノリムギ	41.6	7.4	4333	2424	744	619	165.2	32.9	42.8	25.1
2002	ファイバースノウ	42.1	8.4	3991	2304	747	610	177.9	34.6	39.8	23.1
2002	北陸皮35号	43.7	8.5	3959	3026	867	782	141.3	42.9	47.8	22.3
2003	ミノリムギ	42.1	8.4	3949	2450	727	683	149.5	35.2	32.4	19.2
2003	ファイバースノウ	42.4	9.1	4384	2433	733	637	160.5	32.8	26.1	19.6
2003	北陸皮35号	43.8	9.1	4403	3665	948	898	143.2	54.8	38.7	21.3
2004	ミノリムギ	43.2	8.2	3436	2679	871	731	157.3	44.1	26.2	16.3
2004	ファイバースノウ	45.8	8.9	3599	3112	872	762	158.1	46.5	26.3	18.6
2004	北陸皮35号	44.5	9.4	3804	2990	888	781	141.7	42.8	26.7	17.8
相関係数											
	精麦白度		0.59	-0.49	0.73*	0.78*	0.70*	-0.47	0.74*	-0.35	-0.49
	搗精時間		-0.60	-0.32	-0.39	-0.12	-0.30	0.09	-0.29	0.05	-0.01

注) *は5%水準で有意である。

表1-4 搗精麦の無機元素の含量(μg/g)と精麦白度・搗精時間との相関

試験年度	品種名 系統名	精麦 白度	K	P	Ca	Mg	Na	Fe	Si
2002	ミノリムギ [◇]	41.6	1925	432.6	374.6	193.6	58.3	11.0	13.5
2002	ファイバースノウ	42.1	1525	308.2	324.7	163.4	52.9	10.5	12.8
2002	北陸皮35号	43.7	1662	582.4	415.6	218.1	51.7	12.7	13.7
2003	ミノリムギ [◇]	42.1	1777	559.5	481.4	218.2	51.1	15.0	11.7
2003	ファイバースノウ	42.4	1647	428.0	391.3	178.8	39.6	10.7	10.4
2003	北陸皮35号	43.8	1767	865.8	536.1	288.7	40.3	15.7	10.5
2004	ミノリムギ [◇]	43.2	1151	350.1	404.0	221.4	54.3	10.6	6.9
2004	ファイバースノウ	45.8	1132	397.4	404.9	199.4	50.7	10.2	7.0
2004	北陸皮35号	44.5	1212	482.0	384.6	190.3	45.2	10.7	6.7
相関係数									
	精麦白度		-0.69*	0.16	0.18	0.25	-0.27	-0.12	-0.68*
	搗精時間		-0.10	-0.40	-0.38	-0.22	0.66	-0.33	-0.04

注) *は5%水準で有意である。

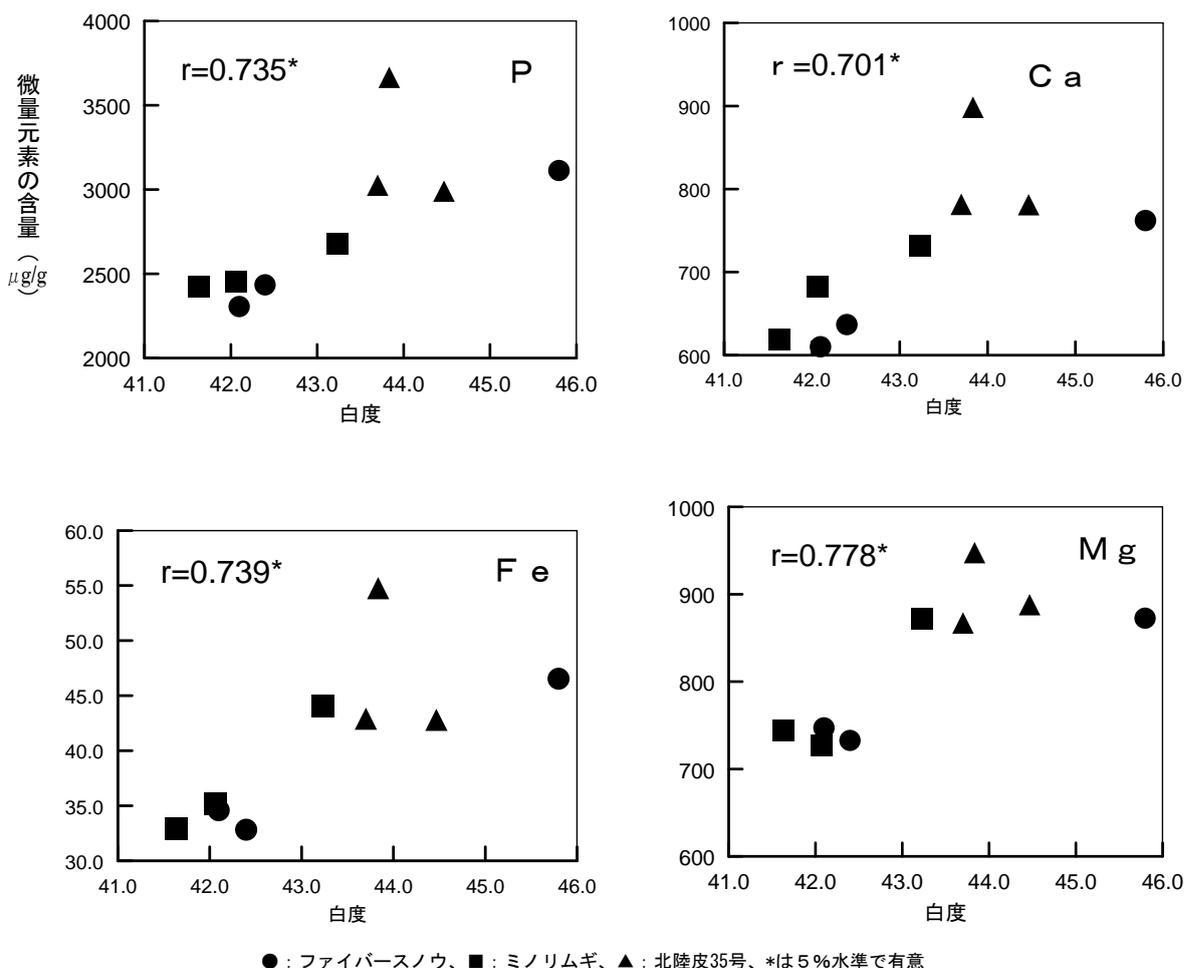
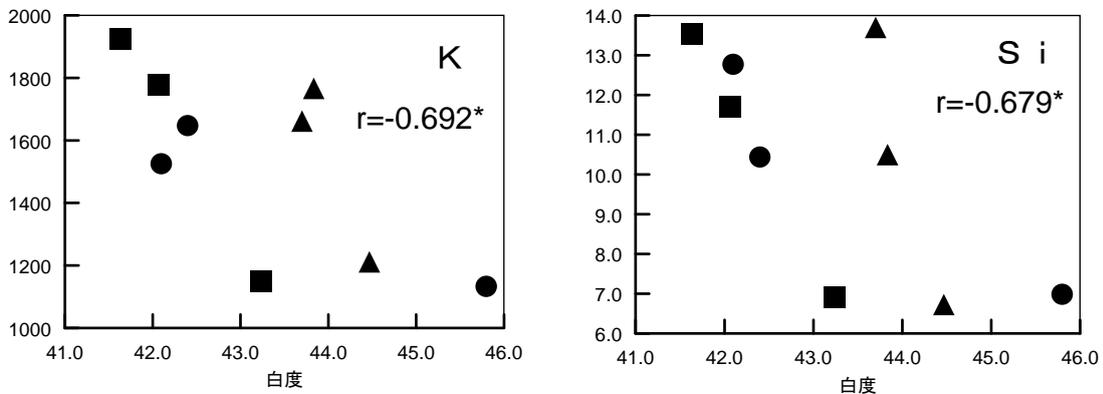


図1-1 精麦白度と原麦の無機元素の含量との関係

注) P (リン), Ca (カルシウム), Fe (鉄), Mg (マグネシウム).



●：ファイバースノウ、■：ミノリムギ、▲：北陸皮35号、*は5%水準で有意

図1-2 精麦白度と搗精麦の無機元素の含量との関係

注) K (カリウム), Si (ケイ素).

表1-5 精麦白度と原麦における無機元素の含量 (μg/g) の分散分析による分散比

項目	白度	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Al	Si	タンパク質
年次	21.45**	34.85**	2.81	7.72**	4.01*	0.36	2.51	36.87**	30.87**	17.60**
品種	13.25**	1.80	12.85**	15.31**	13.48**	1.58	4.75*	6.16**	0.07	28.91**
交互作用	4.45*	6.72**	3.71*	3.69	2.87	0.16	2.65	1.55	2.68	1.07

注) *, **は5%, 1%で有意である.

表1-6 搗精麦における無機元素の含量 (μg/g) の分散分析による分散比

項目	K	P	Ca	Mg	Na	Fe	Si	Mn	Cu
年次	117.45**	27.32**	12.40**	4.87*	6.03**	4.67*	133.58**	3.67*	30.87**
品種	9.81**	41.20**	6.39**	9.34**	4.57*	2.68	1.38	11.93**	0.07
交互作用	4.38*	6.12**	2.87	4.75*	0.37	0.99	0.93	6.03**	2.68

注) *, **は5%, 1%で有意である.

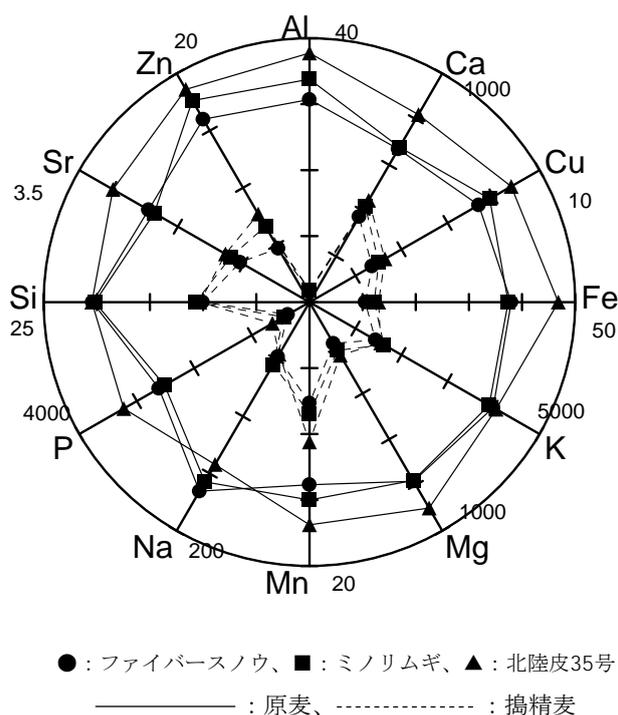


図1-3 無機元素の含量の比較(μg/g)

2) カリ追肥による品質への影響

搗精麦のカリウム含量と精麦白度との関連について検討するためにカリの追肥試験を行い、カリ追肥試験における主要特性を(表1-7)に、原麦及び搗精麦の無機元素の含量の品種別、施肥量別、種類別の平均値を(表1-8)に示した。また、分散分析の結果と品質形質との相関係数を(表1-9と表1-10)に示した。原麦と搗精麦のカリウム含量は、播種後追肥の搗精麦で施肥量が5%で有意な差が認められたが、差は約1%でしかなかった。それ以外の単要因では、原麦・搗精麦、播種後追肥・融雪期追肥、施肥量、種類によってカリウム含量には影響しなかった(表1-10)。搗精麦のケイ素は、播種後追肥において施肥量の増加で含量が増加し、また、ケイ酸カリを用いることで増加したが、融雪期追肥では含量に差は認められなかった。このように、カリウム、ケイ素とも年次変動における搗精麦の含量の変動に比べ、今回の試験の追肥による搗精麦の両成分の変動は小さく、カリウム及びケイ素の含量と精麦白度との関係を明らかにすることはできなかった。年次変動で搗精麦のカリウム含量が低く、精麦白度が高かった2004年度は多雪年であったが、気象による影響は施肥による影響よりかなり大きいことが示唆された。今回は基肥に標準のカリが施用されていたが、搗精麦のカリウム含量を変化させるためには、カリの無施用区やもっと多くの施用による試験を行う必要があると考えられる。搗精時間、精麦白度、欠損粒割合、硬度差、硝子率は、カリの追肥量、種類で有意な差は認められなかった。このことから、今回の基肥施肥量(12kg/10a)では、1.2kg/10a程度のカリの追肥は大麦の栽培特性、品質特性に影響を及ぼさないことが示唆された。

精麦白度は、原麦のマグネシウムと正の、カリウム、ケイ素、ナトリウムと負の、搗精麦のカリウム、マグネシウム、ナトリウムと負の有意な相関関係が認められた(表1-10)、これは、年次変動での結果とは異なる相関関係であった。これらの相関関係は、年次変動による変化が大きく、隠れていたことが考えられるが、複数年の試験で確認する必要がある。

表1-7 カリ追肥試験における主要特性の値

品種名 系統名 追肥量 種類	出穂期 月日	成熟期 月日	穂数 本/m ²	稈長 cm	穂長 cm	子実重 kg/10a	整粒(2.2)		容積量 g/ℓ	千粒量 g	55%搗精		原麦			
							歩合 %	収量 kg/10a			時間 分秒	精麦 白度	欠損粒 割合 %	硬度 差 kg	硝子 率 %	タンパク 質 %
播種後追肥																
北陸皮35号	5/1	6/8	288	91.6	5.0	455	95.3	433	675	40.5	13:40	44.7	1.47	9.2	68.3	9.2
ファイバーノウ	5/4	6/10	321	90.0	5.2	505	95.9	484	654	40.2	12:49	44.4	1.70	9.0	67.4	8.7
ミノムキ	5/5	6/12	294	92.3	5.3	533	93.2	496	664	38.9	13:54	43.6	1.08	11.7	66.6	8.3
0.6kg	5/3	6/10	298	91.2	5.1	497	94.7	470	668	40.3	13:34	44.1	1.52	9.9	67.9	8.7
1.2kg	5/3	6/10	304	91.4	5.2	498	94.9	472	661	39.5	13:22	44.4	1.32	10.0	66.9	8.7
塩化カリ	5/3	6/10	307	90.9	5.2	490	95.0	465	663	40.1	13:34	44.3	1.28	9.8	65.7	8.6
硫酸カリ	5/3	6/10	302	90.8	5.1	508	95.0	482	667	40.0	13:32	44.0	1.43	10.0	68.7	8.8
ケイ酸カリ	5/3	6/10	293	92.0	5.2	494	94.4	466	663	39.6	13:19	44.4	1.55	10.1	67.9	8.8
融雪期追肥																
北陸皮35号	5/1	6/7	264	85.5	5.3	366	95.4	349	661	41.1	13:34	44.5	1.48	9.0	72.9	9.2
ファイバーノウ	5/4	6/10	262	83.7	5.4	384	96.7	371	670	41.2	12:36	44.6	2.15	8.8	66.4	8.6
ミノムキ	5/5	6/11	262	85.5	5.5	427	94.8	405	670	40.3	13:31	43.7	1.25	10.6	62.2	8.2
0.3kg	5/3	6/10	257	84.5	5.4	401	96.2	385	671	40.8	13:17	44.1	1.63	9.5	64.8	8.5
0.6kg	5/3	6/10	273	86.2	5.3	420	95.2	399	673	40.5	13:18	44.3	1.57	9.5	67.5	8.5
0.9kg	5/3	6/10	266	83.9	5.5	360	95.5	343	670	41.5	13:06	44.3	1.70	9.6	70.2	9.1
1.2kg	5/3	6/9	254	84.9	5.4	389	95.7	372	654	40.7	13:14	44.3	1.61	9.3	65.8	8.6
塩化カリ	5/3	6/9	271	84.7	5.4	389	95.5	371	666	40.9	13:16	44.1	1.62	9.6	67.9	8.8
硫酸カリ	5/3	6/10	252	84.2	5.4	402	95.8	384	677	41.1	13:06	44.5	1.77	9.6	67.5	8.7
ケイ酸カリ	5/3	6/9	274	86.1	5.4	397	95.7	380	656	40.7	13:20	44.1	1.47	9.3	65.8	8.6

表1-8 カリ追肥試験における無機元素の含量 (μg/g)

品種名 系統名 追肥量 種類	原麦								搗精麦						
	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Al	Si	K	P	Ca	Mg	Na	Fe	Si
播種後追肥															
北陸皮35号	3756	2836	977	916	124.3	51.1	27.0	14.6	1256	500	450	231	49.8	12.8	6.7
ファイバーノウ	3648	2752	868	699	130.7	33.9	22.2	18.0	1104	319	349	169	48.8	8.8	7.3
ミノムキ	3755	2711	830	695	139.4	33.5	26.3	17.3	1304	450	386	213	51.5	9.3	6.9
0.6kg	3711	2753	887	767	132.6	40.0	25.9	16.5	1215	418	394	202	49.7	10.5	6.8
1.2kg	3728	2780	897	773	130.3	39.0	24.5	16.8	1227	428	396	207	50.3	10.1	7.1
塩化カリ	3738	2886	897	773	130.4	40.0	25.6	17.3	1227	411	399	210	50.9	10.1	7.1
硫酸カリ	3670	2763	885	754	131.4	39.8	25.7	17.1	1200	397	387	207	49.0	10.0	6.6
ケイ酸カリ	3751	2651	893	783	132.6	38.7	24.2	15.5	1237	461	400	196	50.2	10.9	7.3
融雪期追肥															
北陸皮35号	3770	2827	982	910	130.7	52.7	27.0	15.6	1359	494	466	248	56.7	12.9	7.3
ファイバーノウ	3690	2610	874	702	138.6	36.7	25.5	19.2	1266	327	385	193	57.6	9.4	7.8
ミノムキ	3727	2453	825	693	145.8	36.9	29.6	19.3	1440	421	414	243	63.2	11.1	7.8
0.3kg	3700	2703	896	764	141.4	41.7	27.0	18.5	1326	410	418	221	59.3	10.8	7.4
0.6kg	3673	2585	886	749	135.6	41.1	26.7	17.6	1364	405	426	227	59.0	10.5	7.8
0.9kg	3731	2567	890	772	136.7	42.2	27.1	17.4	1316	413	421	229	58.7	11.1	7.7
1.2kg	3811	2665	904	788	139.8	43.4	28.5	18.6	1414	429	421	236	59.8	12.2	7.7
塩化カリ	3724	2628	886	775	133.7	41.6	28.0	18.0	1363	396	420	225	59.1	10.6	7.6
硫酸カリ	3707	2636	904	774	136.5	43.2	27.9	18.1	1357	428	419	225	56.9	11.8	7.6
ケイ酸カリ	3753	2638	901	757	143.5	41.4	25.7	17.8	1345	410	423	232	61.4	11.0	7.7

表1-9 カリ追肥試験における主要特性の分散分析の分散比と品質形質との相関

要因	出穂期	成熟期	穂数	稈長	穂長	子実重	整粒(2.2)		容積量	千粒量	55%搗精			原麦		
							歩合	収量			時間分秒	精麦白度	欠損粒割合	硬度差	硝子率	タンパク質含量
播種後追肥																
品種	106.75**	17.18**	7.41*	3.70	12.54*	20.25**	50.15**	16.16*	5.85	51.08**	14.80**	2.27	3.59	10.13*	0.49	15.25**
施肥量	0.25	0.57	0.66	0.06	1.29	0.02	0.58	0.04	2.41	30.95**	1.45	0.29	1.06	0.08	0.59	0.13
種類	1.75	0.14	1.20	1.19	0.71	1.05	3.10	1.33	0.34	4.58	0.86	0.28	0.66	0.09	1.70	0.83
品種×施肥量	1.75	0.25	2.00	5.18	1.51	0.47	0.70	0.60	1.03	3.66	2.20	4.17	0.31	1.23	8.23	1.72
品種×種類	4.00	0.25	6.86*	8.37*	6.25	5.07	3.88	4.88	1.59	3.85	1.76	0.78	1.13	0.75	2.21	2.68
施肥量×種類	1.75	1.00	4.89	1.08	1.15	0.45	2.22	0.70	0.09	2.57	1.30	0.39	1.38	1.50	0.96	0.19
融雪期追肥																
品種	82.30**	20.85**	0.01	0.35	0.78	1.61	5.57*	1.44	0.28	2.51	9.75**	1.99	7.55*	3.17	5.14*	20.85**
施肥量	0.99	0.93	0.19	0.16	0.18	0.56	0.57	0.59	0.41	0.98	0.16	0.03	0.06	0.02	0.58	3.73
種類	0.21	0.50	0.44	0.18	0.14	0.12	0.14	0.13	1.00	0.41	0.42	0.46	0.61	0.12	0.22	0.64
品種×施肥量	0.16	0.49	0.61	0.20	0.23	0.34	0.37	0.32	0.37	0.55	0.39	0.35	0.16	0.15	0.51	0.37
品種×種類	1.33	3.64	2.48	1.87	0.87	1.82	1.39	1.71	0.27	5.16*	0.88	0.50	2.06	0.26	0.69	1.92
施肥量×種類	0.32	0.22	0.21	0.13	0.08	0.12	0.16	0.12	0.20	1.05	0.34	0.41	0.60	0.13	0.23	0.35
相関係数																
搗精時間	-0.09	-0.24	0.26*	0.46**	-0.18	0.31*	-0.64**	0.27	-0.02	-0.41**	1.00**	-0.70**	-0.76**	0.53**	0.19	-0.10
搗精白度	-0.34*	-0.02	-0.22	-0.20	-0.06	-0.22	0.37**	-0.20	0.16	0.27*	0.56**	1.00**	0.56**	-0.56**	-0.10	0.32*
欠損粒割合	-0.05	0.22	-0.32*	-0.46**	-0.16	-0.39**	0.62**	-0.36**	0.60	0.46**	-0.56**	0.56**	1.00**	-0.45**	-0.01	0.32*

注) *, **は5%, 1%で有意である.

表1-10 カリ追肥試験における無機元素含量の分散分析の分散比と品質形質との相関

要因	原麦								搗精麦					
	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Al	Si	K	P	Mg	Ca	Na	Si
播種後追肥														
品種	3.85	70.29	92.2**	124.56**	44.81**	123.33**	3.67	5.39	20.18**	35.12**	62.52**	85.56**	0.55	13.28*
施肥量	0.24	0.04	1.25	0.18	2.98	0.77	0.71	0.15	19.00*	0.26	1.05	0.10	0.10	8.24*
種類	1.87	0.99	0.57	1.62	0.95	0.58	0.39	1.81	0.66	4.50	3.57	1.74	0.27	22.92**
品種×施肥量	5.88	0.11	0.98	1.48	2.43	0.52	0.14	0.02	0.22	0.37	0.12	0.23	1.69	11.23*
品種×種類	4.20	1.22	0.09	0.55	31.73**	1.86	1.00	1.17	0.37	0.93	12.50*	2.12	2.52	27.21**
施肥量×種類	5.82	2.31	0.51	0.59	23.73**	0.33	0.31	0.84	0.17	0.19	0.84	1.36	2.78	22.35**
融雪期追肥														
品種	1.01	5.18*	73.19**	148.53**	2.18	322.41**	3.52	6.85*	4.54	42.26**	14.45**	40.89**	1.97	0.91
施肥量	1.24	0.35	0.43	1.45	0.15	2.11	0.29	0.31	0.67	0.36	0.32	0.16	0.02	0.20
種類	0.37	0.00	0.90	1.10	1.29	3.34	1.07	0.00	0.05	1.61	0.54	0.31	0.87	0.08
品種×施肥量	0.61	0.45	0.46	1.12	1.30	0.80	0.37	0.38	0.27	0.32	0.35	0.39	0.51	0.23
品種×種類	7.04*	0.62	0.17	0.57	1.28	1.26	0.56	0.84	7.18*	1.94	2.20	5.64*	3.78	0.86
施肥量×種類	1.92	0.43	0.88	1.47	0.82	1.78	0.17	0.31	0.23	0.66	0.30	0.85	0.21	0.16
相関係数														
搗精時間	0.48**	0.17	0.11	0.34*	0.30*	0.31*	0.32	-0.04	0.40**	0.59**	0.57**	0.44**	0.25	-0.01
搗精白度	-0.46**	0.08	0.31*	0.15	-0.46**	0.18	-0.19	-0.45**	-0.28*	-0.03	-0.26**	0.04	-0.36**	-0.25
欠損粒割合	-0.46**	-0.06	0.02	-0.15	-0.24	-0.08	-0.30	-0.01	-0.49**	-0.47**	-0.52**	-0.26*	-0.22	0.02

注) *, **は5%, 1%で有意である.

4. 摘要

- 1) 大麦の55%精麦白度は搗精麦のカリウム・ケイ素の含量との関係があると示唆された。「北陸皮35号」の特徴として、「ミノリムギ」、「ファイバースノウ」に比べ、精麦白度の年次による変動が少なく、リン、カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、鉄の含量を多く蓄積する品種特性を持っていることが明らかになった。
- 2) 基肥施肥量(12kg/10a)以下のカリ追肥では、搗精麦のカリウム含量の変動が少なく、精麦白度との関係は見いだせなかった。また、この施用量では搗精麦のカリウム含量及び大麦の栽培特性、品質特性に影響を及ぼさなかった。

引用文献

- 1) 中村恵美子・伊藤誠治・林敬子・馬場孝秀(2006) 北陸地域における精麦用大麦の収量性と精麦品質における年次変動の品種間差. 日本作物学会紀事, 75, 318-326.
- 2) 農林水産省北陸農政局(2007)(1) 麦の現状と課題. 平成18年度北陸の食糧・農業・農村, 259-263.
- 3) 山本友英(1977) カリウムの吸収とその生理作用. 農業技術体系土壌施肥編 2 作物の栄養と生育, 社団法人農山漁村文化協会, 作物栄養Ⅲ, 85-90.

(2) 越冬後追肥が大麦「ファイバースノウ」の品質及び 収量に与える影響

Effect of Additional Fertilizer after Snowy Season on Yield and Quality in Barley Variety
“Fiber-Snow”

服部 誠・佐藤 徹・田村隆夫*¹⁾・市川岳史*²⁾・田村良浩
(新潟県農業総合研究所 作物研究センター)

Makoto Hattori, Toru Sato, Takao Tamura*¹⁾, Takafumi Ichikawa*²⁾, Yoshihiro Tamura
(Niigata Agricultural Research Institute, Crop Research Center)

1. はじめに

平成17年産麦から用途に応じた品質評価項目の基準値が設定され、品質ランクの格付けがなされる。北陸地域の主要大麦品種「ファイバースノウ」の用途は主食等用であり、(表1-11)に示すとおり品質評価項目に基準値・許容値が設定された。生産者はその評価によって麦作経営安定資金・契約生産奨励金の単価が異なり、収量に加えて用途に応じた良質麦の生産が一層求められるようになった。牛山ら⁵⁾は平成12年から北陸地域に導入された大麦品種「ファイバースノウ」は品質に優れ、精麦白度は「ミノリムギ」より高いとしている。しかし、水沢ら¹⁾は「ミノリムギ」では越冬後の窒素追肥は精麦品質に影響し、適期に控えめに分施することが重要としている。そこで、越冬後追肥が「ファイバースノウ」の収量及び品質に与える影響、さらに肥効調節型肥料の利用による越冬後追肥の簡略化について検討した。

表1-11 小粒大麦品質分析基準値(主食等用)

評価項目	基準値	許容値	対照銘柄
容積重	690g/L以上	—	
細麦率	2.2mm(篩)下に2.0%以下	—	
白度	43以上 ※基準歩留55% ※農産物検査時から 1ヶ月経過したサンプル	40以上	ミノリムギ ファイバースノウ
硝子率	40%以下	50%以下	

2. 材料と方法

新潟県農業総合研究所作物研究センター(新潟県長岡市)の水田転換畑で大麦の施肥試験を行った。供試品種に「ファイバースノウ」を用い、試験1として、2000~2004年(播種年)に越冬後追肥時期と追肥量に関する試験を実施した。また、試験2として、2005~2006年に肥効調節型肥料を

現在は、*1)新潟県農業総合研究所高冷地農業技術センター、*2)新潟県新潟地域振興局新津農業振興部。

用いて越冬後追肥の簡略化と施肥量に関する試験を行った。ともに播種時期は本県では標準的な10月上旬である。播種様式は条間30cmのドリル播、播種量は m^2 当たり200粒に設定した。土壌は細粒グライ土である。水稻収穫後に石灰資材 $100\text{kg}/10\text{a}$ を施用し、酸度矯正を行った。基肥施肥量は、窒素、リン酸、カリについて、各成分 $6\text{kg}/10\text{a}$ を全層に施用した。各試験の追肥水準を以下に示す。

- (1) 試験1：越冬後追肥は、消雪直後に窒素（硫安）とカリ（塩化加里）を各成分 $3\text{kg}/10\text{a}$ 施用した。茎立期追肥は、窒素成分で0、3、 $6\text{kg}/10\text{a}$ の3水準、止葉抽出期追肥は、窒素成分で0、 $2\text{kg}/10\text{a}$ の2水準とし、それぞれを組み合わせる6処理区を設定した。試験は2区制で実施した。
- (2) 試験2：越冬後追肥は、消雪直後に窒素とカリについて各成分 $3\text{kg}/10\text{a}$ を施用し、同時に肥効調節型肥料（LPコート40）を窒素成分で2、4、 $6\text{kg}/10\text{a}$ の3水準、対照として窒素を茎立期と止葉抽出期にそれぞれ $2\text{kg}/10\text{a}$ 施用する慣行施肥体系区を設け、計4処理区で試験を行った。各年次とも3区制で試験を実施した。収量は各区 $2\text{m} \times 3\text{条}$ （ 1.8m^2 ）を坪刈りして調査した。

調査項目は収量に加え、品質調査項目として硝子率（ハインスドルフ式穀粒横断器による切断調査）、精麦白度（ケツ科学研究所製光電白度計C-300）、容積重（ブラウエル式穀粒容積重計）の測定を行った。収量及び品質の調査は 2.4mm のふるい目で調製された子実を用いた。精麦白度の測定は佐竹式精麦用グレンテストミルを用いて55%まで搗精し、測定サンプルとした。

3. 結果と考察

1) 収量と品質の関係（試験1）

試験を行った5カ年の各処理区の 10a 当たり収量は最大 618kg から最小 171kg まで広く分布した。収量と容積重、収量と硝子率、収量と精麦白度の関係をそれぞれ（図1-4、図1-5、図1-6）に示した。

容積重は収量が約 $480\text{kg}/10\text{a}$ の時に最大となり、回帰式より $250\text{kg}/10\text{a}$ 以上の収量によって容積重の基準値を超えると試算された。硝子率と収量には各年次内で正の相関が認められ、収量の増加とともに硝子率が高まるが、すべての年次を込みにすると収量が約 $390\text{kg}/10\text{a}$ の時に最も硝子率は低下した。回帰式より概ね収量が $280\sim 510\text{kg}/10\text{a}$ の範囲で硝子率の基準値及び許容値を満たした。精麦白度と収量には各年次内で負の相関が認められ、収量の増加とともに精麦白度は低下したが、すべての年次を込みにすると、収量が約 $440\text{kg}/10\text{a}$ の時に精麦白度は最も高く、回帰式より概ね収量が $210\text{kg}/10\text{a}$ 以上で精麦白度の基準値を満たすものと考えられた。

以上のことから、各品質評価項目の基準値をすべて満たすための 10a 当たり収量は 280kg から 510kg の範囲と推定された。

試験を行った5カ年においては、収量及び各品質評価項目の各処理区間差よりも年次間の差が大きかった（表1-12）。降水量と硝子率、日照時間と収量との間に正の相関が認められたことから、年次間差の原因として登熟期間の気象要因が関係していることが示唆された。

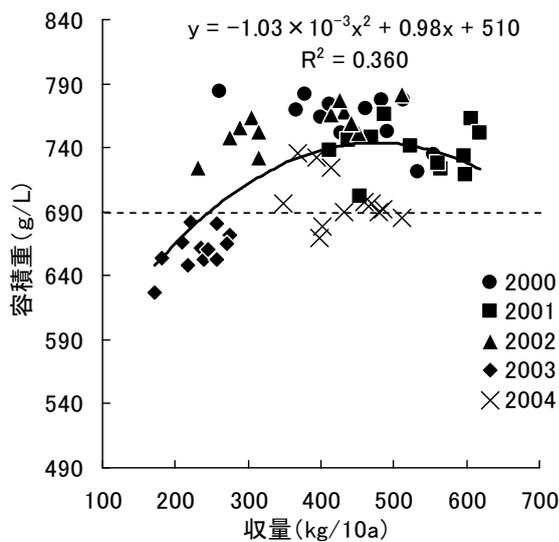


図1-4 収量と容積重の関係

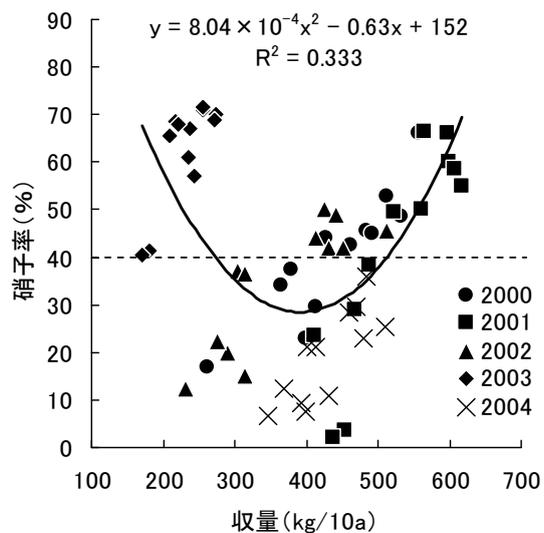


図1-5 収量と硝子率の関係

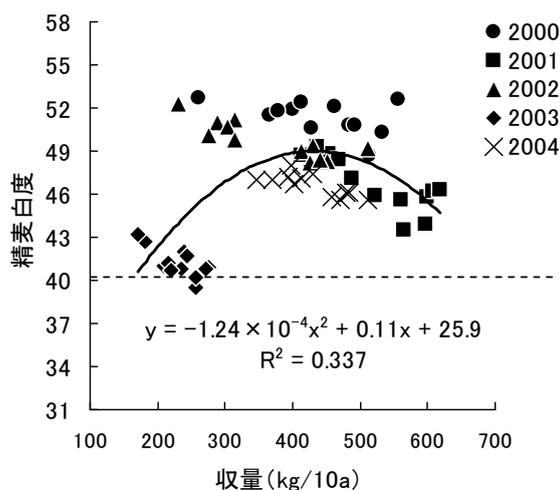


図1-6 収量と精麦白度の関係

表1-12 登熟期間の気象と収量・品質との関係（相関係数）

気象要因	収量	硝子率	精麦白度	容積重
平均気温	-0.17	-0.51	0.50	0.20
最高気温	-0.42	-0.37	0.32	0.05
最低気温	-0.01	-0.54	0.55	0.25
降水量	-0.45	0.97**	-0.62	-0.43
日照時間	0.92*	-0.79	0.64	0.67

注) 収量・品質は2000～2004年播種の総平均 (n=5), 気象データは長岡アメダスによる。
*, **は5, 1%水準で有意。

2) 追肥の施用量と収量・品質の関係(試験1)

消雪直後の越冬後追肥に加え、茎立期と止葉抽出期の追肥量が多くなるほど収量は高まる傾向がみられた(図1-7)。本県における大麦の目標収量は10a当たり400kg³⁾となっており、それを超えるための追肥量は10a当たり窒素成分で茎立期に3kg、止葉抽出期に2kg施用した3-2区(以下同表記)、6-0区、6-2区であった。このことから茎立期と止葉抽出期の合計施肥量が5kg以上で400kg/10a以上の収量が得られるものと考えられた。

追肥の施用量と容積重の関係には、各処理区に有意な差は認められず、いずれの処理区とも容積重の基準値690g/Lを超えた(図1-8)。しかし、容積重が最も低い0-0区は標準偏差で示す変動幅から基準値を満たさない可能性が高くなると考えられた。

柳原ら⁶⁾は硝子率の変動の要因として減数分裂期、穂揃期の追肥を指摘しており、本試験においても追肥量が多くなるほど硝子率が高まる傾向が見られた(図1-9)。3-2区、6-0区、6-2区では硝子率の基準値を満たさず、特に6-2区では許容値も満たさなかった。茎立期と止葉抽出期の合計施肥量を5kg/10a未満にすることで硝子率は基準値や許容値を満たすものと考えられた。

追肥量と精麦白度の関係は、澤⁴⁾の報告と同様に各処理区に有意な差は見られず、いずれの処理区も精麦白度の基準値を満たした(図1-10)。また、茎立期と止葉抽出期の合計施肥量が5kg/10a未満であれば標準偏差で示す変動幅についても基準値を満たすものと考えられた。

澤⁴⁾は茎立期の過剰な窒素追肥は下位節間の伸長による倒伏の危険を指摘している。また、柳原ら⁶⁾は硝子率の変動要因として減数分裂期の追肥を指摘し、水沢ら¹⁾は適期に控えめに分施することが精麦品質には重要であるとしている。本試験でも硝子率の年次変動は登熟期間の降水量と関係があることが示唆され、一時期の過剰な追肥は年次によっては危険を伴うと考えられる。

以上のことから、品質評価項目(容積重、硝子率、精麦白度)の基準値を満たし、目標収量400kg/10aを確保するためには、窒素成分で茎立期3kg/10a未満、止葉抽出期2kg/10a未満の分施を基本とし、茎立期と止葉抽出期の合計施肥量を5kg/10a未満にする必要がある。

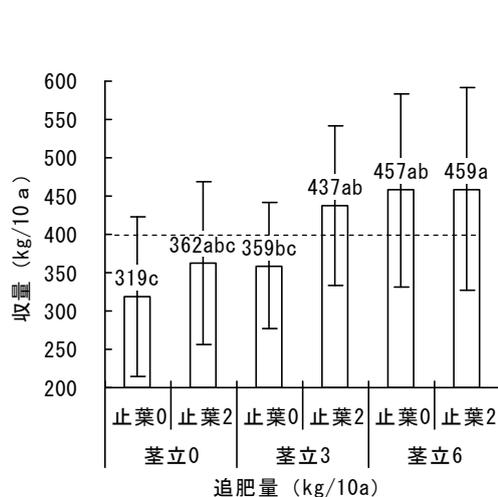


図1-7 追肥量と収量との関係

注) 縦棒は標準偏差を示す。
異符号間はLSD 5%水準で有意差あり。

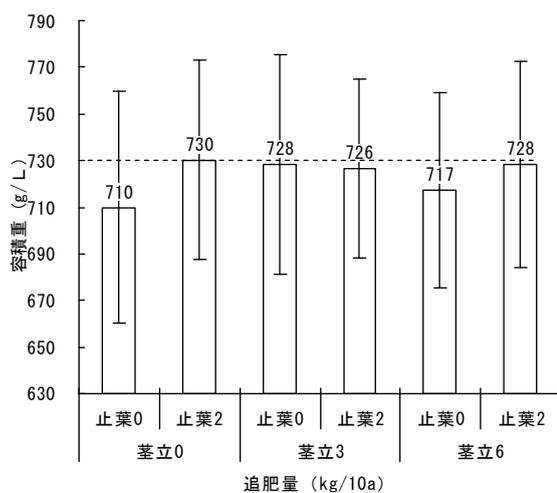


図1-8 追肥量と容積重との関係

注) 縦棒は標準偏差を示す。

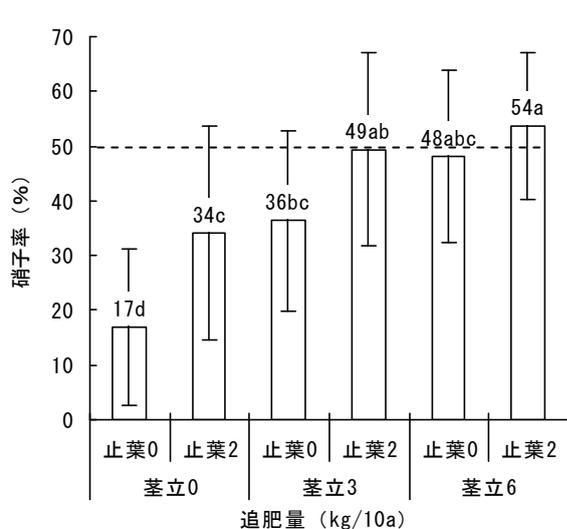


図1-9 追肥量と硝子率との関係

注) 縦棒は標準偏差を示す。
異符号間はLSD 5%水準で有意差あり。

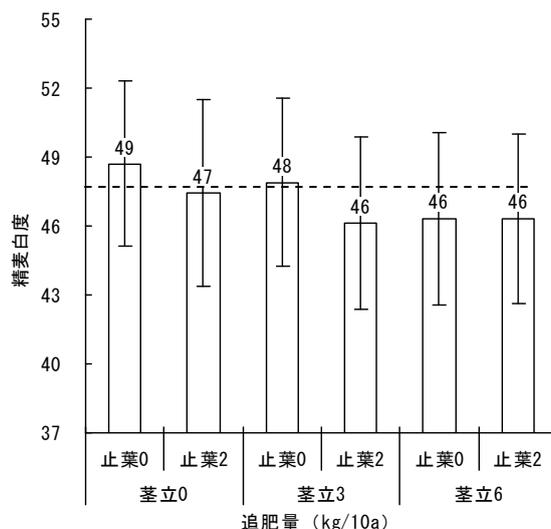


図1-10 追肥量と精麦白度との関係

注) 縦棒は標準偏差を示す。

3) 肥効調節型肥料による消雪後追肥の影響 (試験2)

消雪直後の越冬後追肥と同時に肥効調節型肥料を施用し、茎立期と止葉抽出期の窒素追肥の省略を試みた。肥効調節型肥料を10a当たり2、4、6kg施用した各処理区と茎立期及び止葉抽出期に窒素成分で各2kg施用する慣行施肥体系²⁾区では、穂数、千粒重、収量、精麦白度、容積重について各処理間に有意な差は認められなかった(表1-13)。硝子率は肥効調節型肥料を2kg施用した区では慣行施肥体系区に比べて硝子率は有意に低下したが、肥効調節型肥料4kgまたは6kg施用区では慣行施肥体系区との間に有意な差は無かった。ただし、肥効調節型肥料の追肥量が同じであっても、越冬後の茎数が多くなると硝子率が高くなる傾向が見られた(図1-11)。

以上のことから、本試験で供試したリニア型40日タイプの肥効調節型肥料を用いることで、茎立期及び止葉抽出期の追肥作業の省力化が図られ、慣行施肥体系区とほぼ同等の収量及び品質(容積重、硝子率、精麦白度)が得られるものと思われた。また、ドリル播における硝子率を高めない追肥量の判断基準として、越冬後茎数310本/m²以下では10a当たり6kg程度、310~410本/m²では10a当たり4kg程度、410本/m²以上では10a当たり4kgを越えない範囲の追肥を行うことで、硝子率を40%以下に抑えることが可能であると思われた。

表1-13 肥効調節型肥料による茎立期・止葉抽出期追肥の省略が収量・品質に与える影響

窒素追肥時期・量(kg/10a)			穂数 (本/m ²)	千粒重 (g)	収量 (kg/10a)	硝子率 (%)	精麦 白度	容積重 (g/L)
消雪後	茎立期	止葉抽出期						
慣行) 硫安3+LP0	硫安2	硫安2	295	41.7	332	42.7a	43.3	731
硫安3+LP2	-	-	236	40.3	268	28.1b	43.7	716
硫安3+LP4	-	-	257	41.5	303	34.8a	43.6	726
硫安3+LP6	-	-	268	42.3	338	42.7a	43.2	734

注) 肥効調節型肥料にはリニア型被覆尿素肥料40日タイプを用いた。
表中の数字は2003~2006年の平均値。異英文字間は有意差あり(LSD, p<0.05)。

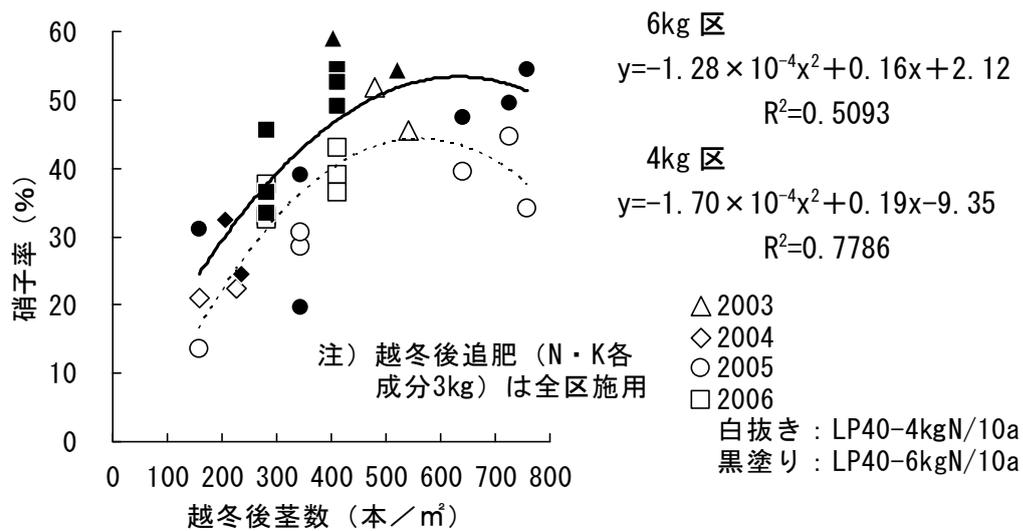


図1-11 硝子率と越冬後茎数及び被覆尿素肥料の施用量との関係

注) 2003～2006年播種

4. 摘要

越冬後追肥が「ファイバースノウ」の収量及び品質に与える影響について検討した。品質評価項目(容積重、硝子率、精麦白度)の基準値をすべて満たすための10a当たり収量は280kgから510kgの範囲と推定され、目標収量を400kg/10aとした場合、茎立期と止葉抽出期の合計窒素施肥量は5kg/10a未満の控えめな追肥が適していた。また、慣行の消雪後追肥に肥効調節型肥料を加えて施用することにより、茎立期と止葉抽出期の追肥を省略できた。

引用文献

- 1) 水沢誠一・齋藤祐幸・田村良浩・岩津雅和(1997) 大麦の生育診断と肥培管理 第3報窒素追肥量が精麦品質に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 32, 82-84.
- 2) 新潟県農林水産部(2002) 大麦新奨励品種「ファイバースノウ」の安定栽培技術. 新潟県農林水産業研究成果集, 17-18.
- 3) 新潟県農林水産部(2003) 麦類栽培の手引き, 14-15.
- 4) 澤豊則(1986) 北陸地域における大麦の施肥法. 北陸農業研究資料, 16, 28-32.
- 5) 牛山智彦・細野 哲・久保田基成・桑原達雄(2002) 大麦新品種「ファイバースノウ」の育成. 北陸作物学会報, 37, 60-62.
- 6) 柳原元一ら(1991) 六條オオムギのガラス質粒発生におよぼす追肥量および追肥時期の影響. 日作東北支部報, 34, 45-46.

第2部 高品質飼料用イネの 生産管理技術

1) 高品質飼料用イネの省力湛水散播直播栽培技術の開発

(1) 稲発酵粗飼料向けイネ品種の栽培特性の解明

Analysis of the Growth Characteristics of Rice Variety for Whole Crop Silage

松村 修・山口弘道^{*1)}・千葉雅大
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Osamu Matsumura, Hiromichi Yamaguchi^{*1)} and Masahiro Chiba
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

稲発酵粗飼料向け品種・系統として育成された「クサユタカ」と「夢あおば」は、湛水直播栽培にも向くとされる^{8,16)}。しかし、実際の栽培において問題となる出芽・苗立ち環境が異なる場合の直播特性や異なる播種方法での生育・収量特性については、まだ十分に把握されていない。品種の特性と圃場環境に適した栽培管理法を確立するためには、直播栽培条件下でのこれら諸特性を早急に明らかにする必要がある。また、茎葉を含む地上部全体が飼料として利用される稲発酵粗飼料では、単なる乾物重だけでなく可消化養分総量(TDN)含有率や茎葉の栄養成分としての非構造的炭水化物(NSC)含有率などが重要視される。そこで、本研究では両品種の湛水直播において、①出芽・苗立ち時の覆土や湛水条件、播種期が苗立ちや苗倒伏に及ぼす影響、②出芽・苗立ち時の温度条件が初期生育に及ぼす影響、③散播・条播の播種方式の違いが生育・収量に及ぼす影響、④TDN含有率とNSC含有率の特徴、を明らかにした。

2. 出芽・苗立ち時の覆土や湛水条件、播種期が苗立ちや苗倒伏に及ぼす影響の解明

1) 目的

直播栽培では、播種後の出芽・苗立ち時の圃場条件が苗立ちや初期生育に大きな影響を及ぼすことが知られている。湛水直播においては、特に覆土条件や播種後の湛水条件の影響が大きく、とり

現在は、*1) 東北農業研究センター。

わけ酸素発生剤を種子粉衣しない裸籾播種では問題となる。低コスト性が求められる稲発酵粗飼料は、コスト面から裸籾播種が望ましいので、これら圃場条件の影響を解明する必要がある。そこで、湛水条件（滞水条件）と覆土条件、さらに大麦あと播種を想定した晩播播種を含む作期条件を組み合わせ、苗立ちと初期生育に及ぼす影響を2003年に検討した（試験1）。2004年には湛水条件と苗立ち密度が分げつ発生と収量に及ぼす影響を検討するとともに、2003年の試験で認められた「クサユタカ」における苗立ちの不安定要因を明らかにするために種籾の採種条件や登熟時の水分低下状況について検討した（試験2）。

2) 材料と方法

(1) 試験1

「クサユタカ」と「夢あおば」を供試した。塩水選種子を薬剤（イプロコナゾール・銅水和剤）により種子消毒したのち3日間浸種し、播種前日から30℃約15時間で催芽させ、播種用種子とした。直播様式は酸素発生剤を粉衣しない湛水散播直播とし、代かき後落水した北陸研究センター場内圃場に手播きで散播した。播種期は、新潟県上越地域における慣行的な播種時期である5月8日（普通期播）と大麦収穫あとを想定した6月16日（晩播）の2作期とした。施肥量は基肥：中間追肥：穂肥として窒素をそれぞれ3：2：2kg/10a施用した。リン酸とカリは、基肥時に窒素と同量の3kg/10aを施用し、追肥としては与えなかった。

播種時の圃場は播種数時間前から落水していたが、完全に落水している部分のほか、所々に滞水している箇所が見られた。これら落水・滞水程度の異なる部分に、種子が露出する表面播種ならびに種子が隠れる数mm程度の覆土播種を行い、苗立ち率におよぼす滞水日数、覆土、作期等の影響を検討した。また、試験実施中特に晩播において顕著な苗の転び型倒伏（転び苗、苗倒伏）の発生を認めたので、その発生状況と回復状況、苗生育との関連を調査した。苗立ち率の調査は100個体、転び型倒伏は70個体を、それぞれ調査した。

(2) 試験2

試験1と同様な準備をした「クサユタカ」と「夢あおば」の種子を、酸素発生剤無粉衣で5月12日に場内の落水圃場に手播きで散播した。施肥は試験1と同条件とした。圃場の均平度に応じて、播種後2週間の落水期間中、“完全落水”、“1cm湛水”、“2cm湛水”の状態経過した部分の水稻個体について、下位分げつの発生状況を調査した。入水後は播種後の完全落水部分が2～3cmの湛水深となる状態の水管理とした。播種後1cm、2cm湛水していた部分は、それぞれその分だけ湛水深が増した状態となった。播種後完全落水部分と播種後2cm湛水部分について、苗立ち密度11.1、30.5、69.4、119.4本/m²の4水準の調査枠（60×60cm）を3反復で設置し、苗立ち後に間引いて密度を調整した。これらの調査枠については黄熟期に地上部を収穫し、収量調査を行った。種子の採種条件と直播での苗立ち性を検討するための試験は以下の方法で実施した。すなわち、2003年度の採種時に籾水分約22～38%の範囲で手刈し、①刈取直後に機械脱穀、②刈取直後に手こぎ脱穀、③刈取後風乾した後機械脱穀、④刈取後風乾した後手こぎ脱穀、の4種類の条件で脱穀した。脱穀した種子のうち①②については風乾後、③④についてはそのまま保存した。これらの種子を比重1.13で塩水選し、消毒・浸種・催芽したのち、5月13日に酸素発生剤無粉衣で圃場に手播き散播し、圃場苗立ち率を調査した。発芽率については浸種後の種子を用いて25℃・暗黒条件に設定した定温器中で調査した。登熟時の籾水分低下状況については、2005年の登熟時に調査を行った。

3) 結果と考察

(1) 試験 1

a) 滞水日数、覆土、播種時期等の苗立ち条件が苗立ち率に及ぼす影響

播種後、入水までの落水期間を14日間としたが、その期間中の滞水日数が長いものほど苗立ち率が低下した(図2-1、図2-2、図2-3)。種子が隠れる程度の覆土を行った場合、苗立ち率はさらに低下する傾向が認められたが、その程度は滞水日数よりはるかに小さかった。このことから、苗立ち率に及ぼす要因としては、数ミリ程度の覆土よりも滞水日数の方がはるかに影響が大きいものと判断された。今回行った数ミリ程度の覆土は、酸素発生剤による重み付けを行わない裸籾を表面散播した場合の覆土深を想定したものであり、この程度の覆土深が苗立ち率に与える影響は小さいと考えられた。滞水日数の長短は圃場の凹凸を反映しており、播種前の圃場均平の重要性がうかがわれた。

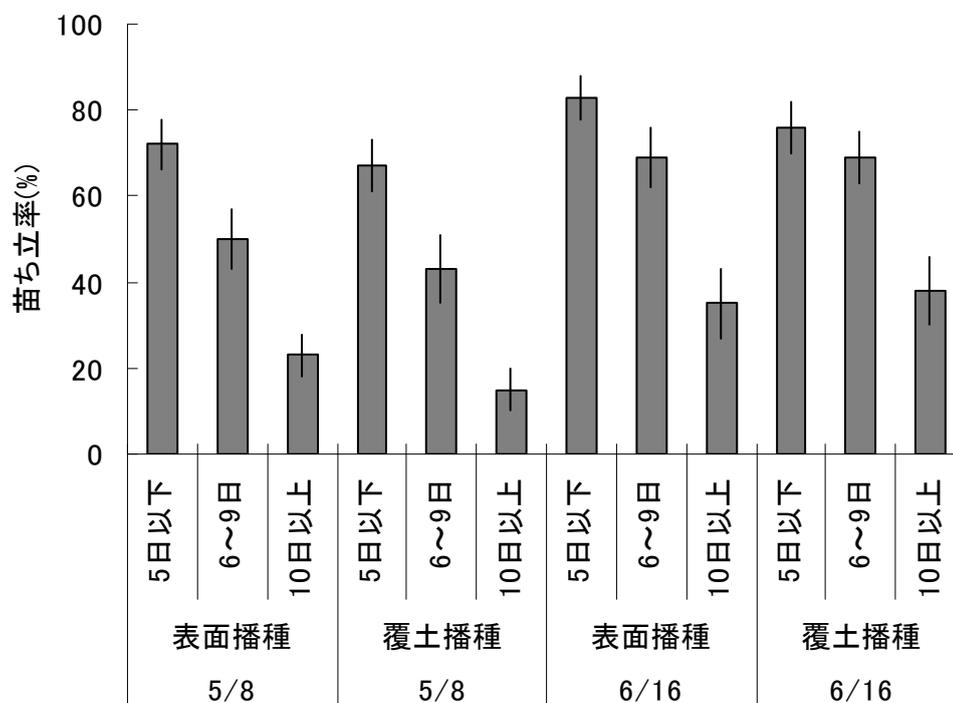


図2-1 苗立ち条件と苗立ち率(「クサユタカ」)

注) 図中の縦線は標準偏差を示す。以下の図も同じ。

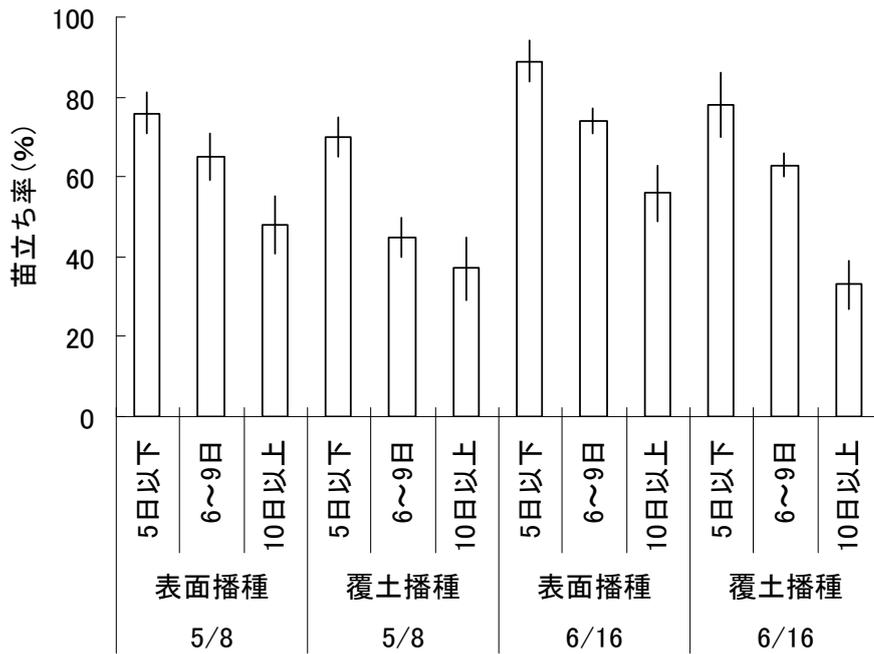


図2-2 苗立ち条件と苗立ち率（「夢あおば」）

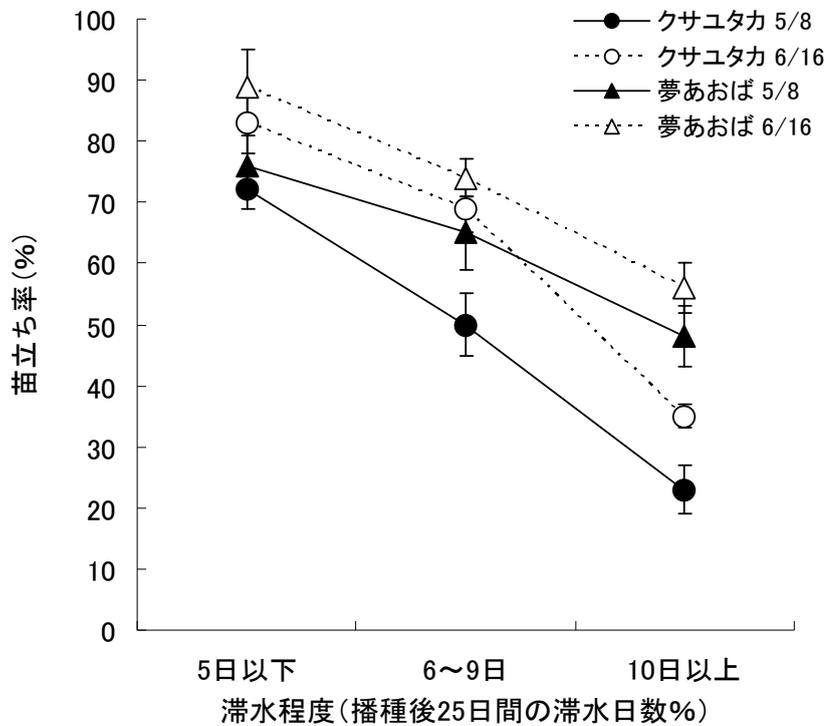


図2-3 滞水程度と苗立ち率（表面播種、種子露出）

6月16日播種の晩播は、5月8日播種の普通期播に比べ、両品種・系統とも明らかに苗立ちが向上した。これは播種期が遅く、気温が上昇して出芽が促進されたためと推察された。品種では「クサユタカ」よりも「夢あおば」が全般に苗立ち率が高い傾向を示した。品種育成時に確認された「クサユタカ」と「夢あおば」の土中出芽性はともに中程度と判定されているが^{6,13)}、本試験で「クサユタカ」の苗立ちが「夢あおば」よりも劣った点については、極大粒種の発芽特性、採種時の粗水分と胚の損傷等の影響が考えられる。これについては試験2において解析を行った。なお、播種に用いた催芽種子の播種時点での発芽率は「クサユタカ」、「夢あおば」とともに90%以上であり、播種後室内に24時間取り置いた後は95%以上に達した（表2-1）。したがって、苗立ち率の変動要因は種子の発芽能力にあるのではなく、播種後の伸長能力にあるものと推察された。

表2-1 供試した種子の発芽率（%）

	クサユタカ		夢あおば		播種日間の 有意差
	5月8日	6月16日	5月8日	6月16日	
播種時	92	91	91	92	n.s.
24時間後	96	97	95	96	n.s.

注) 播種時は催芽処理後播種時の数値, 24時間後は播種後室内に24時間放置した後の数値. 播種日間の発芽率に0.1%水準で有意差なし.

b) 晩播における転び型倒伏発生とその要因

晩播では苗の転び倒伏が多発した（図2-4）。播種後25日の草丈を比較すると、普通期播種に比べ、両品種とも晩播で10cm程度長くなっており、播種後短期間で草丈が急速に伸長したことがうかがわれた（図2-5）。このため、地上部と地下部のバランスが崩れ、倒伏が多発したものと考えられた。品種では特に「クサユタカ」でより顕著であった。晩播で発生した転び型倒伏は、その後生育が進むにつれ両品種とも急速に回復した（図2-4）。本試験は1作期を5a程度の圃場で実施しており、風による吹き寄せや水面に生じる波等、転び型倒伏を助長する条件は比較的小さいと考えられる。しかし、実際に飼料用イネが栽培される圃場はより大面積であり、これらの条件に関してはより厳しいものと予想される。したがって、本試験での転び型倒伏は回復したものの、現場での栽培を考えた場合には問題であると言え、今後さらに検討する必要がある。

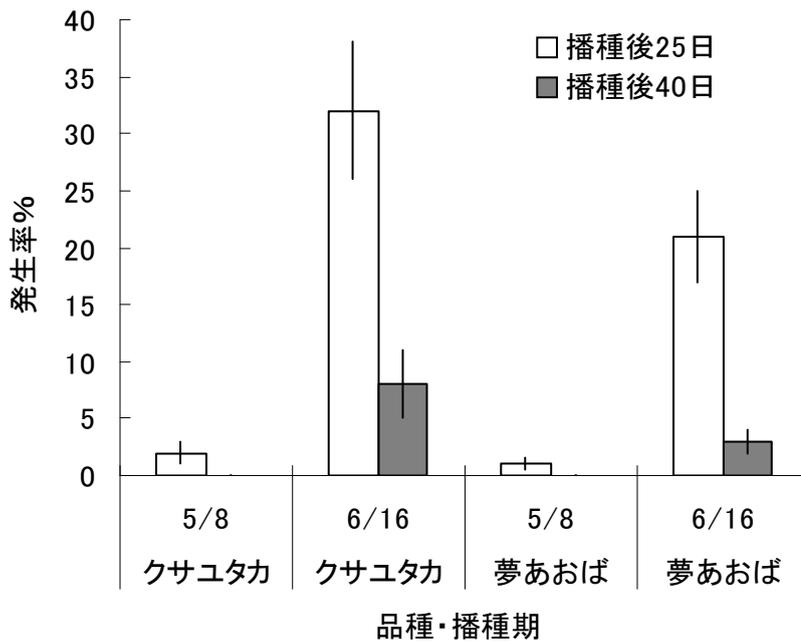


図2-4 苗転び型倒伏の発生と回復状況

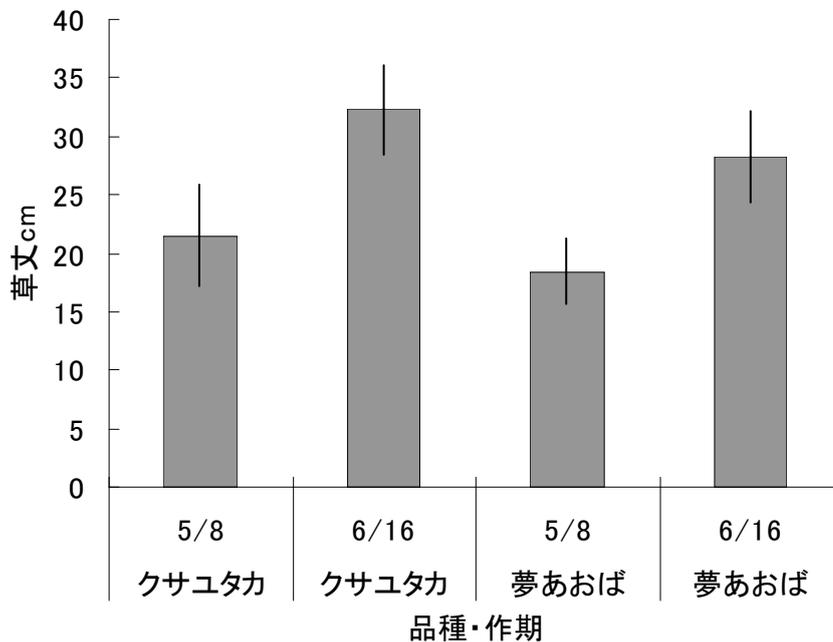


図2-5 播種後25日の草丈

(2) 試験2

a) 播種後湛水条件が「クサユタカ」、「夢あおば」の分けつ発生と収量性に及ぼす影響

(図2-6)に湛水深と2～4号までの下位分けつの休眠率の関係を示した。播種後・苗立ち後の湛水深が深くなるにつれ、「クサユタカ」、「夢あおば」の両品種とも、分けつの休眠率が高くなる傾向が認められた。湛水の影響は低い節位の分けつほど大きく、特に2号、3号分けつへの影響が顕著で、

2号分げつでは播種後完全落水条件では20%程度の休眠率であったのに対し、播種後2cm湛水区ではこれを大きく上回る90%以上、同1cm湛水区で40%以上の休眠率となった。3号分げつでの休眠率は2号分げつよりは低くなったが、それでも播種後完全落水区の休眠率10%程度に対し、同2cm湛水区で70%程度、同1cm湛水区で30%以上と高い休眠率を示した。水稻分げつの休眠は移植水稻、直播水稻共に湛水深の影響を受けることが明らかにされており¹²⁾、本試験でも播種直後からの湛水深の違いが分げつの休眠に影響したものと考えられた。4号分げつにおいても2号、3号分げつと同様な傾向が認められたが、休眠率は大幅に低下し、最も高い播種後2cm湛水区でも10~20%の範囲に止まった。品種別では「クサユタカ」が「夢あおば」に比べいずれの処理でも休眠率がやや高くなる傾向を示したが、有意な差は認められなかった。なお、1号分げつはいずれの試験区でもまったく発生しなかった。

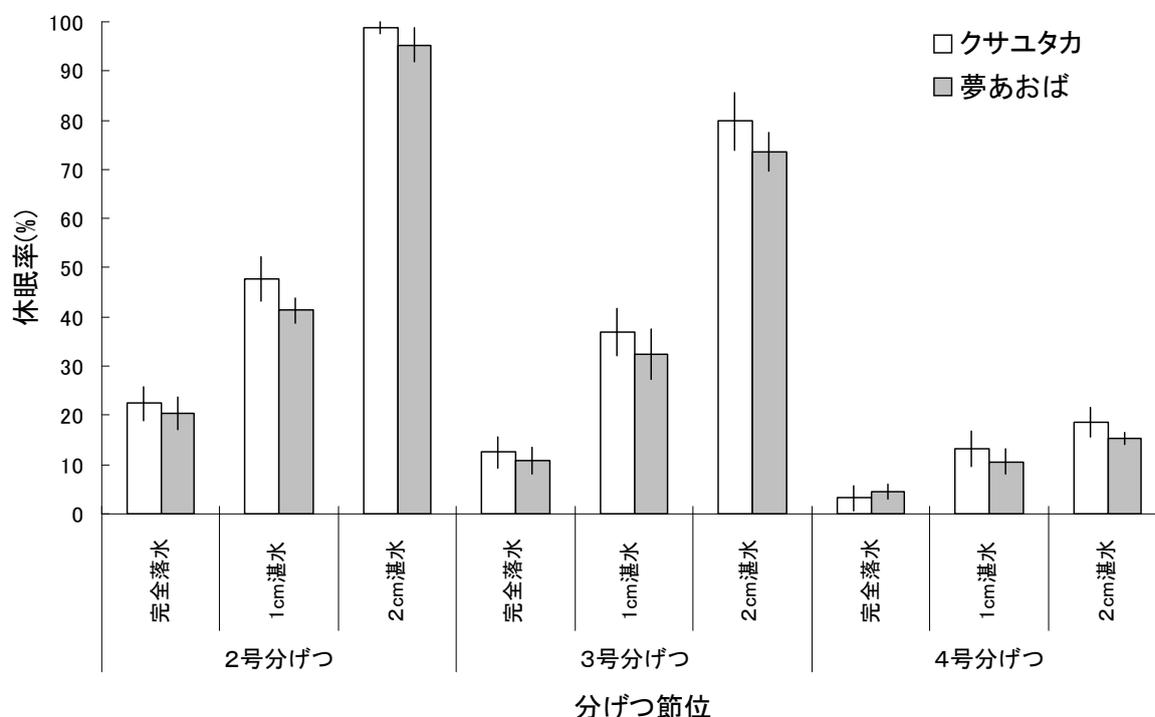


図2-6 播種時の湛水条件と分げつの休眠率

(表2-2)に苗立ち密度並びに湛水条件別の収量構成要素と収量を示した。湛水による低節位分げつ休眠率の増加は穂数の減少につながり、収穫時の地上部乾物重を減少させた。地上部乾物重の減少程度は特に苗立ち密度30本/m²以下の低苗立ち密度条件下で顕著であり(図2-7)、その要因は穂数の大幅な減少によるものと考えられた。これらの苗立ち密度条件では最高分げつ期の茎数が大幅に減っており、茎数不足がそのまま穂数不足に結びつき減収したものと考えられた。他方、70本/m²程度の苗立ち密度では、120本/m²程度の苗立ち密度と比較して穂数はやはり減少したもののその程度は低苗立ち密度にくらべ小さく、地上部乾物重の低下も比較的小さくなった。これらの苗立ち密度条件下では、分げつ総発生数は減るものの、有効化率が高まるため最終的な穂数に大きな差がなくなり、このため地上部乾物重の違いも小さくなったと推察された。「クサユタカ」、「夢あおば」とも、穂重型で少げつ性の品種特性を有しており^{7,8,16)}、低苗立ち密度条件下では分げつ総数が極端に少な

くなるため、最終的な穂数も激減し収量低下に結びついたのであろう。本試験では供試した2品種以外の品種は用いなかったが、北陸地域で普及している「コシヒカリ」の直播栽培では、苗立ち密度は食用品種の直播栽培一般の中でも低いレベルにあるとされている^{13, 15, 19)}。しかし、今回の結果から、少げつ性の飼料用イネ品種においては、コシヒカリの苗立ち密度水準では、圃場落水条件によっては著しく減収する可能性があることがうかがえた。したがって、「クサユタカ」、「夢あおば」を用いる飼料用イネ直播栽培では、食用イネよりもより高いレベルの苗立ち密度を採用する必要がある。また、生産現場において圃場内が部分的に低い苗立ち数となる要因は、鳥害等による食害以外に圃場均平不足による落水条件の不備が大きいが、このような場合、「クサユタカ」や「夢あおば」では、その影響は食用イネよりも大きく、分げつ不足・穂数減という形で圃場内の生育ムラや収量ムラとして大きく現れることが示唆された。

表2-2 播種後の湛水条件並びに苗立ち密度と生育・収量

品種	播種期	苗立ち密度 (本/㎡)	稈長 (cm)	最高分げつ期茎数 (本/㎡)	穂数 (/㎡)	有効系歩合 (%)	地上部乾物重 (/㎡)	有意差※
クサユタカ	完全落水	11.1	78	243	229	94.2	1243	a
		30.5	76	396	293	74.0	1438	b
		69.4	75	515	356	69.1	1594	c
		119.4	72	656	405	61.7	1607	c
	2cm湛水	11.1	79	183	176	96.2	856	a
		30.5	77	278	210	75.5	1032	b
		69.4	74	436	326	74.8	1488	c
		119.4	74	503	381	75.7	1523	c
夢あおば	完全落水	11.1	74	251	240	95.6	1352	a
		30.5	73	403	309	76.7	1571	b
		69.4	73	526	344	65.4	1708	c
		119.4	72	649	445	68.6	1872	d
	2cm湛水	11.1	77	172	163	94.8	821	a
		30.5	75	286	214	74.8	953	a
		69.4	74	446	321	72.0	1656	b
		119.4	73	511	416	81.4	1789	b

注) ※同符号間は危険率5%で有意差なし。

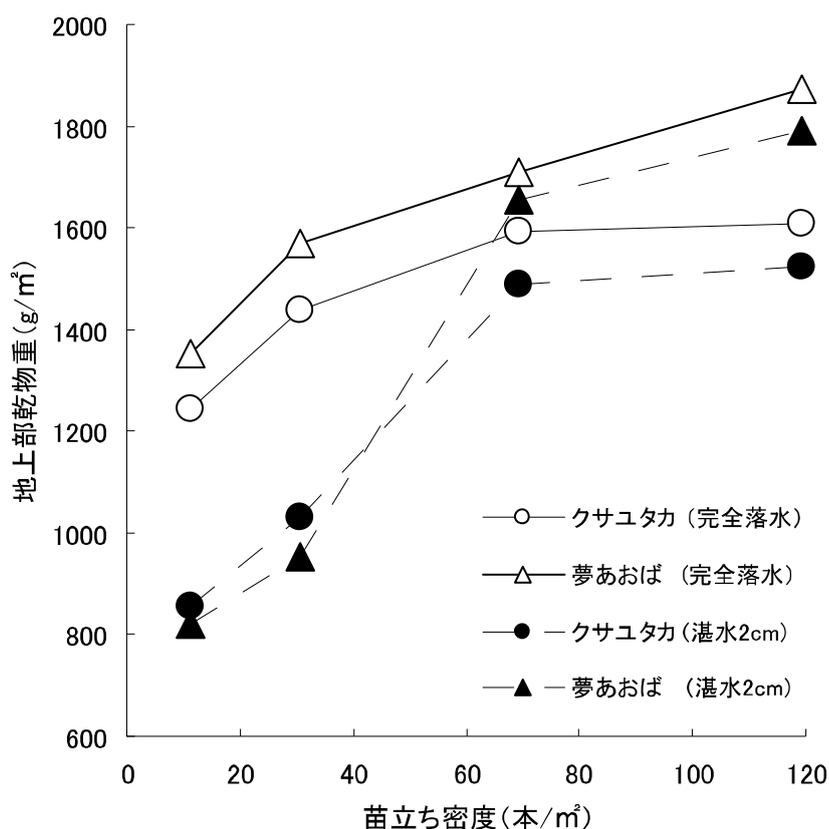


図2-7 乾物重に及ぼす苗立ち密度と初期湛水条件の影響

b) 種子の採種条件と直播での苗立ち性

(表2-3)に「クサユタカ」の採種条件(採種時籾水分・採種方法)と種子発芽率、直播での苗立ち率の結果を示した。収穫時籾水分が32.3%以上の場合、刈り取り直後に機械脱穀した種子では、手抜き脱穀や乾燥後脱穀した種子に比べ、発芽率、苗立ち率とも有意に劣ることが認められた。28.5%以下の水分条件ではこのような差は認められなかった。高水分条件で刈り取り直後に機械脱穀した種子において、胚の損傷が増すため発芽・苗立ち率が低下するとする報告があるが^{3,4)}、本試験でも同様な要因からこのような結果になったと推察された。一方、「夢あおば」でも同様な傾向が認められ(表2-4)、刈り取り直後機械脱穀種子において採種時籾水分31.6%では発芽率が、34.3%以上では発芽率と苗立ち率の両方が、手抜き脱穀や乾燥後脱穀した種子に比べ有意に劣った。ただし、「夢あおば」では発芽と苗立ち率の低下程度は「クサユタカ」よりも小さかった。この品種間の違いは、「クサユタカ」と「夢あおば」の粒大の違いによるものであり、極大粒品種である「クサユタカ」は胚もまた大きいので、脱穀時の機械的損傷をより受けやすいのではないかと推察された。以上のことから、飼料用イネの採種に当たっては高水分収穫とならないように留意する必要があるが、特に極大粒品種の「クサユタカ」では発芽・苗立ち率の低下程度が大きいので、より一層注意する必要がある。「クサユタカ」は「夢あおば」に比べて登熟が緩慢で籾水分低下速度が遅く、籾の熟色の割に籾水分が高いことが観察されたので2005年の登熟期間中に籾水分の推移を調査したところ、明らかに「夢あおば」よりも籾水分低下が緩慢であった(図2-8)。極大粒品種であり籾水分低下速

度が遅いためと推察され、「夢あおば」に比べて高籾水分条件での収穫になりやすいと考えられる。「クサユタカ」で種子の苗立ち性を高く保つためには採種時の籾水分により多くの注意を払う必要がある。

表2-3 クサユタカの採種時籾水分と脱穀方法が発芽・苗立ち率に及ぼす影響

収穫時平均 籾水分(%)	発芽率 (%)				苗立ち率 (%)			
	刈取直後 機械脱穀	刈取直後 手扱脱穀	乾燥後 機械脱穀	乾燥後 手扱脱穀	刈取直後 機械脱穀	刈取直後 手扱脱穀	乾燥後 機械脱穀	乾燥後 手扱脱穀
22.3	95.4	96.3	98.3	96.1	65.3	64.3	66.8	68.8
25.0	96.2	96.7	97.1	97.5	64.0	68.3	67.6	67.5
28.5	93.3	95.1	96.2	95.8	60.8	65.7	67.1	68.6
32.3	88.5*	94.8	96.0	96.4	53.8*	62.1	63.9	64.3
36.4	83.2*	96.3	95.7	95.7	47.2*	67.8	62.5	66.6
37.9	78.6*	95.3	96.4	96.6	45.6*	60.9	64.8	64.3

注) *印は危険率5%で他の採種法に対し有意差あり。比重1.13塩水選・消毒後3日浸種。発芽率25℃恒温器、苗立ち率5/13播種で調査。

表2-4 夢あおばの採種時籾水分と脱穀方法が発芽・苗立ち率に及ぼす影響

収穫時平均 籾水分(%)	発芽率 (%)				苗立ち率 (%)			
	刈取直後 機械脱穀	刈取直後 手扱脱穀	乾燥後 機械脱穀	乾燥後 手扱脱穀	刈取直後 機械脱穀	刈取直後 手扱脱穀	乾燥後 機械脱穀	乾燥後 手扱脱穀
21.5	96.0	97.2	97.3	97.1	68.3	67.2	71.3	70.4
24.8	95.7	95.3	98.2	97.2	70.2	68.9	72.5	69.3
28.9	94.0	95.6	97.3	96.8	66.4	67.3	69.3	67.3
31.6	90.2*	95.3	97.6	96.7	67.6	69.1	66.5	67.0
34.3	89.3*	97.3	96.9	97.6	57.4*	64.8	65.7	66.7
38.2	87.2*	95.2	97.3	97.2	52.3*	62.2	63.2	64.5

注) *印は危険率5%で他の採種法に対し有意差あり。比重1.13塩水選・消毒後3日浸種。発芽率25℃恒温器、苗立ち率5/13播種で調査。

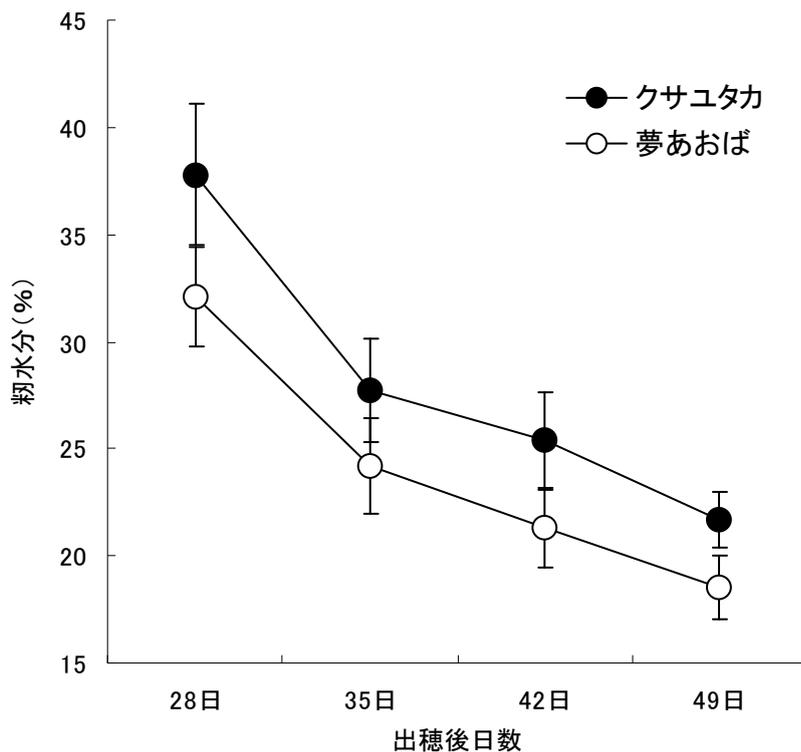


図2-8 登熟期の籾水分推移

3. 出芽・苗立ち時の温度条件が初期生育に及ぼす影響の解明

1) 目的

寒冷地南部に位置する北陸地域は、北部の新潟・富山県を中心に播種～苗立ちまでの期間が低温に遭遇することがしばしばあり、直播栽培の大きな不安定要因となっている。このため、直播に適用される品種には、現在普及している品種程度以上の低温出芽性や低温苗立ち性を有することが望ましい。飼料用イネ品種のこのような特性についての知見は育成時の確認を除きほとんど見あたらない。そこで、「クサユタカ」と「夢あおば」の低温条件下での初期生育特性について検討した（試験3）。また、北陸地域の直播播種期は日平均気温が15℃に到達した頃以降とされているが^{9,10}、平均気温だけではとらえられない気象条件の地域による相違があり、例えば日平均気温15℃到達日がほぼ同じでも日最高気温・最低気温の幅が大きく異なる場合がある。そこで、平均気温が同じ場合での昼夜温の違いが初期生育に及ぼす影響について検討した（試験4）。さらに、散播播種時の胚の機械損傷が低温条件下での初期生育に及ぼす影響について検討した（試験5）。試験はすべて2005年に実施した。

2) 材料と方法

(1) 飼料用イネ品種の低温条件下での初期生育性（試験3）

「クサユタカ」、「夢あおば」、「キヌヒカリ」、「コシヒカリ」、「アキヒカリ」の催芽種子110粒を育苗培土を詰めた容器に播種し、水を充填し、人工気象器で2葉期ころまで生育させた。温度条件は低温区（夜9℃－昼20℃、平均14.5℃）、対照区（夜10℃－昼22℃、平均16℃）とし、昼夜12時間づ

つで、対照区は播種後16日間、低温区は21日間の生育期間をとった。終了後の苗ステージ（表2-5に示した基準で数値化）と苗長を測定した。測定に未出芽種子は含めなかった。

(2) 昼夜温の違いが初期生育に及ぼす影響（試験4）

「クサユタカ」、「夢あおば」、「キヌヒカリ」、「コシヒカリ」、「どんとこい」について試験3と同様に播種し、平均気温を同じにして異なった日較差とした2つの区、すなわち較差大区（夜10℃－昼21℃、平均15.5℃）と較差小区（夜12℃－昼19℃、平均15.5℃）を設定し、昼夜12時間づつとした人工気象器で15日間生育させ、苗ステージと苗長を調べた。

(3) 催芽種子の播種時機械損傷が初期生育に及ぼす影響（試験5）

「クサユタカ」、「夢あおば」、「キヌヒカリ」の種子を催芽させ、芽長2mm程度以上に達した粒を選び、動力散布機を用いてエンジン出力を最高にしてナイロン網袋で覆ったポリバケツに吐出させた後、110粒を試験3の対照区と同設定で人工気象器で生育させ、苗ステージ、苗長を調査した。

表2-5 生育ステージの分類と数値化

分類基準	第2葉が未抽出	第2葉が抽出中	第2葉葉耳が第1葉を越え完全抽出	第3葉先端が第2葉葉身の半分以下まで抽出	第3葉先端が第2葉葉身の半分以上抽出	第3葉先端が第2葉先端を越えて抽出
数値	1	2	3	4	5	6

3) 結果と考察

(1) 飼料用イネ品種の低温条件下での初期生育性（試験3）

各品種とも低温条件下で生育が遅れ苗長が短くなったが、「コシヒカリ」で特に顕著であった（図2-9）。人工気象室内での生育期間が低温区と対照区では5日間異なるが、「クサユタカ」、「夢あおば」、「アキヒカリ」のステージは結果として有意差が無く、「キヌヒカリ」や「コシヒカリ」に比べ低温による影響は小さいと考えられた。また、低温区での生育ステージと苗長の値は「アキヒカリ」が最も大きく、「クサユタカ」、「夢あおば」、「キヌヒカリ」はほぼ同じであった。「コシヒカリ」はこれらの品種に比べて最も生育ステージと苗長の値が小さかった。「アキヒカリ」は低温条件下での初期生長性に比較的優れた品種であることがわかっており、逆に「コシヒカリ」は劣る品種とされている。今回の実験結果から、「クサユタカ」と「夢あおば」は「アキヒカリ」にはやや劣るものの、「コシヒカリ」よりも明らかに優り、ほぼ「キヌヒカリ」並であると判断された。「キヌヒカリ」は北陸地域では直播適応性の高い品種とされて¹⁷⁾、現地でも普及している。したがって、「クサユタカ」と「夢あおば」の直播栽培を北陸地域で普及させる場合、初期の低温に対する警戒は「キヌヒカリ」程度とすることが妥当と推察された。品種育成時に確認されている低温下での初期生育特性は^{8,16)}、「クサユタカ」の低温出芽性が「きたいぶき」、「どんとこい」並の”中”、低温苗立ち性が「あきたこまち」「キヌヒカリ」並の”中”と判断され、「夢あおば」の低温出芽性と低温苗立ち性は「どんとこい」よりも弱い”やや弱”と判断されており、本試験の結果とほぼ適合していた。これらの特性が”弱”にランクされる「コシヒカリ」が北陸地域の直播面積の80%以上を占める現状から考え

て、「クサユタカ」、「夢あおば」とも北陸地域の湛水直播栽培での普及には問題はないと考えられる。ただし、標高が高くより低温となりやすい地域への普及にあたってはさらに検討が必要になるだろう。

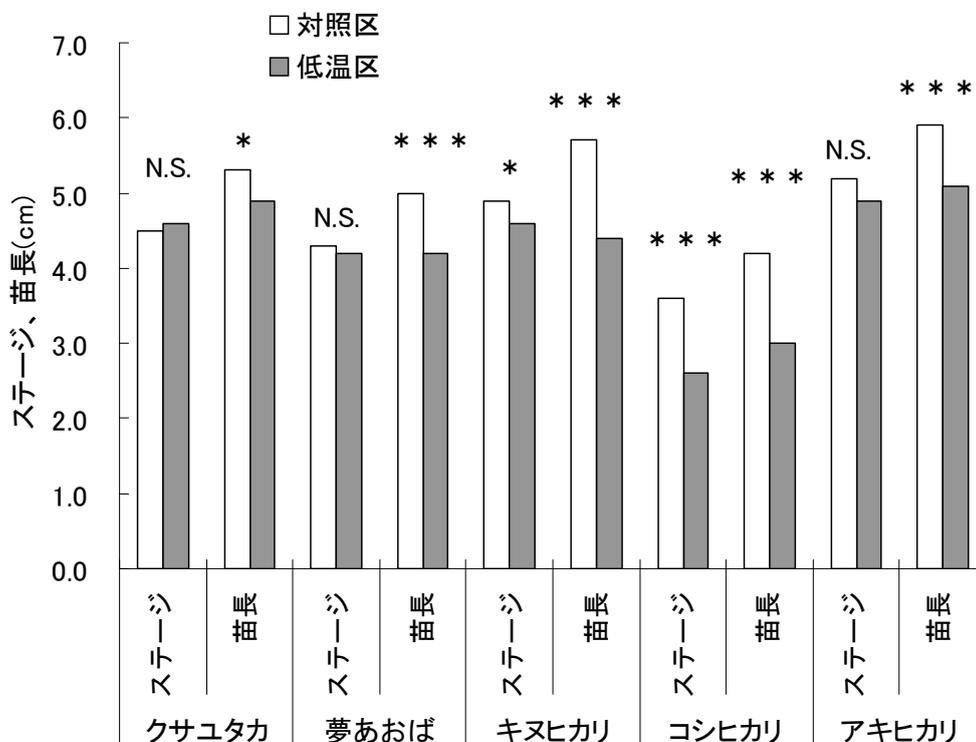


図2-9 低温が直播の初期生育に及ぼす影響

注) *は対象区と低温区の有意差を示す。

(2) 昼夜温の違いが初期生育に及ぼす影響 (試験4)

平均気温が同じで昼夜の較差が異なる条件下において、ほぼすべての品種で較差小区が較差大区に比べ生育が遅れ苗長が短くなった (図2-10)。「コシヒカリ」の苗長のみ両区の差は認められなかった。較差小区の夜温は12℃、較差大区は10℃と設定したが、これら低温となる夜間での生長は観察でもあまり差がなく、両区の生育差は主として昼温の高低によるものと考えられた。つまり較差小区と較差大区の昼温の2℃の差が生育の違いをもたらしたのであり、直播水稻の初期生育には平均気温だけでなく気温の日較差、特に夜温が低い場合は昼温が大きく影響すると推察された。

現在、北陸地域の直播播種期は日平均気温のみで設定されているが、今後は日最高気温なども考慮した播種期設定を行う必要があると考えられた。(表2-6)に新潟県と石川県の気象庁気象観測地点の直播播種期ごろの気象平年値の違いを示した。これを見ると、直播播種期とされる平均気温15℃到達日は新潟県高田、新潟県糸魚川、石川県羽咋ではすべて同じ5月6日である。したがって、従来の播種期設定ではこのころが播種日となる。しかし、生育に大きく影響すると思われる昼温に係わる最高気温が20℃に到達する暦日は高田が4月29日であるのに対し、糸魚川は5月20日、羽咋が5月19日と3週間以上の差がある。このような違いを考慮した播種期設定や初期生育管理の策定が

必要と思われる。また、同じ高田平野平坦地に所在し、観測地点の距離が十数キロしか離れていない高田と大潟では、日平均気温15℃到達日は6日の差が、最高気温20℃到達日は25日の差があるなど、地域内の近接する地点といえども気象条件には大きな差が見られる。これらの違いには地形や風の影響などが関与するものと推察されるが、こうした気象条件の詳細な差に着目した栽培方法の検討が今後さらに必要であることが示唆された。

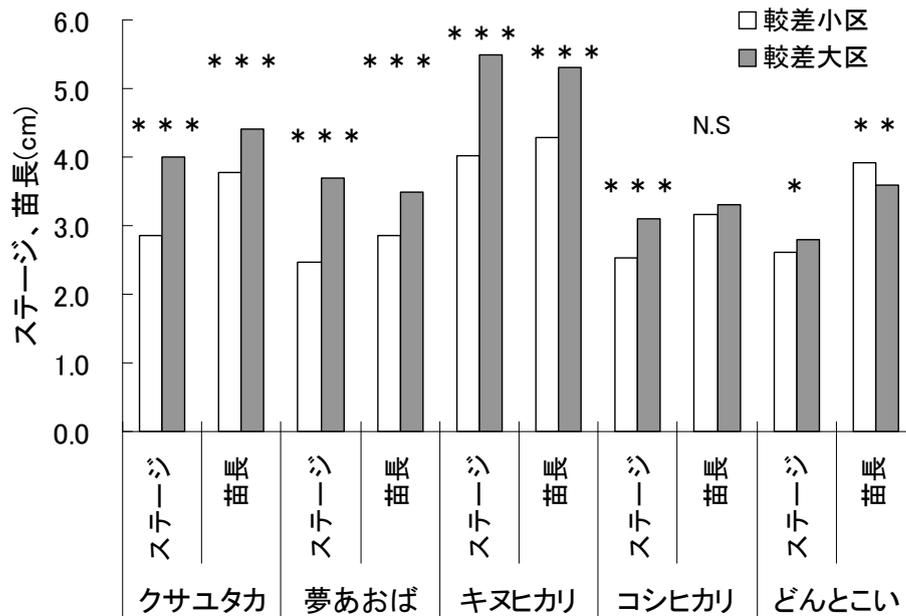


図2-10 昼夜温の差が直播水初期生育に及ぼす影響

注) *は区間の有意差を示す.

表2-6 北陸各地における気温平年値到達日の違い

	高田 (新潟)	大潟 (新潟)	糸魚川 (新潟)	小松 (石川)	羽咋 (石川)
最低気温10℃到達日	5月11日	5月6日	4月26日	4月30日	4月30日
最高気温20℃到達日	4月29日	5月23日	5月20日	5月4日	5月19日
平均気温15℃到達日	5月6日	5月12日	5月6日	5月1日	5月6日

(3) 催芽種子の播種時機械損傷が初期生育に及ぼす影響（試験5）

（表2-7）に示したように、各品種とも損傷処理により生育が遅れるとともに苗長が短くなった。その程度は「クサユタカ」が他の品種に比べより大きく、伸びすぎた芽の損傷の程度と影響が最も顕著であった。この原因として、「クサユタカ」が極大粒で胚や芽が傷つきやすいこと、籾殻が剥離しやすいこと等の影響と推察された。ただし、本実験の機械損傷は、1）芽長を2mm以上とした催芽籾を用いており、いわゆる”伸びすぎ”の状態にあったこと、2）動力散布機からポリバケツに吐出させており、実際の播種時（圃場田面に吐出）よりも過酷な条件であること、を考慮する必要がある。いずれにしても「クサユタカ」の催芽籾播種では催芽程度に留意する必要があることが明らかになった。

表2-7 播種時の損傷が初期生育に及ぼす影響

	クサユタカ		夢あおば		キヌヒカリ	
	ステージ	苗長	ステージ	苗長	ステージ	苗長
損傷区	2.0	1.7	2.2	2.1	2.7	2.1
対照区	5.1	5.7	4.5	5.2	5.2	5.8
損傷/対照	0.39	0.30	0.49	0.40	0.52	0.36
同上有意差	a	1	b	2	b	2

注) 同符号, 同数字間は5%レベルで有意差なし。

4. 散播・条播の播種方式の違いが生育・収量に及ぼす影響の解明

1) 目的

稲発酵粗飼料向け品種の直播栽培では、低コスト性から考えて散播直播が望ましい。しかしながら生産現場では、食用イネ直播の主流が条播であることなどから飼料用イネにも条播が適用される事例も多く、散播だけでなく条播における生育収量特性についても押さえておく必要がある。そこで、本研究では条播と散播の異なる播種様式下での生育反応や収量の違いを検討した。試験は2006年に実施した。

2) 材料と方法

「クサユタカ」と「夢あおば」を供試し、3種類の播種様式で湛水直播栽培を行った。播種様式は「裸籾表面散播（以下、裸籾散播）」、「酸素供給剤粉衣土中散播」（以下、粉衣散播）、「酸素供給剤粉衣土中条播」（以下、粉衣条播）の3様式とし、播種日は5月11日であった。種子の予措条件は各方式とも同じで、平成17年産種子を用いて24時間の種子消毒を行い、4日間の浸種後一晚30℃で催芽させ鳩胸状態としたものを用いた。播種量は条播、散播とも乾籾重で「夢あおば」5.4kg/10a、「クサユタカ」7kg/10aとした。酸素供給剤粉衣はすべて過酸化石灰（カルパー粉粒剤）を乾籾重の2倍重粉衣した。播種は直前に落水した圃場で手作業で行ったが、裸籾散播は土壌表面播きとし、粉衣散播は種子が土中に軽く埋まるように加減した。粉衣条播は土壌表面に筋播き（播き幅1cm程度以内）した後、鉄パイプで軽く種子を押さえて土中に埋没させた。条播の条間は30cmである。窒素施肥量は基肥、分けつ期追肥、穂首分化期追肥を各3kg/10a、計9kg/10a施用し、水管理や雑草

防除等の栽培管理は直播の一般基準に準じた。追跡調査用に、散播は60×60cmの方形アルミ枠を3反復設置し、条播は1条×長さ1mを3反復設置し、それぞれ草丈や茎数等の生育形質を追跡調査した。

3) 結果と考察

(1) 苗立ちの状況

苗立ち数は全体で143～170本/m²、苗立ち率は68～85%の範囲にそれぞれあり、播種深は裸籾散播がおおよそ0.1～0.2cm、粉衣散播が0.3～0.5cm、粉衣条播が0.6～0.7cmであった（表2-8）。いずれの播種法においても苗立ち率は、「クサユタカ」が「夢あおば」よりもやや劣る傾向を示した。「クサユタカ」は「夢あおば」に比べ、覆土や田面滞水の影響により出芽率や苗立ち率が低下しやすいことが報告されているが⁵⁾、こうした傾向は播種法が異なってもほぼ同様であった。播種法間では、両品種とも播種深の浅い裸籾散播が最も苗立ち率が高く、次いで粉衣散播、粉衣条播の順に低くなる傾向を示した。ただし、いずれの播種法でも70%弱以上の比較的高い苗立ち率が得られた。この結果、m²あたり苗立ち数は比較的少なかった粉衣条播でも140本台が得られた。

表2-8 播種深および苗立ちの状況

	夢あおば			クサユタカ		
	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播
播種深(cm)	0.6±0.2	0.1±0.0	0.3±0.1	0.7±0.4	0.2±0.1	0.5±0.2
苗立ち率(%)	72.2±4.8	85.0±4.6	77.5±5.3	68.0±4.9	80.4±5.1	71.9±4.2
苗立ち数(本/m ²)	148±22	170±27	163±31	143±19	160±26	155±22

注) ±の数字は標準偏差。

(2) 草丈と茎数の推移

粉衣散播と粉衣条播に比べ、両品種とも裸籾散播では苗立ちと初期生育が数日程度遅れた。このため、播種後15日目（5/26）の草丈は裸籾散播で低くなった。しかし、その後日数経過とともに生育差は縮まり6/8以降は差がなくなった（表2-9）。初期生育の差は酸素発生剤の有無の影響によると推察されるが、生育差は播種後1ヵ月程度で解消されると考えられた。幼穂形成期以降に粉衣条播の草丈がやや優る傾向が認められたが、その原因は判然としなかった。

茎数の推移は各播種様式ともほぼ同じパターンで経過したが、両品種とも最盛期付近で散播に比べ粉衣条播での茎数がやや少ない傾向が見られた（図2-11、図2-12）。しかし、最終的な穂数には大差が認められなかった。

表2-9 草丈の推移 (cm)

	夢あおば			クサユタカ		
	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播
5月26日	9.8	6.5**	9.7	11.2	9.2*	10.9
6月8日	18.5	20.0	19.0	23.0	24.2	24.0
6月20日	34.2	33.5	33.6	40.0	38.9	41.9
7月4日	53.0**	47.1	47.3	56.2*	52.3	55.0
7月20日	79.0*	75.8	76.0	82.0*	78.8	80.0

注) *, **は数値に近い他の播種法に対する、それぞれ5%, 1%水準での有意差.

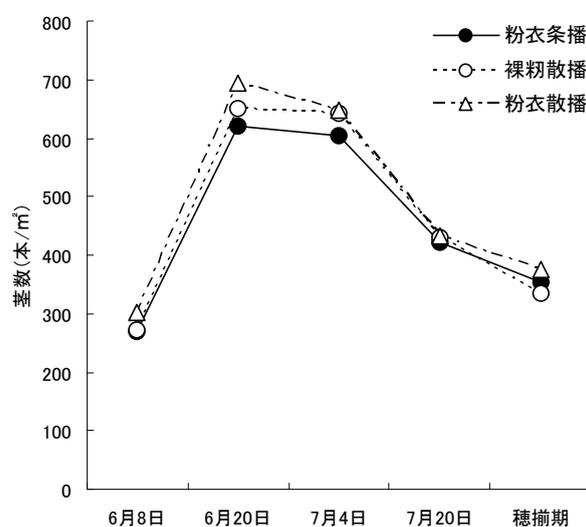


図2-11 茎数の推移 (夢あおば)

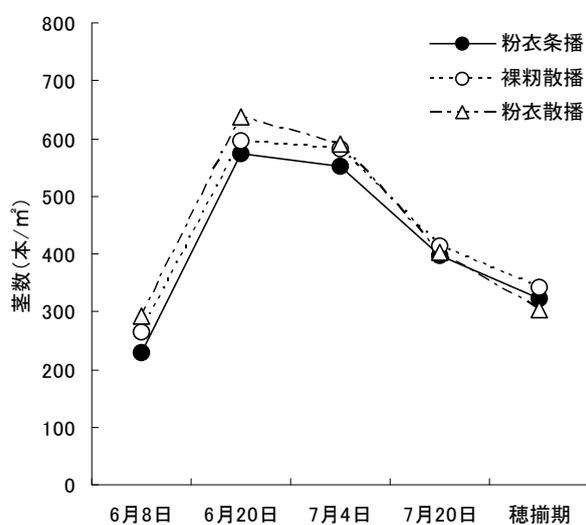


図2-12 茎数の推移 (クサユタカ)

(3) 乾物収量

出穂期の乾物重とLAIについて、両品種とも播種様式による大きな差は認められなかった（表2-10）。黄熟期の地上部全乾物収量やその他の収量形質についても有意な差は認められなかった（表2-11）。群落の倒伏程度については、黄熟期（出穂後30日）において「クサユタカ」裸籾散播で1程度の倒伏が見られたのみであった。しかし、成熟期（出穂後40～43日）では「夢あおば」でも散播で軽い倒伏が見られ、「クサユタカ」では裸籾散播で倒伏程度2程度となった。一方で粉衣条播では成熟に至っても倒伏は全く認められなかった。条播は散播に比べて一般に耐倒伏性の点で優る栽培法であることが知られており¹⁴⁾、「夢あおば」や「クサユタカ」のような耐倒伏性の強い品種を用いた場合でもその違いが示されたのであろう。

表2-10 出穂期の乾物重とLAI

	夢あおば			クサユタカ		
	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播	粉衣条播	裸籾散播	粉衣散播
LAI	4.53	4.38	4.20	4.77	4.68	4.72
乾物重(g/m ²)	894.6	898.2	849.9	903.4	921.3	899.5

注) LAI, 乾物重ともに播種法間に有意差なし。

表2-11 黄熟期の生育収量

品種	播種様式	出穂期	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	地上部 全乾物重 (g/m ²)	全籾重 (g/m ²)	黄熟期	成熟期
							倒伏程度 (0～5)	倒伏程度 (0～5)
夢あおば	粉衣条播	8月6日	70	412	1863	932	0	0
	粉衣散播	8月5日	69	423	1854	897	0	1
	裸籾散播	8月5日	68	409	1806	863	0	1
クサユタカ	粉衣条播	8月10日	71	396	1897	924	0	0
	粉衣散播	8月9日	70	403	1867	873	0	1
	裸籾散播	8月9日	69	388	1904	936	1	2

注) 収量は地際刈り地上部全乾物重。地上部全乾物重、全籾重ともに播種法間で有意差なし。

以上、今回供試した播種法において、「夢あおば」と「クサユタカ」の初期生育は酸素発生剤の有無によって影響を受け、酸素発生剤を粉衣しない場合、表面播きでも初期生育が遅れる傾向が示された。しかし、その生育の遅れは播種後1ヵ月ほどで解消し、最終的な生育・収量の違いは播種様式間でほとんど認められなかった。このことから、「夢あおば」、「クサユタカ」の両品種とも、粉衣散播、裸籾散播、粉衣条播のいずれの播種法を用いた場合でも遜色ない生育・収量が得られるものと判断された。しかし、酸素発生剤は明らかに初期生育を促進する働きが認められたので、実際の生産現場においては、初期生育の環境条件に不安がある場合—播種期を早くせざるを得ない、風当たりが強く最高気温が上がりにくい、圃場条件から落水が不十分など—は酸素発生剤を積極的に利用し、そうでない場合はコスト削減のために裸籾散播を行うなどの方法が考えられる。また、今回

の試験では成熟期に至るまで収穫作業やサイレージ品質に影響を及ぼすような倒伏は認められなかったが、条播と散播とで明らかに耐倒伏性に差があった。さらに多収をねらって窒素施肥量を増やした場合、散播では倒伏程度が問題となるレベルに達する可能性も考えられる。したがって極多肥栽培では条播を適用した方が安全性は高いと考えられる。この点については極多肥の試験結果が少ないことから、次章2-1)-(2)「稲発酵粗飼料向け飼料用イネ品種の最適栽培管理法の開発」において検討を行う。

5. 湛水直播栽培におけるTDN含有率と非構造性炭水化物（NSC）含有率の特徴

1) 目的

稲発酵粗飼料では、乾物収量とともに実際に家畜が消化利用可能な成分、すなわち可消化養分総量（TDN）が重視される。一般に移植栽培時の水稻のTDN含有率は55%程度とされているが⁶⁾、これは移植栽培における数値であり、直播栽培でも同様な含有率を確保できるかどうか明らかにする必要がある。また、稲発酵粗飼料を牛に給与した場合、硬い籾殻に覆われた籾が未消化のまま排泄されることがある。平均的には10%程度であるが⁶⁾、場合によってはさらに多いこともあり、可消化成分のロスにつながっている。こうしたロスを回避するには、茎葉にデンプンなど消化しやすい非構造性炭水化物（NSC）を多く蓄積する品種が有効であると考えられる。「クサユタカ」と「夢あおば」、特に後者については移植栽培で茎葉NSC含有率が高いことが明らかにされてきているが、直播栽培についての検証は行われていない。以上のことから、本研究では直播栽培でのTDN含有率と茎葉NSC含有率を調査し、移植栽培との比較を行った。

2) 材料と方法

2005年～2007年の3ヵ年分の「クサユタカ」と「夢あおば」の湛水散播直播栽培稲体試料、移植栽培稲体試料、2006年～2007年の両品種の湛水条播直播稲体試料について、黄熟期地上部全乾物中のTDN含有率、ならびに黄熟期の茎・葉鞘乾物中のNSC含有率を調査した。それぞれの栽培における種子準備や播種法、施肥法は本課題中でこれまで記述した方法による。移植栽培は中苗を5月15日頃移植し、窒素施肥量は基肥：分けつ肥：穂肥を5：2：3kg/10aとした。サンプルの採取は黄熟期に地際刈りし、機械乾燥した後TDNは全乾物を、NSCは葉鞘と茎とを粉碎した（1mmメッシュ）。TDNは近赤外分析計による分析により^{1,2)}、NSCは重量法による分析により¹¹⁾、それぞれ含有率を求めた。

3) 結果と考察

栽培様式別、年次別のTDNとNSCの含有率を(表2-12)に示した。TDN含有率は「クサユタカ」、「夢あおば」とも58～62%の範囲に収まり、品種、栽培様式、年次での大きな違いはなかった。このことから、直播栽培であっても移植栽培と同様なTDN含有率が確保されることが示された。茎・葉鞘のNSC含有率については、各栽培様式と年次において「夢あおば」が「クサユタカ」よりも10%程度高い傾向にあった。「夢あおば」の茎・葉鞘部のNSC含有率が高いことはこれまでも報告されているが¹⁸⁾、本試験においても同様な傾向が認められた。同一品種内では栽培様式や年次による含有率の差は小さく、直播栽培においても茎・葉鞘部のNSC含有率は移植栽培と同様に確保されると考えられた。以上から、直播栽培においても「クサユタカ」と夢あおばの飼料としての栄養価値は移植栽培とほぼ同じであると判断された。

表2-12 栽培様式別のTDN含有率とNSC含有率

	品種	栽培法	2005年	2006年	2007年
TDN含有率(%)	クサユタカ	移植栽培	59.6	61.4	58.8
		湛水散播直播	60.3	59.3	61.7
		湛水条播直播	-	60.7	60.0
	夢あおば	移植栽培	61.2	58.8	59.2
		湛水散播直播	59.7	61.9	60.4
		湛水条播直播	-	58.5	61.2
NSC含有率(%)	クサユタカ	移植栽培	31.3	28.7	30.7
		湛水散播直播	30.5	31.9	29.6
		湛水条播直播	-	30.5	28.3
	夢あおば	移植栽培	40.7	42.3	39.8
		湛水散播直播	41.3	39.1	40.7
		湛水条播直播	-	41.6	38.3

注) 各年時の品種内において栽培法間での有意差なし。

6. 摘要

湛水直播栽培における「クサユタカ」と「夢あおば」の栽培特性として以下が明らかになった。

- 1) 播種後の滞水日数が長いほど苗立ち率が低下し、「クサユタカ」は「夢あおば」よりも低下が顕著であった。極大粒種の発芽特性、採種時の初水分と胚の損傷等の影響が考えられた。
- 2) 晩播では播種後短期間で草丈が急速に伸長するため地上部と地下部のバランスが崩れて苗転び倒伏が多発した。品種では特に「クサユタカ」でより顕著だったが生育が進むにつれ回復した。
- 3) 播種後・苗立ち後の湛水深が深くなるにつれ、「クサユタカ」、「夢あおば」とも、分けつの休眠率が高くなった。湛水の影響は低節位分けつ、特に2号、3号分けつにおいて顕著であった。品種別では「クサユタカ」が「夢あおば」に比べいずれの処理でも休眠率がやや高くなる傾向を示した。
- 4) 苗立ち密度と分けつ発生の関係から、収量確保のためには「クサユタカ」、「夢あおば」では食用イネよりもより高いレベルの苗立ち密度を採用する必要があると判断された。
- 5) 種子を高水分収穫(32.3%以上)した場合、発芽率、苗立ち率が低下しやすいことが明らかになったが、この傾向は極大粒で胚芽が損傷しやすく、かつ登熟期の初水分低下速度が緩慢である「クサユタカ」でより顕著であった。
- 6) 「クサユタカ」と「夢あおば」の低温条件下での生育は、「アキヒカリ」にはやや劣るものの、「コシヒカリ」よりも明らかに優り、ほぼ「キヌヒカリ」並で、北陸地域の湛水直播栽培での普及には問題はないと考えられた。
- 7) 平均気温が同じで昼夜の較差が異なる条件下において、両品種とも較差が小さい場合が大きい場合に比べ生育が劣った。昼温の高低によるものと推察され、直播水稻の初期生育にとって気温日較差や昼温の影響が大きいことが示された。

- 8) 播種時の機械による芽の損傷と初期生育への影響は「クサユタカ」が他の品種よりも顕著で、催芽初播種では催芽程度に特に留意する必要があることが明らかになった。
- 9) 直播様式が異なる場合、初期生育は酸素発生剤の有無により影響を受け、酸素発生剤を粉衣しない様式では初期生育が遅れる傾向があった。しかしこの遅れはその後解消し、最終的な生育・収量の違いは播種様式間でほとんど認められなかった。
- 10) 両品種とも直播栽培であっても移植栽培と同様なTDN含有率、茎・葉鞘部のNSC含有率が得られることが明らかとなった。

引用文献

- 1) 甘利雅弘 (2004) “近赤外分析”. 農林水産研究文献解題 No. 29飼料作物の栽培・利用技術. 498-499.
- 2) 藤田泰仁・村井 勝・蔡 義民・甘利雅弘・小川増弘 (2003) 近赤外分析法による飼料イネの成分組成およびTDN値の推定. 畜産草地研究研究成果情報, 2, 49-50.
- 3) 藤塚昭吾・諸橋準之助・市川儀夫 (1979) 種子初めの収穫乾燥調製機械化技術に関する研究第2報, 新潟農試研報, 28, 23-34
- 4) 岩井昭衛・猪原明成・笠原正行 (1976) 水稻種子生産の収穫調製機械化技術体系に関する研究第1報, 農作業研究, 27, 14-20.
- 5) 松村 修 (2005) 飼料用水稻「クサユタカ」「夢あおば」の直播での窒素施用量と苗立ち密度, 関東東海北陸農業研究成果情報平成16年度Ⅲ, 240-241.
- 6) 松山裕城 (2004) “飼料特性・栄養価”. 農林水産研究文献解題No. 29飼料作物の栽培・利用技術. 660-662.
- 7) 三浦清之・笹原英樹・後藤明俊・重宗明子・上原泰樹・小林 陽・太田久稔・清水博之・福井清美・小牧有三・大槻 寛 (2004) 稲発酵粗飼料向き早生水稻品種候補系統「北陸187号」, 関東東海北陸農業研究成果情報平成15年度Ⅲ, 294-295.
- 8) 三浦清之・上原泰樹・小林 陽・太田久稔・清水博之・笹原英樹・福井 清美・小牧有三・大槻 寛・後藤明俊・重宗明子 (2006) 水稻新品種「夢あおば」の育成. 中央農研報, 7, 1-23.
- 9) 宮下高夫 (1999) “播種”. 北陸地域北陸地域水稻湛水直播栽培導入・定着マニュアル. 北陸地域直播稲作推進会議 (北陸農政局・北陸農業試験場), 50-50.
- 10) 新潟県農林水産部 (2005) “直播栽培”. 水稻栽培指針. 新潟県, 115-115.
- 11) 大西政夫・堀江 武 (1999) 重量法による水稻各器官中の非構造化炭水化物の簡易推定法. 日本作物学会紀事, 68, 123-136.
- 12) 佐々木良治・柴田洋一・鳥山和伸 (2002) 大区画水田における田面の高低が直播水稻の初期生育と分けつに及ぼす影響. 日本作物学会紀事, 71, 308-316.
- 13) 佐藤 勉・酒井 究 (2001) コシヒカリの湛水散播における安定栽培要因の解析. 北陸作物学会報36, 72-74.
- 14) 澤村宣志 (1999) “直播栽培方式の類型別特徴”. 北陸地域水稻湛水直播栽培導入・定着マニュアル. 北陸地域直播稲作推進会議編 (北陸農政局・北陸農業試験場), 2-4.
- 15) 島田義明 (2002) 平成11年度北陸地域水稻直播研究会資料. 北陸農業試験場編, 18-22.
- 16) 上原泰樹・小林 陽・古賀義昭・太田久稔・清水博之・三浦清之・福井清美・大槻 寛・小牧有三・笹原英樹・堀内久満・奥野員敏・藤田米一・後藤明俊 (2003) 水稻新品種「クサユ

- タカ」の育成. 中央農研報, 2, 83-105.
- 17) 上原泰樹 (1999) “品種および品質向上”. 北陸地域北陸地域水稲湛水直播栽培導入・定着マニュアル. 北陸地域直播稲作推進会議 (北陸農政局・北陸農業試験場), 97-99.
 - 18) 山口弘道・松村修 (2004) 登熟期のシンク, ソース関係からみた飼料向け水稲品種特性としての茎部デンプンの再蓄積. 日本作物学会紀事, 73, 402-409.
 - 19) 柳瀬 満・林 征三・川口祐男・高橋 渉 (1992) 水稲の湛水土中散播直播栽培における苗立密度が生育ならびに耐倒伏性に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 27, 28-30.

(2) 稲発酵粗飼料向けイネ品種の最適栽培管理法の開発

Development of Optimum Cultivation Management of Rice Variety for Whole Crop Silage

松村修・山口弘道^{*1)}・千葉雅大
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Osamu Matsumura, Hiromichi Yamaguchi^{*1)} and Masahiro Chiba
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

稲発酵粗飼料の栽培管理の基本は食用イネと重なることが多い。しかし、食用品種の栽培管理基準をそのまま流用した場合、多収を得にくいことも事実である。これは、飼料用イネ専用品種の栽培特性が食用イネと大きく異なる点が多いこと、玄米収量を目的とする食用イネと違い稲発酵粗飼料用では茎葉を含む地上部収量が必要なのでその目的に応じた管理が必要なこと等による。したがって、稲発酵粗飼料の生産にあたっては、その目的と品種に合致した栽培管理法が必要となる。本研究では、大麦－飼料用イネ輪作体系における湛水直播栽培での飼料用イネ専用品種、「クサユタカ」と「夢あおば」の最適管理法として、①散播直播栽培における適正苗立ち密度と最適施肥法、②散播直播栽培における生育診断法、③条播栽培における最適施肥法を開発する。

2. 湛水散播直播栽培における飼料用イネ専用品種の適正苗立ち密度と最適施肥法の解明

1) 目的

大麦－飼料用イネ輪作体系における「クサユタカ」と「夢あおば」の低コスト安定多収生産に資するため、品種の能力を最大限活かす湛水散播直播の栽培管理法を開発する。水稻直播で多収を得るための最重要点は、品種に応じた適正な m^2 当たり苗立ち密度の確保であり、適正な値より低ければ減収し、高すぎれば倒伏を助長する。北陸地域の水稲直播栽培で現在広く栽培されている「コシヒカリ」は、株の耐倒伏性を向上させるため食用品種の中でも比較的低い苗立ち密度水準で栽培されている¹⁾。これに対し、供試品種のような飼料向け水稻品種・系統は耐倒伏性が高く、かつ草型も「コシヒカリ」とは違うので、適する密度水準も相当異なるものと予想される。また、「コシヒカリ」等食用品種の直播栽培では、倒伏回避のため移植栽培より減肥した上で基肥重点の施用法がとられる場合が多い¹⁾。しかし、飼料用イネ専用品種のような窒素要求量の大きい超多収系品種では、多収のためにはこれら食用品種と異なる施肥法が不可欠と考えられる。以上の背景から、通常の5月播種と大麦あとを想定した6月中旬播種の2作期において、最大乾物収量を得るための適正な苗立ち密度ならびに窒素施肥法を検討した。

現在は、*1) 東北農業研究センター。

2) 材料と方法

供試品種として、「クサユタカ」並びに「夢あおば」を用い、2003年と2004年の2ヵ年実施した。塩水選種子を種子消毒したのち3日間浸種し、播種前日から30℃約15時間で催芽させ、播種種子とした。直播様式は酸素発生剤を粉衣しない湛水散播直播とし、代かき後落水した圃場到手播き散布した。播種期は、新潟県上越地域における通常の播種時期である5月上旬（普通期播）と大麦収穫あとを想定した6月中旬（晩播）の2作期とした。調査は苗立ち期に苗立ち密度を間引により調整した60×60cm枠の6反復で実施した。収穫は黄熟期に地上部を地際刈りし、80℃で通風乾燥後に秤量し収量（全乾物重）とした。以上を共通とした上で、各年時の試験設計を以下のようにした。

(1) 2003年

播種期は、5月8日と6月16日の2作期で実施した。苗立ち密度と施肥法の設定は下記のとおりを設定した。

〔苗立ち密度〕11.1、30.5、69.4、119.4、161.1本/m²の5水準を設定。窒素施肥は後述の3-2-0-2と3-0-2の2水準とした。

〔窒素施肥法〕窒素kg/10aで、5月8日播種が基肥一分げつ期追肥一穂首分化期追肥一穂肥（合計）で3-0-0-2(5)、3-2-2-0(7)、3-2-0-2(7)、3-3-3-0(9)、3-3-0-3(9)の5水準、6月16日播種は基肥一分げつ期追肥一穂肥で3-2-0(5)、3-0-2(5)、3-3-0(6)、3-0-3(6)の4水準とした。苗立ち密度はすべて69.4本/m²に設定した。リン酸とカリは基肥のみ窒素と同量施用した。分けつ期追肥は分けつ数2本程度の時期に、穂首分化期追肥は出穂前35日頃に、穂肥は出穂前20日頃に行った（2004年も同じ）。

試験実施中に苗立ち密度により地耐力に相当の差があることがわかったので、出穂後20日（落水後1週間）に作土層の土壤貫入抵抗値を測定した。測定の方法は、ロードセル内蔵の荷重変換器に尖形の金属棒を取り付け、地面に垂直に深さ15cmまで貫入させた時の最大抵抗値を1区30カ所測定した。

(2) 2004年

5月12日と6月16日の2作期で実施した。苗立ち密度と施肥法の設定は下記のとおりを設定した。

〔苗立ち密度〕11.1、30.5、69.4、119.4本/m²の4水準を設定。窒素施肥量は後述の3-2-2(7)、2-0-2(4)と同等とした。

〔窒素施肥法〕窒素kg/10aで、5月12日播種が、基肥一分げつ期追肥一穂首分化期追肥（合計）で3-2-2(7)、3-1-3(7)、3-2-4(9)、3-1-5(9)、3-3-5(11)、3-2-6(11)の6水準とした。6月16日播種は同じく2-0-1(3)、2-1-0(3)、2-0-2(4)、2-2-0(4)、2-0-3(5)、2-3-0(5)の6水準とした。苗立ち密度はすべて69.4本/m²とし、リン酸とカリは基肥のみ窒素と同量施用した。

3) 結果と考察

(1) 2003年

a) 苗立ち密度と収量

いずれの品種、作期とも密度69.4本/m²以上での収量の有意差は認められなかったものの、概ね高い苗立ち密度ほど多収となった（表2-13、図2-13～16）。北陸地域の水稲直播で最も普及している「コシヒカリ」について、新潟県の栽培基準を例にとると、苗立ち密度は60～80本/m²程度が適し、最低で40本/m²としている⁽⁴⁾。生産現場では極端に苗立ち密度が少ない箇所が出現しない限り、それ以下の密度でも倒伏を避けるためには適しており、玄米収量は30本/m²程度の密度まではあまり減収しな

いと言われている。これに対し、供試品種では30本/m²では明らかに減収しており、これは品種の草型等の違いや玄米重だけを収量とする食用品種と全乾物重を収量とする飼料用イネ品種との違いが反映されているものと推察される。特に少げつ性で分けつの少ない「夢あおば」では低苗立ち密度での収量低下が大きかった(図2-14)。従って、両品種とも全乾物多収を得るためには、「コシヒカリ」直播の目標苗立ち密度よりさらに高い水準で栽培する必要があると推察され、本試験で有意差が認められなかった69.4本/m²は最低基準としてとらえるべきと考えられた。そして、安定的に多収を得るための苗立ち密度目標は両品種とも100本以上、120本/m²程度と推察された。本試験では各苗立ち密度において倒伏はほとんど発生しなかった。

表2-13 苗立ち密度と生育・収量

品種・系統	播種期	苗立ち密度 (本/m ²)	苗立ち率 (%)	出穂期	最高 茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂数 (/m ²)	収穫時 水分 (%)	地上部 乾物量 (/m ²)	有意差 ※	地上部乾 物量の比 較※※	粗粒重 (/m ²)	粗/ わら比
クサユタカ	5月8日	11.1	59	8月12日	175	74	140	61.1	757	a	74	380	1.00
		30.5	63	8月11日	314	72	191	60.3	901	ab	88	444	0.97
		69.4	64	8月10日	422	66	240	58.7	1024	bc	100	497	0.96
		119.4	60	8月9日	519	64	290	58.5	1066	c	104	509	0.92
		161.1	66	8月8日	753	63	307	58.5	1072	c	105	509	0.92
	6月16日	11.1	68	9月7日	183	73	160	56.6	829	a	81	365	0.79
		30.5	72	9月6日	297	73	193	58.0	841	a	82	380	0.84
		69.4	75	9月5日	403	67	254	58.9	932	ab	91	437	0.89
		119.4	70	9月4日	508	67	298	59.6	965	ab	94	445	0.86
		161.1	77	9月3日	569	65	319	59.0	1011	b	99	422	0.72
夢あおば	5月8日	11.1	75	8月8日	192	74	141	58.0	775	a	68	423	1.20
		30.5	72	8月7日	325	71	211	61.0	957	b	84	499	1.09
		69.4	76	8月5日	633	67	298	61.7	1138	c	100	576	1.02
		119.4	75	8月4日	639	63	358	61.7	1244	c	109	638	1.05
		161.1	73	8月3日	797	65	378	58.6	1253	c	110	635	1.04
	6月16日	11.1	81	9月4日	192	76	161	58.2	796	a	70	369	0.86
		30.5	76	9月3日	378	74	244	57.7	919	b	81	439	0.92
		69.4	79	9月2日	475	71	299	59.4	964	bc	85	438	0.84
		119.4	77	8月31日	578	69	366	57.8	1114	c	98	510	0.85
		161.1	82	8月30日	630	66	380	58.1	1053	bc	93	480	0.84

注) ※同符号間は危険率5%で有意差なし, ※※各品種の5/8播種の69.4本/m²を100とする比較。

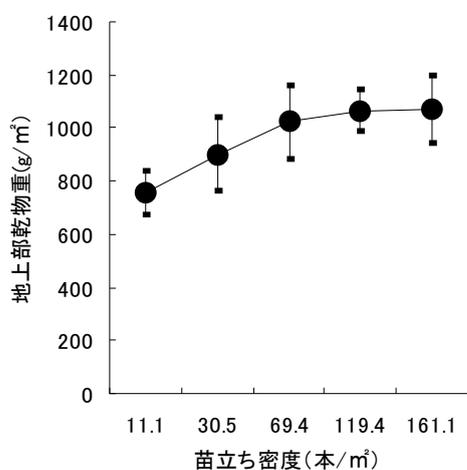


図2-13 5/8播種「クサユタカ」収量比較

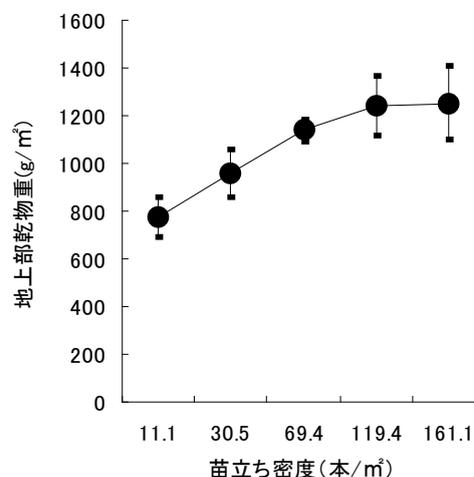


図2-14 5/8播種「夢あおば」の収量

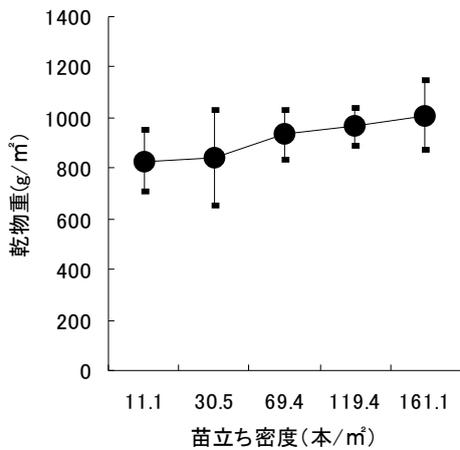


図2-15 6/16播種「クサユタカ」の収量

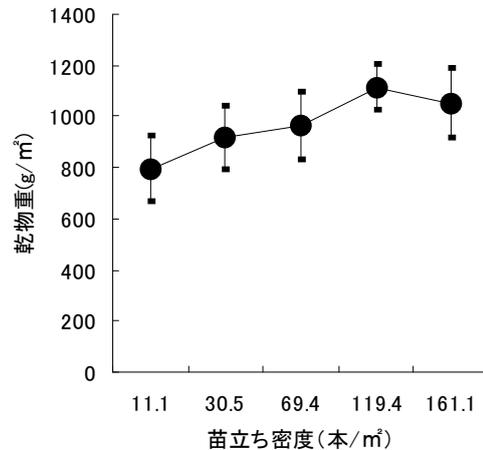


図2-16 6/16播種「夢あおば」の収量

b) 晩播での減収程度

普通期播種に対する晩播での減収程度は、2割までは達しなかった(表2-13)。しかし、2003年は6月末から8月上旬にかけて低温・寡照傾向が続いた冷夏であったので、特に5月8日播種の生育量が平年よりもかなり少なかったと推察される。晩播での減収程度については、さらに気象条件の異なる年次で検討する必要がある。なお、晩播の出穂期は9月にずれ込み収穫期は10月上旬となった。しかし、すべての試験区で収穫時の収穫物水分は目標値である65%以下に収まっており、ダイレクト収穫が充分可能であった(表2-13、表2-14)。

表2-14 施肥法と生育・収量

品種・系統	播種期	施肥法	出穂期	稈長 (cm)	穂数 (/m²)	収穫時水分 (%)	地上部乾物重 (/m²)	有意差 ※	地上部乾物重の比較 ※※	粗粒重 (/m²)	粗/わら比
クサユタカ	5月8日	3002	8月10日	68	300	61.1	1130	a	84	533	0.894
		3220	8月12日	75	299	59.1	1287	ab	96	611	0.901
		3202	8月11日	74	294	59.5	1347	b	100	581	0.899
		3330	8月13日	80	324	58.6	1420	b	105	638	0.881
		3303	8月13日	82	326	58.9	1454	b	108	699	0.960
夢あおば	5月8日	3002	8月5日	67	298	63.1	1114	a	83	542	0.946
		3220	8月7日	72	362	63.7	1392	bc	103	633	0.886
		3202	8月6日	72	342	63.5	1350	b	100	599	0.952
		3330	8月7日	78	367	60.8	1487	bc	110	678	0.879
		3303	8月8日	79	351	63.1	1553	c	115	734	0.930
クサユタカ	6月16日	320	9月6日	72	280	61.9	1079	a	100	443	0.722
		302	9月5日	68	292	60.9	1079	a	100	417	0.685
		330	9月6日	72	269	61.9	1034	a	96	430	0.726
		303	9月7日	71	269	57.7	1157	a	107	434	0.690
夢あおば	6月16日	320	9月2日	71	303	58.5	1028	a	110	456	0.883
		302	9月2日	69	291	57.1	934	a	100	437	0.849
		330	9月3日	74	304	59.2	1001	a	107	446	0.852
		303	9月3日	73	282	57.5	1056	a	113	487	0.874

注) ※同符号間は危険率5%で有意差なし, ※※5/8播種は3202を, 6/16播種は302を100とする比較.

c) 施肥法と収量

5月8日播種では合計窒素施肥量7kg/10aの場合に多収傾向を示したが、9kg/10a施用との差は小さく、最適合計窒素施肥量は7～9kg程度であると推察された(表2-14)。北陸地域における直播栽培の「コシヒカリ」窒素施肥量は2～3kg/10a程度が基準であり⁴⁾、移植でも5～6kg/10a程度である。これに比べて供試品種の窒素施肥量は相当多い水準にあると言える。また、北陸地域の食用イネの穂肥は幼穂形成期～穂ばらみ期中に2回に分けて実施しているが、低コスト性が要求される飼料用イネでは1回が妥当と考えられるので試験設計では1回のみとした。その前提で、今回、施肥時期として穂首分化期追肥(出穂35日前)を検討したが、穂首分化期追肥と幼穂形成期追肥の間に明瞭な収量差や倒伏程度の差は認められなかった。穂首分化期追肥は茎葉の伸長を促進させて倒伏を助長することから、食用イネでは一般に避けられているが、茎葉を含めた乾物重多収をねらう飼料用イネではこの時期の追肥も問題はないと考えられた。すなわち、飼料用イネにおける最終追肥時期は、食用イネの穂肥よりも前に実施することが可能であると推察される。「コシヒカリ」など耐倒伏性が弱い食用品種での穂肥時期は、倒伏を避けるため厳密に設定し2回に分けることが求められており、このため作付面積の多い大規模経営では作業が集中するため負担が大きい。この点、飼料用イネでは穂首分化期を含めてより幅広い期間にわたって穂肥を施用することが可能であり、作業負担軽減の点から有利であると考えられた。なお、晩播では施肥量と施肥法についての有意な差は認められず、必要窒素量は普通期播種よりさらに少ないと判断された。

d) 苗立ち密度と土壌貫入抵抗

落水後1週間目の土壌貫入抵抗は苗立ち密度により違いがあり、高い苗立ち密度ほど大きくなった。この要因として、根群形成や水分吸収による土壌の乾燥が影響するものと考えられ、地耐力形成に苗立ち密度が関与する可能性が示唆された(図2-17)。

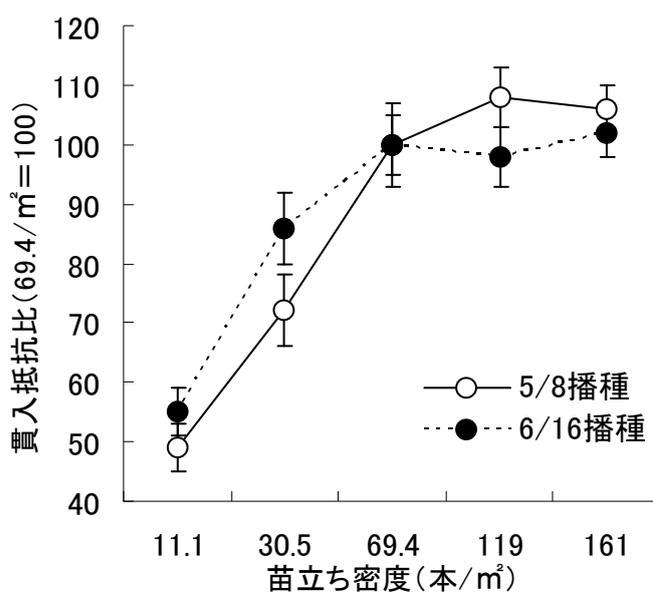


図2-17 苗立ち密度と土壌貫入抵抗(クサユタカ)

(2) 2004年の結果と2年間のまとめ

a) 苗立ち密度と収量、適正な苗立ち水準

(表2-15)に品種・作期・苗立ち密度別の生育諸形質と収量を示した。いずれの品種、作期とも密度69.4/m²以上での地上部乾物収量に有意差は認められなかったものの、概ね高い苗立ち密度ほど多収となり、最大収量はすべての品種と作期において最も苗立ち密度が高い119.4本/m²で得られた。倒伏程度は苗立ち密度が高いほど増したが、最大でも6段階評価の2程度であり、特段の問題にはならないものと思われる。北陸地域における直播栽培の主要品種である「コシヒカリ」の最適苗立ち密度は前述した新潟県基準のほか、50~100本/m²⁵⁾、あるいはより少ない40~70本/m²であるとされているが³⁾、2003年ならびに2004年の結果から、「クサユタカ」と「夢あおば」を用いた稲発酵粗飼料用の飼料用イネ生産では、さらにより高い水準で栽培する必要があると推察された。また、酒井ら²⁾は別の品種を用いた適正苗立ち範囲の検討で、「キヌヒカリ」で50~160本/m²、「ハナエチゼン」で30~140本/m²がそれぞれ適していることを明らかにしたが、これらの品種での下限値は本試験で供試した「クサユタカ」や「夢あおば」では明らかに低すぎる値であると言える。このような食用品種との適正苗立ち密度水準の違いは、供試した2品種が分げつ発生の少ない少げつ性品種であり低苗立ち密度では穂数が確保しにくいことと、加えて食用品種の場合、収量だけでなく食味も考慮するため設定の視点が異なること等によるのであろう。

表2-15 苗立ち密度と生育・収量(2004年)

品種・系統	播種期	苗立ち密度 (本/m ²)	苗立ち率 (%)	出穂期	稈長 (cm)	穂数 (/m ²)	収穫時 水分(%)	地上部 乾物重 (/m ²)	有意差※	地上部乾 物重の比 較※※	倒伏程度 (0~5)
クサユタカ	5月12日	11.1	65	8月12日	77	229	60.9	1243	a	78	0
		30.5	63	8月11日	75	293	60.5	1438	b	90	0
		69.4	68	8月9日	73	356	59.7	1594	c	100	1
		119.4	64	8月8日	73	405	58.6	1607	c	101	2
	6月16日	11.1	72	9月1日	74	219	58.7	886	a	56	0
		30.5	68	8月31日	72	300	58.0	1240	b	78	0
		69.4	70	8月30日	69	324	58.3	1351	bc	85	1
		119.4	75	8月29日	69	363	59.2	1440	c	90	1
夢あおば	5月12日	11.1	75	8月7日	75	240	58.7	1352	a	79	0
		30.5	72	8月6日	74	309	60.0	1571	b	92	0
		69.4	76	8月3日	72	344	61.2	1708	bc	100	2
		119.4	75	8月2日	72	445	61.3	1872	c	110	2
	6月16日	11.1	81	8月27日	76	199	60.2	859	a	50	0
		30.5	76	8月24日	75	271	58.3	1150	b	67	0
		69.4	79	8月23日	73	323	58.8	1320	c	77	1
		119.4	77	8月22日	69	371	59.4	1398	c	82	1

注) ※同符号間は危険率5%で有意差なし, ※※各品種の5/12播種の69.4本/m²を100とする比較。

2004年は8月中旬まで高温傾向が続いたため、5月12日播種では低苗立ち密度条件でも1200~1300g/m²台の収量を得た。しかし、これらは初期落水条件を満たす試験設計での成績であり、前章「稲発酵粗飼料向け飼料用イネ品種の栽培特性の解明」における湛水条件と分げつ発生の結果から見て、実際の生産現場で低苗立ち密度となった場合、収量はさらに低下する恐れがあると推察された。なお、苗立ち密度が低い場合、出穂期も遅れる傾向が認められた。北陸では天候や作業競合の点から食用イネ収穫前の飼料用イネ収穫の要望が強いが、苗立ち密度が低い場合、出穂が若干遅れ、その後の登熟ステージも遅れてしまうことに留意する必要がある。収穫を早めるためにも、苗立ち

密度は高めに設定した方がよいと考えられた。以上、2003年の結果と併せ、多収のための「クサユタカ」と「夢あおば」の苗立ち密度は最低基準が70本/m²以上で、目標として100本/m²以上、120本/m²程度で最大収量が得られると判断された。

b) 窒素施肥法と収量、最適な施肥法

(表2-16)に品種と作期・窒素施肥法別の生育諸形質と収量を示した。各施肥法による収量差は、両品種とも5月12日播種ではほとんど認められなかった。したがって、今回設定した窒素施用量と分施肥法の範囲では、5月上旬播種の場合、各施肥法間での大きな違いは無く、2003年の結果と併せて分施肥法はほぼ等量ずつの3回分施が適当と考えられた。合計窒素施用量が11kg/10aでは6段階評価での倒伏程度3の倒伏が発生した。収穫に影響するような倒伏程度ではなかったが、生産現場で天候等により収穫が遅れた場合はより激しくなる可能性も否めない。このことから、(図2-18)に総窒素施用量と収量との関係について2ヵ年のデータをまとめて示したが、10a当たり総窒素施用量7～11kgの範囲で施用量・施肥法の有意差はほとんど認められなかったものの、倒伏の危険性を回避する上で10a当たり総窒素施用量は7～9kg程度が適当であると推察された。晩播では10a当たり総窒素施用量3kgでは低収となり、4～5kgで収量が高くなった。分施肥法による違いは認められなかった。(図2-19)に2003年の結果と併せた晩播における総窒素施用量と収量との関係を示したが、より絶対収量の高かった2004年において10a当たり窒素4～5kgで施用量・施肥法による差が認められなかったことから、結論として6月中旬播種の晩播栽培では、10a当たり窒素4～5kgを等量ずつ2回分施する施肥法が適すると判断された。北陸地域における直播水稻の窒素施肥量は、主要品種が耐倒伏性の弱い「コシヒカリ」であることも影響し、かなり少ないレベルに抑えられているが¹⁾、「クサユタカ」や「夢あおば」のような飼料用イネ専用品種を用いる場合、品種特性である多収性を活かす上でより多い窒素施用量が必須であると言える。

表2-16 施肥法と生育・収量

品種・系統	播種期	窒素施肥法 分施(計) kg/10a	出穂期	稈長 (cm)	穂数 (/m ²)	収穫時 水分(%)	地上部 乾物重 (/m ²)	有意差※	地上部乾物 重の比較 ※※	倒伏程度 (0～5)
クサユタカ	5月12日	322(7)	8月6日	73	386	60.5	1706	a	100	1
		313(7)	8月8日	74	405	59.0	1765	ab	103	1
		324(9)	8月8日	78	430	59.5	1792	b	105	2
		315(9)	8月8日	81	431	58.3	1785	b	105	2
		335(11)	8月9日	81	435	59.6	1767	ab	104	3
		326(11)	8月9日	83	410	59.4	1753	ab	103	3
夢あおば	5月12日	322(7)	8月3日	71	400	60.1	1735	a	100	1
		313(7)	8月3日	74	399	60.2	1749	ab	101	2
		324(9)	8月4日	74	447	58.3	1801	b	104	2
		315(9)	8月4日	77	413	59.6	1778	ab	102	2
		335(11)	8月4日	80	413	60.7	1797	b	104	3
		326(11)	8月4日	81	437	62.3	1779	ab	103	3
クサユタカ	6月16日	201(3)	8月28日	69	303	60.2	1131	a	100	1
		210(3)	8月28日	71	314	59.3	1188	a	105	1
		202(4)	8月29日	72	338	61.8	1310	b	116	2
		220(4)	8月29日	72	351	59.4	1349	b	119	2
		203(5)	8月30日	71	384	58.7	1397	b	124	2
		230(5)	8月30日	73	353	58.8	1351	b	119	2
夢あおば	6月16日	201(3)	8月21日	71	336	57.6	1222	a	100	1
		210(3)	8月22日	70	345	57.4	1253	ab	103	1
		202(4)	8月22日	74	376	58.9	1347	c	110	2
		220(4)	8月22日	75	358	58.5	1303	abc	107	2
		203(5)	8月24日	73	367	60.4	1360	c	111	2
		230(5)	8月23日	75	370	59.4	1388	c	114	2

注) ※同符号間は危険率5%で有意差なし, ※※5/12播種は322を, 6/16播種は201を100とする比較。

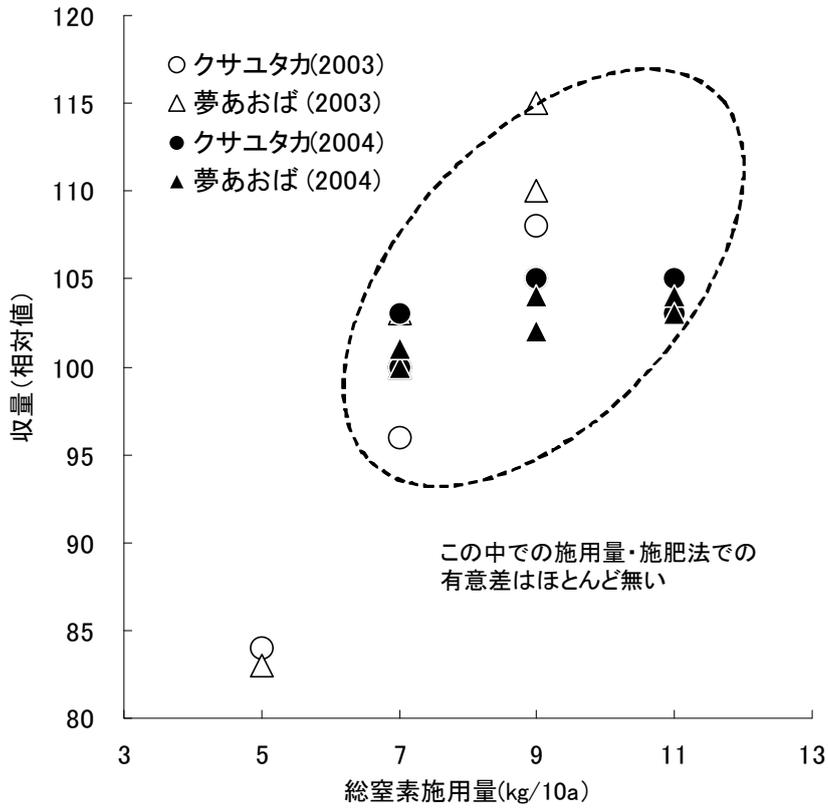


図2-18 総窒素施用量と地上部乾物収量(5月播)

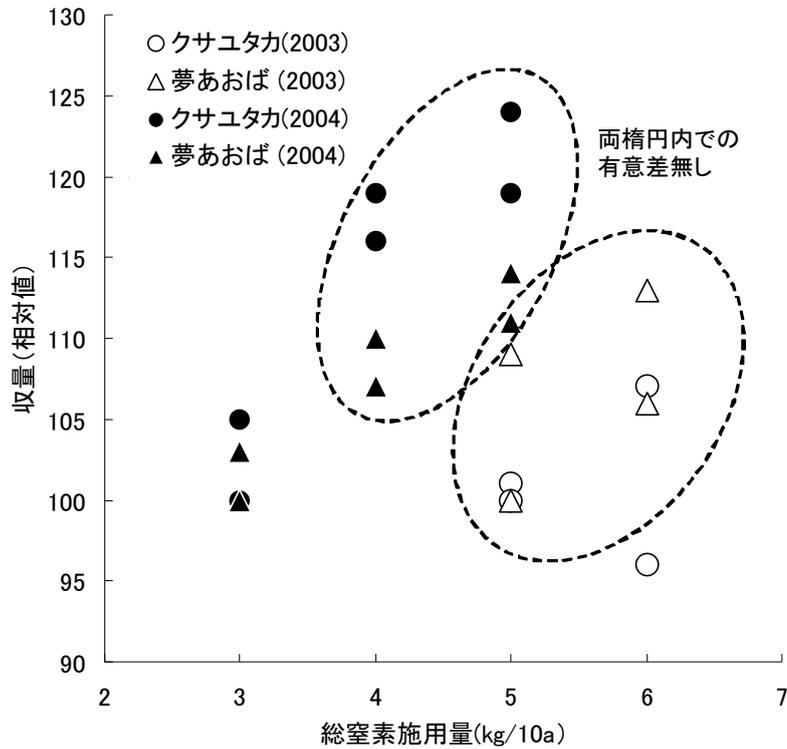


図2-19 総窒素施用量と地上部乾物収量(6月播)

c) 晩播栽培での減収程度

2004年の晩播での減収程度は2003年（2割以内）よりも大きくなり、両品種とも30.5本/m²以下の低苗立ち密度では40～50%減収となった。69.4本/m²以上の苗立ち密度でも、施肥試験を含め減収率20%以上となるものが多かった。2004年は夏期高温により5/12播種の生育量が旺盛となったため、晩播との収量格差が低温年であった2003年に比べ拡大したものと推察される（表2-14、表2-15）。（図2-20）は全試験区のデータについて穂数と収量の関係を示したものであるが、両者の相関は極めて高く、穂数によって収量がほぼ決まると考えられた。生育期間の短い晩植では穂数確保が難しいため、収量が低くなったと考えられる。穂だけでなく茎葉を含めた地上部全重が収量となる飼料用イネ生産では、米粒だけを対照とする食用イネ生産に比べ、多収を実現する上で穂数確保がより重要であると推察された。

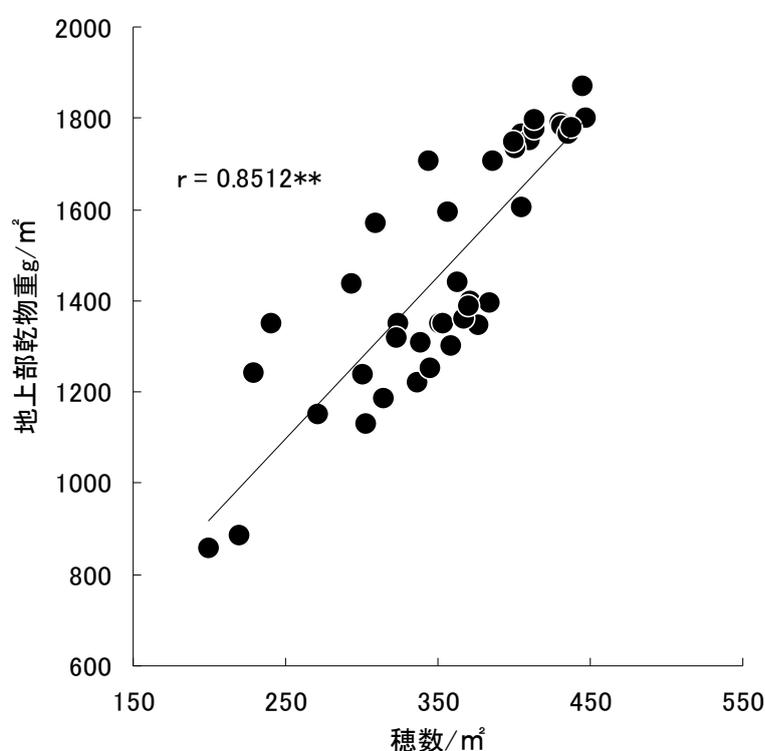


図2-20 穂数と収量の関係

3. 散播直播栽培における飼料用イネ専用品種の生育診断法

1) 目的

前項において、5月上旬と大麦収穫後を想定した6月中旬の2作期において、最大乾物収量を得るための必要苗立ち密度水準、施肥法を明らかにしたが、実際の栽培の場面では地力等の圃場条件や気象条件などにより生育の遅れや不足が生じる場合がある。このような場合、早期に生育状況を判断して是正措置をとらなければならないが、そのためには生育期間中において生育診断を行う必要がある。そこで、本課題では多収のための生育診断に必要な最適診断時期、ならびに葉色、草丈等の診断形質とその指標となる基準値を明らかにした。また、診断の結果から生育不足が予想される際の生育是正方法について検討した。

2) 材料と方法

(1) 生育診断時期ならびに診断形質、指標となる基準値の検討

「夢あおば」と「クサユタカ」を5月上旬に場内圃場に湛水散播し、苗立ち期に間引き処理を行うことにより苗立ち密度70本/m² (低苗立ち密度:2004~2005年)、125本・175本/m² (高苗立ち密度:2006年)とし、これら苗立ち密度や分けつ初期追肥窒素の施用量の違いによって葉色 (SPAD値) や草丈、茎数、植被率等の生育形質が異なる群落を作出した。分けつ初期追肥窒素は播種後30日の分けつ初期に窒素追肥を4水準 (0、1、2、3 kg/10a) で施用した。こうして得られた生育形質の異なる群落について、最高分けつ期及び穂首分化期におけるそれら生育形質を調査し、黄熟期全乾物収量との関係を解析し、最適な診断時期と診断形質、指標となる基準を求めた。黄熟期乾物収量は、地際刈りによる地上部の80℃通風乾燥後の重量である。葉色の測定は展開第2葉の中央部をミノルタ製葉色計で測定し、葉色値 (SPAD値) として示した。葉色と草丈は20個体測定の平均値、茎数は0.36m²の測定値を1 m²換算した。植被率は地上高1.5mからデジタルカメラで撮影した60×60cm枠内の垂直画像を、画像解析ソフト「LIA32」を用いて解析し算出した。これらの測定を行った後、通常の飼料用イネ肥培管理に沿って3 kg/10aの穂首分化期窒素追肥を行い (形質調査後に実施) 栽培を続け、黄熟期に地際刈り取りで収穫した。

(2) 診断結果による生育是正の検討

a) 2005年

穂首分化期の葉色 (SPAD値) の異なる散播直播した「夢あおば」 (苗立ち密度70本/m²) を用い、窒素追肥 (3 kg/10a) の有無とその時期がその後の生育・収量に及ぼす影響を検討した。追肥時期は診断直後 (出穂前35日)、診断後10日後 (出穂前25日)、診断後20日後 (出穂前15日) とし、硫酸を用いた。

b) 2006年

苗立ち密度が高い場合の追肥効果を「夢あおば」で検討した。苗立ち密度150本/m²程度の群落で、上記の生育診断法の検討と同様に播種後30日の窒素追肥で穂首分化期 (出穂前35日) における葉色が異なる群落 (薄い群落30.5~33.9、やや薄い群落34.3~37.2、濃い群落39.4~41.5) を作出し、穂首分化期の窒素追肥 (1、2、3、4 kg/10a) の効果を検討した (2反復)。追肥時期の影響をみるため、別途遅い時期の追肥 (出穂前20日、3 kg/10a) も設定した (2反復)。窒素追肥はすべて硫酸を用いた。

3) 結果と考察

(1) 生育診断時期ならびに診断形質、指標となる基準値

(表2-17)に「クサユタカ」、「夢あおば」の黄熟期全乾物収量と最高分けつ期ならびに穂首分化期頃の生育形質との相関係数を、低苗立ち密度と高苗立ち密度それぞれの場合について示した。70本/m²の低苗立ち密度の場合、両品種ともいずれの時期においても、葉色 (SPAD値)、茎数、草丈が収量との間に有意な正の相関が認められたが、植被率と収量の間には有意な関係はほとんど認められなかった。二つの調査時期を比較すると、穂首分化期の方が最高分けつ期よりも両品種とも各形質において相関係数が大きくなる傾向が明らかに認められた。また、形質間では葉色の値が最も大きかった。125本/m²と175本/m²の高苗立ち密度の場合、両品種とも最高分けつ期では収量と各形質の間に相関は認められなかった。しかし、穂首分化期になると葉色と草丈で有意な正の相関が認められた。この場合、低苗立ち密度同様に葉色が最も相関係数の値が大きくなった。植被率はいずれの

苗立ち密度においても相関係数の値が低かったが、これは最高分けつ期を過ぎると稲体が田面を覆うため収量との相関が低くなるため、とりわけ繁茂程度が激しくなる高苗立ち密度でその傾向が現れたものと推察された。高苗立ち密度で最高分けつ期の生育形質と収量との相関が全般に低かったのは、この時期の生育形質に処理間で大きな差がないためであった。以上の結果から、生育診断の時期としてはいずれの苗立ち密度においても出穂前35日頃の穂首分化期が妥当であると判断された。また、診断形質としては、相関の高さと測定の容易さからみて葉色（SPAD値）が最適であると言える。

表2-17 調査時期別の生育指標と全乾物収量との相関係数

苗立ち密度	調査時期	品 種	葉 色	草 丈	茎 数	植被率
70本/m ² (低苗立ち密度)	出穂前41～46日 (最高分けつ期頃)	クサユタカ	0.5308*	0.5521*	0.7124**	0.4711
		夢あおば	0.5823*	0.5347*	0.6986**	0.4903*
	出穂前33～36日 (穂首分化期頃)	クサユタカ	0.8411***	0.5969*	0.8003***	0.3971
		夢あおば	0.8286***	0.6080**	0.7511***	0.4285
125、175本/m ² (高苗立ち密度)	出穂前41～46日 (最高分けつ期頃)	クサユタカ	0.4202	0.3521	0.4016	0.3153
		夢あおば	0.3285	0.3389	0.3237	0.3420
	出穂前33～36日 (穂首分化期頃)	クサユタカ	0.9811***	0.6354**	0.4806	0.3233
		夢あおば	0.9557***	0.6773**	0.4993*	0.4028

注) *, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意。植被率は地上高1.5mからの測定。各品種のデータ数と試験年次は、密度70本が17個、2004～5年、密度125本と175本が16個、2006年。

(図2-21)に70本/m²の苗立ち密度における全乾物収量と穂首分化期葉色との関係を示したが、いずれの品種も葉色値42～44以上の場合に1800g/m²に近いかそれ以上の全乾物収量が得られたので、低苗立ち密度ではこの程度の葉色値が多収のための基準値となると推察された。

同様に(図2-22)に125本/m²、175本/m²の苗立ち密度における全乾物収量と穂首分化期葉色との関係を示したが、いずれの品種も葉色値40以上を確保した場合に1800g/m²付近の乾物収量が得られており、高苗立ち密度ではこの程度の葉色値が多収のための基準値となると推察された。なお、本試験では、いずれの苗立ち密度においても両品種とも0～5の6段階評価で倒伏程度3以上となる倒伏は発生しなかったため、この基準値付近での倒伏の危険性は小さいと推察された。

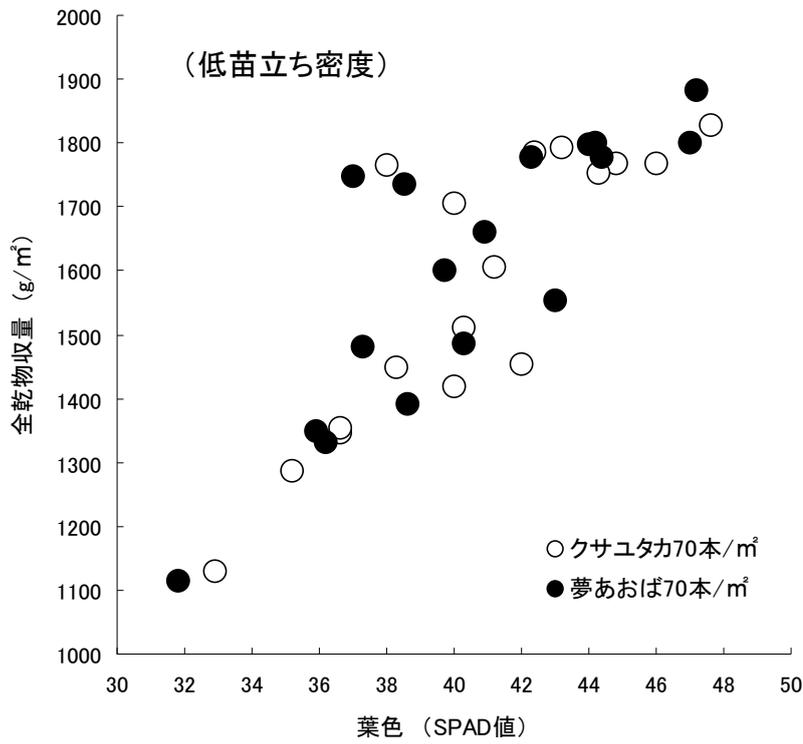


図2-21 穂首分化期頃の葉色と全乾物収量
(2004~5年、苗立ち70本/m²)

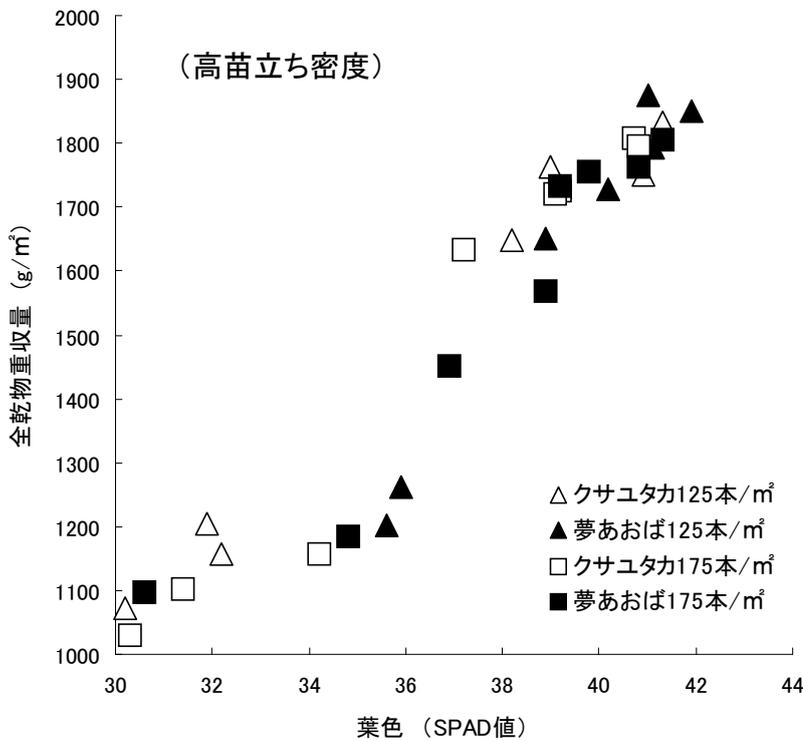


図2-22 穂首分化期頃の葉色と全乾物収量
(2006年、苗立ち125, 175本/m²)

(2) 診断結果による生育是正

a) 2005年(苗立ち密度70本/m²の場合)

穂首分化期の生育診断により葉色が淡い場合、窒素追肥を行うことによって収量が2割程度回復した(表2-18)。ただし診断後の追肥施用時期が遅れるにしたがって効果が落ち、また葉色が極端に淡い場合(35.2)は、追肥しても濃い場合(45.8)と同等レベルまで収量を回復させることはできなかった。葉色がやや淡い程度(40.5)であれば同等レベルへの回復は充分可能であった。(図2-23)に診断後の追肥による茎数・穂数の変化を示した。診断時の葉色値が35.2と低い場合、窒素追肥を診断直後に行うことにより追肥しない区や追肥が遅れた区に比べ穂数が増加した。これは、追肥により有効茎歩合が高まったためと考えられた。追肥が遅れた区では追肥しない区よりも穂数が増えたが、その程度は診断直後追肥よりも小さかった。これらのことから、穂首分化期の生育診断時において葉色値が低い場合、早期に窒素追肥を行うことにより有効茎歩合を高めて穂数にある程度確保できるものと考えられた。一方で、診断時に葉色が40.5とある程度の水準にある場合、同時期の葉色値が45.8ある場合と比べて最高分けつ期の茎数に大きな差はなく、追肥によっても穂数はほとんど変わらなかった。葉色40.5の追肥区では穂数増による収量確保ではなく、追肥後の茎葉伸長等の乾物生産増による効果があったものと考えられた。以上のように穂首分化期の生育診断とその後の追肥によって収量減を軽減することが可能であることが明らかとなったが、最終的な多収のためには穂数確保が重要であり、最高分けつ期あるいはそれ以前に大きな葉色低下が認められた場合には早めに追肥を行うことの重要性も示唆された。飼料用イネにおいては食用イネにおけるシンクである籾だけでなく、茎葉、特に茎と葉鞘の存在も同化産物を蓄積するシンクとして大切であり、このことから穂数を確保することは重要であろう。

表2-18 葉色診断後の窒素追肥時期と効果(夢あおば2005年)

出穂前35日葉色 (SPAD値)	窒素追肥時期 (3kg/10a)	穂揃期の葉色 (SPAD値)	全乾物収量 (g/m ²)	収量の 有意差	収量比 ^{注)}
35.2	無施用	29.0	1332	a	71
	出穂前35日	42.6	1649	c	88
	出穂前25日	43.1	1597	bc	86
	出穂前15日	41.4	1508	b	81
40.5	無施用	33.7	1533	b	82
	出穂前35日	42.5	1836	de	98
	出穂前25日	43.8	1824	de	98
	出穂前15日	46.1	1771	d	95
45.8	出穂前35日	43.9	1864	e	100

注) 収量有意差は同符号間に危険率5%水準で有意差なし。

収量比は出穂前35日葉色(SPAD値)45.8の収量を100とした場合。

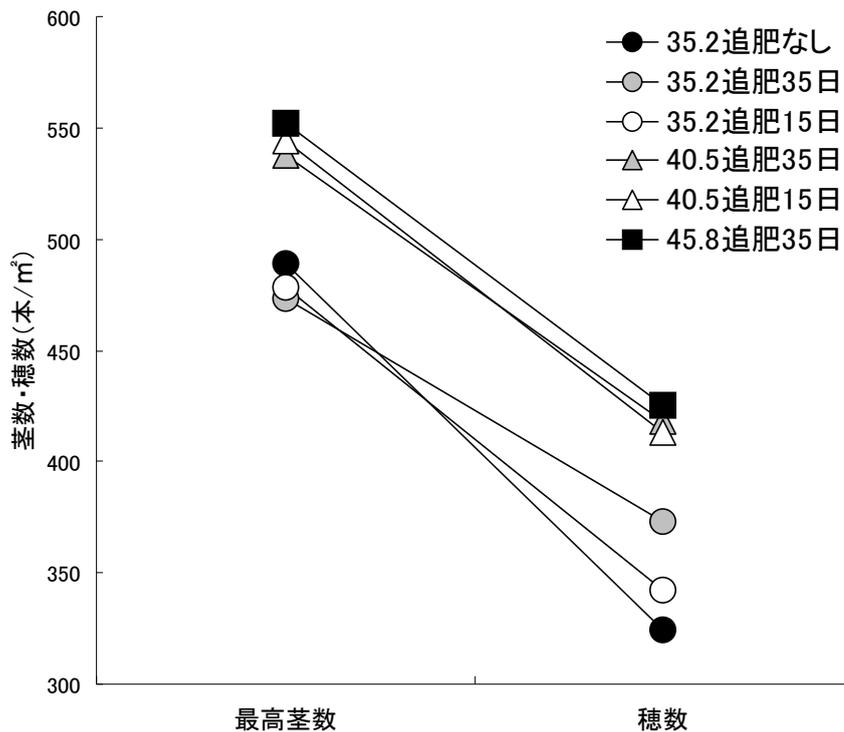


図2-23 生育診断後の追肥が茎数・穂数変化に及ぼす影響

b) 2006年(苗立ち密度125、175本/m²の場合)

(表2-19)に穂首分化期の葉色診断における葉色の違いと窒素追肥量が、最終的な乾物収量に及ぼす影響を示した。これを見ると、診断時の葉色が薄い場合でも窒素追肥を行うことで収量低下を軽減することが可能であることがわかる。そして、収量低下の軽減効果は窒素追肥量が多いほど高まったが、診断時の葉色が最も濃い39.4~41.5の場合との収量比に示されるように、4 kg/10aの窒素肥料を施用しても37.2以下の葉色の区の収量は39.4~41.5の葉色の区に及ばなかった。つまり、苗立ち密度が125本以上の場合、穂首分化期の葉色が基準値を満たさない時、窒素追肥量を増やすことで減収の程度を小さくすることはできるが、完全な収量回復は難しいと考えられた。さらに、施用時期を出穂前20日と15日間遅らせた場合、穂揃い期の葉色はやや回復するが収量回復の程度は診断直後の施肥に比べ小さくなってしまった。このことから、苗立ち密度70本/m²と同様により高い苗立ち密度においても穂首分化期生育診断後の追肥はできるだけ早く行う必要があるといえる。今回供試した比較的高い苗立ち密度水準では、最高分げつ期~穂首分化期以降、幼穂形成期にかけて葉色が急激に低下する傾向が観察された。これは、高苗立ち密度では単位面積当たりの水稻個体数が多いことから窒素競合が激しく、ある一定の生育量に達した後はその影響が急激に表れるためと推察された。このような生育環境下では、窒素追肥はそうした葉色凋落が激しくなる前に施用する必要があると考えられた。供試した出穂前20日追肥はすでに激しい葉色凋落が生じてからの施用であり、このため穂揃い期の葉色は回復したものの、乾物重低下の軽減には不十分であったのだろう。

表2-19 葉色診断後の窒素追肥量と効果(夢あおば2006年)

出穂前35日葉色 (SPAD値)	窒素追肥量 (kg/10a)	穂揃期の葉色 (SPAD値)	全乾物収量 (g/m ²)	収量の 有意差	収量比
30.5~33.9	1	28.3	1098	a	59
	2	29.4	1123	ab	60
	3	33.2	1328	cde	71
	3(出穂前20日)	35.2	1259	cd	67
34.3~37.2	4	34.5	1496	fg	80
	1	29.5	1253	bc	67
	2	32.4	1386	def	74
	3	36.5	1605	gh	86
39.4~41.5	3(出穂前20日)	36.7	1502	fg	80
	4	40.2	1702	h	91
	3	40.9	1876	i	100

注) 追肥は診断当日に実施(一部のみ出穂前20日に実施)。収量有意差は同符号間に危険率5%水準で有意差なし。収量比は出穂前35日葉色(SPAD値)39.4~41.5の収量を100とした場合。

4. 条播栽培における最適施肥法

1) 目的

稲発酵粗飼料向け品種の直播栽培では、低コスト性から考えて散播直播が望ましい。しかしながら生産現場では、食用イネ直播の主流が条播であることなどから飼料用イネにも条播が適用される事例も多く、散播だけでなく条播における栽培管理法についても明らかにする必要がある。そこで、本研究では異なる窒素施肥条件下での条播栽培を行い、生育反応や収量の違いを検討した。前章「稲発酵粗飼料向け飼料用イネ品種の栽培特性の解明」で実施した散播と条播の比較において、散播よりも多肥化の可能性が高いと推察されたことから、散播ですでに明らかにした散播の総窒素施用量7~9kg/10aを上回る水準を検討する。

2) 材料と方法

「クサユタカ」と「夢あおば」を供試し、湛水条播栽培を行った。種子予措と催芽の方法は他の試験と同じで、過酸化石灰剤を乾初重に対し2倍重粉衣し、5月9日に条間30cmで手播きで条播した。手播きの方法は、落水田面に鉄パイプの両端を持って軽く落とすことによって浅く溝付けし、その溝に沿ってあらかじめ粒数を計測した粉衣種子を播いた。播種後、再び鉄パイプで上から軽く抑えて粉衣種子が見えなくなるよう埋没させた。苗立ち後に1処理区に4条×2mの調査区を設け、苗立ち数120本/m²となるように間引きにより苗数を調整した。収量調査はこの調査区で行った。窒素施肥設計(kg/10a)は、基肥一分げつ期追肥-穂首分化期追肥で、標肥:3-2-3(計8、散播並)、多肥:3-3-4(計10)、極多肥:3-4-5(計12)とした。リン酸とカリは基肥時のみ窒素と同量施用した。試験は2反復で実施した。

3) 結果と考察

(表2-20)に黄熟期の生育収量を示した。稈長・穂数・地上部全乾物重・全籾重とも、標肥よりも多肥及び極多肥で優る傾向が認められた。特に地上部全乾物重は多肥と極多肥で明らかに標肥を上回った。これらのことから、条播では総窒素施用量が散播よりも多い10kg/10aまたは12kg/10aでより多収を得られると判断された。多肥と極多肥間では差が認められなかったため、施肥水準としては10kg/10a以上、12kg/10a程度で充分と推察された。なお、出穂期は施肥量が増えるとやや遅くなる傾向があったが、両品種とも標肥に対し2日以内の遅れであった。また、可消化養分総量含有率や稈・葉鞘中の非構造性炭水化物含有率にはいずれも差が認められず、成熟期の倒伏程度にも目立った差はなかった。これらのことから、今回供試した施肥水準では飼料としての栄養価値や倒伏の問題は無いものと判断された。以上、条播では散播よりもより多い窒素施用を行うことで多収を得られることが明らかになった。

表2-20 黄熟期の生育収量

品種	処理区	出穂期	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	地上部全 乾物重 (g/m ²)	全籾重 (g/m ²)	TDN 含有率 (%)	稈・葉鞘 NSC含有 率 (%)	成熟期 倒伏程度 (0~5)
夢あおば	標肥	8月8日	82 a	353 a	1901 a	923 a	59.5	39.0	0
	多肥	8月9日	86 b	387 b	2198 b	1007 ab	58.4	40.4	0
	極多肥	8月10日	87 b	389 b	2232 b	1067 b	59.3	38.9	1
クサユタカ	標肥	8月11日	83 a	377 a	2004 a	978 a	58.3	29.7	0
	多肥	8月13日	88 b	390 ab	2206 b	1063 b	60.4	32.3	0
	極多肥	8月13日	89 b	396 b	2235 b	1055 b	59.0	30.7	1

注) 収量は黄熟期地際刈，倒伏程度は成熟期の観察，稈長～全籾重の符号で同一間は5%水準で有意差なし。標肥は8kgN/10a，多肥は10kgN/10a，極多肥は12kgN/10a。

5. 摘要

湛水直播栽培における「クサユタカ」と「夢あおば」の栽培管理法として以下が明らかになった。

- 1) 多収のための「クサユタカ」と「夢あおば」の苗立ち密度は最低基準が70本/m²以上で、目標として100本/m²以上、120本/m²程度で最大収量が得られると判断された。
- 2) 5月上旬播種の窒素施肥法は3回分施で10a当たり総窒素施用量7～9kg程度が適当であると推察された。
- 3) 6月中旬播種の晩播栽培では、10a当たり窒素4～5kgを2回に分ける施肥法が適すると判断された。
- 4) 晩播での減収程度は年次により30.5本/m²以下の低苗立ち密度では40～50%、69.4本/m²以上の苗立ち密度でも、20%以上となる場合があった。
- 5) 生育診断の時期は出穂前35日頃の穂首分化期が妥当で、診断形質は葉色 (SPAD値) が最適と判断された。
- 6) 生育診断時に70本/m²の苗立ち密度ではいずれの品種も葉色値42～44以上の場合に1800g/m²に近いかそれ以上の全乾物収量が得られ、低苗立ち密度ではこの程度の葉色値が多収のための基準

値となると推察された。

- 7) 125本/m²、175本/m²の苗立ち密度では葉色値40以上を確保した場合に1800g/m²付近の乾物収量が得られており、高苗立ち密度ではこの程度の葉色値が多収のための基準値となると推察された。
- 8) 生育診断後の追肥によって減収の軽減が可能であったが、最高分げつ期かそれ以前に著しい葉色低下が認められた場合、早めに追肥を行うことの重要性が示唆された。
- 9) 苗立ち密度が125本以上の場合、診断後の追肥量増加で減収程度を軽減できたが完全な収量回復は難しいと考えられた。
- 10) 条播では総窒素施用量が散播よりも多い10kg/10aまたは12kg/10aでより多収を得られると判断された。

引用文献

- 1) 齋藤仁蔵・松村 修ほか (2000) “コシヒカリと直播適性品種との比較・分析”. 北陸地域における北陸地域水稲湛水直播栽培一斉調査－水稲湛水直播栽培の現状と生産者の評価Ⅱ－. 北陸農業試験場, 北陸農業研究資料42, 35-37.
- 2) 酒井 究・佐藤 勉 (1996) 北陸農業の新技術. 9, 23-26.
- 3) 佐藤 勉・酒井 究 (2001) コシヒカリの湛水散播における安定栽培要因の解析. 北陸作物学会報36, 72-74.
- 4) 新潟県農林水産部 (2005) “直播栽培”. 水稲栽培指針. 新潟県, 115-115.
- 5) 柳瀬 満・林征三・川口祐男・高橋 渉 (1992) 水稲の湛水土中散播直播栽培における苗立ち密度が生育ならびに耐倒伏性に及ぼす影響. 北陸作物学会報, 27, 28-30.

2) 重粘土水田における飼料用イネの収穫作業の安定化技術の開発

Development of Stability Harvest Operation Technology for Whole Crop Rice in Heavy Clayey Paddy Field

大嶺政朗^{*1)}・帖佐 直^{*2)}・細川 寿
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Masaaki Omine^{*1)}, Tadashi Chosa^{*2)} and Hisashi Hosokawa
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

飼料用イネの収穫作業の場合、大型収穫機械の作業可能な条件が得られる地耐力の高い水田では、従来の牧草用ハーベスタやロールベアラ等の作業体系で収穫作業を行うこともできる。しかし、重粘土質の水田では一般的に軟弱な水田が多く、従来の作業体系では収穫機械の走行性や作業性に問題があり、安定した作業が困難なのが現状である。特に収穫期間が限定される輪作体系では、水田での収穫作業の効率が作付規模の制約要因となりうる。また、大規模畜産経営が少なく、大型収穫機械や複数の機械の導入が困難な地域では、耕種農家が収穫する場合と畜産農家が収穫する場合の両方を想定し、収穫作業に供する機械を選定する必要がある。そこで本研究では、重粘土水田における収穫作業の安定化を図るため、飼料用イネ収穫時の走行性や作業性などの問題点を明確にし、より安定した作業性が得られる作業条件の提示や収穫機械の選定を可能とする技術を開発する。

2. 材料と方法

本研究では、飼料用イネ専用収穫機などを対象として、走行性を計測するための計測システムを用い、栽培様式・栽植密度などを変えた所内圃場における走行性試験や現地圃場での実際の収穫時における収穫機械の走行性と地耐力を調査する。得られた走行性および地耐力データを用いて、収穫機械の諸元から算出される車両指数との比較や安定して作業走行可能な条件を解析する。さらに、作業機械の走行の可否を判定するWES(米国陸軍水理研究所)の走行性可否判定手法⁴⁾を解析結果に適用し、降雨量による地耐力の変化に対応したモデル式を検討する。

1) 供試機械

本研究で用いた供試機械は、フレール型の飼料用イネ用ロールベアラY社YWH1400A(以下、ロールベアラ、図2-24左)及び自走式ベールラップT社SW1010W(以下、ベールラップ、図2-24右)である。それぞれの概要^{7,13)}を(表2-21)に示す。また、現地圃場飼料用イネ収穫時に調査した畜産農家所有の一連の牧草用収穫機械の概要を(表2-22)に示す。

現在は、*1)九州沖縄農業研究センター、*2)東京農工大学。



図2-24 供試機（左：ロールベアラ、右：ベールラップ）

表2-21 供試機械の概要

	ロールベアラ	ベールラップ
作業内容	刈取り～梱包	ラッピング、運搬
メーカ	Y社	T社
型式	YWH1400A	SW1010W
走行形式	自走(クローラ)	自走(クローラ)
質量	3040kg	1050kg
クローラ幅 x接地長	400x1548mm	280x1122mm
平均接地圧	24.1kPa	16.4kPa

注) 平均接地圧 トラクタ：78～147kPa 人：39～49kPa

表2-22 調査した畜産農家所有の
牧草用収穫機械の概要

機械名	ディスクモア	ローラーバー レーキ	ロールベアラ	ラッピング マシン
作業内容	刈取り	集草	梱包	ラッピング
メーカ	K社	N社	W社	K社
型式	taarup 2020		RP12	Silawrap 7550
走行形式	トラクタ けん引式	トラクタ けん引式	トラクタ けん引式	トラクタ 装着式
走行部	鉄車輪	鉄車輪	車輪タイヤ	なし
質量	中	軽	重	中

2) 走行性計測システムによる走行性計測（実施：2003～2006年）

軟弱な圃場での走行時の車両のすべり率や沈下量を詳細に計測するため、セミクローラトラクタ用に開発した走行性精密計測システム¹²⁾を供試機のセンサや各部の仕様にあわせて改良した走行性計測システムを用い、走行時のすべり率などをリアルタイムで計測した。走行性計測システムの概要を(図2-25)に、ロールベアラに搭載した状態を(図2-26)に示す。各センサからの出力は計測プログラムが作動するコンピュータにて記録される。また、2005年以降の試験では、PDAをデータログとし、A/D変換とGPS信号の統合するマイコンボードによる小型の計測補助装置¹⁾を用いた。各計測項目について詳細は、次のとおりである。

- (1) 圃場位置：圃場位置は、RTK-GPS受信器（N社RT-2）にて測位し、NMEAコードデータの2Hz出力とする。また、機器周辺の通気性を良くするなど放熱対策を施している。
- (2) 車速：車速（クローラ移動量）計測については、供試機に標準装備された車速パルスセンサ（395パルス/m）を用い、発生したパルスを回転計PD-2（C社）に直接入力しF-V変換し、データログにて計測・記録する。
- (3) 刈取り部の負荷量：駆動部及び刈取部の各プーリの回転量を、反射式の光電センサにて計測し、負荷によるプーリ間のすべり率の変化を計測する。1回転1パルスとし、標準1600rpmにてF-V変換し、データログにて計測・記録する。
- (4) ベール生成量：ベール生成量については、ベール生成量インジケータの支持部（図2-26の左中央部のL字の部品）にスライド式ポテンシオメータを装着し、ロールに対してローラ圧の度合い

を計測する。ベールの回転・振動による計測値の変動が発生するため、平均処理などを行う。

- (5) ベール排出:ベール排出はベール排出ゲートの開閉をマグネット式近接スイッチにて検出する。ベール生成の途中段階からゲートが開き始めることから、単独では正確な排出時の検出はできないため、ベール生成量と併せてベール排出を判定する。

3) 現地圃場収穫時の走行性及び地耐力調査 (実施: 2003、2004、2007年)

現地飼料用イネ作付け圃場にて、収穫時における収穫用機械の走行性調査に加えて、実際の地耐力の変化を気象観測と共に詳細に調査し、重粘土水田での飼料用イネ収穫時の問題点を抽出した。供試圃場は、新潟県和島村上桐(圃場A、B、C全て暗渠及び明渠排水)、新潟県上越市下百々(圃場D、E全て暗渠及び明渠排水)で、供試品種「クサユタカ」の直播(散播及び条播)栽培圃場である。なお、圃場Aは本誌第3部の(図3-3のA圃場)、圃場Bは同じく第3部の(図3-3のB圃場)、圃場Cは同じく第3部の(図3-3のC圃場)と同じであり、圃場Dは第3部の(図3-2のA)圃場に相当し、圃場Eは第3部の(図3-2のA圃場の農道を挟んで北西側に隣接する圃場)である。調査項目は、地耐力(D社SR-2型土壌抵抗測定器DIK-5501²⁾による土壌硬度、土壌定数、土壌採取による土壌水分など)、走行性(GPSによるすべり率や走行速度、沈下量など)とした。土壌の貫入抵抗値はSR-2のコーン小における0~15cmまでの平均値し、内部摩擦角 ϕ はSR-2のリングせん断試験により求めた。

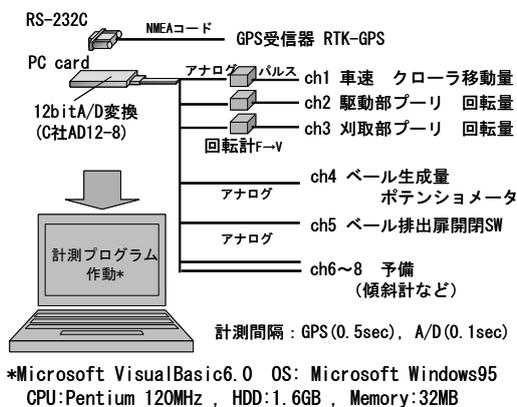


図2-25 走行性計測システムの概要

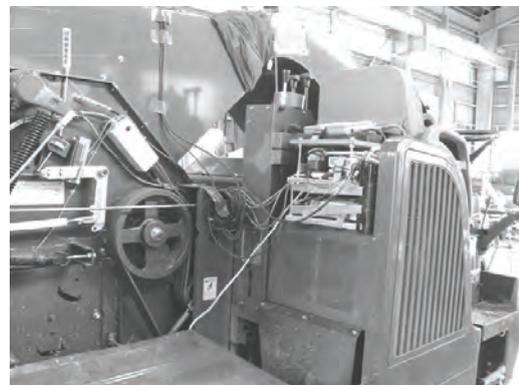


図2-26 運転席後部に搭載した計測システム

4) 栽植密度などによる走行性及び地耐力試験 (実施: 2004~2006年)

直播(条播、散播)及び移植にて栽植密度を数水準に設定し、それらに応じた収穫時の土壌硬度など地耐力の変化及び機械の走行性などを調査した。

(1) 栽植密度試験 (実施: 2004年)

試験圃場は、北陸研究センターNo. 5北圃場、面積は5aとした。なお、本圃場には暗渠排水の設備はない。供試品種は「コシヒカリ」、移植日は5月18日で手植えとし、試験区は、N1~N5、栽植密度は5水準(11~201本/m²)を設定した。

(2) 栽培様式+栽植密度試験 (実施: 2005年)

試験圃場は、水田Iとして北陸研究センターNo. 5北圃場に試験区N1~N6を設定した。N1~N6の試験区には、栽植密度を6水準(16~240本/m²)設けた。移植日は5月18日とした。

水田Ⅱとして北陸研究センターNo. 91圃場、面積13aに、試験区A～Fを設定した。供試品種は「夢あおば」（発芽率95%）を用いた。試験区Aは、散播の直播とし、播種量は、10aあたり乾籾で0～20kg（平均10kg乾籾/10a）とし、播種日は5月27日、播種方法は、動力散布機（動散）及び手播きとした。試験区B～Dは、条播の直播とし、播種量は3水準（10aあたり乾籾で7.7～15.5kg）、播種日は5月27日、播種方法は条播式直播機によった。なお、試験区A～Dの種子は催芽させて酸素発生剤は粉衣せずに播種した。試験区E、Fは、機械移植とし、栽植密度は条間30cmと60cmの2水準とした。移植日は5月29日、移植には歩行型移植機を用いた。なお、いずれの圃場も一筆の圃場内を一樣に管理するため、波板などを入れず、全試験区で同じ水管理条件とした。また、暗渠からの排水を行わなかった。

（3）栽培様式+栽植密度+中干し条件試験（実施：2006年）

試験圃場は、水田Ⅱ（北陸研究センターNo. 91圃場）に試験区A～Fを設定した。試験区Aは、直播で散播とした。播種量は乾籾で10aあたり10kgと20kgの2水準、動散及び手播きとした。試験区B～Dは、条播の直播とした。播種量は、3水準（10aあたり乾籾で7.7～15.5kg）とし、条播式直播機で播種した。直播の播種期は5月24日とした。試験区E～Fは機械移植とし、栽植密度は条間30cmと60cmの2水準とした。移植日は5月25日とし、歩行型移植機を用いた。

次に、水田Ⅲとして、北陸研究センターNo. 161圃場、面積10aに試験区G～Mを設定した。本圃場には、暗渠排水の設備はない。試験区G、Mは条間30cmの移植とし、移植には歩行型移植機を用いた。移植日は5月25日とした。試験区H、J、Lは、条播の直播とし、播種量は乾籾で10aあたり7.7～15.5kgとした。播種には条播式直播機を用いた。試験区I、Kは手播きによる散播直播とし、播種量は乾籾で10aあたり10kgとした。播種期は5月24日とし、種子は催芽させて酸素発生剤は粉衣せずに播種した。

水田ⅡとⅢでは、中干し条件を変え、水田Ⅱでは、慣行として亀裂を多く発生させ、水田Ⅲでは乾燥を弱めとして亀裂を少なくなるような管理を行った。水田Ⅱ、Ⅲともに、供試品種は、「夢あおば」（発芽率95%）とした。また、一筆の圃場内を一樣に管理するため、波板などを入れず、全試験区で同じ水管理条件とした。暗渠からの排水は実施しなかった。

調査項目は、生育（苗立ち数、植被率カメラ11）による植被率）、地耐力（SR-2による土壌硬度、土壌定数、土壌採取による土壌水分など）、走行性（GPSによるすべり率や走行速度、沈下量など）、収量（乾物重など）、切り株の支持力（収穫後の切株に対してSR-2の平板を0.5mm沈下させた際の荷重値）とした。

5）安定作業のための走行の可否判定技術の開発

（1）WESの走行の可否判定手法の適用

（図2-27）に示すように、WES（米国陸軍水理研究所）の走行の可否判定手法⁴⁾は、車両諸元などを表す車両指数VCI（vehicle cone index）と地耐力を表すコーン指数CI（cone index）を比較して可否を判定する手法である。WESでは車両指数VCIは、可動性指数（mobility index、MI）を式2-1より得てVCIを経験的に求める⁵⁾が、農業用機械の場合、共通した構造から簡略的に求められることがわかっている⁸⁾ため、本研究でのVCIの算出には、日本の農機用に簡略化された農業機械化研究所の金須ら³⁾のVCI略算式（式2-2）を用いた。実機による走行試験データは、平成15年～平成18年に実施した試験データを用いた。対象圃場は、栽植密度と栽植様式を変化させた北陸研究センター内の水田Ⅰ～Ⅲ、直播栽培の農家の圃場A～Eである。供試機はロールベアラとベールラップとし、降水量など

気象データは圃場近傍（20km以内）のアメダス観測地点のデータを用いた。以上のデータ及び手法によりWESの走行の可否判定手法の適用性を検証した。

車両指数 VCI とコーン指数 CI を比較する
 $VCI < CI$ → 走行可
 $VCI > CI$ → 走行困難

図2-27 WES走行の可否判定手法

式2-1 WESの履帯車両の可動性指数MIの計算式

$$MI = \left(\frac{\text{接地圧係数} \times \text{重量係数}}{\text{履帯係数} \times \text{突起係数}} + \text{転輪係数} - \text{間隙係数} \right) \times \text{機関係数} \times \text{伝達係数}$$

接地圧係数 = 全重量(lb) / 接地面積(in²)
 履帯係数 = 履帯幅(in) / 100
 農用履帯車両の場合、重量係数 = 突起係数 = 機関係数 = 1、
 伝達係数 = 1.05、転輪係数 = 0、間隙係数 = 0とみなせる。
 可動性指数 MI から経験式にて車両指数 VCI を求める場合が多数。

式2-2 車両指数VCIの略算式

$$VCI = (871W/b^2l) + 24.8$$

W : 重量(kgf)、b : 履帯幅(cm)、l : 接地長さ(cm)

(2) 地耐力の推定モデルの構築と適用シミュレーション

走行性と地耐力の解析結果より、栽植密度や収穫時期の降雨量の影響によって変化する地耐力（コーン指数CI）の数理モデルのプロトタイプを構築した。構築した数理モデルに実際の降雨データ及び栽植密度を適用し、降雨による地耐力の低下をシミュレートした。圃場内各点の調査データを適用したシミュレーション結果をマップ化し、モデルの利用場面及び改良の必要性等を検討した。

3. 結果と考察

1) 走行性計測システムによる走行性計測

GPSによる各圃場における収穫作業の軌跡を(図2-28)に示す。図中のプロットにおける途中の空白は、計測機器の熱及び振動による異常停止に起因するデータの欠損である。異常停止以外については、測位のエラーは無く、NMEAコードによる移動速度及び位置座標からのすべり率の算出に問題はなかった。収穫中における作業速度のヒストグラムを(図2-29)に示す。圃場Aは正規分布に近く、圃場Cは0.7m/sにピークがある片分布、圃場Eは2つに分かれた分布と分布特性が異なる。なお、いずれの圃場もほぼ長方形とみなして収穫されており、長辺方向の走行時間が最も多いことか

ら、形状や面積による分布パターンへの影響はないとみられる。これは、地耐力など圃場状況による地面—車両間のすべり状況の違いとは別に、オペレータによる人為的な速度差が考えられる。圃場Aのオペレータは現地農家（初心者）、圃場Cは北陸研究センター職員A（経験者）、圃場Eは現地農家（初心者）であった。また、すべり率を算出することによって、人為的な速度差を除外して圃場の地耐力状況を把握することが可能と考えられる。圃場内全地点でのロールベアラのすべり率をマップ化したものを(図2-30)に示す。マップはGeostatistics Software GS+5.1(G社)にてクリギングを行って作成した。すべり率マップによって、圃場内の地耐力状況を視覚化することが可能となり、収穫後の圃場整備で対処すべき軟弱な地点情報や次回作業走行時の事前情報などとして活用することができる。(図2-31)に示すようにGPSで測位した標高は走行跡のわだちから実測した沈下量と高い負の相関係数を示すため、均平度の高い水田ではGPSによる高さの傾向から沈下量の傾向を推定することが可能である。GPSによる高さの計測誤差が約±2cmであることから、正確な沈下量の推定は困難と考える。

以上から、走行性計測システムによって、収穫時の走行性の差を定量化し、マップにて可視化することが可能で、地耐力との比較が容易になると判断された。

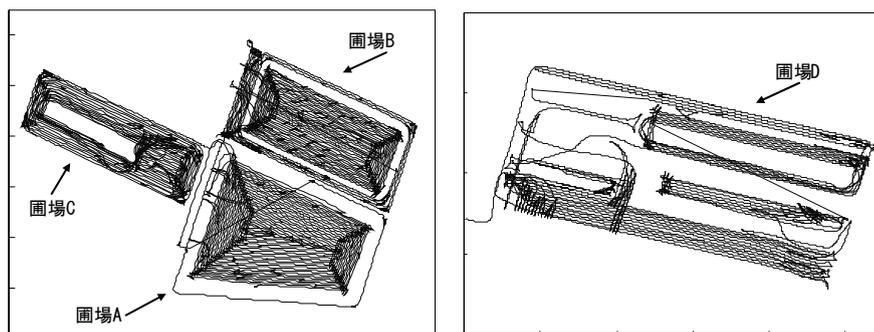


図2-28 GPSによる収穫作業の軌跡

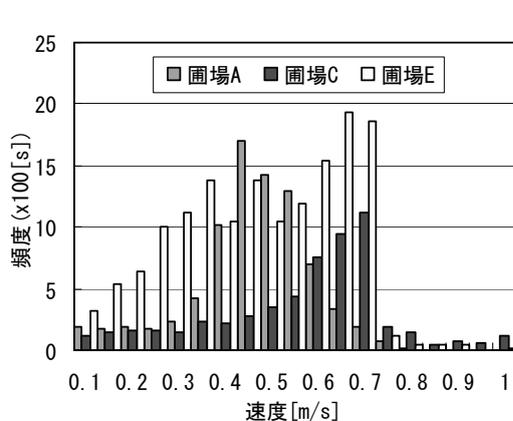


図2-29 収穫作業速度のヒストグラム

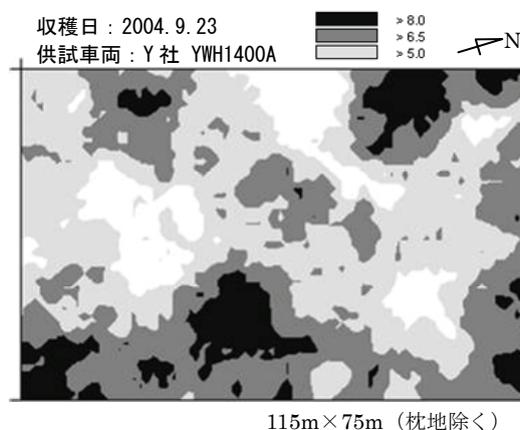


図2-30 現地圃場のすべり率マップ

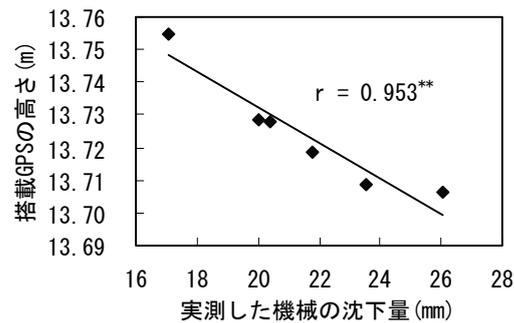


図2-31 沈下量の実測値とGPSによる機械高さの関係

2) 現地圃場収穫時の走行性及び地耐力調査

- (1) 各圃場における収穫時の地耐力状況と各収穫機械の作業の可否を(表2-23)に示す。圃場でトラクタやベールラップによるベール運搬走行が困難な場合、収穫機が直接圃場外へベールを運搬・排出した。(表2-21)と(表2-23)より、平均接地圧の低い機械の走行性が必ずしも優れているとはいえず、ベールの有無による重心の変位、接地圧分布及び最大接地圧の変化などが走行性に影響すると推察された。圃場A～Eにおける収穫時の降水量の状況を(図2-32)に示す。全圃場で中干しの必要な収穫前60日間の総降雨量は平年よりも高く、総日照時間は平年よりも少なかった。このため、収穫期の9月になっても、土壌水分が高く、地耐力が不十分な圃場が多くなったと考えられる。
- (2) 現地飼料用イネ圃場において収穫時の走行性及び地耐力を調査した結果、(図2-33)に示すように土壌含水比が高い地点では機械沈下量も大きくなり、機械の沈下量とすべり率は正の相関を示した。
- (3) 畜産農家による収穫作業をビデオ撮影した結果、全ての収穫作業でトラクタを要し、その中でも、梱包(ロールベール)作業と運搬(ベールグラブ)作業で最もトラクタ前輪の沈下量が大きく、地面への負荷が高いと考えられた。トラクタによる運搬作業は、ロールベールでの収穫時でも活用される場合があり、特に留意する必要がある。

表2-23 各圃場における収穫時の地耐力状況と収穫作業の可否一覧

圃場	A	B	C	D	E
収穫日(2003年)	9/9～10	9/9	9/10	9/4	9/27
収穫前60日間の降水量[mm]** ¹ (平年値)	352.0 (306.3)	361.0 (312.2)	352.0 (306.3)	487.5 (346.9)	529.0 (348.3)
収穫前60日間の日射量[h]** ¹ (平年値)	195.9 (348.7)	190.1 (347.4)	195.9 (348.7)	195.0 (370.8)	249.4 (343.2)
土壌水分(%)	41.8	37.3	43.6	45.4	48.9
円錐貫入抵抗[Mpa]** ²	0.20	0.25	0.15	0.26	0.16
作業の可否** ³					
ロールベールによる収穫	○	○	△	○	△
トラクタによるベール運搬	△	○	×	—	—
ベールラップによる運搬	—	—	△	△	△

注) **¹ 圃場A～C: アメダス(新潟県三条) 圃場D～E: アメダス(新潟県高田) 気象庁提供

**² 深さ0cm～15cmの平均値 **³ ○: 作業可, △: 作業困難もしくは一部作業可, ×: 作業不可能

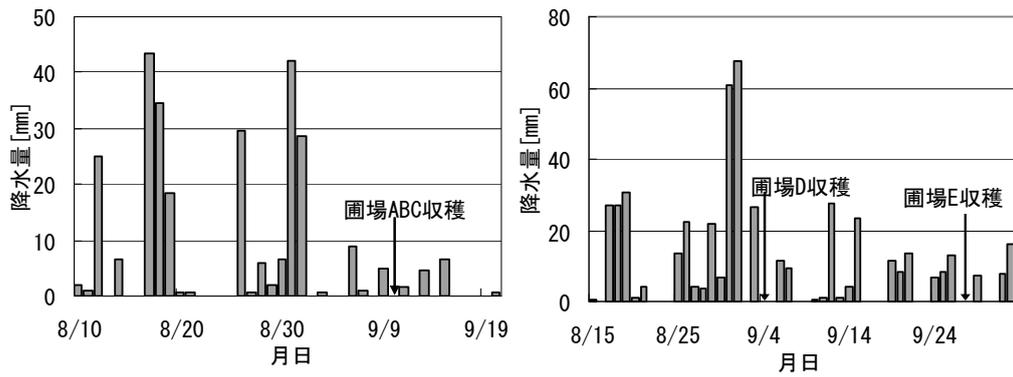


図2-32 収穫時期の降水量（気象庁提供：アメダス）

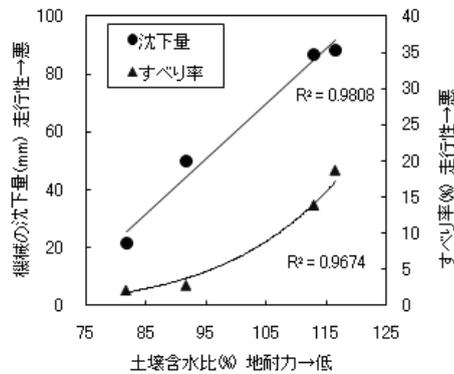


図2-33 現地圃場における地耐力と走行性

3) 栽植密度などによる走行性及び地耐力へ影響⁹⁾

(1) 栽植密度試験区での結果、収穫後の切断された稲株の支持力と土壤貫入抵抗値は正の相関を示し、切り株が硬いとその周辺の地耐力も高くなることがわかった（図2-34）。また、栽植密度による生育の差は、植被率にて把握できることから（図2-35）、播種むらによる生育むらが大きい飼料用イネ直播栽培でも、植被率による生育量から地耐力のムラをある程度推定できると考えられる。直播（散播と条播）と移植による地耐力の影響に差は認められなかった。これは、走行する機械の接地幅が広いため、同じ栽植密度であれば接地面積当たりの稲株密度も等しくなるためと考えられる。

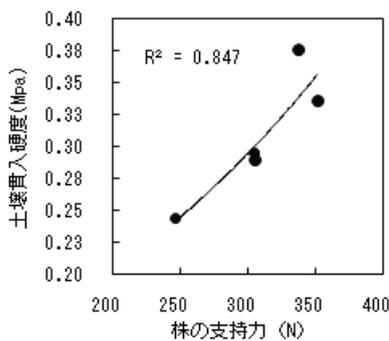


図2-34 土壌硬度と株の支持力の関係

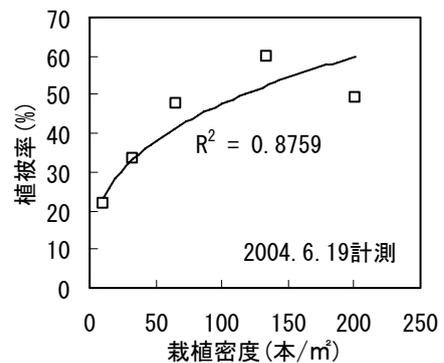


図2-35 栽植密度と植被率の関係

- (2) 水田 I における栽植密度と収穫機の沈下量及び土壌含水比の関係を図2-36)に示す。栽植密度が高くなると機械の沈下量は小さくなり、土壌上層の含水比は大きくなる傾向を示した。栽植密度が高いほど保水する根量などが多いと想定され、降雨などの結果、一時的に土壌上層の含水比は高くなったと考える。土壌下層の含水比は55%以下と上層よりも小さく、中干しで十分に乾燥していると推察された。
- (3) 水田 I における土壌含水比と機械の沈下量及びSR2の小平板 (10×2.5cm) の沈下量の関係を図2-37)に示す。土壌含水比が高くなると平板の沈下量は大きくなったが、機械の沈下量は小さくなった。一般的に土壌含水比が大きいと沈下量は大きくなるが、この場合、SR2の小平板は幅10cm、機械クローラ幅は40cmであり、条間30cmの水田では機械走行時には稲株の上を必ず走行することから、土壌だけでなく稲株自体が支持力を有することによって、沈下量が小さくなったと考えられる。2005年も同様の結果でも、栽植密度が高くなるほど支持力が大きくなることを示しており、稲株による支持力は走行性の向上に有効と考える。
- (4) 水田 I における土壌含水比と土壌の貫入抵抗値と内部摩擦角 ϕ の関係を図2-38)に示す。貫入抵抗値及び内部摩擦角 ϕ は、含水比が大きいほど、それぞれの値は小さくなり、含水比と負の相関を示した。土壌が高水分になることで物理的に柔らかくなり、平板の沈下量が大きくなることを確認した。

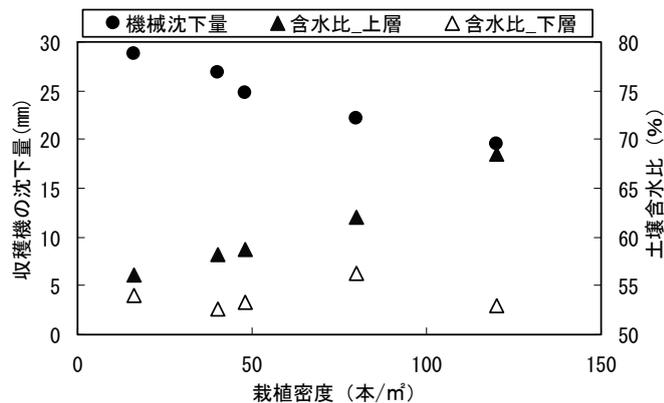


図2-36 栽植密度による土壌含水比と走行性の変化

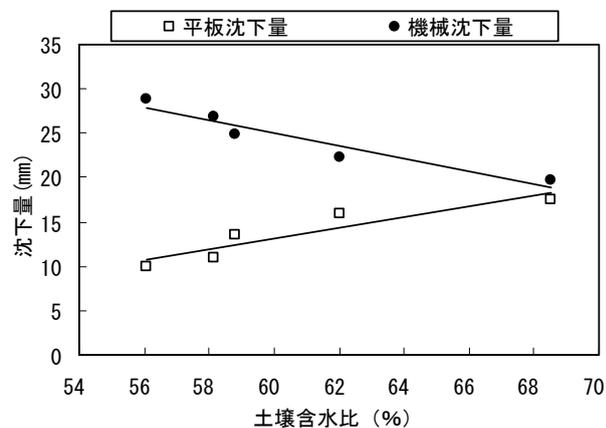


図2-37 土壌含水比による機械と平板の沈下量の違い

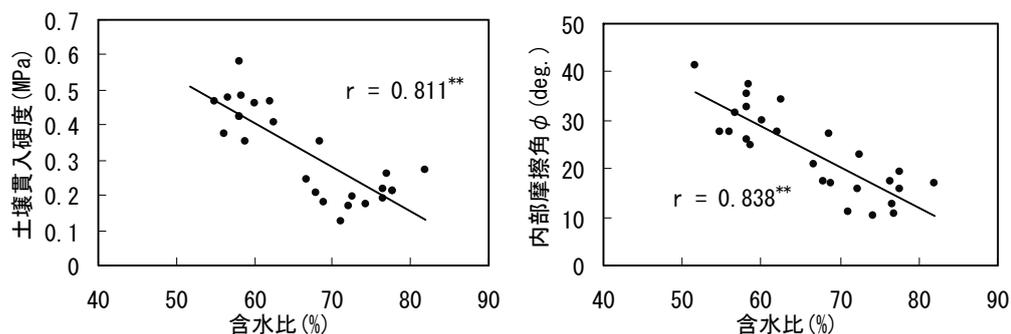


図2-38 土壌含水比と土壌物理性の関係

4) WESの走行可否判定の適用¹⁰⁾

- (1) 供試機のVCIを算出した結果、(表2-24)に示すとおりロールベアラよりもベールラップのVCIが低い値となり、より低い地耐力の圃場で走行が可能と推定された。しかし、「積載あり」として収穫分の重量を考慮した場合は、ベールラップよりもロールベアラのほうが低いVCIとなり、ロールベアラが走行できる地耐力でも走行できないと判定される可能性があることが明らかになった。接地圧を算出した結果は、積載の有無にかかわらずロールベアラの接地圧がベールラップよりも大きな値を示し、走行の可否判定には接地圧よりもVCIの値を用いたほうがより正しく判定できることが確認された。
- (2) 収穫時に調査した貫入抵抗値から圃場のCIを求めた結果、(図2-39)に示すとおりCIの値がVCIより大きい場合は実験でもロールベアラは走行可能であった。CIの値が約25より小さい場合は、積算降水量が多く、高水分土壌であることから、ロールベアラでは沈下量とすべりが増加し走行が困難であった。しかし、CIがVCIの値から約25の間の圃場A、B、Dではロールベアラの走行は可能で、ベールラップの走行は困難であった。四輪トラクタの平均的なVCIは約50であり⁶⁾、トラクタけん引式の牧草用収穫機械もほぼ同等もしくは少し高いVCIを示すと考えられることから、これより大きいCIの圃場では、牧草用収穫機械の導入の可能性が高いことがわかった。
- (3) 接地長が比較的短いベールラップの場合、実際には車両のピッチングやロール積載による重心位置の影響が顕著なため、履帯車両のVCI略算式で仮定しているような接地荷重が均等分布とならずに、局所的に接地圧が高くなる偏った分布となる。そのため、履帯車両のVCI略算式より低いVCIを表現できる式に今後改善する必要がある。

このように、WESの走行可否判定の適用によって、供試機の可否判定をある程度推定することは可能であったが、機械の特性に応じて改良の余地がある。また、圃場の平均値CIを用いた場合、CIの低い局所的な走行不能状態に対応困難であることがわかった。そのため、圃場のCIは、最低値もしくはそれと推定される地点を用いることで推定リスクを軽減できると考えられた。

表2-24 算出した供試機の車両指数VCI

機械	積載	W 重量 (kgf)	b 履帯幅 (cm)	I 接地長 (cm)	接地圧 (kPa)	VCI 車両指数
専用収穫機 Y社	なし	3040	40	155	24.0	35.5
YWH1400A	あり	3300	40	155	26.1	36.4 ①
ラップマシン T社	なし	1050	28	112	16.4	35.2
SW1010W	あり	1310	28	112	20.5	37.8 ②

注) 積載あり：ロール200kg, 人60kgとし、Wに追加

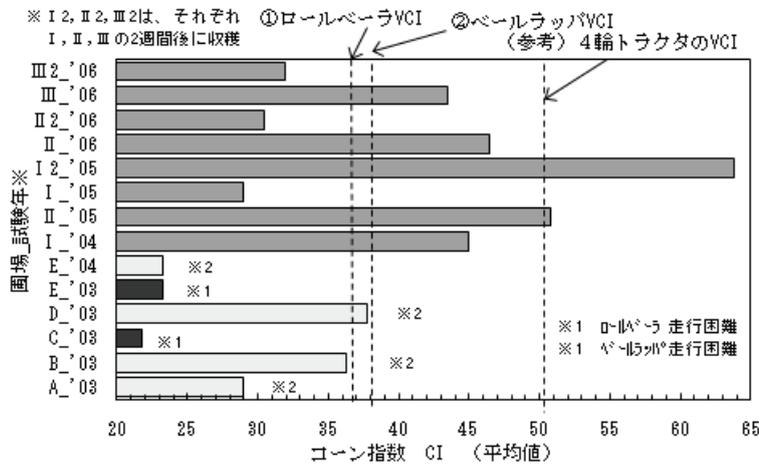


図2-39 各調査圃場のコーン指数CI

5) 地耐力の推定モデルの提案と適用シミュレーション

(1) 収穫時期の降雨による地耐力の変化を解析した結果、(図2-40)に示すとおり地耐力を示すコーン指数CIは、収穫10日前から収穫日までの積算降水量に対して、負の相関関係 ($r=0.908$) を示した。回帰式の傾きは、栽植密度や土質などの違いによって圃場毎(場所毎)に異なることが想定されることから、数理モデルの提案にはパラメータ化が必要である。

(2) (図2-40)及びこれまでに得られた土壤水分と地耐力低下の関係の知見から、収穫期間中の降水量Wから栽植密度Eplantを考慮した土壤水分状態Esoilを推定しr日後のCIを推定するモデル式として式2-3を提案する。収穫時期もしくは直前に実測したコーン指数をCI₀として、土壤水分状態Esoilの変化によってCI_rが低下する状態を表現する。土壤水分状態

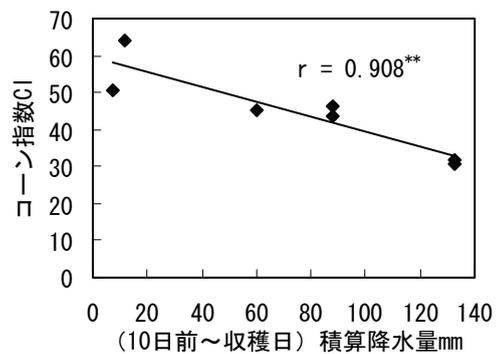


図2-40 収穫時期の降水量とコーン指数CIの関係

E_{soil}は、対象土壌に対して決定される降雨影響係数E_{rain}と日降水量W_rの積を日積算した値と栽植密度E_{plant}で定義する。本モデル式は、中干し等によって収穫時期に土壌が十分乾燥していた後の降雨による地耐力低下の場合にWESの可否判定に適用可能である。本モデル式の欠点として、収穫時期における土壌乾燥による地耐力の増加は表現できない。そのため、中干しが十分でない土壌への適用には、本モデル式を改善する必要がある。

式2-3 降雨等を考慮したCI_r推定式の提案

$$CI_r = CI_0 \times E_{soil} \quad r: \text{初期計測からの日数}$$

$$E_{soil} = 1 - E_{plant} \times \sum (E_{rain} \times W_r)$$

CI₀: 初期計測時のCI(ConeIndex)

E_{soil}: 土壌水分状態係数 E_{plant}: 栽植密度係数(0~1)

E_{rain}: 降雨影響係数(0~1/r)、W_r: r日の日降水量 とする

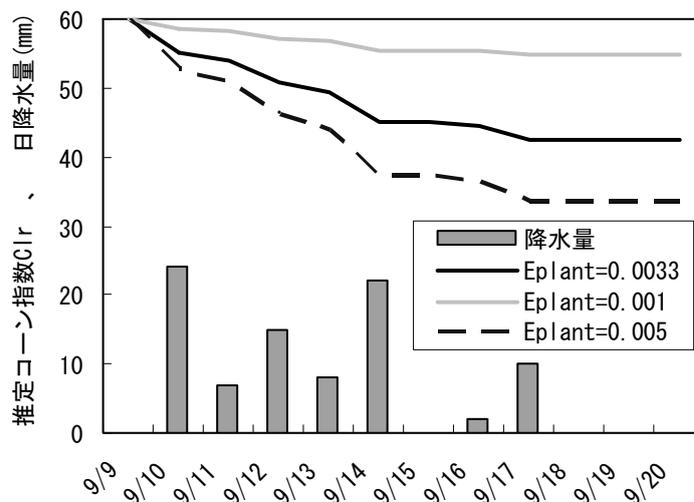


図2-41 推定コーン指数CI_rの算出シミュレーション

- (3) 構築したCI_r推定モデル式(式2-3)に2006年の実際の降雨量を適用した結果、(図2-41)に示すとおりの降雨による地耐力の低下とその低下の程度が栽植密度によって異なることがシミュレートできることを確認した。今後、各パラメータの決定方法及びモデルの改良を検討する必要がある。圃場Eの2007年8月29日に実測したコーン指数CIを16メッシュで表現したマップ(図2-42の左)に、1ヶ月後の9月29日までの実際の降雨量データを適用した結果、推定コーン指数CI_rのマップ(図2-42の右)によって降雨による地耐力の低下による機械走行が不可能になる部分をシミュレートできるようになった。また、このシミュレートを活用することで、地耐力である推定コーン指数CI_rに応じた条件で作業可能な収穫機(車両指数VCI<CI)を選定することが可能となった。

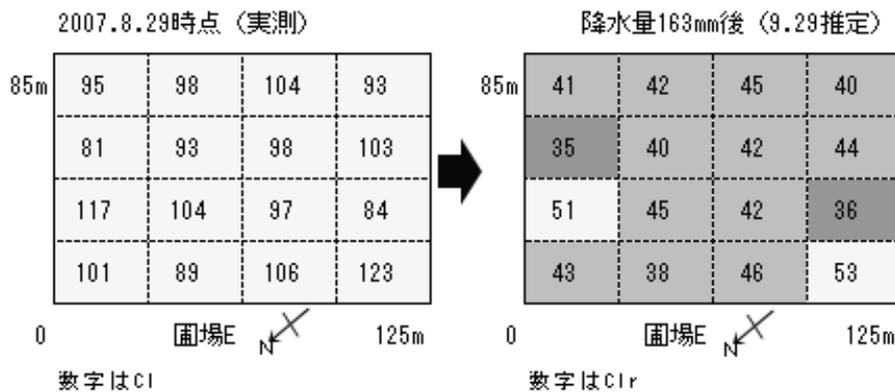


図2-42 地耐力マップのCIrシミュレーション結果

提案した推定コーン指数CIrによって、収穫時期の予測降雨量から降雨リスクなどが事前に評価できるようになり、安定した収穫作業が得られる作業条件の提示や収穫機械の選定にも利用することが可能である。

4. 摘要

栽植密度や栽植様式の違いによる飼料用イネ専用収穫機などの走行性と地耐力について、走行性計測システムを用いて詳細な解析を行った。圃場内におけるすべり率マップを示し、栽植密度が高いほど収穫時の機械の沈下量は低くなるなど栽植密度や降水による地耐力の変化と走行性の関係を明らかにした。さらに、WESの走行可否判定を飼料用イネ収穫に適用し、現地圃場での可否判定を検討し、収穫時期の降雨による地耐力低下への影響を考慮したCIr推定モデル式を提案した。提案式による地耐力のシミュレーションによって、降雨リスクなどが事前に評価でき、安定作業が得られる作業条件の提示や収穫機械の選定にも利用することが可能である。今後に残された課題として、提案したCIr推定モデルの改善および作業の可否判定の境界条件を検証する必要がある。

引用文献

- 1) 帖佐 直・大嶺政朗・細川 寿・荒木 幹 (2005) 結果にGPS情報を自動的に付加する計測補助装置, 農作業研究, 40(2), 97-103.
- 2) 大起理化工業 (2003) 土壌抵抗測定器 (SR-2型) DIK-5501取扱説明書.
- 3) 金須正幸・国府田佳弘・八木 茂・瀬山健次 (1966) 乗用トラクタの走行・牽引および耕耘性能に関する研究, 農業機械化研究所報告.
- 4) Knight S. J. and D.R. Freitag (1962) Measurement of soil trafficability characteristics, Tran. ASAE, 5(2), 121-124.
- 5) 農業機械学会編 (1984) 新版農業機械ハンドブック, コロナ, 356-357.
- 6) 農業機械学会編 (1996) 生物生産機械ハンドブック, コロナ, 348-350.
- 7) タカキタ (2003) 自走ラッピングマシーンSW1010W取扱説明書, 46.
- 8) 田中 孝・笈田 昭 (1993) 車両・機械と土系の力学—テラメカニクス—, 62-72.
- 9) 大嶺政朗・帖佐 直・細川 寿 (2006) 水稻の栽植条件が地耐力および収穫機の走行性に及

ぼす影響，農業環境工学関連7学会2006年合同大会講演要旨集，CD-ROM.

- 10) 大嶺政朗・帖佐 直・細川 寿 (2007) 重粘土水田における収穫時期の降雨による地耐力低下と走行可否のモデル化，農業機械学会関東支部第43回年次大会講演要旨集，34-35.
- 11) 大嶺政朗・木村昭彦・帖佐 直・細川 寿・柴田洋一・杉本光穂 (2005) 大豆と水稲における携帯式植被率カメラ計測システムの開発，日本作物學會紀事，74(別1)，336-337.
- 12) 大嶺政朗・柴田洋一・帖佐 直 (2002) GPSを用いたトラクタの走行性のリアルタイム計測，農機学会第61回年次大会講要，557-558.
- 13) ヤンマー (2003) 飼料コンバインペーラYWH1400A取扱説明書. 113p.

3) 飼料用イネの給与技術の開発

—飼料用イネの乳牛への給与技術—

Feeding Technology of Rice Whole Crop Silage to Dairy Cow
under Producing Crop Rotation System

関 誠

(新潟県農業総合研究所 畜産研究センター)

Makoto Seki

(Niigata Agricultural Research Institute, Livestock Research Center)

1. はじめに

自給率向上対策の一つとして2000年から飼料用イネの栽培が本格化し、飼料自給率向上の切り札としての大きな期待が寄せられるようになった。本稿では、飼料用イネ—大麦—飼料用イネの輪作体系の中で生産される稲発酵粗飼料の飼料特性を明らかにするとともに、北陸地域の酪農家の多くが採用する飼料給与方式である分離給与条件における乳牛への稲発酵粗飼料の給与による影響を明らかにし、稲発酵粗飼料の利用促進に資することを目的に飼養試験を行った。

2. 稲発酵粗飼料の飼料特性解明

1) 材料と方法

本試験では、飼料用イネ—大麦—飼料用イネの輪作体系の中で生産される稲発酵粗飼料について、飼料の化学分析と併せて、乾乳牛を用いて消化試験を実施し、栄養価を評価するとともに、粗飼料として具備すべき物理性を兼ね備えているかを評価するために反芻行動調査を併せて行った。

供試した稲発酵粗飼料は、新潟県上越市において飼料用イネ品種「クサユタカ」を、5月に直播、大麦の収穫後となる6月中旬に移植、あるいは直播により本田での栽培を開始し、糊熟期にフレール型の飼料用イネ用ロールベアラ（以下、ロールベアラ、YWH1400、ヤンマー農機、大阪市）により収穫調製した3種である（表2-25）。試験には、乾乳牛（平均体重：738kg）を用いて1期を14日とし、本期を3日間とする全ふん採取法による消化試験を3×3ラテン方格法¹²⁾により実施した。供試牛は、スタンションに繋留し、日本飼養標準・乳牛「1999年版」⁵⁾により、維持に要する可消化養分総量(TDN)を満たす稲発酵粗飼料を8:30と16:00の2回に分けて等分給与し、自由飲水とした。また、飼料全体として粗タンパク質（CP）が12%以上になるように尿素を添加した¹⁰⁾。なお、供試した稲発酵粗飼料は、飼料カッター（D-140、山本製作所、天童市）により設定切断長1.3cmに切断後、試験に用いた。消化試験の本期の3日間で、連続24時間の採食行動調査を行い、採食および反芻に要する時間を乾物摂取量で除し、粗飼料価指数（RVI）を求めた。分析に供する飼料並びにふんは、60℃以下で通風乾燥し、1mmメッシュのスクリーンを通過したものをを用い、乾物（DM）、粗タンパク質（CP）、粗灰分（CA）、酸性デタージェントリグニン（ADL）、酸性デタージェント繊維（ADF）、中性デタージェント繊維（NDF）、高消化性繊維（Oa）、細胞壁物質（OCW）は常法（自

給飼料品質評価研究会、2001)により測定した。消化試験および反芻行動調査により得られたデータは、飼料、個体、期を要因とした分散分析を行い、有意差が認められた場合の飼料間の差の検定をTUKEYの方法により多重比較した¹²⁾。

表2-25 栽培方法および収穫時調査の概要

	5月直播	6月移植	6月直播
栽培様式	直播	移植	直播
移植・直播月日	5/9	6/16	6/16
出穂月日	8/14	8/27	9/7
---収穫時調査結果---			
出穂後日数	21	31	32
生育ステージ	糊熟期	糊熟期	糊熟期
穂割合, %	31.2	44.6	42.8
乾物収量※, kg/10a	914	935	965

注) ※ 乾物収量は、坪刈りによる。

※2 施肥はN成分として、基肥4kg/10a、追肥3kg/10aとした。

2) 結果と考察

供試した稲発酵粗飼料の成分組成を(表2-26)に示した。5月に直播で栽培を開始し収穫した稲発酵粗飼料に比べて、6月の移植または直播で生産された稲発酵粗飼料のADFおよびNDF含量はやや低く、非繊維性炭水化物(NFC)は高いものとなっている。これは、穂の割合の影響を受けたものと考えられる。次に消化試験により得られた諸成分の消化率およびTDNを(表2-27)に示す。6月に直播し栽培を開始した稲発酵粗飼料は、5月のそれに比べて、DM、有機物(OM)、ADFの消化率が $p < 0.05$ 、TDNは高い傾向にあり、6月に移植で栽培を開始した稲発酵粗飼料は、両者の中間の値となった。供試した稲発酵粗飼料は、DMおよびOMを除く各成分の消化率の中でADFについて有意な差が認められており、そのことによって、OMまたはDM消化率にも同様の関係が認められたと考えられる。ADF消化率に違いが認められたので繊維画分で評価するために、消化管内で不消化とされる酸性デタージェントリグニン(ADL)についても分析を行ったところ、何れの稲発酵粗飼料も乾物中のADL含量は3%台にあり、NDFに占めるADLの割合は7.5%前後で差はなかった。一方、酵素法により高消化性繊維(Oa)および細胞壁物質(OCW)により評価したところ、5月直播で生産した稲発酵粗飼料のOa含量およびOCWに占めるOaの割合は、それぞれ5.2、9.9%であるのに対して、6月直播で生産したものは9.3、18.9%と有意に高く、繊維全体に占める高消化性繊維の割合の違いが、ADFの消化率に違いをもたらしたと考えられる。寒地型イネ科牧草の出穂期の諸要因とin vitro乾物消化率(IVD)の関係を検討した報告では⁹⁾、チモシーのIVDは刈取期の気温と負の関係が見られており、稲においても出穂期頃の気温が繊維の消化性に影響を及ぼす可能性も考えられ、今後、検討する必要がある。また、今回の試験では、国内での流通量のチモシー乾草と直接比較をしてはいないが、それぞれの稲発酵粗飼料はTDNとして、1番草の開花期のチモシー乾草と同等以上の値となっていることから⁶⁾、エネルギー的には、代替利用をしても問題がないと考えられる。次に、稲発酵粗飼料の利用場面を考えたときに、流通乾草との代替利用が想定されるが、その際にエネルギー的な価値の他に、反芻行動を誘起する適度な飼料の物理性が必要となる。今回行った消化試験の中で、24時間の行動調査で得られたRVIは、5月直播で58分43秒、6月移植63分4秒、6

月直播61分1秒となり、区間に有意な差は認められず、これまで調査した輸入チモシー乾草と同等以上の値⁽⁷⁾であり、反芻行動を促す十分な物理性も備えていると考えられる。

表2-26 供試稲発酵粗飼料の成分組成 (%)

	5月直播	6月移植	6月直播
DM	30.8	33.2	33.9
---DM中組成---			
CP	7.1	6.0	6.4
ADF	32.7	30.7	30.8
NDF	50.0	46.2	44.7
EE	3.2	3.0	3.0
CA	14.1	16.1	14.9
ケイ酸	9.8	11.6	10.7
NFC	25.6	28.7	31.0

注) DM:乾物, CP:粗たんぱく質, ADF:酸性デタージェント繊維, NDF:中性デタージェント繊維, EE:粗脂肪, CA:粗灰分, NFC:非繊維性炭水化物, 以下の表同じ。

表2-27 諸成分の消化率 (%) および乾物中のTDN

	5月直播	6月移植	6月直播
DM	53.3 ^b	57.0 ^{ab}	61.1 ^a
OM	60.5 ^b	63.4 ^{ab}	67.7 ^a
ADF	52.0 ^b	56.8 ^{ab}	59.7 ^a
NDF	51.2	52.8	55.7
EE	54.6	59.0	62.5
NFC	82.2	83.4	87.2
TDN, % [*]	54.0	55.3	59.9

注) OM:有機物

※ TDN=可消化有機物含量+可消化粗脂肪含量×1.25

※2 同一項目において、異符号間に有意差あり a, b ; (P<0.05).

3. 分離給与条件における乳牛への稲発酵粗飼料の給与

2000年以後、流通乾草に替えて稲発酵粗飼料を乳牛に給与した場合の影響に関する報告がなされているが、その際の飼料給与方法は、混合飼料によるものが殆どで、粗飼料と濃厚飼料を別々に給与する分離給与条件での影響については検討されたもの²⁾は少ない。また、稲発酵粗飼料の収穫適期は、一般的には黄熟期とされるが、これは稲発酵粗飼料の発酵品質やほ場の単位面積当たりのTDN収量を勘案して提案されたもので、家畜の生産性を含めて評価されたものでは無いと考えられる。そこで、給与飼料の嗜好性が顕著に現れ、北陸地域の酪農家の多くが採用する分離給与条件における収穫時期の異なる稲発酵粗飼料の給与が乳生産に及ぼす影響を明らかにするために飼養試験を行った。

1) 材料と方法

供試した稲発酵粗飼料は、新潟県三条市において飼料用イネ品種「夢あおば」を5月中旬に移植し、出穂後12日目、23日目、33日目に生研センターで開発中の汎用型飼料収穫機³⁾の試作機を用いて収穫し、自走式ベールラップ(SW1010、タカキタ、名張市)によりラップサイレージに調製した。

なお、汎用型飼料収穫機の設定切断長1.9cmであった。また、チモシー乾草は、飼料カッター(D-140、山本製作所、天童市)により設定切断長1.3cmに切断後、試験に用い、稲発酵粗飼料は特に切断作業は行わず、そのまま試験に用いた。試験は、粗飼料として流通乾草のみを給与する区(チモシー区)に対して、チモシー乾草の半分程度を出穂後12日目に収穫した稲発酵粗飼料に代替する区(12d区)、同様に、23日目に収穫したものと代替する区(23d区)、33日目に収穫したものと代替する区(33d区)の4区を設定し、泌乳中期の3産以上のホルスタイン種経産牛4頭、初産牛4頭を用いて、1期を21日とする4×4ラテン方格法¹²⁾により試験を行い、本期を最後の8日間とした。また、試験期間中は、供試牛をスタンションに繋留し、鉍塩の摂取と飲水は自由とした。

試験では、供試牛の体重を650kgと設定して、チモシー区は体重比で乾物として1.55%チモシー乾草の他に、0.25%のアルファルファヘイキューブを給与した。稲発酵粗飼料を給与する12d区、23d区、33d区は、体重比で0.85%のチモシー乾草を稲発酵粗飼料に代替した。また、濃厚飼料の給与量は、乳脂率3.8%として、初産牛は33kg程度、経産牛では40kg程度の乳生産をした場合の必要TDNを日本飼養標準・乳牛1999年版⁵⁾にしたがって算出し、チモシー乾草および稲発酵粗飼料のTDNを56%、アルファルファヘイキューブを55%として、必要TDNを充足できるように給与量を設定した。なお、飼料の給与時間および給料量は(表2-28)に示した。

表2-28 飼料の給与設定(体重比%)

給与時間	飼料	1回当たりの乾物給与量
8:30 16:30	チモシー乾草	0.35% (各区共通)
	アルファルファヘイキューブ	0.125% (各区共通)
	配合飼料・ビートパルプ	0.500~0.505% (各区共通)
10:00 18:00	供試粗飼料	0.425% (チモシー・稲発酵粗飼料)
	配合飼料・ビートパルプ	0.500~0.505% (各区共通)

注) 設定に対して、体重比で0.2%程度の残飼の発生がみられた。

試験期間中の飼料摂取量は、給与量および残飼量より求め、搾乳は8:45と17:45の2回とし、本試験期の1日目と8日目に乳成分分析のために試料採取を行い、乳脂率、乳タンパク質率等の成分検査は、採取後48時間以内に行った。なお、一部は脂溶性ビタミン類の測定に供するまで-20℃以下で凍結保存した。また、血液およびルーメン液は、本試験期8日目の13:30に、頸静脈血、ルーメン液の順に採取した。血液は、ヘパリンナトリウム入り真空採血管に採取し、4℃、3000rpmで10分間遠心分離した後、血漿を採取し、分析に供するまで-20℃以下で凍結保存した。ルーメン液は、胃カテーテルにより経口で300ml以上を採取し、2重のガーゼで濾過し、直ちにpHメーター(F-8DP、堀場製作所、京都市)でpHを測定した。その後、3000rpmで5分間遠心分離し、その上澄みを分析に供すまで-20℃以下で凍結保存した。

乳脂率、乳タンパク質率等の測定には、赤外線自動分析計(フォスシステム4000、N.Foss Electric社、デンマーク)を用いた。生乳中のβ-カロテンおよびα-トコフェロール濃度の測定は、五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル¹¹⁾により行った。

血漿中代謝産物濃度の測定には、乾式臨床化学自動分析装置(スポットケムSP-4410、アークレイ、京都市)を用いた。第一胃内容液中のアンモニア態窒素濃度は、インドフェノール法(Weatherburn, 1967)、VFA濃度は、ガスクロマトグラフ(CG-9A、島津製作所、京都市)を用い、カラム充填剤は

FAL-M (10%) on Shimalite TPA (60~80mesh) とした。飼料並びにふん中の乾物 (DM)、粗タンパク質 (CP)、粗灰分 (CA)、酸性デタージェント繊維 (ADF)、中性デタージェント繊維 (NDF) は常法³⁾ により測定した。なお、得られたデータは、飼料、乳牛、乳期を要因とした分散分析を行い、有意差が認められた場合の飼料間の差の検定をTUKEYの方法により多重比較し¹²⁾、表中に符号にて示した。

2) 結果と考察

供試粗飼料の成分組成を(表2-29)に示した。供試した稲発酵粗飼料は、出穂後12日目で収穫したものが、乾物率27.7%と水分が高く、不良発酵の懸念もあったが、何れの区の稲発酵粗飼料も、酪酸の生成が認められる場合であっても、その量は極僅かであり、発酵品質を示すv-scoreは何れも90点以上で、良好な発酵を経たものであった。ただし、収穫に用いた汎用型飼料収穫機は、高密度に圧縮成型できる特徴を持つ収穫機械であり、高水分の材料を梱包密度が高まらないラップサイレージに調製した場合には、不良発酵を起こす可能性もあることから、留意する必要がある。

試験期間中の飼料摂取量および泌乳成績を(表2-30)に示した。乾物摂取量は、各区とも24kg前後で給与した稲発酵粗飼料の収穫時期の違いによる影響はみられなかった。また、乳量も同様に各区ともに30kg前後で差はみられなかった。更に、乳脂率、乳タンパク質率、乳糖率は、それぞれ3.9、3.4、4.4%前後で乳成分率においても区間に差はみられなかった。ルーメン液および血液性状を(表2-31)に示した。ルーメン液については、pH、アンモニア態窒素濃度、総VFA濃度、酢酸/プロピオン酸比の何れの項目においても区間に差はなかった。また、血液の諸成分についても、区間に差は認められず、臨床上問題となる異常値および所見はみられなかった。生乳中のβ-カロテンおよびα-トコフェロール濃度を(表2-32)に示した。β-カロテン濃度については、区間に有意な差は認められなかったが、α-トコフェロールについては、33d区がチモシー区および12d区に比べて、有意に高かった。

表2-29 供試粗飼料の成分組成 (乾物中%)

飼料名	DM	CP	NDF	EE	NFC
チモシー乾草	88.1	7.5	68.0	2.0	15.9
稲発酵粗飼料 12d	27.7	10.1	57.3	3.9	17.7
稲発酵粗飼料 23d	38.2	7.6	46.8	3.5	32.4
稲発酵粗飼料 33d	40.1	7.2	48.4	3.4	32.2

表2-30 飼料摂取量および乳生産

項目 \ 区	チモシー	12d	23d	33d
体重(kg)	669	666	665	667
乾物摂取量(kg/日)	24.1	23.8	24.4	24.2
乳量(kg/日)	30.7	29.9	30.4	30.2
乳脂率(%)	3.85	3.89	4.00	3.98
乳タンパク質率(%)	3.51	3.37	3.39	3.40
無脂固形分率(%)	8.74	8.78	8.81	8.79

表2-31 ルーメン液および血液性状

項目 \ 区	チモシー	12d	23d	33d
ルーメン液				
pH	6.8	6.7	6.7	6.8
アンモニア態窒素 (mg/dl)	8.1	6.9	7.6	8.2
総VFA (mmol/dl)	8.8	8.9	9.5	8.8
酢酸/プロピオン酸比	3.7	3.7	3.8	3.8
血液				
総タンパク質 (g/dl)	8.0	7.5	7.7	7.4
アルブミン (g/dl)	3.9	3.8	3.8	3.7
尿素態窒素 (mg/dl)	16.0	15.4	14.6	14.3
総コレステロール (mg/dl)	274	264	268	257
グルコース (mg/dl)	69.5	68.4	68.4	67.6
Ca (mg/dl)	10.7	10.4	10.3	10.6
P (mg/dl)	5.8	5.7	5.7	5.8
AST (IU/L)	74	66	71	70

注) VFA:揮発性脂肪酸, AST:アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ
ルーメン液および血液は各期の最終日の13:00から採取した。

表2-32 生乳中の脂溶性ビタミン類濃度

項目 \ 区	チモシー	12d	23d	33d
α -トコフェロール (μ g/dl)	75.3 ^b	72.1 ^b	80.3 ^{ab}	87.8 ^a
β -カロテン (μ g/dl)	4.1	3.7	4.5	4.5

注) 異符号間に有意差有り (a, b: P<0.05).

生乳中の標準的な濃度は, α -トコフェロール100 μ g/100g, β -カロテン6 μ g/100g(日本食品標準成分表より).

乳牛における乾物摂取量は様々な要因に影響されるが、飼料を要因としてとらえた場合、給与飼料中のNDF含量が高いほど乾物摂取量は減少するとされている⁴⁾。一方、Allen¹⁾は、NDF含量の他に消化率の違いも乾物摂取量に影響することを示唆している。本試験では供試した稲発酵粗飼料とチモシー乾草のNDF含量は47~68%の範囲にあり、各区の給与飼料全体のNDF含量は、チモシー区41%、12d区39%、23d区および33d区は37%となっている。一方、稲発酵粗飼料のNDF消化性は、出穂後日数の増加に伴い低下することから、ルーメン内での飼料の滞留時間が長くなり、飼料摂取量に負の影響が及ぶことも考えられる。本試験では、各区の乾物摂取量には差が認められなかったが、NDF含量の違いと繊維の消化性の違いが、乾物摂取量への影響を相殺したことによるものと推察される。また、乾物摂取量が近似することから、エネルギー摂取量も近似しているものと考えられ、そのことにより乳量、乳タンパク質率、乳糖率に違いが無かったと考えられる。更に、各区ともに酢酸/プロピオン酸比が高く、酢酸優先型の安定したルーメン発酵が維持されていたと考えられ、そのことによって、いずれの区も乳脂率も3.9~4%と高い値で差が認められなかったものと考えられる。

次に、生乳中への脂溶性ビタミンの移行が起こるのかを確認するために分析した結果、出穂後33日目に収穫した稲発酵粗飼料を給与した33d区で、 α -トコフェロール濃度の有意な上昇が認められた。今回の試験で、給与した稲発酵粗飼料およびチモシー乾草に含まれる α -トコフェロール含量の分析は行っていないが、給与粗飼料に由来して、生乳中の α -トコフェロール濃度が上昇する可能性が示された。

最後になるが、本稿で報告した飼養試験では、新潟県農業総合研究所畜産研究センターの各位にご尽力いただいた。ここに記して深謝いたします。

4. 摘要

飼料用イネー大麦ー飼料用イネの輪作体系下で5月播種、6月播種または移植で、糊熟期に収穫された稲発酵粗飼料は、流通乾草と遜色ない栄養価を有し、反芻を誘起する物理性も備えていることが確認された。また、出穂後12~33日に収穫し、良好な発酵を経た稲発酵粗飼料は、分離給与方式における泌乳中期以降の泌乳牛の粗飼料として、チモシー乾草の半分程度を代替できることが明らかとなった。

引用文献

- 1) Allen, M.S. (2000) Effect of diet on short-term regulation of feed intake. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
- 2) 石田元彦・M.R.Islam・安藤 貞・坂井 真・吉田宣夫 (2000) 飼料イネ「関東飼206号」ロールベールサイレージ給与乳牛の乳生産と飼料の利用性に関する予備的な観察. *関東畜産学会報* 50: 14-21.
- 3) 自給飼料品質評価研究会編 (2001) 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック. *日本草地畜産種子協会*: 7-13.
- 4) Mertens, D. R. (1987) Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548-1558.
- 5) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999) 日本飼養標準・乳牛. 中央畜産会.
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (2001) 日本標準飼料成分表. 中央畜産会: 54-55.
- 7) 関 誠 (2007) 北陸地域における乳牛への稲発酵粗飼料の効率的な利用法に関する研究. *北信越畜産学会報* 95: 7-14.
- 8) 志藤博克・澁谷幸憲 (2004) 自走式細断型ロールベアラの開発 (第1報). *日本草地学会誌* 49 (別1): 230-231.
- 9) 住吉真次・山川正明 (1991) 出穂期における寒地型イネ科牧草のin vitro乾物消化率に及ぼすいくつかの要因. *日本草地学会誌* 37: 136-142.
- 10) 田野良衛・寺田文典・武政正明・安部亮 (1988) 緬・山羊による消化試験と飼料分析法. *畜産試験場年報* 昭和61年度: 118-133.
- 11) 安本教傳・竹内昌明・安井明美・渡邊智子編 (2006) 五訂増補 日本食品標準成分表分析マニュアル: 83-94. 建帛社.
- 12) 吉田 実 (1978) 畜産を中心とする実験計画法 第2版. 養賢堂.

4) 飼料用イネの効率的供給システムの開発

—飼料用イネを用いて生産された乳製品の消費者意識—

Consumer Awareness of Dairy Products Produced with Feed Rice

守屋 透
(新潟県農業総合研究所)

Tooru Moriya
(Niigata Agricultural Research Institute)

1. はじめに

飼料用イネを用いた稲発酵粗飼料は、水田高度利用における取り組みの一貫として、また、中山間地域においては耕作放棄対策として注目され、近年全国的に取り組みが増加している。これまで稲発酵粗飼料の取り組み拡大方策に関しては、主として行政的な対応、つまり転作対応作物の一つとして行われてきていた。このことは、飼料用イネの栽培を行う水稲生産者に注視した戦略といえる。一方で、飼料用イネのユーザーとなる畜産農家に対しても利用助成措置もなされるなど一定の推進方策がなされているものの、畜産農家にとって真に有効な飼料として位置づけるには、栄養的価値だけでなく最終的な製品である牛乳（加工乳含む、以下「牛乳」と表記）が消費者に受け入れられる必要がある。糶谷ら¹⁾は飼料用イネを用いて生産された牛乳の付加価値を生存分析により求め、その際に消費者に飼料用イネの意義を理解してもらうことが重要としている。しかし、このデータはヘビーユーザー限定とした結果であり、一般消費者を対象とした調査結果の報告はほとんど見られない。そこで、稲発酵粗飼料を給与して生産された牛乳を想定し消費者評価を行い、牛乳の付加価値額及び消費者に受け入れられる販売促進方法について検討した。

2. 材料と方法

試験1として、稲発酵粗飼料を給与した牛乳の意識調査を評定尺度法によるアンケート調査により実施した。まず、水田地帯であり、農家比率が高い地域である新潟県長岡市在住の一般消費者500世帯を対象に試験を2005年に実施した。また、同様に水田地帯であるが非農家の一般消費者を対象とするため、新潟県新潟市の一般消費者300世帯を対象に2006年に試験を実施した。対象の選定にはともにNTTの電話帳を用い、無作為に抽出し郵送にて実施した。

また、試験2として稲発酵粗飼料の消費者に受け入れられる販売促進方法に関する調査を会場テスト法により実施した。対象として長岡市在住の女性消費者11名をそれぞれ5名、6名の2グループに分けて2006年に実施した。

各試験の主な調査項目の設定を以下に示す。

1) 試験1：回答者の属性及び牛乳の購入・利用状況については記入式で実施した。牛乳の購入時に重視する項目については5段階の評定尺度法を用い10項目について実施した。稲発酵粗飼料のPR項目について、5段階の評定尺度法を用いて5項目について実施した。稲発酵粗飼料を利用した牛

乳の購入について、購入意欲は3段階、1リットル当たり付加価値額については10段階の選択式で実施した。

2) 試験2：牛乳の購入時に重視する項目を確認するため、実際に市販されている5種類のパッケージを提示し、表示されている項目について説明前、説明後で購入意欲が変化するかを調査した。試験1で用いたPR項目について、口頭で説明した後自由に意見交換をしてもらいもっとも重視する項目について聞き取りにより把握した。

3. 結果と考察

1) 稲発酵粗飼料を給与した牛乳の意識調査（試験1）

2005年度に行った調査の回答数は176（35.2%）、うち有効回答は174（34.8%）であった。2006年度調査の回答数は88（29.3%）、有効回答数も同じく88であり、うち非農家世帯は80（26.7%）であった。

牛乳の購入時に重視する項目については、2005年、2006年ともほぼ同じ傾向を示し、「賞味期限」「価格」に次いで乳牛に給与される「飼料」を重視するという結果となった（図2-43）。現在市販されている牛乳にはほとんど記載されていない項目である「飼料」を重視するという結果は、食の安全・安心志向が高まっているためと考えられる。

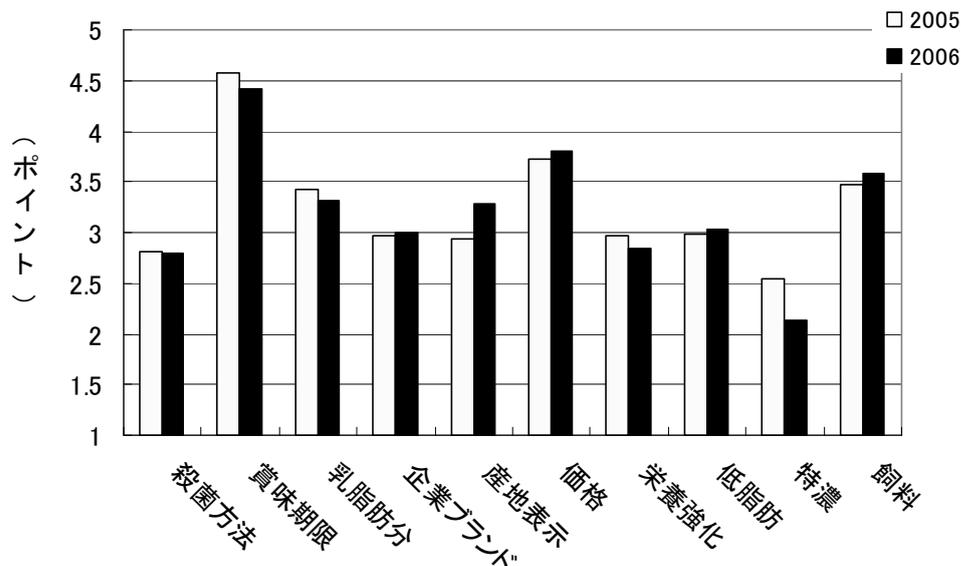


図2-43 牛乳購入時の消費者意識

注) ポイントは1:重視しない, 2:やや重視する, 3:どちらともいえない, 4:やや重視する, 5:重視する, までの5段階評価の平均値を示す。

稲発酵粗飼料を給与して生産された牛乳に対する購入意欲では、2005年では約37%、2006年度では44%「普段購入している牛乳より高くても購入してみたい」との回答が得られた。さらに「高くても購入してみたい」回答者には、許容できる上乗せ額について調査した結果、2005年、2006年とももっとも多くの回答者が30～50円/Lの価格上昇であれば受容できるとした（図2-44）。このことから、稲発酵粗飼料を給与して生産された牛乳は一定の価格上乗せが可能と考えられた。

稲発酵粗飼料のPR項目に関する調査では、(図2-45)に見るように、平坦農業地域の消費者(2005年度)だけでなく都市的地域の非農業世帯(2006年度)においても「水田の多面的機能の維持に役立つ」のポイントが、従来から重要視されていた「安全・安心」、「自給率向上」という項目と同等以上になっている。このことは、新潟県という水田地帯の特徴が現れたものと考えられ、ターゲットとなる消費者の地域性も考慮したPR項目を加えることで、効果的な販売促進が可能となると考えられた。

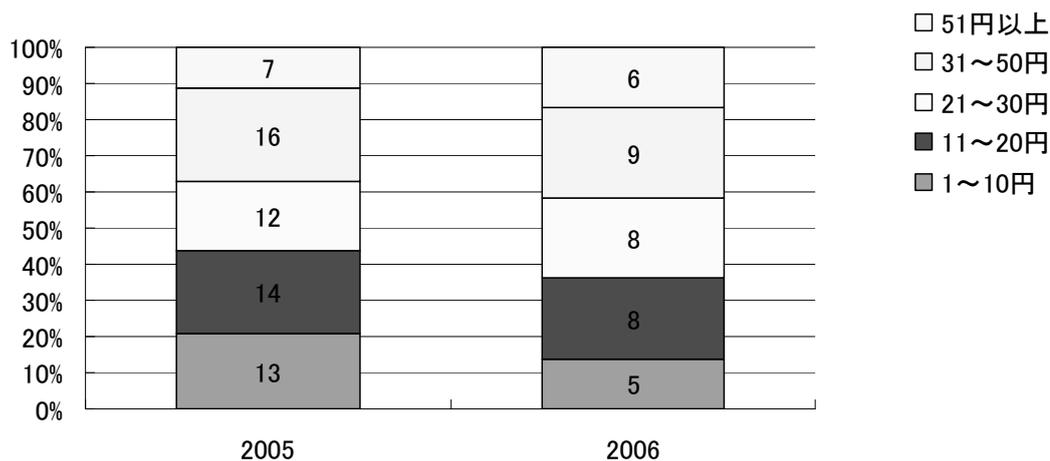


図2-44 稲発酵粗飼料を用いて生産された牛乳の価格上乗せ受容額

注1) 粗飼料と濃厚飼料の割合は50%ずつとし、そのうちの粗飼料の全てを稲発酵粗飼料に代替した牛乳を仮定し、普段購入している牛乳と比較して上乗せ受容額を調査した。
 注2) 調査は、1~5円、6~10円、11~15円、16~20円、21~25円、26~30円、31~50円、51~70円、71~100円、100円以上の10水準で行った。
 注3) 価格については、A4用紙で1枚程度飼料用イネの説明を行った後、回答してもらっている。

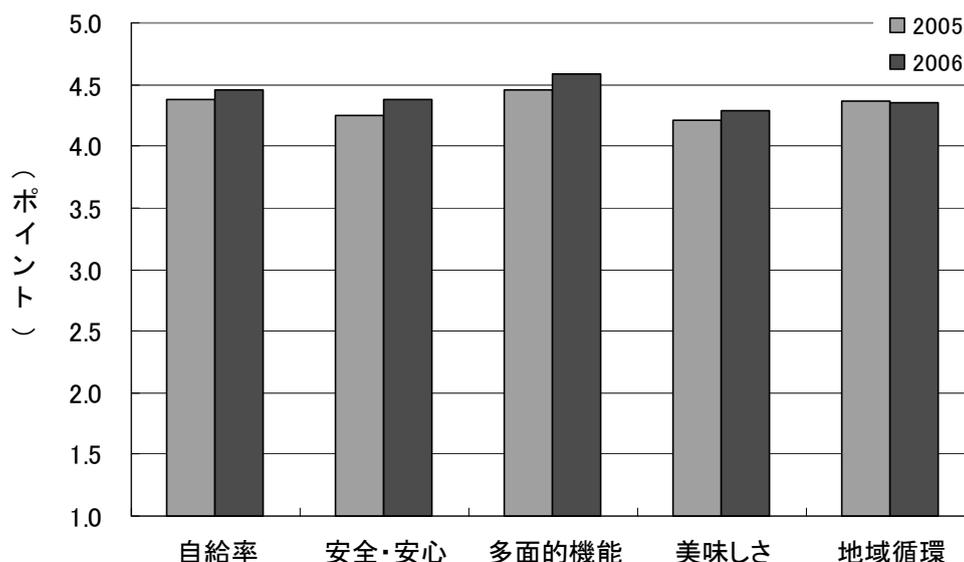


図2-45 消費者から見た飼料イネのPR項目

注) ポイントは1: PRすべきでない, 2: どちらかといえばPRすべきでない, 3: どちらともいえない, 4: どちらかといえばPRすべき, 5: PRすべき, までの5段階評価の平均値を示す。

2) 消費者に受け入れられる販売促進方法（試験2）

パッケージテストによる牛乳パックの記載事項について調査した（表2-33）。その結果、もっとも購入意欲が強かったパッケージはプロファイル2であり、次いでプロファイル5であった。これは、各パッケージに記載されている内容を説明する前後に関わらず2グループとも共通の傾向であった。プロファイル2の選好理由は、全国ブランドに対する信頼感を上げる声が多く、プロファイル5に関しては、生産者の写真及び生産者名が記載されていることが責任感を感じるとの声が多かった。逆に、従来消費者が重視すると考えられていた「乳脂肪分」や「産地表示」に関しては、さほど重要視する傾向が見られず、試験1のアンケート結果とも一致した。

稲発酵粗飼料のPR項目について、情報を提示後自由に意見交換してもらった結果、どの項目に関しても高い関心を示したが、もっとも多く意見が出されたのは「水田の多面的機能」であった（表2-34）。また、「安全・安心」については、特に「安全」について科学的なデータを出しにくいことについて関心が集まり、提供する情報の種類によっては逆に購入意欲をそがれる形になりかねないことが分かった。また、価格については、プレミアム価格の理由をきちんと行うことで購入意欲がむしろ高まるとの意見がでるなど、必ずしも低価格＝購入意欲の向上、高価格＝購入意欲の低下、といった単純な構造にはならないことが示唆された。

情報の提示方法については、POPやパッケージに記載した方がよい情報と持ち帰り可能なチラシなどに記載した方がよい情報とに分かれた。PR用のPOPや貼り紙のように表示できる情報量が限定されるものは、「価格」「安心・安全」という直接的に購買に関係する項目を中心とし、記載できる情報量が多く持ち帰り可能なチラシなどは「水田の多面的機能の維持」など消費者の関心が高くかつ啓発的な項目とすることが有効と考えられた。

4. 摘要

稲発酵粗飼料を用いた牛乳の消費者調査を行い、牛乳の購入意向及び効果的な販売促進方法について検討した。消費者は牛乳の購入時に賞味期限等に加え飼料の安全性を重視しており、稲発酵粗飼料を利用することで30～50円/L程度の価格上昇が期待できる。また、販売する際は、水田地帯であればその保全を訴えるなど地域性を考慮したPR項目を加え、かつPR項目を店頭用と啓発用に分けることで効果的な販売促進が可能となる。

表2-33 パッケージテストに用いた牛乳のプロファイルと主な意見

	プロファイル1	プロファイル2	プロファイル3	プロファイル4	プロファイル5
表示内容	産地：非表示 ブランド：地元ブランド 乳脂肪分：3.6	産地：非表示 ブランド：全国ブランド 乳脂肪分：3.7	産地：北海道 ブランド：地域ブランド 乳脂肪分：3.8	産地：北海道 十勝 ブランド：全国ブランド 乳脂肪分：3.9	産地：新潟 ブランド：地元生産者 乳脂肪分：(3.6)
主な意見	デザインがやや古いやや安価なイメージ 産地が分からない	美味しそうなデザイン 普段と同じブランド ブランドに対する信頼	パッケージが垢抜けない 産地の印象が薄い	ブランドの印象が薄い 地域限定で安心感	責任感を感じる なんとなく安心 写真と生産者名がよい

表2-34 消費者から見た稲発酵粗飼料を与えて生産された牛乳のPRについて

	主な発言	出席者の 関心度	情報提示の 難易度	店頭での PR	啓発資料 向け
安全・安心	<ul style="list-style-type: none"> 牛乳は健康によいから飲む。安全性は最重要 購入時の情報で分かりやすいのは安全性、続いて美味しさ 身近なエサとしてイネは分かりやすいが、農薬が心配。情報を教えて欲しい 外国産のエサはなんとなく不安。 国産飼料として飼料用イネは安心だけど使う割合にもよる 	高い	やや難	○	◎
美味しさ	<ul style="list-style-type: none"> 購入時にパッケージの説明を確認することはない 店頭のポップで説明するなら美味しさや安全性 初めて買うときはともかく、続けて買うかどうかは味次第 牛乳は飲んでではっきりとした違いが分からない 飼料用イネを与えても味が変わらないならPRしにくいのでは 味は利用場面やイメージによっても変わるからPRの方法次第では 	やや高い	難	○	○
多面的機能	<ul style="list-style-type: none"> 新潟は水田が多いから水田を荒らさないというのはPRすべき 国土保全是大事だと思うけど、直接購入の動機になるのは特定の人に限られる 環境問題に敏感な人に訴えれば効果的かも ECOなどのある程度浸透した情報と違って簡単に説明できないのでは 	高い	やや難	○	◎
価格	<ul style="list-style-type: none"> 量販店で購入するときは低価格のものを選ぶ 物産館など特別な扱いで、プレミア価格のものを販売して欲しい 加工方法と違い、普段は原料やエサなどが価格に反映する意識が少ない 	高い	やや難	◎	○

引用文献

- 1) 糶谷 斉・山本泰也・乾 清人 (2003) 飼料用イネを給与して生産された牛乳の消費者価値. 関東東海北陸農業研究成果情報Ⅲ, 76-77.

第3部 大麦－飼料用 イネ2年3作体系の開発

1) 大麦－飼料用イネ2年3作体系の開発

(1) 飼料用イネと大麦の2年3作体系における飼料用イネ生産

Forage Rice Production under Cropping System Forage Rice,
Barley and Forage Rice on Two Year

湯川智行^{*1)}・元林浩太・高畑良雄^{*2)}・小島 誠・佐々木良治^{*3)}・米村 健^{*2)}
(中央農業総合研究センター 北陸研究センター)

Tomoyuki Yukawa^{*1)}, Kota Motobayashi, Yoshio Takahata^{*2)}, Makoto Kojima,
Ryouji Sasaki^{*3)} and Takeshi Yonemura^{*2)}
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

日本人の年間の米消費量は年々減少し、この40年間で約5割にまで低下している。このため、米の需給のバランスを図るために、水田では水稻以外の作物栽培が奨励されている。良食味米の生産地である北陸地域も例外でなく、水田転作率は3割前後にまでなり、このため水田での転作作物の安定栽培法の確立が求められている。しかしながら、北陸地域に広く分布している排水不良な低湿重粘土は、大豆などの転作作物の安定生産を拒み、生産性の低下は農家経営に対する圧迫を招いている。

一方で飼料作物生産は、飼料自給率が24%と低く、また、輸入稲ワラが原因とされる口蹄疫の発生や牛海綿状脳症(BSE)の発生により、飼料の国内での生産の重要性が再認識されるようになった。国内での飼料作物の増産を考えた場合、水田での飼料生産は、米の需給のアンバランスを解消する意味でも効果的であるが、他の転作作物と同様に排水性の面などから、その作付けの拡大には限界がある。このような状況の中で、水稻全体を発酵して利用する稲発酵粗飼料(飼料用イネ)は、水田を畑転換することなく栽培できる転作作物として注目されている。

そこで、新しい水田高度利用の方策として、飼料用イネと北陸地域で全国生産の半分以上を占め

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部、*2)元中央農業総合研究センター北陸研究センター、
*3)近畿中国四国農業研究センター。

る食用の六条大麦との2年3作体系(飼料用イネ-大麦-飼料用イネ)の実用化について検討した。この体系では、多収で高品質な飼料用イネと大麦の生産方法の他に、水田地帯での飼料生産であることから食用イネの収穫や乾燥作業との競合回避等の解決すべき課題がある。

試験では、営農試験地において、本プロジェクトの個別課題で開発された技術を逐次導入しながら実証を行い、栽培や作業体系上の問題点を整理・解決し、大麦-飼料用イネ2年3作体系を開発する。本課題では、2年3作体系のうち1作目と大麦収穫後の3作目の飼料用イネ生産について検討した。

2. 材料と方法

1) 現地実証圃場の設定

現地実証圃場は、新潟県上越市下百々に2筆(A、B圃場)、それぞれ1ha、試験期間の2003年から2007年にかけての5年間にわたって設定した(表3-1、図3-1、3-2)。圃場は、基盤整備が行われた長辺125m、短辺80mの大区画水田であり、両短辺では作業機の農道ターンが可能である。

表3-1 現地実証圃場の設定等

市	地区	圃場	面積 ha	2003	2004	2005	2006	2007		
				栽培作物						
上越市	下百々	A	1.0	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	
		B	1.0	飼料用イネ	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ
長岡市*	上桐	A	1.0	飼料用イネ	飼料用イネ					
		B	0.7	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ				
		C	0.5	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ
		D	0.9			飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ	
		E	1.0			飼料用イネ	大麦	飼料用イネ	飼料用イネ	
長岡市*	荒巻	A	0.4			飼料用イネ	飼料用イネ			
		B	0.7			飼料用イネ	飼料用イネ	飼料用イネ		
		C	0.6			飼料用イネ	飼料用イネ	飼料用イネ		

注) *2006年1月より長岡市，旧和島村。飼料用イネは飼料用イネと表記した。

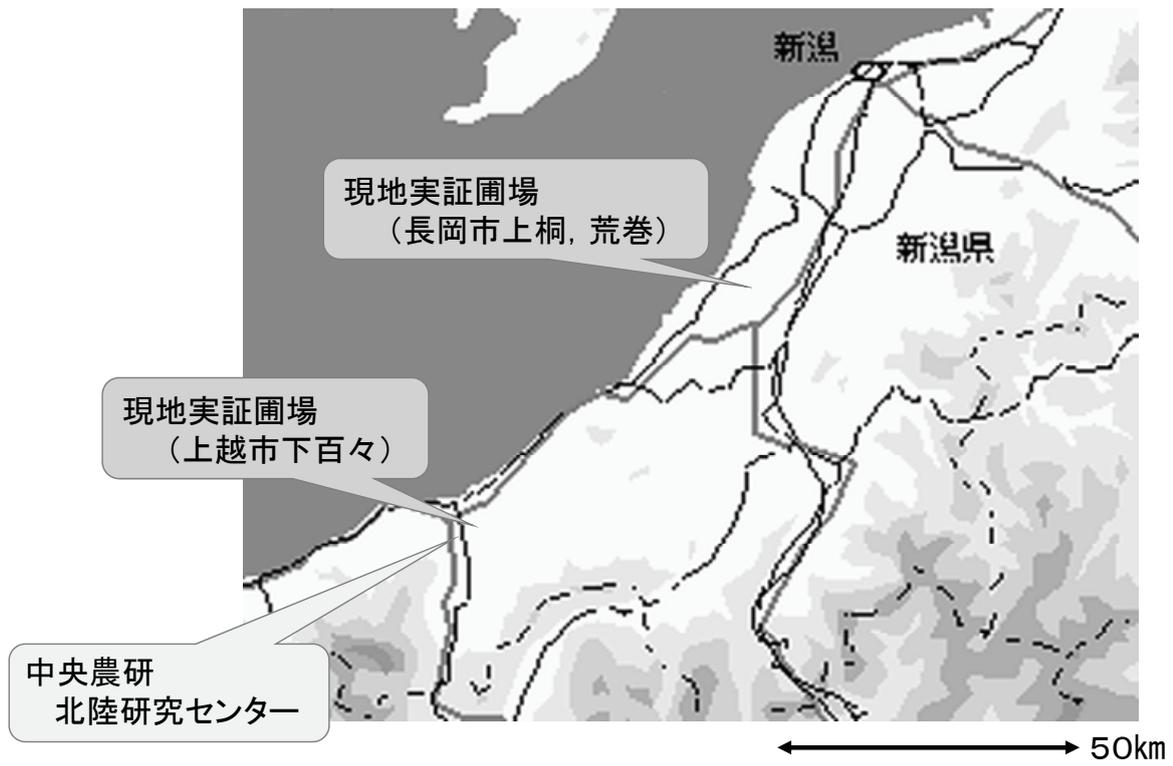


図3-1 現地実証圃場の配置



図3-2 現地実証圃場（上越市下百々）の配置

新潟県長岡市上桐（2006年1月より長岡市、旧和島村）には、のべ5筆（A、B、C、D、E圃場）、併せて約4.1haを設定した（表3-1、図3-1、3-3）。2003年から2004年にかけては、A、B、C圃場を使用し、2005年から2007年にかけてはC、D、E圃場を使用した。1筆の面積は、約0.5haから1haである。農道ターンはできず、作業機はいずれも1ヶ所の進入口から水田に出入りすることができる。

長岡市荒巻（2006年1月より長岡市、旧和島村）には、2004年から2007年までの4年間、3筆（A、B、C圃場）、併せて約1.7haを設定した（表3-1、図3-1、3-4）。1筆の面積は、約0.4haから0.7haである。長岡市上桐と同様に、本地区も農道ターンはできず、作業機はいずれも1ヶ所の進入口から水田に出入りすることができる。

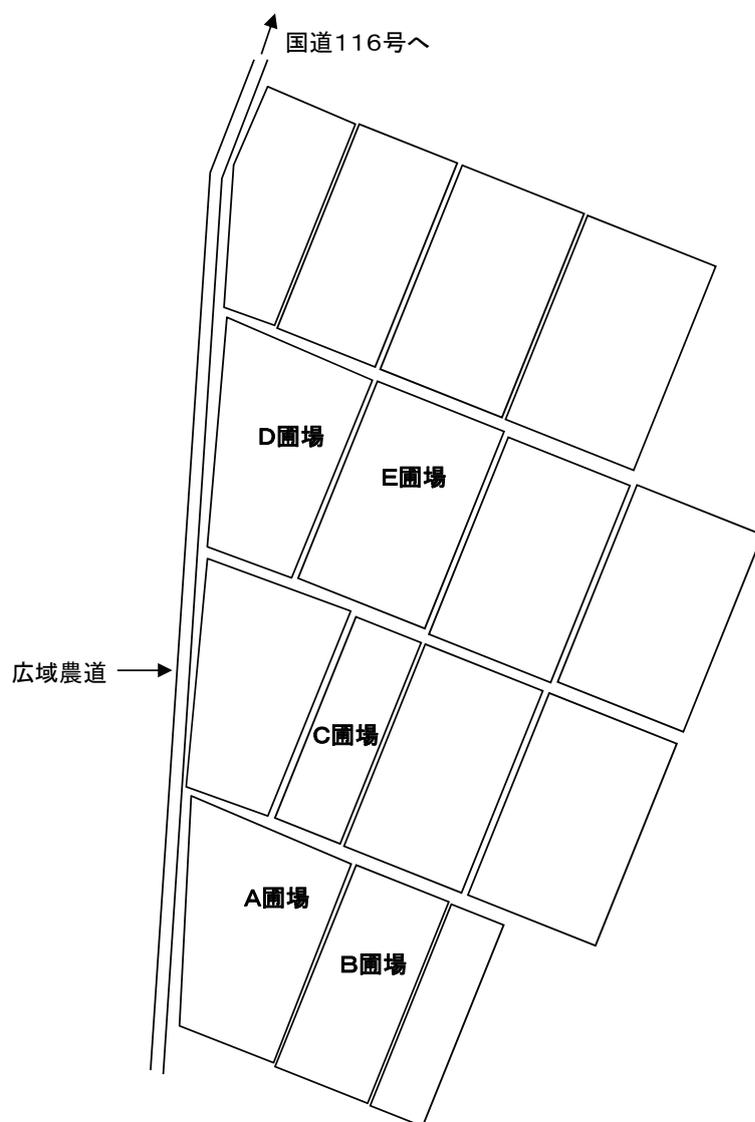


図3-3 現地実証圃場（長岡市上桐）の配置

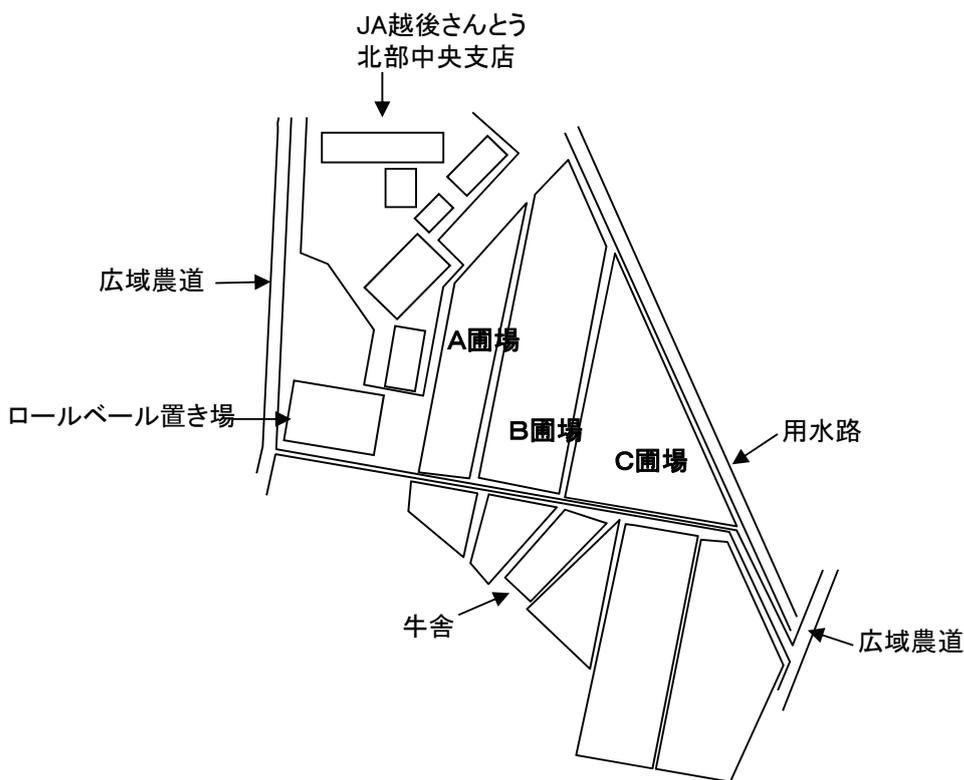


図 3-4 現地実証圃場（長岡市荒巻）の配置

2) 2003年

(1) 上越市下百々圃場

上越市下百々A圃場では、湛水直播栽培により飼料用イネを栽培した（表3-2、3-3）。供試品種には、2002年に北陸研究センターで開発された「クサユタカ」⁷⁾を用いた。播種は簡易な方法とするために、背負い式動力散布機（動散）によった。種子は催芽したが、酸素発生剤の粉衣は行わなかった。播種期は5月9日とした。除草剤は、稲発酵粗飼料用として利用できるものが限定されていたため、ピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤（商品名：プロスパ-1キロ粒剤51）を用いた。2007年の長岡市荒巻Bを除く以下の試験では、初・中期剤として本剤を供試した。

表3-2 現地実証圃場における栽培方法等（2003年、その1）

No.	試験地	供試品種	栽培方法	酸素発生剤 粉衣の有無	播種/移植方法
1.	上越市下百々 A	クサユタカ	湛水直播	無	背負い式動力散布機
2.	B	クサユタカ	移植	-	移植機
3.	長岡市上桐 A	クサユタカ	湛水直播	無	背負い式動力散布機
4.	B	クサユタカ	湛水直播	無	背負い式動力散布機
5.	C	クサユタカ	湛水直播	無	背負い式動力散布機

表3-3 現地実証圃場における栽培方法等（2003年，その2）

No.	播種期/ 移植期	播種量/ 栽植密度	施肥量(基肥)	施肥量(追肥)	
	月/日	kg/10a:cm×cm	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a	N kg/10a	月/日
1.	5/ 9	8.8	4.0-4.0-4.0	3	7/17
2.	6/16	30×19	4.0-4.0-4.0	3	8/ 6
3.	5/10	8.0	4.0-4.0-4.0	3	7/ 5
4.	5/10	8.0	7.2-9.6-8.4 [*]	0	—
5.	5/10	8.0	7.2-10.8-9.6 ^{**}	0	—

注) *N成分のうち50%が肥効調節型肥料(LP70). **:N成分のうち38%が肥効調節型肥料(LP100).

もう1筆（B圃場）は、初年目のため実際には前作に大麦栽培は行わなかったが、大麦収穫後の飼料用イネ栽培（3作目）を想定し、「クサユタカ」の移植栽培を行った（表3-2、3-3）。移植には中苗を用いて6月16日に行った。

調査は、以下の年次、各地区ともほぼ共通するが、苗立ち数や草丈、茎数等の生育調査を行った。収穫は、地上部を地際から刈り取って収量（生草重、乾物重）や穂数、稈長等の調査と可消化養分総量(TDN)や粗タンパク質(CP)、無機元素(ミネラル)等の飼料成分について測定した。また、フレール型の飼料イネ用ロールベアラ（以下、ロールベアラ）を用いて刈取り・成形してロールベアラを作成し、自走式ベアララップ（以下、ベアララップ）で密封後にホイススケール等を使用して重量を測定し、全刈り収量（乾物換算）も調査した。ロールベアラ収穫後の刈高さや収穫時の土壌の円錐貫入抵抗値（大起、DIK-5520）、土壌水分等を調査した。

なお、苗立ち数や収量の調査は、以下に示す次年度以降の試験も含め、調査の面積と反復数は、1試験区を1～2㎡程度とし、4～20反復とした。誤差の生じやすい苗立ち数については反復数を多くした。飼料成分については2反復以上を設定した。稈長や穂長の調査は、1区あたり約20個体の調査を標準とした。

(2) 長岡市上桐圃場

長岡市上桐（A、B、C圃場）は、播種には動散を用いる湛水直播栽培を行った（表3-2、3-3）。供試品種には、上越市下百々と同様に「クサユタカ」を用い、播種期は5月10日とした。種子には酸素発生剤を粉衣しなかった。なお、施肥には、追肥を省略するために肥効調節型肥料を含むものも用いて、収量等を比較した。

3) 2004年

(1) 上越市下百々圃場

A圃場は、大麦収穫後の3作目となり、移植により飼料用イネ栽培を行った（表3-4、3-5）。供試品種には、「クサユタカ」より早生で2004年に北陸研究センターで開発された「夢あおば」³⁾を用いて6月9日に移植した。

B圃場は、供試品種にはA圃場と同じく「夢あおば」を用いて、動散播種による湛水直播栽培を行った（表3-4、3-5）。播種は、5月6日に行った。種子には酸素発生剤を粉衣しなかった。B圃場は2年3作体系の1作目にあたる。なお、B圃場には、初・中期剤で防除できなかったイヌビエやイヌホタルイ等が発生したので、本年から飼料用イネに対し使用が可能となったシロハホップブチ

ル・ベンタゾンナトリウム塩剤（商品名：クリンチャバスME液剤）を散布した。以下、直播栽培では雑草の発生状況により本剤を適宜供試した。

表3-4 現地実証圃場における栽培方法等（2004年，その1）

No	試験地	供試品種	栽培方法	酸素発生剤 粉衣の有無	播種/移植方法
6.	上越市下百々	A 夢あおば	移植	—	移植機
7.		B 夢あおば	湛水直播	無	背負い式動力散布機
8.	長岡市上桐	A 夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
9.		B クサユタカ	移植	—	移植機
10.		C クサユタカ	移植	—	移植機
11.	長岡市荒巻	A クサユタカ	移植	—	移植機
12.		B クサユタカ	移植	—	移植機
13.		C クサユタカ	移植	—	移植機

表3-5 現地実証圃場における栽培方法等（2004年，その2）

No	播種期/ 移植期	播種量/ 栽植密度	堆肥散布	施肥量(基肥)	施肥量(追肥)	
	月/日	kg/10a:cm×cm	t/10a	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a	N kg/10a	月/日
6.	6/9	30×16	0	4.8-4.8-4.8	2.5	8/2
7.	5/6	9.8	0	4.8-4.8-4.8	3.4	6/24
8.	5/11	8.8:条間30	1	4.9-4.9-4.9	3.0	7/5
9.	6/14	31×17	1	5.0-5.0-5.0	3.2	8/1
10.	6/14	31×17	1	5.0-5.0-5.0	3.2	8/1
11.	6/14	30×17	0.85	3.0-3.0-3.0	2.1	7/31
12.	6/14	30×17	0.85	3.0-3.0-3.0	2.1	7/31
13.	6/14	30×17	0.85	3.0-3.0-3.0	2.1	7/31

(2) 長岡市上桐圃場

A圃場では、「夢あおば」を用いる湛水直播栽培を行い、5月11日に播種した（表3-4、3-5）。播種には動散に替えて条播機（条間30cm）を用い、種子には酸素発生剤を等量粉衣した。なお、A圃場は、前作には大麦を栽培せず、飼料用イネの連作とした。これは、直播栽培の生産力安定の試験設定のためである。B、C圃場は、大麦収穫後の3作目となり、6月14日に「クサユタカ」を移植した。

(3) 長岡市荒巻

長岡市荒巻（A、B、C圃場）には、6月14日に「クサユタカ」の移植栽培を行った（表3-4、3-5）。前作は大豆栽培であり、基肥量を他と比較してやや少なめに施用した。なお、荒巻では、飼料用イネの後作には大麦を栽培せずに、飼料用イネの試験のみを実施した。

4) 2005年

(1) 上越市下百々圃場

A圃場では、湛水直播栽培により「夢あおば」を栽培した(表3-6、3-7)。播種は動散に替えて条播機(条間30cm)を用い、5月6日に行った。ただし、種子には省力、低コストのために酸素発生剤を粉衣しなかった。B圃場では、大麦収穫後の6月14日に「クサユタカ」を移植した(表3-6、3-7)。

表3-6 現地実証圃場における栽培方法等(2005年, その1)

No	試験地		供試品種	栽培方法	酸素発生剤 粉衣の有無	播種/移植方法
14.	上越市下百々	A	夢あおば	湛水直播	無	条播機(K社)
15.		B	クサユタカ	移植	—	移植機
16.	長岡市上桐	C	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
17.		D	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
18.		E	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
19.	長岡市荒巻	A	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
20.		B	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
21.		C	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)

表3-7 現地実証圃場における栽培方法等(2005年, その2)

No	播種期/ 移植期	播種量/ 栽植密度	堆肥散布 t/10a	施肥量(基肥) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	施肥量(追肥)	
	月/日	kg/10a:cm×cm		kg/10a	N	月/日
14.	5/6	7.4:条間30	1	4.8-4.8-4.8	3.4	7/8
15.	6/14	30×19	—*	4.8-4.8-4.8	2.9	8/1
16.	5/10	7.6:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10
17.	5/10	6.8:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10
18.	5/10	6.4:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10
19.	5/11	7.7:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10
20.	5/11	7.7:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10
21.	5/11	7.7:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/10

注) *:2004年秋, 大麦播種前に1t/10a散布.

(2) 長岡市上桐圃場

A、B圃場での飼料用イネ栽培は終了、C圃場は継続、そして、隣接するD、E圃場を新たに試験圃として設定した(図3-3)。これは、現地圃場の転作のブロックローテーションのためである。C、D、E圃場では、「夢あおば」を用いて5月10日に湛水直播栽培を行った(表3-6、3-7)。種子には等量の酸素発生剤を粉衣し、条播機(条間30cm)を用いて播種を行った。

(3) 長岡市荒巻

A、B、C圃場において、「夢あおば」を用いて5月11日に湛水直播栽培を行った(表3-6、3-7)。種子には等量の酸素発生剤を粉衣し、条播機(条間30cm)を用いて播種を行った。

5) 2006年

(1) 上越市下百々圃場

A圃場は、大麦収穫後の3作目になり「夢あおば」の移植栽培を行った(表3-8、3-9)。移植日はこれまでよりやや遅らせて6月23日とした。B圃場では、「夢あおば」を用いて湛水直播栽培を行った(表3-8、3-9)。種子には酸素発生剤を等量粉衣し、条播機(条間30cm)を用いて5月15日に播種した。

表3-8 現地実証圃場における栽培方法等(2006年, その1)

No	試験地	供試品種	栽培方法	酸素発生剤 粉衣の有無	播種方法
22.	上越市下百々	A	移 植	—	移植機
23.		B	湛水直播	等量粉衣	条播機(K社)
24.	長岡市上桐	C	移 植	—	条播機(Y社)
25.		D	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
26.		E	移 植	—	条播機(Y社)
27.	長岡市荒巻	A	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
28.		B	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
29.		C	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)

表3-9 現地実証圃場における栽培方法等(2006年, その2)

No	播種期/ 移植期 月/日	播種量/ 栽植密度 kg/10a:cm×cm	堆肥散布 t/10a	施肥量(基肥) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a	施肥量(追肥) N kg/10a	月/日
22.	6/23	32×15	1*	5.0-5.0-5.0	2.1	8/ 4
23.	5/15	8.1:条間30	1	5.0-5.0-5.0	2.9	7/10
24.	6/19	31×16.1	—	5.0-5.0-5.0	2.0	8/ 7
25.	6/19	7.7:条間30	—	5.0-5.0-5.0	2.0	8/ 7
26.	6/19	30×16.8	—	5.0-5.0-5.0	2.0	8/ 7
27.	5/12	7.6:条間30	1	5.0-5.0-5.0	2.0	7/11
28.	5/12	7.6:条間30	1	5.0-5.0-5.0	2.0	7/11
29.	5/12	7.6:条間30	1	5.0-5.0-5.0	2.0	7/11

注) *大麦の播種前に施用。

(2) 長岡市上桐圃場

C、D、E圃場ともに、大麦収穫後の3作目に相当する(表3-8、3-9)。C、E圃場では、6月19日に「夢あおば」を用いて移植した。また、D圃場では、同じく「夢あおば」を用いて湛水直播栽培を行った。播種には条播機(条間30cm)を用いて6月19日に行った。

(3) 長岡市荒巻圃場

A、B、C圃場において、湛水直播栽培を行った(表3-8、3-9)。播種は条播機(条間30cm)を用いて5月12日に行い、種子には酸素発生剤を粉衣した。

6) 2007年

(1) 上越市下百々圃場

A圃場では、湛水直播栽培により「夢あおば」を用いて5月15日に播種した(表3-10、3-11)。条播機を用い種子には酸素発生剤を等量粉衣した。また、播種量は、これまでの試験から苗立ちの安定性が得られたので、やや少なく設定した。B圃場では、大麦収穫後の6月15日に「夢あおば」を移植した(表3-10、3-11)。

表3-10 現地実証圃場における栽培方法等(2007年, その1)

No	試験地		供試品種	栽培方法	酸素発生剤 粉衣の有無	播種/移植方法
30.	上越市下百々	A	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(K社)
31.		B	夢あおば	移植	—	移植機
32.	長岡市上桐	C	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
33.		D	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
34.		E	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)
35.	長岡市荒巻	B	夢あおば	湛水直播	鉄半量粉衣	条播機(Y社)
36.		C	夢あおば	湛水直播	等量粉衣	条播機(Y社)

表3-11 現地実証圃場における栽培方法等(2007年, その2)

No	播種期/ 移植期	播種量/ 栽植密度	堆肥散布	施肥量(基肥) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	施肥量(追肥) N	月/日
	月/日	kg/10a:cm×cm	t/10a	kg/10a	kg/10a	
30.	5/15	4.5:条間30	1	4.8-4.8-4.8	2.1	7/15
31.	6/15	30×19	—	4.5-4.5-4.5	1.7	8/1
32.	5/8	3.9:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/28
33.	5/8	3.9:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/28
34.	5/8	4.0:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/28
35.	5/10	4.5:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/8
36.	5/10	4.3:条間30	1	5.0-5.0-5.0	3.0	7/8

(2) 長岡市上桐圃場

C、D、E圃場では、「夢あおば」を用いて5月8日に湛水直播栽培を行った(表3-10、3-11)。種子には等量の酸素発生剤を粉衣し、条播機を用いて播種を行ったが、播種量は下百々と同様にこれまでよりやや少なく設定した。

(3) 長岡市荒巻圃場

B圃場では、「夢あおば」を用いて5月10日に湛水直播栽培を行った(表3-10、3-11)。種子には、鉄粉を0.5倍量粉衣した。播種には条播機を用いたが、作溝はせずに表面播種した。このときの除草剤には、ピラゾレート剤(商品名:サンバード粒剤)を用いた。C圃場では、「夢あおば」を供試して湛水直播栽培を行った。種子には酸素発生剤を等量粉衣し、条播機を用いて5月10日に播種した。本年のA圃場は別途試験を実施したため、一連の実証試験の対象とはしなかった。

3. 結果と考察

1) 2003年

2003年の気象概況（高田、寺泊）についてアメダスデータからみると、直播の播種期に相当する5月上中旬、以降6月にかけて気温、日照時間ともに総じて平年より高く推移した（図3-5、3-6）。一方で降水量は8月上旬まで低く推移した（図3-7）。7月以降9月上旬までの気温と日射量は平年より低く、特に7月の平均気温は高田22.4℃、寺泊21.1℃と極く低くなった。降水量は8月中旬から9月上旬に多かった。なお、アメダス設置地点高田と上越市下百々は直線距離で約7 km、北陸研究センターと上越市下百々は約4 km、寺泊と長岡市上桐は約5 kmの距離がある。

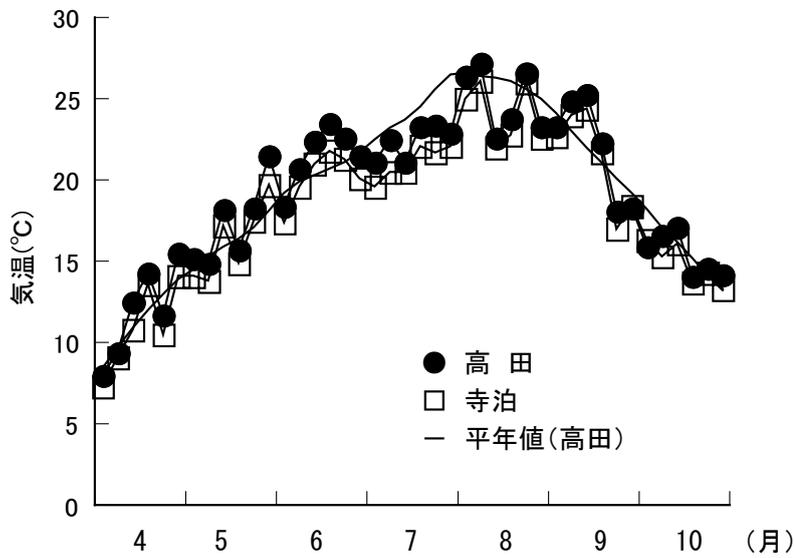


図3-5 気温の変化（2003年）

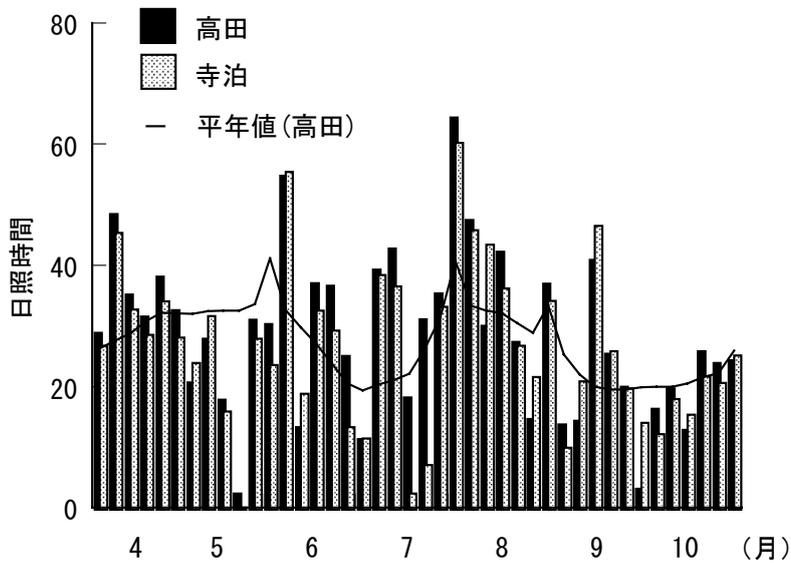


図3-6 日照時間の変化（2003年）

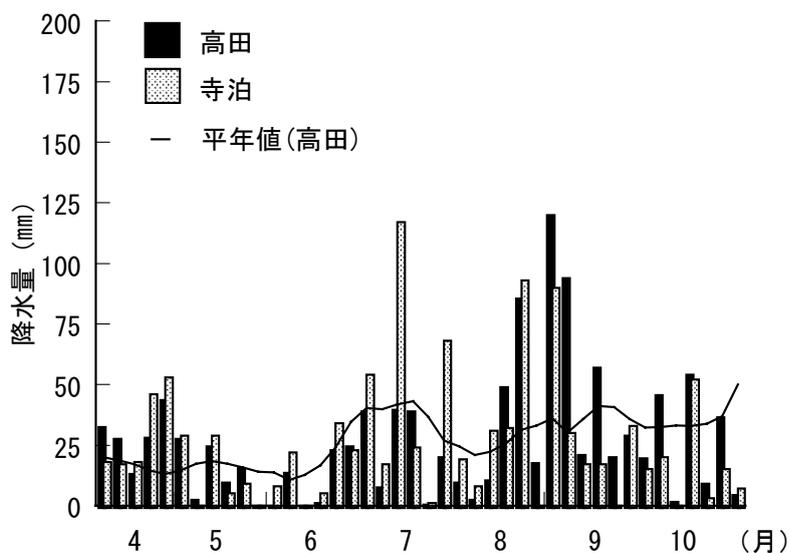


図3-7 降水量の変化 (2003年)

湛水直播栽培における苗立ち数、苗立ち率は、上越市下百々、長岡市上桐ともに低かった(表3-12)。これは、「クサユタカ」種子の低い発芽率 (68%)、鳥害の発生、動力散布機播種のため播種深度が不安定であったこと、酸素発生剤が無粉衣であったことなどが関係しているものと考えられた。特に下百々では、カラスによる鳥害が顕著であった。また、苗立ち数の不足や使用できる除草剤の種類が限定されるなどの理由から雑草 (イヌビエ、イヌホタルイ) が多発した。特に上桐では、SU剤 (スルホニルウレア系除草剤) に対し抵抗性とみられるホタルイが発生し防除が極めて困難であった。なお、2003年には、SU抵抗性イヌホタルイに有効かつ飼料用イネに利用できる除草剤 (ベントゾン剤) はまだ登録されていなかった。

生育について比較してみると、ほぼ同じ頃に播種した下百々と上桐の湛水直播栽培で、下百々の草丈と茎数は、上桐に比較して増加程度が低かった (表3-13、3-14)。これは、圃場間の潜在的な地力や気象の違い、また、上越では追肥がやや遅くなったことが関係していると考えられた。出穂期は7月以降の低温でいずれも遅れ、湛水直播栽培では8月中旬、移植栽培では8月下旬になった。

表3-12 現地実証圃場における生育等 (2003年)

No.	試験地	供試品種	苗立ち数	苗立ち率*	出穂期	収穫期		
			本/㎡±SE	%		月/日	ステージ	月/日
1.	上越市下百々	A	クサユタカ	69.7± 8.7	51.3	8/14	糊熟期	9/ 4
2.		B	クサユタカ	—	—	8/27	糊熟期	9/27
3.	長岡市上桐	A	クサユタカ	57.2± 3.5	46.0	8/14	糊熟期	9/9,10
4.		B	クサユタカ	57.7± 5.1	46.4	8/13	糊熟期	9/ 9
5.		C	クサユタカ	39.9± 5.3	32.0	8/14	糊熟期	9/10

注) *苗立ち率は発芽率で補正した。SEは標準誤差、以下の表で同じ。収穫期のステージは、出穂後の積算温度が480℃を超えたものを糊熟期、780℃を超えたものを黄熟期とした、以下の表で同じ。

表3-13 現地実証圃場（上越市下百々）における生育経過（2003年）

No.	調査日(月/日)								
	6/2	6/6	6/16	6/19	7/3	7/17	8/1	8/15	8/29
播種・移植後日数(播種/移植)									
	24/	28/	/0	41/	55/17	69/31	84/46	98/60	/74
草丈(cm)									
1.	18.9±0.1	25.0±0.3	—	37.6±0.6	49.8±0.6	65.7±0.6	79.5±0.5	93.8±1.0	—
2.	—	—	14.3±0.3	—	39.7±0.9	54.4±0.7	75.7±0.5	85.9±0.5	102.5±0.7
茎数(本/m ²)									
1.	70	147±47	—	344±96	377±66	376±57	359±53	315±36	—
2.	—	—	—	—	101±3	233±18	279±13	263±11	243±16
葉齢*(齢)									
1.	3.7±0.1	4.6±0.1	—	7.2±0.1	8.8±0.1	10.2±0.1	11.9±0.1	12.3±0.2	—
2.	—	—	3.0±0.02	—	6.2±0.03	8.7±0.1	10.9±0.1	12.9±0.1	12.9±0.1

注) *葉齢に不完全葉は含まない, 以下の表で同じ。

表3-14 現地実証圃場（長岡市上桐）における生育経過（2003年）

No.	調査日(月/日)					
	5/30	6/13	6/26	7/11	7/24	8/8
播種後日数						
	20	34	47	62	75	90
草丈(mm)						
3.	169±0.5	293±4.6	509±7.7	715±5.7	871±5.9	955±8.0
4.	180±0.4	308±8.9	524±9.5	761±8.6	850±7.6	939±12.5
5.	157±0.3	262±6.7	465±10.4	663±11.0	777±8.8	851±12.9
茎数(本/m ²)						
3.	57.2	342±10	570±14	568±36	500±24	456±20
4.	57.7	228±80	510±82	596±80	508±64	382±46
5.	39.9	174±26	442±54	544±64	532±36	356±16
葉齢(齢)						
3.	3.7±0.1	5.9±0.3	7.6±0.1	9.2±0.2	10.4±0.2	11.6±0.2
4.	3.8±0.1	6.1±0.3	8.3±0.2	9.9±0.2	11.2±0.2	12.7±0.4
5.	3.6±0.1	6.1±0.1	8.2±0.1	9.9±0.1	11.3±0.3	12.8±0.1

収量についてみると、坪刈り生草収量（以下、生草収量）は2771～4429kg/10aとなり、上桐で高く、下百々で低くなった（表3-15）。穂数は湛水直播で251～316本/m²と少なく、これは苗立ち数が少なかったことや「クサユタカ」の穂重型の生育に関係した。また、坪刈り乾物収量（以下、乾物収量）は、914～1329kg/10aとなった。この時の含水率は67～74%になり、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル²⁾に目安と記載されている65%以下にはならなかった。これは、生育の遅れや作業上の理由から黄熟期前のやや早刈りであったことや降水量が多く水田が湿潤であったことが原因と推定された。収量は全般にやや低かったが、これは、苗立ち数が少なかったこと、7月以降の低温による生育不足や遅れ、早刈りなどの理由が考えられた。特に全刈り収量では低収となり、これには圃場内の生育のばらつき、ロールベアによる収穫時の圃場内損失、刈取り高さの影響などが考えられた（表3-16）。上桐における肥効調節型肥料を用いた時の収量への影響は明確でなく、圃場条

件や苗立ち数の影響を強く受けたものと推測された。刈取り高さについては、刈取り時までには降水量が多かったため地耐力が低くなり、ロールベアラの走行性が低下し、ロールベールへの土壌の混入を防ぐために刈取り高さが高くなった。また、下百々における大麦収穫後の作付体系を想定した移植栽培では、湛水直播栽培以上の収量が得られた。

飼料成分についてみると、粗タンパク質は4.6～5.9%、粗脂肪は0.99～1.42%であった(表3-17)。粗タンパク質と粗脂肪は、栽培地域や栽培方法との関連は認められなかった。また、両値は、日本標準飼料成分表(2001年版)¹⁾の糊熟期の値(それぞれ6.3%、3.1%)より低かった。非繊維性炭水化物は25.0～32.8%になった。粗灰分は11.8～14.6%であった。

TDN⁶⁾は、53.1～58.4%となり、大麦後を想定した上越市の移植で58.4%と最高値を示した(表3-18)。無機元素成分のうち、カリウムは0.92～1.25と低く、マグネシウムとカルシウムとの当量比は1.2～1.4になり、グラスステニー症の発症の危険値(2.2)より極く低かった(表3-19)。当量比についても、栽培地域や栽培方法との関連は認められなかった。

表3-15 現地実証圃場における収量等(2003年)

No.	生草収量 kg/10a±SE	穂数 本/m ² ±SE	稈長 cm±SE	穂長 cm±SE	乾物収量 kg/10a±SE	含水率 %	全刈り収量* kg/10a
1.	2771±319	251±20	65±1	19.6±0.2	914±75	74	529
2.	2863±77	237±10	80±1	20.4±0.3	935±32	67	636
3.	4429±165	316±21	77±1	18.5±0.3	1329±40	70	595
4.	3709±250	261±14	78±1	18.6±0.4	1201±50	67	679
5.	3464±144	273±18	74±1	18.5±0.4	1140±44	67	609

注) *全刈り収量は乾物換算, 以下の表で同じ。

表3-16 現地実証圃場の収穫時の条件等(2003年)

No	刈高さ cm±SD*	円錐貫入抵抗 MPa	土壌水分 %
1.	12.2±1.7	0.26	45.4
2.	18.3±3.5	0.16	48.9
3.	—	0.20	41.8
4.	17.9±4.7	0.25	37.3
5.	—	0.15	43.6

注) *SDは標準偏差, 以下の表で同じ。

表3-17 現地実証圃場における飼料成分(その1, 2003年)

No.	粗タンパク質 CP %±SE	非繊維性炭水化物 NFC %±SE	粗脂肪 EE %±SE	粗灰分 CA %±SE
1.	4.6±0.3	31.1±1.6	1.42±0.05	11.8±1.3
2.	5.9±0.7	32.8±3.1	1.24±0.17	12.8±1.0
3.	5.4±0.9	25.0±3.9	0.99±0.05	14.5±0.6
4.	5.8±0.3	29.5±2.0	1.16±0.05	14.6±0.1
5.	5.1±0.3	28.7±3.4	1.31±0.12	13.9±0.6

注) 値は乾物あたり。

表3-18 現地実証圃場における飼料成分（その2，2003年）

No.	総繊維	高消化性繊維	低消化性繊維	細胞内容物	推定TDN*	
	OCW	Oa	Ob	OCC	割合	収量
	%±SE	%±SE	%±SE	%±SE	%±SE	kg/10a
1.	52.5±0.1	3.54±0.8	49.0±0.8	35.7±1.3	56.8±0.5	519.2
2.	48.8±1.4	3.93±1.1	44.9±0.2	38.4±2.3	58.4±0.6	546.0
3.	55.7±2.6	3.59±0.3	52.1±2.3	29.8±3.1	53.1±2.0	705.7
4.	50.6±1.6	3.36±1.0	47.2±0.6	34.8±1.7	56.2±0.4	675.0
5.	52.4±2.6	2.09±0.4	50.4±2.2	33.7±3.2	54.7±1.8	623.6

注) *TDN推定式:小川らの方法 $TDN=16.651+1.495 \times (OCC+Oa)-0.012 \times (OCC+Oa)^2$, 以下の表で同じ。値は乾物あたり。

表3-19 現地実証圃場における飼料成分（その3，2003年）

No.	Ca	P	Mg	K	K/Ca+Mg
	%±SE	%±SE	%±SE	%±SE	当量比
1.	0.17±0.01	0.17±0.01	0.14±0.01	0.92±0.13	1.20±0.18
2.	0.18±0.03	0.20±0.01	0.16±0.003	1.07±0.15	1.24±0.26
3.	0.22±0.03	0.18±0.01	0.17±0.02	1.12±0.04	1.15±0.09
4.	0.21±0.01	0.19±0.01	0.17±0.01	1.25±0.01	1.31±0.06
5.	0.19±0.02	0.17±0.01	0.15±0.01	1.15±0.05	1.36±0.03

注) 値は乾物あたり。

2) 2004年

2004年の気象概況（高田、寺泊）についてアメダスデータからみると、直播の播種期に相当する5月上中旬は、気温はほぼ平年並みに推移したが日照時間が少なかった（図3-8、3-9）。6月以降8月中旬にかけて気温、日射量ともに平年より極めて高く推移し、特に7月上旬には高田で平均気温が3℃以上高くなった。降水量については、中越地方で7月13日に記録的な豪雨があり、上桐及び荒巻の両圃場は、ほぼ1日程度冠水状態となった（図3-10）。また、8月31日には台風による強風が最大瞬間風速28.0m/s（高田）、9月7日には同33.9m/sがあった。

湛水直播における苗立ち率は、下百々Bで37%、上桐Aで52%になった（表3-20）。苗立ち数は、それぞれ132本/m²と165本/m²になり、十分な苗立ち数が確保できた。下百々Bで苗立ち率がやや低くなったのは、酸素発生剤が無粉衣であったことや播種深度が不安定な背負い式の動力散布機による播種であるためと考えられた。なお、下百々Bにはカラスによる鳥害防止のために水田には水糸を張り、昨年被害が甚大であったカラスによる食害は全く生じなかった。

生育の経過については、（表3-21、3-22）に示した。

本年より供試した「夢あおば」は、「クサユタカ」より早生品種であることや、本年の気象が高温に推移したことから、湛水直播栽培における出穂期は8月上旬、収穫期が9月上旬となり、食用イネと収穫時の作業競合は避けることができた（表3-20）。大麦収穫後の移植栽培「夢あおば」の出穂期は8月中旬、収穫期が9月中下旬になり、食用イネの収穫と競合したが、「クサユタカ」では8月下旬の出穂、9月下旬の収穫になり、食用イネとの競合を避けることができた。大麦収穫後に「夢あおば」を移植する場合、移植期をやや遅らすなどの必要があった。

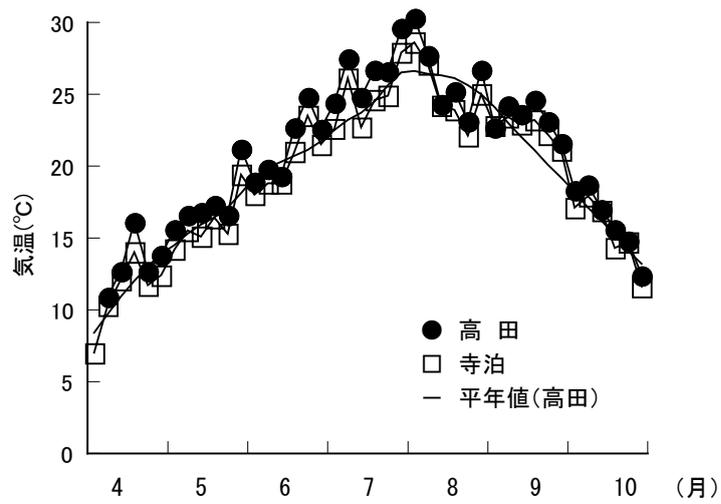


図3-8 気温の変化(2004年)

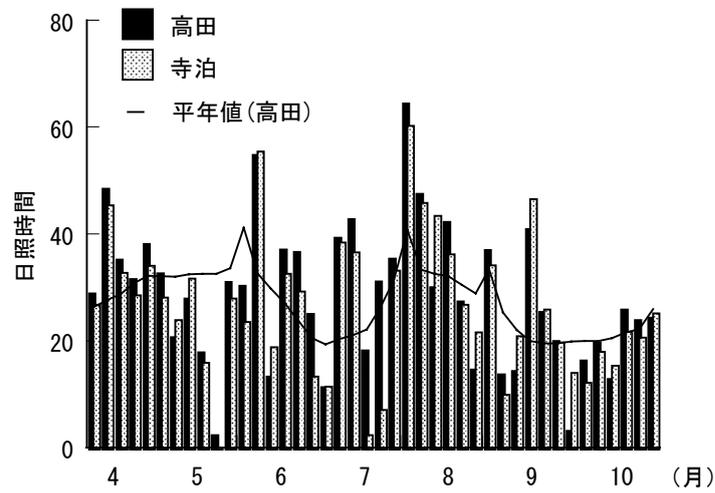


図3-9 日照時間の変化(2004年)

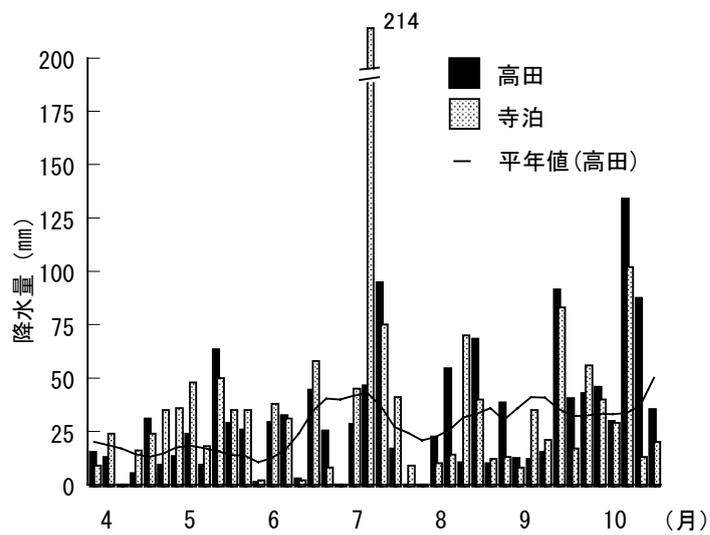


図3-10 降水量の変化(2004年)

表3-20 現地実証圃場における生育等 (2004年)

No	試験地	供試品種	苗立ち数	苗立ち率	出穂期	収穫期		
			本/㎡±SE	%	月/日	ステージ	月/日	
6.	上越市下百々	A	夢あおば	—	—	8/18	黄熟期	9/23
7.		B	夢あおば	132±13	37	8/1	黄熟期	9/3
8.	長岡市上桐	A	夢あおば	165±11	52	8/6	糊熟期	9/6
9.		B	クサユタカ	—	—	8/24	黄熟期	9/27
10.		C	クサユタカ	—	—	8/24	黄熟期	9/27
11.	長岡市荒巻	A	クサユタカ	—	—	8/24	黄熟期	9/28
12.		B	クサユタカ	—	—	8/24	黄熟期	9/28
13.		C	クサユタカ	—	—	8/24	黄熟期	9/28

表3-21 現地実証圃場 (上越市下百々) における生育経過 (2004年)

No.	調査日(月/日)									
	5/26	6/2	6/9	6/23	7/7	7/21	8/4	8/18	9/3	9/16
播種・移植後日数(播種/移植)										
	20/	27/	34/0	48/14	62/28	76/42	90/56	104/70	/86	/99
草丈(cm)										
6.	—	—	12.3	24.2	37.3	66.0	73.5	97.4	104.2	102.4
			±3.7	±0.6	±0.9	±1.0	±0.9	±0.9	±0.9	±0.7
7.	9.7	18.1	22.9	34.4	67.3	79.6	95.3	98.4	—	—
	±0.6	±9.8	±0.5	±0.3	±0.6	±0.7	±0.9	±2.6		
茎数(本/㎡)										
6.	—	—	90.9	104.1	227.4	286.2	257.1	257.1	261.4	259.7
			±2.1	±0.9	±24.5	±30.6	±27.0	±27.8	±27.8	±27.9
7.	132.2	132.2	154.7	468.0	492.0	450.7	401.3	388.0		
	±12.6	±12.6	±0.9	±12.5	±16.4	±15.9	±7.3	±6.6		
葉齢(齢)										
6.	—	—	2.3	4.7	6.7	9.2	12.5	12.5	—	—
			±0.0	±0.1	±6.7	±0.1				
7.	2.2	4.0	6.1	9.2	11.4	13.2	14.1	14.1	—	—
	±0.0	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.2		

乾物収量についてみると、最も多収となったのは上桐の湛水直播栽培で1358kg/10aであった(表3-23)。この時の穂数が410本/㎡であり、今後の多収の目安とすることができよう。晩期の移植栽培「クサユタカ」でも、荒巻では1131kg/10aが得られた。この時には、大豆作付け後で堆肥散布が行われるなど、地力が高く適切な肥培管理であったことが関係しているものと考えられた。両者は全刈り収量でも、1000kg/10a以上の収量が得られた。刈取り時の水分は、下百々の移植では降雨の影響で73%と高くなったが、他は60%程度となり目安とする65%より低くすることができた。また、土壌水分が低く、水田の地耐力の高い時には刈取り高さを低くすることができ、これも収量に関係した(表3-24)。なお、長岡市上桐と荒巻の両圃場は、7月13日に豪雨によりほぼ1日程度冠水状態となったが、生育、収量に及ぼす影響はなかったものと判断された。

表3-22 現地実証圃場（和島村上桐，荒巻）における生育経過（2004年）

No.	調査日(月/日)								
	5/27	6/2	6/14	6/28	7/12	7/26	8/9	8/22	9/6
	播種・移植後日数(播種/移植)								
	16/	22/	34/0	48/14	62/28	76/42	90/56	103/69	/84
	草丈(cm)								
8.	9.3 ±5.2	16.4 ±5.6	27.6 ±0.3	48.6 ±0.4	67.1 ±0.5	86.4 ±0.7	100.6 ±1.0	103.1 ±0.8	—
9.	—	—	14.4 ±0.6	24.5 ±0.6	38.4 ±0.7	66.2 ±1.0	72.3 ±0.7	86.0 ±1.3	96.3 ±1.2
12.	—	—	14.2 ±0.6	31.3 ±0.6	48.0 ±0.5	76.1 ±0.6	87.6 ±0.5	104.9 ±1.3	112.2 ±1.4
	茎数(本/m ²)								
8.	164.9 ±10.7	164.9 ±10.7	459.5 ±23.0	686.3 ±27.4	547.8 ±31.6	389.8 ±11.8	387.3 ±14.2	382.3 ±14.3	—
9.	—	—	78.5 ±9.8	73.0 ±6.6	228.0 ±18.3	231.0 ±10.7	258.3 ±7.8	260.1 ±7.2	256.8 ±7.7
12.	—	—	71.1 ±8.1	85.0 ±8.2	352.9 ±20.1	347.4 ±12.5	354.1 ±12.7	368.0 ±8.2	369.1 ±16.9
	葉齢(齡)								
8.	1.9 ±0.0	3.3 ±0.1	5.9 ±0.1	8.4 ±0.1	10.3 ±0.1	11.9 ±0.1	12.6 ±0.1	12.6 ±0.1	—
9.	—	—	2.3 ±0.1	4.3 ±0.1	6.4 ±0.1	8.8 ±0.1	10.2 ±0.1	11.6 ±0.1	11.6 ±0.1
12.	—	—	2.5 ±0.1	4.6 ±0.1	6.6 ±0.1	8.7 ±0.1	10.2 ±0.1	11.5 ±0.1	11.5 ±0.1

表3-23 現地実証圃場における収量等（2004年）

No	生草収量 kg/10a±SE	穂数 本/m ² ±SE	稈長 cm±SE	穂長 cm±SE	乾物収量 kg/10a±SE	含水率 %	全刈り収量 kg/10a
6.	3272±108	283±6	69±0.8	20.9±0.3	1226±77	73	633
7.	3392±81	377±10	72±0.5	17.7±0.3	1328±22	61	832
8.	3973±139	410±11	70±1.7	18.3±0.3	1358±39	60	1053
9.	2594±82	255±5	60±0.8	19.9±0.3	948±18	63	746
10.	—	—	—	—	—	62	788
11.	—	—	—	—	—	62	1005
12.	3817±106	294±9	77±0.5	21.7±0.2	1131±34	62	1007
13.	—	—	—	—	—	62	951

飼料成分についてみると、粗タンパク質は、荒巻Bの大豆あと圃場では9.1%と高くなり、その他では5.7%前後であった（表3-25）。荒巻Bでは、粗灰分も17.5%と高かった。非繊維性炭水化物は、荒巻Bを除いて31.5から38.4%になった。荒巻Bの非繊維性炭水化物は14.9%と低くなったが、これは、台風による潮風害の発生により不稔が発生したことが影響しているものと推定された。TDNは、48.4から60.6%になり、潮風害を受けた荒巻Bでは、最低の48.4%になった（表3-26）。潮風害の発生や大豆あと圃場という条件を除いて、粗タンパク質、粗脂肪、非繊維性炭水化物とTDNは、栽培地域、栽培方法、品種との関連は認められなかった。カリウムに対するマグネシウムとカ

ルシウムとの当量比は0.61~1.00になり、グラスステタニー症の発症の危険値(2.2)より極く低かった(表3-27)。当量比についても、栽培地域や栽培方法との関連は認められなかった。

表3-24 現地実証圃場の収穫時の条件等(2004年)

No	刈高さ cm±SD	円錐貫入抵抗 MPa±SE	土壌水分 %
6.	13.0±3.9	—	—
7.	14.4±3.7	0.83±0.08	31.9
8.	10.0±3.0	0.55±0.05	22.4
9.	12.1±3.7	0.24±0.03	37.9
10.	12.7±4.1	0.14±0.03	—
11.	8.9±2.8	0.44±0.05	30.6
12.	11.3±4.1	0.32±0.03	31.8
13.	12.4±2.8	0.45±0.05	29.3

表3-25 現地実証圃場における飼料成分(その1, 2004年)

No.	粗タンパク質 CP %±SE	酸性デター ジェント繊維 ADF %±SE	中性デター ジェント繊維 NDF %±SE	非繊維性 炭水化物 NFC %±SE	粗脂肪 EE %±SE	粗灰分 CA %±SE
6.	6.7±0.5	28.0±0.9	49.5±1.8	38.4±2.2	1.3±0.2	12.4±0.4
7.	4.8±0.2	31.0±0.3	51.6±0.1	34.3±0.7	0.8±0.1	12.3±0.5
8.	5.1±0.6	30.1±1.4	51.0±3.2	31.5±3.8	0.9±0.1	13.9±1.2
9.	6.0±0.3	27.3±1.2	47.6±2.4	36.1±2.0	0.7±0.0	12.4±0.4
12.	9.1±0.6	41.5±2.4	61.3±1.5	14.9±3.7	0.7±0.1	17.5±1.1

表3-26 現地実証圃場における飼料成分(その2, 2004年)

No.	総繊維 OCW %±SE	高消化性繊維 Oa %±SE	低消化性繊維 Ob %±SE	細胞内容物 OCC %±SE	推定TDN 割合 %±SE	収量 kg/10a
6.	42.9±1.7	2.8±1.3	39.1±1.4	44.7±1.8	60.6±0.2	743.0
7.	49.3±0.9	5.3±0.2	44.0±0.8	38.4±0.8	59.1±0.3	784.8
8.	50.1±2.7	5.7±0.7	44.5±3.3	36.0±3.9	57.6±2.6	782.2
9.	46.4±2.5	3.3±0.5	43.0±2.1	41.2±2.3	59.3±0.8	562.2
12.	59.6±2.4	4.5±0.2	55.1±2.4	22.9±3.2	48.4±2.6	547.4

表3-27 現地実証圃場における飼料成分(その3, 2004年)

No.	Ca %±SE	P %±SE	Mg %±SE	K %±SE	K/Ca+Mg 当量比
6.	0.17±0.01	0.21±0.02	0.11±0.01	0.99±0.05	0.70±0.04
7.	0.19±0.02	0.14±0.01	0.11±0.01	1.06±0.08	0.71±0.04
8.	0.19±0.02	0.15±0.01	0.10±0.01	0.84±0.07	0.70±0.07
9.	0.14±0.01	0.15±0.01	0.11±0.005	0.86±0.06	0.61±0.03
12.	0.19±0.01	0.23±0.01	0.20±0.01	1.32±0.05	1.00±0.04

下百々、上桐ともに大麦収穫後の移植飼料用イネには、イネツトムシが発生した。飼料用イネには、食用イネより多くの肥料を施用するため葉身の緑色が濃くなることや、大麦後の移植栽培であるために周辺の食用イネより生育ステージが遅れ、集中して虫害を受けやすいと推察される。このため、適期の防除が必要である。

3) 2005年

本年の気象概況は、直播の播種期に相当する5月上中旬の気温が低く推移した(図3-11)。このため、直播栽培の出芽、苗立ちが遅くなった。6月の気温はやや高く推移したが、その後の気温は平年並みかやや高い程度であった。日照時間は7月を除いて全般に高く推移し、降水量は平年並みからやや少なく推移した(図3-12、3-13)。

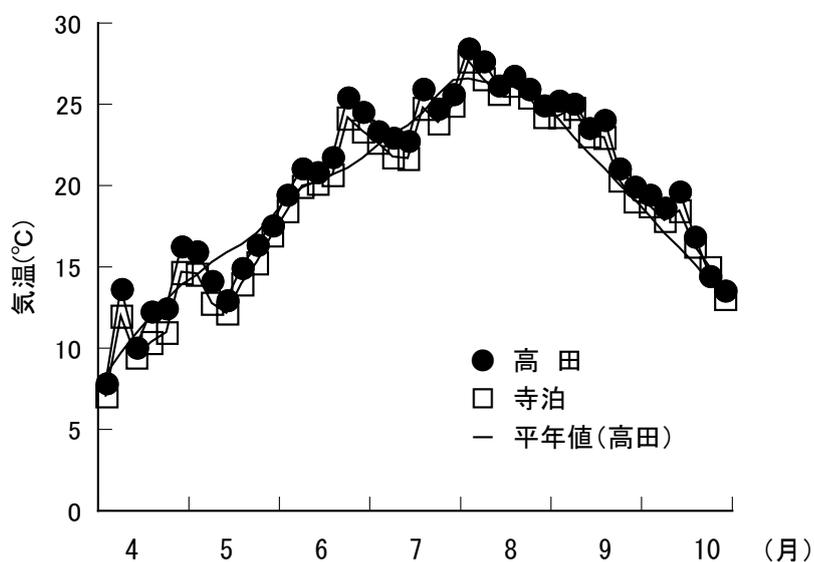


図3-11 気温の変化(2005年)

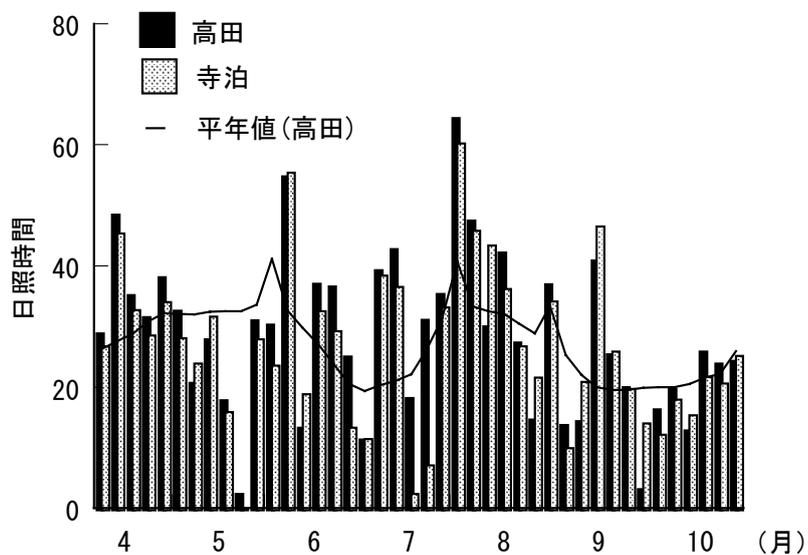


図3-12 日照時間の変化(2005年)

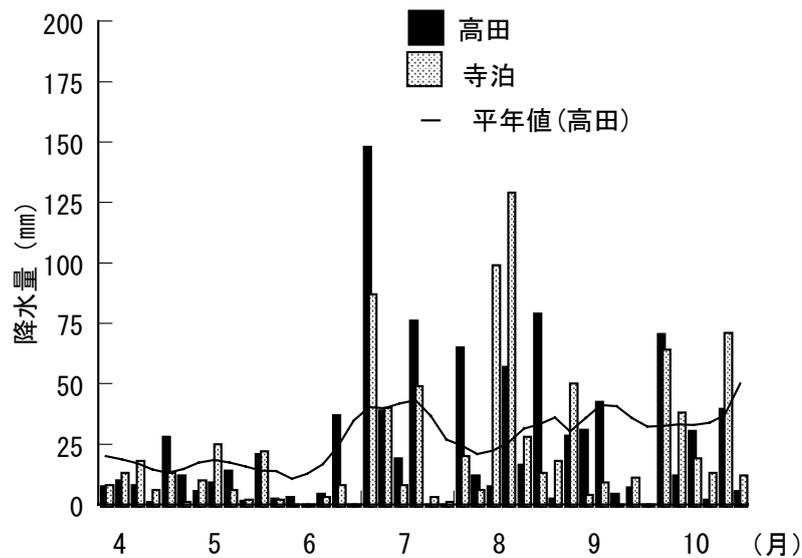


図3-13 降水量の変化(2005年)

湛水直播栽培における苗立ち率は38%~61%、苗立ち数は96~142本/m²になり、十分な苗立ち数が確保できた(表3-28)。荒巻の苗立ち率(38~53%)がやや低くなったのは、播種深度がやや深かったことが関係するものと推定された。また、下百々では、酸素発生剤無粉衣の土中直播であったことや低温のため出芽が遅れたため、落水期間を長く(21日間、途中走水)して対応した。このため初・中期除草剤の散布時期を失した。

生育の経過については、(表3-29、3-30)に示した。

出穂期は湛水直播栽培「夢あおば」で上桐、荒巻で8月3~5日、下百々Aでは、8月10日となりやや遅くなった(表3-28)。これは、苗立ちの遅れが影響しているものと推察された。収穫期は8月下旬~9月上旬となったが、収穫は出穂26日後からとなったため収穫時の水分がやや高くなった。ただし、収穫期の遅れは食用イネの収穫と競合する可能性が生じる。大麦後の移植「クサユタカ」(下百々B)の出穂期は8月下旬、収穫期が9月下旬になり、食用イネとの競合を避けることができた。

表3-28 現地実証圃場における生育等(2005年)

No	試験地	供試品種	苗立ち数	苗立ち率	出穂期	収穫期		
			本/m ² ±SE	%		月/日	ステージ	月/日
14.	上越市下百々	A	夢あおば	110±7	50	8/10	糊熟期	9/9
15.		B	クサユタカ	-	-	8/22	黄熟期	9/26
16.	長岡市上桐	C	夢あおば	144±3	55	8/3	糊熟期	8/30
17.		D	夢あおば	144±4	58	8/3	糊熟期	8/29-30
18.		E	夢あおば	142±4	61	8/3	熟糊期	8/29
19.	長岡市荒巻	A	夢あおば	90±6	38	8/5	糊熟期	8/31
20.		B	夢あおば	96±8	40	8/5	糊熟期	8/31-9/1
21.		C	夢あおば	127±13	53	8/5	糊熟期	9/1

表3-29 現地実証圃場（上越市下百々）における生育経過（2005年）

No.	調査日(月/日)						
	6/6	6/16	6/30	7/14	7/29	8/11	8/28
	播種・移植後日数(播種/移植)						
	31/-	41/2	55/16	69/28	84/43	97/56	114/73
	草丈(cm)±SE						
14.	19.5*	29.6	47.5	79.5	94.4	108.0	—
	±0.5	±0.2	±0.8	±0.8	±0.7	±1.2	
15.	14.8	32.2	38.1	59.4	83.2	109.2	—
	±0.4	±0.5	±0.3	±0.7	±0.6	±1.0	
	茎数(本/m ²)±SE						
14.	—	102.4	371.3	401.3	343.0	283.9	—
		±12.8	±89.9	±72.1	±33.4	±41.1	
15.	—	65.8	91.4	189.3	245.4	261.5	239.7
		±7.2	±6.2	±18.0	±15.1	±16.1	±26.3
	葉齢(齢)±SE						
14.	3.7*	5.8±0.1	8.9	11.0	13.0	13.7	—
	±0.1		±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	
15.	3.5	5.9±0.1	8.2	10.6	12.4	13.3	13.3±0.2
	±0.1		±0.1	±0.2	±0.1	±0.2	

注) *6月4日調査.

表3-30 現地実証圃場（長岡市上桐，荒巻）における生育経過（2005年）

No.	調査日(月/日)					
	6/2	6/16	6/30	7/14	7/28	8/11
	播種・移植後日数(上桐/荒巻)					
	23/24	37/38	51/52	65/66	79/80	93/94
	草丈(cm)±SE					
18.	14.9±0.3	28.7±0.3	53.7±0.6	84.0±0.9	96.9±0.9	113.6±0.7
20.	14.5±0.5	32.8±0.3	56.3±0.8	84.6±0.3	98.0±0.6	115.7±0.4
	茎数(本/m ²)±SE					
18.	—	129.9±16.1	756.7±61.7	637.7±59.8	412.1±60.0	397.9±44.8
20.	—	119.9±0.0	775.9±35.3	563.6±39.8	425.4±26.6	399.6±13.7
	葉齢(齢)±SE					
18.	3.4±0.1	6.7±0.0	9.4±0.1	11.2±0.1	13.0±0.1	13.6±0.1
20.	3.3±0.0	7.0±0.1	9.9±0.1	11.4±0.0	13.0±0.1	13.4±0.1

収量についてみると、最も多収となったのは荒巻Bで乾物収量1277kg/10aであった（表3-31）。この時の穂数は314本/m²であるが、稈長が80cmと長く収量増に関係した。荒巻A、Cについても1213kg/10a、1273kg/10aで多収となった。2005年の湛水直播栽培「夢あおば」では、いずれも1t/10a以上の収量が得られた。また、上桐Eでは、全刈り収量で1361kg/10aが得られた。大麦後の移植栽培「クサユタカ」（下百々B）でも、948kg/10aが得られた。円錐貫入抵抗値は下百々（A、B）でやや低かったが、収穫作業には支障がなかった（表3-32）。刈高さは7.7～10.3cmになり、全般に低くすることができた。

表3-31 現地実証圃場における収量等（2005年）

No	生草収量 kg/10a±SE	穂数 本/m ² ±SE	稈長 cm±SE	穂長 cm±SE	乾物収量 kg/10a±SE	含水率 %	全刈り収量 kg/10a
14.	3487±306	287±24	75±3	21.1±0.4	1128±74	67	881
15.	3251±94	259±10	72±0.8	23.8±0.2	948±35	71	759
16.	3396±232	332±15	73±2	19.2±0.3	1182±67	65	942
17.	3671±116	337±16	75±2	19.1±0.3	1166±24	68	1015
18.	4414±342	390±15	81±3	19.3±0.3	1240±39	71	1361
19.	3513±404	289±14	78±3	19.4±0.7	1213±81	64	1089
20.	3899±98	314±3	80±2	20.1±0.1	1277±47	67	1174
21.	3427±225	350±22	74±3	19.0±0.5	1273±5	62	933

表3-32 現地実証圃場の収穫時の条件等（2005年）

No	刈高さ cm±SD	円錐貫入抵抗 MPa	土壌水分 (%)
14.	8.2±2.2	0.22	43.2
15.	10.3±3.6	0.27	39.8
16.	8.1±1.4	0.28	41.1
17.	8.7±2.0	0.35	38.4
18.	8.9±2.0	0.38	38.9
19.	8.1±1.8	0.58	32.6
20.	7.7±2.0	0.55	33.3
21.	8.5±2.1	0.59	28.5

飼料成分についてみると、粗タンパク質は4.6～6.8%、粗脂肪は1.0～1.5%、非繊維性炭水化物（デンプン含量のみ）は19.1～29.2%、粗灰分は、12.0～16.2%となり例年と大差なかった（表3-33）。TDNは、57.3から61.3%になった（表3-34）。また、粗タンパク質、粗脂肪、非繊維性炭水化物とTDNは、栽培地域、栽培方法、品種との関連は認められなかった。カリウム含有率は例年に比較してやや高く、このためカリウムに対するマグネシウムとカルシウムとの当量比は1.7～2.0となり例年よりやや高かったが、グラスステタニー症の危険値（2.2）を上回ることはなかった（表3-35）。当量比は、栽培地域や栽培方法との関連は認められなかった。

なお、下百々Bの大麦収穫後の移植水稻（クサユタカ）には、コブノメイガが発生した。2004年にはイネツトムシが発生したが、虫害の発生は大麦収穫後の飼料用イネ栽培の弱点でもある。適期の防除が必要である。

表3-33 現地実証圃場における飼料成分（その1, 2005年）

No.	粗タンパク質 CP %±SE	非繊維性 炭水化物* NFC %±SE	粗脂肪 EE %±SE	粗灰分 CA %±SE
14.	5.3±0.4	24.2±2.7	1.5±0.1	12.0±1.2
15.	6.8±0.5	29.2±3.7	1.2±0.1	15.2±0.5
16.	4.6±0.4	28.2±3.2	1.0±0.2	12.1±1.2
17.	5.1±0.1	26.4±1.6	1.5±0.1	12.9±0.5
18.	5.9±0.4	19.1±1.7	1.5±0.1	13.9±0.4
19.	5.0±0.3	25.6±1.6	1.4±0.1	15.3±2.1
20.	6.5±0.5	21.9±3.5	1.4±0.0	16.2±1.4
21.	5.5±0.7	29.2±0.6	1.5±0.1	13.5±0.7

注) *デンプン含量のみ, 値は乾物あたり.

表3-34 現地実証圃場における飼料成分（その2, 2005年）

No.	総繊維 OCW %±SE	高消化性繊維 Oa %±SE	低消化性繊維 Ob %±SE	細胞内容物 OCC %±SE	推定TDN	
					割合 %±SE	収量 kg/10a
14.	48.5±0.8	4.4±0.3	44.1±0.9	39.5±1.6	59.1±0.6	666.5
15.	39.4±2.5	3.0±0.3	36.5±2.4	45.4±2.9	60.4±0.9	572.6
16.	45.4±3.3	4.0±1.2	41.4±3.5	42.5±4.2	59.7±1.9	706.0
17.	47.4±0.7	4.3±0.5	43.1±0.3	39.7±1.1	59.2±0.3	690.0
18.	49.3±0.5	4.2±0.6	45.1±1.0	36.8±0.3	57.7±0.5	716.0
19.	45.8±0.5	4.4±0.5	41.5±1.0	38.8±2.0	58.8±0.7	713.0
20.	45.9±1.6	2.7±0.4	43.2±1.9	37.9±2.8	57.3±1.7	732.1
21.	41.6±0.3	4.7±0.0	36.9±0.3	45.0±0.9	61.3±0.3	779.8

注) 値は乾物あたり.

表3-35 現地実証圃場における飼料成分（その3, 2005年）

No	Ca %±SE	P %±SE	Mg %±SE	K %±SE	K/Ca+Mg 当量比
14.	0.17±0.02	0.18±0.01	0.13±0.01	1.35±0.11	1.87±0.26
15.	0.13±0.01	0.19±0.01	0.16±0.02	1.46±0.12	1.95±0.12
16.	0.15±0.02	0.15±0.01	0.11±0.00	1.25±0.05	1.99±0.14
17.	0.18±0.01	0.17±0.01	0.14±0.00	1.38±0.06	1.72±0.08
18.	0.18±0.00	0.17±0.01	0.14±0.01	1.63±0.06	2.03±0.02
19.	0.14±0.00	0.17±0.01	0.12±0.01	1.30±0.09	1.96±0.06
20.	0.17±0.02	0.20±0.01	0.15±0.02	1.66±0.21	2.01±0.08
21.	0.12±0.0	0.17±0.01	0.12±0.00	1.23±0.06	2.03±0.13

注) 値は乾物あたり.

4) 2006年

本年の気象概況は、湛水直播栽培の播種期に相当する5月中下旬の気温、日照時間はやや多く推移した(図3-14、3-15)。その後6月の気温、日照時間は平年並みに推移したが、7月中旬以降の気温が低く、日照時間は少なめであった。降水量は平年より著しく多かった(図3-16)。8月の気温はやや高くなり、降水量は少なく、日照時間は平年よりも多かった。9月はほぼ平年並みに推移した。

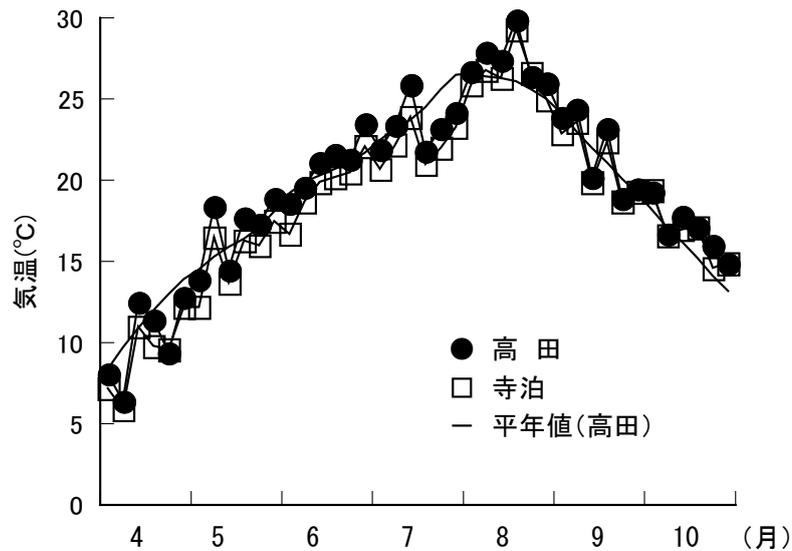


図3-14 気温の変化(2006年)

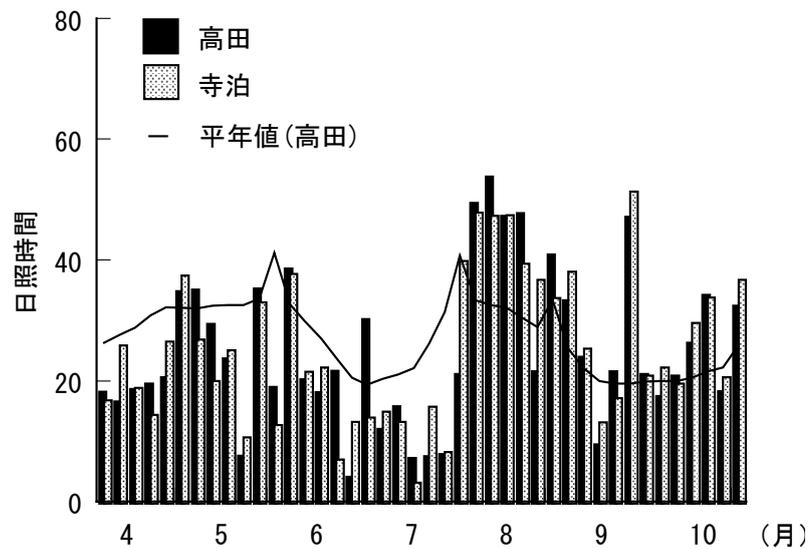


図3-15 日照時間の変化(2006年)

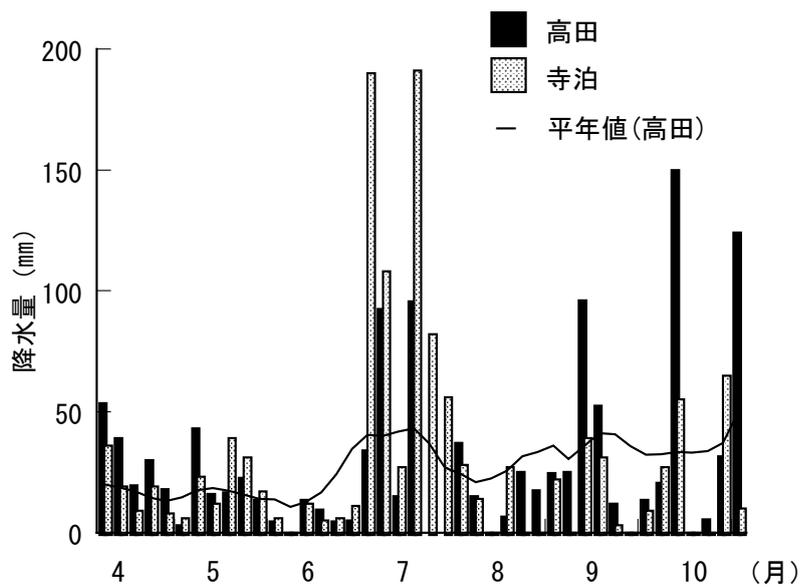


図3-16 降水量の変化(2006年)

5月播種の湛水直播栽培における苗立ち率は54~68%、苗立ち数は128~170本/m²になり、十分な苗立ち数が確保できた(表3-36)。大麦収穫後の直播(上桐D)でも鋤込み麦稈による還元障害等は発生せずに適期播種の苗立ちと大差なかった。

生育の経過については、(表3-37、3-38)に示した。

出穂期は適期の湛水直播栽培で8月上中旬(8月4~12日)となり、播種期をやや遅くしたことや7月の低温の影響もあり、やや遅くなった(表3-36)。大麦後の移植の出穂期は8月下旬となり、直播では移植に比較して9日遅くなった。5月直播の収穫期は例年通りに8月下旬~9月上旬となり、大麦後の移植では9月下旬、直播では10月上旬となり、早生の「夢あおば」を用いても、移植時期をやや遅らせることにより食用イネとの収穫時期をずらすことができた。

表3-36 現地実証圃場における生育等(2006年)

No	試験地	供試品種	苗立ち数	苗立ち率	出穂期	収穫期	
			本/m ² ±SE	%		月/日	ステージ
22.	上越市下百々	A	—	—	8/25	黄熟期	10/3
23.		B	170±11	68	8/12	黄熟期	9/6
24.	長岡市上桐	C	—	—	8/21	黄熟期	9/28-29
25.		D	162±9	68	8/30	黄熟期	10/4
26.		E	—	—	8/21	黄熟期	9/28-29
27.	長岡市荒巻	A	157±4	66	8/4	黄熟期	8/30-31
28.		B	141±8	60	8/4	黄熟期	8/30-31
29.		C	128±6	54	8/4	黄熟期	8/30-31

表3-37 現地実証圃場（上越市下百々）における生育経過（2006年）

No.	調査日(月/日)							
	6/6	6/23	6/28,29	7/13	7/26	8/9	8/22	9/5
	播種・移植後日数(播種/移植)							
	22/	39/	44/5	59/20	72/33	86/47	99/60	113/74
	草丈(cm)±SE							
22.	—	10.9	12.0	33.1	59.0	86.8	108.6	119.8
		±0.3	±0.2	±0.5	±0.8	±0.8	±0.8	±0.9
23.	15.8	35.3	45.2	69.6	89.3	111.7	110.4	—
	±0.5	±0.4	±0.5	±0.6	±0.5	±0.8	±0.7	
	茎数(本/m ²)±SE							
22.	—	—	112.2	264.6	221.7	255.0	255.0	290.1
			±9.9	±20.1	±14.7	±14.0	±13.7	±20.5
23.	170.1	541.7	516.7	595.8	419.2	360.8	359.2	—
	±10.8	±68.3	±29.3	±20.1	±23.4	±16.9	±19.1	
	葉齢(齢)±SE							
22.	—	3.2	3.3	6.5	9.1	13.8	14.6	—
		±0.0	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	
23.	2.8	6.8	7.9	9.4	11.5	11.9	12.0	—
	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	

収量についてみると、5月直播では、乾物収量で1242～1390kg/10aとなり、大麦後の湛水直播栽培では1005kg/10a、移植では、1008～1165kg/10aとなり、湛水直播栽培と移植では大差がなかった（表3-39）。また、収穫時の含水率は、下百々B（5月湛水直播栽培）で58%となりやや低くなったものの、他は目安（65%）前後になった。全刈り収量は、5月直播では、荒巻Cを除いて1000kg/10a以上の収量が得られた。また、大麦後の栽培においては、直播が移植以上の収量が得られた。収穫時の刈高さは荒巻でやや高い程度であった（表3-40）。

飼料成分についてみると、粗タンパク質は3.3～6.9%になった（表3-41）。荒巻Cの粗タンパク質は3.3%、荒巻Aで4.4%と低くなったが、その原因は不明であった。粗脂肪は1.2～1.8%となり例年と大差なかった。非繊維性炭水化物は26.7～42.0%になった。5月の直播栽培で高く、次いで大麦後の直播で低かった。TDNは、53.7から62.3%になり、上桐Dの大麦後直播で53.7%とやや低くなった（表3-42）。大麦後直播で非繊維性炭水化物やTDNが低かったのは、登熟日数や登熟期間の温度が影響しているものと考えられた。マグネシウムとカルシウムとの当量比も1.3～1.7となり例年とほぼ同じであった（表3-43）。上桐C、Eの大麦後の移植で1.7とやや高くなる傾向があったが、グラスステタニー症の発症の危険値（2.2）を上回ることはなかった。

本年は例年発生がみられた大麦後栽培の虫害発生は適期防除により対処できた。

表3-38 現地実証圃場（長岡市上桐，荒巻）における生育経過（2006年）

No.	調査日(月/日)								
	5/31	6/14	6/29	7/7	7/16	7/26	8/9	8/22	9/5
	播種・移植後日数(上桐/荒巻)								
	/19	/33	10/48	18/56	27/63	37/73	51/87	64/100	78/114
	草丈(cm)±SE								
25.	—	—	—	19.2	3.2	43.2	64.3	83.5	97.0
				±0.4	±4.3	±0.4	±0.7	±0.6	±0.6
26.	—	9.4*	16.8	—	35.1	51.4	76.2	101.2	116.0
		±0.2	±0.5		±1.0	±1.2	±0.8	±1.2	±1.0
27.	11.3	23.9	48.8	—	70.2	84.5	102.1	102.5	—
	±0.5	±0.5	±0.5		±0.8	±0.6	±0.7	±0.7	
28.	13.0	26.9	54.0	—	78.6	91.7	110.7	111.4	—
	±0.4	±0.7	±0.3		±0.5	±0.8	±1.0	±0.9	
29.	14.7	25.4	49.7	—	81.6	92.6	110.6	111.7	—
	±0.5	±0.4	±2.3		±0.7	±1.0	±0.8	±0.8	
	茎数(本/m ²)±SE								
25.	—	—	—	162.0	259.2	245.0	407.5	365.8	342.5
				±8.5	±45.4	±3.2	±14.2	±14.9	±11.4
26.	—	62.9*	73.7	—	189.5	179.6	321.4	310.0	299.6
		±0.0	±5.9		±17.4	±10.4	±16.8	±15.7	±15.8
27.	157.0	490.0	648.3	—	630.0	453.0	381.7	326.7	—
	±3.5	±20.0	±35.0		±6.7	±0.0	±25.0	±30.0	
28.	141.0	561.7	800.0	—	840.0	511.7	450.0	408.3	—
	±7.9	±31.7	±46.7		±120.0	±15.0	±3.3	±1.7	
29.	128.3	333.3	701.7	—	728.3	523.3	405.0	396.7	—
	±5.8	±26.7	±11.7		±75.0	±16.7	±21.7	±20.0	
	葉齢(齢)±SE								
25.	—	—	—	3.8	5.8	7.5	10.2	12.3	13.0
				±0.1	±0.0	±0.0	±0.1	±0.1	±0.1
26.	—	2.8*	4.9	—	8.2	10.0	12.4	13.8	—
		±0.04	±0.1		±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	
27.	2.4	6.2	9.0	—	11.1	12.2	12.7	12.4	—
	±0.0	±0.1	±0.1		±0.1	±0.1	±0.2	±0.1	
28.	2.4	5.9	8.7	—	10.9	11.9	12.3	12.3	—
	±0.0	±0.1	±0.1		±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	
29.	2.3	6.0	8.9	—	11.0	12.2	13.0	13.0	—
	±0.0	±0.1	±0.1		±0.2	±0.1	±0.0	±0.0	

注) *は6月19日の調査.

表3-39 現地実証圃場における収量等（その1, 2006年）

No	生草収量 kg/10a±SE	穂数 本/m ² ±SE	稈長 cm±SE	穂長 cm±SE	乾物収量 kg/10a±SE	含水率 %	全刈り収量 kg/10a
22.	3341±92	255±20	73±1.1	23.5±0.3	1168±57	65	967
23.	3361±109	342±16	75±1.3	21.3±0.3	1390±31	58	1144
24.	2915±19	277±18	63±0.4	21.5±0.5	1008±32	65	804
25.	3266±102	324±9	70±1.5	19.0±0.5	1005±24	69	981
26.	3359±114	278±6	71±0.8	22.8±0.3	1165±33	66	852
27.	3524±313	382±30	77±2.8	19.5±0.3	1242±57	64	1004
28.	4130±126	397±12	77±1.9	20.5±0.4	1335±17	67	1058
29.	4230±134	360±19	78±0.6	20.2±0.2	1318±26	69	891

表3-40 現地実証圃場の収穫時の条件等（2006年）

No	刈高さ cm±SD	円錐貫入抵抗 MPa	土壌水分 %
22.	6.1±1.8	0.32	44.4
23.	7.7±2.7	0.69	35.9
24.	5.8±1.4	0.39	40.1
25.	6.3±1.8	0.39	40.6
26.	8.2±6.0	0.50	37.3
27.	8.3±1.5	0.28	29.6
28.	10.6±1.9	0.26	31.2
29.	11.6±2.7	0.22	29.4

表3-41 現地実証圃場における飼料成分（その1, 2006年）

No.	粗タンパク質 CP %±SE	非繊維性 炭水化物 NFC %±SE	粗脂肪 EE %±SE	粗灰分 CA %±SE
22.	5.9±0.3	37.4±0.0	1.2±0.5	12.0±1.1
23.	5.2±0.2	42.0±0.2	1.2±0.1	11.5±0.3
24.	6.0±0.9	31.4±2.4	1.8±0.2	14.8±0.9
25.	6.5±0.1	26.7±0.6	1.7±0.1	14.8±1.1
26.	6.9±0.1	32.8±0.3	1.7±0.0	14.6±0.4
27.	4.4±0.4	40.6±1.7	1.4±0.1	13.3±1.0
28.	5.6±0.1	37.3±1.6	1.4±0.0	13.0±1.0
29.	3.3±0.8	40.3±0.7	1.5±0.2	13.0±0.5

注) 値は乾物あたり。

表3-42 現地実証圃場における飼料成分（その2，2006年）

No.	総繊維	高消化性繊維	低消化性繊維	細胞内容物	推定TDN	
	OCW %±SE	Oa %±SE	Ob %±SE	OCC %±SE	割合 %±SE	収量 kg/10a
22.	50.4±1.9	5.3±0.4	45.1±1.5	37.6±0.8	58.7±0.2	685.6
23.	40.1±0.4	5.2±0.2	35.0±0.2	48.5±0.2	62.3±0.01	866.0
24.	50.7±2.4	5.1±0.3	45.6±2.1	34.6±3.3	57.0±1.6	574.6
25.	55.9±0.6	4.7±0.1	51.1±0.4	29.5±1.6	53.7±1.0	539.7
26.	51.3±0.3	4.6±0.1	46.7±0.2	34.2±0.2	56.6±0.2	659.4
27.	44.9±1.1	4.2±0.2	40.8±1.3	41.9±2.1	60.0±0.9	745.2
28.	47.6±1.3	5.6±0.4	42.0±0.9	39.5±0.3	59.6±0.02	795.7
29.	46.6±0.3	5.7±0.0	40.9±0.4	40.5±0.1	60.1±0.1	792.1

注) 値は乾物あたり。

表3-43 現地実証圃場における飼料成分（その3，2006年）

No.	Ca	P	Mg	K	K/Ca+Mg
	%±SE	%±SE	%±SE	%±SE	当量比
22.	0.18±0.04	0.19±0.01	0.12±0.03	0.97±0.17	1.34±0.07
23.	0.18±0.00	0.17±0.00	0.11±0.01	1.11±0.02	1.56±0.05
24.	0.13±0.01	0.19±0.02	0.09±0.01	0.89±0.05	1.72±0.09
25.	0.17±0.02	0.15±0.02	0.09±0.00	0.80±0.01	1.33±0.13
26.	0.12±0.01	0.20±0.02	0.09±0.00	0.91±0.01	1.74±0.09
27.	0.12±0.00	0.18±0.00	0.08±0.00	0.69±0.01	1.39±0.01
28.	0.15±0.00	0.20±0.00	0.10±0.01	0.78±0.05	1.27±0.05
29.	0.13±0.00	0.20±0.00	0.09±0.00	0.75±0.06	1.37±0.09

注) 値は乾物あたり。

5) 2007年

本年の気象概況（高田、寺泊）は、湛水直播の播種期に相当する5月以降から6月までは、気温、日照時間ともに平年並みであった（図3-17、3-18）。7月の気温、日照時間は低く、高田の月平均気温は22.7℃になり、平年に比較して1.8℃低くなった。その後の8、9月は、気温は一転して気温、日照時間ともに平年より高くなった。特に9月は気温、日照時間が平年より高い値となり、また、降水量が少なかった（図3-19）。

酸素発生剤粉衣種子を用いた湛水直播栽培における苗立ち率は19%～62%になった（表3-44）。特に、荒巻Cでは19%と低くなった。これは、隣接する荒巻A、B圃場が常時湛水の管理であったり、B圃場では鳥害を受けにくい鉄粉衣種子を使用した栽培であったため、荒巻C圃場は集中して、ハト、スズメの鳥害を受けた。また、上桐C、D、E圃場においても例年になくカラス、スズメの鳥害を受けた。荒巻Bでは、鉄粉衣種子を用いたが、鳥害はほとんど観察されなかったものの、苗立ち率は19%と低かった。苗立ち数は、播種量を減じたこともあり、最高で下百々Aの93本/m²で、最低が荒巻Cの27本/m²であった。

生育の経過については、（表3-45、3-46）に示した。

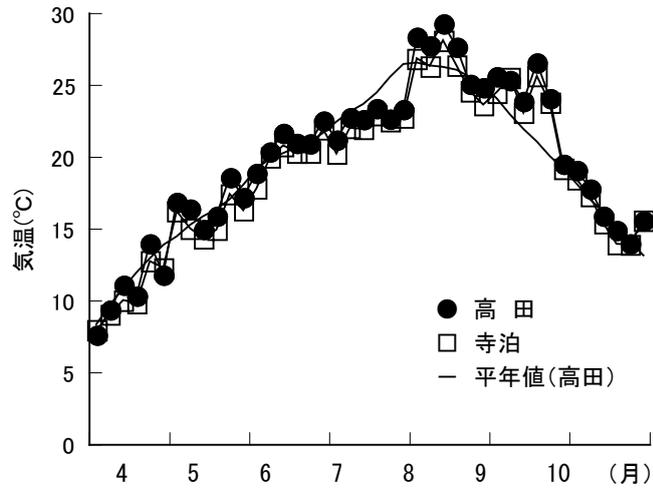


図3-17 気温の変化 (2007年)

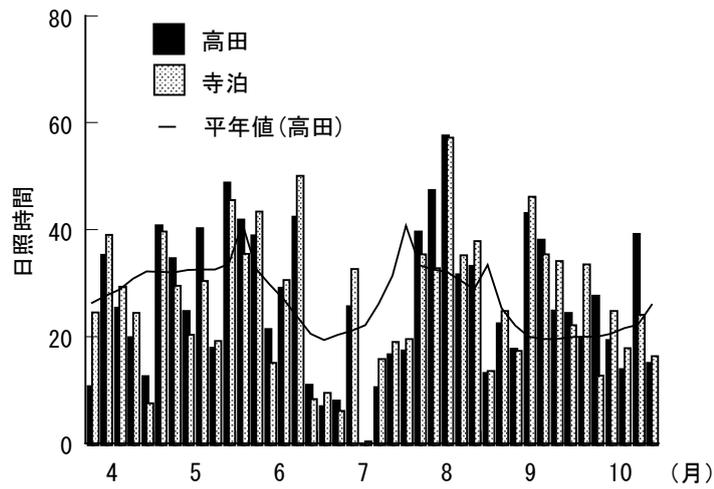


図3-18 日照時間の変化 (2007年)

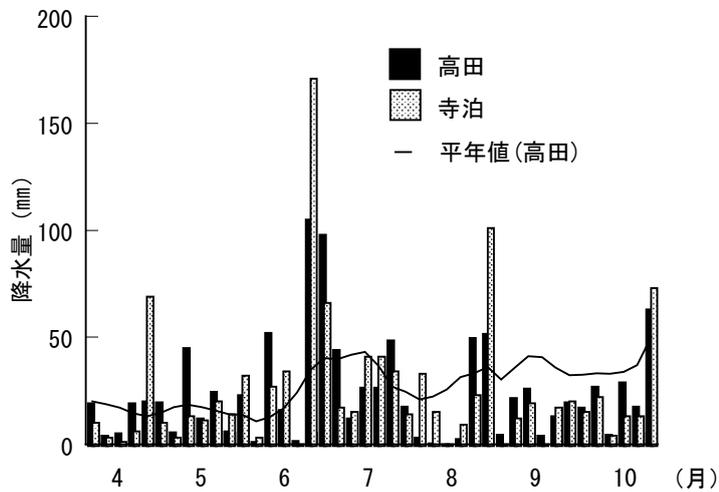


図3-19 降水量の変化 (2007年)

表3-44 現地実証圃場における生育等 (2007年)

No	試験地	供試品種	苗立ち数	苗立ち率	出穂期 月/日	収穫期		
			本/㎡±SE	%		ステージ	月/日	
30.	上越市下百々	A	夢あおば	92.8±3.5	62.2	8/14	糊熟期	9/ 6
31.		B	夢あおば	—	—	8/23	黄熟期	9/ 25
32.	長岡市上桐	C	夢あおば	46.4±7.1	36.3	8/ 8	糊熟期	8/30
33.		D	夢あおば	60.3±4.2	45.5	8/ 8	糊熟期	8/29-30
34.		E	夢あおば	48.2±4.7	37.7	8/ 8	糊熟期	8/29
35.	長岡市荒巻	B	夢あおば	28.3±4.9	19.4	8/19	糊熟期	9/4-5
36.		C	夢あおば	27.3±1.9	19.2	8/17	糊熟期	9/5

表3-45 現地実証圃場 (上越市下百々) における生育経過 (2007年)

No.	調査日(月/日)								
	6/ 6	6/18	6/22	7/ 5	7/18	8/ 1	8/16	8/31	9/14
播種・移植後日数(播種/移植)									
	22/	34/3	38/7	51/20	64/33	78/47	93/63	/77	/91
草丈(cm)±SE									
30.	15.2 ±0.2	—	29.0 ±0.3	50.6 ±0.6	72.8 ±0.6	91.9 ±0.7	105.1 ±0.6	—	—
31.	—	18.6 ±0.6	19.0 ±0.5	28.9 ±0.5	47.3 ±0.7	76.2 ±1.2	104.1 ±1.2	103.3 ±0.6	102.9 ±0.8
茎数(本/㎡)±SE									
30.	117.5 ±11.0	—	365.0 ±56.1	394.1 ±37.6	375.8 ±23.3	335.0 ±30.8	314.1 ±24.8	—	—
31.	—	—	76.0 ±5.9	166.8 ±12.9	272.6 ±19.9	253.2 ±16.6	248.8 ±15.5	248.8 ±15.0	248.8 ±15.0
葉齢(齢)±SE									
30.	3.5 ±0.0	—	5.9 ±0.1	8.2 ±0.1	9.9 ±0.2	12.9 ±0.1	12.6 ±0.1	—	—
31.	—	3.7 ±0.0	4.4 ±0.0	6.8 ±0.1	9.4 ±0.1	11.1 ±0.2	12.4 ±0.5	12.4 ±0.5	12.4 ±0.5

出穂期は、上桐C、D、Eで8月8日、下百々Aではそれよりも6日遅くなった(表3-44)。荒巻B、Cではさらに遅くなり、それぞれ8月19日、17日であった。これらは、苗立ちの遅れと7月の低温が影響したものと推察された。収穫期は、5月直播では、8月下旬から9月上旬になったが、出穂が遅れたため十分な出穂後の日数を確保することはできなかった。大麦後の移植(下百々B)では、出穂期が8月下旬、収穫期が9月下旬になった。9月は気温も高く良好な気象条件となったため、登熟期間の気象条件に恵まれた。

表3-46 現地実証圃場（長岡市上桐，荒巻）における生育経過（2007年）

No.	調査日(月/日)					
	6/6	6/22	7/4	7/19	8/2	8/16
播種・移植後日数(上桐/荒巻)						
	29/31	45/47	57/59	72/74	86/88	100/102
草丈(cm) ±SE						
33.	20.5 ±0.3	36.1 ±0.5	55.3 ±0.7	76.3 ±0.6	91.6 ±0.7	106.7 ±0.6
34.	20.5 ±0.3	35.4 ±0.4	55.4 ±0.8	79.5 ±0.7	99.3 ±0.9	113.8 ±1.0
35.	22.1 ±0.6	25.6 ±0.7	43.4 ±1.0	71.3 ±0.8	89.1 ±0.8	106.5 ±1.0
36.	16.6 ±0.5	29.9 ±0.9	48.5 ±1.3	76.3 ±0.8	95.9 ±0.8	109.9 ±1.0
茎数(本/m ²) ±SE						
33.	108.5 ±8.4	328.3 61.0	406.7 ±55.0	402.5 ±38.6	348.3 ±23.0	315.0 ±23.3
34.	86.8 ±6.7	324.2 ±59.4	382.5 ±59.5	386.7 ±39.7	333.3 ±33.0	307.5 ±21.8
35.	45.9 ±5.5	88.3 ±9.3	200.8 ±20.1	403.3 ±23.6	333.3 ±23.5	305.0 ±18.1
36.	30.9 ±2.5	115.8 ±22.5	293.3 ±48.9	423.3 ±41.8	424.2 ±59.6	370.8 ±45.9
葉齢(齢) ±SE						
33.	4.2 ±0.1	6.2 ±0.1	8.3 ±0.1	10.2 ±0.1	11.5 ±0.1	12.2 0.1
34.	4.2 ±0.1	6.3 ±0.1	8.6 ±0.1	10.3 ±0.1	11.9 ±0.1	12.1 ±0.1
35.	5.1 ±0.1	6.7 ±0.1	9.0 ±0.1	11.5 ±0.1	13.2 ±0.1	14.1 ±0.2
36.	3.5 ±0.1	6.9 ±0.1	11.3 ±2.2	11.6 ±0.1	13.1 ±0.1	13.9 ±0.1

収量についてみると、5月湛水直播栽培で最も多収となったのは下百々Aの乾物収量990kg/10aであり（表3-47）、例年に比較して低収であった。この時の穂数は259本/m²で、これも例年に比較して少なかった。最低は、荒巻Bの鉄粉衣種子を利用したもので851kg/10aであった。この時の穂数は、216本/m²であり、下百々Aに比較しても低く、穂数不足には苗立ち数の不足が関係すると推察された。上桐の収量も、914kg～950kg/10aになり、例年に比較してやや低かった。上桐では、ニカメイチュウの発生がみられ、これも収量減に関係していると考えられたが、本年の5月湛水直播の収量の低下には、苗立ち数の不足と7月の低温、日照不足、出穂の遅れによる登熟期間の不足が関係しているものと考えられた。一方で、大麦後の移植栽培では、収量1252kg/10aが得られた。8月以降の気象条件に恵まれたことの影響が大きいものと推察されたが、虫害（イネツトムシ、コブノメイ

ガ) の発生も適期の防除により防ぐことができた。

円錐貫入抵抗値は収穫時の天候が良かったために、全般に高かった(表3-48)。刈高さは7.6~11.8 cmになり、全般に低くすることができた。

飼料成分についてみると、粗タンパク質は6.1~8.1%となり、下百々で例年よりやや高くなった(表3-49)。粗脂肪は1.2~1.9%となり例年並みであった。非繊維性炭水化物は24.5~42.7%で、上桐C、Dで高く、全般にばらつきが大きかった。TDNは、51.4~61.3%となり、例年と大差なかった(表3-50)。また、下百々B(大麦後の移植)では、マグネシウムとカルシウムの含有率は例年と大差なかったが、カリウムの含有率が1.8%と高く、当量比は2.3となり、グラスステタニー症の発症の危険値(2.2)を0.1ポイント上回った(表3-51)。土壌診断を実施し、カリ肥料の施用を押さえるなど施肥設計を見直す必要がある。下百々B以外の当量比は、1.2~2.0となり危険値以下であった。

表3-47 現地実証圃場における収量等(2007年)

No	生草収量 kg/10a±SE	穂数 本/m ² ±SE	稈長 cm±SE	穂長 cm±SE	乾物収量 kg/10a±SE	含水率 %	全刈り 収量 kg/10a
30.	3066.2±83.3	259.3±14.3	73.3±1.2	20.2±0.7	990.2±22.4	67.3	828.8
31.	3153.3±110.7	265.4±11.0	67.1±1.6	22.8±0.2	1252.1±37.8	59.6	853.4
32.	2725.8±198.9	219.7±22.5	74.0±3.0	20.1±0.4	913.8±51.9	65.8	790.4
33.	2884.7±203.5	248.7±15.8	79.8±2.1	20.8±0.3	925.0±30.1	67.1	1006.6
34.	3078.0±233.3	231.1±7.6	79.9±1.9	20.8±0.5	949.9±26.3	68.0	898.5
35.	2828.5±168.6	216.1±19.6	81.7±1.0	18.4±0.5	851.2±45.6	69.4	726.6
36.	3153.9±136.2	223.6±7.1	78.4±1.3	22.2±0.5	925.5±23.2	70.3	715.2

表3-48 現地実証圃場の収穫時の条件等(2007年)

No	刈高さ cm±SD	円錐貫入抵抗 MPa±SE	土壌水分 %
30.	10.0±2.4	0.48±0.05	36.4±1.5
31.	11.8±2.5	0.40±0.05	39.2±0.6
32.	8.3±1.7	0.51±0.05	38.3±1.9
33.	8.6±2.5	0.49±0.03	38.1±0.2
34.	7.6±1.7	0.51±0.03	36.0±1.0
35.	8.5±3.5	0.60±0.04	32.7±0.5
36.	9.0±2.1	0.70±0.04	30.4±0.3

表3-49 現地実証圃場における飼料成分（その1, 2007年）

No.	粗タンパク質 CP %±SE	非繊維性 炭水化物 NFC %±SE	粗脂肪 EE %±SE	粗灰分 CA %±SE
30.	8.1±0.1	24.5±1.8	1.2±0.1	12.8±0.3
31.	8.1±0.2	24.5±1.8	1.5±0.1	12.9±0.5
32.	6.1±0.2	38.1±0.9	1.7±0.1	10.5±1.3
33.	6.6±0.8	42.7±0.8	1.5±0.1	9.7±0.2
34.	7.5±1.4	29.9±5.4	1.9±0.1	12.9±1.0
35.	7.4±0.8	29.8±5.7	1.4±0.3	12.1±0.1
36.	7.2±0.2	27.1±1.4	1.4±0.1	14.2±0.1

注) 値は乾物あたり.

表3-50 現地実証圃場における飼料成分（その2, 2007年）

No.	総繊維 OCW %±SE	高消化性繊維 Oa %±SE	低消化性繊維 Ob %±SE	細胞内容物 OCC %±SE	推定TDN	
					割合 %±SE	収量 kg/10a
30.	58.3±1.6	4.4±1.0	53.9±0.6	28.9±1.9	53.1±0.6	525.8
31.	59.1±5.4	3.1±0.4	56.0±5.0	28.1±4.9	51.4±3.3	643.6
32.	45.8±2.4	1.5±0.5	44.3±1.9	43.7±1.2	59.7±0.3	545.5
33.	40.9±0.4	1.7±0.6	39.2±1.0	49.4±0.2	61.7±0.2	570.7
34.	51.1±3.9	2.6±0.2	48.5±4.1	36.1±4.9	56.2±2.9	533.8
35.	52.5±5.8	2.6±1.4	50.0±4.4	35.4±5.9	55.9±2.6	475.8
36.	53.5±1.6	1.8±1.7	51.7±3.3	32.2±1.6	53.5±2.3	495.1

注) 値は乾物あたり.

表3-51 現地実証圃場における飼料成分（その3, 2007年）

No.	Ca %±SE	P %±SE	Mg %±SE	K %±SE	K/Ca+Mg 当量比
30.	0.15±0.01	0.21±0.00	0.16±0.00	1.47±0.20	1.84±0.27
31.	0.14±0.01	0.22±0.01	0.16±0.01	1.81±0.13	2.33±0.02
32.	0.22±0.02	0.19±0.02	0.16±0.00	1.12±0.04	1.20±0.13
33.	0.15±0.01	0.21±0.02	0.12±0.01	1.14±0.10	1.71±0.02
34.	0.16±0.00	0.19±0.01	0.14±0.01	1.53±0.23	2.02±0.21
35.	0.18±0.00	0.18±0.02	0.15±0.01	1.14±0.03	1.35±0.01
36.	0.15±0.00	0.20±0.02	0.15±0.01	1.52±0.01	2.00±0.07

注) 値は乾物あたり.

4. 総合考察

1) 5月湛水直播における飼料用イネ生産の多収事例の解析^{8, 10, 11)}

北陸地域のような水田地帯で飼料用イネ生産を行う場合、食用イネとの収穫時の競合を避けた作付体系を確立することが飼料用イネ生産の普及・定着にあたっては肝要である。したがって、食用イネの収穫の前後に飼料用イネの収穫を行うことになるが、大麦作との2年3作体系を前提とした場合、食用イネ収穫後の飼料用イネの収穫は、大麦の播種期が遅れ播種適期を逸することになるため不相当と判断される。また、北陸地域など日本海側は秋雨により、食用イネ収穫後では飼料用イネの収穫が困難になる場合があることや、稲発酵粗飼料としての品質にも悪影響を与えることが考えられる。そうすると、食用イネの収穫前に飼料用イネを収穫することになるが、適期とされる5月上～中旬に湛水直播または移植した場合に、収穫期の8月下旬から9月上旬までの日数は、最長でも120日程度になり、地上部全体を収穫対象とする飼料用イネにとって、低温年などには生育量の十分な確保が困難となることも想定される。したがって、5月上～中旬に湛水直播または移植した場合に飼料用イネ栽培で多収を得るためには、限られた期間内に十分な生育量を確保することが重要になり、品種の選定が重要になる。加えてTDNなど飼料としての栄養成分を確保することも重要になる。

北陸研究センターで近年開発された飼料用イネ品種「クサユタカ」⁷⁾は2002年、「夢あおば」³⁾は2004年に育成された。いずれも草型は穂重型の品種で、強稈で耐倒伏性に強く、「クサユタカ」の出穂期は育成地で中生の早、「夢あおば」が早生などの特性を持つ。熟期が比較的早く、乾物収量も高い特徴を持つことから、食用イネの収穫前に収穫できる飼料用イネ品種として利用できる特性を備えている。また、飼料イネとしての品質特性も優れるとされる。なお、以下の解析では「クサユタカ」と「夢あおば」を合わせて解析している場合もあるが、これは、両品種が持つ特性、早晩性や収量性、分けつ特性に類似した点が多いためである。

飼料用イネと大麦の2年3作体系の1作目の場合で、5月に「クサユタカ」と「夢あおば」を栽培する場合、移植栽培では生育量を確保しやすいなどの有利な点があるが、本実証試験では、5月は、春の農繁期でもあり食用イネとの作業競合を少しでも緩和することや、飼料用イネ生産には労力とコストをかけたくないという生産者の要望から湛水直播栽培を実施した。2003年と2004年の両年には、大抵の水稻農家であるならば保有しているであろう背負い式動力散布機（動散）を用い、湛水直播栽培の播種を行った。これは、新たに飼料用イネ生産を導入した場合に初期投入費用を減じる狙いもあった。しかしながら、動散による播種は、播種深度が不安定になることは否めず、また、酸素発生剤を粉衣していないことにもよるが、一定以上の苗立ち数を得るためには、播種量を多くする必要があった。その後は、営農現場での条播機の導入等もあり、酸素発生剤の粉衣種子の利用により比較的安定した苗立ち率が得られた。

ここで、5月に湛水直播した場合の多収要因について考察してみる。苗立ち数、穂数、稈長、穂長、出穂から収穫までの積算温度、刈高さ、地耐力（貫入抵抗値）、全刈り収量（乾物）、坪刈りの乾物収量の各項目についての相関分析を行った。その結果、最も相関関係が強かったのは、坪刈り乾物収量と穂数との関係であり、次いで、坪刈り乾物収量と出穂から収穫までの積算温度との関係であった（表3-52）。穂数と出穂から収穫までの積算温度は、全刈り収量とも有意な相関関係が認められている。このことから、5月湛水直播において多収であるためには、穂数と出穂から収穫までの積算温度をいかに高くするかが重要となる。

まず、穂数を多くすることについてであるが、湛水直播栽培において穂数に影響を与える要因と

してはまず苗立ち数が考えられ、特に、「クサユタカ」や「夢あおば」のような穂重型の少けつタイプの品種の苗立ち数は重要である。また、今回の相関分析においても穂数と苗立ち数との間には有意な関係が得られている。なお、苗立ち数は坪刈り乾物収量との間にも有意な相関関係があり、苗立ち数と坪刈り収量との直接的な関係も認められる。

表3-52 5月直播栽培における栽培要因の単相関関係

単相関	苗立ち数	穂数	稈長	穂長	積算温度	刈高さ	貫入抵抗	全刈り収量	乾物収量
苗立ち数	1.000								
穂数	0.886**	1.000							
稈長	-0.248	-0.138	1.000						
穂長	-0.102	-0.303	0.235	1.000					
出穂～ 収穫	0.766**	0.797**	-0.208	-0.273	1.000				
刈高さ	-0.080	0.067	-0.248	-0.427	0.196	1.000			
貫入抵抗	0.014	-0.078	0.088	0.117	-0.080	-0.182	1.000		
全刈り収量	0.666**	0.573**	0.354	0.186	0.443*	-0.469*	0.258	1.000	
乾物収量	0.737**	0.869**	-0.062	-0.292	0.805**	0.1628	-0.082	0.443*	1.000

注) 積算温度は出穂から収穫まで。*は5%、**は1%で有意。

次に、出穂から収穫までの積算温度が高くなるのは、①出穂期が早い場合や②収穫期が遅く出穂から収穫までの期間が長い場合、③出穂後が高温に推移する場合が考えられる。①の場合は、出穂期以前の気象が影響し、また播種の早期化も出穂期を早くする方法の一つであるが、その効果はそれほど高くないことが知られている。②の場合は、多収を得るためにはなるべく遅く刈取ることを示唆するものであるが、食用イネとの収穫期の競合が生じることや、稲発酵粗飼料として推奨される収穫期が糊熟期から黄熟期であり、特に乳牛への給与を考慮した場合には黄熟期以前の刈取りが推奨されているため、収穫期を遅らせることには限界がある。③は全くの気象要因であるので人為的に変化させるとはできない。このため、5月直播において多収を得るためには、まず、穂数を得るための苗立ち数の確保が重要といえる。

そこで、5月に湛水直播し、食用イネ収穫前に刈取るという条件において、本実証試験での最大の全刈り収量は1.36t/10aであったが、仮に収量を1t/10a以上とした場合の必要とされる穂数、苗立ち数について検討してみる。収量を1t/10a以上とした時には、単相関関係の逆推定値より必要とされる穂数は358本/m²になる(図3-20)。358本/m²以上の穂数を確保するための苗立ち数は、同様に単相関関係から逆推定すると、143本/m²になる。したがって、全刈り収量1t/10aを得るためには、目標穂数約350本/m²とそれを得るための苗立ち数約140本/m²以上が必要ということになる(図3-21)。

さらに、収量に関する多収要因について解析を進めるために、坪刈りの乾物収量または全刈り収量を目的変数に、苗立ち数、穂数、稈長、穂長、出穂から収穫までの積算温度、刈高さ、地耐力の各項目を説明変数にして重回帰分析を行った(表3-53)。その結果、収量を目的変数とする最良重回帰式の説明変数には、穂数と出穂から収穫までの積算温度が選択され、単相関の解析で相関係数の

高い係数と同じになった。一方で、全刈り収量を目的変数にした場合の最適重回帰式の説明変数には、穂数、刈高さ、稈長が選択され、標準偏回帰係数もこの順序に高い。坪刈りの収量は、地際から刈り取った収量であるが、全刈り収量はロールベアラで刈り取り、ロールベアラの重量から算出した値である。刈高さは、収穫時の田面の状態やロールベアラのオペレータの習熟度などにより異なってくる。また、湯川ら⁹⁾によれば、クサユタカの例で刈高さが15cmの場合には地際刈りに比べて15%減収することも報告されている。刈高さは、全刈り収量に関係する要因であるため、収穫までの水管理を適切に行い、収穫作業に支障のない地耐力を確保することが重要である。

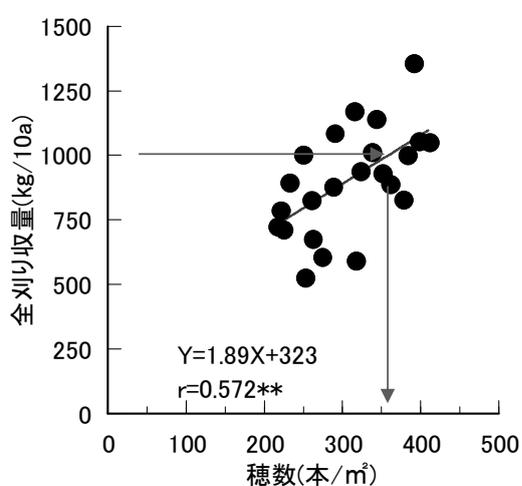


図3-20 穂数と全刈り収量との関係

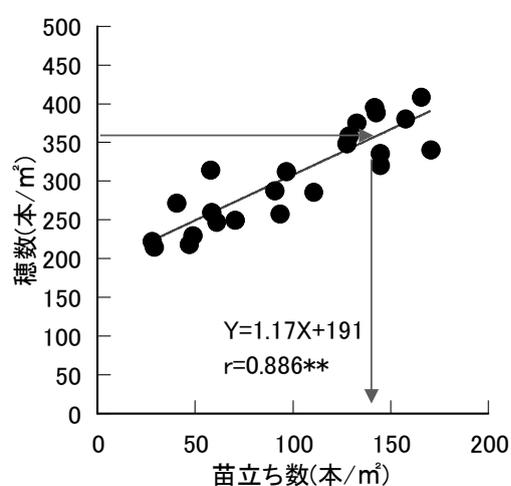


図3-21 苗立ち数と穂数との関係

表3-53 5月直播栽培における栽培要因の重回帰分析

1) 目的変数が乾物収量(坪刈り)の場合

	目的変数	説明変数	定数項	寄与率	
最良重回帰式	Y=	1.608X1	+0.614X2	+254.183	0.92
標準偏回帰係数		0.591	0.371		

注) 説明変数は、X1:穂数, X2:積算温度

2) 目的変数が全刈り収量の場合

	目的変数	説明変数	定数項	寄与率		
最良重回帰式	Y=	2.084X1	-31.347X2	+18.481X3	-812.014	0.89
標準偏回帰係数		0.708	-0.421	0.391		

注) 説明変数は、X1:穂数, X2:刈高さ, X3:稈長

2) 大麦収穫後の飼料用イネ生産の多収事例の解析^{8, 10, 11)}

北陸地域の場合、大麦の収穫時期は、消雪時期や春季の気象などにより年次間の変動はあるもののおおよそ6月上旬になる。したがって、その後の飼料用イネの湛水直播または移植は、耕起、代かき等の作業が入るため6月中旬以降になる。収穫期は食用イネの収穫がほぼ終了する9月下旬から10月上旬になり、前述したように秋雨との関係から10月中旬以降となると収穫困難という事態が発生する可能性があることや品質低下の問題も生じることになる。今回の実証栽培試験では、6月移植では「クサユタカ」で4例、「夢あおば」で4例を実施し、「夢あおば」は「クサユタカ」より早生であるため、6月中旬の移植では収穫期が9月中旬となり食用イネと競合し、6月下旬頃の移植とする必要があった。大麦収穫後の「夢あおば」の直播の例は1例しかないが、6月中旬の播種でも、移植に比べて直播では収穫期が遅れるため、食用イネとの収穫期の競合は避けられるものと推察される。

その1例しかない大麦収穫後の「夢あおば」の直播であるが、乾物実収量は981kg/10aとなり、同時期に移植したものよりも同等以上の収量が得られている。これは、1) で解析したように、苗立ち数と穂数の多収要件を満たしているために多収が得られたものと推察されるが、大麦収穫後の栽培条件は5月直播よりも登熟期の気温等が劣る条件となるが、その場合、直播栽培では、苗立ち数が十分に確保できれば、移植栽培よりも密植栽培であるため生育量が確保しやすく、収量も高くなる可能性があることが考えられた。

大麦収穫後の移植についても、1)と同様に、苗立ち数、穂数、稈長、穂長、出穂から収穫までの積算温度、刈高さ、地耐力（貫入抵抗値）、全刈り収量（乾物）、坪刈りの乾物収量の各項目についての相関分析を行った(表3-54)。全刈り収量または坪刈り収量と相関関係が認められたのは、坪刈り乾物収量と地耐力の関係のみであり、その他は出穂から収穫までの積算温度と刈高さとの負の相関関係だけであった。出穂から収穫までの積算温度と刈高さとの間に負の相関関係が認められたのは、登熟条件が良好な気象条件の時は収穫時の刈り取り条件も良好で刈高さを低くすることができるためと推察される。坪刈り乾物収量と地耐力との因果関係については、高い地耐力と関係する気象が良好であったことが坪刈り乾物収量に影響を与えることが推察されるが、直接的な因果関係は不明であった。また、全刈り収量または坪刈り収量と穂数などの栽培関係の項目とは相関関係がなかった。大麦収穫後の6月移植とはいえ、移植栽培自体は技術的完成度が高いことから、栽培的な項目よりもむしろ、収量を左右するのは、収穫条件等が関係するものと推察された。

大麦収穫後の飼料用イネ生産において特筆すべき点は、イネツトムシ、コブノメイガによる虫害を受けやすいという点があげられる。周辺の通常の食用イネに比べて、生育ステージが遅れていることに加えて、多肥条件で栽培されていることが影響しているものと考えられる。殺虫剤の適切な使用により収量、品質の低下を防ぐことが重要であろう。

表3-54 大麦収穫後の移植栽培における栽培要因の単相関関係

単相関	穂数	稈長	穂長	積算 温度	刈高さ	貫入 抵抗	全刈り 収量	乾物 収量
穂数	1.000							
稈長	-0.128	1.000						
穂長	0.091	0.204	1.000					
出穂～ 収穫	0.642	-0.489	0.503	1.000				
刈高さ	-0.393	0.399	-0.567	-0.819**	1.000			
貫入 抵抗	0.666	-0.294	0.380	0.666	-0.643	1.000		
全刈り 収量	0.402	0.120	0.530	0.392	-0.608	0.524	1.000	
乾物 収量	0.538	0.024	0.338	0.512	-0.242	0.739*	0.379	1.000

注) 積算温度は出穂から収穫まで。*は5%、**は1%で有意。

3) 坪刈り乾物収量と乾物実収量との差異について

今回実施した実証試験では、全刈り収量としてロールベアラで刈取り、圧縮、梱包してできたロールベールをベールラップでラッピングしたものについて、ホイストスケール等で重量を測定し、乾物率を合わせて計測して全刈り乾物収量を測定した。坪刈り乾物収量は、地際から刈取った稲体の重量を測定したものである。両者には、本実証試験においては45%から110%の差異があり、全刈り収量が坪刈り収量より多くなったのは2件だけであとはすべて全刈り収量が低くなった。この差異には、前述したように、全刈り収量には刈り残された残株が含まれていないこと、また、乾物率や坪刈り調査時のサンプリング誤差も考えられようが、全刈り収量が坪刈り乾物収量に比べて大きく減収する傾向にあるのは、ロールベアラの収穫ロスが関係しているものと考えられる。特にフレール型ロールベアラは、裁断しながら風力で吸い上げて成形するため、梱包圧が高まり発酵品質が優れるなどの特徴も知られているが、構造上、収穫ロスも発生しやすい。元林ら^{4,5)}によれば、黄熟期におけるロールベアラによる損失は24%～37%程度あることが報告されている。特に、ロールベールを成形して排出する際の損失や刈取る際の損失が大きいことが報告されている。また、ロール排出時の損失の内訳について調査したところ、穀実の割合が89.3%と高く、栄養成分的にも損失していることが示された(表3-55)。飼料用イネに関しては、多収を目指して育種的な改良、また、栄養成分が茎葉に貯まる特性を持つ品種開発、栽培方法の改良などが行われているが、刈取り時の損失が少ないロールベアラへの改良、開発もまた重要な課題であるといえよう。

4) 5月湛水直播と大麦収穫後栽培における品質成分

表3-55 ロールベール排出時の損失の内訳(%)

茎葉部	籾	その他
11.2	83.9	4.9

注) 2005年下百々Aにて実施した。ロールベール排出時に回収したものを分別した。

試験期間を通して、飼料用イネの品質成分に及ぼす5月湛水直播または大麦収穫後栽培の影響については明らかでなかった。栽培条件が品質成分に影響した例としては、2004年に大豆後に栽培した荒巻Bの飼料用イネの粗タンパク質が9.1%と高くなったことがあげられる。その他の大豆後の栽培の事例としては、当研究チームが研究協力として実施した2005年の新潟市西川町における飼料用イネ栽培の例があるが、このときの粗タンパク質も8.0%を示した。このことから、大豆あとの飼料用イネ栽培では、粗タンパク質を高めることができる可能性のあることが示唆された。新潟県の水田転作においては、大豆後のコシヒカリ栽培は地力窒素の出現により稈長が伸びて倒伏しやすいため不適とされる。飼料用イネにとっては、地力窒素を利用してタンパク質含量を高められることはメリットであるから、地域の作物作付けのブロックローテーションをうまく活用していくことができれば、成分品質の高い稲発酵粗飼料の生産につながることになる。

5. 摘要

飼料用イネと食用の六条大麦との2年3作体系（飼料用イネ-大麦-飼料用イネ）の1作目と大麦収穫後の3作目の飼料用イネ生産について、「コシヒカリ」との収穫時の作業競合を回避しつつ、多収で高品質な飼料用イネ生産の実用化を検討した。

- 1) 飼料用イネ「夢あおば」を用いて、5月に播種して「コシヒカリ」収穫前の8月下旬から9月上旬に収穫するの湛水直播栽培で、乾物実収量1360kg/10aを実証した。
- 2) 5月直播栽培における多収事例の解析から、乾物実収量1000kg/10a以上を得るためには、目標穂数約350本/m²とそれを得るための苗立ち数約140本/m²以上が目安になる。
- 3) 大麦収穫後に直播または移植栽培する飼料用イネ生産では、大麦収穫後の移植「クサユタカ」で1007kg/10a、湛水直播「夢あおば」で981kg/10aを実証した。ただし、「クサユタカ」の移植は「コシヒカリ」との収穫時の作業競合を回避するために、6月下旬の移植が最適である。
- 4) 大麦収穫後の飼料用イネ生産は、イネツトムシやコブノメイガによる虫害を受けやすい。適切な防除が重要になる。
- 5) 飼料用イネの収穫には、収穫機の作業性や収量・品質の確保の観点から、圃場地耐力を確保するために、適切な水管理が重要である。

引用文献

- 1) 独立行政法人農業技術研究機構編（2001）日本標準飼料成分表（2001年版）. 中央畜産会.
- 2) 稲発酵粗飼料推進協議会・飼料増産戦略会議・日本草地畜産種子協会編（2002）稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル.
- 3) 三浦清之・上原泰樹・小林 陽・太田久稔・清水博之・笹原英樹・福井 清美・小牧有三・大槻 寛・後藤明俊・重宗明子（2006）水稻新品種「夢あおば」の育成. 中央農研研究報告, 7, 1-23.
- 4) 元林浩太・湯川智行・米村 健・高畑良雄・佐々木良治（2005）フレールモア型収穫機による飼料イネの圃場内損失. 農作業研究, 40（別1）, 13-14.
- 5) 元林浩太・湯川智行・小島 誠（2006）フレールモア型収穫機による飼料イネの圃場内損失（第2報）-作業速度による損失の変動-. 農作業研究, 42（別1）, 65-66.
- 6) 小川増弘・箭原信男・増淵敏彦・押部明德・加茂幹男・中川西弘之（1987）アンモニア処理乾草の飼料価値の推定, 日草誌32（4）, 408-413.

- 7) 上原泰樹・小林 陽・古賀義昭・太田久稔・清水博之・三浦清之・福井清美・大槻 寛・小牧有三・笹原英樹・堀内久満・奥野員敏・藤田米一・後藤明俊 (2003) 水稻新品種「クサユタカ」の育成. 中央農研研究報告, 2, 83-105.
- 8) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太 (2004) 飼料イネの営農現場における実証栽培試験と問題点. 日作紀, 73 (別1) : 32-33.
- 9) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太・米村 健・高畑良雄 (2004) 飼料イネ栽培における収量と損失. 日作紀73 (別2) : 88-89.
- 10) 湯川智行・元林浩太・佐々木良治 (2006) 飼料イネの現地営農現場における過去3年間の生育と収量. 日作紀, 75 (別1), 20-21.
- 11) 湯川智行・元林浩太・小島 誠 (2006) 飼料イネ「夢あおば」の多収に関する栽培的な要因. 日作紀75, (別2), 44-45.

(2) 飼料用イネ収穫あとの大麦栽培

Barley Cultivatin after Forage Rice Harvest under Cropping System Forage Rice, Barley
and Forage Rice on Two Year

湯川智行^{*1)}・元林浩太・高畑良雄^{*2)}・小島 誠・佐々木良治^{*3)}・米村 健^{*2)}
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Tomoyuki Yukawa^{*1)}, Kota Motobayashi, Yoshio Takahata^{*2)}, Makoto Kojima,
Ryouji Sasaki^{*3)} and Takeshi Yonemura^{*2)}
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

新たな食料・農業・農村基本計画(平成17年3月)では、平成22年までに食料自給率を現在の40%から45%に高めることを目標にしている。このため、自給が達成されている水稲以外の作物の栽培が推奨されており、北陸地域の場合、推奨されている転作作物には、大豆や大麦(六条大麦)等があり、特に押し麦等に利用される大麦の生産は北陸地域が全国の5割程度を占める主産地となっている。また、飼料生産についてみると、飼料自給率は24%と至って低く、飼料自給率を高めることは農政の喫緊の課題である。特に、口蹄疫の発生や牛海綿状脳症の発生により飼料の安全性、最近では飼料価格の高騰などにより国産飼料の重要性が改めて認識されるようになった。このような状況の中で、水稲全体を飼料化して利用する稲発酵粗飼料(飼料用イネ)は、国産飼料増産の切り札として注目されており、また、水田で畑転換することなく栽培できることから、排水不良な重粘土が広く分布する北陸地域においても注目される転作作物である。

そこで、北陸地域の代表的転作作物でもある食用の大麦と飼料増産と北陸地域の重粘土水田にも適する転作作物である飼料用イネを組み合わせた新しい水田高度利用の方策として、飼料用イネ－大麦－飼料用イネの2年3作体系の実用化について検討した。本報告では、2年3作体系のうち2作目の大麦栽培について、作付体系の中でより安定的で省力的な生産方法を確立するために、大麦新系統の現地実証圃場への導入・評価、飼料用イネ後の重粘土壤での耕起方法の改良や省力的な施肥方法について検討した。

2. 材料と方法

1) 現地実証圃場の設定

現地実証圃場は、上越市下百々に2筆(A、B圃場)、試験期間の2003年から2007年にかけての5年間にわたって設定した(図3-22)。圃場は基盤整備が行われた長辺125m、短辺80mの大区画水田(1.0ha)である。飼料用イネ－大麦－飼料用イネの2年3作体系とし、A圃は飼料用イネ収穫後の2003年秋から、B圃は同様に飼料用イネ収穫後の2004年の秋から大麦栽培試験に使用した。

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部、*2)元中央農業総合研究センター北陸研究センター、*3)近畿中国四国農業研究センター。

長岡市上桐（2006年1月より長岡市、旧和島村）に、のべ7筆（B、C、D、E、F、G、H圃場）、合わせて約5.1haを設定した（図3-23）。2003年から2004年にかけては、飼料用イネ栽培後になるB、C圃場を使用した。2004年から2005年にかけてはB～F圃場からやや離れたG、H圃場を使用し、2005年から2006年にかけては飼料用イネ栽培後のC、D、E圃場、2006年から2007年にかけてはF圃場を使用した。1筆の面積は、約0.4haから1haである。

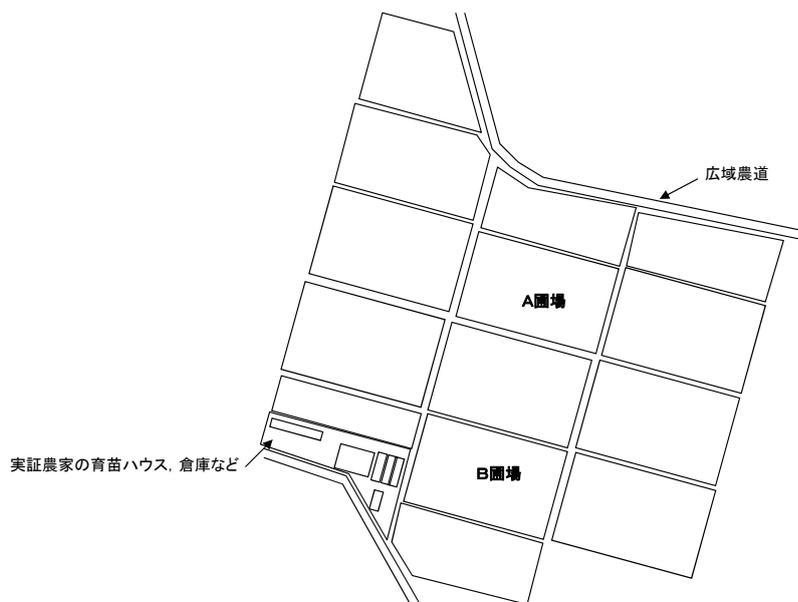


図3-22 現地実証圃場（上越市下百々）の配置

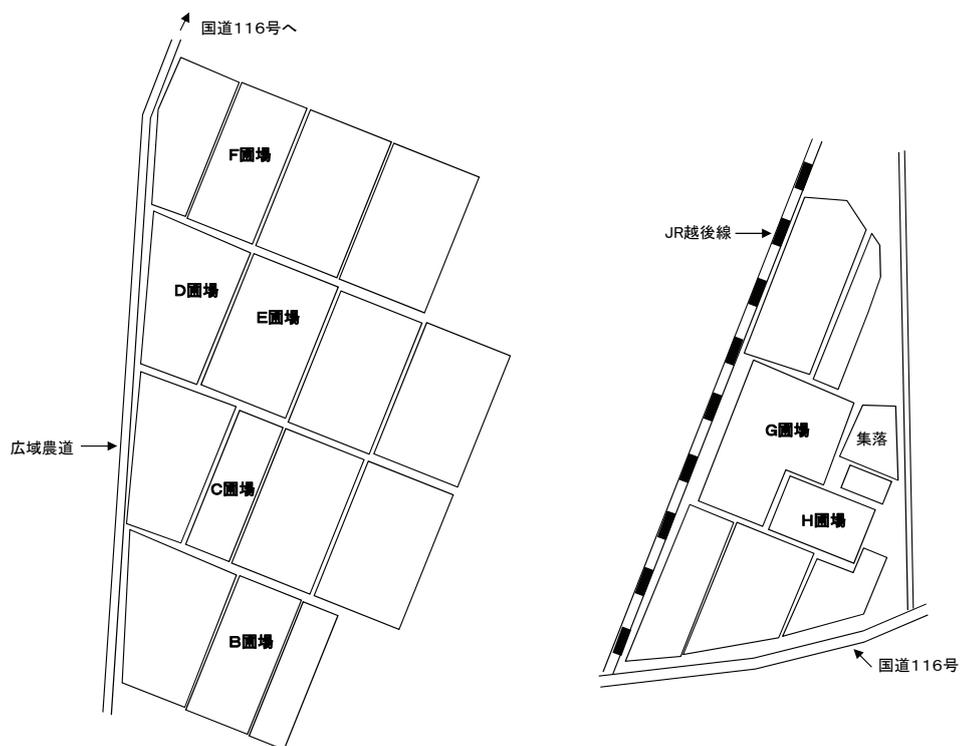


図3-23 現地実証圃場（長岡市上桐）の配置

2) 新系統の現地実証圃への導入・評価（長岡市上桐）

(1) 2003～2004年

北陸研究センターで新たに開発された系統である「北陸皮35号」を用いて、現地圃場（上桐B：0.7ha）において実証栽培試験を行った。対照として、「ミノリムギ」⁶⁾を供試し（上桐C：0.5ha）、出芽率や越冬前後の生育、子実重や稈長、穂長、穂数などの収量関連項目、実需（A社）による搗精時間やカッター時の碎けなどの品質評価を行った。

栽培方法は、正転ロータリによる耕起後に背負い式動力散布機を用いて10月4日に播種した。基肥量は、N-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6kg/10aとし、播種量は、12kg/10aとした。追肥は3月14日にN-K₂Oを5.5-3.0kg/10a、4月11日にNを2.0kg/10a施用した。なお、前作の飼料用イネの収穫は9月9～10日に行った。

なお、出芽数や収量の調査は、以下に示す次年度以降の試験も含め、1試験区を1m²とした。反復数は、試験規模や生育のばらつき程度により3～8反復を設定した。越冬前後の生育、稈長や穂長については、1区あたり20～30個体を調査した。

(2) 2004～2005年

前年同様に「北陸皮35号」を用いて、現地圃場（上桐G：0.8ha、H：0.4ha）において実証栽培試験を行った。2年3作の作付体系が完了している関係から、H、G圃場は、飼料用イネ作付け後の圃場ではなく、食用イネ（コシヒカリ）収穫後の水田とした。なお、稲ワラは裁断後に耕起時に鋤き込んだ。播種は、正転ロータリによる耕起後に背負い式動力散布機を用いて10月3日に行った。供試品種には「北陸皮35号」（G）と「ミノリムギ」（H）を用いた。基肥量はN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6.0kg/10a、追肥は3月20日にN-K₂Oを5.0-3.0kg/10a、4月17日にNを2.0kg/10a施用した。播種量は、12kg/10aとした。生育、収量等の調査は2) - (1)同様に実施し、実需（A社）による品質評価を行った。

3) 耕起方法の改良試験（上越市下百々）

(1) 2003～2004年

上越市下百々において、北陸地域に広く分布する重粘土壌での飼料用イネ収穫後の簡易な耕起方法について検討した。チゼルプラウ（チゼル）により耕起（10月5日、10月7日）した試験区、チゼルで2度耕起した試験区、チゼル耕起に加えてディスクハロー（ディスク、10月9日）により碎土した試験区、慣行の正転ロータリ（10月9日）耕起の試験区を設定し、碎土率、出芽数や越冬前後の生育、子実重や稈長、穂長、穂数などの収量関係形質についての比較を行った。調査方法は、2) - (1)同様に実施した。

圃場は、飼料用イネ収穫（9月4日）後の下百々A（1ha）とし、供試品種は「ミノリムギ」（転用種子）とした。基肥量は、N-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6kg/10aとし、播種は背負い式動力散布機を用いて12kg/10aを10月10日に播種した。追肥は、3月16日にN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ4.2kg/10a施用した。

(2) 2004～2005年

前年同様に簡易な耕起方法を検討するためにチゼル耕起、逆転ロータリ耕起、正転ロータリ耕起を行い、生育、収量等を比較した。実証圃場は、飼料用イネの収穫（9月3日）後の下百々B（1.0ha）とし、供試品種は「ミノリムギ」、播種は背負い式動力散布機を用いて10kg/10aを10月7日に行った。基肥量はN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6.0kg/10a、追肥は、4月6日にN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ4.5kg/10a施用した。前年同様、出芽率や越冬前後の生育、子実重や稈長、穂長、穂数などの収量関係形質に

ついでに比較を行った。調査方法は、2) - (1)同様に実施した。

4) 施肥方法の改善試験（上越市下百々、長岡市上桐）

(1) 2005～2006年

これまで2回に分けて行われていた春季の追肥について、肥効調節型肥料(LP20、LP30、LP40)を用いて1回で省力的に施肥する方法について長岡市上桐において検討した。

供試圃場は飼料用イネ収穫（8月29～30日収穫）後の上桐（C、D：0.9ha、但しデータは省略、E：1.0ha）とした。栽培方法は、正転ロータリ耕起後に背負い式動力散布機を用いて10月2日に12kg/10aを播種した。供試品種は「ミノリムギ」とした。基肥量は、N-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6kg/10aとした。追肥として、肥効調節型肥料(LP20、LP30、LP40)で4kgN/10a相当量と化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ2kg/10aを3月22日に施用する試験区、また慣行区として化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ4kg/10aを3月22日、2kg/10aを4月19日に施用する試験区を設定し、生育、収量等について調査した。調査方法は、2) - (1)同様に実施した。

上越市下百々においても、飼料用イネ収穫（9月9日）後の下百々Aにおいて、正転ロータリ耕起後に背負い式動力散布機を用いて、「ミノリムギ」を10kg/10a、10月1日に播種した。基肥量はN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6.0kg/10a、追肥は、3月26日にN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ2.3-1.5-1.5kg/10a施用した。また、5月6日に0.8kgN/10aを追肥した。上桐とほぼ同様の調査を実施し比較対照の試験区とした。

(2) 2006～2007年

前年に引き続いて、肥効調節型肥料を用いて春追肥を省力化する方法について検討した。

飼料用イネ収穫（9月6日）後の上越市下百々Bにおいて、「ミノリムギ」を供試して正転ロータリ耕起後に動力散布機を用いて12kg/10aを9月29日に播種した。基肥量はN-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ4.9kg/10a、追肥として、肥効調節型肥料(LP20、LP30、LP40)で4kgN/10a相当量と化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ2kg/10aを3月26日に施用する試験区、また慣行区として化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ4kg/10aを3月26日、2kg/10aを4月16日に施用する試験区を設定し、生育、収量について調査した。調査方法は、2) - (1)同様に実施した。

長岡市上桐においても、肥効調節型肥料を用いて春追肥を省力化する方法について検討した。

実証圃場は上桐F(0.4ha)とし、圃場は2年3作の作付体系が完了している関係から、飼料用イネ作付け後ではなく、食用イネ収穫後の水田とした。「ミノリムギ」を正転ロータリ耕起後に動力散布機を用いて10月1日に12kg/10aを播種した。基肥量は、N-P₂O₅-K₂Oをそれぞれ6kg/10aとした。追肥として、肥効調節型肥料(LP20、LP30、LP40)で4kgN/10a相当量と化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ2kg/10aを3月27日に施用する試験区、また慣行区として化成肥料でN-K₂Oをそれぞれ4kg/10aを3月27日、2kg/10aを4月15日に施用する試験区を設定し、生育、収量について2) - (1)同様に調査した。

3. 結果と考察

1) 試験年の気象概況

(1) 2003～2004年

2003年は8月の多雨の影響やその後の降雨により耕起作業が遅れ、播種期がやや遅くなった。耕起前の土壌水分も高くなり碎土に影響を与えた(表3-56)。播種後の気温について年内はやや高めに

推移したが、日照時間は11月中旬から12月にかけてやや少なかった(図3-24、3-25)。降水量は播種後から12月にかけて少なかった(図3-26)。上越市(北陸研究センター観測)における根雪期間は、1月23日から2月20日までの29日間であり少雪年であった。下百々はほぼ同じ根雪期間で、上桐は圃場に設置したカメラによる観察から消雪は5日程早かったと推定される。短い根雪期間のため、大麦には雪害がほとんど観察されなかった。越冬後の気象は、5月の日射量が少なく、降水量が多かった。気温は全般にやや高かった。

なお、アメダス設置地点高田と上越市下百々は直線距離で約7km、北陸研究センターと上越市下百々は約4km、寺泊と長岡市上桐は約5kmの距離がある。

表3-56 新系統播種時の土壌条件(2003~2004年)

No.	試験地	供試品種	圃場	土壌		
				含水率(%)	砕土率 2cm以下(%)	1cm以下(%)
1	長岡市*上桐	北陸皮35号	B	36.2	12.6	3.8
2		ミノムギ	C	40.1	9.1	3.0

注) *は2006年1月より長岡市, 旧和島村.

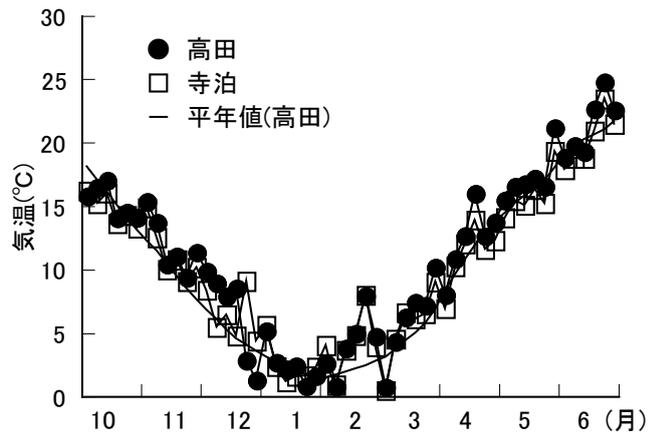


図3-24 気温の変化 (2003~2004年)

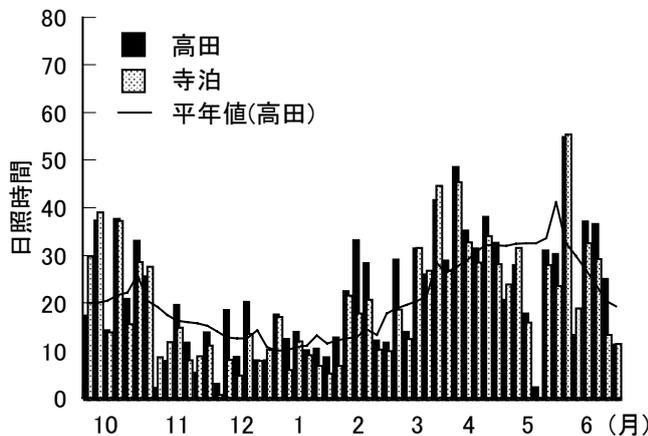


図3-25 日照時間の変化 (2003~2004年)

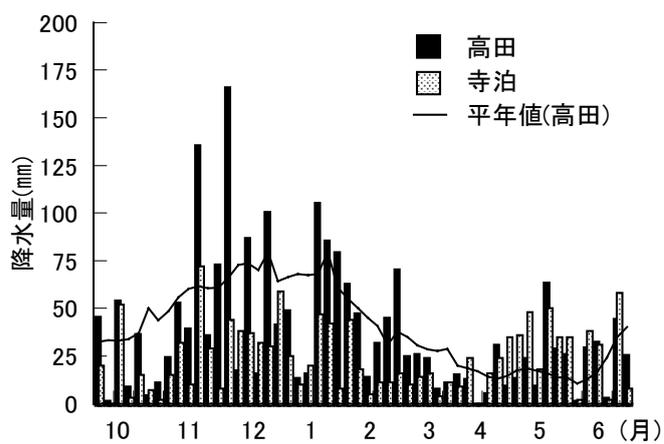


図3-26 降水量の変化 (2003~2004年)

(2) 2004~2005年

越冬前の気象について、11月から12月中旬にかけての気温は平年に比較して高く、日照時間は多かった(図3-27、3-28)。11月の降水量は少なかった(図3-29)。上越市(北陸研究センター観測)における根雪期間は、1月9日から3月20日までの71日間で平年よりやや短かった。上越市下百々と長岡市上桐の消雪日もほぼ同様と推定される。越冬後の気象は、5月の気温と日照時間が低く、4~5月の降水量が少なかった。

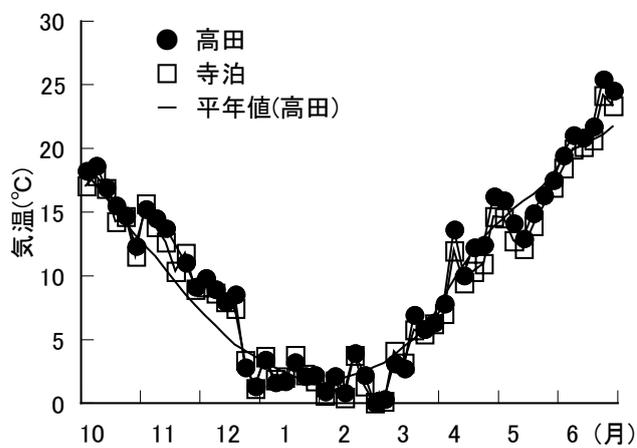


図3-27 気温の変化 (2004~2005年)

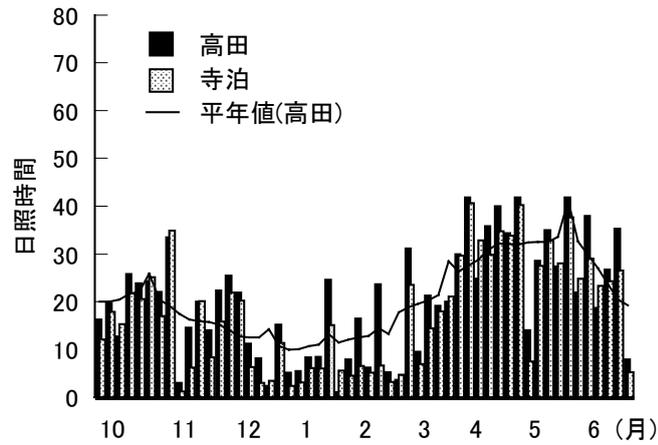


図3-28 日照時間の変化 (2004~2005年)

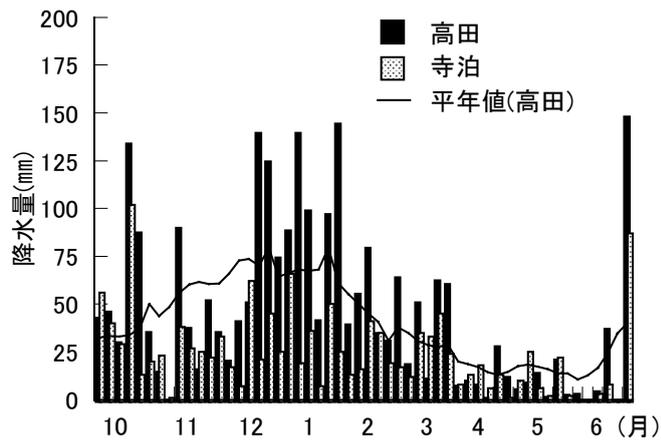


図3-29 降水量の変化 (2004~2005年)

(3) 2005~2006年

播種から11月上旬までの気象はほぼ平年並みに推移したが、11月中旬以降低温と寡照傾向が続いた(図3-30、3-31、3-32)。上越市(北陸研究センター観測)では12月8日からは根雪となり、3月21日までの104日間で平年より長かった。下百々の消雪日は所内とほぼ同様と推定されたが、上桐では、圃場に設置したカメラによる観察から、上越市に比較して消雪が早く3月5日頃と推定された。越冬後の気象は、ほぼ平年並みに推移した。

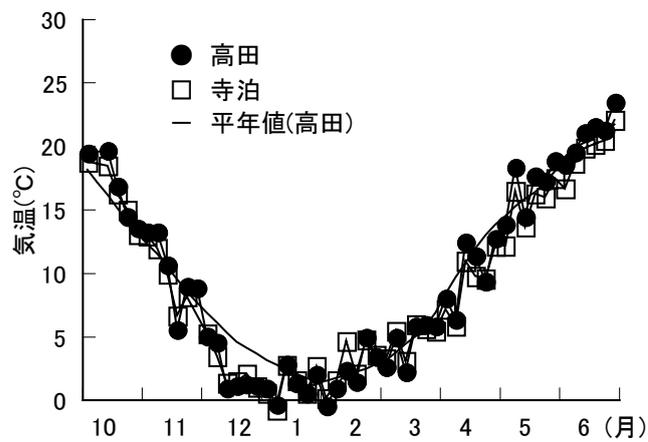


図3-30 気温の変化 (2005~2006年)

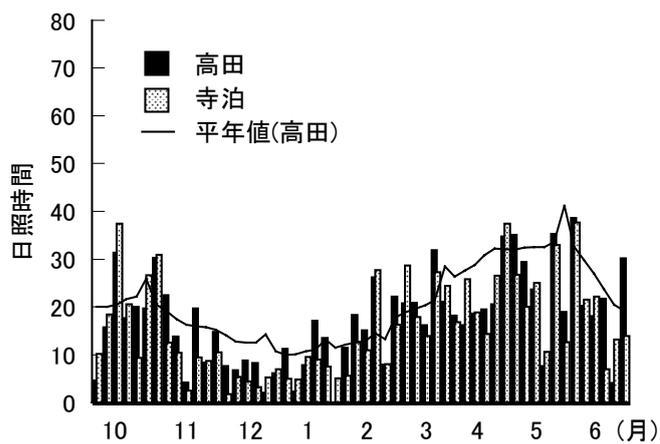


図3-31 日照時間の変化 (2005~2006年)

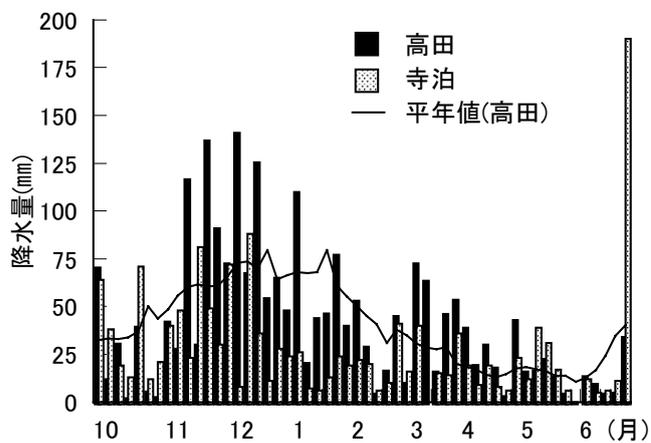


図3-32 降水量の変化 (2005~2006年)

(4) 2006~2007年

播種以降12月上旬まで、気温は高めに推移したが、11~12月の日照時間はやや少なかった(図3-33、3-34、3-35)。その後3月上旬にかけての気温は高く、このため、降雪も10日以上連続した積雪期間はなく、極少雪年であった。3月中旬、4月の気温はやや低めに推移したが、その後はほぼ平年並みに推移した。

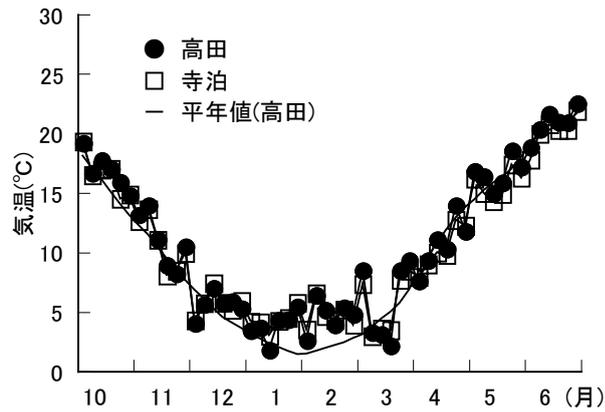


図3-33 気温の変化 (2006~2007年)

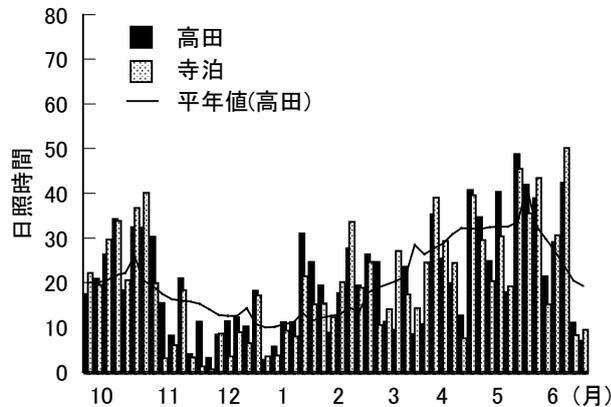


図3-34 日照時間の変化 (2006~2007年)

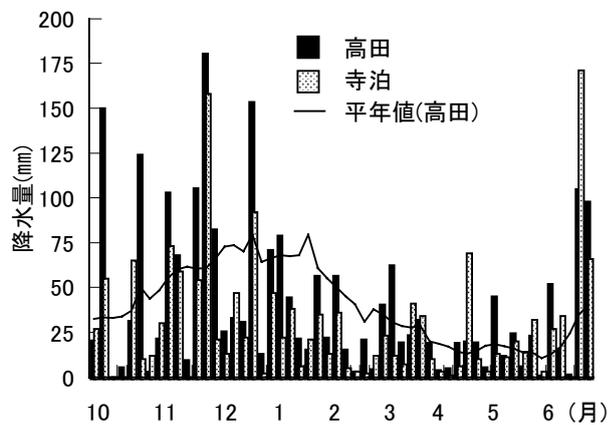


図3-35 降水量の変化 (2006~2007年)

2) 新系統の現地実証圃場への導入・評価

2003～2004年の試験においては、9月の気象の影響で、播種時の土壌含水率が高く碎土がやや悪かったが、出芽数は北陸皮35号及びミノリムギともに200本/m²以上の十分な出芽数が得られ、品種・系統間の違いはみられなかった(表3-57)。また、越冬前後の生育については、北陸皮35号とミノリムギはほぼ同等の生育を示した(表3-58、3-59)。

表3-57 新系統導入時の栽培方法と出芽状況(2003～2004年)

No.	播種 様式	播種量 kg/10a	基肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	出芽数 %±SE*
1	散播	12	6.0-6.0-6.0	203±12
2	散播	12	6.0-6.0-6.0	222±15

注) *のSEは標準誤差, 以下の表で同じ.

表3-58 新系統の越冬前の生育状況(2003～2004年)

No.	草丈±SE (cm)	茎数±SE (本/個体)	乾物重±SE (g/個体)	乾物率 (%)	窒素含有率(%/dw)	
					葉身	茎
1	17.7±0.7	4.6±0.3	0.53±0.11	16.2	2.28	1.45
2	16.3±0.9	4.1±0.4	0.47±0.08	16.9	2.74	1.52

注) 2003年12月9日調査.

表3-59 新系統の越冬後の生育状況(2003～2004年)

No.	草丈±SE (cm)	茎数±SE (本/個体)	乾物重±SE (g/個体)
1	191±4.4	3.7±0.4	1.0±0.2
2	204±9.6	3.8±0.3	1.2±0.1

注) 2004年3月24日調査.

出穂期、成熟期については、北陸皮35号の出穂期と成熟期はミノリムギよりともに3日早かった(表3-60)。これは、作付体系上、次の飼料用イネ作付けに有利と判断された。北陸皮35号は、ミノリムギに比較して収量(子実重)は多く、千粒重も大きかったが、本年は両品種・系統ともにやや細粒になった。

表3-60 新系統の収量等(2003～2004年)

No.	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/m ²)	子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)
1	4/18	5/29	87±0.6	4.5±0.0	412±37	463±41	27.6±0.7
2	4/21	6/1	91±0.3	4.7±0.0	403±18	418±27	25.7±0.5

実需による北陸皮35号の品質評価は、硝子率が57%とミノリムギ、ファイバースノウに比較して高かった(表3-61)。また、カッター後の砕けが17.4%と高く、製品過程でのロス発生が多くなること指摘された。

2004～2005年の試験においては、北陸皮35号とミノリムギの出芽数、越冬前後の生育については両者で大差がなかった(表3-62)。越冬後には、雪腐病による葉腐れ面積が20～30%程度観察されたが、両品種・系統ともにその後の生育量に大きく影響を与えるほどではなかった。

出穂期は2003～2004年に比較して10日程度遅くなった。成熟期は、ミノリムギで4～7日、北陸皮35号で4日遅くなった(表3-63)。これは、消雪期の遅れ、5月の低温と日照不足が影響した。品種・系統間では、北陸皮35号は出穂期で2日、成熟期で3日ミノリムギより早くなった。これは、2003～2004年と同じ傾向である。また北陸皮35号は、ミノリムギに比較して、穂数、子実重、千粒重ともに高かった。特に、北陸皮35号の千粒重は極高かった。

実需による品質評価は、北陸皮35号の硝子率は2003～2004年に比較して大きく低下し、ファイバースノウやシュンライと比較しても低かった(表3-64)。また、カッター後の砕けが22.6%と極高く、ファイバースノウやシュンライと比較しても高かった。硝子率の低下やカッター後の砕けが高い値を示したことは、北陸皮35号の千粒重が大きいことと関係していることが推察された。

表3-61 実需による品質評価(2003～2004年)

品種名	硝子率 (%)	精麦白度	55% 搗精時間	55%搗精時 砕け	カッター後 砕け (%)	黒条線 の太さ (%)	炊飯後の 見た目の白さ
北陸皮35号	57	37	6分50秒	8.7	17.4	25.5	3位
ミノリムギ	25	46	5分50秒	7.9	4.9	20.7	2位
ファイバースノウ	33	45	6分05秒	9.0	17.5	20.6	1位

注) 北陸皮35号は1に同じ、ミノリムギとファイバースノウは実需保有材料、ミノリムギは2003年産。

表3-62 新系統の栽培方法と越冬前の生育、雪腐病による葉腐れ程度(2004～2005年)

No.	試験地	供試品種	播種量 (kg/10a)	播種 様式	基肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	出芽数 (本/m ²)	越冬前 乾重* (g/個体)	越冬後 葉腐れ (%)
3	長岡市上桐	G 北陸皮35号	12	散播	6.0-6.0-6.0	288±48	0.48±0.04	30
4		H ミノリムギ	12	散播	6.0-6.0-6.0	246±20	0.43±0.05	20

注) 2004年12月15～16日に調査。

表3-63 新系統の収量等(2004～2005年)

No	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/m ²)	子実重±SE (kg/10a)	整子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)
3	4/29	6/2	92.6±0.4	4.5±0.1	407.8±25.4	562.4±19.5	543.5±17.5	37.7±0.6
4	5/1	6/5	98.3±0.5	4.8±0.1	395.2±24.4	525.9±29.4	480.2±22.9	33.3±0.4

注) 整子実重は篩目2.2mm以上。

表3-64 実需による品質評価(2004～2005年)

品種名	硝子率 (%)	精麦白度	55%搗精 時間	55%搗精時 砕け	カッター後 砕け (%)	黒条線 の太さ (%)	炊飯後の 見た目の白さ
北陸皮35号	13	44	8分05秒	8.7	22.6	23.5	3位
ファイバースノウ	18	46	7分15秒	7.9	1.5	19.3	2位
シュンライ	34	46	7分30秒	9.0	2.0	19.7	1位

注) 北陸皮35号は3に同じ、ファイバースノウは北陸研究センター産、シュンライは実需保有の2004年産(2等)。

3) 耕起方法の改良試験

2003～2004年の試験において、耕起方法と碎土との関係についてみると、慣行の正転ロータリ耕起による碎土率が最も高く、次いでチゼル+ディスクで高かった(表3-65)。チゼルのみでは碎土率が最も低くなり、大土塊となった。耕起方法と出芽との関係についてみると、チゼル耕起のみによる出芽数は147～157本/m²と他と比較して低かったが、碎土率のやや高かったチゼル+ディスクでは200本/m²近い出芽数が得られた(表3-66)。

表3-65 耕起方法と碎土率(2003～2004年)

No.	試験地	圃場	土壌 含水率(%)	耕起方法	碎土率	
					2cm以下(%)	1cm以下(%)
5	上越市下百々	A	43.8	チゼル(10/5)	6.8	1.9
6				チゼル(10/5)+ディスク(10/7)	12.7	4.9
7				チゼル(10/5)+チゼル(10/7)	11.2	3.9
8				チゼル(10/7)	8.5	2.5
9				正転ロータリ(10/9)	14.1	5.3

表3-66 耕起方法と出芽(2003～2004年)

No.	供試品種	播種 様式	播種量 kg/10a	基肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	出芽数
					%±SE*
5	ミノムギ	散播	12	6.0-6.0-6.0	157±7
6		散播	12	6.0-6.0-6.0	194±10
7		散播	12	6.0-6.0-6.0	164±18
8		散播	12	6.0-6.0-6.0	147±9
9		散播	12	6.0-6.0-6.0	177±15

耕起方法と越冬前の個体当たりの生育との関係についてみると、10/7耕起のチゼルでは生育が劣ったが、10/5耕起のチゼルでは生育は良好なことから、チゼルでは生育のばらつきが示唆された(表3-67)。チゼル+ディスクの生育は良好だった。生育が劣った10/7耕起のチゼルでは、窒素含有率が高かった。越冬前の生育量が小さく、植物体の窒素含有率が高いと雪害が大きくなることが知られており⁵⁾、10/7耕起のチゼルのような生育状態は、積雪条件によっては大きな雪害が発生することが示唆される。

越冬後の生育について、10/5耕起のチゼル、チゼル+ディスクの個体当たりの生育は慣行の正転ロータリ耕起後の散播より優った(表3-68)。10/5耕起のチゼルでは、個体数が少ないために結果として個体当たりの生育が大きくなったと推定された。

表3-67 耕起方法と越冬前の生育状況(2003～2004年)

No.	草丈±SE (cm)	茎数±SE (本/個体)	乾物重±SE (g/個体)	乾物率 (%)	窒素含有率(%/dw)	
					葉身	茎
5	24.3±0.9	4.9±0.3	0.56±0.04	14.6	3.57	2.45
6	22.9±0.8	5.1±0.4	0.57±0.05	15.7	3.28	2.38
7	19.0±0.7	3.4±0.3	0.32±0.08	16.0	2.63	1.78
8	14.2±0.7	2.3±0.2	0.13±0.02	14.7	5.00	4.40
9	16.2±0.7	2.5±0.2	0.19±0.02	15.0	3.88	2.75

注) 5～9は2003年12月8日調査。

表3-68 耕起方法と越冬後の生育状況(2003~2004年)

No.	草丈±SE (cm)	茎数±SE (本/個体)	乾物重±SE (g/個体)
5	191±5.8	8.6±0.6	2.2±0.2
6	189±6.0	8.4±0.6	2.0±0.2
7	157±4.6	2.7±0.3	0.5±0.1
8	149±7.1	4.5±0.6	0.7±0.1
9	156±5.4	3.6±0.3	0.6±0.1

注) 5~9は2004年3月22日調査。

収量等についてみると、チゼル+ディスクの収量(子実重)は慣行の正転ロータリより高かったが、チゼル+ディスクでは試験区によるばらつきも大きく、千粒重が小さくなった(表3-69)。チゼルのみやチゼル2回耕起では、全般に収量は低かった。

2004~2005年の試験において、耕起方法と越冬前の個体当たりの生育についてみると、逆転ロータリ耕起の出芽数が極多く、次いでチゼル、正転ロータリの順になった(表3-70)。一番少ない正転ロータリでも出芽率は200本/m²以上であった。生育量は正転ロータリ、チゼル、逆転ロータリの順となり出芽率と逆の順番になった。

収量等についてみると、逆転ロータリ、チゼルで多収となった(表3-71)。チゼル、正転ロータリとともに、また両品種・系統ともに、2004~2005年は2003~2004年に比較して、長稈で穂数も多く、千粒重、子実重ともに大きかった。

表3-69 収量等(2003~2004年)

No.	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/m ²)	子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)
5	4/21	5/31	86±0.6	4.3±0.1	284±34	273±26	27.1±0.7
6	4/21	5/31	96±1.3	4.9±0.1	479±105	431±72	24.6±2.0
7	4/22	6/1	72±0.5	4.4±0.1	229±22	178±24	28.7±1.6
8	4/22	6/1	78±1.3	4.7±0.1	238±12	211±45	29.7±0.5
9	4/21	5/31	84±0.9	4.9±0.0	297±39	343±71	29.1±0.8

表3-70 耕起方法と越冬前の生育、雪腐病による葉腐れ程度(2004~2005年)

No.	試験地	供試品種	耕起方法 (耕深, cm)	播種量 (kg/10a)	出芽数 (本/m ²)	越冬前 乾重* (g/個体)	越冬後 葉腐れ (%)
10	上越市下百々	B ミノリムギ	逆転ロータリ	10	411±35	0.55±0.04	30
11			チゼル	10	334±57	0.63±0.06	30
12			正転ロータリ	10	230±16	1.34±0.19	30

注) 2004年12月15~16日調査。

表3-71 収量等(2004~2005年)

No	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/m ²)	子実重±SE (kg/10a)	整子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)
10	5/2	6/7	95.7±0.3	4.5±0.0	596.3±21.0	548.1±31.3	447.8±31.4	29.6±0.5
11	5/2	6/7	93.8±0.5	4.7±0.0	528.4±83.8	506.3±50.9	420.1±31.7	30.0±0.6
12	5/2	6/7	79.4±0.6	4.3±0.1	281.2±10.5	287.8±22.3	267.0±21.2	32.7±0.5

注) 整子実重は篩目2.2mm以上。

4) 施肥方法の改善試験

2005～2006年の試験において、越冬前の生育についてみると、下百々では、苗立ち数がやや多く観察され、越冬前の個体あたり生育量が小さかった(表3-72)。上桐の生育量は、下百々より大きかったが、2004～2005年と大差なかった。下百々では根雪期間が長いことや越冬前の生育量が小さかったことから雪害を受けた。消雪が早かった上桐では比較的雪害の程度は低かった。

上桐の肥効調節型肥料による違いをみると、LP20を利用する施肥体系が子実重、千粒重、整子実重ともに慣行と同等程度以上となった(表3-73)。LP30、LP40の整子実重も慣行より高くなった。また、慣行の2005～2006年の子実重は、2004～2005年より高くなったが、千粒重がやや小さかったため整子実重はやや低くなった。下百々では、稈長がやや短く、穂数過多で穂長、千粒重が小さくなった(表3-73)。肥効調節型肥料を利用する施肥体系は、春季1回追肥の作業体系であることから有望な施肥体系となることが考えられ、引き続き試験をして検討する必要がある。

2006～2007年においては、積雪がほとんどなかったため、雪害は観察されなかった(表3-74)。下百々では上桐に比較して子実重、千粒重が低く、穂長、穂数も少なかった(表3-75)。下百々の慣行は例年に比較しても穂数不足となり、子実重、整子実重は低かった。肥効調節型肥料による違いをみると、LP20の整子実重は下百々で慣行と同程度以上、上桐では同程度になった。また、上桐の千粒重、整子実重はともに慣行と同等程度以上となった。肥効調節型肥料による施肥方法は、春季1回追肥の作業体系であることから省力的であり有望な施肥体系と考えられた。

表3-72 施肥方法の改善試験における播種と越冬前後の生育(2005～2006年)

試験地	圃場	試験区 No.	供試品種	播種期 (月.日)	砕土率* (%)	越冬前	越冬後	越冬後
						乾物重**±SE (g/個体)	葉腐れ (%)	茎腐れ (%)
上越市下百々	A	13	ミノリムギ	10.1	28.3	0.34±0.05	70	30
長岡市上桐	E	14～17	ミノリムギ	10.2	26.6	0.62±0.04	30	0

注) *は2cm以下の割合、 **は2005年12月5～6日調査。

表3-73 施肥方法の改善試験における収量等(2005～2006年)

No.	施肥	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/㎡)	子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)	整子実重±SE (kg/10a)
13	慣行	5.9	6.11	75.8±5.8	3.7±0.4	618.0±94.0	347.7±52.3	27.1±0.6	285.5±41.2
14	慣行	5.3	6.6	98.4±1.5	4.4±0.1	529.6±87.2	566.7±31.2	29.1±0.6	438.3±17.5
15	LP20	5.3	6.6	95.4±2.0	4.5±0.1	524.8±32.6	587.6±32.7	30.3±0.5	503.6±29.5
16	LP30	5.3	6.6	99.9±1.8	4.6±0.1	597.6±59.1	552.6±28.1	29.9±0.5	451.6±21.4
17	LP40	5.3	6.6	97.3±2.4	4.6±0.1	450.4±22.9	531.4±21.0	29.7±0.2	445.6±9.3

注) 整子実重は篩目2.2mm以上。

表3-74 施肥方法の改善試験における播種と越冬前後の生育(2006～2007年)

試験地	試験区 No.	供試品種	播種期 (月.日)	出芽数 ±SE (本/㎡)	越冬前	越冬後	越冬後
					乾物重* ±SE (g/個体)	葉腐れ (%)	茎腐れ (%)
上越市下百々	18～21	ミノリムギ	9.29	185±16	0.55±0.06	0	0
長岡市上桐	22～25	ミノリムギ	10.1	—	—	0	0

注) *は2006年12月14日調査。

表3-75 施肥方法の改善試験における収量等(2006~2007年)

施肥	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長±SE (cm)	穂長±SE (cm)	穂数±SE (本/㎡)	子実重±SE (kg/10a)	千粒重±SE (g)	整子実重±SE (kg/10a)
18 慣行	4/23	6/5	78.8±2.3	4.1±1.6	288.2±23.9	255.6±27.9	27.2±0.3	196.4±22.0
19 LP20			77.9±1.9	3.9±1.4	355.7±24.0	279.2±26.2	27.1±0.4	222.7±22.7
20 LP30			75.3±2.2	3.9±1.2	282.5±25.6	219.2±18.0	26.5±0.7	176.2±18.1
21 LP40			80.0±2.2	3.9±1.7	346.3±39.2	298.8±21.5	27.5±0.4	240.5±17.2
22 慣行	4/20	6/1	82.7±1.7	4.7±2.1	446.9±94.0	511.8±67.8	28.4±0.7	395.4±41.8
23 LP20			79.0±0.8	4.5±1.9	389.3±72.9	447.7±35.9	28.6±0.6	370.3±28.5
24 LP30			77.6±1.3	4.6±1.3	317.4±25.8	375.3±12.6	29.4±0.4	322.3±10.3
25 LP40			79.4±1.2	4.7±1.0	350.4±21.5	371.1±10.2	29.1±0.1	310.5±5.6

注) 整子実重は篩目2.2mm以上。

4. 総合考察

飼料用イネ-大麦-飼料用イネの2年3作体系において、1作目の飼料用イネの収穫は、本実証試験からも証明できたように8月下旬から9月上旬となるため、9月下旬頃に収穫になるコシヒカリと比較すれば約20日程度早く収穫することができた。そのため、大麦の作付けのための畑地化対策、つまり排水対策として重要な明渠や弾丸暗渠の設置などに十分な日数が確保できることから農作業的に有利と考えられる。また、大麦の播種適期は新潟県の場合10月上旬とされているため^{4,7)}、コシヒカリ収穫後の大麦播種ではその播種適期を逸しやすく、大麦の播種適期を確保する面でも、前作が飼料用イネは有利と判断される。

本実証試験では、現地への新系統の導入や耕起方法の検討、施肥方法について、飼料用イネ-大麦-飼料用イネの2年3作体系の中で検討したが、まず、現地に導入した北陸皮35号について考察してみる。北陸皮35号は、2年間の試験において、ミノリムギに比較して出穂期で2~3日、成熟期で3日早生であり、収量も2年間を通してミノリムギより多収であった。早生であることは、3作目の飼料用イネの播種や移植の時期が早められ3作目の作期を長くすることができるため、作付体系的には有利である。このように、多収で早生であるため魅力的な系統であったが、実需による精麦試験では、カッター後の砕けが多く、製品過程でのロスが多くなることが指摘された。このように、農業形質は優れたものがあつたが、品質面での問題点があつたため、残念ながら新品種への候補としては見送ることとなった。さらに新たな系統の開発を期待したい。

新潟県では、大麦の播種方法は、正転ロータリによる耕起後、背負い式動力散布機で播種する方法が作業的にも簡易で、新規に播種機などを購入する必要がないことから広く普及している。本方式よりもさらに作業性が高く、湿田でも対応できる耕起方法について検討するために、チゼルプラウなどによる耕起方法を検討した。初年目の2003年から2004年にかけては、チゼルでは砕土率が低く、出芽・苗立ちが悪くなり、結果として収量低下になった。チゼルより砕土率を上げるためにディスクによる砕土を加えたものは、出芽・苗立ちは高く、収量増となったが、作業的には工程数が増えるため農業現場では実用的でないと判断される。2年目の2004年から2005年については、チゼルは慣行の正転ロータリ耕起よりも出芽や収量は高かったが、逆転ロータリ耕起よりは低かった。チゼルによる耕起は2年間で一定した傾向がみられず、初年目に出芽・苗立ちが悪かった例があることから、やや安定性に欠けるものと判断された。

福井県においては、播種時の基肥に肥効調整型肥料を用いる技術が開発されているが³⁾、新潟県の場合、福井県より大麦の栽培期間が長いこと、また、積雪期間も長く積雪期間中の大麦による窒素成分の吸収は雪害などの発生を助長しやすいことなどから^{2,5)}、基肥への肥効調整型肥料の利用は

難しいものがある。一方で、春追肥については2から3回に分施して実施されている。そこで春追肥の省力化について検討したが、2年間3ヶ所での試験の結果、LP20を用いた場合には慣行並かそれ以上の収量を得ることができた。LP20は現在市販されていないが、他のLP30、LP40を用いた場合にも、同等程度の収量が得られていることから有望な施肥方法と判断された。なお、本誌第1部に掲載されている服部ら¹⁾ 試験でも同様な検討や品質面の試験も実施され研究成果としてまとめられており、今後の実用化に期待したい。

5. 摘要

飼料用イネ—大麦—飼料用イネの2年3作体系のうち2作目の大麦栽培について、作付体系の中でより安定的で省力的な生産方法を確立するために、大麦新系統の現地実証圃場への導入・評価、飼料用イネ後の重粘土壌での耕起方法の改良や省力的な施肥方法について検討した。

- 1) 大麦新系統の「北陸皮35号」は、「ミノリムギ」に比較して、早生で収量性も高かったが、精麦品質に難点があり、新品種候補としては見送ることになった。
- 2) 耕起法の改善として取り組んだチゼルプラウによる耕起は、出芽、苗立ち数がやや不安定であり、収量は高かったが稈長が長くなった。これらよりやや安定性に欠ける耕起方法と結論した。
- 3) 肥効調節型肥料による春追肥は、慣行の施肥体系にと比較して収量は同等以上となり、省力化の可能性が示された。

引用文献

- 1) 服部誠・佐藤徹・田村隆夫・市川岳史・田村良浩 (2011) 越冬後追肥が大麦「ファイバースノウ」の品質及び収量に与える影響. ファーミングシステム, 9, 32-37.
- 2) 国井輝男 (1980) 上川地方における秋播小麦冬損に関する研究 第3報 施肥量とくに基肥窒素の量と冬損について. 北農, 47 (7), 1-9.
- 3) 野上雅弘・小谷佳史・伊森博志・水澤靖弥・松田隆一・西端善丸 (2004) 肥効調節型肥料を用いた六条オオムギの環境にやさしい全量基肥施肥法. 研究成果情報 (平成16年度), 関東東海北陸・北陸・生産環境.
- 4) 種田貞義・金山洋・遠山義孝・鈴木 忠敬 (1985) 新潟県に於ける大麦越冬前の生育指標. 北陸作物学会報, 20, 17-18.
- 5) 富山宏 (1950) 小麦の栽培法と雪腐菌核病との関係. 特に播種期と肥料に就いて. 農及園, 25, 903-906.
- 6) 戸田正行・町田暢・三木昌平・中田猛・塚田晃久 (1969) 皮麦新品種「ミノリムギ」について. 長野県農業試験場報告, 35, 16-21.
- 7) 渡辺好昭・湯川智行・塩谷哲夫 (1988) 大麦の播種期と雪害. 北陸作物学会報, 23, 67-69.

(3) フレール型飼料イネ用ロールベアラによる収穫時の圃場内損失

Loss in Harvesting Forage Rice in Using Flail Type Rice Whole Crop Harvester

元林浩太・湯川智行^{*1)}・佐々木良治^{*2)}・小島 誠
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Kota Motobayashi, Tomoyuki Yukawa^{*1)}, Ryouji Sasaki^{*2)} and Makoto Kojima
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

発酵粗飼料用として栽培する飼料用イネの収穫作業体系は、トラクタ装着型の牧草収穫用機械を利用する大型機械体系と、飼料用イネのために開発された飼料イネ用ロールベアラ（以下、ロールベアラ）を用いる専用収穫機体系の2つに大別される^{3,4)}。このロールベアラはさらに、刈り取り部の形状の違いから、コンバイン型（T社等、図3-36）とフレール型（Y社等、図3-37）に分類される。これらはいずれもクローラ式の走行装置を有しており、走行性の面では重粘土壌で軟弱な水田が多い北陸地域に適している。また、フレール型の刈り取り部を有するロールベアラは、飼料用イネや麦だけでなく牧草やソルゴー等の収穫が可能であるとともに、圃場で予乾したワラの収集もできるが、一方で収穫時の圃場内損失が大きな問題となっている¹⁾。特に、収穫前に行う坪刈り調査（地際刈り）と実際の全刈り収量の間には大きな差があり、圃場からの回収率（収穫率）を改善して収量を向上させる余地は大きく残されている。



図3-36 コンバイン型飼料イネ用ロールベアラの例（T社WB-1000）



図3-37 フレール型飼料イネ用ロールベアラの例（S社JCB-1400）

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部、*2)近畿中国四国農業研究センター。

このような圃場内損失に影響を及ぼす主な要因としては、収穫ステージの違い、実際の刈り高さの高低、機械的な面での漏生籾・漏生ワラの発生が考えられている。そのため、生産現場における収穫物の回収効率（収穫率）を高めて実収量を少しでも向上させるためには、これらの関係を定量的に明らかにして適切な改善策を講じる必要がある。

本試験では、フレール型のロールベアラを基軸とする専用収穫機体系を営農現場に適用する際の、飼料用イネの収穫率向上に資する基礎的データを蓄積することを目的とする。ここでは、圃場内での生育のばらつきが比較的少ない移植栽培と、これに併せて対照区としての直播栽培も実施し、飼料用イネ収穫時のステージの違いと圃場内損失の関係を解明する。

2. 材料と方法

1) 供試圃場及び品種等

本試験は、北陸研究センター内 F162圃場（20a、移植）及びF165-N圃場（10a、直播）において実施し、供試品種は飼料用イネ専用品種「夢あおば（北陸187号）」とした。移植圃場では5月17日に乗用田植機（Y社RR60、6条植え、条間30cm）により移植を行い、株間18cmの標準区と株間12cmの密植区を設定した。出穂日は標準区で8月2日、密植区で8月1日であった。また直播圃場では5月17日に背負い式動力散布機（M社MDJ40G-23）により表面散播を行った。直播区の播種量は8kg/10aとし、出穂日は8月9日であった。

収穫試験には、フレール型のロールベアラ（Y社 YWH-1400A、機関出力42.7kW）、及びベールラップ（T社 SW-1010W、機関出力 9.6kW）を供試した。ロールベアラの作業時の梱包圧設定は「中」とし、ベールラップではストレッチフィルムの巻数を標準の4層巻とした。

収穫試験は、移植（標準）区では生育ステージを変えて約10日おきに6回実施した。すなわち、1回目は出穂直前の7月29日、2回目は8月11日（出穂後の積算温度252度）、3回目は糊熟期の8月20日（同475度）、4回目は黄熟期の8月30日（同725度）、5回目は成熟期の9月12日（同1034度）とし、さらに参考データとして9月24日（同1320度）にも試験を実施した。いっぽう、対照区となる移植（密植）区では黄熟期の8月30日～9月1日（同755～806度）、直播区では、糊熟期の8月26日（同411度）と、黄熟期の9月12日（同831度）に収穫試験を行った。

調査項目は、圃場内損失については頭部損失、走行時漏出、排塵損失、排出時損失、密封時損失、残存刈り株である（詳細は後述）。それぞれの損失の絶対量を調査するとともに、そのときの作物体地上部総量に対する比率を求めるために、収穫試験の都度、全刈り収量と坪刈り収量に関する調査を行った。すなわち全刈り収量については、ロールベアラの有効刈り取り幅、1ロールを成形するのに要する刈り取り距離、そのときのロールベール質量（生重）、含水率などを調査した。また坪刈り収量については、刈り取り面積 1.2㎡、反復数2とし、地際刈りによる作物体の地上部総量、含水率、TDN（可消化養分総量）等を調査した。

2) 圃場内損失の分類と調査方法

圃場内損失は、ロールベアラから飛散・落下する頭部損失等の機械的損失と、刈り残しとしての刈り株損失に大別される²⁾。機械的損失は、ロールベアラ前部の刈り取り部から圃場面に落下する頭部損失（ヘッドロス）、梱包済のロールベールを圃場又はベールラップ上に放出する際の排出時損失（排出ロス）、ベールラップ上で密封作業（ラッピング）を行う間に落ちる密封時損失（ラップロス）等に分類できる（図3-38）。また、ホールクローブサイレージとして収穫される飼料用イネは作

物体の地上部全てが収穫の対象となるため、刈り取り後に圃場に残存する刈り株も損失として考慮する必要がある。

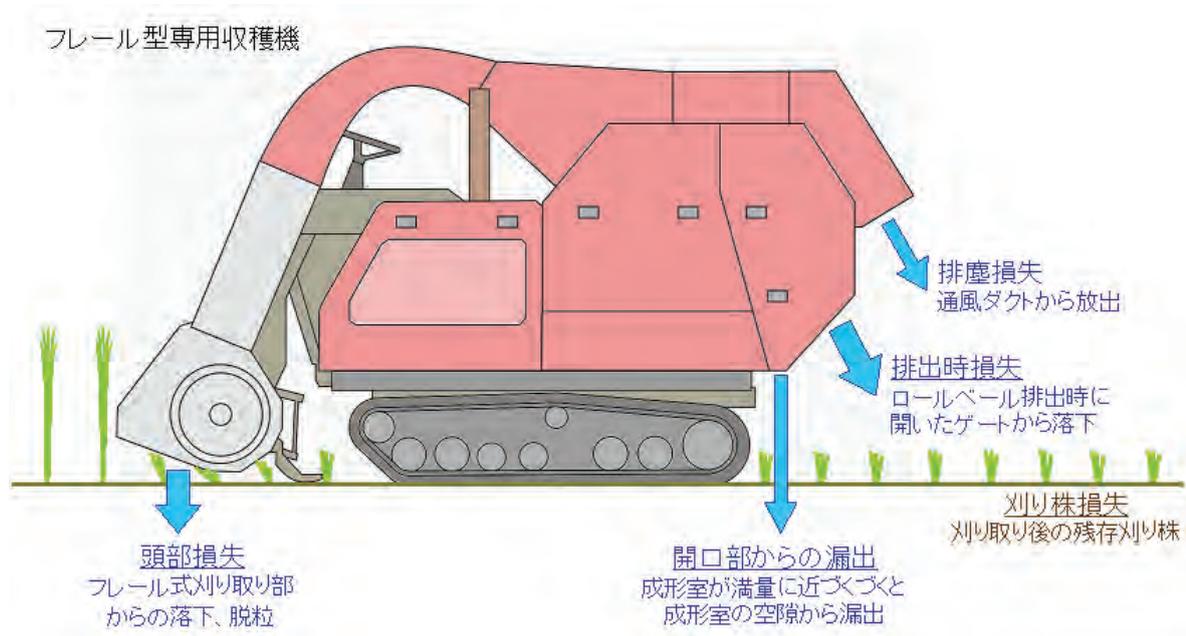


図3-38 フレール型飼料用イネ用ロールベアラによる圃場内損失の分類

(1) 頭部損失（ヘッドロス）

頭部損失は、ロールベアラが刈り取り作業を行った後の圃場面（図3-39）から回収する。具体的には、刈り取り前に圃場内で作物の密度や生育状態が平均的な場所を選定し、籾・ワラの回収を容易にするためにあらかじめ下草（細かな雑草）を除去するとともに、幅1.4m（ロールベアラの刈り幅）、長さ約1mに渡って立毛中の圃場面の条間・株間に砂を敷きつめる。その後にロールベアラで刈り取りを行うが、その際、ロールベアラは刈り取りが定常状態になった後に、調査区を一定の速度で通り抜けるようにする。そして、ロールベアラが通過した後に0.5m×0.5mのアルミ枠を置き、バキュームブロワ（R社 RESV-1510V、吸込仕事率175W、電源AC100V）を利用して枠内の籾・ワラをすべて採取する（図3-40）。採取物は、篩や箕を利用して籾・ワラと砂塵等を分別するとともに必要に応じて水洗を行って夾雑物を除去するが、この作業には時間を要する（1サンプル当たり1～2時間）ため現物重（生重）の測定は行わず、70℃で48時間以上乾燥してから乾物重を測定した。頭部損失の調査は、各回とも1調査点当たり2枠（クローラ部と非クローラ部）を採取し、これを概ね3反復実施した。



図3-39 刈り取り作業後に圃場に残る頭部損失（糊熟期）



図3-40 バキュームブロワを使った頭部損失回収作業

(2) 排塵損失（ダクトロス）

刈り取り作業時にロールベアラの梱包装置上部にある通風ダクトから放出される排塵を、専用の回収ネットを試作・装着して調査した。試作した回収ネットは金属枠に網目2.5mmのナイロン網を装着したもので、寸法は幅935mm、奥行き350mm、高さ（前側）115mm、（後側）270mm、容積は約0.063 m³である。通風ダクト吹き出し口側面に簡易レールを設置し、回収ネットは容易に着脱できる構造とした（図3-41）。排塵損失は、ロールベアラがロールベール1個を梱包・排出するたびに試作ネットから回収し、ただちに全重（生重）を測定した後、抽出した一部のサンプルを対象に生重と乾物重（70℃で48時間以上乾燥）を求めて乾物率を算出した。



図3-41 排塵損失回収のために試作した回収ネット

(3) 排出時損失（排出ロス）

排出時損失も、ロールベアラがロールベール1個を梱包・排出するたびにビニルシートで回収した。具体的には、圃場内や舗装した農道上でロールベアラの後方下部にあらかじめビニルシートを敷き、その上にロールベールを排出し（図3-42）、ベールラップで拾い上げる。この時にシート上に残った籾・ワラを、プラスチックコンテナに回収し、ただちに全重（生重）を測定した後、抽出し

た一部のサンプルを対象に生重と乾物重（70℃で48時間以上乾燥）を求めて乾物率を算出した。排出時の損失を実際に調査したところ、排出と同時に機体後部に落下する損失と、トワイン結束中に成形ロール隙間の開口部から機体下部に落下する損失（下部損失）に大別できた。そのため2回目（8/11）以降の調査ではこれらを区別して採取したが、本報では両者の合計を排出時損失とする。



図3-42 排出時損失の回収作業

(4) 密封時損失（ラップロス）

密封時損失は、ベールラップがロールベール1個を密封処理する間の損失として、ビニルシートを敷いて回収した。具体的には、圃場内や舗装した農道上にビニルシートを敷き、ロールベールを積み込んだベールラップは、この上に移動して（図3-43）ストレッチフィルムで密封作業を行う。この際、ベールラップのターンテーブル部はあらかじめビニルシートで覆い、落下した籾・ワラが機械内部に入り込まない様にする。密封作業終了後は、ベールラップをビニルシート外へ静かに移動し、ビニルシート上の籾・ワラをプラスチックコンテナに回収する。なお、密封時損失の回収量は他に比べて微量のため、この作業は出来るだけ無風のときに行った。回収物は採取後ただちに全量の生重を測定し、70℃で48時間以上乾燥してから乾物重を測定した。



図3-43 密封時損失の回収作業

(5) 刈り株損失

機械収穫での刈り高さは圃場の凹凸に応じて局所的に変動するため、ここでは機械収穫とは別に稲体のサンプリングを行って地上部の層別質量及び水分分布を調査した。具体的には、作物を地際で刈り取り、まず一株を層別調査用と部位別調査用に分割した。次に、層別調査用は下部から10cmごとに切断してそれぞれの生重を測定し、70℃で48時間以上乾燥した後にそれぞれの乾物重を測定した。この測定結果から層別の乾物重・含水率の分布を求め、任意の刈り高さ以下の値を残存刈り株量として算出した。また部位別調査用は、同じ株を茎・葉・籾に分けて同様に乾物重・含水率の分布を求めた。調査は各ステージとも4～6株をサンプリングし、それぞれの平均値を求めた。なお、稲体のサンプリングは他の損失の調査と同時に行うことが望ましいが、調査時間の都合からここではそれぞれの機械収穫の1～2日後に行った。

3) 収量の調査方法

坪刈り収量調査は、各ステージとも収穫ロス試験と同日又は翌日に、収穫ロス試験の区画の近傍各1～2点で地際刈りにより地上部総量の調査を行った。調査区は、移植区では4条×6株又は5条×5株、直播区では1m×1mとした。TDN(可消化養分総量)含量は乾物を粉砕した後に近赤外分析を行った。いっぽう全刈り収量は、刈り高さ約10cmとしてロールベアラで実際に刈り取り・梱包を行った際の実収量を調査することとし、ロールベアラのロール成形室が満量になるまでの有効刈り取り面積と、その時のロールベール現物重(各ステージ1～3個)から算出した。全刈り収量の現物重から乾物重への換算には、別途実施した10cmごとの層別水分調査の結果から、地上10cm以上部の平均乾物率の値を用いた。

3. 結果と考察

1) 坪刈り収量と全刈り収量

ステージごとの坪刈り収量及び全刈り収量の結果を(表3-76)に示す。移植(標準)区の坪刈り収量は、出穂期(1004.4DM-kg/10a)から増加して黄熟期に最大(1540.1DM-kg/10a)となりその後は徐々に低下した。全刈り収量も同様に、出穂期(619.2DM-kg/10a)から増大し黄熟期に最大(1183.4DM-kg/10a)となった。坪刈り乾物収量(地上部総量)に対する全刈り乾物収量の比で示される収穫率は、出穂期で61.7%、糊熟期で最大の78.2%となった。また、移植(密植)区及び直播区では、黄熟期にそれぞれ73.6%、58.4%となった。これらのうち直播区においては、全刈り収量の標準偏差に対する坪刈り収量の標準偏差の比が大きくなった(黄熟期で約2倍)。本試験では直播区は表面散播法を採ったため、局所的に栽植密度のばらつきがあったと考えられた。坪刈り収量に対する全刈り収量の比として表される収穫率は、糊熟期より早い時期の刈り取りでは低下し、さらに、移植(密植)や直播(表面散播)では移植(標準)より低くなる傾向を示した。すなわち、表面散播による直播よりは移植、移植密度は密よりは標準、収穫時期は黄熟期前後で最も良好な収穫率が得られた。またTDN含量は黄熟期で55.9%であり、このとき機械収穫による圃場内損失を差し引いたTDN収量は661.5kg/10aと算出された。

表3-76 坪刈り収量と全刈り収量の比較^(注1)

区 分	移植						直播		
	標準区						密植区	標準区	
調査月日	7/29	8/11	8/20	8/30	9/12	9/24	9/1	8/26	9/13
積算温度 (出穂後, °C)	-	252	476	726	1034	1320	800	412	832
ステージ	出穂直前		糊熟期	黄熟期	完熟期		黄熟期	糊熟期	黄熟期
【坪刈り収量】									
反収(生草) (kg/10a)	3921.5	3726.2	3768.2	3910.0	3018.5	3051.0	3249.2	4122.9	3588.3
乾物率 (%)	25.6	32.1	34.8	39.7	48.1	48.7	45.8	30.8	43.5
(DM-kg /10a)	1004.4	1193.8	1313.0	1540.1	1449.3	1485.3	1486.5	1269.9	1562.1
標準偏差	— ^(注2)	69.1	42.5	140.2	26.4	71.8	28.3	61.1	104.2
TDN 含量 (%)	57.1	56.4	57.7	55.9	63.1	61.0	60.8	55.9	56.4
【全刈り収量】									
刈り取り面積 (m ² /個)	92.4	77.9	65.7	64.7	79.2	79.0	78.9	75.7	83.1
ロール質量 (kg/個)	200.6	180.5	176.9	165.9	169.7	160.6	167.6	187.7	162.5
乾物率 (%)	28.5	32.5	38.1	46.2	52.0	50.5	51.5	39.1	46.6
(DM-kg /10a)	619.2	752.2	1027.4	1183.4	1114.4	1027.4	1094.0	970.1	912.4
標準偏差	140.9	90.7	91.2	97.2	197.7	213.6	67.7	88.6	51.9
収穫率 (DM-%)	61.7	63.0	78.2	76.8	76.9	69.2	73.6	76.4	58.4
標準偏差	14.0	7.6	6.9	6.3	13.6	14.4	4.6	7.0	3.3

注1) 坪刈り収量は地際刈り、全刈り収量は機械収穫での実際の収量、収穫率はその比である。刈り取り面積はロールベアラでロール1個の成形に要した面積である(成形室が満量になる前に早期排出した場合を除く)。また、9/24の結果は参考値である。

注2) 7/29の坪刈り反収は、反復無しのため標準偏差は求められなかった。

2) 圃場内損失

(1) 頭部損失

ロールベアラ走行後の圃場面から回収した損失の乾物重を単位面積当たりに換算した結果を、(表3-77)に示す。移植区で損失が最も少ないのは出穂期で59.2DM-kg/10a、その後ステージが進むにつれて多くなり完熟期には520.2DM-kg/10aとなった。なお本試験では糊熟期(8/20)の値のみがその前後の値と比較して著しく小さい結果となったが、その原因は明らかではない。地上部総量(表3-76)に対する比は、黄熟期(坪刈り1540.1DM-kg/10a)に最大の26.6%となる。

また、クローラ部と非クローラ部(トレッド内)の比較では、両者の間に有意な差は認められなかった。すなわち、供試機ではフレール型刈り取り機構は刈り幅1400mmに対して、左右のクローラ中心距離が930mm、クローラ接地幅が各400mmであることから、走行装置の接地部は完全に刈り幅内に位置しており(全面刈り)、さらにフレール部とクローラ先端部の前後間隔も充分である(約600mm)ため、頭部損失の量には影響しないと考えられる。調査結果がクローラ部と非クローラ部で若干異なるのは、(1)クローラ部での踏圧による埋没、(2)ロール成形室の隙間からの不均一な穀粒の漏出、(3)ステージの進行にともなう作物体の靱・ワラ比の変化などが考えられる。

表3-77 機械的損失の調査結果

区 分	移植						直播			
	標準区						密植区	標準区		
	調査月日 ステージ	7/29 出穂直前	8/11 糊熟期	8/20 黄熟期	8/30 黄熟期	9/12 完熟期	9/24	9/1 黄熟期	8/26 糊熟期	9/13 黄熟期
頭部損失										
トレッド内 (DM-kg /10a)	25.7	102.8	48.7	398.1	524.7	660.7	266.6	85.0	304.6	
クローラ部 (DM-kg /10a)	92.6	184.4	72.0	419.6	515.8	485.2	232.5	192.2	245.4	
平均値 (DM-kg /10a)	59.2	143.6	60.4	408.9	520.2	572.9	247.9	122.2	265.1	
排塵損失										
乾物重 (DM-g /個)	121.3	318.6	352.0	437.5	601.8	655.8	590.2	225.1	465.5	
乾物率 (%)	59.8	42.7	44.0	48.4	61.1	68.8	69.4	36.7	62.7	
面積換算 (DM-kg /10a)	1.31	4.14	5.36	6.76	7.60	8.31	7.48	2.98	5.60	
排出時損失										
乾物重 (DM-g /個)	975.7	3892.2	2638.2	2669.3	3165.1	3917.7	3562.7	2354.0	2960.4	
乾物率 (%)	28.4	41.8	44.3	56.1	57.4	57.5	65.5	37.0	53.9	
面積換算 (DM-kg /10a)	10.56	49.96	40.15	41.23	39.96	49.62	45.15	31.11	35.65	
密封時損失										
乾物重 (DM-g /個)	22.6	14.0	17.3	20.2	10.7	45.6	24.9	23.1	18.9	
乾物率 (%)	70.3	86.2	79.4	84.9	83.4	75.6	82.7	68.5	78.6	
面積換算 (DM-kg /10a)	0.24	0.18	0.26	0.31	0.14	0.58	0.32	0.30	0.23	
合計 (DM-kg /10a)	71.3	197.8	106.1	457.2	567.9	631.4	300.8	156.6	306.6	

注) 頭部損失は単位面積当たりの質量, その他はロールバール1個当たりの質量を調査した。
また, 9/24の結果は参考値である。

(2) 排塵損失

排塵損失はステージの進行とともに増加した。また、ロールバール1個当たりの損失量は200～1000g程度あるものの、刈り取り面積で除した単位面積当たり損失量は、最も多い完熟期でも7.60DM-kg/10aであった(表3-77)。排塵損失は原草に対して乾物率が高いものの、乾物重では全体に占める割合は低い結果となった。

(3) 排出時損失

ロールバール1個当たりで測定した排出時損失を単位面積当たりの値に換算した結果、出穂期では10DM-kg/10a程度であったが、その後は40～50DM-kg/10aの範囲で推移した(表3-77)。すなわち、排出ゲート解放時に落下する排出時損失は、出穂期を過ぎた後は大きく変動せずに推移した。排出時損失が、成形室においてロールバールが梱包される際に一緒に巻き込まれずに空隙に残る刎・ワラであるとするれば、出穂期以降はこの空隙が飽和状態となり損失量がほぼ一定量になったと考えることができる。坪刈り収量に対する排出時損失の比は、2回目試験(8/11)の4.2%から徐々に減少した。このことは、出穂期以降は排出1回当たりの損失量が一定量である一方、ステージの進行に伴い反収が増大し、ロールバール1個の生成に要する面積が少なくなったことと一致する。

(4) 密封時損失

密封時損失はロールベール1個当たり現物で16~60g/個程度であり、単位面積当たりの乾物重に換算しても0.14~0.60DM-kg/10aであった(表3-77)。刈り取り量に対する密封時損失の割合は最大でも0.04%以下であり、他の損失と比較しても著しく微量であった。移植区も直播区と同様の結果とり、ロールベール梱包後の密封時損失については栽培方法による影響はないと考えられた。

また、全試験を通して密封時損失の乾物率は他の損失と比較して著しく高かった。このことは、一般に密封直前のロールベールの乾物率が立毛時より高いことと一致する。その理由として、ロールベールの刈取り部で破砕され、梱包部で圧縮されることと、排出後にベールラップで密封作業を行うまでの経過時間等により、収穫物からの水分の蒸発が進んだものと考えられることができる。

3) 残存刈り株による損失

調査した層別及び部位別の乾物重の分布と含水率の分布を、それぞれ(表3-78)と(表3-79)に示す。いずれも調査対象株を層別と部位別に分割して測定に供したため、本表ではその分割比に応じて数値を一株当たりに換算して示した。

表3-78 層別及び部位別の乾物重調査の結果

区 分	移植						直播			
	標準区						密植区		標準区	
調査月日	7/30	8/12	8/21	9/1	9/13	9/26	8/21	9/2	8/27	9/13
ステージ	出穂直前		糊熟期		完熟期		糊熟期		黄熟期	
層別調査(DM-g/株)										
0~10cm	9.08	8.49	5.86	6.51	7.74	10.55	4.35	4.10	1.91	1.97
10~20cm	7.38	7.79	5.34	5.70	7.08	8.66	4.25	3.76	1.54	1.70
20~30cm	6.58	7.33	4.97	5.34	6.32	7.29	3.87	3.46	1.52	1.55
30~40cm	6.64	6.69	4.80	5.22	5.80	6.29	3.35	3.34	1.36	1.44
40~50cm	6.82	6.51	4.82	5.10	5.49	5.99	3.03	3.11	1.32	1.29
50~60cm	6.61	5.90	4.31	4.78	4.76	5.50	2.67	2.61	1.16	1.21
60~70cm	4.73	5.16	4.46	5.32	4.88	5.36	4.58	3.14	0.94	1.10
70~80cm	3.00	5.77	7.60	15.07	14.56	12.89	12.09	12.25	1.45	2.20
80~90cm	2.20	10.04	14.37	22.65	26.77	28.10	6.46	15.94	4.52	5.69
90cm~	0.00	12.38	16.85	15.36	13.13	9.55	0.00	4.12	4.95	4.46
合計	53.04	76.06	73.40	91.06	96.54	100.18	44.66	55.81	20.67	22.61
部位別調査(DM-g/株)										
茎部	26.60	40.43	27.59	28.93	34.94	42.20	18.20	17.47	9.31	7.63
葉部	15.87	17.31	12.47	11.78	11.03	10.30	6.63	7.91	5.11	2.76
穂部	10.57	18.32	33.34	50.34	50.57	47.67	19.82	30.43	6.25	12.22
合計	53.04	76.06	73.40	91.06	96.54	100.18	44.66	55.81	20.67	22.61

注) 各回の調査は基本的に収穫試験の翌日に、状態の比較的良好な株を選んで実施した。移植区では、各回とも5~6株を用い、1株を分割して層別調査と部位別調査を行った。直播区では、層別調査及び部位別調査に各5株程度を用いた。

表3-79 層別及び部位別の水分調査の結果

区 分	移植						密植区		直播	
	標準区						密植区		標準区	
調査月日	7/30	8/12	8/21	9/1	9/13	9/26	8/21	9/2	8/27	9/13
ステージ	出穂 直前		糊熟期	黄熟期	完熟期		糊熟期	黄熟期	糊熟期	黄熟期
層別調査(%)										
0~10cm	76.00	76.55	79.86	76.44	71.90	77.23	71.10	78.34	77.46	67.79
10~20cm	74.87	74.27	76.73	73.58	66.92	68.61	68.39	73.24	74.96	69.43
20~30cm	74.38	73.16	75.02	71.48	65.98	64.83	67.27	72.37	73.85	69.33
30~40cm	74.40	72.23	72.98	69.59	65.17	65.34	66.48	69.96	71.80	68.41
40~50cm	72.74	71.21	71.20	67.92	65.28	65.02	67.30	68.82	70.32	67.68
50~60cm	68.13	70.28	69.83	66.51	64.12	63.56	63.57	65.91	68.86	66.53
60~70cm	66.02	68.60	65.50	59.91	57.79	57.47	53.73	58.49	65.80	63.25
70~80cm	63.43	63.84	55.14	41.47	33.65	33.93	41.58	36.99	56.86	46.21
80~90cm	58.81	58.17	46.57	33.28	23.43	19.56	35.59	30.93	46.86	31.49
90cm~	0.00	55.22	40.99	31.48	20.59	18.48	0.00	30.04	41.09	26.83
合計	72.38	68.88	64.39	56.78	51.31	55.23	58.48	57.13	63.38	55.12
部位別水分(%)										
茎部	75.44	73.05	75.52	73.84	68.44	69.92	68.47	72.63	71.59	71.45
葉部	68.31	66.80	64.81	59.92	56.89	58.82	62.07	66.85	56.19	60.36
穂部	68.61	56.61	42.47	28.77	18.43	18.42	38.74	28.38	47.95	26.80
合計	72.38	68.88	64.39	56.78	51.31	55.23	58.48	57.13	63.38	55.12

注) 9/26の結果は参考値である。

これらの結果から層別の乾物重の分布を求めたところ、刈り高さを10cmと想定した場合の残存刈り株量は(表3-80)のように算出された。すなわち、移植(標準)区で黄熟期には1株当たりの残存刈り株の乾物重は6.51DM-g/株となり、地上部総量が91.06DM-g/株であることから損失は7.2%と算出される。このとき、株密度が18.5株/m²であることから、単位面積当たりの刈り株損失は120.6DM-kg/10aとなる。また、収穫ステージによる変動は、ステージが進むにつれて地上部総量が大きくなるため、刈り株による損失は出穂期(17.1%)から黄熟期(7.2%)へと低下し、その後は微増する傾向を示した。また、刈り高さを変えたときの刈り株損失率の変動を(図3-44)に示す。例えば刈り高さを30cmとした場合、損失率の最も低い黄熟期でも約20%(直播区では20%以上)が刈り株として圃場に残存することになる。刈り株損失を低減して実収量を向上するためには、刈り高さを少しでも低くする必要があるが、極端な低刈りではロールバールへの土やゴミの混入、含水率の高い株元を多く取り込むこと等により、サイレージの品質低下を招くことになる。特に軟弱な土壌条件では、実収量とサイレージ品質の2つの視点から適切な刈り高さを決定する必要がある。

一方、移植と直播の比較では、直播区が散播のため1株当たりの乾物重は移植と比較して少なくなり、刈り株の損失率は移植区よりやや高めになった。この原因として草丈の違いが挙げられる。すなわち、黄熟期における移植区と直播区の草丈はそれぞれ116.2cm、102.2cmであり、刈り高さ一定の条件下では草丈が低いほど損失率は高くなる。

表3-80 刈り株損失の調査結果

区 分	移植						直播		
	標準区					密植区	標準区		
調査月日	7/30	8/12	8/21	9/1	9/13	9/26	9/2	8/27	9/13
ステージ	出穂直前		糊熟期	黄熟期	完熟期		黄熟期	糊熟期	黄熟期
株全体(地上部総量)									
乾物重 (DM-g/株)	53.04	76.06	73.40	91.06	96.54	100.18	55.81	20.67	22.61
含水率 (%)	72.4	68.9	64.4	56.8	51.3	55.2	57.1	63.4	55.1
刈り株(刈り高さ 10cm)									
乾物重 (DM-g/株)	9.08	8.49	5.86	6.51	7.74	10.55	4.10	1.91	1.97
含水率 (%)	76.0	76.6	79.9	74.4	71.9	77.2	78.3	77.5	67.8
損失 (%)	17.1	11.2	8.0	7.2	8.0	10.5	7.4	9.23	8.71
株密度 (株/m ²)	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	27.7	61.4	68.7
面積換算 (DM-kg/10a)	168.1	157.3	108.6	120.6	143.4	195.3	113.9	117.0	135.3

注) 刈り株は刈り高さ10cmと仮定した時の値。残存率は株全体(地上部総量)に対する刈り株の乾物重の比である。

直播区の株密度は散播のため均一ではなく、調査回ごとに変動がある。また、9/26の結果は参考値である。

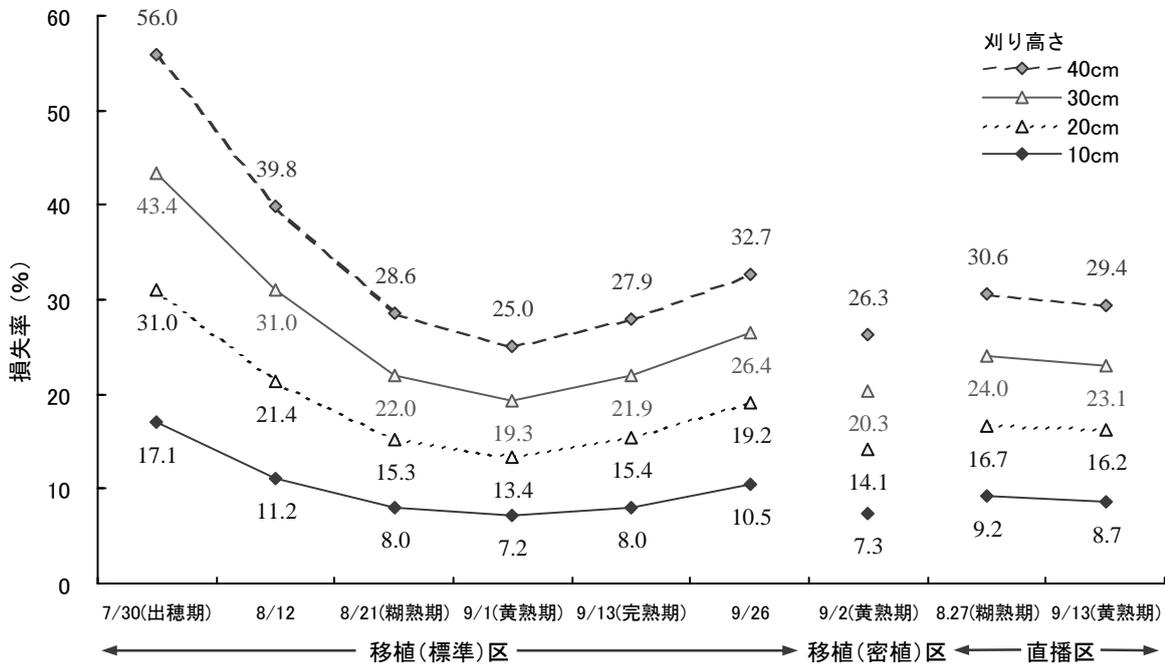


図3-44 残存刈り株による損失

4) 圃場内損失の構成比

以上から得られた結果を、単位面積当たりの乾物重に換算して整理したのが(表3-81)である。排塵、排出時、密封時の各損失はロールベール1個あたりの値であるため、刈り取り面積、収量、ロールベール質量等から単位面積当たりの値に換算した。また、作物体の地上部総量については、坪刈り調査及び層別調査の結果を併記した。これらうち、坪刈り調査は移植区では24(4条×6株)又は25株(5条×5株)、直播区では1㎡(1m×1m)のサンプリングの結果であるのに対し、株調査は層別調査(表3-78)から得られた1株当たりの質量である。この株調査では比較的良好な5株程度をサンプリングしたため、結果は坪刈り調査より高い傾向を示した。ただし、直播区については単位面積当たりの株数を求める際に坪刈り収量を基準としたため、坪刈り調査と株調査では差がない。

表3-81 地上部総量と全刈り収量及び損失構成要素

(単位:特記以外DM-kg/10a)

区 分	移植						直播		
	標準区						密植区	標準区	
調査月日	7/29	8/11	8/20	8/30	9/12	9/24	9/1	8/26	9/13
ステージ	出穂直前		糊熟期		黄熟期		完熟期	黄熟期	糊熟期 黄熟期
地上部総量(反収)									
坪刈り調査による値	1004.4	1193.8	1313.0	1540.1	1449.3	1485.3	1486.5	1269.9	1562.1
株調査による値	982.2	1408.5	1359.3	1686.3	1787.8	1855.1	1550.4	(1269.9)	(1562.1)
構成要素別積算値	858.7	1107.1	1242.0	1761.2	1825.6	1854.3	1508.7	1243.9	1354.3
内訳合計(%)	85.5	92.7	94.6	114.4	126.0	124.8	101.5	98.0	86.7
実収量(全刈り)	619.2	752.1	1027.3	1183.4	1114.4	1027.5	1094.0	970.1	912.4
収穫率(%)	61.7	63.0	78.2	76.8	76.9	69.2	73.6	76.4	58.4
機械的損失	71.3	197.8	106.1	457.2	567.9	631.4	300.8	156.6	306.6
損失率(%)	7.1	16.6	8.1	29.7	39.2	42.5	20.2	12.3	19.6
頭部損失	59.2	143.6	60.4	408.9	520.2	572.9	247.9	122.2	265.1
排出時損失	10.6	50.0	40.2	41.2	40.0	49.6	45.2	31.1	35.7
排塵損失	1.3	4.1	5.4	6.8	7.6	8.3	7.5	3.0	5.6
密封時損失	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.6	0.3	0.3	0.2
刈り株損失	168.2	157.2	108.5	120.6	143.3	195.4	113.9	117.2	135.3
損失率(%)	16.7	13.2	8.3	7.8	9.9	13.2	7.7	9.2	8.7

注) 坪刈り調査は、移植区では24~25株、直播区では1㎡で実施した。層別調査は、各回とも平均的な10株程度をサンプリングし、直播区の単位面積当たり株数は坪刈り調査を基準に算出した。また、9/24の結果は参考値。

移植(標準)区、移植(密植)区、直播区のすべてについて、損失の構成要素の積算値と地上部乾物重の比較を示したのが(図3-45)である。移植・直播のいずれも、ステージが進むにつれて地上部総量は緩やかに増大したが、実収量は糊熟期をピークにその後はやや減少した。坪刈り収量に対する実収量の構成比(収穫率)も同様の傾向となり、直播区では黄熟期に58.4%まで低下した。機械的損失のなかでは、頭部損失の占める割合が最も高くステージの進行とともに59DM-kg/10aから572DM-kg/10aへと大きく変動したが、得られたデータは一樣な傾向は示さなかった。排出時損失はステージ間で大きくは変動せず、出穂期以降の移植区では40~50DM-kg/10aとなり、直播区でやや低めの30~35DM-kg/10aの結果となった。排塵損失と密封時損失は著しく微量であった。

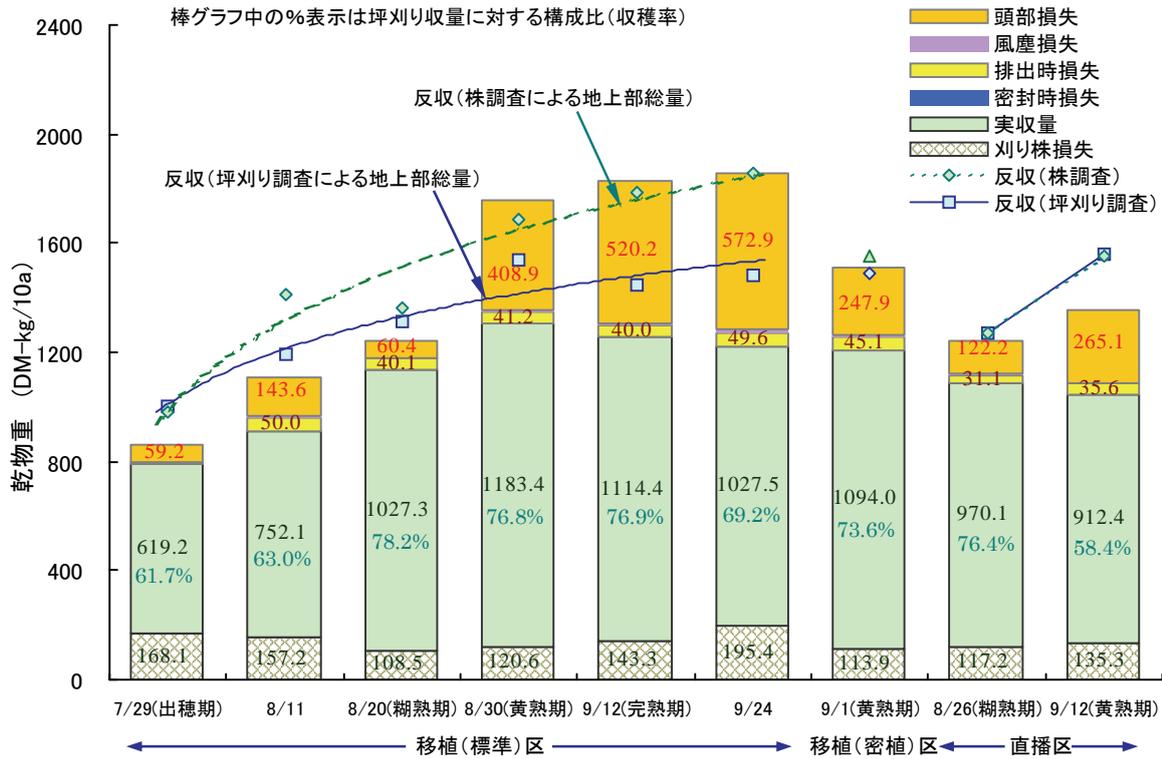


図3-45 地上部総量と収穫物及び損失構成要素の乾物重

また一部の結果を除き、実収量と損失構成要素の積算値は坪刈り収量より低い結果となった。これは本試験では損失構成要素の一部を回収しきれなかったことを示しており、走行中のロールベアラのロール成形室から波動的に落下して局部的に堆積する走行中漏出（後述）が、この原因として考えられる。これとは逆に、移植（標準）区では黄熟期以降に積算値が坪刈り収量を上まわる結果となった。その原因として、生育の局所的なばらつきから坪刈り収量が偶発的に少なかったこと、もしくは損失回収物が偶発的に多かったこと等が考えられる。また、8月下旬以降には強風の影響（例えば9/7、瞬間最大風速33.7m/s）も多かったため、立毛中の脱粒も要因として考えられるが、これらの要因の関係は未解明であり詳細な検討は今後の課題である。

5) 走行中の漏出に関する問題

頭部損失や排出時損失等の調査では測定結果にばらつきが見られたが、その原因として走行時漏出が考えられる。すなわち、本試験では成形室内での穀粒詰まりを防止するために圧縮ローラ外側のパネル（幅850mm×長さ200mm）1枚を取り外して試験を行った。収穫作業時にはその空隙から籾・ワラが断続的に漏出して、圃場面に不特定な密度で堆積した。頭部損失のサンプリングに当たってはこのような堆積のない場所を選定したが、調査結果への影響が完全に排除されたとはいえない。そこで、収穫作業中の漏出量に関して調査を行った。調査方法は、空隙の下に漏出物誘導パネルを取り付け、さらに機体に吊り下げる様にビニルシートを貼付してロールベール1個を生成するまでの走行中の漏出物を回収するとともに、ゲート解放時にロールベールと共に落下する排出時損失を回収して計量した。

走行中漏出の試験は直播圃場（F165-N）において黄熟期に当たる9/16に実施し、直線1行程（約100m）から2個のロールベールを生成した。測定結果を（表3-82）に示す。表中のNo. 1はロールベールのロール成形室が満量になった後に梱包・排出した正常ロールベールであり、No. 2は満量になる前に梱包・排出したものである。これらを比較すると、走行中漏出と排出時損失の比率は異なるものの、その合計値のロールベール質量に対する比（対ロール比）はいずれも約19%となった。すなわち、ロール成形室から落下する走行中漏出と排出時損失の合計は、実収量に対して一定の割合になったことを示しており、ロール成形室に送り込まれた籾・ワラの約84%がロールベールとして梱包され、残る約16%が成形室空隙からの漏出もしくはロールベール排出時の損失として圃場面に落下したと考えられる。しかし、対ロール比19%に占める走行中漏出と排出時損失の構成比は、2回の試験で異なる傾向を示した。すなわち、ロール成形室満量時（No. 1）は走行中漏出が排出時損失より多いのに対し、非満量時（No. 2）は逆の結果となった。これは、非満量時は空隙からの漏出が少なくゲート解放時に多く落下するのに対し、ロール成形室が満量に近づくにつれて室内の圧力が高まり空隙からの漏出が増えたものと考えられる。ただし、走行中漏出に関する反復試験や収穫期移動試験はここでは十分に実施できなかったため、今後の検討が必要である。

表3-82 走行中漏出の調査結果

ロールベール番号		No.1	No.2
調査月日		9/16	9/16
刈り取り面積	(m ² /個)	82.3	57.4
ロール質量	(kg/個)	162.6	113.0
実収量(現物重)	(kg/10a)	1975.2	1968.6
走行中漏出(現物重)	(kg/個)	24.2	2.2
" 乾物率	(%)	58.8	64.9
排出時損失(現物重)	(kg/個)	6.7	19.4
" 乾物率	(%)	53.1	63.1
落下物合計(現物重)	(kg/個)	30.8	21.6
面積換算(現物重)	(kg/10a)	374.4	376.0
" (乾物重)	(DM-kg/10a)	215.5	237.8
対ロール比(現物重)	(%)	19.0	19.1

注) No. 2はロール成形室が満量になる前に梱包・排出。

対ロール比は、落下物合計のロールベールに対する比。

4. 摘要

フレール型の飼料イネ用ロールベールは、刈り取り部で稲体を細断しながら収穫・梱包するため発酵品質に優れる利点もあるが、収穫時の圃場内損失も多いとされている。特に、地際刈りによる坪刈り収量と機械刈りの実収量（全刈り収量）の間には大きな差があり、生産現場ではこれらの関係の解明が強く求められている。ここでは飼料用イネ専用品種「夢あおば」を供試し、生育ステージ毎の圃場内損失の構成比率を調査した。その結果、地上部乾物総量に対する圃場内損失の比率は出穂期の38%から徐々に低下し、糊熟期以降は22～24%となった。また損失の内訳では、刈り取り部からの頭部損失が最も多く、次いで圃場内の残存刈り株としての損失、排出時損失となり、風塵損失や密封時損失は微量であった。これらのうち刈り株損失は、糊熟期以降は7～8%であるが、出

穂期では17%となり、早刈りほど損失が多くなることが明らかになった。

引用文献

- 1) 元林浩太・湯川智行・米村 健・佐々木良治・高畑良雄 (2005) フレールモア型収穫機による飼料イネの圃場内損失. 農作業研究 40(別1), 13-14.
- 2) 農作業試験法編集委員会編 (1987) 収穫作業①稲・麦. 農作業試験法, 農業技術協会, 76-83.
- 3) 浦川修司 (2004) 飼料イネ収穫・運搬の機械体系. 畜産の研究 58(9), 952-956.
- 4) 全国飼料増産行動会議 (2006) 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 25-27.

(4) 専用収穫機体系のための飼料用イネ収穫作業シミュレーション

Simulation of Harvesting and Ensiling Forage Rice using
a Rice Whole Crop Harvester and a Bale Wrapper

元林浩太・湯川智行^{*1)}・佐々木良治^{*2)}
(中央農業総合研究センター 北陸研究センター)

Kota Motobayashi, Tomoyuki Yukawa^{*1)} and Ryouji Sasaki^{*2)}
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

良質な国産粗飼料の確保への要求と、水田機能を維持できる転作作物としての利便性から、水稻の子実を茎葉とともに収穫・調製する稲発酵粗飼料（イネホールクロップサイレージ）の生産機運が高まっており、専用品種の育成²⁾や、省力・低コストな栽培方法の確立¹⁾、さらにはダイレクト収穫が可能な専用の収穫機や調製技術の開発^{4,7)}等を背景に、技術の確立と生産現場への普及・定着が推進されている。

稲発酵粗飼料用水稻（飼料用イネ）の栽培には一般水稻の栽培技術が適用できるが、収穫・調製には水田でのホールクロップ収穫という新しい作業技術体系が求められる。近年開発された専用収穫機体系は、ゴムクローラ式の走行部を持つ飼料用イネ用ロールベアラと自走式ベールラップを組み合わせたもので、トラクタ直装型の牧草収穫機体系と比較して圃場内損失が少なく、さらに地耐力の低い軟弱な水田でも安定的に作業ができるなど有利な面が多い⁸⁾。しかし一方で、飼料用イネの収量は茎葉部も含めて現物で3～4 t/10a⁶⁾となり、穀実のみを収穫する食用イネの5倍以上となることに加え、また飼料用イネ用ロールベアラは牧草収穫機と比較して作業幅や作業速度の面で劣るため、総作業時間は1 ha当たり5～6時間を要している。また、飼料用イネは転作作物として栽培されることが多く、主作目である食用イネや麦・大豆等の他作目との作業競合を回避・低減する要求は極めて高い。飼料用イネ収穫・調製時の作業能率に関する既往研究としては、作業能率の測定や効率的作業方法の検討^{3,5)}が行われているが、作業能率の更なる向上が求められている。

飼料用イネの収穫・調製作業は複数の作業機の組作業となり、作業体系が複雑になりがちである。このため、能率向上のためには作業機相互の連携条件の検討が不可欠であるが、特に専用収穫機体系では従来にない作業機を用いるため、組作業としての効率的な運用方法はまだ定着しておらず、その改善が求められている。

これらの問題を解決して作業全体の効率化を図るためには、収穫シミュレーションモデルの作成とそれによる解析が有効である。本報では、飼料用イネ用ロールベアラ（以下、ロールベアラ）が圃場内で刈り取りを行う傍ら、自走式ベールラップ（以下、ベールラップ）が圃場内もしくは圃場に隣接した農道上で密封作業を行う作業体系を対象とし、各作業機の作業内容と作業時間を調査した。

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部、*2)近畿中国四国農業研究センター。

そして、この調査値を適用して簡易な収穫シミュレーションモデルを構築し、組作業の方法と作業能率向上の可能性について検討した。

2. 材料と方法

1) 圃場試験による実作業時間の測定

シミュレーションモデルに適用する具体的なデータを得るために、実際の収穫・調製作業の各作業時間を測定した。作業時間は、実際の営農現場における収穫・調製作業をビデオカメラで撮影した後、個々の作業工程ごとの所要時間を秒単位で解析・集計した。

供試圃場は、新潟県上越市にある農道ターン方式の大区画圃場で、収穫面積は81a (123m×66m)である。また作付品種は「クサユタカ」で、平成15年5月9日に背負い式動力散布機で湛水直播したものである。収穫・調製作業は、ほぼ糊熟期にあたる9月4日に、フレール型のロールベアラ(Y社 YWH-1400A、機関出力42.7kW)とベールラップ(T社 SW-1010W、機関出力9.6kW)で行った。

2) シミュレーションモデルの構築

収穫シミュレーションモデルは、表計算ワークシート(Excel 2000)とそのマクロプログラムにより構築した。モデルは、刈り取り時の作業経路等の空間的解析を行う作業経路シミュレーションと、作業能率等の時間的解析を行う作業時間シミュレーションで構成されるものとし、実作業の作業時間解析から得られた具体的な数値を活用することとした(図3-46)。また、シミュレーションの対象は矩形圃場、刈り取り経路は直線のみとし、飼料用イネの一般的な収穫作業を想定して、外周からの回り刈り、往復刈り及びそれらの組み合わせに限定し、往復刈りは、回り刈りの短辺を省略する2方向刈りと、圃場の片側から順次刈り取っていく片方向刈りの2種から選択可能とした(図3-47)。モデルの構築及び解析に供試したパソコンは、OS:Windows 2000、CPU:PentiumIV-1.5GHz、RAM:512MB、HDD:80GBであるが、より計算速度の遅いパソコンでも利用可能である。

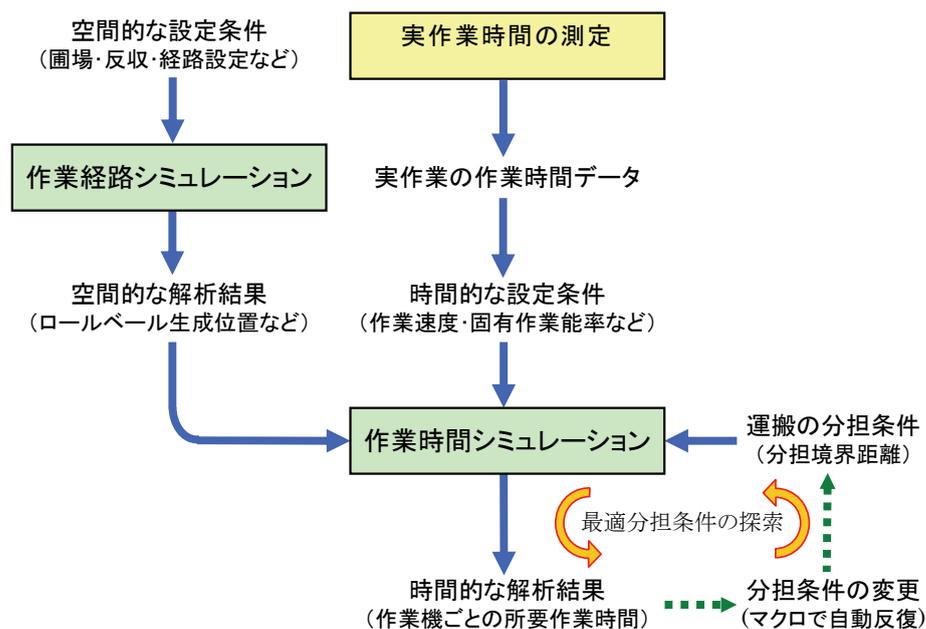


図3-46 シミュレーションモデルの構成

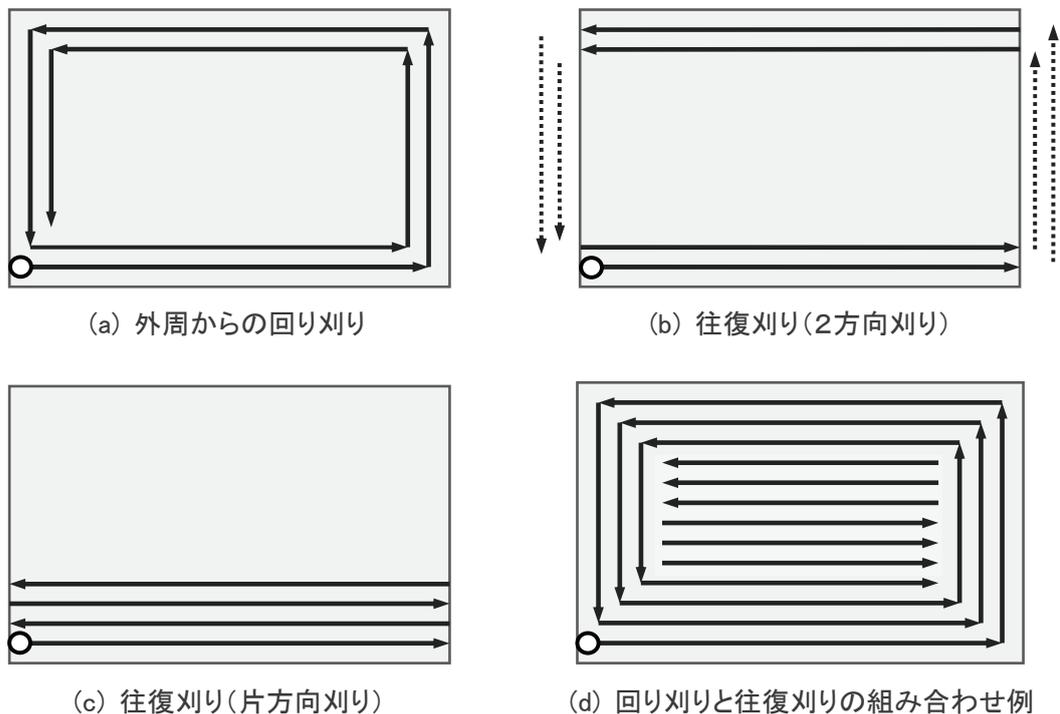


図3-47 設定可能な刈り取り経路

3) シミュレーションの方法

飼料用イネ収穫・調製時の圃場内作業時間がロールベアラの作業経路やロールベール運搬の作業分担によって大きく変動することに着目し、組作業の連携条件と圃場内作業全体の作業能率について検討した。作業体系は、ロールベアラとベールラップ各1台とし、両機が同時に並行して圃場内作業を行うことを前提とした。

シミュレーションでは、まず作業経路シミュレーションにより、圃場の大きさや作物の生育量と刈り取り経路に応じたロールベール生成位置を算出する。ここでロールベール生成位置とは、ロールベアラが刈り取り作業を行ってロールベール1個が成形完了する位置である。次に作業時間シミュレーションにより、圃場内作業開始から、全てのロールベールが密封されて片側の農道上に集積されるまでの全体の作業時間を求める。ロールベアラによって成形されたロールベールは、ロールベアラとベールラップのいずれでも運搬可能である。従って、生成位置でロールベアラから放出された後にベールラップに拾い上げられて運搬・密封されるか、またはロールベアラで直接農道まで運搬されて放出された後にベールラップで密封されるかの別を分担条件とし、与えられた分担条件のもとでの両機の所要作業時間を算出するものとした。さらに、全体の作業時間を最短にする分担条件を最適分担条件と定義し、分担条件を順次変更しながら反復演算を行って最適分担条件を探索するマクロを作成した。

3. 結果と考察

1) 実作業の作業時間

作業時間を測定した圃場は、両短辺が農道ターン方式となっており、圃場内で刈り取り・成形されたロールベールは両側の短辺のうち近い側の農道に搬出された。なお、後述するシミュレーショ

ンでは、ロールベールを一方の短辺のみに搬出することを想定した。収穫面積81aから計61個のロールベールが生成され、ロールベアラで10個、ベールラップで51個のロールベールを農道に搬出した。このときのロールベール運搬の分担は生成位置と特に無関係であり、この点も生成位置に応じて分担条件を決定する作業時間シミュレーション（後述）とは異なる。ロールベールの平均質量は181kg/個、現物収量は11,040kg（水分61%）であり、単位面積当たりの乾物収量は528kg/10aとなった。

作業時間の測定結果を（表3-83）に示す。ロールベアラは306分の作業時間で61個のロールベールを処理し、刈り取り時間は132分、成形・トワイン結束・排出時間は27分であった。どちらの作業機でも可能な運搬を除いた、刈り取り・成形・トワイン結束・排出をここではロールベアラの固有作業と定義し、その能率を固有作業能率とするとロールベアラの固有作業能率は2.61分/個と算出される。一方、ベールラップについては、ロールベールの密封作業に56分、密封のための拾い上げに47分、荷降ろしに41分を要した。拾い上げ・密封・荷降ろしをベールラップの固有作業と定義すると、ベールラップの固有作業能率は2.36分/個と算出される。なお、ベールラップはロールベールを拾い上げた後、移動しながら密封作業を行うことも可能であるが、地耐力が低い軟弱な水田では走行安定性の問題が生じるため、本試験では密封作業はすべて静止状態で行った。

以上から、移動や運搬を除いた両機の固有作業能率は、ベールラップの方がやや高いことが明らかとなった。従って、組作業としての全体の作業能率を向上させるためには、移動距離と待機時間を最小化しながら運搬作業の分担を効率的に最適化することが必要である。

表3-83 実測データによる実作業時間測定の結果

(a) ロールベアラ

作業名	刈り取り	成形・排出	旋回・移動	運搬	待機	調整等	合計
作業時間 (分)	132	27	37	10	31	69	306
構成比 (%)	43.1	8.7	11.9	3.3	10.2	22.8	100.0
ロールベール数 (個)	61	61	—	(10)	—	—	61
固有作業能率(分/個)	2.17	0.44	—	(1.00)	—	—	2.61

(b) ベールラップ

作業名	拾い上げ	密封	荷降ろし	旋回・移動	運搬	待機	調整等	合計
作業時間 (分)	47	56	41	59	40	16	30	289
構成比 (%)	16.2	19.2	14.2	20.6	13.7	5.7	10.4	100.0
ロールベール数 (個)	61	61	61	—	(51)	—	—	61
固有作業能率(分/個)	0.77	0.92	0.67	—	(0.78)	—	—	2.36

注) 両作業機とも、固有作業能率には運搬時間を含まない。調整等には、トワイン結束不良や切断不良の処理時間等のほか、試験のための計測機器の取り付け・調整時間等も含む。

2) シミュレーションモデルの開発

(1) 作業経路シミュレーションの概略

作業経路シミュレーションでは、条件設定値と経路設定値を入力すると、ロールベール生成数、経路に応じた個々のロールベールの生成位置、その時の必要運搬距離が逐次算出・表示される。条件設定値は圃場の長短辺の長さ、ロールベールの有効刈り幅、生草としての単位面積当たり収量、成形されるロールベール平均質量などであり、経路設定値は回り刈りから往復刈りに移行する切り替え条件値と往復刈りの方向設定値である。

刈り取り経路は、外周からの回り刈りを任意の周回だけ行った後に往復刈りに切り替わることを前提とし、切り替え条件の設定により全面回り刈りや全面往復刈りにも対応する。このときの切り替え条件は次の2つの方法で定義できるものとした。すなわち、①往復刈りに移行するまでの回り刈りの周回数で定義する方法と、②往復刈りに移行する時の未刈り取り部の短辺長で定義する方法である。①の方法は、旋回のための枕地を作るために最初の数周だけ回り刈りをする場合に有効であり、②の方法は、回り刈りを続けて未刈り取り部の短辺長が小さくなった時に、短辺方向の刈り取りを省略する場合に有効である。全面回り刈りや全面往復刈りは、この切り替え条件に特異な値（例えば全面往復刈りは、0周後に往復刈りに移行）を入力して実施する。

また本モデルでは、刈り取り経路の算出は、刈り取りが1行程終わるたびに未刈り取り部の四隅の座標を算出し、次の行程の刈り取りが可能か、また次の行程は未刈り取り部のどの位置から開始するか等を判定し、反復処理が行われる。またロールベール生成位置は、刈り取り作業を行った積算走行距離と、条件設定した単位面積当たりの生草収量に応じて、順次その座標が算出される方法をとっている。従って、条件設定や経路設定を変更するたびにロールベール生成位置は再計算され、入力値の変更にも柔軟に対応できる。作業経路シミュレーションモデルは表計算ワークシートのセルに関数式を埋め込んだものであり、必要に応じてモデルを拡張・改良を容易に行うことができる。

(2) 作業経路シミュレーションのモデルの詳細

本節では、作業経路シミュレーションでの具体的な処理フローについて述べる。ここで開発した作業経路シミュレーションモデルは汎用表計算ソフト（Microsoft Excel 2000）で記述されているため、演算処理には明確な手順がなく、必要な数値をセルに入力する度に表計算が更新されて結果に反映される。

a) 用語の定義と処理フローの概念

シミュレーションの対象圃場は矩形圃場であり、ロールベールは外側から各辺に沿って反時計方向に進みながら内側へと作業を進める。このとき、ロールベールが圃場を一回りするものを「周回」、1つの辺に沿って進む直線の区間を「行程」と定義した。1周回は4行程からなるが、短辺方向の刈り取りを省略する場合は、1周回4行程のうち2行程のみの刈り取り作業となる。また各行程でロールベールが生成するひとつひとつのロールを、行程ごとに順にn番ロール（ $n \geq 1$ ）と定義した。

シミュレーションの処理フロー（図3-48）は、最初に条件設定値の入力と前処理を行った後、1周目の周回から順次処理を行うこととした。各周回は4つの行程の処理からなり、経路設定の条件に応じて短辺方向の刈り取りが省略される場合は、後述する判定パラメータSW2により、当該行程は移動のみの処理になるようにした。各行程の処理は、最初に未刈り取り部の4隅座標と当該行程の始点及び終点の座標を算出し、次に当該行程内のロール生成位置を算出する。モデルの構築に用いた表計算ソフト上では、ワークシートの1行で1ロールの処理を記述し、1行程のロール数（n

値) の上限をここでは4とした。ただし、各行程で必ず4つのロールが生成されるわけではないので、当該行程内で生成されずに次行程に持ち越すロールについては、後述する判定パラメータSW3を用いてロール数やロール座標等を当該行程の結果から除外するようにした。

以上から、ワークシート上では4行で1行程、16行で1周回となった。著しく収量の高い圃場や大面積の圃場では、n値(1行程のロール数)やr値(周回数)の上限に応じてワークシートの行数を適宜挿入・追加して、最後まで確実に演算できるように調整する必要がある。

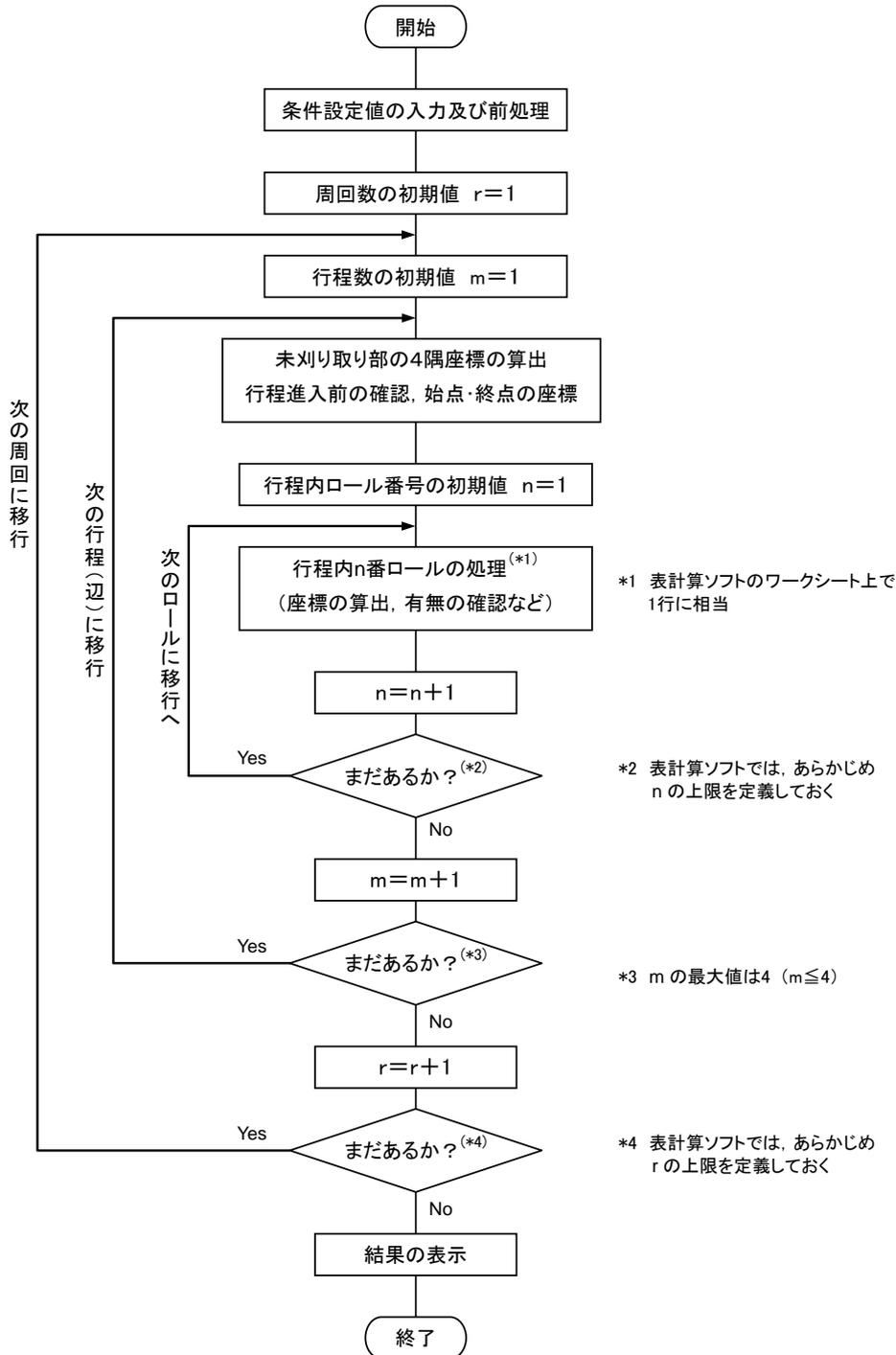


図3-48 作業経路シミュレーションの処理フローの概念

b) 各行程の処理

(i) 圃場区画の定義

前処理として、入力値（長辺長A、短辺長B）から圃場の4隅の座標を求める（図3-49）。

圃場の4隅座標は $(0, 0)$ 、 $(A, 0)$ 、 (A, B) 、 $(0, B)$ となる。

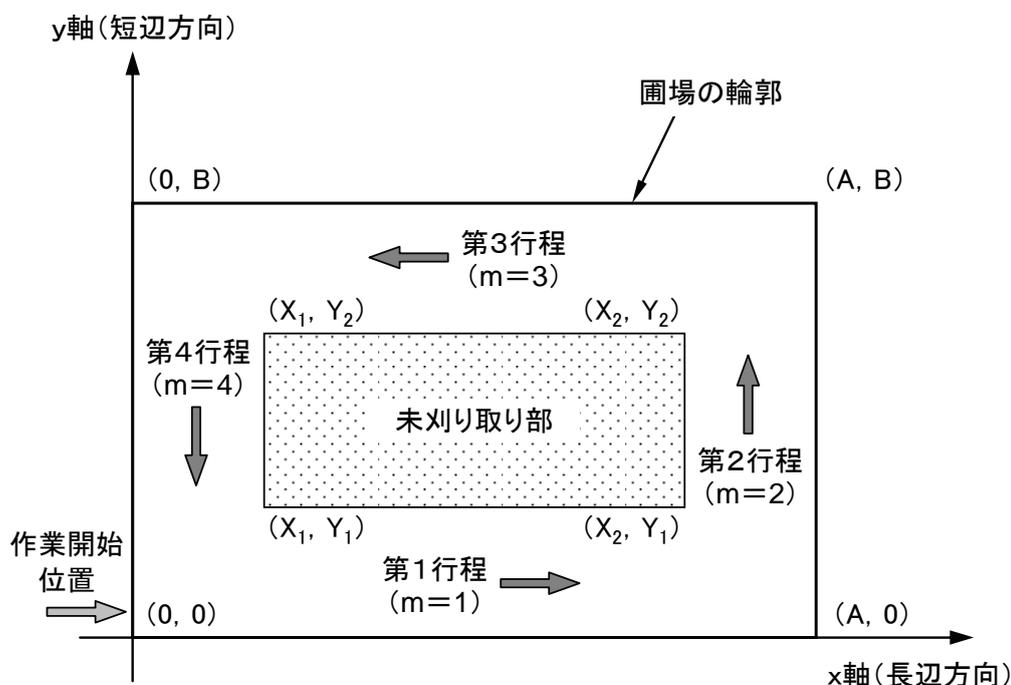


図3-49 圃場座標の定義

(ii) 未刈り取り部の4隅座標の定義

第m行程に入る前に、未刈り取り部（作物が残っている部分）の座標を求める。

未刈り取り部の4隅座標を (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 、 (X_1, Y_2) と定義し、初期値を $X_1=0$ 、 $Y_1=0$ 、 $X_2=A$ 、 $Y_2=B$ とする。

(iii) 行程進入前の確認

未刈り取り部の辺の長さ（絶対座標）は

長辺方向 $X=X_2-X_1$ 、短辺方向 $Y=Y_2-Y_1$

刈り取り方向に応じた未刈り取り部の辺長（相対座標）は

第1行程（ $m=1$ ）では 長さ方向 $L=X_2-X_1$ 、幅方向 $D=Y_2-Y_1$

第2行程（ $m=2$ ）では 長さ方向 $L=Y_2-Y_1$ 、幅方向 $D=X_2-X_1$

第3行程（ $m=3$ ）では 長さ方向 $L=X_2-X_1$ 、幅方向 $D=Y_2-Y_1$

第4行程（ $m=4$ ）では 長さ方向 $L=Y_2-Y_1$ 、幅方向 $D=X_2-X_1$

(iv) 行程の刈り取り判定

未刈り取り部の幅が十分あるか（最終行程かどうか）の判定（第1、第3行程のみ）

未刈り取り部の幅（相対座標） W とローラーの有効刈り幅 d の比較で

$d \leq W$ ならば 判定結果 $SW1=1 \rightarrow$ 刈り取り可能（正常行程）

$0 \leq D < d$ ならば 判定結果 $SW1=2 \rightarrow$ 刈り取り可能 (最終行程)

$D < 0$ ならば 判定結果 $SW1=0 \rightarrow$ 刈り取り不能 (演算終了)

未刈り取り部の長さが十分あるか (省略するかどうか) の判定 (第2、第4行程のみ)

未刈り取り部の長さ (相対座標) L と入力条件値「切り替え条件幅 Y_c 」の比較で

$Y_c \leq L$ ならば 判定結果 $SW2=1 \rightarrow$ 刈り取り可能

$L < Y_c$ ならば 判定結果 $SW2=0 \rightarrow$ 刈り取りを行わず次行程へ移動

(v) 行程終了後の未刈り取り部の4隅座標を算出

行程 (進行方向) に応じて、有効刈り幅 d のぶんだけ未刈り取り部を縮小する。

1行程終了時の4隅座標を (X'_1, Y'_1) 、 (X'_2, Y'_1) 、 (X'_2, Y'_2) 、 (X'_1, Y'_2) とすると

第1行程 ($m=1$) 終了時には $X'_1=X_1$ 、 $X'_2=X_2$ 、 $Y'_1=Y_1+d$ 、 $Y'_2=Y_2$

第2行程 ($m=2$) 終了時には $X'_1=X_1$ 、 $X'_2=X_2-d$ 、 $Y'_1=Y_1$ 、 $Y'_2=Y_2$

第3行程 ($m=3$) 終了時には $X'_1=X_1$ 、 $X'_2=X_2$ 、 $Y'_1=Y_1$ 、 $Y'_2=Y_2-d$

第4行程 ($m=4$) 終了時には $X'_1=X_1+d$ 、 $X'_2=X_2$ 、 $Y'_1=Y_1$ 、 $Y'_2=Y_2$

(vi) 次の行程に移行する

(v) で求めた4隅座標を新たな4隅座標として(ii)に代入し、次の行程に移行する。

(vii) 次の周回に移行する

第4行程までの処理が終了したら、同様に4隅座標を(ii)に代入し、次の周回に移行する。

c) 行程内の n 番ロールの処理

(i) ロール生成距離の算出

前処理として、ロール1つを成形するのに必要な距離 ΔL を、入力値 (有効刈り幅 d 、ロール現物質量 w 、単位面積あたりの実収量 C_v) から算出する。

$$\Delta L = w / (d \times C_v)$$

(ii) ロールベアラの累積刈取距離の算出

各行程の刈り取りに入る時点までの、ロールベアラの累積刈取距離を S とする。

作業開始時には $S=0$ (初期値)

1行程の刈り取り終わる度に、作業を行った距離 L を順次積算していく。

$SW2=1$ の行程では、刈り取り終了時に $S=S+L$

$SW2=0$ の行程は、刈り取りを行わないため $S=S$ (L を加算しない)

(iii) 行程内の n 番ロールのオフセット値とオフセット残値を算出

行程内のロール生成位置を求める際に、前の行程から持ち越したロール (途中まで梱包したロール) 相当の刈り取り距離を差し引くために、オフセット値を定義する。すなわち、

行程始点から、 n 番ロールの刈り取り開始位置までの距離を オフセット値 F_n

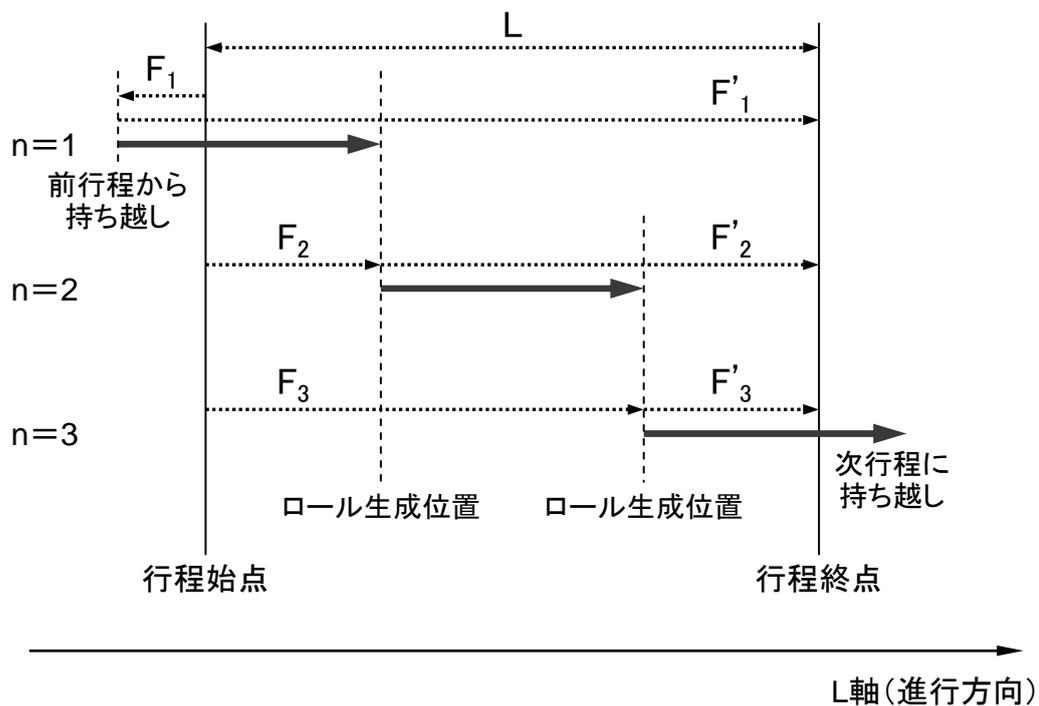
n 番ロールの刈り取り開始位置から、行程終点までの距離を オフセット残値 F'_n

とすると (図3-50)、

$$n=1 \text{ のとき } F_1 = -S + \Delta L \times \text{int}(S/\Delta L) \quad F'_1 = -F(1) + \Delta L$$

$$n>1 \text{ のとき } F_n = F_{n-1} + \Delta L \quad F'_n = -F(1) + \Delta L$$

(n 値が必要な値 $(A/L+1)$ を超えるまで演算を反復する。)



※太い矢印は、1ロール分の刈り取り区間(長さ= ΔL)を示す.

図3-50 行程とロール生成位置の関係

(iv) 行程内のn番ロールの有無の判定

上記(b)の行程内n番ロールが、その行程内に生成されるか否かを判定

$F'_n \geq \Delta L$ ならば 判定結果 $SW3=1$ → その行程内に生成される

$F'_n < \Delta L$ ならば 判定結果 $SW3=0$ → その行程内には生成されない

($SW3=0$ の場合は、ロール生成位置座標とロール生成数を処理結果から除外する。)

(v) ロール生成位置の絶対座標の算出

行程内のn番ロールの生成位置の座標を (X_n, Y_n) とすると、

第1行程 ($m=1$) の場合 $X_n = X_1 + (F_n + C_v)$ 、 $Y_n = Y_1 + d/2$

第2行程 ($m=2$) の場合 $X_n = X_2 - d/2$ 、 $Y_n = Y_1 + (F_n + C_v)$

第3行程 ($m=3$) の場合 $X_n = X_2 - (F_n + C_v)$ 、 $Y_n = Y_2 - d/2$

第4行程 ($m=4$) の場合 $X_n = X_1 + d/2$ 、 $Y_n = Y_2 - (F_n + C_v)$

となる。ただし $SW3=0$ となる場合、n番ロールは次行程に持ち越しとなるため、その行程内では生成されない。

(vi) 次の行程に移行する

次の行程に移行し、(iii)以下の処理を繰り返す。

ただし、第4行程 ($m=4$) を超えたら、次の周回の第1行程 ($m=1$) に移行する。

(3) 作業時間シミュレーションの概略

作業時間シミュレーションは、空間的な解析を行う上記の作業経路シミュレーションの結果に時

間的な要素を加えたものであり、ロールベール運搬の分担条件を与えてロールベアラとベールラップの作業時間を解析するものである。すなわち、ロールベアラとベールラップそれぞれの所要作業時間は、実作業時間の解析から得られた両機の固有作業能率、経路に応じた旋回・移動時間及び与えられた分担条件でのロールベール運搬距離に応じた運搬時間から算出される。

また、ここではロールベール運搬の分担条件を、それぞれのロールベールが生成される位置に応じて決定することとした。すなわち、全てのロールベールを圃場進入路側の短辺の農道に搬出するものとし、個々のロールベール生成位置から農道までの距離によってロールベアラ、ベールラップのどちらで運搬するかを決定することとした。具体的には、圃場進入路側短辺から個々のロールベール生成位置までの距離がある設定値（分担境界距離）以上の場合はロールベアラで成形した後に機外放出せずにそのまま短辺側まで運搬し、設定値以下の場合は生成位置に放出されたロールベールをベールラップで拾い上げて運搬する。ここでは、分担境界距離を分担条件として両機の作業時間の解析を行うとともに、分担条件の最適化を行うこととした。

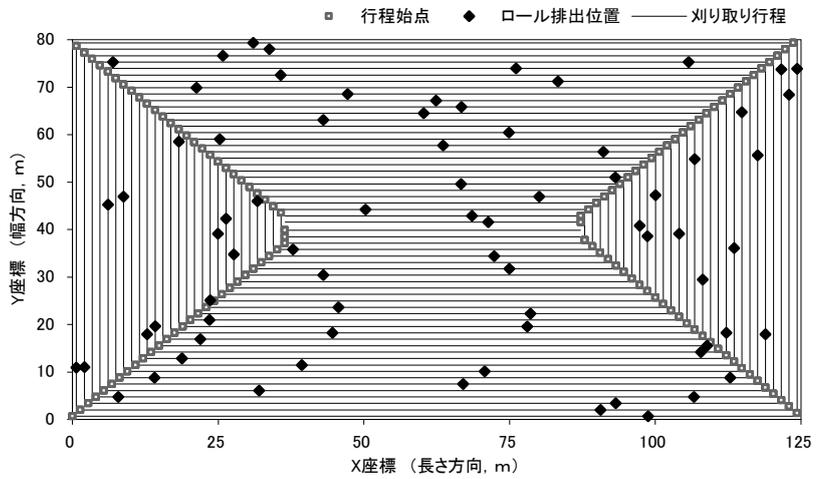
3) シミュレーションによる解析事例

(1) 作業経路シミュレーションでの解析例

ひとつの解析例として面積1ha（125m×80m）の圃場を想定し、次の2つの異なる経路、すなわち、未刈り取り部の幅（短辺方向）が5m以下になった時に往復刈り（2方向刈り）に移行する経路1、及び、始めの3周のみ回り刈りを行った後に往復刈り（片方向刈り）に移行する経路2について作業経路シミュレーションを行った。その結果、ロールベール生成位置は(図3-51)の通りとなった。この図は作業経路シミュレーションのコンピュータ画面を示しており、図の左側は条件設定値及び経路設定値の入力欄と必要運搬距離等の解析結果、右側は作業経路及びロールベール生成位置の出力欄である。また、これら2つの解析例について、ロールベール生成位置の長辺方向（X軸）5mごとの頻度分布を求めたのが(図3-52)であり、これらも画面に直接表示される。これらの図から、作業経路の設定によってロールベール生成位置が変動することが分かる。また必要運搬距離は、全てのロールベールをロールベアラ又はベールラップで圃場進入路側の短辺に運搬する場合に必要な積算運搬距離であり、図では片道距離で示されている。運搬後に作業機がもとの位置に戻るとすると、往復で経路1では9.812m、経路2では9.567mの移動が必要と算出された。

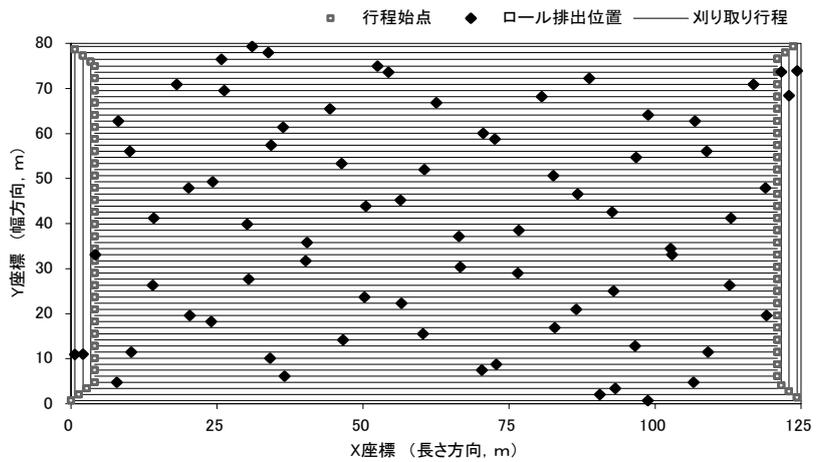
条件設定値と経路設定値が一定であれば、ロールベアラ及びベールラップがそれぞれの固有作業に要する時間は一定となる。従って、収穫作業全体としての作業能率を検討するうえでは、このロールベール運搬に要する時間が重要となる。すなわち、どのロールベールをどちらの機械で運搬するかといった運搬作業の分担で全体の作業能率が大きく変動するため、最大の作業能率を得るためには、組作業としての分担・連携条件と作業時間に関する解析が極めて重要になる。

入力欄		
◆条件設定		
有効刈り幅	1.350	m
ロール質量(現物)	180.0	kg/個
単位面積収量(現物)	1350	kg/10a
刈り取り時の含水率	61.0	%
単位面積収量(乾物)	527	kg/10a
刈り取り時の走行距離	98.8	m/個
圃場長さ	125.0	m
圃場幅	80.0	m
圃場面積	100.0	a
行程数(長辺方向)	59	行程
◆経路設定		
往復刈りに切り替わる条件 (1) or (2)		
(1)最初に回り刈りを		周した後
(2)残り幅(y方向)が	5	m以下
∴切り替え条件 残り幅 71.9 m以下		
往復刈りの方向設定		
2方向:1, 片方向:0	1	
◆解析結果		
総ロールべール数	74	個
積算運搬距離(左へ)	4906	m(片道)



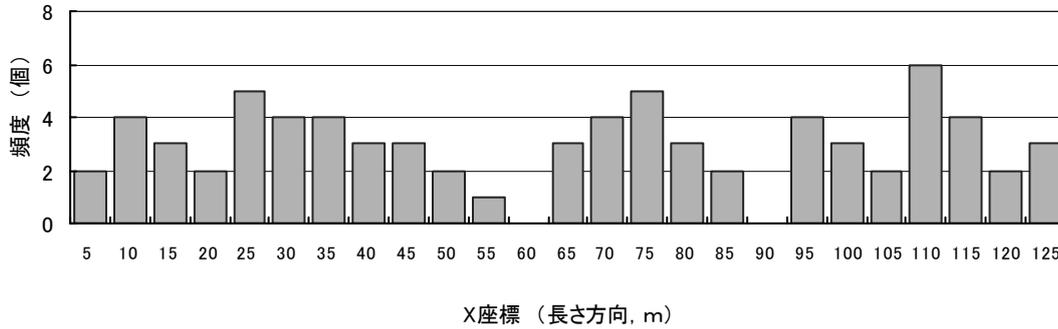
(a) 経路1 : 残り幅5mになるまで回り刈りの後に2方向往復刈りに移行

入力欄		
◆条件設定		
有効刈り幅	1.350	m
ロール質量(現物)	180.0	kg/個
単位面積収量(現物)	1350	kg/10a
刈り取り時の含水率	61.0	%
単位面積収量(乾物)	527	kg/10a
刈り取り時の走行距離	98.8	m/個
圃場長さ	125.0	m
圃場幅	80.0	m
圃場面積	100.0	a
行程数(長辺方向)	59	行程
◆経路設定		
往復刈りに切り替わる条件 (1) or (2)		
(1)最初に回り刈りを	3	周した後
(2)残り幅(y方向)が		m以下
∴切り替え条件 残り幅 71.9 m以下		
往復刈りの方向設定		
2方向:1, 片方向:0	0	
◆解析結果		
総ロールべール数	74	個
積算運搬距離(左へ)	4788	m(片道)

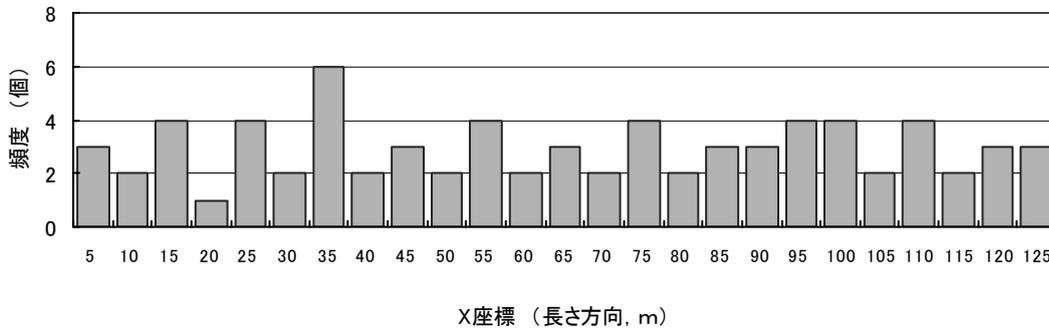


(b) 経路2 : 回り刈りを3周した後に片方向往復刈りに移行

図3-51 作業経路シミュレーションの例



(a) 経路1：残り幅5mになるまで回り刈りの後に2方向往復刈りに移行



(b) 経路2：回り刈りを3周した後に片方向往復刈りに移行

図3-52 ロールベール生成位置の頻度分布

(2) 作業時間シミュレーションでの解析例

作業時間シミュレーションでは、分担条件を順次変更して反復計算を行い、全体の作業時間が最短となる最適分担条件を自動的に探索するマクロを作成・実行した。このとき、作業時間測定の結果から、ロールベアラとベールラップのロールベール運搬時の走行速度はそれぞれ0.80m/s、0.50m/sとし、ロールベール1個を処理するのに要する固有作業能率はそれぞれ2.61分/個、2.36分/個とした。その結果、経路1での両機の所要作業時間の変化は(図3-53)のように求められた。この図で、X軸は圃場進入路側短辺から分担境界線までの距離(分担境界距離)、Y軸はそれぞれ作業機の所要作業時間である。例えば、分担境界距離が125mとなる条件(グラフの右端)は、ロールベアラは刈り取り成形作業のみを行い、ベールラップが全てのロールベールを運搬する場合である(分担条件1)。この場合、ロールベアラの所要作業時間は固有作業と旋回・移動のみで258分、ベールラップの所要作業時間は全ロールベールの運搬時間も加えた570分と算出される(表3-84)。本解析では、2台の作業機がほぼ同時に作業を開始することとしたので、全体の作業時間は両機の所要作業時間の長い方で決まる。従って、分担条件1では全作業時間は570分、作業体系全体としての作業能率は9.5時間/haと算出される。一方、グラフの左端が示す分担境界距離0mの条件(分担条件2)では、ロールベアラがすべてのロールベールを運搬し、ベールラップは農道上での専ら密封作業を行う条件を示す。この場合の作業能率は7.7時間/haとなる。

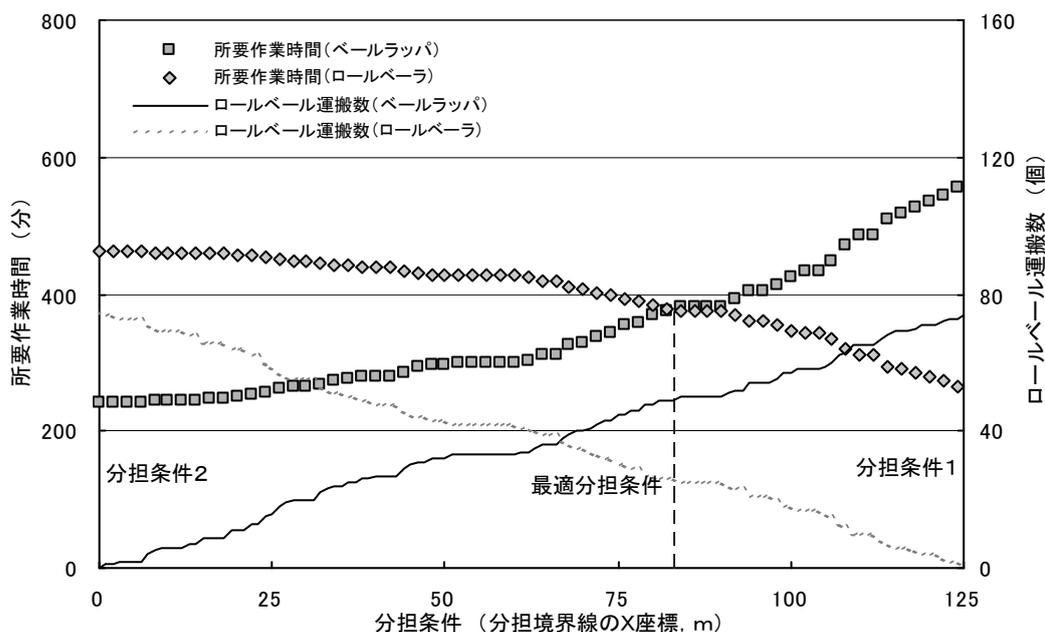


図3-53 作業時間シミュレーションの例

表3-84 分担条件による作業能率の比較

分担条件	分担条件1		分担条件2		最適分担条件	
分担境界距離 (m)	125		0		82	
作業機名	ベールラップ	ロールベアラ	ベールラップ	ロールベアラ	ベールラップ	ロールベアラ
運搬対象範囲 (m)	0~125	なし	なし	0~125	0~82	82~125
ロールベール数 (個)	75	0	0	75	49	26
総運搬距離 (m)	9,812	0	0	9,812	3,956	5,855
作業時間						
固有作業 (分)	177	195	177	195	177	195
移動・旋回 (分)	66	63	66	63	66	63
運搬 (分)	327	0	0	204	131	121
所要作業時間 (分)	570	258	243	462	374	379
作業能率 (時間/ha)	9.5	4.3	4.0	7.7	6.2	6.3
全体の作業時間 (分)	570		462		379	
全体の作業能率 (時間/ha)	9.5		7.7		6.3	
比率 (%)	100.0		81.1		66.5	

注) この表は経路1に関する結果である。固有作業、はベールラップでは拾い上げ-密封-荷降ろし、ロールベアラでは刈り取り-成形-トワイン結束及び排出を指すものとした。また、ロールベール運搬に要する移動・旋回は運搬時間に含めた。

全体の作業時間が最短となるのは両機の作業時間が等しい場合と考えられる。従って、最適分担条件は2つの曲線の交点で示され、本解析例では分担境界距離が82mの場合となる。すなわち圃場進入路側短辺から82m以内の49個をバールラップで、それ以遠の26個をロールベアラで運搬する場合となり、ロールベアラとバールラップの所要作業時間はそれぞれ379分、374分となった(表3-84)。作業時間の内訳で運搬を除く作業時間は、ロールベアラで258分、バールラップで243分と、分担条件に関わらず一定である。このため、運搬数を適切に配分して両機の作業時間が最も近くなる条件が最適分担条件であると言える。ここでは、最適分担条件での全体の作業能率は6.3時間/haとなり、一般的な作業方法である分担条件1に対して作業能率は33.5%向上すると算出された。

最適分担条件は、前述の経路2を含む他の解析例でも同様の傾向を示し、どの場合も分担境界距離は長辺の長さの概ね2/3の位置となった。すなわち、ロールベアラ生成位置が圃場進入路側から2/3以内の場合はロールベアラはその位置にロールベアラを排出してバールラップがこれを農道へ運搬し、2/3以遠の場合はロールベアラが農道まで戻ってロールベアラを排出する作業法により、作業時間は最も短くなると示された。このことは、運搬時の両機の走行速度の違いによるものと考えられる。すなわち、速度の遅いバールラップでは近くの、速度の速いロールベアラでは遠方のロールベアラを分担することで最も効率の良い分担条件が得られ、このときの分担境界距離は両機の違いによって変化すると考えられる。

なお、本解析例ではマクロにより125回の反復計算を行い、供試パソコンでは処理時間に約58秒を要した。より計算速度の遅いパソコンでも実行可能であるが、例えばCPU：Pentium II-233MHz、RAM：128 MB、HDD空き容量：10GBのパソコンでは、同一の処理に196秒を要した。

(3) 他の作業方法について

本モデルは矩形圃場における外周からの回り刈り、往復刈り及びその組み合わせに対応できるが、ロールベアラの運搬を効率的に行うための中割りを含む作業方法や、圃場の両側にロールベアラを搬出できる圃場等については、本モデルの拡張を含めて別途検討を行う必要がある。これらのうち、中割り等の新たな作業経路に対応するためには、未刈り取り部を複数定義するなどモデルの大幅な改修が必要となるが、作業能率を最適化することに目的を絞れば本モデルにパラメータを追加することで対応可能である。

また、圃場内運搬に専用の運搬車やロールグラブ付きトラクタ等を別途用いれば、作業能率はさらに向上する。このような場合には、作業時間シミュレーションの拡張のみで容易に対応できる。例えばロールグラブ付きトラクタを用いる場合、運搬の能率は他の作業機に対して十分高いため、全体の作業時間はロールベアラによって決まると言える。本解析事例では、ロールベアラがロールベアラを運搬しない場合の所要作業時間258分が、全体の作業時間を決定すると考えられる。このとき、全体の作業能率は上記の最適分担条件に対して約32%、分担条件1に対して約55%向上すると見込まれる。

4. 摘要

飼料イネ用ロールベアラと自走式バールラップによる飼料イネのダイレクト収穫では、刈取り時の走行経路とロールベアラ運搬の分担によって、圃場内での収穫・調製作業の能率が大きく変動する。ここでは矩形圃場を対象に簡易な作業シミュレーションを行い、両機の連携条件と作業の効率化について検討した。構築したシミュレーションモデルでは、回り刈り、往復刈り及びその組み合

わせを対象とし、経路設定、刈り幅、単位面積収量等を入力すると、ロールペール生成位置や所用作業時間等が算出・表示される。このとき、刈取りに要する距離は行程ごとに順次積算されるため、入力値の変更にも柔軟に対応できる。構築したモデルを供試して、面積1 haの圃場で外周から回り刈りを行い、未刈り取り部の幅が5 mになった後は往復刈りに移行するという条件でシミュレーションを行ったところ、圃場進入路側短辺から84m以内の52個をペールラップで、それ以遠の30個を飼料イネ用ロールペールで運搬するのが最も効率的となり、作業能率は慣行条件に対して最大33%向上し6.9時間/haになると算出された。開発したモデルは、表計算ワークシートとマクロプログラムで構成され、解析の目的に応じてモデルの改良・拡張が容易である。

引用文献

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

(5) ロールベール運搬装置「ロールキャリア」の開発と 収穫作業の効率化

Development of a Round Bale Carrier for Rice Whole Crop Harvester
and Improvement of Field Capacity

元林浩太・湯川智行^{*1)}

(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Kota Motobayashi and Tomoyuki Yukawa^{*1)}

(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

稲発酵粗飼料の生産は、近年、転作水田の有効活用と良質な国産粗飼料の確保の観点から推進されており、専用品種の育成⁴⁾ や省力・低コストな栽培法の確立^{1,8)}、さらにはダイレクト収穫が可能な専用の収穫機の開発^{6,7)}等を背景に、作付面積は平成18年には全国で5,000haを越すに至った⁹⁾。

稲発酵粗飼料用の水稲(飼料用イネ)は、栽培過程では基本的に一般水稲の栽培技術が適応できるが、収穫・調製では穀実部と茎葉部を同時に刈り取ってホールクロップサイレージ(イネWCS)に調製する作業を水田内で行うことになるため、新しい技術体系が求められる。近年開発された自走式の飼料用イネ用ロールベアラを基軸とする「専用収穫機体系」は、既存のトラクタ装着型の牧草用作業機械を利用する「既存機械体系(牧草収穫機体系)」と異なり、クローラ型の走行装置により湿田における走行性や操作性に優れるほか、狭小な水田にも容易に対応できる¹⁰⁾。しかし一方で、ホールクロップ収穫となる飼料用イネの単位面積収量は茎葉部も含めて現物で3~4t/10aとなり、穀実のみを収穫する食用イネの5倍以上となるため、作業時間は1ha当たり5~6時間を要しているのが実状である。さらに飼料用イネは転作作物として栽培されるため、主作目である食用イネ等との作業競合を低減するためにも、作業能率の向上に対する要求は高い²⁾。

専用収穫機体系による飼料用イネの収穫・調製作業は、自走式の飼料用イネ用ロールベアラ(以下、ロールベアラ)と自走式ベールラップ(以下、ベールラップ)の組み合わせが一般的である。この場合、ロールベアラは通常ロールベール1個の刈り取り・成形を完了すると、トワインまたはネットで結束して、その場に放出するかまたは任意の位置まで運搬してから放出する。特に飼料用イネでは牧草の場合と異なり、ロールベールをただちに圃場外に搬出することが多い。従って、その場放出を繰り返すとロールベールは圃場全面に分散し、ベールラップで農道まで搬出する際の必要運搬距離が長くなる。一方、ロールベアラの成形室内にロールベールを保持したまま農道まで運搬すると、運搬・移動中は刈り取り作業ができないため、ロールベアラとしての作業能率が低下する。トワイン結束時間を活用して少しでも圃場出口に近づけるように運搬する方法⁵⁾も検討されたが、ロールベアラに運搬機能を付加することにより更なる能率向上の可能性が残されていた。

圃場内での収穫・調製作業の効率を向上して全体の作業時間を短縮するためには、ロールベール

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部。

の運搬に別途ロールグラブ付きトラクタや専用の運搬車を用いる方法もある。しかし、新たな機械装備を導入することなく全体の作業能率を向上するためには、ロールベアラとベールラップの連携が重要である。本研究では、圃場内でロールベアラから放出されたロールベールを圃場外まで搬出するのに要する運搬時間を短縮することを目的に、ロールベアラが刈り取り作業を行いながら同時にロールベール1個を運搬（刈り取り同時運搬）できるロールベール運搬装置「ロールキャリア」を開発し、その機能・作業能率及び作業性について検討した。

2. 材料と方法

1) ロールベール運搬装置の開発

ロールベール運搬装置「ロールキャリア」（以下、運搬装置）は、ロールベアラの後部に着脱可能なものとし、トワインまたはネットで結束して放出されたロールベール1個を受け止めて積載し、任意の位置まで運搬した後に荷降ろしできるものとした。開発に際しては、軽量で簡易な構造であることを前提とし、油圧等の外部動力を必要としないことに加え、走行中でも運転席からワンタッチで荷降ろしでき、その後は特別の操作をすることなく自動的に次の荷受け待ち状態になる機構を採用し、ロールベールの運搬・荷降ろしを行ってもロールベアラとしての本来の作業性を低下させないものとした。本装置の適応対象は、フレール式の刈り取り装置を持つフレール型のロールベアラ（Y社YWH-1400A、機関出力42.7kW及びS社JCB1420、機関出力42.7kW）とした。

2) 作業能率及び作業性の検討

運搬装置の有無による作業能率の違いについて検討するために、ロールベアラ及びベールラップ各1台の体系について、計算機でのシミュレーション及び実圃場での作業時間解析を行った。

シミュレーションには、独自に開発した「飼料イネ収穫作業シミュレーションモデル」を拡張して供試した。これは表計算ワークシート（Microsoft Excel 2000）とそのマクロプログラムで構成され、収量条件や作業条件・作業経路から各作業機の所要作業時間を推定するものである³⁾。ここでは刈り取り同時運搬に対応した改良を加え、個々のロールベールについて運搬またはその場荷降ろしの別を定義できるように改良して用いた。

次に、収穫作業シミュレーションの結果を検証するために、実作業の作業時間解析を行った。作業時間解析は、現地営農圃場において収穫・調製作業をデジタルビデオカメラで撮影した後、個々の作業工程ごとの所要時間を秒単位で解析・集計した。供試圃場は農道ターン方式の大区画圃場であり、飼料用イネ専用品種「クサユタカ」または「夢あおば」を背負い式動力散布機で湛水直播した圃場である。また、収穫・調製作業は糊熟期に実施した。供試機はフレール型のロールベアラ（Y社YWH-1400A）及びベールラップ（T社SW-1010W、機関出力9.6kW）である。

3. 結果と考察

1) ロールベール運搬装置の構造と機能

開発した運搬装置は、主フレーム、転輪、荷受けガイド、荷台フレーム、逆転防止装置、保持機構及び遠隔操作レバー等で構成される（図3-54）。本装置はロールベアラの既存ボルトを利用して取り付けるため、ロールベアラには加工を施す必要がなく、着脱は容易である。開発機の主要諸元を（表3-85）に示す。

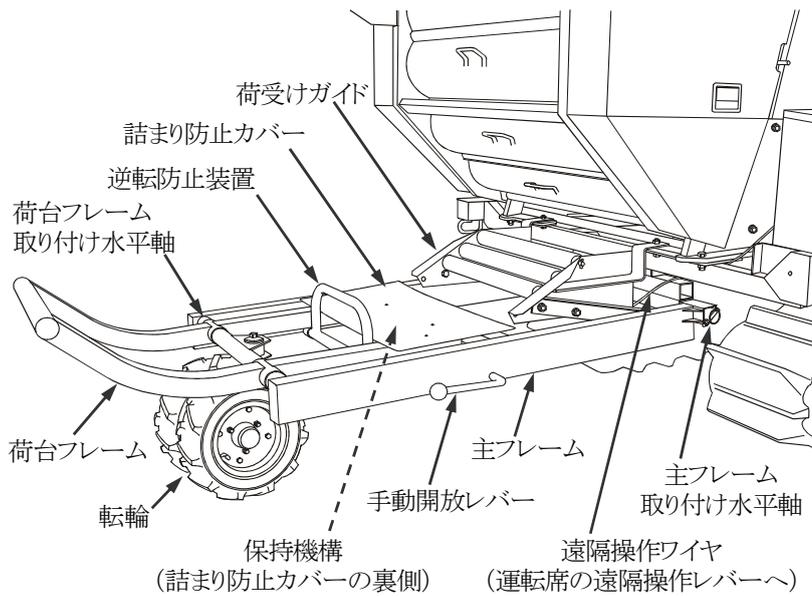


図3-54 ロールベール運搬装置の構成

表3-85 ロールベール運搬装置の主要諸元

運搬能力	トワインまたはネットで結束済みのロールベール 1個
動作方式	手動開放(運転席から遠隔操作可能)、自動復帰・再固定
所要動力	不要
車輪	3.50-7, ラグ付きダブルタイヤ
外形	1,700mm(L)×750mm(W)×650mm(H)
質量	56kg
適応ロールベール	外径 80~110cm, 幅 80~120cm
平均接地圧	0.054MPa(180kg 積載時)
対応ロールベアラ	飼料イネ用ロールベアラ (Y社 YWH-1400A, S社 JCB1420 など)

注) 外形・質量には、ロールベアラ側に固定される荷受けガイド、遠隔操作レバー等を含まない。

(1) 主フレームと転輪

主フレームは、角形及び丸形鋼管で構成された梯子形のフレーム構造をしており、前端部はロールベアラに接続・支持されている。その接続方式はアーティキュレート式(中折れ式)ではなく、横方向水平軸(主フレーム取り付け水平軸)まわりに自由度を持ち上下にのみ揺動可能な接続方式である。このため、ロールベアラが旋回して機体後部が大きく左右に振られる場合でも、運搬装置は正確にロールベアラに追従して向きを変え、ロールベール放出部に対して常に適正な位置を保つことができるほか、ロールベアラ輸送時等には装置全体を跳ね上げて固定することもできる。

主フレームの後端部は転輪により接地している。この転輪にはラグ付きのダブルタイヤを採用しており、支持部には湿田での泥詰まりを防止するマッドガードを装備している。車軸はキャスター輪のようにオフセット取り付けされており、ロールベアラの旋回・反転や逆転に際して運搬装置が横方向や前後方向に大きく移動するような場合でも、転輪は自在に向きを変えることができる。

(2) 荷台フレームと逆転防止装置

荷台フレームは、主フレームの内側で主フレームと同一面を構成し、後端はソリ状に上方へ屈曲している。取り付けは、主フレーム後端の横方向水平軸（荷台フレーム取り付け水平軸）まわりに後方に回転できるように取り付けられている。荷台フレームの重心位置はこの水平軸より前方であるが、ロールベール積載位置はこの水平軸より後方であるため、ロールベール積載時は荷台フレームが後方に転倒しようとするモーメントが発生する。また、荷台フレーム前方の保持機構上部を覆うように詰まり防止カバーが取り付けられており、こぼれ落ちた粉やワラが詰まってその除去のために作業が停止することはない。

結束済みのロールベールはロールベアラから放出されて主フレーム上を転がった後に、逆転防止装置の爪を押し倒して後方の屈曲部で静止する。逆転防止爪はバネにより起立状態に復帰してロールベールを定位置に保持するため、ロールベールが反転してロールベアラの放出ゲート開閉の妨げになることを防止する。

(3) 保持機構と荷台フレームの自動復帰機能

保持機構は、ロールベールの自重によって後方に転倒しようとする荷台フレームの前端を主フレームに固定するものである。これは、保持爪、復帰バネ、手動開放レバー、遠隔操作用の開放ワイヤ等で構成されており、保持爪には復帰バネが組み付けられラッチ機能を有する。荷降ろし時は、このバネの引張力に抗して手動開放レバーまたは運転席近傍にある遠隔操作レバーを操作して保持状態を解除し、その結果荷台フレームはロールベールの自重により後方に転倒し、荷降ろしがなされる。

ロールベールが荷降ろしされた後は、荷台フレーム単体の重心位置が取り付け水平軸より前方であるため、その自重により自動的に水平位置まで戻り、保持爪のラッチ機構により再び固定されて荷受け待ちの状態となる（自動復帰動作、図3-55）。

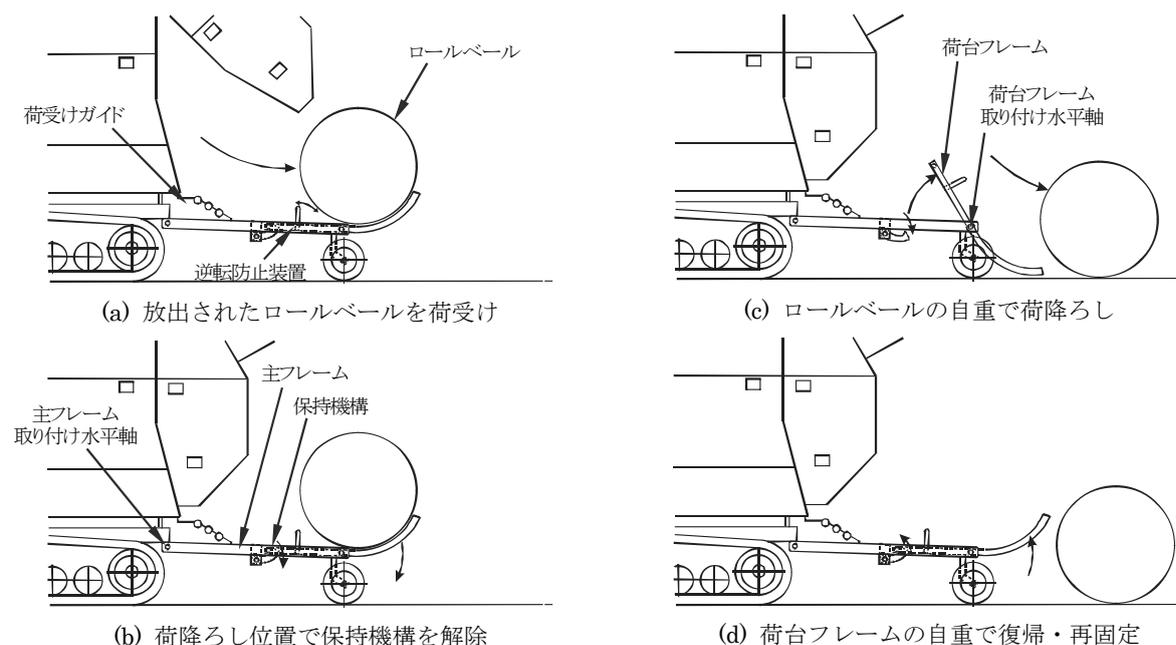


図3-55 荷台フレームの自動復帰動作

(4) 荷受けガイド

荷受けガイドは、他の構成物と異なりロールベアラ側に直接固定されており、揺動する主フレームと干渉しないように十分な隙間が設けてある。荷受けガイドは、自在に回転する3本の金属ローラをスローブ状に平行に並べて設置したもので、ベール成形室から放出されるロールベールを滑らかに後方に導くとともに、放出口の直下からロールベールをやや後方に送り出すことにより、放出ゲートの開閉を妨げない効果を併せ持つ。また、放出口の直下は放出時損失としてロール成形室から落下する籾ワラが堆積してゲート開閉の妨げになりやすいため、装着部はこの点に配慮された構造になっている。

なお、荷受けガイドの基部は主フレーム取り付け水平軸の支点を兼ねている。ロールベアラへの荷受けガイドの取り付けは6本の既存ボルトの着脱が必要であるが、ひとたび荷受けガイドを取り付けてしまえば、取り付け水平軸の着脱のみで主フレームは容易に着脱できる。また、荷受けガイドは単体でも放出されたロールベールを後方に送り出す機能があるため、運搬装置を使用しない場合でも荷受けガイドは装着したままで使用可能である。

(5) 現地適応試験からの評価

フレール型のロールベアラを用いて作業を行う現地生産組織にロールキャリアを持ち込み、本装置の普及に向けた現地適応性試験を実施した。本試験では、ロールキャリアを50ha以上の面積に供試し、生産現場における実用性・耐久性の確認、普及に向けた改善点の洗い出し等を行った。その結果、概ね良好な評価と次のような指摘を受けた。

- (a) 極めて簡易な構造で現場での着脱も容易であり、適応性が高い。
- (b) ロールベールを片側農道に運んだ後にラッピングする方式では、ロールベアラの走行距離短縮の効果が大きい。作業時間の短縮だけでなく、燃料費の節減効果も期待できる。
- (c) 回送用トラックに載せる際は、跳ね上げて固定できる。
- (d) 後方確認ができないので、後進時は注意が必要である。
- (e) 圃場面に凹凸が多い場合は、積載したロールベールが横方向に転落することがある。
- (f) 保持機構に籾ワラが詰まると、ロールベアラからロールベールを排出する際に保持機構のラッチが機能せずに、そのまま後方に荷降ろしされてしまうことがある。

不具合への具体的な対応として、荷台確認ミラーの設置、荷台フレーム後半部の横幅拡大、保持機構を保護する詰まり防止カバーの設置等の改良を実施した。装置の外観と部品構成を(図3-56及び3-57)に示す。



図3-56 開発したロールベール運搬装置の取り付け状態



図3-57 ロールベール運搬装置の構成要素

2) 作業方法と作業能率の検討

(1) ロールベール運搬装置を用いた作業方法

ロールベアラがロールベール1個の刈り取り・成形を完了したときの処理のフローを(図3-58)に示す。運搬装置がない場合は、①その場での荷降ろしするか、②一旦刈り取りを中断して任意の位置まで運搬することになる。しかし運搬装置を用いると、次の刈り取りを行いながら同時にロールベール1個を運搬(刈り取り同時運搬、図3-59)することができる。これらをロールベールの集積方法に応じて適切に組み合わせれば、ベールラップでのロールベール収集を含めた全体の作業時間を効果的に短縮することができる。ただし、本装置はロールベール積載数が最大1個であるため、運搬可能距離は最大で次のロールベールが生成される位置までである。次のロールベールが生成されれば運搬中のものはその位置に荷降ろしする必要があるため、適切な運搬を行うためには計画的に刈り取り同時運搬を行う必要がある。

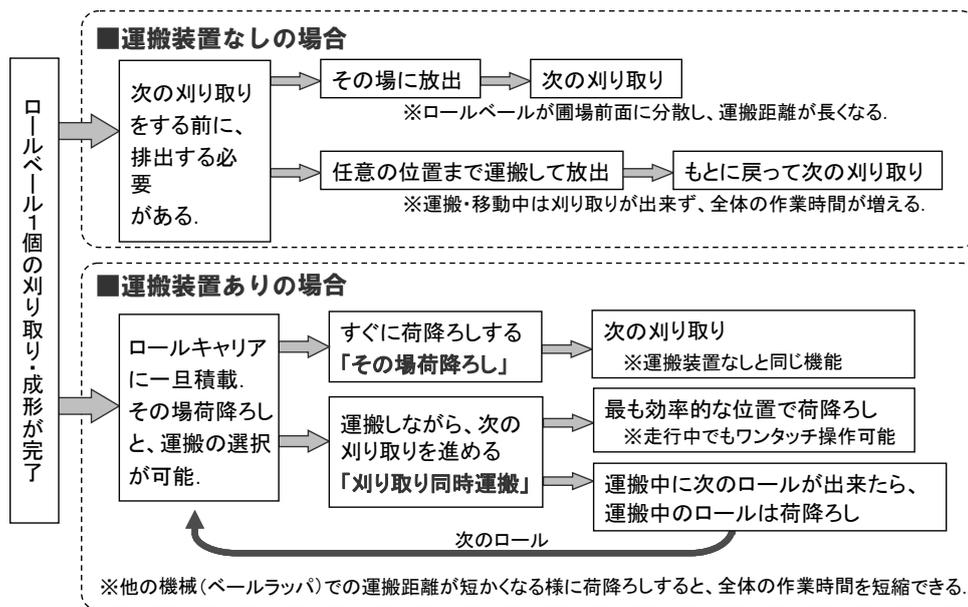


図3-58 ロールベール運搬装置の有無による操作フローの違い

最適な運搬方法は、圃場の大きさや形状、単位面積収量、ロールベール質量、刈り取り経路、ロールベール集積方法などによって変わる。例えば、全てのロールベールを片側農道に集積する場合（以下、片側搬出法）は、往路はその場荷降ろし、復路は刈り取り同時運搬を主体とする。両側の農道に分けて集積する場合（以下、両側搬出法）は、刈り取り行程の前半はその場荷降ろし、後半は刈り取り同時運搬を主体とし、枕地旋回や農道ターン時は運搬中の物を旋回中に荷降ろしするとよい。両側が農道ターン方式の圃場で往復刈りをする場合の例を(図3-60)に示す。また、上記の「②刈り取りをせずに運搬」は、全体の作業能率低下の要因となるため、集積場所の近傍でロールベールが生成された場合に限定するとよい。



図3-59 刈り取り同時運搬作業

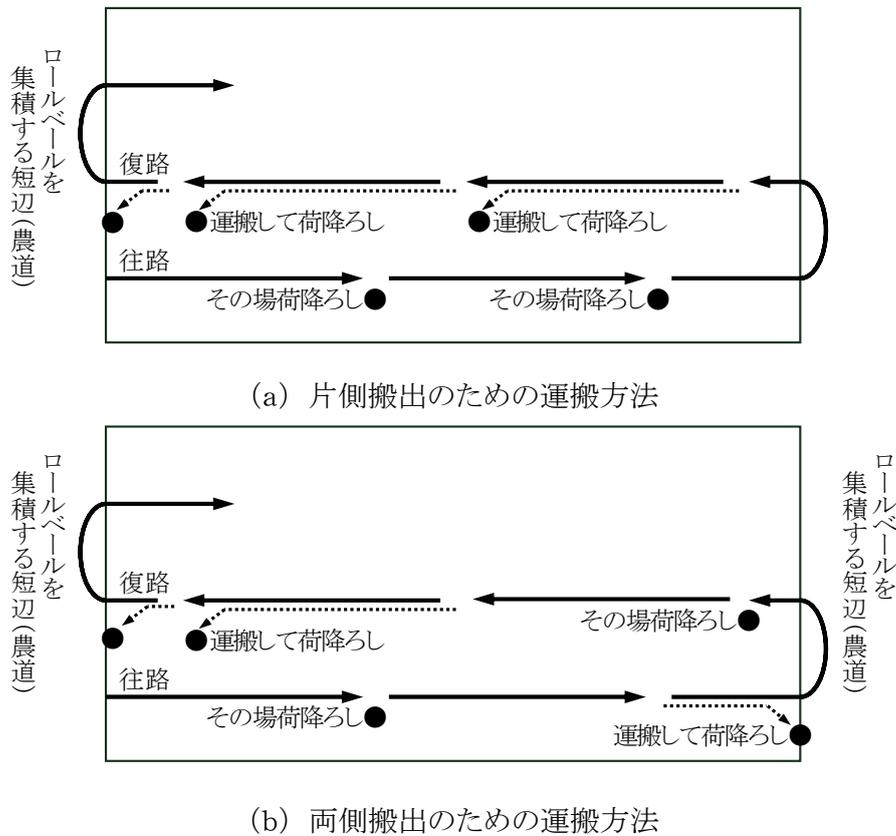


図3-60 ロールベール成形位置に応じた運搬方法

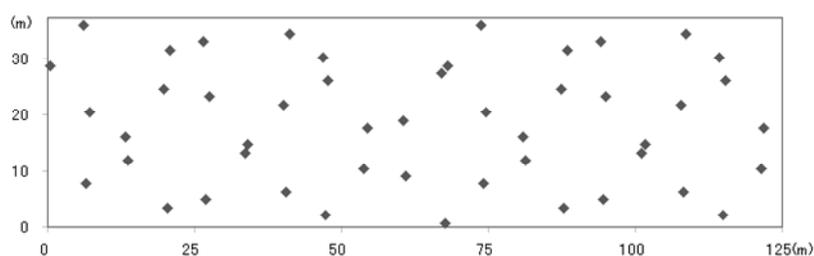
注) 矢印(実線)はロールベール1個の生成に要する刈り取り距離、
矢印(点線)は刈り取り同時運搬、●はロールベール荷降ろし位置を示す。

(2) 収穫作業シミュレーションによる効果の検証

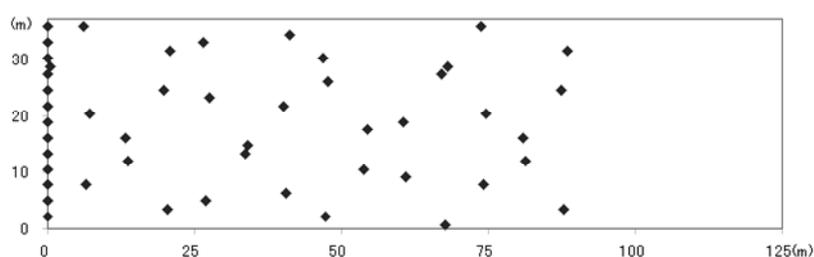
ここでは、両側の短辺が農道ターン方式の矩形圃場において、一方の長辺から順次往復刈りを行う作業を対象とし、収穫作業シミュレーション³⁾によって運搬装置の作業能率向上効果を検証した。

収穫作業シミュレーションでは、面積46a (125m×37m) の区画を想定し、設定収量は1996kg/10a、ロールベール質量は189kgとした。このときのロールベール総数は49個である。これらの値は、後述する検証試験のうち運搬装置を用いた場合と同一の値とした。

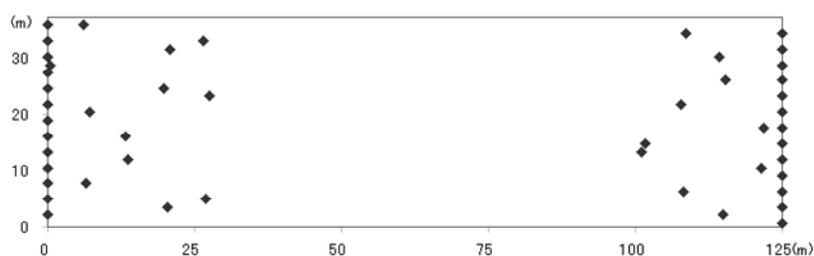
シミュレーションで得られたロールベール荷降ろし位置の分布を(図3-61)に示す。(図3-61(a))は運搬装置を使用しない場合で、ロールベールがロールベールをそれぞれの生成位置に順次荷降ろししたときの配置であり、ロールベールは圃場内にほぼ均一に分布する。このとき、荷降ろしされた全てのロールベールをベールラップで農道まで運搬するのに要する運搬距離は、片側搬出法で3,000m、両側搬出法では1,500mと算出された(表3-86)。一方、(図3-61(b))は運搬装置を使用して、片側搬出法を行う際にベールラップでの運搬距離が最短になるように、その場荷降ろしと刈り取り同時運搬を最適に組み合わせた場合のロールベールの分布である。運搬装置なしの場合と比較して、全体が片方に偏った分布となり、必要運搬距離は1,601mと算出された。(図3-61(c))は同様に運搬装置を使用して両側搬出法を行うときの結果で、ベールラップによる必要運搬距離は324mと大幅に短縮された。従って、ベールラップでの運搬時間短縮により、作業能率向上の可能性が認められる。



(a) 運搬装置を使用しない場合



(b) 運搬装置を用いて片側搬出する場合



(c) 運搬装置を用いて両側搬出する場合

図3-61 ロールベールで荷降ろしした後のロールベール分布

次に、両作業機の必要作業時間を算出した。その際、作業速度やロールベール1個を処理するのに要する時間は、実作業時間解析から得られた実測値を用いた。その結果、ロールベールの作業時間は136分となった。ロールベールは刈り取り同時運搬を行っても本来の作業能率は低下しないため、運搬装置の有無に関わらずこの値は一定である。これに対してベールラップの作業時間は、運搬距離の差によって147～317分と大きく変動した(表3-86)。このことから、刈り取り開始から全てのロールベールを密封していずれかの農道に集積するまでに要する総作業時間は、ベールラップでの必要運搬距離によって決まることが分かる。両作業機がほぼ同時に作業を開始して両側搬出法を行う場合、運搬装置を用いることにより総作業時間は225分から147分に短縮され、全体の作業能率は約35%向上すると試算される。作業能率の向上効果は圃場の形状、機械の使用条件等により変動するが、運搬装置により作業能率は最大35%向上すると推定された。

表3-86 収穫作業シミュレーションによる比較

区分	ロールベール		ベールラップ	
	片側搬出法	両側搬出法	片側搬出法	両側搬出法
運搬装置なし				
積算運搬距離	—	—	3,000m	1,500m
必要作業時間	136分	136分	317分	225分
運搬装置あり				
積算運搬距離	—	—	1,601m	324m
必要作業時間	136分	136分	223分	147分

注) 表中の積算運搬距離は、ロールベールで荷降ろしした後にベールラップで運搬に要する距離の積算値である。

(3) 圃場試験での作業時間解析

検証試験は、運搬装置あり及びなしの場合について、両側搬出法を対象に行った。運搬装置ありの場合では、面積・収量条件等は前述のシミュレーションと同一とした。これに対して運搬装置なしの場合については、面積82a(125m×66m)の晩期移植の圃場とした。この場合、単位面積収量や単位面積あたりのロールベール数が大きく異なり、このことが作業能率に影響する。従ってここでは単位面積当たりの作業時間ではなく、ロールベール1個当たりの処理時間により作業能率の比較を行った。

作業能率の比較結果を(表3-87)に示す。いずれの場合も、実作業では機械調整等の時間が含まれるため、作業能率はシミュレーションに対してやや劣る結果となった。これらのなかで、運搬装置なしの場合のロールベールの作業能率については、検証試験の結果(5.23分/個)がシミュレーション(2.83分/個)に対して著しく劣る結果となった。この値は、運搬装置ありの場合の検証試験(3.06分/個)に対しても劣る結果である。ロールベールの作業能率は、理論的に運搬装置の有無に関係しないことから、5.23分/個という作業能率は、晩期移植のために単位面積収量が低くなり、1つのロールベールを生成するのに要する刈り取り距離が長くなるためと考えることができる。

また、ロールベールとベールラップが並行して作業を進める場合、全体の作業時間は作業能率の低い作業機(表中の*印)によって決まると考えられる。この場合に全体の作業時間を決定づける

のは、特に収量が低い場合を除き、ベールラップである。ベールラップの作業能率は運搬装置なしで5.16分/個であるのに対し運搬装置ありでは3.31分/個となり、運搬装置を用いることによる作業能率向上効果は、35.9%と算出される。シミュレーションでの推定値が35.0%であることから、検証試験とシミュレーションでは結果がほぼ一致したと認められ、運搬装置の使用により全体の作業能率が向上することが示された。

表3-87 検証試験との作業能率の比較（両側搬出法）

区 分	実収量 (kg/10a)	ロール ベール数 (個/10a)	ロールベールの 作業能率		ベールラップの 作業能率	
			(分/10a)	(分/個)	(分/10a)	(分/個)
運搬装置なし						
シミュレーション	1,996	10.4	29.4	2.83	48.7	4.69*
検証試験	1,353	7.5	39.0	5.23*	38.1	5.16
運搬装置あり						
シミュレーション	1,996	10.4	29.4	2.83	31.7	3.05*
検証試験	1,996	10.4	31.8	3.06	30.6	3.31*

注) 検証試験には46～82aの区画を供試した。収穫時の土壌硬度は、円錐貫入抵抗で0.26～0.27MPa(深さ0～15cmの平均)であった。検証試験の作業能率には機械調整等の時間を含む。表中の*印は作業全体の能率を決定する要因を示す。

4. 摘要

飼料イネ用ロールベールを基軸とする収穫・調製作業の能率を向上するために、ロールベール運搬装置を開発した。本装置は、ロールベールの後部に装着し、刈り取り・梱包作業時でもロールベール1個を運搬することができるものである。本装置は、トワイン結束後に機外放出されるロールベールを受け止めて運搬できるとともに、特別の動力を要することなく半自動の荷降ろしが可能な簡易な構造を有している。本機を用いれば、ロールベール本来の作業能率を低下させることなく、圃場内でのロールベール収集時間の短縮が可能である。作業時間シミュレーション及び実圃場での作業時間解析の結果、収穫・梱包・密封までの圃場内作業全体の能率が最大35%向上することが示された。

引用文献

- 1) 石川哲也 (2004) 飼料イネの低コスト栽培技術. 畜産の研究 58(9), 947-951.
- 2) 元林浩太・湯川智行・高畑良雄 (2005) 飼料イネ収穫作業における作業時間の解析 (第2報) - 専用収穫機を基軸とする作業体系の比較 -. 農機学会2005年度関東支部大会講要, 44-45.
- 3) 元林浩太・湯川智行・小島誠 (2007) 飼料イネ専用収穫機体系の作業能率向上のためのシミュレーション. 農作業研究 42(2), 121-133.
- 4) 根本 博 (2004) 飼料イネの新品種と特徴. 畜産の研究 58(8), 848-852.
- 5) 浦川修司・吉村雄志 (2003) 自走式飼料イネ用収穫調製機械の効率的作業方法. Grassland Science 49(4), 413-418.
- 6) 浦川修司 (2004) 飼料イネ収穫・運搬の機械体系. 畜産の研究 58(9), 952-956.
- 7) 吉田宣夫 (2002) 稲発酵粗飼料研究の現状と展望(4) 稲発酵粗飼料の収穫と調整. 農業技術

- 57(9), 423-427.
- 8) 湯川智行・佐々木良治・元林浩太(2004) 飼料イネの営農現場における実証栽培試験と問題点. 日本作物学会紀事 73(別1), 32-33.
 - 9) Yukawa, T., K. Motobayashi, M. Kojima(2006) Current studies on whole crop rice cultivation in Japan. Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Whole Crop Rice for Feed,726.
 - 10) 全国飼料増産行動会議(2006) 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 25-27.

(6) フレール型飼料イネ用ロールベアラの乳酸菌散布装置の自動化

Automatic Control of a Lactic Acid Bacilli Sprayer
for a Flail Type Rice Whole Crop Harvester

元林浩太・湯川智行^{*1)}
(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Kota Motobayashi and Tomoyuki Yukawa^{*1)}
(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

飼料作物のロールベールサイレージ調製において、高い発酵品質と長期安定性を達成するためには、収穫・調製過程で梱包密度を高めてラップサイレージ内の空気量を少なくするとともに、乳酸菌溶液等の資材を添加することが有効である¹⁾。飼料用イネは飼料作物のなかでも特に茎が堅い中空構造であり、牧草等と比較してラッピング後に保持される空気量が多いため、劣質な発酵パターンによる腐敗・異臭の発生など品質の低下を招きやすい。このため、飼料用イネのロールベールサイレージ調製では、収穫後の早期密封・加重⁶⁾とともに優良乳酸菌等の添加による高品質化⁴⁾が重要である。特に近年では稲発酵粗飼料用の乳酸菌「畜草1号」が開発され²⁾、稲発酵粗飼料の生産現場で広く使われ始めている。

一方近年、飼料用イネをダイレクト収穫する機械として、クローラ型の走行装置を持ち軟弱な湿田でも作業が可能な自走式の飼料イネ用ロールベアラ（以下ロールベアラ）が実用化された。このロールベアラは、刈り取り部の形状の違いからコンバイン型（T社等）とフレール型（Y社等）に大別され⁷⁾、それぞれについて刈り取りと同時に対象作物に乳酸菌溶液（以下、溶液）を添加する専用の散布装置も開発・市販化されている。これらのうちフレール型のロールベアラは、飼料用イネや麦のみならず牧草やソルゴの収穫が可能であるとともに、圃場で予乾したワラの収集もできるなど広い汎用性がある³⁾。このフレール型ロールベアラ用の乳酸菌散布装置⁵⁾は、機体の刈り取り部前方の作物（材料草）に溶液を機体外で散布する構造であるが、実際の生産現場では散布ノズルの容量及び装置駆動の断続方法の煩雑さ等から実際の散布量が過多となる問題があった。そのため、資材の消費量を節減してコストを低減できる簡易な制御装置の開発・実用化が求められていた。

そこで本研究では、収穫される飼料用イネに溶液を効率的に噴霧・添加するとともに、操作を自動化して煩雑な操作を軽減しつつ無駄な溶液の散布を抑制することを目的に、フレール型のロールベアラに搭載する散布制御装置を開発し、現地営農試験地での圃場試験によりその実用性を検討した。

現在は、*1)農業・食品産業技術総合研究機構本部。

2. 材料と方法

1) 既存技術について

フレール型のロールペーラ用に市販されている乳酸菌散布装置（Y社NS1400、純正オプション）は、溶液タンク、ギヤポンプ、噴霧ノズル、リミットスイッチ、スイッチボックス等で構成され、刈り取りと同時に対象作物に溶液を散布するものである。スイッチボックスでは、「刈り取り連動散布」、「連続散布」、「停止」の3つの状態を選択できる。これらのうち「刈り取り連動散布」は、刈り取り機構の駆動を断続するクラッチレバー部に取り付けたリミットスイッチにより、刈り取り機構の駆動・停止と連動して自動的に溶液を散布・停止することができる。このため、走行しながら刈り取り・成形を行う間は溶液を散布し、ロール成形室が満量になった後に走行を停止してトワイン結束及びロールペール放出の間は、刈り取り機構を停止すれば溶液の散布も停止することができる。しかし実際の生産現場では、トワイン結束・ロールペール放出の都度刈り取り機構を停止することは希であり、常時刈り取り機構を駆動したまま運用する場合が多い。このため、刈り取りを行っていない状態でも散布ノズルから溶液が噴霧され、さらに製品に同梱される2種類の噴霧ノズル（2.2L/min×5連、及び1.4L/min×5連）は実際の収穫量に対して容量オーバーであることもあり、資材を浪費する傾向を招いていた。

2) 散布制御装置の作成

本研究では、既存技術のリミットスイッチに加えて新たに2つのリミットスイッチを用いて簡易な自動制御回路を試作し、正に刈り取り中にのみ溶液を散布・添加する散布制御装置を開発するとともに、資材の節減効果について検証を行った。

具体的にはまず、実際の生産現場における飼料用イネの実収量やロールペーラの作業速度等の分布を調査して、装置に求められる適正な噴霧量の範囲を算出した。次に、この適正噴霧量を実現できる装置構成を検討するとともに、結束・排出時や移動・旋回時など材料草が供給されない時には散布も自動で停止する簡易な自動制御装置を開発した。そして、現地営農試験地の大区画圃場において開発機を供試した圃場試験を行い、溶液の散布性能及び溶液の利用効率などを調査した。

なお、供試ロールペーラはフレール型の刈り取り部とスチールローラによる定径式の成形室を持つロールペーラ（Y社YWH1400A、機関出力42.7kW、図3-62）であり、供試乳酸菌は近年製品化され高水分材料でも高い発酵品質と長期貯蔵性が得られる稲発酵粗飼料専用乳酸菌「畜草1号」（図3-63）とした。



図3-62 純正の乳酸菌散布装置を装備した
飼料イネ用ロールベアラ



図3-63 供試乳酸菌製剤「畜草1号」

3. 結果と考察

1) 適正噴霧量の算出

供試した乳酸菌製剤「畜草1号」は粉末50gの密封ラミネート袋入りで、これを20Lの水に溶かして材料草10tに噴霧するものとされている。すなわち、生草収量が3,500kg/10aであれば必要散布量は7L/10aとなり、作業幅1,400mm、作業速度1.0m/sのときに散布装置に要求される能力は0.59L/minとなる。しかし実際の生産現場では、栽培様式、播種量、水管理やオペレータの熟練度等により、収量や作業速度が大きく変動する。すなわち、調査した現地営農試験地では生草収量は2.0~3.5t/10a、作業速度は0.4~1.0m/sの範囲で様々に変動した。従って、あらゆる状況に適応するために必要な噴霧能力は0.15~0.60L/minと算出されるが(図3-64)、ここでは一般的な作業速度である0.6m/s程度を想定し、噴霧ノズルには流量0.59L/min(圧力0.3MPa)のフラットタイプ1連、噴霧ポンプには最大吐出量300mL/minの定容量ポンプを選定した。なお、散布装置の基本構造は、純正オプション品と同様に刈り取り部の前方に溶液を噴霧する方式である。

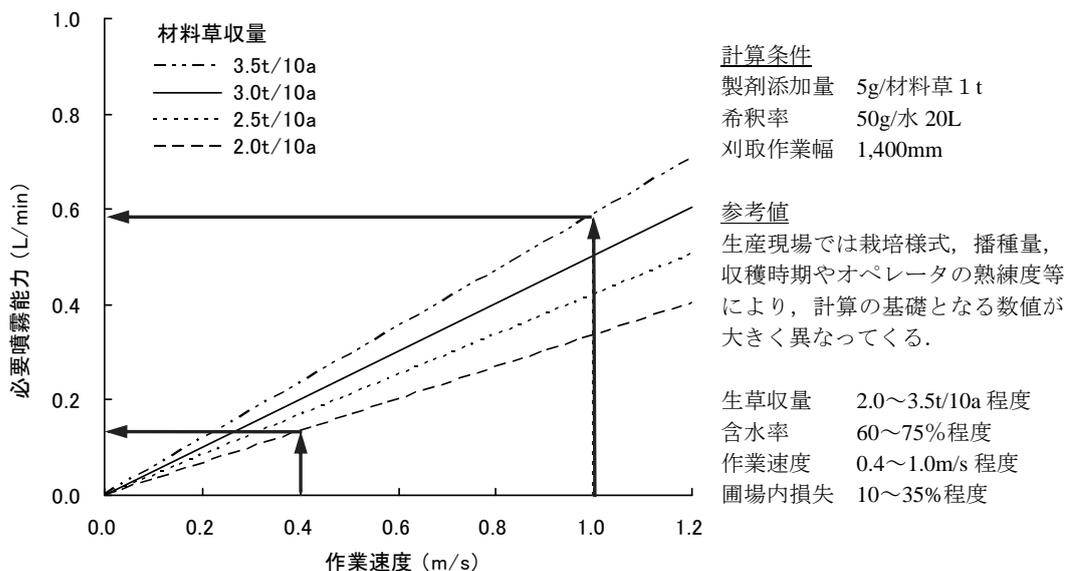


図3-64 「畜草1号」での適正噴霧量の算出

2) 乳酸菌溶液散布装置の構成

(1) 基本部

開発した乳酸菌溶液散布装置は、基本部と制御部で構成され（図3-65）、基本部は、電源装置、溶液タンク、噴霧ポンプ及び噴霧ノズルからなる。基本部には自動的に散布を断続する制御機能は無いが、基本部だけで溶液の散布は可能である。従って、応急時には2つのコネクタを接続し直すだけで直ちに制御部をバイパスして作業を継続することができる。

電源装置及び噴霧ポンプは当初、定容量ポンプ（駆動電圧AC100V、定格出力65W、最大吐出量500mL/min）を駆動するためにガソリン発電器（出力AC100V-9A）を搭載していた。しかし、後に取り扱い性の向上のために、低出力で溶液タンクと一体になった定容量ポンプ（AC100V-10W、最大吐出量300mL/min）を採用し、ロールベアラの運転席前方に設置した。これに併せて電源装置も小型のインバータ（出力AC100V-300W）としたため、電力供給はロールベアラのバッテリーから得られるようにした。

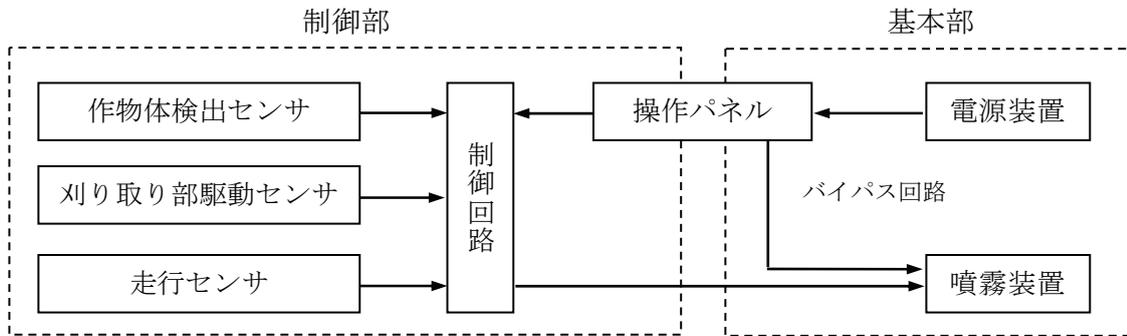


図3-65 乳酸菌散布装置の基本構成

(2) 制御部

制御部は、作物体検出センサ、刈り取り部駆動センサ、走行センサ及び制御回路で構成されており、操作パネルを有する筐体（コントロールボックス）により制御部と基本部が接続されている。制御部では、自動制御による散布と強制散布が選択できる。基本部を含めた全体の回路詳細図を（図3-66）に、コントロールボックス内の実体配線の例を（図3-67）に示す。

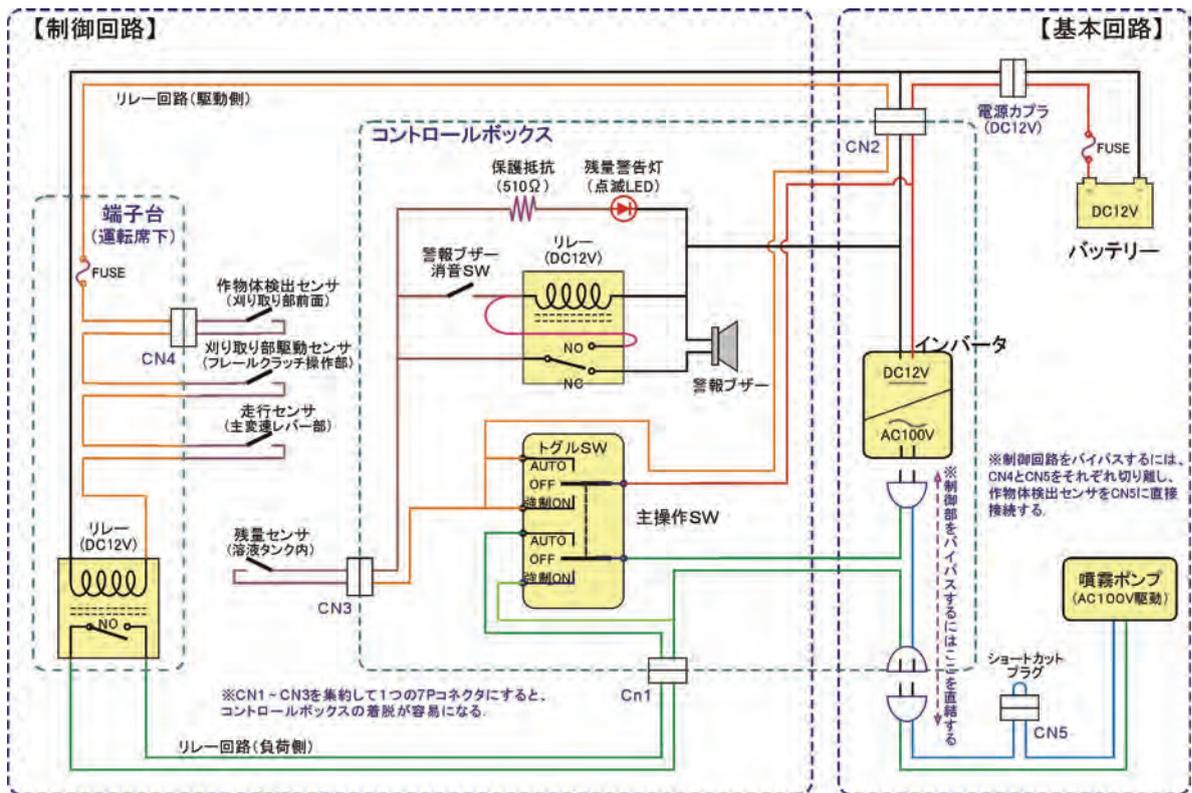


図3-66 乳酸菌溶液散布装置の制御回路の詳細図

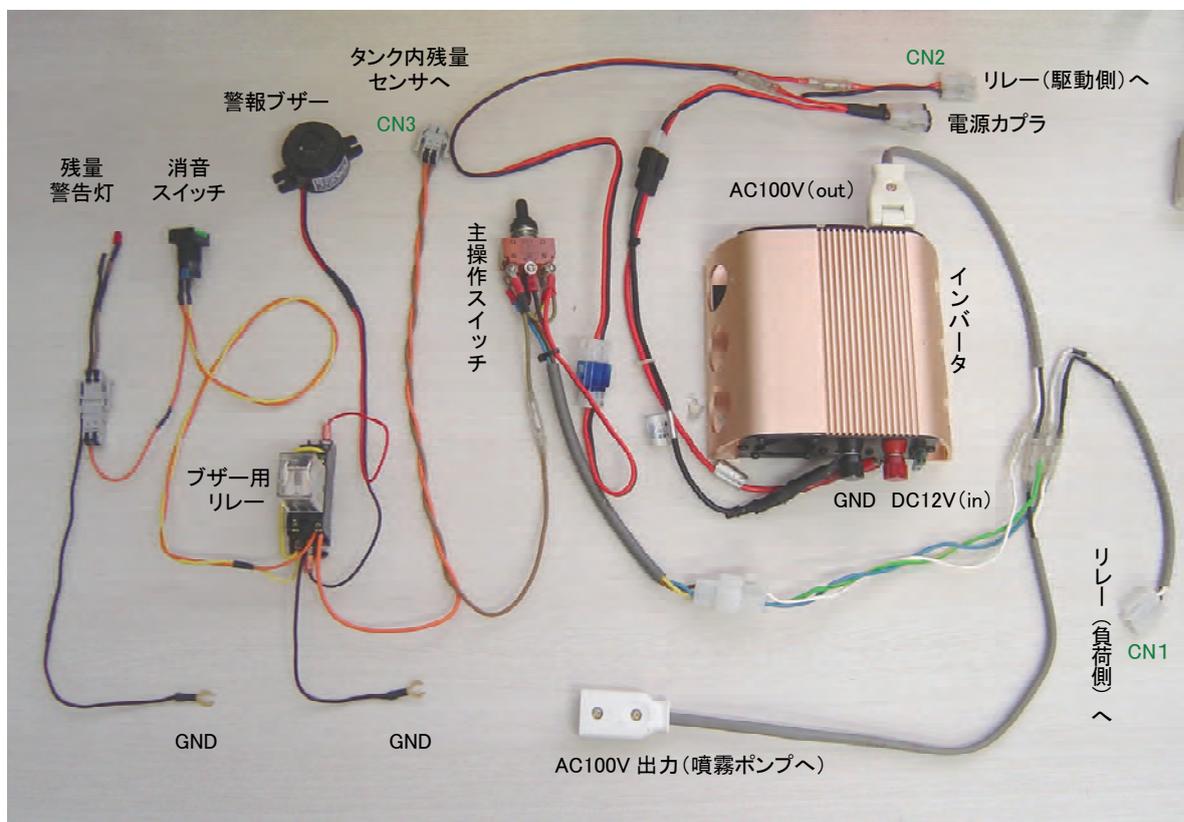


図3-67 コントロールボックス内の実体配線の例

a) 作物体検出センサ

作物体検出センサは、刈り取り部の前面すなわちロールベアラの機体前面に設置され、機体前面の刈り取り対象物（作物）の有無を検知するセンサである。光センサ等の利用も考えられるが、ここでは簡易な方法として、振り子状に前後方向に作動する振り子バーとこれに接するリミットスイッチで構成した。ロールベアラが前進して刈り取り対象作物に接すると、振り子バーは作物により後方に押しされ、押しボタンスイッチの受感部を押してスイッチが入る機構である。後退や移動・旋回時等の刈り取り部の前方に作物がない時は、振り子バーは自重で垂直位置に戻りスイッチは切れる。

この振り子バーは、当初は幅30cmの逆T字型のものを進行方向左側に寄せて設置した。一般の刈り取り作業ではこれで十分であったが、刈り取りの最終行程等で作物列の幅が狭くなる場合や、作物列に対して逆オフセット（機体が左側に偏って進行）する作業にも対応するために、幅110cmの全面型の振り子バー（図3-68）に変更した。なお、振り子バーの支点は静止状態で圃場面から高さ73cm、振り子バーの接触部分（横バー）は同32cmである。



図3-68 乳酸菌散布装置の外観

b) 刈り取り部駆動センサ

刈り取り部駆動センサは刈り取り装置の駆動・停止を検知するもので、既存技術（純正オプションの乳酸菌散布装置）と同様に、刈り取り部の駆動を断続するクラッチレバーに連動するリミットスイッチである。ここでは、試作した取り付けステーに市販の汎用リミットスイッチを固定した（図3-69、3-70）。しかし、スイッチの機能は既存技術と同一であり、ロールベアラには専用の取り付け穴も準備されていることから、メーカー純正部品が入手可能であればそれを利用してよい。



図3-69 運転席周辺のセンサ取り付け位置

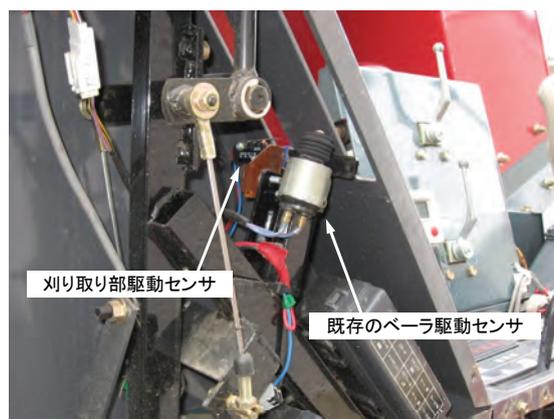


図3-70 刈り取り部駆動センサの取り付け状態

c) 走行センサ

走行センサは、機体が前進しているか否かを検知するものである。ここでは、市販の汎用リミットスイッチを主変速レバーに連動するように、取り付けステーを試作して固定した（図3-71）。すなわち、機体が前進する時のみスイッチが入り、停止時及び後進時にはスイッチが切れるようにした。

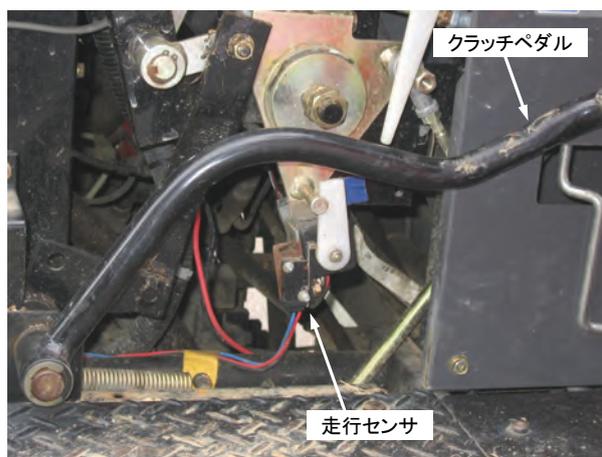


図3-71 走行センサの取り付け状態

d) 制御回路

制御回路は、上記3つのセンサの状態に応じて散布装置の電源回路をON/OFFするものである。マイコン等を活用した電子回路でも可能であるが、ここでは最も簡易な方法として、リレーによる回路を構成した。すなわち、リレーの駆動側には上記の3つのセンサスイッチが直列に接続され、負荷側には噴霧ポンプの電源回路を接続した。従って、全てのセンサスイッチがONの時、すなわち、機体の前方に作物があり、刈り取り部が駆動され、機体が前進している時のみリレーが駆動され、その結果、負荷側の回路が通電して散布装置が駆動される。

e) 操作パネル

運転席にあるコントロールボックスの上面は操作パネル（図3-72）になっている。操作パネルにある主操作スイッチでは、「AUTO（自動散布）」、「強制ON（強制散布）」、「OFF（切）」の3つの状

態が選べる。「AUTO」では、3つのセンサが全てONの時にのみ資材が散布される。「強制ON」では、制御回路を全てバイパスするものとし、センサや制御回路が故障した際にも溶液の散布が可能である。

また、操作パネルには残量警告灯と警報ブザーを設置した。これらは、溶液タンク内の残量が一定以下になったときにフロートスイッチにより作動するものである。警告灯には赤色点滅LEDを採用して視認性を高めるとともに、警報ブザーを一時的に解除する「消音」スイッチを設けた。この「消音」スイッチは、ブザーが鳴っているときにボタンを押すと一旦消音し、タンク内に溶液が補充されると自動的にリセットされる方式とした。

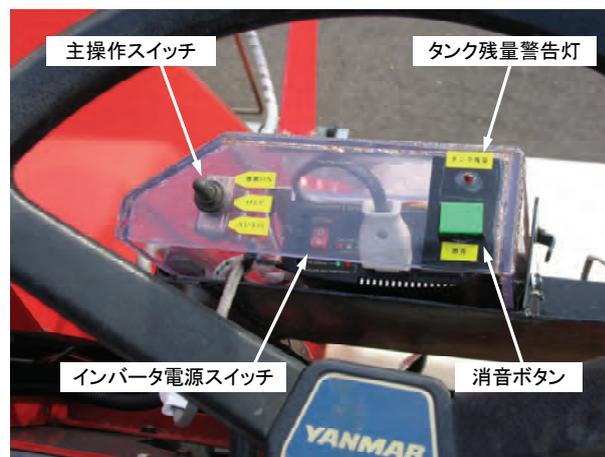


図3-72 運転席の操作パネル

3) 作業モード

開発した乳酸菌溶液散布装置では、主操作スイッチを「AUTO」にすると自動モードとなり、3つのセンサを利用した溶液散布のON/OFFが可能となり、この場合、特別な操作をすることなく作物を刈り取っているときのみの溶液散布が可能である。すなわち、刈り取り部を駆動しながら圃場内を移動・旋回する時（作物体検出センサがOFF）や、刈り取り経路上で成形室が満量になって停止しトワイン結束・放出する時（主変速センサがOFF）等には、噴霧ポンプは自動的に停止する。

また主操作スイッチを「強制ON」にすると、3つのセンサの状態とは無関係に溶液が噴霧される。これはセンサやリレーの異常時に回路をバイパスして強制的にポンプを駆動するものである。このモードでは溶液が常時噴霧されるため、溶液の浪費を低減するためには頻繁なスイッチ操作が必要となる。この強制散布モードは、あくまでもセンサ類故障時の緊急回避手段である。

さらに、制御装置そのものをバイパスする方法として簡易モードを設けた。これは主操作スイッチ等の異常時に活用できる方法であり、主操作スイッチを介さず電源装置（インバータ）に直接噴霧ポンプを接続する方法である。このとき、回路の途中にあるショートカットプラグを作物体検出センサに繋ぎ換えることで、同センサのみを活用した噴霧の断続が可能となる。作物列のなかで一時的に停止したような場合には振り子バーが押されればなしになるため噴霧を停止できないが、作物列から出て移動・旋回する場合には噴霧を自動的に停止することができる。

以上の他にバッテリーと噴霧ポンプの間の電力回路には、容易に取り外し可能な電源カプラと、インバータ内蔵の主スイッチがある。各スイッチ類の状態と駆動ポンプ、残量警告灯の動作チャー

トは(表3-88)に示すとおりである。

表3-88 乳酸菌散布装置の動作チャート

名称	電源カプラ	インバータ スイッチ	主操作 スイッチ	刈り取り部 駆動センサ	主変速 センサ	作物体 検出センサ	噴霧ポンプ の動作	タンク残量 警告灯	
系統	DC12V	DC→AC	2系統並列	DC12V	DC12V	DC12V	AC100V	DC12V	
作業時	自動モード	ON	ON	AUTO	○	○	○	駆動	有効
		ON	ON	AUTO	○	○	×	停止	有効
		ON	ON	AUTO	○	×	○	停止	有効
		ON	ON	AUTO	○	×	×	停止	有効
		ON	ON	AUTO	×	○	○	停止	有効
		ON	ON	AUTO	×	○	×	停止	有効
		ON	ON	AUTO	×	×	○	停止	有効
		ON	ON	AUTO	×	×	×	停止	有効
	非作業時	ON	ON	強制ON	無効	無効	無効 ^{注)}	駆動	有効
		ON	ON	OFF	無効	無効	無効	停止	無効
		ON	OFF	AUTO	無効	無効	○	停止	有効
		ON	OFF	AUTO	無効	無効	×	停止	有効
	格納時	ON	OFF	強制ON	無効	無効	無効	停止	有効
		ON	OFF	OFF	無効	無効	無効	停止	無効
格納時	OFF	無効	無効	無効	無効	無効	停止	無効	

注) コネクタの接続を変更すれば、「強制ON」のときでも作物体検出センサに連動した噴霧の断続ができる。

4) 作業性能と評価

大区画圃場における実証試験の結果から溶液消費量の解析を行った。試験は、自動モード、簡易モード、無制御の3つの場合について行った。すなわち、自動モードは3つのセンサを併用した場合、簡易モードは作物体検出センサのみを用いた場合、無制御は試作した装置で制御を全く行わなかった場合である。これに加えて、散布能力の適正化を行う前の既存技術による調査結果を参考値として掲げた(表3-89)。

試験を行った圃場は面積71aで、飼料用イネ品種「クサユタカ」を5/10に散播した圃場である。収穫は9/9(糊熟期)に行い、乾物実収量679DM-kg/10a、含水率59%、総ロール数9.6個/10aの圃場であった。従って、現物実収量(生草)1,668kg/10a、有効刈り取り幅1,350mm、平均作業速度0.8m/sから適正吐出量は0.22L/minと算出された。この圃場での作業時間は241分を要することから、無制御で連続散布すると溶液消費量は53Lとなる。これに対して本装置を用いた場合の実散布時間は、作物体センサのみを用いた簡易モードで195分、3つのセンサを併用した自動モードでは152分となり、停止中や旋回中に散布していた無駄な溶液消費を削減することができた。すなわち、溶液使用量はそれぞれ42.9L、33.4Lとなり、無制御に対して19.1%、36.9%の節減効果が得られた。以上から、本装置の自動制御機能により乳酸菌溶液の節減効果は、無制御に対して最大37%、作物体センサのみの簡易制御に対してでも22%程度と認められ、散布能力の適正化と併せて大幅な低コスト化

が可能となった。

また、制御回路に何らかの異常が発生した場合でも、直ちにバイパス回路に切り替えて従来法と同等の作業が保証されることと、溶液タンクの残量が少なくなると警報音が鳴り、圃場外の補助者に直ちに乳酸菌溶液の補充を知らせることが出来るなど、生産現場での使用に耐える実用性を有することが示された。

表3-89 各モードでの作業性能の比較

動作モード	条件の詳細	噴霧時間	溶液消費量	製剤使用量
自動モード	作物体検出センサを含む3つのセンサ (噴霧=刈り取り時のみ)	152min	33.4 L	83.4 g
簡易モード	作物体検出センサのみ (噴霧=刈り取り+梱包・排出時)	195min	42.9 L	107.3 g
無制御	センサ類無しで常時噴霧 (噴霧=刈り取り+梱包・排出+移動・巡回時)	241min	53.0 L	132.5 g
参考値	センサ類無しで常時噴霧, 噴霧量適正化前 (噴霧=刈り取り+梱包・排出+移動・巡回時)	241min	337.3 L	843.2 g

注1) 試験面積は 71a, 供試品種は「クサユタカ」, 播種日は 5/10(背負い動散により湛水直播), 収穫日は 9/9(糊熟期), 乾物実収量は 679DM-kg/10a, 含水率 59%, ロール数 9.6 個/10a である。

注2) 散布装置の動作時間は, 圃場試験の作業時間解析の結果から, 刈り取り時間, 梱包・結束時間, 巡回・移動時間, 調整・補給時間等を抽出して求めた。

注3) 溶液消費量は, 圃場試験での実測値(生草収量1,668 kg/10a, 有効作業幅1,350mm, 作業速度0.8 m/s)から得られた適正噴霧量 0.22 L/minにより算出した。

4. 摘要

飼料イネのロールペールサイレージ調製において、高い発酵品質と長期安定性を達成するためには、乳酸菌などの液剤を添加することが有効である。そこで、飼料イネ用ロールペーラに搭載し、収穫される材料草に乳酸菌溶液などを散布する液剤散布装置を開発した。開発した装置は、タッチセンサ、噴霧ノズル、定量ポンプ、薬液タンクなどで構成される。タッチセンサは振り子状のタッチバーを機体前方に設置したもので、刈り取り作業中にはこのバーが作物に当たって後方に押されてマイクロスイッチを押す構造である。これに加えて、変速レバー部とフレールクラッチレバー部にもマイクロスイッチを組み込み、刈り取り作業中のみ薬液を散布する簡易な自動化回路を構成した。圃場試験の結果、自動化による薬液消費量の節減効果は約22%となった。

引用文献

- 1) 蔡 義民(2004) 飼料イネサイレージの高品質調製と貯蔵管理. 畜産の研究 58(9), 957-966.
- 2) 蔡 義民(2005) 乳酸菌「畜草1号」の紹介. 牧草と園芸53(4), 1-4.
- 3) スター農機株式会社(2002) コンビネーションペーラJCB1420カタログ. 1-4.
- 4) 高野信雄(2003) 良質サイレージ調製・利用技術の実際(10). 畜産の研究 57(10), 1082-1086.
- 5) ヤンマー農機株式会社(2003) YWH1400用乳酸菌散布装置NS1400取扱説明書. 1-6.
- 6) 吉田宣夫(2002) 稲発酵粗飼料研究の現状と展望(4) 稲発酵粗飼料の収穫と調製. 農業技術 57(9), 423-427.
- 7) 全国飼料増産行動会議(2006) 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 25-27.

【付録】

自動化した乳酸菌散布装置の構成部品一覧を参考として付表に示す。各部品は実際に用いた物であるが、型式・仕様等は必ずしも同一である必要はない。また、表記価格はあくまでも参考であり、実際の価格は購入方法によって変動することがある。

付表 乳酸菌散布装置の使用部品一覧

構成部品名	メーカー名	型式等	価格		備考
【基本部品】					
定容量ポンプ	タクミナ	CSⅡ-300-VTCF-HW	117,185	B	タンク一体型(20L) AC100V, 300mL/min
同 付属品	タクミナ	ドレンコック	11,261	B	
同 付属品	タクミナ	液面計	4,607	B	
同 付属品	タクミナ	フロートスイッチ	9,214	B	
サクシオンホース	(汎用品)	VSA2-25	5,145	B	
噴霧ノズル	スプレイングシステム ムジヤパン	QMVV95015	1,500	A	小型フラットタイプ 流量 0.59L/min, 0.3MPa
インバータ	アルインコ	RC013	7,692	N	DC12V 入力
【センサ関係】					
作物体検出センサ	和泉電気	ABD-320N	1,760	C	
刈り取り駆動センサ	オムロン	D2VW-5L1-1M	420	C	シール形
走行センサ	オムロン	D2VW-5L2-1M	470	C	シール形
【操作関係】					
主操作スイッチ	日本開閉器	S-333T	770	R	ON-OFF-ON, 2極
制御用リレー	オムロン	MK2P-I	1,806	B	DC12V 用
リレー用ソケット	オムロン	PF083A-E	735	B	
端子台	東洋技研	PTU-10	45	R	10 個程度使用した
DIN レール	(汎用品)	DAV4-1000	640	R	30cm 程度使用した
【残量警告関係】					
警報ブザー	松下電工	EB1122	1,000	A	DC12V 用
ブザー用リレー	オムロン	MY2	880	C	DC12V 用
リレー用ソケット	オムロン	PYF08A-E	485	C	
消音スイッチ	和泉電気	AB6H-M1G	790	R	モメンタリスイッチ
残量警告灯	Kingbright	L-56BSRD-B	180	R	高輝度点滅 LED, 5mm
保護抵抗	(汎用品)		15	A	510Ω, 1/4W
【統合コネクタ】					
7P コネクタ	七星科学研究所	NJC-207-PF	930	R	プラグ(7P メス)
7P ソケット	七星科学研究所	NJC-207-RM	440	R	レセプタクル(7P オス)
防水キャップ	七星科学研究所	NJC-20-PCa	690	R	
【汎用資材等】					
鋼材	(汎用品)	適量			振り子バー, センサ台座, コントロールボックス架台
配線資材類	(汎用品)	適量			ケーブル, 保護材等
コネクタ類	(汎用品)	適量			カプラ, 電源プラグ等
アクリル板	(汎用品)	5mm 厚, 適量			コントロールボックス筐体
その他	(汎用品)	ねじ類, マーカー類など			

注) 価格欄の記号は, A:概算価格, B:購入価格, C:カタログ表示価格, N:インターネット, R:RSコンポーネンツ社調べを示す。

第4部 新輪作営農システムの経営的 評価と定着支援方策の構築

1) 新輪作営農システムの経営的評価

Development and Evaluation of Crop Rotation Technology of Barley
and Rice Whole Crop Silage

土田志郎^{*1)}

(中央農業総合研究センター・北陸研究センター)

Shiro Tsuchida^{*1)}

(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

中央農研・北陸研究センターは、平成15～19年度までの5ヶ年間、地域農業確立総合研究で「北陸における高品質大麦－飼料用イネ輪作システムの確立」という課題に取り組み、水田作経営の転作所得の向上と大家畜経営への安全で良質な粗飼料の安定供給を目指し、転作田における大麦－飼料用イネ輪作技術の開発を行ってきた。中でも、耕種技術に関しては、①飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作体系を確立するための飼料用イネの収穫時と大麦の播種時、大麦の収穫時と飼料用イネの作付時における作期競合回避技術の開発、②大麦と飼料用イネの品質向上・単収向上省力技術の開発の2つに焦点を当て、それに向けた試験研究に精力的に取り組んできた。

そこで本稿では、これらの研究から生まれたキーテクノロジーとそれらを組み込んだ飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作体系を取り上げ、その導入効果を経営的視点から検討するとともに、新技術に依拠した大麦・飼料用イネ生産が良質米生産地帯である北陸地域に定着するための条件について考察を加える。以下では、まず、経営評価の対象としたキーテクノロジーと飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作体系の具体的中身を紹介するとともに、経営評価の方法と評価視点について検討する。次に、開発されたキーテクノロジーと体系化技術の経営評価を行い、それらの導入効果をコスト及び収益性の側面から分析する。そして最後に、大麦と飼料用イネが耕種経営に定着するための各種条件を明らかにする。

現在は、*1)東京農業大学。

2. 材料と方法

1) 評価対象とする技術

(1) キーテクノロジー

大麦－飼料用イネの研究では、大麦の品質向上技術や安定栽培技術にかかわる研究も実施されたが、そこで得られた成果は大麦の生産規模の拡大、コストの削減、収益性の向上等に直接かかわるものではないので、本稿の経営評価においては直接的な検討対象としない。

一方、北陸地域ではこれまでほとんど生産実績の無かった飼料用イネに関しては、安定・多収栽培技術や省力生産技術にかかわる研究が行われ、生産規模の拡大やコスト削減をもたらす可能性のあるキーテクノロジーが提示された。具体的には、直播栽培による省力化と収穫作業機の改良・開発である。そこで本稿では、これらの飼料用イネ生産にかかわる個々のキーテクノロジーを部分技術として評価するとともに、それらを組み込んだ飼料用イネ－大麦－飼料用イネの2年3作体系の成立の可能性を経営全体から評価する。

(2) 想定する技術体系

評価対象とする飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作体系の具体的内容は、(表4-1)に示すとおりである。ポイントとなる主要作業を列挙すると次のようになる。

表4-1 飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作体系の主要作業

	作業	作業時期	使用機械	備考
飼料用イネ	①耕起・整地	4月下旬・5月中旬	トラクタ	
	②代かき	5月上旬・下旬	トラクタ	
	③直播播種	5月上旬・下旬	湛水条播機	条件によっては散播も可
	④施肥 (基肥)	4月下旬・5月中旬	ブロードキャスタ	追肥は葉色に応じて施肥量調整
	(追肥)	7月上旬・下旬		
	⑤水管理	5月上旬～8月下旬		
⑥収穫・ラッピング	8月15～31日, 9月21～10月5日	牧草用機械あるいは飼料用イネ専用機	5月上旬播種は8月収穫 5月下旬播種は9月収穫	
大麦	①排水対策	9月下旬～10月上旬	溝堀機	
	②耕起・整地	9月下旬～10月上旬	トラクタ	
	③播種	10月上旬		散播
	④施肥(石灰, 基肥)	9月下旬	ブロードキャスタ等	状況に応じて施肥量等調整
	(追肥)	3月中旬～4月上旬		
	⑤収穫・運搬	6月上旬	コンバイン	
⑥乾燥・調製	6月上旬			
飼料用イネ	①耕起・整地	6月中旬	トラクタ	
	②代かき	6月中旬	トラクタ	
	③直播播種	6月中旬	湛水条播機	条件によっては移植対応
	④施肥 (基肥)	6月中旬	ブロードキャスタ	追肥は葉色に応じて施肥量調整
	(追肥)	8月下旬		
	⑤水管理	6月中旬～9月上旬		
⑥収穫・ラッピング	10月上旬	飼料イネ専用機		

まず、1作目の飼料用イネ生産では、飼料用イネ専用品種を湛水条播（条件によっては湛水散播も可）により直播する。肥培管理は基肥と追肥を組み合わせ、原則として防除は行わない。除草は初期一発処理剤のみの散布である。飼料用イネの収穫は、糊熟期から黄熟期にかけて行い、飼料用イネ専用収穫機または牧草用収穫機を使用する。

次に、飼料用イネの収穫が完了した圃場に大麦を散播する。大麦の栽培管理はJ A等の栽培指針に従い、基本技術の励行に努める。収穫作業は水稲用の自脱型コンバインを用いて行う。

3作目となる飼料用イネは、大麦収穫の終了後に直播または移植で対応する。収穫までの栽培管理作業と収穫作業については、1作目の飼料用イネとほぼ同様に行う。3作目の飼料用イネの後は、再び一般水稲に戻す。

(3) 新技術の導入を想定する生産モデル

飼料用イネや大麦の効率的生産を担う経営は、一定規模以上の経営耕地を有した水田作経営でなくてはならない。両作物が転作を前提として導入される可能性の高いことを考慮するならば、30%の転作率の下では少なくとも20~30ha以上の経営耕地を有する経営が新技術の導入主体ということになる。もちろん、複数の小規模水田作経営が相互に協力し、全体としてこれ以上の経営規模が確保されるような協業化を行うならば、そうしたケースでも新技術に依拠した飼料用イネや大麦の生産を行うことは可能である。

また、飼料用イネで想定する2つの収穫作業方式の関係で、飼料用イネ—大麦—飼料用イネ2年3作では、耕種経営が全作業を単独で行う生産方式と、耕種経営と畜産経営が協力して作業を行う生産方式の2つが考えられる。前者は、大麦生産と飼料用イネ生産の播種から収穫までの全作業を耕種経営が行うもので、「耕種経営完結型飼料用イネ生産モデル」と呼ぶことができよう。また後者は、大麦の播種から収穫までと飼料用イネの播種から栽培管理までの作業を耕種経営が担当し、飼料用イネの刈り取りを畜産経営が担当することを基本とする、「耕畜連携型飼料用イネ生産モデル」と呼ぶことができる。

2) 経営評価の方法

(1) 方法

ここでは、開発された新技術の部分評価とそれらの技術を組み込んだ飼料用イネ—大麦—飼料用イネ2年3作体系の全体評価を行う場合の評価方法について簡単に説明しておく。

まず、キーテクノロジーである飼料用イネの直播栽培技術と収穫作業技術の評価では、作業時間、作業負荷、収量・品質、コスト等に及ぼす影響の視点からその導入効果を検討し、それぞれの技術の有効性を個別に評価する。飼料用イネの直播栽培技術については、北陸地域で多く見られる湛水条播と湛水散播の有利性比較を行った上で、直播栽培と移植栽培の有利性比較を行う。収穫作業技術に関しては、飼料用イネ収穫の各種作業機の効果的組み合わせについて検討した後に、飼料用イネ専用収穫機利用と牧草用収穫機利用の有利性比較を行う。

次に、キーテクノロジーを組み込んだ飼料用イネ—大麦—飼料用イネ2年3作体系の全体評価では、以下の3点を十分考慮した上で、飼料用イネと大麦を水田作経営に導入した場合の経営全体にもたらす諸効果を数理計画モデル等を用いて評価する。

a) 飼料用イネの収穫時期と大麦の播種時期との関係が両作物の収量・品質に及ぼす影響

飼料用イネの可消化養分総量(TDN)を高めようとする、収穫は糊熟期ではなく黄熟期にしな

くはならない。また、飼料用イネの作付面積が増加すると収穫期の分散も考える必要がでてくる。このため、後作の大麦播種日もこれらの影響を受け、結果として大麦の単収・収量にも影響が及ぶ。一方、飼料用イネの収穫時期は、畜産経営に提供する稲発酵粗飼料の栄養価やTDN量に影響する。

b) 大麦後の飼料用イネの栽培方法

大麦収穫が6月上・中旬頃になることに加え、北陸地域では10月以降の晴天確率が次第に低下することから、後作の飼料用イネを直播で行うのか、移植で行うのかが問題になる。省力化による低コスト生産を目指す立場からは、直播の採用が考えられるが、6月上旬に播種してどの程度飼料用イネの収量が期待できるかが判断のポイントとなる。

c) 導入対象として想定する水田作経営の経営規模と機械施設装備水準

大麦と飼料用イネのコストと収益性は、両作物の作付規模や共用利用できる機械施設の有無等によって変化する。このことは、大麦と飼料用イネの導入対象経営として想定される水田作経営の経営耕地規模や機械施設装備の内容によって、飼料用イネ－大麦－飼料用イネ2年3作のコストと収益性が影響を受けることを意味する。

(2) 使用データ

新潟県の長岡市と上越市に設定した営農試験地から得られた調査データ及び関係研究チームの試験研究データ等を用いて経営評価を行う。営農試験地における2つの試験協力経営の経営概要は次のとおりである(表4-2)。

長岡市のK生産・転作組合は、経営耕地が60haで、65戸の兼業農家が参加している集落営農型の協業経営組織である。基盤整備済みの大区画水田と大型機械を用いて効率的な稲・大麦・大豆・飼料用イネ生産が行われている。試験栽培されている飼料用イネは、5月上旬に湛水条播され、8月下旬から9月上旬頃に収穫される。播種からラッピングまでの全工程をK生産・転作組合が行う耕種経営完結型の飼料用イネ生産モデルである。

他方、上越市のO経営は、23haの経営耕地を有する家族経営である。稲・大麦・飼料用イネ栽培に加え、水稻の作業受託を行っている。O経営の場合も、圃場整備の完了した大区画水田で大型機械を使用して効率的な稲・大麦・飼料用イネ生産を実践している。飼料用イネは直播と移植の2方式で栽培され、飼料用イネの栽培管理はO経営が行い、収穫・ラッピング作業は近隣の酪農経営が担当する耕畜連携型の飼料用イネ生産モデルである。

表4-2 営農試験協力経営の経営概況

分析対象	K生産・転作組合 (耕種経営完結型:長岡市)	O経営(耕・畜連携型:上越市)
経営形態	集落営農(65戸)稲作は法人・転作は任意組織	家族経営(家族2名, 雇用1名)
経営耕地(ha)	構成員所有地60(基盤整備済み大区画圃場)	自作4.7, 借入18.3(基盤整備済み大区画圃場)
主要機械	トラクタ3台, 田植機(8条)3台, コンバイン(4~5条)4台, 大豆コンバイン(2条)1台	トラクタ3台, 田植機(6条)1台, コンバイン(5条)1台
部門構成(ha) (3ヶ年平均)	水稻:41.2 大麦:11.0 大豆:5.2 飼料用イネ:2.3(育苗・乾燥調製はJA委託)	水稻:14.5 水稻作業受託:3~9 大麦:1.7 飼料用イネ:6.7
飼料用 イネ	生産主体	作付け~ラッピングまで耕種経営担当
	栽培方法	湛水土中条播直播, 飼料用イネ専用機収穫
		作付け~栽培管理まで耕種経営担当
		湛水土中条播直播と移植, 牧草用機械収穫

注) 平成17年時点の経営概況。

3. 結果と考察

1) 飼料用イネ・大麦生産技術の経営評価

(1) 飼料用イネにかかわる技術の部分評価

a) 湛水土中条播と湛水表面散播の評価

現地営農試験では、湛水土中条播と湛水表面散播の2つの播種法について試験を行ったので、ここでは両者の特徴を比較・検討する。

背負式動散を用いた湛水散播は、10a当たり作業時間が短く、機械費や資材費も少ないため、湛水条播よりも低コストになる(表4-3)。しかし、出芽・苗立ちが条播に比べやや不安定で、鳥害や雑草害も発生しやすい。さらに、動散を背負っての圃場内歩行に伴う作業負荷は、作業者にとってかなりの負担となる。特に飼料用イネの作付けが増えるほど、作業負荷の大きさが問題になる。したがって、10a当たり数千円程度のコスト差はあるが、本格的な直播飼料用イネ生産を行う場合は湛水条播が基本技術となろう。実際、営農試験協力経営のK生産・転作組合とO経営では、湛水条播による飼料用イネ生産を選択している。

表4-3 湛水土中条播と湛水表面散播の比較

	湛水土中条播	湛水表面散播
(1) 使用機械	田植・直播兼用機(6条)	背負式動力散布機
(2) 作業人数	オペレータ1, 補助者1	オペレータ1, 補助者1
(3) 圃場作業時間	25(～30)分/10a(オペレータ作業時間は13(～15)分/10a)	10(～20)分/10a(オペレータ作業時間は5(～10)分/10a)
(4) 作業負荷	湛水散播より作業負荷は小さい。	作業者の感想: 半日程度の作業であれば大丈夫だが、1日中となるとかなり休憩時間入れないとたない(K生産・転作組合)。
(5) 使用資材	種籾8kg(あと2kg程度削減可)/10a(カルパーは1倍重粉衣)	種籾8kg/10a(カルパー無)
(6) 鳥害・雑草害	散播に比べて防止しやすい。	条播に比べて防止しにくい。
(7) 費用(差ある費目)	O経営と同様、水稲14.5ha, 飼料用イネ6.7haの作付けを想定。	O経営と同様、水稲14.5ha, 飼料用イネ6.7haの作付けを想定。
① 種苗費	8,861円/10a(カルパー粉衣含む)	4,200円/10a
② 労働費	670円/10a(1,595円×0.42)	271円/10a(1,595円×0.17)
③ 燃料費	92円/10a(140円×0.66)	28円/10a(140円×0.2)
④ 新たな機械費負担	1,343円/10a(直播用アタッチメント追加費用約50万円)	(動散は一般水稲等で利用しているので新たな負担はなし)
計	10,966円/10a	4,499円/10a

注1) 営農試験協力経営のK生産・転作組合(長岡市)とO経営(上越市)から得られたデータ。

注2) 湛水条播機をJA等からレンタルする場合は、10a当たり3500円程度の費用がかかる。

b) 移植と直播（湛水土中条播）の評価

食用イネ生産では、直播栽培を導入することによって移植栽培だけの場合よりも水稻の作付規模が拡大でき、コンバインや乾燥・調製施設も含めた機械・施設全体の10a当たりコストの軽減が可能になる。しかし、食用イネ用のコンバインや乾燥・調製施設を共用することのない飼料用イネ生産の場合、直播栽培の導入は必ずしも機械費の負担軽減につながらない。直播栽培では労働費は10a当たり5,000円程度低下するが、ケースによっては、機械利用費と諸材料費が移植栽培に比べて高くなり、全体としての10a当たりコストは移植栽培を上回ることもある（表4-4）。ただし、飼料用イネの作付規模が大きい場合、両者の差はそれほど大きくはない。したがって、食用イネを移植栽培で行っていて飼料用イネの作付面積が少ない場合は、新規投資の不要な移植栽培の方が導入されやすい（湛水条播機を低料金で利用できる場合、直播播種量や酸素発生剤の粉衣費用を想定値よりも低減できる場合を除く）。しかし、飼料用イネの作付面積が大きい場合は、移植と直播の作業負荷の違いや作業競合回避効果の違いなども考慮した上で、経営資源の賦存量や当該経営の作物・品種構成からみて経営全体の収益性が向上するように、移植栽培と直播栽培の選択を行うのが望ましい。一般に、作付規模が拡大するに従って直播栽培導入の可能性が高まると言えよう。

表4-4 移植と直播（湛水土中条播）の比較

	移植	直播（湛水土中条播）
(1)使用機械・施設	田植機（6条）、育苗施設 （一般水稻も移植）	田植・直播兼用機（6条） （一般水稻は移植）
(2)移植・播種作業者	オペレータ1、補助者1、苗運搬1	オペレータ1、補助者1
(3)労働時間（播種・育苗～栽培管理）	5.98時間/10a（購入苗を利用すると4.07時間となる）	3.04時間/10a
(4)収穫時期	直播より1～2週間早い。	移植より1～2週間遅い。
(5)費用（差ある費目）	○経営と同様、水稻14.5ha、飼料イネ6.7haの作付けを想定。	○経営と同様、水稻14.5ha、飼料イネ6.7haの作付けを想定。
①種苗費～諸材料費	10,117円/10a	15,114円/10a
②労働費	9,538円/10a(1,595円×5.98)	4,849円/10a(1,595円×3.04)
③新たな機械費負担	（田植機、育苗用施設は一般水稻で負担。新たに増設する必要がある場合は10a当たり2,358円負担する必要）	1,343円/10a （直播用アタッチメント追加費用約50万円）
計	19,655円/10a	21,306円/10a

注1) 試験協力経営のK生産・転作組合（長岡市）とO経営（上越市）から得られたデータ。

注2) 単収を比較した試験データはないが、移植の方が若干高いようだとの現場の評価がある。

c) 飼料用イネ収穫専用機の組み合わせについての評価

飼料用イネ専用機では、フレール型の飼料用ロールベアラ（以下、ロールベアラ）や自走式ベールラップ（以下、ベールラップ）の作業能率が異なるため、機械への投資額を抑えかつ作業時間を少なくするような機械の組み合わせが問題となる。そこで北陸研究センター大規模水田作研究チームでは、機械体系Ⅰ（ロールベアラ+ベールラップ）、機械体系Ⅱ（ロールベアラ+ベールラップ+ベールグリッパ）、機械体系Ⅲ（ロールベアラ+ベールラップ2台）の3つについて、圃場作業試験を行った。その試験データに基づき、3タイプの経営上の効果を比較したものが（表4-5）である。

飼料用イネの収穫面積が少ないほど機械体系Ⅰが低コストとなるが、収穫面積が18ha前後であれば、3体系間で大きな差はない。しかし、収穫予定期間中に降雨等の影響で作業可能日数が十分確保できない場合（例えば過去10年間平均では8月中旬・下旬に15日程度確保可能）、作業能率の高い機械体系Ⅲが最も優れている（作業可能日が15日の場合、機械体系Ⅰは11.3ha程度しか収穫できず、この場合の10a当たり減価償却費も11,788円となってしまふ）。したがって、北陸地域のような気象条件下では、少なくとも機械体系Ⅱか、機械体系Ⅲ程度の装備は必要となろう。

表 4-5 飼料イネ専用機の組み合わせ効果の比較

	機械体系Ⅰ：ロールベアラ +ベールラップ	機械体系Ⅱ：ロールベアラ +ベールラップ+ベール グリッパ	機械体系Ⅲ：ロールベ アラ+ベールラップ 2台
(1) オペレータ数	2人	3人	3人
(2) 10a 機械作業時間 (収量 12 ロール/10a)	1.06 時間/10a	0.60 時間/10a	0.46 時間/10a
(3) 費用(差ある費目)	飼料用イネ面積 18ha 想定	飼料用イネ面積 18ha 想定	飼料用イネ面積 18ha 想定
①新たな機械費負担	7,400 円/10a	7,650 円/10a	9,028 円/10a
②人件費	3,381 円/10a (1,595 円×1.06×2)	2,871 円/10a (1,595 円×0.6×3)	2,201 円/10a (1,595 円×0.46×3)
計	10,781 円/10a (燃料費含まず)	10,521 円/10a (燃料費含まず)	11,229 円/10a (燃料費含まず)
(4) 作業日数(18ha 規模)	23.9 日	13.5 日	10.4 日

注) 10a 機械作業時間は、元林浩太・湯川智行・高畑良雄「飼料用イネ収穫作業における作業時間の解析(第2報)」2005年度農業機械学会関東支部第41回年次報告講演要旨P44~45の(表4-2)((1),(4),(6))のデータ(実測値)を使用した。

d) ロールベール運搬装置「ロールキャリア」の評価

飼料用イネ専用機を使用する場合、北陸研究センターで開発したロールベール運搬装置「ロールキャリア」(以下、運搬装置)をロールベアラに装着して飼料用イネの収穫作業を行うと、作業能率が向上する。元林浩太らの研究成果によれば、を運搬装置使用することによって、ロールベアラ+ベールラップ体系の収穫作業能率を少なくとも30%程度アップさせることができる¹⁾。したがって、この結果を前掲(表4-5)の機械体系Ⅰに適用すると、運搬装置付きロールベアラ+ベールラップ機械体系の10a当たり機械作業時間は0.74時間程度になる(表4-6)。また、その際の新たな機械利用費負担と人件費負担は10a当たり10,060円で、18ha規模の飼料用イネの収穫に要する日数は16.7日と試算される。これは、「運搬装置を利用することで、コスト増を伴うことなく先の(表4-5)に示した機械体系Ⅰの有する課題を解決し、機械体系Ⅱに近い作業能率を実現できる」ことを示している。

なお、運搬装置の使用は、ロールベアラ+ベールラップ+ベールグリッパ体系の場合にも有効である。この機械体系の場合、ベールグリッパがあるため、ロールベアラやベールラップは圃場内でロールの運搬を行う必要がなく、ロール作業とラップ作業のみに特化できる。したがって、本来であれば、ロールベアラに運搬装置を装着しなくても、能率的な作業が可能である。しかし、圃場の乾湿状態によっては接地圧の高いロールグラブ付きのトラクタが使用できない場合もあり、そうした圃場では運搬装置付きのロールベアラとベールラップで対応することで、能率的な収穫作業が可能となる。また、ベールグリッパ付きのトラクタを利用する場合は、オペレータは合計で3人必

要であるが、2人しか確保できない場合は運搬装置を利用することでオペレータ2名で収穫作業を行うことができる。このような利用場面を考慮するならば、ロールベアラ+ベールラップ+ベールグリッパの機械体系の場合においても、費用負担の小さい運搬装置を1台保有しておくことは有効であると言えよう。

表 4-6 運搬装置「ロールキャリア」利用の効果

	機械体系Ⅳ：運搬装置付き ロールベアラ+ベールラップ
(1) オペレータ数	2人
(2) 10a機械作業時間 (収量12ロール/10a)	0.74時間/10a
(3) 費用(差ある費目)	飼料用イネ面積18ha想定
① 新たな機械費負担	7,700円/10a
② 人件費	2,360円/10a (1,595円×0.74×2)
計	10,060円/10a(燃料費含まず)
(4) 作業日数(18ha規模)	16.7日

注) 運搬装置の市販価格は30万円(複数台発注するとこれより安くなる)で、耐用年数を5年とした。

e) 飼料用イネ専用機利用と牧草用機械利用の評価

飼料用イネの収穫に牧草用機械が利用できれば、水田作経営に新たな機械投資負担が発生しない点で大きなメリットがある。もちろん畜産農家が負担する牧草用収穫機械の減価償却費や資材費等については、何らかの形で水田作経営か畜産経営が負担しなくてはならないが、一般的に10a当たりコストは飼料用イネ専用機に比べて低く抑えることができる(表4-7)。

牧草用機械による飼料用イネの収穫は、排水性の良好な大区画圃場で効果を発揮する。また、降雨の影響を受けやすいことから、牧草用機械の作業可能期間は天気が良く圃場の乾きが早い8月中・下旬が中心となる。作業能率が高いので、作業時間が1日6時間確保できれば、組作業によって1日2~2.5haの飼料用イネを収穫でき、1シーズンで20~25ha程度の飼料用イネの収穫が可能となる。牧草用収穫機械を保有する畜産経営が近隣に存在する場合は、その経営の機械を用いて収穫作業を行うのが稲発酵粗飼料のコスト低減につながる。

一方、飼料用イネ専用機は、10a当たり作業時間が牧草用機械よりも多くかかるが、排水性の悪い圃場でも作業できるため、同じ降雨条件下でも、牧草用機械よりも作業可能日数は多く確保できる。また降雨の日が増える9月に入ってからでも、労働力さえあれば飼料用イネの収穫は可能である。飼料用イネ専用機を利用する際の問題点としては、新規投資が必要になることと、コスト低減のためには年間15~20haの稼働面積を確保する必要があることの2点が指摘できる。したがって、小・中規模の水田作経営が飼料用イネ専用機を利用するためには、複数経営体による共同所有か、JA等が購入してそれを個々の経営にレンタルするなどの対応が必要である。

表4-7 飼料イネ専用機械と牧草用収穫機械の比較

	飼料用イネ専用機械	牧草用収穫機械
(1) 作業主体	水田作経営	酪農経営
(2) 組作業人数	オペレータ 3	オペレータ 3
(3) 使用機械	ロールベアラ+ベールラップ+ベールグリッパ (表5の機械体系II)	トラクタ (3 (~4) 台), アタッチメント (ディスクモア, レーキ, ロールベアラ, ベールグリッパ, ベールラップ)
(4) 10a圃場作業時間	2.0時間/10a (参考: K生産・転作組合4人で2.51時間/10a)	0.72時間/10a
(5) 1日最大収穫面積	1~1.2ha (1日7~8時間)	2~2.5ha (搾乳作業の関係から1日6時間)
(6) 作業可能期間	8月中~下旬 (黄熟期あるいは糊熟期, 9月は一般水稻の収穫のため避ける)	8月中~下旬 (黄熟期あるいは糊熟期, 9月は作業可能日が少なく圃場の乾きも遅くなるため避ける)
(7) 降雨を考慮した作業可能日数	8月中・下旬を中心に平均15日前後稼働可能とする (過去10年間のアメダスデータを基に試算)	8月中・下旬を中心に平均10日前後稼働可能とする (過去10年間のアメダスデータを基に試算)
(8) 最大稼働面積	1.2ha×15日=18ha (団地化圃場)	2.5ha×10日=25ha (団地化圃場)
(9) 費用		
① 資材・燃料費	4,322円/10a	3,394円/10a
② 労働費	3,190円/10a (1,595円×2.0)	1,148円/10a (1,595円×0.72)
③ 機械利用費 (トラクタ除く償却費)	7,650 (飼料用イネ利用18ha) (トラクタ (1台550万円) も含めると3,438円/10a増)	2,215円/10a (牧草利用7ha, 飼料用イネ利用25ha) (トラクタ (3台1,650万円) も含めると5,801円/10a増)
計	15,162円/10a (燃料費・修繕費等含まず)	6,757円/10a (燃料費・修繕費等含まず)

注1) 試験協力経営のK生産・転作組合 (長岡市) とO経営・I経営 (上越市) から得られたデータ。

注2) 表中の(4)~(8)に関する試算方法は、土田志郎『飼料用イネに求められる多収と低コスト』『多収・低コスト栽培』に関する検討会資料』農業・生物系特定産業技術研究機構飼料用イネ研究連絡会, 2005. 11P25-37を参照。

(2) 開発技術の体系評価

a) 他作物と比べた場合の大麦と飼料用イネの収益性

ここでは、前節までの検討結果を踏まえ、湛水土中条播で播種した飼料用イネを飼料用イネ専用機 (ロールベアラ、ベールラップ、ベールグリッパの3台体系) で収穫する場合の収益性と大麦の収益性について、K生産・転作組合 (表4-2) の3年間の実績データに基づいて分析する。(表4-8) に示したK生産・転作組合における作物別の生産費と収益性の分析結果からは、次の3点が指摘できる。

第1は、良質米生産地帯では、水稻と転作作物の収益性格差が大きいことである。機械施設に対する補助金や生産調整に伴う助成金が無い場合、水稻 (コシヒカリ) と大麦・大豆・飼料用イネとの10a当たり所得格差は10~11.5万円前後に達する^{注1)}。特に問題なのは、助成金 (産地づくり交付金等) が無い場合、大麦・大豆・飼料用イネ等の土地利用型転作作物は、生産費の回収も困難となる点である。しかし、実際には産地づくり交付金等が助成されるため、これを含めるとK生産・転

作組合の場合、10a当たり3～4万円程度の所得は確保できる（それでも水稻所得より低い）。

第2に、転作物間の収益性格差は相対的に小さいことである。K生産・転作組の場合、大麦・大豆・飼料用イネの10a当たり所得差は1～1.5万円程度におさまっている。もちろん、こうした作物間の所得差は各作物の単収水準、販売価格、生産費等によって変化し、地域条件や経営条件によっては、所得差がこれよりも大きくなるケースもあろう。

第3に、飼料用イネと大麦を組み合わせた2年3作が生産現場で導入される可能性は低い点である。転作田の高度利用に助成金が交付されない状況下では、助成金無しでも生産費が回収できる粗収益が確保できなくては1年2作や2年3作を行うメリットはないが、(表4-8)からも明らかのように、助成金無しの大麦と飼料用イネの所得は大幅なマイナスとなっている。したがって、飼料用イネが選択される場合は、単作の形で導入されるケースがきわめて多いと思われる（ただし1年1作の形での大豆－飼料用イネ、大麦－飼料用イネ等の組み合わせはありえる）。

表4-8 K生産・転作組合の作物別の生産費と収益性

		(単位：円/10a)			
		水稻	大麦	大豆	直播飼料イネ
作付規模 (ha)		41.2	11.0	5.2	2.3
変動費		23,906	16,334	22,346	29,047
機械利用費		37,207	28,480	30,723	19,484
労働費		16,301	6,300	15,998	10,947
その他費用		13,567	12,065	12,154	13,220
生産費(副産物価額除)		88,498	63,152	81,053	72,724
10a当たり収量		480	287	113	-
10a当たり粗収益		145,489	27,355	23,482	15,000
10a当たり労働時間		10.2	4.0	10.1	6.9
助成金(産地づくり等)		-	70,500	70,500	77,000
助成金無	10a当たり所得	70,809	-29,524	-41,741	-46,751
	1日当たり所得	55,428	-	-	-
助成金有	10a当たり所得		40,976	28,759	30,249
	1日当たり所得		82,990	22,939	35,174

注1) 2003～2005年の記帳データ・実績データ等を用いて計算。

注2) 飼料イネ用収穫機は収穫20haとして10a当たり利用料6,885円を計上。粗収益は、単収に次の価格等を乗じて計算した。水稻(コシヒカリ)は北陸研究センターの16年産米の品種別販売価格。大麦は生産費調査の16年産北陸大麦の50kg当たり平均粗収益。大豆は14年産全国田作大豆の60kg当たり平均粗収益。

注3) 機械施設の減価償却費は補助事業無しとして計算。

注4) 所得は自作地の所得。

以上、良質米地帯にあつては、飼料用イネや大麦は、米の生産調整があつてはじめて選択されることがわかる。また、飼料用イネや大麦が選択されるかどうかは、大豆と比べた両作物の収益性水準如何にかかっている。飼料用イネや大麦の収益性（10a当たり所得等）が大豆のそれを上回るケースでは、両作物の導入の可能性が高くなることは言うまでもないが、収益性が少々低い場合であっても、導入される可能性はある。この点については次項で詳しく検討する。

b) 水田作経営に大麦と飼料用イネが導入される可能性

ここでは、K生産・転作組合から得られたデータを使用して数理計画モデル（FAPS利用）を構築し、どのような場合に飼料用イネ生産が導入・定着する可能性が高まるか、シミュレーション分析を通じて明らかにする。

数理計画モデルの構築に際して前提とした条件は（表4-9）に示すとおりである。モデルでは、K生産・転作組合を素材にして、経営耕地規模が60haで良好な圃場条件の下、高性能機械を装備し、効率的な稲・麦・大豆・飼料用イネ生産を行える経営体を想定している。また、降雨による播種・収穫作業への影響を考慮したモデル構築を行っている。さらに、土地利用の面では、北陸地域の土壌特性を踏まえ、地力窒素の発現等による倒伏を回避するために大麦・大豆後の1年間はコシヒカリの作付けを行わないとの制約を設けている（K生産・転作組合でも実施）。

表4-9 K生産・転作組合を素材とした数理計画モデル(FAPS利用)構築の前提条件

1. 経営耕地	①自作地60ha ②経営耕地は、基盤整備済の圃場（パイプライン灌漑有，暗渠排水施設有，1筆平均0.5～1haの大区画）。
2. 労働力	①現状（オペレータ：兼業農家の男子16名，補助者：兼業農家の男子22名，女子10名） ②モデル（オペレータ作業時間として最高4600時間を確保，補助者作業時間として最高3300時間を確保（水田10a当たり約15時間））
3. 機械施設装備と固定費 1) 主要機械施設装備 2) 機械施設以外の固定費	①年間総減価償却費：1068万円（圧縮計算した場合471万円） 主要機械施設は次のとおり。トラクタ3台，田植機3台，自脱コンバイン4台，大豆コンバイン1台。 ②年間費用：998万円，内訳は次のとおり。修繕費，自作地の土地改良区費，租税公課
4. 降雨の影響を受ける作業	①直播飼料用イネの播種作業 限界降水量：作業中1mm，当日10mm，前日30mm，前々日50mm ②飼料用イネの収穫作業（飼料用イネ専用機使用） 限界降水量：作業中1mm，当日1mm，前日15mm，前々日25mm
5. 制約	①大麦・大豆後の1年間はコシヒカリの作付けはできない。 ②転作圃場はブロックローテーションで毎年移動する。
6. 最適解の計算方法	①1991～2000年（新潟県寺泊）の平均的な降雨条件の下でも上記作業が支障なく行える最適解を求める。 ②分析シナリオは，シナリオ1（平均所得目標の実現を優先する計算方法）で行う。

数理計画モデルで設定した作付プロセスと利益係数の主要設定内容は、(表4-10)に示すとおりである。飼料用イネについては、直播栽培と移植栽培の導入可能性について検討するため、直播飼料用イネと移植飼料用イネの2つのプロセスを準備した(ここでは原則として8月収穫のみ設定。利益係数は大麦や大豆よりも1.5~2万円程度低い)。また、モデルでは、K生産・転作組合の取り組み実態を踏まえ、大麦、大豆、飼料用イネはすべて単作での導入を想定している。

表4-10 作付プロセスと利益係数の主要設定内容

作目	作付プロセス名	移植期 播種期	収穫期	単収 kg/10a	単価 円/kg	粗収益 万円/10a	変動費 万円/10a	利益係数 万円/10a	労働時間 時間/10a
食用 イネ	移植コシヒカリA	5/上	9/中	480	298.0	14.299	3.651	10.649	10.22
	移植コシヒカリB	5/中	9/中・下	480	298.0	14.299	3.651	10.649	10.22
	移植こしいぶきA	5/上	9/上	510	240.0	12.845	3.729	8.490	10.22
	移植こしいぶきB	5/中	9/上・中	510	240.0	12.845	3.729	8.490	10.22
飼料 イネ	稲後直播飼料用イネA	5/上	8/下~9/上	助成金含む		9.200	3.943	5.257	7.83
	稲後直播飼料用イネB	5/上	8/下	助成金含む		9.200	3.609	5.591	8.34
大麦	ミノリムギ	10/上	6/上	287	95.2	9.782	2.387	7.395	3.90
大豆	エンレイ	5/下	10/中・下	113	206.3	9.381	2.495	6.888	10.02

注1) 単収は(表4-8)のデータを用いた。

注2) 技術係数(労働係数, 作業係数)については、主にK生産・転作組合H15~H17の農作業日誌及び聴き取り調査を基に設定した(移植飼料用イネは、K生産・転作組合の食用イネとO経営のデータを参考にした)。なお移植食用イネと移植飼料用イネは購入苗を使用。水稻・大麦・大豆の乾燥・調製はカントリーを利用。

注3) 飼料用イネ・大麦・大豆の粗収益には転作助成金(表4-8のデータ)が含まれている。

このようにして作成された数理計画モデルを用いて、K生産・転作組合のような経営体で、飼料用イネが選択される可能性があるかどうか、シミュレーションした結果が(表4-11)である。

まず、現状(K生産・転作組合の過去3年間実績)の条件下で農業所得、労働時間を推定すると、シミュレーション1のようになる。これによると、稲・大麦・大豆・飼料用イネで、約3,300万円の農業所得を得ていることがわかる。次に、現状条件下での最適解を試算したものが、シミュレーション2である。水稻と大麦をほぼ現状程度作付けする一方で、大豆の作付けを中止して飼料用イネを8.4haまで拡大するのが所得の増加につながる。K生産・転作組合のように大豆の平均単収が100kg台前半程度の経営では、大豆の代わりに飼料用イネを作付け、飼料用イネの後作に高価格米のコシヒカリを作付けるのが経営全体の所得と時間当たり所得を増加させることがわかる。なお、シミュレーション3の結果からも明らかのように、飼料用イネが選択できない場合は、大麦あるいは大豆で転作を行うことになるが、K生産・転作組合程度の大麦単収と助成金水準が確保されている場合は、すべて大麦にするのが有利となる。しかし、この場合は、コシヒカリの作付けが制約される分だけ、シミュレーション2よりも経営全体の所得は低くなる。さらに、省力栽培が可能で一定程度の収益性(助成金が前提)が確保できる大麦を栽培できない場合、飼料用イネと大豆で転作対応を行うことになるが、その場合は労働時間が増加するとともに経営全体の所得や時間当たり所得も現状より低下する(シミュレーション4)。このケースでは、飼料用イネは13.2ha作付けされ、そのうちの9.6haは作業時間が少なくてすむ直播栽培となる。

表4-11 K生産・転作組合の現状経営規模における最適部門構成

	シミュレーション番号	1 現状	2 現状の最適解	3 飼料用イネ無	4 大麦無
前提条件	モデルに組み込んだ作付プロセス	コシヒカリA,B こしいぶきA,B 飼料用イネA,B 大麦 大豆	コシヒカリA,B こしいぶきA,B 飼料用イネA,B 大麦 大豆	コシヒカリA,B こしいぶきA,B — 大麦 大豆	コシヒカリA,B こしいぶきA,B 飼料用イネA,B — 大豆
	経営面積 (ha)	60.0	60.0	60.0	60.0
	労働時間	表4-7データ	表4-7データ	表4-7データ	表4-7データ
	機械・施設	表4-7データ	表4-7データ	表4-7データ	表4-7データ
	転作割当率 (%)	30.8以上	30.8以上	30.8以上	30.8以上
	転作助成金 (万円/10a)	7~7.7	7~7.7	7~7.7	7~7.7
	価格×単収,利益係数	表4-8データ	表4-8データ	表4-8データ	表4-8データ
最適解	農業所得 (万円/年)	3,297	3,353(3,403)	3,323(3,373)	3,192
	労働時間 (時間/年)	5,379	5,340	4,973	5,823
	1時間あたり所得 (円)	6,129	6,279(6,373)	6,688(6,783)	5,482
	水稻 (ha)	41.5	41.5	41.6	40.5
	コシヒカリ	25.3	31.4	23.1	31.5
	こしいぶき	16.2	10.	18.5	9.0
	飼料用イネ	2.3(直播)	8.4(移植)	—	13.2(直播9.6)
	大麦 (ha)	11.0	10.1	18.5	—
	大豆 (ha)	5.2	0	0	6.3
	実転作率 (%)	30.8	30.8	30.8	32.5

注1) 大麦と大豆の後作水稻はこしいぶきとする（コシヒカリは倒伏の可能性があり作付けない）。

注2) 飼料用イネ用収穫機は10a当たり6,885円（稼働面積20ha規模）で借入できるものとする（自己所有する場合はシミュレーション2の飼料用イネ(8.4ha)は全て大麦で転作するの（シミュレーション3）が最も所得が高まる）。また直播条播機は3,500円/10aでJAからレンタルできるものとする。

注3) シミュレーション2と3の（ ）内の数値は大豆作専用機の減価償却費（50万円）を除いた場合の所得。

注4) (表4-9, 4-10)及び本表の前提条件の下, 南石晃明氏開発のFAPSを用いて計算した。

以上の分析結果から明らかのように、高い転作率の下でブロックローテーション方式で転作を行い、土壌条件関係で麦・大豆後のコシヒカリの作付けが制約され、しかもコシヒカリと他品種との間に収益性格差が存在する経営では、飼料用イネの10a当たり所得が麦・大豆のそれよりも若干劣っていたとしても、飼料用イネが選択される可能性がある。他方、大麦は省力栽培が可能である点が最大のセールスポイントとなり、転作助成金の交付を前提とするならば、一定水準以上の単収が実現した場合は労働力の制約の大きい経営で導入される可能性が出てくる。

c) 飼料用イネー大麦ー飼料用イネ2年3作が成立する可能性

現時点では、飼料用イネー大麦ー飼料用イネの2年3作体系を実践している経営は存在していないため、実際に飼料用イネー大麦ー飼料用イネの2年3作を行った場合の両作物の生産コストや収益性を直接的に把握することはできない。しかし、先の(表4-8)でも確認したように、飼料用イネの場合、10a当たり1.5万円の販売収入があったとしても、最低でも5万円程度の助成金が交付されないと、生産コストが回収できない。他方、大麦の場合も、助成金がない場合はかなりの高単収を実

現しないと生産コストの回収が困難なのが実情である。

もちろん、飼料用イネ—大麦—飼料用イネ2年3作の方が、両作物を単作の形で栽培するよりも単収・品質の向上や共通経費の大幅な削減が期待でき、その結果として現在の助成金水準の下でもそれぞれの作物で十分な所得が確保できるというのであれば、2年3作の導入は進むであろう。しかし、このような単収や品質に及ぼす2年3作の顕著な効果は、試験研究結果からはこれまでのところ明確な形で確認できていない。むしろ、大麦と飼料用イネの切り換え時における作業集中や作期の制約等により、大麦と飼料用イネの1作当たりの単収水準や品質が単作の場合よりも低下してしまう懸念すらある（特に大規模に栽培する場合）。

したがって、経済的視点からは、水田の高度利用に対して助成金のさらなる上乗せがないかぎり、営農レベルでは飼料用イネ—大麦—飼料用イネの2年3作体系の成立は難しい。土地利用率の向上というメリットのある飼料用イネ—大麦—飼料用イネ2年3作ではあるが、現在のような状況下では収益性の面でその導入・定着は難しいと言わざるを得ない^{注2)}。

2) 飼料用イネ・大麦の定着条件と振興方策

北陸のような水稲作に特化した地域では、飼料用イネは栽培管理等の面で他の転作作物に比べて取り組みやすい作物と言える。しかし、飼料用イネが水田作経営内に導入されるには、大家畜経営の存在が前提となることに加え、生産コストを回収できるだけの収益を実現することが条件となる。また、他の転作作物並の収益性の確保も重要な点である。こうしたことは、大麦の場合も同様で、その導入・定着には生産コストの回収の可否と他の転作作物と比べた場合の相対的有利性の有無がポイントとなる。

これまでの分析結果を踏まえ、飼料用イネと大麦の生産が北陸地域で拡大するための条件とそのための振興方策を整理すると次のようになる。

まず飼料用イネ生産を促進しようとする市町村は、最低限、飼料用イネの生産費が回収できるような助成金額の確保と大豆並の助成水準の維持に努める必要がある。

また、飼料用イネ生産で最も問題になるのは収穫用機械の調達である。牧草用収穫機械を保有して飼料用イネの収穫作業を受託できる畜産経営が存在する場合は新たな機械投資は発生しないが、そのような経営が近隣に存在しない場合は、飼料用イネ専用機を購入することになる。50～60haを超す経営規模の大規模法人経営や集落営農型の経営体であれば、現在の転作率（約30%）の下で飼料用イネを最大で15～20ha程度作付けできるため、コスト負担の観点からは専用機の単独購入も可能となろう。しかし、これを下回る規模の経営では、飼料用イネ専用機を共同所有するか、JA等が購入してレンタルする（あるいはコントラクターを組織する）などの地域的対応が必要になる。また、そうしたケースでは、1経営当たりの飼料用イネの作付面積が数ha程度にとどまることから、飼料用イネ作付地の団地化を図ったり、飼料用イネの作付面積を15～20ha以上確保するなどの対応が必要になる。

これらのことを考慮すると、飼料用イネの作付け前の段階で品種選択や播種・移植時期の経営間調整を十分行ったり、収穫段階で天候等を踏まえて収穫スケジュールを作成する地域レベルでの調整が不可欠となる。また、技術面では、TDN当たり生産費が最小となる黄熟期収穫に固執せず、必要に応じて糊熟期・乳熟期（乳牛への飼料用イネの提供という点では好ましい面もある）まで収穫期を拡大するなどの対応が必要となろう。さらに、そのようにして生産される稲発酵粗飼料の品質評価と給与時の飼料構成比等についての検討も求められる。飼料用イネの導入・定着には、飼料

用イネの単収向上（目標値として10a当たり乾物1.5t～1.8t前後）と生産費の低減に向けた現行技術のもう一段のレベルアップ、さらには飼料用イネ生産の地域的取り組みを支援するシステムの構築が必要であろう。

大麦の場合も、各地域の水田農業協議会が大麦の生産コストが回収できるような助成金の設定を行うとともに、大豆並の助成水準の維持に努めることが重要となる。

転作作物としての大麦の利点は、省力栽培が可能であることと稲作用機械施設が活用できる点にある。このため、低コスト化や投資リスクの軽減という側面からは、大麦は飼料用イネや大豆に比べて取り組みやすい転作作物であると言えよう。しかし、近年の単収水準の低迷とクズ麦の増加（篩目の拡大が1つの要因）、販売価格の下落等により、大麦の粗収益は大きく落ち込んでいる。単収と品質の向上は生産者の栽培管理と技術水準にも左右されるが、北陸地域では秋の播種時の降雨条件や冬期間の積雪条件に大きく影響される。この点では、やはり排水性の改善を中心とする基本技術の励行が重要である。品種の持つ特性を最大限に引き出せるような栽培管理の実践と、基盤整備済みの水田圃場を利用した団地的土地利用が大麦生産拡大のポイントとなろう。このため、それを実現するような地域的取り組みや普及指導センター・J A・行政等からの各種支援が望まれる。

4. 摘要

飼料用イネー大麦ー飼料用イネ2年3作体系の導入効果を経営的視点から検討するとともに、新技術に依拠した大麦・飼料用イネ生産が良質米生産地帯である北陸地域に定着するための条件について検討した。その結果、水田の高度利用に対して助成金のさらなる上乘せがないかぎり、営農レベルでは飼料用イネー大麦ー飼料用イネの2年3作体系の成立は難しい。転作作物としての飼料用イネと大麦の生産が北陸地域で拡大するには、両作物の生産費が回収できるような助成金額の確保と大豆並の助成水準の維持が必要である。また、飼料用イネの収穫用機械費の低減、さらには飼料用イネと大麦の団地的土地利用が不可欠であり、それを実現するための地域的取り組みが重要となる。

引用文献

- 1) 元林浩太・湯川智行・小島 誠 (2008) 飼料用イネ用ロールベアラのためのロールベール運搬装置. 農業機械学会誌, 70(1), 72-78.

注

- 注1) 近年の米価の大幅下落で、水稻作と転作との収益性格差は(表4-8)から計算される値より小さくなっているとみられる。
- 注2) 飼料用イネー大麦ー飼料用イネの2年3作体系の確立を目指して研究・開発された技術や新発見は、当面は転作という枠組みの中で、飼料用イネ単作、大麦単作における収益性の向上を実現するための成果として活用されることになろう。

2) 飼料用イネの地域内利用に向けた耕畜連携システムの構築と定着支援方策の解明

Development and Management of Forage Rice Cultivation with Feeding System

宮武恭一^{*1)}・齋藤仁蔵^{*2)}

(中央農業総合研究センター 北陸研究センター)

Kyouichi Miyatake^{*1)} and Jinzo Saito^{*2)}

(National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center)

1. はじめに

北陸地域においても、米の生産調整が本格化した1970年代以降、転作田における飼料生産への取り組みが何度となく試みられてきた。このうち1980年代に急激に拡大した転作田における飼料作について小室と土田²⁾は、北陸地域では飼料作の多くを転作田を利用したものが占めているが、耕種農家を中心とした取り組みでは青刈り対応が多く、収量が低く、捨てづくりが多いなど、その利用にも問題があるのに対し、畜産農家集団を中心とした取り組みでは、混播牧草の乾草利用が多く、酪農経営を中心に利用率も高いことから、後者を中心とした振興が重要と指摘するとともに、転作田における飼料作物の生産をより効率的に行うには、転作互助制度を活用した集団転作による取り組みを進めることが有効としている。また小室³⁾は、転作飼料作の利用率の低さを問題点として指摘するとともに、特に酪農に比べて飼養規模も零細で商品生産部門として立ち後れている肉牛繁殖部門では土地利用と強い結合をもつ事例はほとんど見られないとし、その成立には、①転作田を団地化するだけでなく、意欲的農家に全面的に委託する仕組みと、②飼料用機械の効率的利用と適期作業のための肉牛農家の組織化が必要としている。

本稿では、購入飼料への依存度の高い畜産経営が主体で、飼料作への取り組みが弱かった北陸地域において、飼料用イネの生産利用を行う耕畜連携の取り組みが始まった点に注目し、上述のような研究成果をふまえつつ、北陸地域における飼料用イネ導入の意義と耕畜連携を核としたその定着条件について明らかにする。

2. 材料と方法

北陸地域における飼料用イネ導入の大部分を占める新潟県の飼料用イネの統計データ等を用いて解析するとともに、上越市及び長岡市(旧和島村)、出雲崎町の飼料用イネ導入事例の実態調査を進め、事例間の比較により飼料用イネの生産利用における耕畜連携のあり方を分析し、北陸地域における飼料用イネ導入の意義と耕畜連携を核としたその定着条件の解明を進めた。

現在は、*1)農林水産省農林水産技術会議事務局、*2)近畿中国四国農業研究センター。

3. 結果と考察

1) 北陸地域における畜産経営の特徴

2005年センサスによれば、北陸地域には都府県全体の3%にあたる546戸の酪農経営と0.7%にあたる488戸の肉牛経営が存在する(表4-12)。酪農経営に関しては、1戸当たりの平均飼養頭数は37.0頭と都府県平均とほぼ等しいが、このうち72%にあたる394戸が所在する新潟県の場合は、1戸当たりの平均飼養頭数が32頭とやや規模が小さく、育成牛を預託したり、はらみ牛を導入するケースが多く、搾乳に特化する傾向がある。このため水田経営面積は2.4haと都府県平均の1.7倍に及ぶが、飼料作面積は0.9haと都府県平均の半分程度、牧草専用地も0.8haに過ぎない。一方、肉用牛経営に関しても、1戸当たりの平均飼養頭数は41.1頭と都府県の1.9倍と大きい、酪農経営から供給される交雑種や乳用種の肥育が飼養頭数の60.2%を占め(都府県平均は28.8%)、購入飼料への依存度が高いという特徴がある。

表4-12 北陸地域における畜産農家の特徴

単位：戸、頭、ha、%		
	北陸	都府県
乳用牛飼養農家	546	18,219
乳用牛飼養頭数	20,223	726,013
一戸当たり飼養頭数	37.0	39.8
一戸当たり経営面積		
水田	2.4	1.4
畑地	1.8	3.0
うち飼養畑	0.9	1.7
牧草専用地	0.8	1.0
肉用牛飼養農家	488	74,252
肉用牛使用頭数	20,051	1,622,297
一戸当たり飼養頭数	41.1	21.8
種類別構成比		
和牛	39.6	71.1
うち子取り	10.8	29.1
交雑種	38.6	20.1
乳用種	21.6	8.7

資料：2005年センサス。

このように北陸地域においては、酪農経営でも飼料自給率が都府県より低く、粗飼料を含む大量の購入飼料に依存しているため、飼料費の高さが高コスト体質につながっている点が問題とされてきたが⁵⁾、こうした傾向は、さらに強まっているように思われる。(図4-1)は、北陸地域の酪農経営における飼料費の推移を示しているが、1995～97年にかけては、円高で輸入飼料の価格が下がる一方、米の緊急生産調整で転作牧草の作付けが増えたことから、1996年には自給飼料費が生産費ベースで飼料費の23.8%を占めるまで自給飼料作のウエイトが高まった。しかし、牛乳流通の制度変更により乳脂肪分の向上が至上命題となった1998年頃からは、自給粗飼料の利用は減り、配合飼料とルーサンなど良質な購入乾草への依存度が再び高まった。2006年の飼料費の内訳を都府県平均と比較すると、自給飼料費は都府県平均の78%にとどまる一方、ビートパルプなどの植物性かす類と乾牧草の購入費用は1.5倍にも達している(表4-13)。そうした対応の結果、乳脂肪分は向上し、搾乳牛1頭あたりの売上は都府県平均を上回る実績を上げたが、乳飼比は逆に44%にまで上昇し、農家所得は低迷している。さらに、2005年以降は、配合飼料を中心に飼料価格高騰の影響で収益性が急速に悪化し、飼料費の低減が急務となっている。こうした経緯の下で、稲発酵粗飼料の利用が始ま

っているのである。

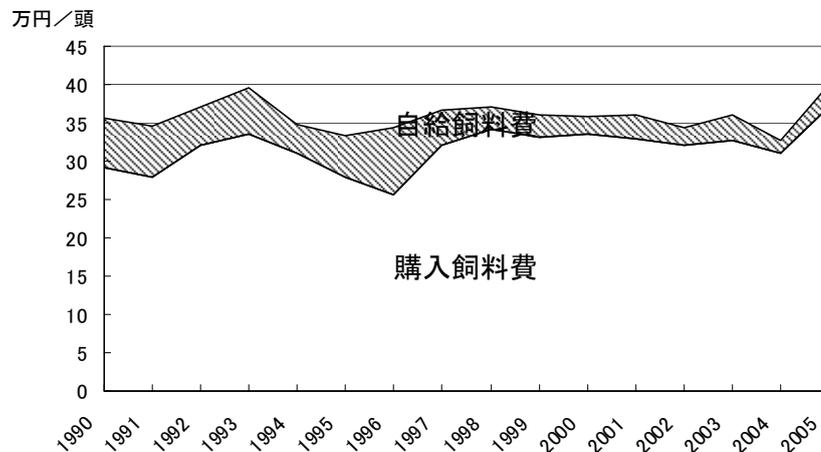


図4-1 北陸地域の酪農経営における飼料費の推移

資料：畜産物生産費調査。

表4-13 搾乳牛1頭あたりの飼料費内訳

	単位：円/頭		
	都府県	北陸	対都府県比
購入飼料費	298,411	345,181	115.7
配合飼料	148,006	150,505	101.7
穀類	11,015	1,157	10.5
ぬか・ふすま	1,300	501	38.5
植物性かす類	21,734	32,098	147.7
乾牧草	90,446	142,032	157.0
わら類	1,347	-	-
サイレージ	1,381	5,517	399.5
牛乳・脱脂乳	4,505	2,575	57.2
その他	18,677	10,796	57.8
自給飼料費合計	31,719	24,764	78.1
うち牧草・放牧・採草費	29,184	22,408	76.8
飼料費合計	330,130	369,945	112.1

資料：平成18年度畜産物生産費調査。

2) 飼料用イネ導入の全体動向と特徴

北陸地域の飼料用イネの導入においては、新潟県がその大部分を占めているが、こうした飼料用イネの普及は、2000年より、(表4-14)に示したような各種の支援事業の下で進んできた。まず、国補事業についてみると、転作作物として飼料用イネを作付ける場合には、高度加算の対象としても認められ、10a当たり7.3万円もの「経営確立助成金」が交付されたのに加え、中国における口蹄疫の発生による稲ワラ輸入停止などを追い風に、飼料自給率の向上を目指した「耕畜連携推進対策(2002年までは生産調整の緊急拡大対策として支給されていた)」や「給与実証事業」により、10aあたり4.0～3.6万円の助成が行われてきた。なお、このうち「経営確立助成金」については、2004年より「産地づくり交付金」へと制度変更されたが、「産地づくり交付金」については、各市町村の水田農業推進協議会で配分が決められるため、2004年以降に大きく減額された市町村も多く、2004年以降、飼料用イネの作付面積が伸び悩んだ一因と考えられる。

表4-14 新潟県における飼料用イネ作付面積と振興事業の推移

単位：ha、円/10a

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	備 考
稲発酵粗飼料作付面積	1	21	141	177	268	200	177	184	農林水産部畜産課調べ
国補事業（交付金）									
経営確立助成金			7.3万円						とも補償、高度加算を含む
産地づくり交付金						7.5～4.0万円			交付額は各市町村で決定
耕畜連携推進対策			2.0万円			1.3万円			2000～02年は緊急拡大分
"（畜産農家側）						1.3万円			資源循環の取り組みに助成
国産粗飼料増産緊急対策			2.0万円			1.0万円			給与実証に助成
県単事業（交付金等）									
水田飼料作物利用促進事業		現地指導会							県内10カ所で開催（注）
うち収穫・保管経費支援		8千円							2000年 5カ所、2001年 8カ所
県産飼料イネ拡大事業				8千円					事業面積 200ha
うち収穫・調製機械導入支援				1/2補助					対象地区 3カ所
飼料作物コントラクター育成対策							モデル組織育成		対象地区 3カ所、半額国補

一方、新潟県が実施した県単事業については、飼料用イネの収穫・乾燥調製機械の導入助成や貸し出し、飼料用イネの栽培指導などの支援が不断に行われてきた。これまでほとんど飼料作が展開しなかった地域で、飼料用イネに取り組むには飼料作用の機械の確保が決定的な条件であり、また、畜産経営のニーズに応えつつ、これまで経験したことのない飼料用イネの栽培に取り組むには栽培指導が重要な条件となる。こうした独自の事業を進めたことが、北陸地域において新潟県で飼料用イネの普及が先行した大きな要因の一つと考えられる。なお、近年、福井や富山でも同様の事業が始まっており、今後、北陸4県における飼料イネ普及を考える上で注目すべき事項と思われる。

次に、飼料用イネの導入がもたらしたインパクトについてみると、新潟県における2005年の飼料稲の作付面積は177haと水田面積全体の0.1%強にすぎないものの、飼料作という点からみると飼料作面積2,610haの5.6%を占め、デントコーンの238haに準じた存在になっている。また、稲発酵粗飼料を利用した畜産農家の割合をみると、酪農経営では16%、肉牛経営でも8%の農家が稲発酵粗飼料を利用しており、特に酪農経営において盛んに導入されている。さらに、飼料用イネの導入状況を合併前の旧市町村ごとにみると（図4-2）、飼料用イネの導入面積は市町村により10ha以上から2ha未満まで大きな違いがあるが、10ha以上のまとまった面積で飼料用イネを導入している8～9の市町村が県全体の導入面積の6割を占めている。これらの市町村における飼料作の作付面積をみると（図4-3）、飼料用イネの導入が進む地域の多くでは、従来、牧草やデントコーンなどの飼料作があまり盛んでなかったり、ほとんど取り組まれてなかった地域が多く、飼料用イネの導入が酪農経営における粗飼料の生産・利用を中心に、大きなインパクトをもたらしていると推察される。そこで以下では、新潟県内でも早くから飼料用イネの栽培が始まった上越市と旧和島村のケースをとりあげ、栽培された飼料用イネを稲発酵粗飼料として利用している酪農経営の実態について見ていきたい。

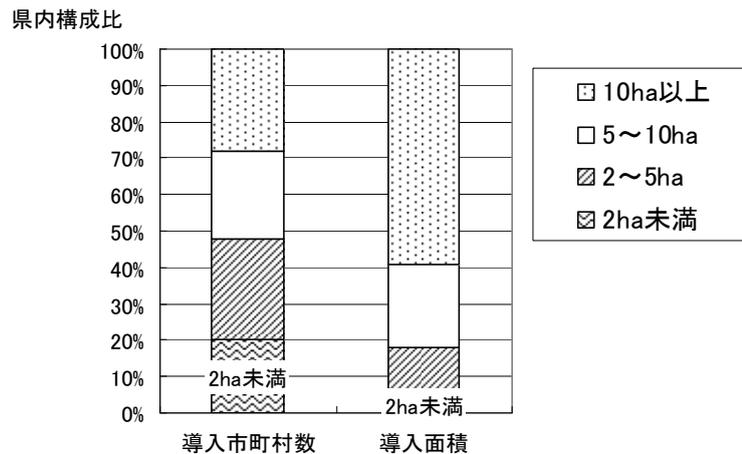


図4-2 旧市町村別にみた飼料用イネ導入状況

資料：新潟県農林水産部畜産課。

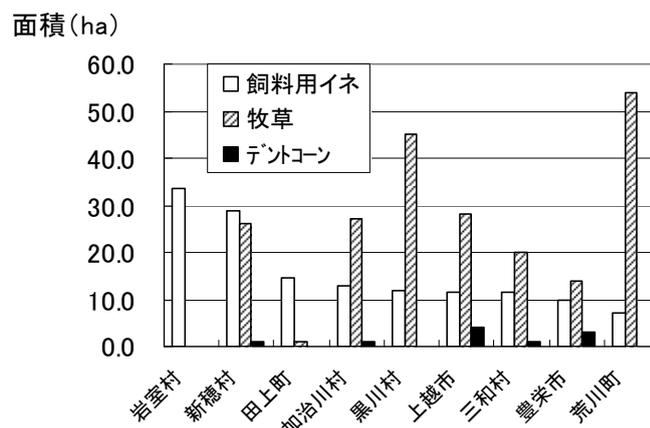


図4-3 飼料用イネ主要導入地域における飼料作面積

資料：図4-2に同じ。

3) 酪農家における利用実態

(1) 上越市

上越市は、新潟県の南部に位置し、稲作農業のウエイトの高い地域であるが、北陸研究センターとの協力により、新潟県でも早くから飼料用イネの栽培に取り組んできた。2005年センサスによれば、上越市には27戸の酪農家と43戸の肉牛農家があるが、そのうち酪農家14戸と肉牛農家8戸が37haの水田で栽培された飼料用イネを利用している（これは、上越市の飼料作面積の27%にもあたる）。これらの飼料用イネの生産・利用のかなりの部分が、以下の2つのグループにより取り組まれている。

旧上越市と旧頸城村を中心とした地区では、2001年から、25haの大規模稲作農家が中核となって転作田での飼料用イネ栽培に取り組んでおり、2006年には、隣接集落の転作組合と合わせて15.6haの飼料用イネを栽培している。収穫作業は、北陸研究センターの実証機を用いるほか、もともと牧草を栽培していた隣村の酪農家（表4-15のJ-1農家）が中型牧草収穫機を持ち込んで実施している。収穫

物の多くは、この農家に供給されているが、そのほか3戸の酪農家と旧浦川原、旧安塚を含む市内8戸の肉牛農家でも利用されている。牧草収穫に慣れた畜産農家が適期に自ら収穫することで、耕種農家の負担が軽減されるだけでなく、粗飼料としての品質も確保されている。また、15haの作付けのうち7haを作付けている大規模稲作農家も、畜産農家や関係機関との情報交換をもとに、新品種の導入などの品質向上、直播栽培によるコストダウンに努めている。

また、旧三和村を中心とした地域でも、二つの転作組合が10.5haの飼料イネを栽培しており、ここでも2戸の酪農家が収穫作業を担っている。このうち1戸は約10haの水田を経営し、転作組合の中核となっており、自ら栽培した飼料用イネだけでなく、近所の稲作農家の飼料用イネの収穫も受託する形になっている。もう1戸(J-3農家)も水田面積は2ha程度であるが、水稲作業の受託も行っている農家であり、飼料用イネの収穫作業も積極的に受託している。また、この農家は1.5haの草地で自家牧草も栽培しており、飼料用イネの収穫機を収穫・梱包に使用してサイレージにすることで、

表4-15 上越市の酪農経営における粗飼料給餌と稲発酵粗飼料(WCS)の利用状況

単位：kg/頭・日

農家番号	乳用牛	乳量	水田利用状況 (ha)		専用草地	粗飼料の給与状況とWCS導入 品目 通常→WCS導入時		WCSの給与内容		
								数量	期間	総量 ^{注2)}
J-1	経産牛 35頭 未経産 8頭	9000kg	水稲	2.6	2.0 注1)	チモシー	1.3kg → WCS 4kg	4kg	9ヶ月	200 ^{ロール}
						ハイオーツ	2.5kg → 2.0kg			
						スーダン	1.3kg			
						ルサン	5kg			
J-2	経産牛 25頭 未経産 10頭	8500kg	水稲	6.8	4.0	イタリアン	1.5kg → WCS 8kg	8kg	6ヶ月	200～ 250 ^{ロール} 半分強 自給
			WCS	1.4		ハイオーツ	3kg → 1.5kg			
			イタリアン	0.3		チモシー	1kg			
						ルサン	1.5kg			
						牧草サイレージ				
J-3	経産牛 24頭 未経産 8頭	7000kg	水稲	2.0	1.5	クレングラス	3kg → WCS 10kg	10kg	4ヶ月	200～ 240 ^{ロール}
						ハイオーツ	4kg → 3kg			
						ルサン	3kg			
J-4	経産牛 14頭	8000kg	水稲	5.6	4.0	購入乾草	4kg → WCS 10kg	10kg	4ヶ月	120～ 140 ^{ロール} 自給
			WCS	2.0		牧草サイレージ	10kg			
						稲ワラ	…			

注1) この他に未利用草地在5haある。

注2) 一部は、1ロールを200kgとして換算した。

自家牧草の品質アップにつなげるなどの工夫も行っている。

以上のように、上越市においては、酪農経営が飼料用イネの生産・利用に大きく関わっているが、これらの農家を含む4戸の酪農家の経営概況と稲発酵粗飼料の利用状況を示したのが(表4-15)である。まず経営概況については、調査農家は14～35頭(平均24.5頭)の搾乳牛を飼養しているが、最も飼養頭数の少ない1戸を除いて、粗飼料も購入乾草主体という点が共通している。そうした中で、稲発酵粗飼料は主にチモシーやハイオーツなどの購入乾草に代替される形で利用され、1日1頭あたり8～10kgが給与されている(乳量が最も高いJ-1農家は4kgにとどめている)。上越地域では、稲発酵粗飼料の水分量を60%として、乾草4kgを稲発酵粗飼料10kgで代替する比率で搾乳牛にも積極的に給与が行われており^{注1)}、給与期間も4～9ヶ月と長く(夏場は給与しない)、年間1頭あた

り6～9ロール（原物で1.8～2.7トン）の稲発酵粗飼料が利用されることになる。

こうした調査に基づいて専用収穫機を1台導入した場合の飼料用イネの生産・利用モデルを作成したのが(図4-4)である。専用収穫機1台当たりの飼料用イネの作付面積を15～20ha、乾物収量を1トン/10aとすると、生産量は1,200～1,600ロール、搾乳牛100～200頭分の粗飼料として活用できることになる。2004年からの制度変更により、飼料用イネに対する助成金は若干目減りしているが、飼料用イネの導入が進んでいる市町村では3.7～5.7万円/10aの産地づくり交付金が支払われており、さらに1.3万円/10aの耕畜連携対策交付金、畜産農家からの謝金が支払われている。これに対し、飼料用イネの栽培に係る生産費は3.5～4.5万円/10aと見積もられるため、転作大豆などと同等の収益が確保できるとされている。

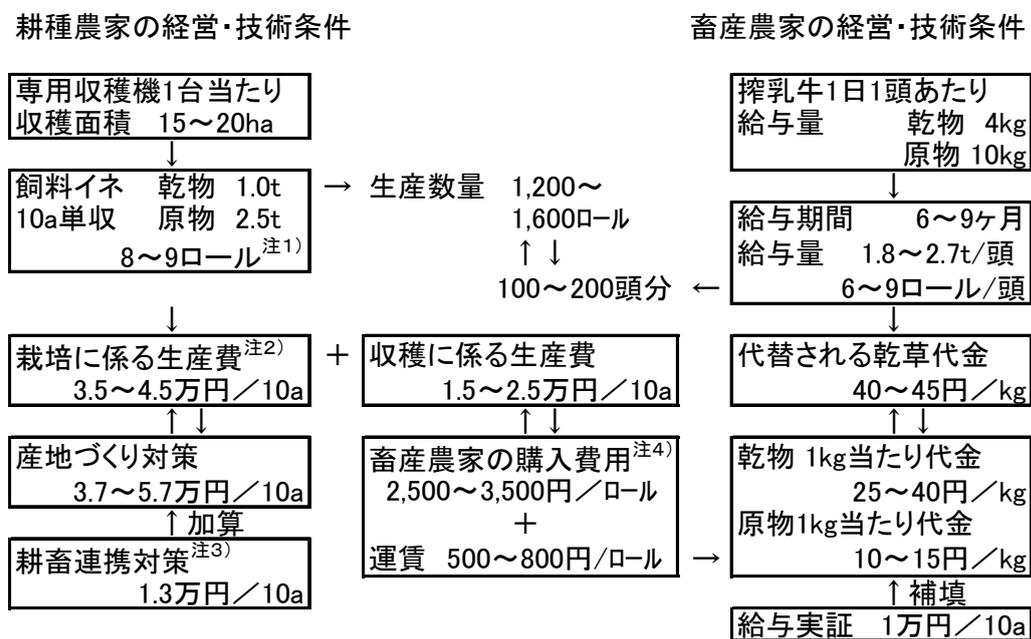


図4-4 専用収穫機を1台導入する場合の稲発酵粗飼料の生産・利用モデル

注) 新潟県内の事例と文献レビューに基づき宮武が作成。

- 1) 1ロールを280～300kg、水分量60%程度と想定、夏期は品質低下のため給与しない。
- 2) 生産費は、労働費を含む。土地改良区費は含めていない。
- 3) 耕畜連携対策の1.3万円/10aを畜産農家の経費負担にあてるケースもある。
- 4) 畜産農家が自ら収穫を行う場合は、耕種農家に0.5～1.0万円/10aの謝金を支払う。

一方、畜産農家の採算性についてみると(表4-16)、収穫作業を畜産農家が行う場合、耕種農家への支払いは0.5～1万円/10a程度であるが、収穫作業には1.5～2.5万円/10aの生産費が必要である(収穫作業まで耕種農家が行う場合は、稲発酵粗飼料の代金として1ロール当たり2,500～3,500円程度が支払われている)。こうした経費を換算すると、乾物1kg当たりのコストは30円、給与実証による10a当たり1万円の補填を差し引けば20円であり、代替品である乾草の代金45円/kgに比べ、15～25円安くなっている。稲発酵粗飼料の給与量については、上述のように搾乳牛1日1頭当たり原物で10kgが購入乾草の代替として用いられるため、6～9ヶ月の利用を見込むと、搾乳牛1頭あたり年間1.8～2.4万円の経費節約になる(給与実証による助成金を除くと1.1～1.6万円)。搾乳牛飼養

頭数は、調査農家で平均24.5頭であるため、年間1戸当たり44.1～66.2万円（給与実証による助成金を除くと26.5～38.3万円）の所得向上につながっていると見積もられる。なお、聞き取り調査においても、節約される購入粗飼料費が「月額20万円にもなる」との好評価があり、4戸のうち4戸が稲発酵粗飼料の利用継続を希望している（肉牛農家でも利用継続意向が強い）。

上越市においては、水田農業の振興を図る「産地づくり対策」の中でも飼料用イネが重要な振興作物として位置づけられ、飼料用イネが転作作物として定着しつつあるが、そこにおいては牧草収穫のノウハウと機械施設を持った酪農家が、稲発酵粗飼料のユーザーとしてだけでなく、収穫作業の担い手として活躍している。また、比較的大規模な水田経営も行っているこれらの酪農家が、自らの水田で飼料用イネの栽培を行うケースもみられた。さらに、上述の4戸の農家ではいずれも1.5～4.0haの草地を利用しているが、そのうち2戸が稲発酵粗飼料用のペールラップを自家牧草のサイレージづくりにも利用するなど、飼料用イネの取り組みが既存の飼料作を高度化するという副次的効果が生まれている点も注目される。

表 4-16 酪農経営における稲発酵粗飼料導入のメリット

関連項目	単価
畜産農家から耕種農家への支払い	1万円/10a
WCS収穫に係る生産費 ^{注1)}	1.5～2.5万円/10a
10aあたりWCS生産量	2500kg
原物1kg当たりの生産費（水分60%）	12円
WCS乾物1kg当たり生産費 ^{注2)}	30円
給与実証による10aあたり補填	1万円
WCS乾物1kg当たり補填額	10円
購入乾草価格（乾物1kg当たり） ^{注3)}	45円
乾物1kg当たりメリット （給与実証を考慮する場合）	15円 25円
搾乳牛1日1頭あたり給与量 ^{注3)}	4kg
搾乳牛1日1頭あたりメリット （給与実証を考慮する場合）	60円 100円
給与期間 ^{注3)}	6～9ヶ月
搾乳牛1頭あたりメリット ^{注4)} （給与実証を考慮する場合）	10,800～16,200円 18,000～24,000円
搾乳牛飼養頭数（調査農家平均）	24.5頭
1戸当たりメリット （給与実証を考慮する場合）	26.5～38.3万円 44.1～66.2万円

注1) 栽培は耕種農家が行い、転作助成金と耕畜連携対策と畜産農家からの謝金を得ている。

注2) 耕種農家が収穫まで行うケースでは、乾物1kg当たり20～30円の代金と5～8円の運賃が必要。

注3) 給与条件は上越市での調査に基づく。

注4) 牛乳生産費調査による飼料費345,181円の3.1～4.7%、給与実証込みでは5.2～7.0%にあたる。

(2) 旧和島村

新潟県の中央部に位置する三島郡旧和島村（現長岡市）においても、2003年度から上越市と同様に北陸研究センターとの協力で二つの生産組織が飼料用イネの栽培に取り組んでいるが、この事例では稲発酵粗飼料の生産に関して畜産農家の関与はなく、生産物の運搬までこれらの組織が実施し

ているのが特徴となっている。このため作業負担の大きい耕種経営に対しては「産地づくり対策」と「耕畜連携対策」を合わせて10a当たり6.4万円もの助成が行われているが、この地域で基盤整備を契機につくられた60ha規模の生産組織においては、大面積で転作に取り組む必要から、転作作物としては大麦と大豆に力が入れられており、飼料用イネの栽培面積は4haにとどまっている。

一方、稲発酵粗飼料の利用者となっているのは、「出雲崎酪農」組合を組織している村内の4戸と隣接する出雲崎町の2戸の酪農家である。これら6戸の経営概況を見ると(表4-17)、経産牛の平均飼養頭数は37頭と上越市の場合より多いが、ほぼ完全に購入飼料に依存している点は上越と同様である。しかし、上越市の場合と異なり、専用草地を所有する農家はなく、経営する水田面積も小さいことから、転作牧草も2戸で1.1ha作付けられているだけで(排水が悪くリードカナリーグラスなどが作付けられている)、粗飼料生産がほとんど行われていない。このため稲発酵粗飼料を受け入れる際に必要な機械・施設がなく、ハンドリングや保管場所が問題となっている。また、生産量が限られるため、3戸は利用量が16~40ロールと少なく、利用期間も1~2ヶ月と短く、「牛が慣れない」という問題を指摘している。一方、稲発酵粗飼料の品質についても「水分が多い」、「成牛では栄養価が心配」、「乳量が低下する」といった懸念があり、4戸は育成牛を中心に給与しており、搾乳牛に給与する場合も1日1頭あたり4~5kgにとどめている。また、調査農家6戸のうち、明確に利用継続を希望したのは1戸、条件次第で利用継続というのが3戸であり、乳量の高い2戸(W-5農家とW-6農家)については、その後、稲発酵粗飼料の利用を中止するなど、稲発酵粗飼料利用についての意向は低迷している(調査年次には旧和島村は新潟水害の被害を受け、稲発酵粗飼料の品質が低かったことも影響したと思われる)。

表4-17 旧和島村・出雲崎町の酪農経営における粗飼料給餌と稲発酵粗飼料(WCS)の利用状況

単位: kg/頭・日

農家番号	乳用牛	乳量	水田利用状況 (ha)	専用草地	粗飼料の給与状況とWCS導入		WCSの給与内容		
					品目	通常→WCS導入時	数量	期間	総量 ^{注2)}
W-1	経産牛 49頭	7800kg	水稲 1.5 イタリアン&リード カナリーグラス 0.6	0	チモン	… → WCS	経産 4kg	2ヶ月	100ロール 1日1個
	スターン				… → WCS				
W-2	未経産 22頭	7500kg	水稲 ^{注1)} 0.7	0	オーツハイ	…	育成 10kg	3ヶ月	100ロール 1日1個
	ルーサン				2~3kg				
W-3	経産牛 39頭	8500kg	水稲 0.8 ソバ …	0	スターン	10kg → 追加的に	育成 8kg	ほぼ 周年	200ロール
	オーツハイ				3kg				
W-4	未経産 27頭	7800kg	水稲 ^{注1)} 2.0 リードカナリー グラス 0.5	0	ルーサン	2kg	4kg	1ヶ月	40ロール 1日1個 半分廃棄
	自家牧草				年間30個				
W-5	経産牛 30頭	8500kg	全面貸し付け	0	チモン	5kg → 追加的に	育成 5kg	1ヶ月	18ロール 1日半個
	オーツハイ				3kg				
W-6	未経産 14頭	5000kg	全面貸し付け	0	スターン	5kg → WCS	10kg	1ヶ月	16ロール 1日1個
	オーツハイ				5kg				
W-5	経産牛 54頭	900kg	全面貸し付け	0	ルーサン	6kg	5kg	1ヶ月	18ロール 1日半個
	スターン				2kg				
W-6	未経産 18頭	8000kg	水稲 1.3 保全管理 1.0	0	チモン	3kg	10kg	1ヶ月	16ロール 1日1個
	スターン				…				
W-6	経産牛 20頭	8000kg	水稲 1.3 保全管理 1.0	0	オーツハイ	…	5kg	1ヶ月	16ロール 1日1個
	ルーサン				5kg				
W-6	未経産 8頭	8000kg	水稲 1.3 保全管理 1.0	0	ルーサン	5kg	5kg	1ヶ月	16ロール 1日1個
	オーツハイ				…				

注1) 水稲は集落営農で対応。

注2) 一部は、1ロールを200kgとして換算した。

以上のように、旧和島村の事例では、稲発酵粗飼料の供給量の少なさと、飼料作に慣れていない耕種農家が収穫・梱包・運搬を行うことへの不安から、畜産農家の稲発酵粗飼料への評価が低迷していた。このことが、搾乳牛への給与が限定され、育成牛を中心に従来の粗飼料に加えて与えるといったように、稲発酵粗飼料の利用が追加的な利用にとどまっている一因と推察される。また、これらの酪農経営においては、水田経営面積は平均1.5haと小さく（作付けない農家も1戸）、飼料用イネ導入を契機とした飼料作強化などの動きはなく、堆肥に関しても、堆肥センターやレンコン農家など、別途、引取先を確保しており、飼料稲栽培農家との連携の深まりも未だ見られなかった。ただし、ガンジー牛を飼養するW-3農家では、地元産の飼料を給与することで牛乳に付加価値を付けようとしている点が、新たな展開として注目される。

4. 総合考察

以上のように、購入粗飼料への依存度が高く、飼料作の取り組みが低調な北陸地域の畜産経営においても、購入飼料費の高騰によって稲発酵粗飼料の利用による経費削減が重要性を増している。上越市の事例で推計されたように、稲発酵粗飼料の利用は畜産農家1戸当たり44～66万円の経費節減効果をもたらすことができるため、水はけの悪い水田地帯における耕種農家の転作対応という観点からでなく、畜産振興の面からも飼料用イネへの取り組みに関心を払っていく必要がある。ただし、上越市と和島村・出雲崎の取り組みを比較すると、稲発酵粗飼料に対する畜産農家の評価は大きく異なっている。これまで全国各地で行われてきた稲発酵粗飼料に関する調査研究をみると⁶⁾、稲発酵粗飼料の品質に関して多くの問題点が指摘されているが、こうした調査によれば稲発酵粗飼料の品質を左右する大きなポイントの一つは収穫作業の精度である。本稿で取り上げた二つの事例では、畜産農家が収穫を担っている上越市の方が稲発酵粗飼料の評価が高いが、そこにおいては、小規模ながら自給飼料の生産に取り組んできた畜産農家自身が収穫作業にあたることで稲発酵粗飼料の品質が確保されたと考えられる。そこで、その経過をモデル化して説明したのが(図4-5)である。旧和島村のケースでは、畜産農家が稲発酵粗飼料を試験的に育成牛におそるおそる給与しているだけであったが、上越市のケースでは、高い作業スキルをもった畜産農家が自ら収穫作業を行うことで稲発酵粗飼料の品質向上が図られるとともに、それに対する信頼性が高まり、購入乾草の代替品として搾乳牛にも本格的に給与されるようになった。新潟県の動向を見ると、飼料用イネの普及定着には10ha程度のまとまりが必要なように思われるが、上述のような畜産農家における需要の高まりが、飼料用イネの作付けを拡大させ、生産コストを低減させるとともに、飼料用イネが振興作物として転作助成金の対象と認められ、生産者の意欲を高めるといった好循環を生み出しているのである。さらに、岩室村、豊栄市など県内の先進地では、飼料用イネの取り組みが畜産農家自身の自給飼料作への関心を高め、ロールベアを転用した稲ワラ回収や自家牧草のサイレージ化を生み出したり、稲発酵粗飼料用の播種機を用いた主食用イネの直播栽培や堆肥のやりとりによる特別栽培米の生産が行われたりしており^{注2)}、耕畜連携の取り組みが、さらに多くのスピノフ効果を生み出す点も評価される必要がある。

このように飼料用イネの普及定着には、耕畜連携において「連結ピン」の役割を果たすキーパーソンとしての酪農家の存在が大きく、畜産農家の関与の程度が成否を大きく左右することから、飼料用イネの普及・定着を支援するにあたっては、飼料用イネを栽培する耕種農家に対する転作助成金の支払いだけでなく、稲発酵粗飼料を利用する畜産農家に対する理解と支援が不可欠である。ただし、北陸地域においては畜産農家の戸数が少なく、飼料用イネの生産・利用を促すために主要な

畜産地帯で行われているようなコントラクターの設立、TMRセンターの設置、飼料診断や試料設計といった支援を行うことが困難な場合がある。このため関係機関による支援のあり方について、さらに検討を進める必要がある。また、そうした支援に対する社会的な理解を得ていくためには、自給粗飼料を用いた循環型の畜産経営のもつ社会的価値を発信していく必要がある。先進地域では稲発酵粗飼料を給与した地産地消型の製品開発や水田作と結びついた環境保全型農業が展開しているため、そうした活動を含めた調査分析も重要な課題となっている。

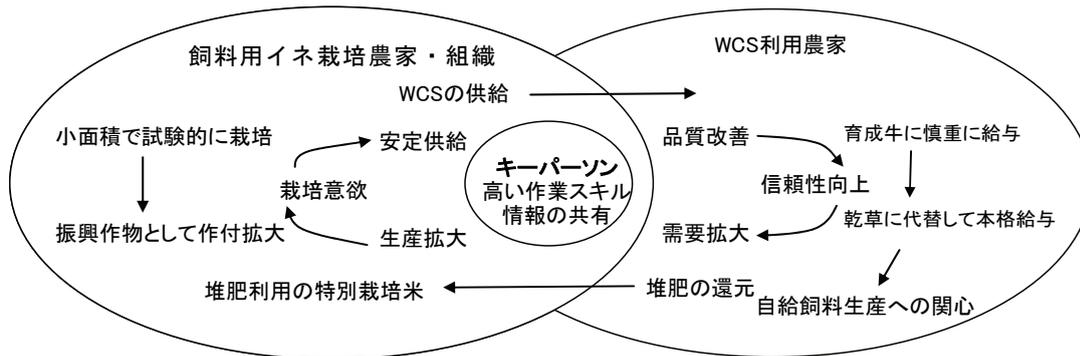


図4-5 キーパーソンを核とした耕畜連携のモデル

注) WCS : 稲発酵粗飼料。

5. 摘要

北陸地域では、飼料作があまり盛んでなかった地域において購入飼料中心の経営を行っていた酪農経営が稲発酵粗飼料を利用することで、乾草購入費の節約、既存の飼料作の高度化などの効果を上げている。稲発酵粗飼料を利用する酪農家ではチモシーやヘイオーツなどの購入乾草4kgを稲発酵粗飼料10kgで代替する比率で年間4～9ヶ月、1頭あたり6～9ロール（原物で1.8～2.7トン）を利用しており、乾物1kg当たりのコストは30円と乾草代金45円に比べ15円安く、搾乳牛1頭当たり年間1.8～2.4万円の経費が節約されている。こうした稲発酵粗飼料の利用は飼料用イネの作付けに対する助成や稲発酵粗飼料の収穫・乾燥調製機械の導入助成といった公的支援だけでなく、牧草収穫経験の豊富な畜産農家を中核とした耕畜連携によって促進されている。

引用文献

- 1) 稲発酵粗飼料推進協議会他（2002）稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル，農水省生産局畜産部，1-76.
- 2) 小室重雄・土田志郎（1983）水稻単作地帯における飼料生産の動向と性格，北陸農試農業経営研究資料，20，27-46.
- 3) 小室重雄・土田志郎・森嶋隆（1985）水田特化地域における肉用牛生産と土地利用，北陸農試農業経営研究資料，23，89-104.
- 4) 土田志郎（2003）北陸地域における大麦・飼料用イネ生産の現状と課題，北陸研究センター農業経営研究，2，1-29.
- 5) 秦隆夫（1985）北陸地域における牛乳生産費低減の方向，北陸農業研究資料，11，88-97.
- 6) 宮武恭一（2008）耕畜連携の取り組みからみた飼料稲の定着条件，農業経営研究，46-1，75-80.

注

注1) 稲発酵粗飼料給与マニュアル¹⁾では、原物で20kg程度まで給与可能とされている。

注2) 上越地域では、2008年度までに、化学肥料を5割減らした栽培が、稲作面積の4分の1にまで増えており、稲作向けの良質堆肥の確保が緊急の課題となっている。

お わ り に

飼料用イネ－大麦－飼料用イネの2年3作体系の開発にあたって

北陸地域では、冬季は積雪と低温により、農業生産が制約を受ける。実質的に農業生産が可能な期間は、消雪後の4月から12月頃までであり、この間に水田で水稲作を組み入れた作物生産を最大限行おうとすれば、水稲作とその後の冬作物栽培となる。冬作物の大麦、小麦の場合、積雪地では、雪害の発生を防除するために越冬前までに生育量を確保する必要があり、10月上旬が播種晩限となっている。また、大麦、小麦の収穫後の作物栽培については6月以降の栽培となるため、水稲作とすれば作期も限られた期間となり、その後の大麦、小麦の栽培は播種期が遅れ不可能である。このため、新潟県のような積雪地での実用的な生産方式としては、2年で3作が限界となる。ところで、飼料用イネ、特に、早生で収量性の高い「夢あおば」、「クサユタカ」などは、在圃期間が3～4ヶ月程度と短いのが大きな特徴である。これには、成熟期前に収穫するという飼料用イネ栽培の特性も関係しているが、この在圃期間が短いという特徴は、積雪地帯の2年3作体系の確立に大きく寄与していると考えられる。しかも、生産力の高い品種の利用と湛水直播を組み入れた栽培方法により、2年3作体系の限界地においても、1作目、3作目の飼料用イネ生産において、ほぼ1t/10a以上の乾物収量が得られることが実証できた。これにより、2年間で2t/10a以上の飼料用イネ生産と大麦と組み合わせた生産体系が実証できたことになる。

今、日本国の食料自給率を高める論議が活発に行われているが、世界の飼料を含む作物の生産状況はまさに混沌としており、いつ飼料や食料の輸入が停止してもおかしくない状況にある。北陸地域の農業は、水稲生産を中心として発展してきたが、これまでの水稲の生産技術を活用し、水田の生産力を最大限発揮するための生産技術体系を確立しておくことが急務である。本プロジェクトで開発された作付体系が水田での生産力向上の一助になることを祈っている。

所長
佐々木昭博

Director General
Akihiro Sasaki

編 集 委 員 会
Editorial committee

委員長
渡邊 朋也

Editor-in chief
Tomonari Watanabe

副委員長
梅本 雅

Deputy Editor-in chief
Masaki Umemoto

編集委員
藤田 佳克
小林 恭
木村 武
渡邊 好昭
新田 恒雄
細川 寿

Editor
Yoshikatsu Fujita
Kyou Kobayashi
Takeshi Kimura
Yoshiaki Watanabe
Tsuneo Nitta
Hisashi Hosokawa

事務局
関谷 修三

Editorial Secretariat
Shuzo Sekiya

ファーミングシステム研究 No.9

平成23年 2月22日 発行

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

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

Tel. 029-838-8979 (情報広報課)

URL. <http://narc.naro.affrc.go.jp/>

本誌に掲載された著作物を転載・複製・翻訳される場合は
中央農業総合研究センターの許可を得てください。

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可
本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の
基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを
用いて作製しています。(表紙は除く)

**FARMING
SYSTEM
RESEARCH
No.9
2011**