

I S S N 1 8 8 3 - 8 5 0 2

長野農業試験場 1 号

Bull. Nagano Pref

Agr. Exp. Stn.

No. 1 March 2016

長野県農業試験場報告

第 1 号

平成28年3月

長野県農業試験場

須坂市小河原

序

平成 21 年 4 月に農業総合試験場と農事試験場が統合し、農事試験場の病虫害土壌肥料部と農業総合試験場環境保全部が統合され環境部に、農業総合試験場の企画調整部と経営情報部が統合され企画経営部に、また新たに知的財産管理部が設置され、農業試験場として新たにスタートを切って 7 年が経過しました。

当時、平成 19 年に策定された第一期となる「長野県食と農業農村振興計画」に沿って作られた「長野県農業関係試験研究推進計画（農業技術ステップアッププログラム）」が推進されており、平成 24 年度まで①オリジナル品種の育成、知的財産権の保護、②安定生産技術・安全性の高い生産技術の開発、③低コスト技術・省力化技術の開発、④環境にやさしい農業技術の開発、⑤地球温暖化対策技術の開発という 5 本の柱で試験研究を進め、その後 25 年度からは「第 2 期食と農業農村振興計画」に沿って新たなステップアッププログラムが作成され、①、④、⑤はそのまま、②と③が統合し「低コスト・省力化・高位安定生産技術の開発」と変わり、4 つの柱で 29 年度を目標年度として研究が進められてきています。

この間、22 年度で国の指定試験制度が廃止となり試験場として競争的資金の確保が重要な課題となり、また農業者の所得向上対策が試験研究においても大きなテーマとなってきました。また温暖化への対応も以前にまして重要性を増してきていますが、こうした試験研究を巡る情勢の変化に対応しつつ、農業試験場として特に関係機関、大学、関係試験組織、民間企業等と積極的な連携に努めながら、現場の課題に即応し、あるいは中長期的な課題を見据え、作物振興や農業経営に貢献できる技術開発をめざし取り組んできているところです。

このたび、農業試験場として第 1 号となる試験場報告を発刊することができました。

農業試験場が担当する（あるいは担当してきた）主要作物、経営・情報、鳥獣被害対策、環境等の幅広い分野について、12 編を収録しました。

この報告に関わった研究担当者、直接・間接に関わり御支援・御協力いただいた関係者各位に深甚な謝意を表しますとともに、本報告書が農業生産の発展に寄与することを願ってやみません。

平成 28 年 3 月

長野県農業試験場長

小林 文彦

長野県農業試験場報告

第1号

平成28年3月

目次

1. 経営指標を活用した農業経営計画支援システム「AGRIX NAGANO」
大久保高典・原啓一郎・清沢敦志・鶴田文明
・・・・・・・・・・1
2. 農業情報メッシュデータの作成とその利用方法の事例
花岡和徳
・・・・・・・・・・7
3. ニホンジカくくりわな捕獲のための効率的誘引方法の実証
柳澤俊一・菅澤 勉
・・・・・・・・・・14
4. 農業用ハウスにおける電気柵設置によるハクビシン侵入防止技術
岡部知恭・柳澤俊一
・・・・・・・・・・18
5. 水稻新品種「風さやか」について
高松光生・細井淳・久保田基成・新井利直・中澤伸夫
・・・・・・・・・・20
6. 小麦新品種「ゆめかおり」について
前島秀和・上原泰・細野哲・牛山智彦・中村和弘・中澤伸夫・高橋信夫・
新井利直・谷口岳志・後藤和美・田淵秀樹・酒井長雄・久保田基成・近藤武晴
・・・・・・・・・・30
7. 小麦新品種「ゆめきらり」について
上原泰・前島秀和・牛山智彦・細野哲・中村和弘・谷口岳志・田淵秀樹・
久保田基成・中澤伸夫・高橋信夫・新井利直・後藤和美・酒井長雄・近藤武晴
・・・・・・・・・・43
8. 長野県における雑草イネの総合防除対策
酒井長雄・細井淳・青木政晴・土屋学・高松光生・細野哲
・・・・・・・・・・54

9. 長野県の2年3作水田輪作体系における省力的栽培技術および経営効果
・・・・・・・・・・71
青木政晴・大久保高典・土屋学・上原敬義・内津政直・酒井長雄・手塚光明・
斎藤康一・新井利直
10. 水稻湛水直播栽培における苗立ちの安定化，省力化を目指した被覆種子の
適応性
・・・・・・・・・・95
青木政晴・細井淳・酒井長雄・原田良太・土屋学・細野哲・矢ヶ崎和弘・中澤伸
夫・新井利直・斎藤康一・手塚光明・袖山栄次
11. 長野県における *Pythium arrhenomanes* に起因するイネ苗立枯病の発生とブ
ール育苗による発生抑制効果
・・・・・・・・・・109
山下 亨
12. アカヒゲホソミドリカスミカメ発生調査用 LED トラップの開発
・・・・・・・・・・117
野口 忠久

経営指標を活用した農業経営計画支援システム「AGRIX NAGANO」

大久保高典・原啓一郎¹⁾・清沢敦志²⁾・鶴田文明³⁾

The farming plan support system that utilized a management index "AGRIX NAGANO"

Takanori OKUBO, Keiichiro HARA, Atsushi KIYOSAWA, Fumiaki TSURUTA

Abstract

An on-site leader and scholar of agriculture were simple and developed the farming plan support system which could make a plan quickly.

Key Words : farming condition, Nagano farming index, plan to farm, simulation

緒 言

「食料・農業・農村基本計画」では、農業の持続的な発展に関する施策として、認定農業者や認定就農者を中心とした担い手への農地の集積等の支援の集中化・重点化、新たな人材の育成・確保が求められている。また、農業経営においては、農産物市場における市場原理の一層の導入に伴い経営発展の自由度は増大しているものの、一方で価格変動等に起因する収益変動リスクが増大する傾向にある。

担い手育成や経営発展は、個々の農家レベルでの経営再編問題として現れ、そこでは、従来の家族経営の中心的経営管理領域であった作物・部門の選択や収量向上のための生産管理に加え、大規模化にともなう土地・機械・施設等の投資問題、新技術の導入、財務・資金管理、労働問題、労務管理、市場対応を含む販売管理等への対応が経営にとって避けられない問題となっている。これら農業経営が直面する経営管理問題のうち、作物・部門選択、利益計画、労働力問題、新技術の経済性、資金管理、販売管理等を検討するために農業経営計画の重要性が認識されてきている。

経営計画支援の定量的手法としては、試算計画法や線形計画法をはじめとする多様な数理計画法（農業経営の分野では、農業経営の設計・診断、営農類型の作成、地域計画の作成等に利用される）が研究され、各種のソフトウェアが開発されてきている。しかしながら、農業改良普及センター等における数理計画法の活用には、「必

要なデータ収集が困難」、「操作に時間がかかるなど使うのに手間が掛かりすぎる」、「数理計画に必要な単体表の作り方が分からない」という課題が残されている。

そこで、普及指導員および営農指導員等の経営指導活動の支援、担い手及び新規就農者等の経営管理能力の向上・習得の促進に資するため、長野県農業経営指標のデータを使用し、利用者の単体表作成を省くとともに過去の市況実績等の単価を使用し、収益変動リスクを考慮した農業経営計画を樹立できるシステム「AGRIX NAGANO」を開発したので報告する。

材料及び方法

本システムの作成には、Microsoft 社 Excel の VBA を使用した。計算エンジンとして大石(2006)の線形計画法プログラム「XLP」を利用し、前田(2003)の農業経営計画支援システム「AGRIX」をベースに開発した。

営農計画の作成には、試算計画法、数理計画法（線形計画、整数計画、目標計画、確率計画）を利用し、作目ごとの基礎データとして2009年6月に発行された「長野県農業経営指標」および、1994年から2003年までの各年の販売単価の平均値を入力した。

さらに、本県の特産物である菌茸類経営には耕種作目との複合化の試算のための「AGRIX KINOKO」を開発した。

結果及び考察

本システムの概要を表1に示す。基礎データの項目は表のとおりであるが、長野県農業経営指標のデータがすでに入力済みであるので、これまで開発された各種のソ

1)現在 農政部農村振興課
2)現在 畜産試験場
3)元 農業総合試験場

表1 システムの概要

基礎データ	基本経費	作目・作型・指標単位、調査規模、単位収量、単価、粗収益 種苗費、肥料費、農具費、農薬衛生費、諸材料費、修繕費、 動力光熱費、減価償却費、荷造運賃手数料、雇用費、賃借料、 土地改良費、その他費用
	労働力 単価	旬別労働時間 過去10年分の平均単価
入力項目	営農条件設定	利益係数設定 西暦・作目の選択 労働力設定 家族労働・雇用労働の人数、賃金の設定 土地基盤設定 自作地面積、借地面積、借地地代の設定 作付上限・下限などの制約設定 その他制約設定 減価償却資産設定
	出力項目	線形計画計算 総利益を最大化する作目の組合せと栽培面積を計算 整数計画計算 栽培面積が希望の単位で計算可能（10a単位など） 新規作目を導入する場合に発生する固定費も考慮できる 目標計画計算 利益目標の設定ができるとともに、利益目標・土地の利用 ・雇用の利用に、優先順位を付けることができる 確率計画計算 過去の販売単価から収益変動に起因する収益リスクを考慮した 計画案を示す 試算計画 線形計画・整数計画・目標計画で計算された計画案をもとに、 最も有利な計画案を作成する

フトウェアのように作目ごとの細かい経費の算出や労働時間の旬別配分などのデータを入力する必要がない。

また、地域や農家の実情にあわせて基礎データを任意に入力することも可能となっている。

入力項目は営農条件として利益係数、労働力、土地基盤、跡作条件や固定費など、減価償却資産を設定するが、最低限、作目・土地・労働力のデータ入力により計算は可能である。

計画には以下の4種類の計算方法を選択することができる。

- ①線形計画計算—総利益を最大化する作目の組み合わせと栽培面積を求めたいとき
- ②整数計画計算—各作物の栽培面積を希望の面積単位で求めたいとき
- ③目標計画計算—利益目標額を設定した営農計画を作成するとき
- ④確率計画計算—過去の販売単価から収益変動リスクを考慮したいとき

また、線形計画・整数計画・目標計画で計算された計画案をもとに、最も有利な計画案を比較検討し、作成する試算計画も計算できる。

線形計画法は、「互いに関連しあっているいくつかの作目や技術を組み合わせて、ある評価基準に照らして総合的に最も望ましい計画案を数学的に求める計算方法」のひとつで、数学的には、「いくつかの1次式（制約式）で表される制約条件のもとで、同じく1次式（目的関数、たとえば利益）で表される評価基準の値を最大または最小にするような非負の各変数を求めるもの」である。

本システムでは、計画立案に際して考慮すべき種々の営農条件（作付を希望する作物と土地・労働力・その他の営農条件）を制約条件として表し、所得（この場合の所得は粗収益－変動費で求める限界利益である）を目的関数として、所得が最大となる作物の構成を求めている。本来、農業経営の目標である目的関数は農業所得だが、作物の構成が変わっても固定費が増減しない場合には、限界利益が最大になれば農業所得も最大になることから、目的関数として限界利益を採用した。

ここで、計画樹立までの作業について確認しておく。

システムを起動するとメニュー画面が表示され、営農条件の設定、各計画計算の実行、計算結果の表示、経営指標編集などの操作はメニュー画面のボタンを押すことによって開始される（図1）。

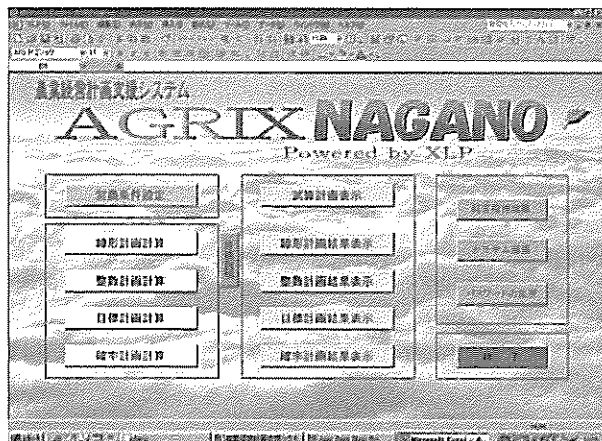


図1 メニュー画面

作物	作型	単位収量	単価	粗収益	固定費
稲	普通作	4,200kg	240円	1,008,000	80,000
稲	早稲	4,200kg	240円	1,008,000	80,000
小麦	普通作	2,000kg	240円	480,000	40,000
小麦	早稲	2,000kg	240円	480,000	40,000
大豆	普通作	1,000kg	240円	240,000	20,000
大豆	早稲	1,000kg	240円	240,000	20,000

図2 利益係数設定画面

営農条件設定の利益係数設定では経営指標に提示されている作物のうち、作付を希望する7作物まで選択できる。ここでは経営指標の単価・単収・利益係数が表示されるが、単価・単収を変更することができる(図2)。

図3 労働力設定画面

労働力設定では、家族労働、雇用労働の人数、賃金などの設定をするとともに、降雨や日長の影響を考慮することもできる(図3)。土地基盤設定では、自作地・借地の面積、借地地代の設定の他、作付の上限や下限などの

図4 土地・作付制限設置画面

図5 減価償却設定画面

図6 利益目標設定画面(目標計画)

図7 単体表の一部

制約を設定する(図4)。減価償却資産設定は基本的にはユーザーの保有資産を手入力するが、新規就農者が利用しやすいように、経営指標の減価償却資産一覧を表示させることもできる。取得年月日、負担割合の入力によって年ごとの減価償却費は自動的に計算される(図5)。各種の計算はメニュー画面の計算ボタンで行われる。目標計画計算の場合、利益目標額の設定、利益目標・土

地利用・雇用利用の優先順位選択を行う(図6)。

線形計画・整数計画・目標計画の計算結果は各作物の作付面積、旬別の労働時間、経営収支など一覧表で表示される(図9)。また、確率計画では過去の販売単価から収益変動を考慮した計画案を12プランまで提案し、3プランを比較できる(図10)。

試算計画では、線形計画・整数計画・目標計画で計算

図8 経営指標の一部

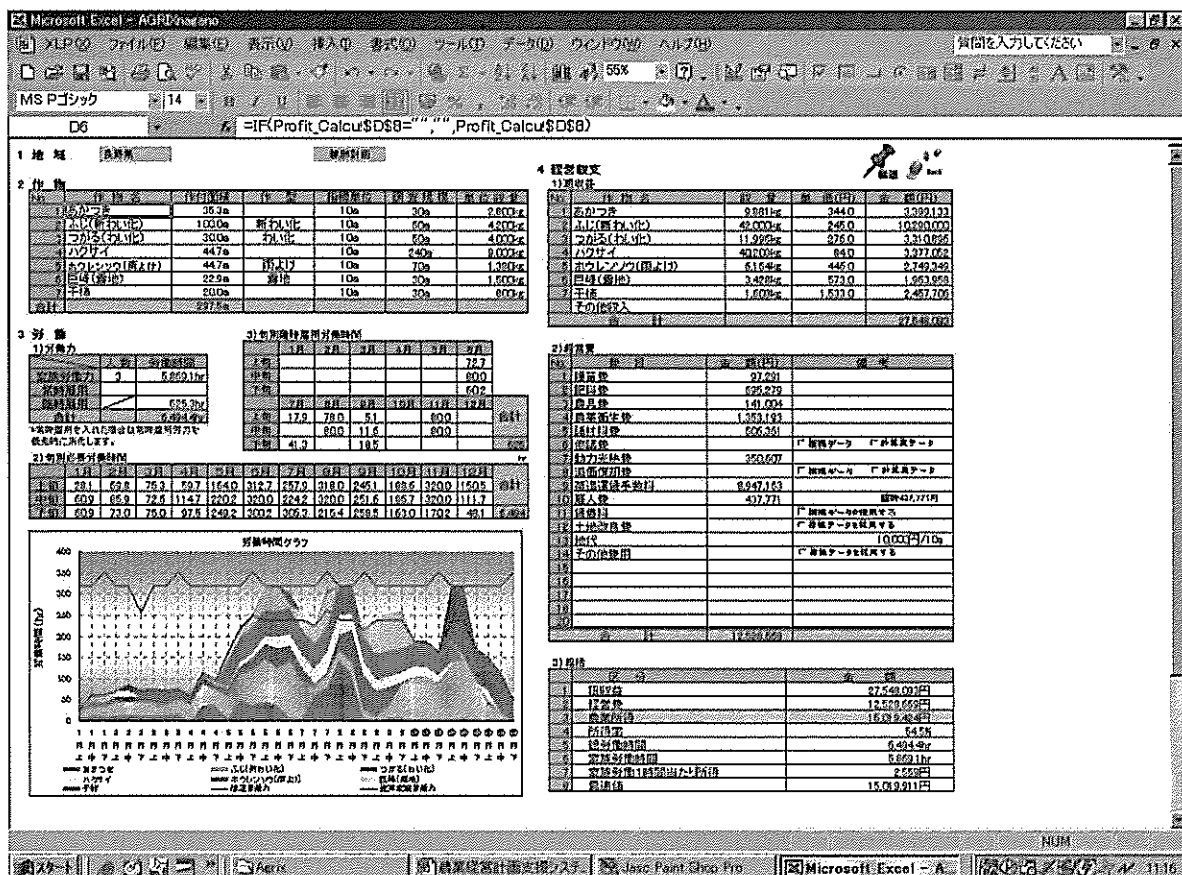
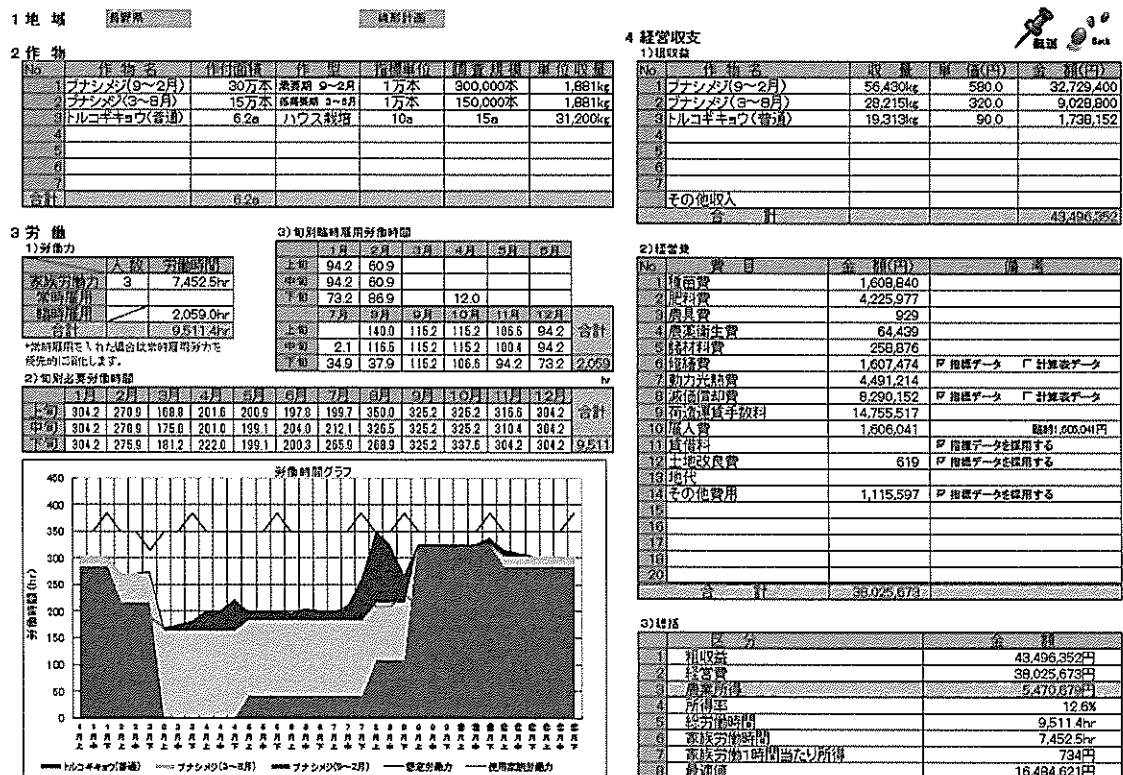
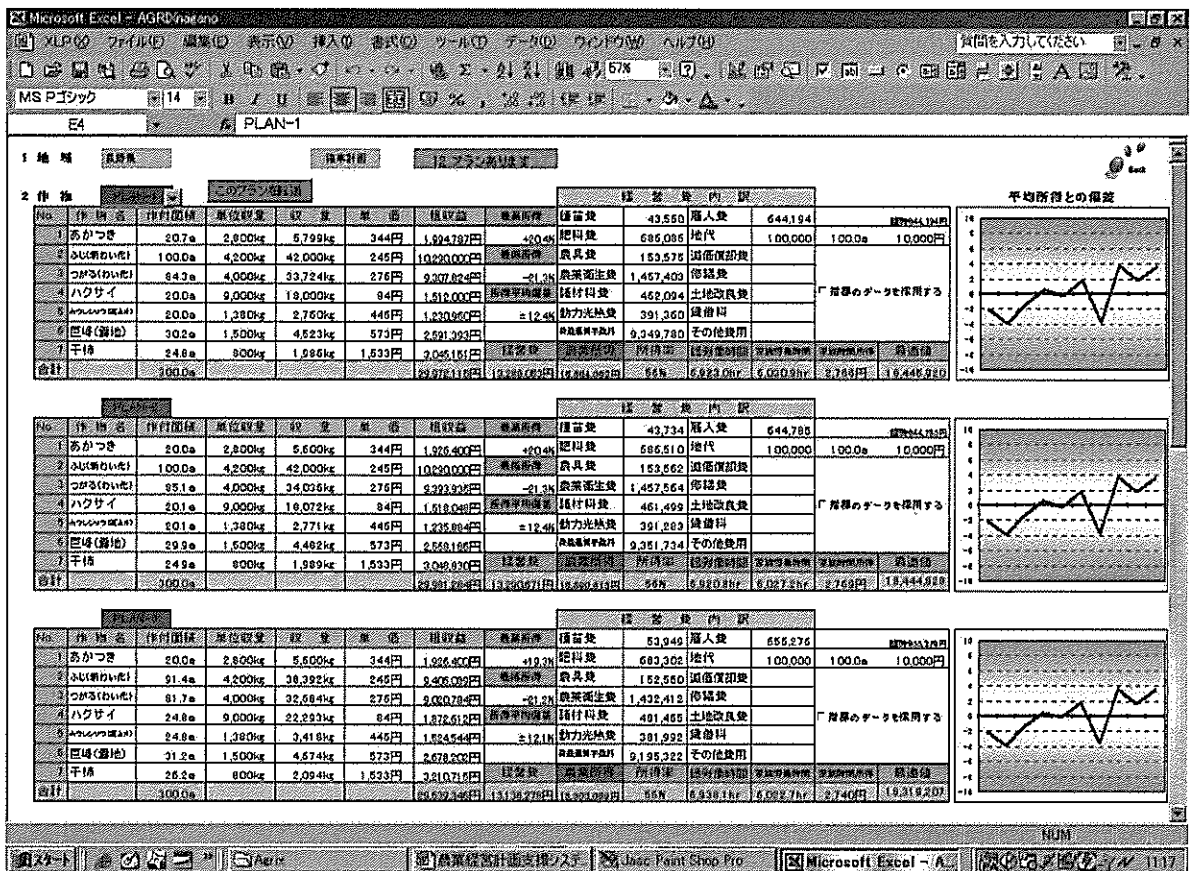


図9 線形計画・整数計画・目標計画結果表示画面



された計画案をもとに、作付面積・単価・単収等を自由に変更でき、有利で最適な計画を作成することができる。本システムでは、作成した計画を比較表に転送すること

によって、同一画面で4プランを同時に比較することができるようにした。

以上のような流れで各種の経営計画を樹立することが

できる。当初の「必要なデータ集めが大変」、「使うのに手間が掛かりすぎる」、「単体表の作り方が分からない」といった課題はクリアできている（図 7：自動作成された単体表，図 8：あらかじめ入力されている経営指標データ）。ただし，ここで使用しているデータは，あくまでも経営指標であり，個人の経営データではない。単収や単価は容易に変更可能であるが，経費や労働時間配分，作型などは県内の一般的なものとしてとらえ，システムのデータをそのまま用いた場合は，県内の標準的な計画案となる。農家個々の実情にあった計画案を示したい場合は，ユーザーが別途基礎データを入力する必要がある。任意の指標の入力は，メニュー画面の経営指標編集で行う。

本システムのもう一つの特徴として，ベースの「AGRIX」には無かった確率計画計算を新たに導入した。確率計画は営農リスクを考慮した計画の作成に有効な方法で，このシステムでは線形計画法の解法が利用できる MOTAD モデルを採用した。MOTAD とは，収益リスクの指標の一つである絶対偏差和最小化(Minimization Of Total Absolute Deviations)基準の頭文字を表している。過去 10 年間の販売単価を使用し，収益の年次変動を考慮した作付計画案が提示できる。

なお，菌茸経営においては，経営計画支援システム「AGRIX KINOKO」を開発した。菌茸 2 部門と耕種部門を組み合わせた計算が可能で，菌茸類の低需要期の減産に合わせ，補完品目として耕種部門の導入検討に活用できる（図 11）。

摘 要

これまで開発されてきた農業経営計画を支援するソフトウェアは，現場で使用するには煩雑で難しいものが多かった。そこで，現場の指導者や農業者が簡易，迅速に計画を作成することができる営農計画支援システム「AGRIX NAGANO」の開発を行った。

長野県農業経営指標のデータを使用することによる基礎データ作成の省力化と，単体表作成をシステムが自動で行い，結果を表にして出力することによって，誰でも簡易に営農計画を樹立することができる。

本システムは，規模拡大時の経営計画，新規就農者の営農計画，認定農業者制度の市町村基本構想「効率的かつ安定的な農業経営の指標」（農業所得〔主たる従事者 550 万円〕と年間の労働時間〔1,900～2,100 時間〕）作成時に効力を発揮すると考えられる。

謝 辞

本システムの開発にあたり，ご協力とご助言をいただいた元中央農業総合研究センターの大石亘氏，システムのベースを提供していただいた群馬県の前田重幸氏に感謝します。

引用文献

- 1)大石 亘 営農計画のための線形計画法プログラム
X L P 農業情報研究 15(3),2006.319-330
- 2)前田重幸 農業経営計画支援システム AGRIX
ぐんまアグリネット経営支援情報 <http://aic.pref.gunma.jp/agricultural/management/technology/it/>,2003
- 3)農林水産省農業研究センター（1998）
線形計画法による農業経営の設計と分析マニュアル
- 4)農林水産省農業研究センター（1996）
農業経営の計画手法と意志決定支援情報

農業情報メッシュデータの作成とその利用方法の事例

花岡和徳

Development and Application of Agricultural Information Mesh Data

Kazunori HANAOKA

Abstract

Agricultural Information Mesh Data was developed. It contains land use, planting crops (paddy rice, apple and lettuce), weather conditions and altitude for Nagano Prefecture by 1 km mesh. This data can use in Geographic Information System (GIS) software. GIS software and the Agricultural Information Mesh Data can create a useful information and plot it on the map.

Key Words : agricultural information mesh data, geographic information system, 1km mesh data

緒 言

農業は気象条件や地理的条件に大きな影響を受ける産業であり、気温、降水量、標高等の詳細な情報は、農作物の栽培適地の判断や、その他の営農計画の策定、農業政策の推進などにおいて非常に有益である。そのため、AMeDAS等の観測値から任意の地点における気温、降水量を推定する試みが1980年代から広島県¹⁾などにおいて進められた（広島県・気象庁1982）。

長野県においては、時期別の気象条件、標高などの条件により、緯度経度に沿った約1km四方の網の目（1kmメッシュ）ごとに塗り分けた気象分布図を作るMesh Map Viewシステム（MMVシステム）が開発され、平成22年に普及技術とされている（長野県2010）。しかし、MMVシステムでは、農地や作付品目の情報がないほか、地図上に表示することができないなどの問題もあり、新たな手法が求められていた。

地図情報とそれぞれの土地に付随する属性情報を一体的に処理・管理・分析できるシステムとして、地理情報システム（Geographic Information System：以下、「GIS」という）がある。商業分野では、年収や世帯構成、性別といったデータと地図情報を組み合わせて商圈を調査、分析するエリアマーケティングの重要なツールとなっている。地方自治体では福祉、交通、環境などの行政データとリンクした地図を提供している。また、GISで利用できる無料のデータの整備・公開が進められており、各省庁や公的研究機関等から気象、地形に関するデータのほか、国勢調査や事業所統計等の各種統計情報も得ることができる。近年では無料のGISソフトが簡単に入手で

きるようになり、今後も利用場面は増加していくと想定される。

長野県においても、1kmメッシュごとに農作物の作付状況及び主要品目（水稻、リンゴ、レタス）の作付状況を調査した。これを平年値メッシュ（国土交通省）に付加し、1kmメッシュごとに農地の分布及び作付品目（水稻・リンゴ・レタス）、時期別の気象条件、標高等の情報を持ち、GISソフトで利用できる農業情報メッシュデータを作成したので報告する。

材料及び方法

気象条件は平年値メッシュ（国土交通省2012）を使用した。本データは気象庁が作成したメッシュ平年値2010をもとに国土交通省が作成したもので、降水量、気温、最深積雪、日照時間、全天日射量の平年値が、過去30年間の観測値をもとに1kmメッシュごとに整備されている。

地形条件は標高・傾斜度3次メッシュデータ（国土交通省2011）を使用した。本データは国土交通省が作成したもので、標高（平均、最高、最低）、最大傾斜角度・方角、最小傾斜角度・方角が1kmメッシュごとに収録されている。

1kmメッシュごとの農地の分布及び作付品目は、農業改良普及センターを通じて「農地及び水稻・リンゴ・レタスの栽培状況調査」（2013年7月12日現在）を行った。本調査は、農地の有無（概ね1ha以上）及び水稻・リンゴ・レタス栽培の有無（概ね1ha以上）を1kmメッシュごとに明らかにしたものである。

各メッシュを所管する農業改良普及センターは、長野県統合型地理情報システムの「広域図」レイヤと1kmメッシュを重ねて決定した。「広域図」レイヤには各農業改良普及センターが所管する地域が収録されている。複数の農業改良普及センターにまたがるメッシュは、それぞれの農業改良普及センターが重複して所管するものとした。

平年値メッシュを基本データとし、表1に示した情報を付加して農業情報メッシュデータとした。ファイル形式は任意のGISソフトで利用できるよう、GISにおける標準的な形式であるシェープファイルとした。データの加工は Quantum GIS (フリーウェア) 及び Excel2010・Access2010(Microsoft)を使用した。

結果及び考察

農業情報メッシュデータの作成

土地の利用状況ごとに、標高及び気温を集計した結果を表2、表3に示す。また、地図上に土地の利用状況を標高により色分けして表示したものを図1に示す。

長野県は13,528個のメッシュからなり、そのうち農地のあるメッシュ（以降、「農地メッシュ」という。）の数は4,411個、平均標高は734mで、標高700m以下に48.3%が分布していた。年平均気温は10.1℃、栽培期間の平均気温は16.5℃、年平均降水量は1,371mmであった。

農地メッシュは、主に千曲川、天竜川の流域からその周辺の山地の際まで分布していた。水稻が栽培されているメッシュ（以降、「水稻メッシュ」という。）の数は3,125個、平均標高は693mで、標高700m以下に52.7%が分布していた。年平均気温は10.4℃、栽培期間の平均気温は16.8℃、年平均降水量は1,343mmであった。その分布は、農地メッシュから標高1,000m以上の部分を除いたような形であった。これは水稻の栽培標高の限界を反映したものと考えられた。

映したものと考えられた。

リンゴが栽培されているメッシュの数は1,027個、平均標高は596mであった。年平均気温10.9℃、栽培期間の平均気温は17.3℃、年平均降水量は1,217mmであった。標高800m以下に約90%が分布しており、冬季の積雪や凍害等を回避してリンゴが作付されていると考えられた。

レタスが栽培されているメッシュの数は391個、平均標高は1,015mで、標高900以上の準高標高・高標高地域に57.3%が分布していた。栽培期間の平均気温は15.1℃であった。これは、長野県が夏秋レタスの主な産地であり、生産地が北佐久、南佐久、菅平などの高標高地域、北佐久、塩尻などの準高標高地域であるためと考えられた。

農業情報メッシュデータの利用方法の事例

1. リンゴの栽培適地のシミュレーション

本データの利用場面として、農作物の栽培適地の判断があげられる。そこで本データを利用してリンゴの栽培適地のシミュレーションを行った。リンゴの栽培適地の条件は果樹農業振興基本指針（農林水産省 2015）を参考に、以下の3つの条件を全て満たすものとした。

- 1)1年平均気温が6℃以上14℃以下
- 2)4～10月の平均気温が13℃以上21℃以下
- 3)4～10月の降水量が1,300mm以下

本データを Quantum GIS に取り込み、「農地メッシュ」について前述の条件に合致するメッシュを抽出し、以下の3種類に色分けして地図上に表示した（図2）。

- 1)栽培条件に合致、栽培あり
- 2)栽培条件に合致、栽培なし
- 3)栽培条件に合致しない、栽培あり

その結果、1)栽培条件に合致し、栽培の行われているメッシュは966個、2)栽培条件に合致するが栽培の行われていないメッシュは2,879個、3)栽培条件に合致しないが栽培

表1 農業情報メッシュデータに含まれる情報

項目		データ	抽出単位	出典
気象条件 (1981年～ 2010年)	降水量	月合計値と年合計値	0.1mm	国土数値情報（メッシュ平年 値2010）国土交通省
	最高気温	日最高気温の月平均値と年平均値	0.1℃	
	最低気温	日最低気温の月平均値と年平均値	0.1℃	
	平均気温	日平均気温の月平均値と年平均値	0.1℃	
	最深積雪	積雪の深さの年最大値	1cm	
標高	1キロメッシュ内の平均標高		0.1m	国土数値情報（標高・傾斜度 3次メッシュ）国土交通省
農地および	農地の有無	農地の有無（概ね1ha以上）	有無	農業改良普及センターによる 農地および水稲・リンゴ・レ タスの栽培状況調査結果 （2013年7月12日現在）
作付品目	水稲の作付	水稲栽培の有無（概ね1ha以上）	有無	
	リンゴ作付	りんご栽培の有無（概ね1ha以上）	有無	
	レタス作付	レタス栽培の有無（概ね1ha以上）	有無	
当該メッシュを所管する農 業改良普及センター			長野県版GIS「広域図」レ イヤ	

培の行われているメッシュは 61 個であった。今回用いた条件によると、リンゴ栽培適地はリンゴメッシュをほぼ内包し、さらに一回り大きい地域となった。リンゴメッシュのうち、下伊那地域の一部がリンゴ栽培適地に抽出されなかったが、これは年平均降水量が条件を上回るためであった。栽培適地を判断するためには、今回用いた条件の他以外にも冬季の最低気温、最大積雪量、低温要求時間、凍霜害発生の可能性や、鳥獣害、土壌条件等も考慮する必要がある。これらの中には既存の情報もあることから、今後、より精密な栽培適地判断が可能となると考えられる。

2. 長野県における水稻白未熟粒発生地域の推定

本データは GIS ソフト上で利用でき、他の電子データと組み合わせることで新たな知見を得ることもできる。そこで、本データとメッシュ農業気象データを組み合わせ、水稻の高温障害である白未熟粒について長野県における発生地域を推定した。メッシュ農業気象データは農研機構中央農業総合研究センターが作成している気象に関するデータで、平均・最低・最高気温、降水量などの日別値を 1km メッシュごとに得ることができる。白未熟粒は出穂後 20 日間の平均気温が 26℃以上となると発生が増加するとされている（近藤ら 2006）。そこで、高温年であった 2010 年のメッシュ農業気象データをもとに出穂後 20 日間の平均気温を計算し、地図上に色分けして表示した（図 3）。

出穂後 20 日間の平均気温が 26℃以上となった水稻メッシュは全体の 16.1%にあたる 504 個であった。抽出された地域は千曲川沿いの低標高地、中部、南部等、本県において白未熟粒の発生が高い頻度で認められており、現状をよく反映しているものと考えられた。複数年について検証し、白未熟粒の発生頻度を把握することで、白未熟粒を回避するための品種選定や移植時期の決定への応用が期待できる。

コンピュータの高性能化、低価格化や ICT（Information and Communication Technology）の発達により、様々な情報を個人が入手し、解析するインフラが整いつつある。本データが、様々な気象リスクを排除し、効率的な農業を実践する一助となり、少しでも地域農業の発展、活性化に寄与できれば幸いである。

摘 要

長野県における農地及び作付品目（水稻・リンゴ・レタス）、時期別の気象条件、標高等の情報を 1km メッシュごとに持ち、GIS ソフトで利用できる農業情報メッシュデータを作成した。本データ及び他のデータを組み合わせることで、農業生産に有益な情報を地図上に作図することができる。

表2 土地の利用状況別の標高、気温、降水量の集計値

項目	メッシュの抽出条件				全県
	農地あり ¹⁾	水稻栽培あり ²⁾	リンゴ栽培あり ²⁾	レタス栽培あり ²⁾	
平均標高 (m)	734	693	596	1015	1,150
年平均気温 (℃)	10.1	10.4	10.9	8.7	7.8
栽培期間の平均気温 (℃) ³⁾	16.5	16.8	17.3	15.1	14.2
年平均降水量	1,371	1,343	1,217	1,260	1,682

1)1ha以上の農地を含むメッシュ

2)当該作物の栽培面積が1ha以上のメッシュ

3)4～10月の平均気温

表3 土地の利用状況、標高別の1kmメッシュの数

標高(m)	土地の利用状況				全県
	農地あり ¹⁾	水稻栽培あり ²⁾	リンゴ栽培あり ²⁾	レタス栽培あり ²⁾	
～ 300	5	4	0	0	5
300 ～ 400	351	267	168	0	388
400 ～ 500	323	229	118	1	371
500 ～ 600	610	476	196	1	708
600 ～ 700	841	669	253	31	1,071
700 ～ 800	758	607	205	61	1,099
800 ～ 900	551	410	68	73	1,053
900 ～ 1,000	412	266	19	56	1,150
1,000 ～ 1,100	237	132	0	22	1,112
1,100 ～ 1,200	110	43	0	27	1,027
1,200 ～ 1,300	102	19	0	39	919
1,300 ～ 1,400	61	3	0	44	856
1,400 ～ 1,500	36	0	0	27	746
1,500 ～	14	0	0	9	3,023
合計	4,411	3,125	1,027	391	13,528

1)1ha以上の農地を含むメッシュ

2)当該作物の栽培面積が1ha以上のメッシュ

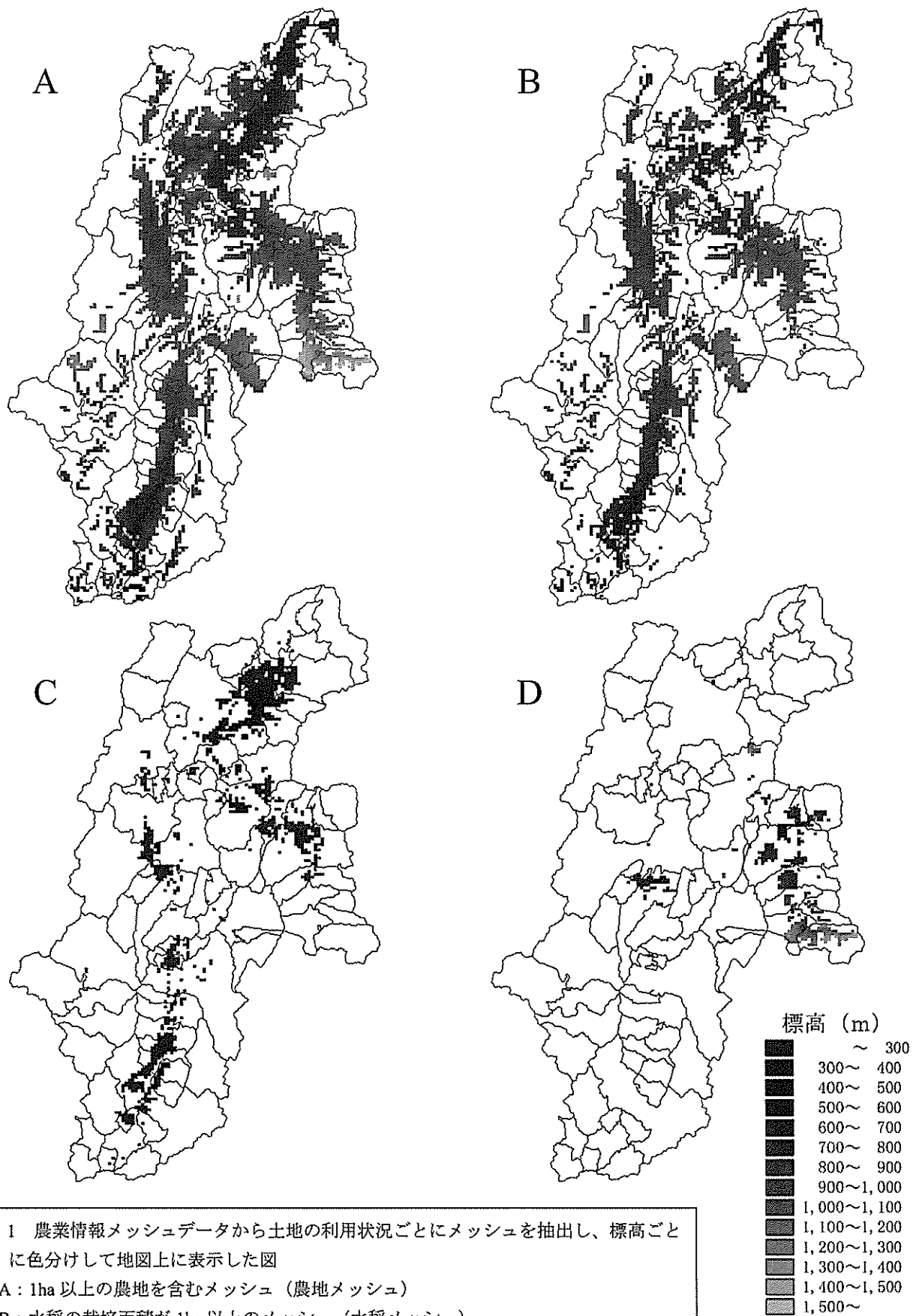


図 1 農業情報メッシュデータから土地の利用状況ごとにメッシュを抽出し、標高ごとに色分けして地図上に表示した図

- A : 1ha 以上の農地を含むメッシュ (農地メッシュ)
 B : 水稲の栽培面積が 1ha 以上のメッシュ (水稲メッシュ)
 C : リンゴの栽培面積が 1ha 以上のメッシュ (リンゴメッシュ)
 D : レタスの栽培面積が 1ha 以上のメッシュ (レタスメッシュ)

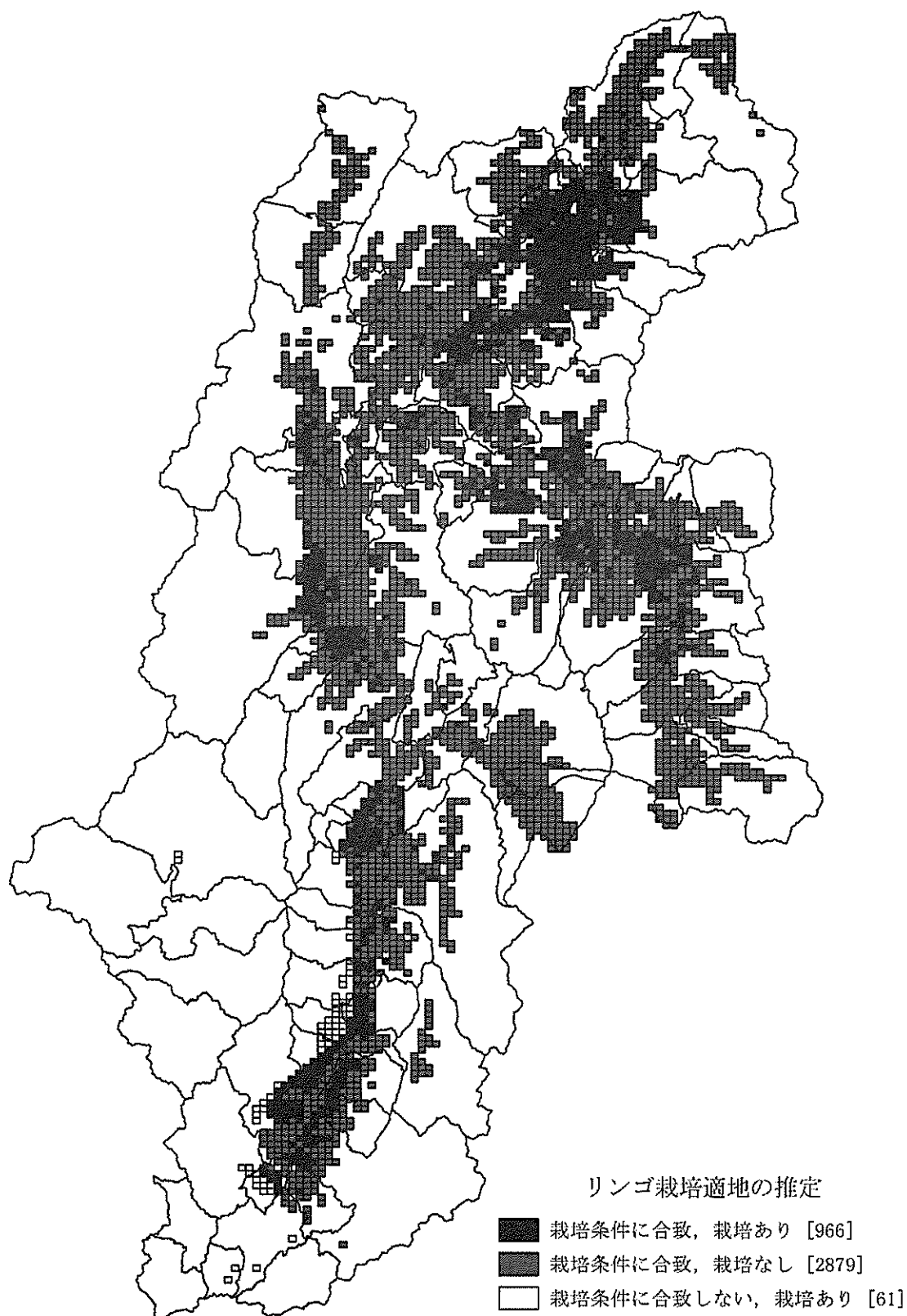


図2 農業情報メッシュデータのうち「1ha以上の農地を含むメッシュ（農地メッシュ）」からリンゴの栽培条件に合致するメッシュ、及びリンゴが栽培されているメッシュを抽出し、色分けして地図上に表示した図

リンゴの栽培条件は、①1年平均気温が6℃以上14℃以下、②4～10月の平均気温が13℃以上21℃以下、③4～10月の降水量が1,300mm以下、の全てを満たすものとした。

凡例の[]の数字は、当該条件をメッシュの数を表す。

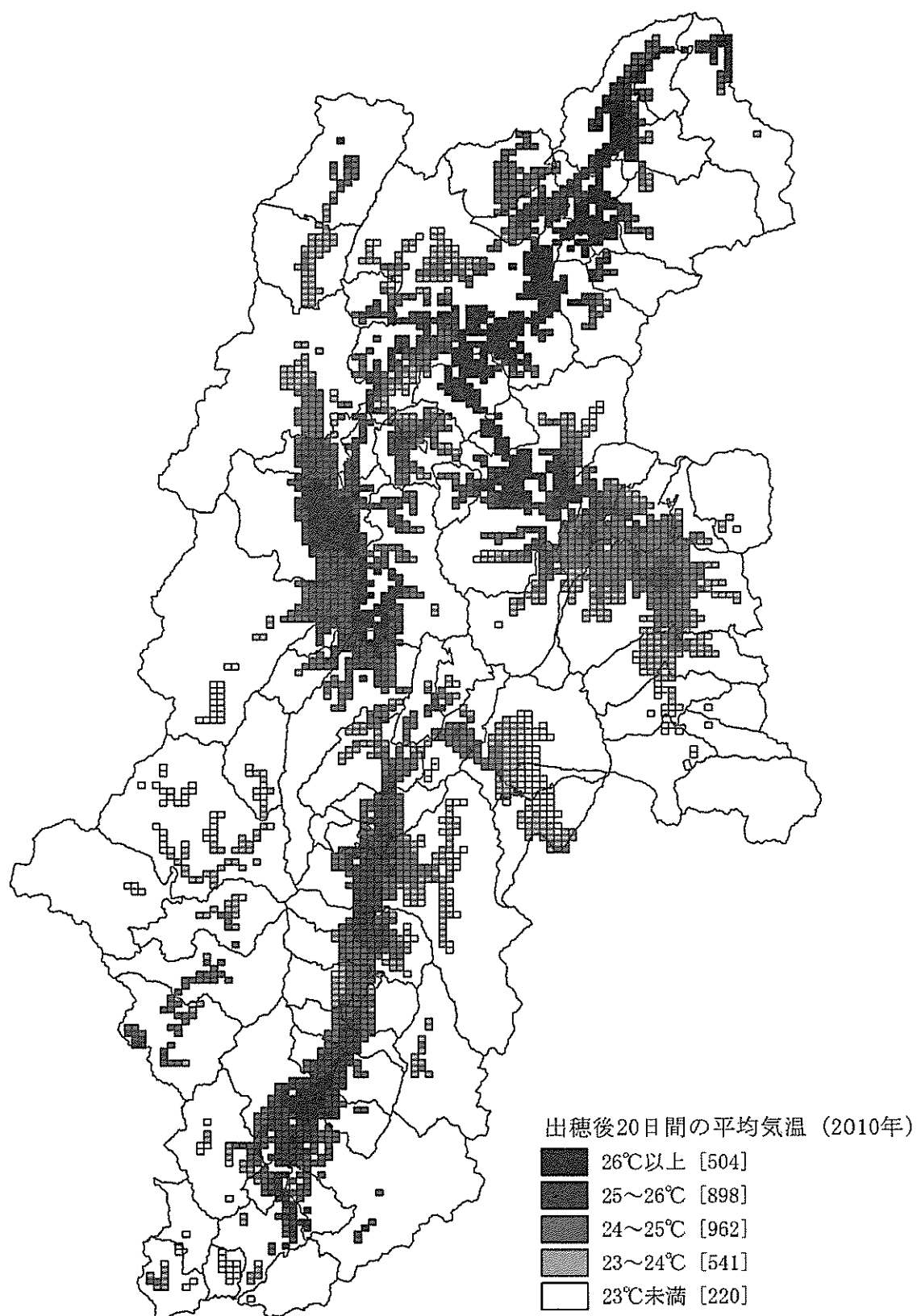


図3 水稻メッシュにおける2010年の出穂後20日間の平均気温を計算し、色分けして地図上に表示した図

凡例の[]の数字は、当該条件を満たすメッシュの数を示す。

水稻メッシュの16.1%にあたる504個のメッシュが白未熟粒の発生が増加する26℃以上となった。

謝 辞

本データを作成するにあたり、農地及び水稲・リンゴ・レタスの栽培状況調査にご協力いただいた農業改良普及員センターの普及指導員の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

広島県・気象庁. 1982.. 広島県メッシュ気候図

国土交通省. 2011. 国土数値情報（標高・傾斜度3次

メッシュ）.

国土交通省. 2012. 国土数値情報（平年値メッシュ）.

近藤始彦ら. 2006. 水稲の乳白粒・基白粒発生と登熟気温および玄米タンパク含有率との関係 第222回日本作物学会講演会要旨集. P14.

長野県. 2010. MMV システムは長野県内における1キロメッシュ気候値を用いて、気象条件分布図が作成できる. 平成22年度普及に移す農業技術.

農林水産省. 2015. 果樹農業振興基本方針

農研機構中央農業総合研究センター 2013. メッシュ農業気象データ利用マニュアル.

ニホンジカくくりわな捕獲のための効率的誘引方法の実証

柳澤俊一¹⁾・菅澤 勉²⁾

Effective inducing technique to capture *Cervus nippon* by snare

Shunichi YANAGISAWA and Tsutomu SUGESAWA

Abstract

In Nagano prefecture, Japan, it is confirmed that *Cervus nippon* frequently eat agricultural product. *C. nippon* is usually captured by snare at animal trail on slope. Then we proved that mixture of soil and salt in the proportion of five to one induce and capture *C. nippon* by snare at plane field efficiently.

Key Words : *Cervus nippon*, salt, snare, soil, trap

緒 言

長野県内では、ニホンジカ（*Cervus nippon* 以下シカ）による農作物被害が多発し、被害軽減のために侵入防止柵の設置のほか、銃猟やくくりわなによる捕獲が行われている。くくりわなは傾斜地の獣道に仕掛けることが多いので、捕獲個体の搬出が困難で、錯誤捕獲の発生も避けられない。

そこで、捕獲個体の搬出作業の軽減化と捕獲効率向上のため、個体数調整が行われる3月下旬から11月上旬に見回りおよび搬出作業が容易な捕獲場所へシカを効率的に誘引できる資材の検討およびくくりわなによる捕獲を実証した。

材料および方法

試験1 シカ誘引資材の検討

1) 誘引資材の比較

2011年3月30日から5月12日の間、畜産試験場（塩尻市片丘）場内圃場林縁部に、食塩、食塩土混合物（食塩と周辺の土を容積比1対5で混合したもの）、鉋塩、ヘイキューブ、ビートパルプを3m間隔で設置し、シカの行動を自動撮影カメラ（静止画、撮影待機インターバル1分）で調査した。供試量については、食塩、食塩土混合物は、現場で計量することと農地への影響を考慮し、20と60とし、鉋塩が5kgのブロックだったため、ヘイキューブ、ビートパルプも5kgとした。

4月4日からは自動撮影カメラ（動画30秒撮影、撮影

待機インターバル5分）を追加し、食塩および食塩土混合物に対するシカの行動を調査した。

2) 塩類資材の比較

2011年11月4日から11月22日の間、畜産試験場内圃場林縁部において、牧場で牛の給塩に使われる天日塩（輸入未精製塩）、食塩、食塩土混合物、鉋塩を5m間隔で設置し、シカの行動を自動撮影カメラ（動画30秒撮影、撮影待機インターバル5分）で調査した。供試量については、第1表の試験後、塩類を置いた場所をシカが舐め続け、穴が開いてしまったため量を減らし、天日塩、食塩については10、食塩土混合物30、鉋塩は風雨にさらされたものを再利用した。

試験2 シカ誘引捕獲試験

1) 農地周辺における誘引捕獲

2012年6月10日から7月16日の間、シカの生息が確認された松本市内田の農地周辺の林縁部2ヵ所に、食塩土混合物30程度を捕獲個体の搬出しやすい平坦な場所に置き、50～100cm離れた場所にくくりわなを設置した区と、地域で慣行的に行われている傾斜地の獣道にくくりわなを設置した区を設け比較した（第1図、第2図）。

試験区には自動撮影カメラ（動画30秒撮影、撮影待機インターバル5分）を設置し、シカの行動を確認した。

シカが捕獲された場合は、同一の場所に再度くくりわなを設置した。

設置は全て許可を得た地元猟友会員が行い、捕獲には有害・個体数調整用の笠松式くくりわなを使用した。

2) 公共牧場における誘引捕獲

2012年10月9日から11月13日の間、シカの被害が発生している南信地域の公共牧場において、前述に準じ

1)現在 長野県林務部森林づくり推進課

2)現在 長野県北安曇農業改良普及センター

て試験を実施した(第3図)。

結果および考察

試験1 シカ誘引資材の検討

1) 誘引資材の比較

食塩および食塩土混合物では、多くのシカが舐める状況が撮影された。ヘイキューブを採食するシカは6頭撮影されたが、ビートパルプを採食するシカは撮影されなかった。鉾塩は撮影頭数が少なく、新品だったためか撮影初回が5月2日と遅く、下の土を舐める様子が撮影された(第4図)。ヘイキューブとビートパルプはイノシシの採食が撮影された(第1表、第5図)。

食塩および食塩土混合物に対するシカの行動を動画で調査すると、奪い合って舐める行動が確認された。

また、周辺の草を採食するシカも多数撮影されたことから、周辺の草が採食できる状況下では、ヘイキューブ、ビートパルプより食塩および食塩土混合物の誘引効果が高く、イノシシは誘引されないことが確認された(第2表)。

2) 塩類資材の比較

牛の給塩に使われる天日塩、食塩、鉾塩および食塩土混合物の比較では、食塩のみより食塩土混合物を好む傾向が認められた。鉾塩は第1表の試験に使用した風雨にさらされたものを使用したためか、表1の試験時より舐める頭数が増加し、鉾塩本体より周囲の土を舐める様子が観察されたことから、鉾塩が溶出した周囲の土を舐めた可能性がある。また、塩類を置いた場所はシカが舐め続けたため、穴が開いた状態となったことから、誘引に使用する塩類の量を加減する必要があると考えられた(第3表、第6図)。

このことから、食塩土混合物がシカの誘引に利用できることが確認された。

試験2 シカ誘引捕獲試験

1) 農地周辺における誘引捕獲

試験1で最もシカの誘引頭数の多かった食塩土混合物では、5基のくくりわなで、5頭の捕獲があり、最短2日で捕獲された。また、同一場所で捕獲後再設置することで、46日間に3頭捕獲できた場所(E地点)があった。

慣行区として獣道に設置した3基のくくりわなでは、1頭が捕獲された。今回の試験中、錯誤捕獲はなかった。試験区の捕獲効率は0.023頭/わな日(わな1基の1日当たり捕獲頭数)で、慣行区の捕獲効率0.007頭/わな日を上回った(第4表)。

自動撮影カメラの映像では捕獲されたシカが伏臥休息した状態の横で別のシカが採食する行動が確認された。

このことから、シカの生息が確認できる場所であれば、獣道でなくても管理しやすい任意の場所へ食塩土混合物

で誘引し、くくりわなでシカを捕獲できると考えられる。

2) 公共牧場における誘引捕獲

試験区では6頭捕獲され、わなは全て前足にかかっていた。慣行区では、2頭の捕獲があったが、前足にかかった1頭は発見時にすでに死亡しており、もう1頭は後足にわながかかっていた。

試験区の捕獲効率は0.051頭/わな日で、慣行区の捕獲効率0.020頭/わな日を上回った。

自動カメラの映像では、食塩土混合物を舐めている状況が多く撮影され、誘引されて捕獲したことが確認された。また、タヌキが食塩土混合物の上にマーキングしたことで、しばらくシカが誘引されなくなる状況が確認された(第5表、第7図)。

今回の試験中、錯誤捕獲はなかった。

このことから、シカの食害が発生している牧場においても食塩土混合物でシカを誘引し、捕獲できることが確認された。

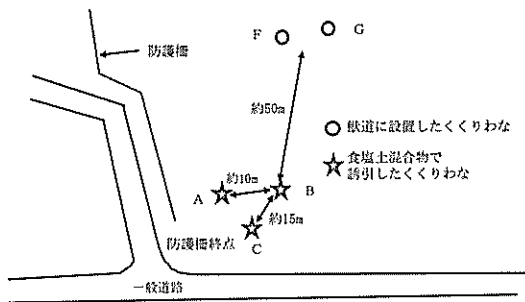
全試験を通じ、シカ以外の動物が塩類資材を舐める様子は確認されず、錯誤捕獲もなかったことから、シカの採食行動が確認される場所において、任意の場所にシカだけを誘引して錯誤捕獲を減らすことができる可能性が示唆された。

摘 要

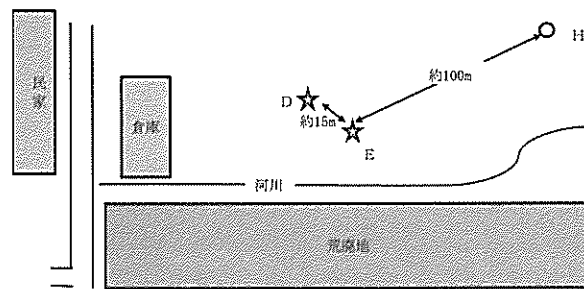
シカの採食行動が確認される場所において、任意の場所に食塩土混合物を設置することにより、シカだけを誘引し、くくりわなにより捕獲できることが確認された。これにより、錯誤捕獲を減らすことができる可能性が示唆された。

謝 辞

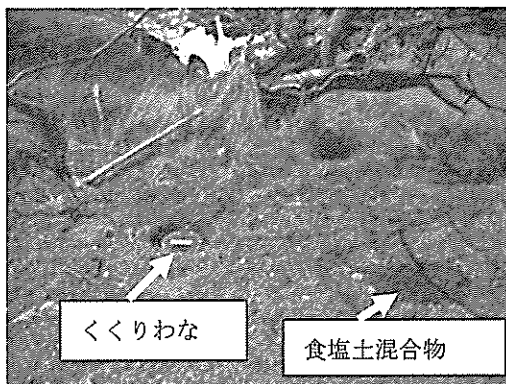
シカ誘引捕獲試験の実施にあたり、捕獲作業に従事いただいた猟友会員様に深く感謝の意を表する。



第1図 松本市内田試験地1の概略図



第2図 松本市内田試験地2の概略図



第3図 くくりわなの設置状況



第4図 鉱塩の下の土を舐めるシカ



第5図 ビートパルプを採食するイノシシ



第6図 食塩土混合物を置いた跡



第7図 くくりわなで捕獲されたシカ

第1表 誘引資材比較試験で自動撮影されたシカの頭数 ^{a)}						
誘引資材名	供試量	シカの行動				イノシシの採食
		舐め、採食	近くに滞在	周辺を移動	草を採食	
食塩	20	16	44	1	1	
食塩土混合物	60	15	23			
鉾塩	5kg	3	13	1	5	
ヘイキューブ	5kg	6	4	1	1	1
ビートパルプ	5kg		2	2		4

a) 静止画、撮影待機インターバル1分(カメラ機種:Moultriey GAMESPY D40)

第2表 自動撮影カメラによる行動調査 ^{a)}						
シカの行動	食塩		食塩		草を採食	周辺移動
	舐める頭数		舐め合った回数		する頭数	する頭数
	16	3	14	5	45	21

a) 動画 30 秒撮影、撮影待機インターバル 5 分 (カメラ機種: Bushnell TROPHYCAM XLT)

カメラの設定、調査期間が異なるため、第1表とは一致しない。

第3表 塩類比較試験自動撮影カメラ撮影頭数 ^{a)} (頭)										
誘引資材名	供試量	撮影総頭数	撮影内容							
			舐める	周辺を移動	草採食	その他行動				
天日塩	10	120	49 41%	41 34%	13 11%	17 14%				
食塩	10	47	14 30%	26 55%	4 9%	3 6%				
食塩土混合物	30	122	78 64%	25 20%	6 5%	13 11%				
鉾塩 ^{b)}	約3kg	159	56 35%	62 39%	17 11%	24 15%				

a) 動画30秒撮影、撮影待機インターバル5分(カメラ機種: Bushnell TROPHYCAM XLT)

b) 第1表の試験に利用し、風雨にさらされたものを再利用

第4表 くくりわなでの捕獲状況(松本市内田)									
区分	わな設置場所	設置日	わな撤収日	わな稼働日数	捕獲頭数	捕獲日	雌雄別	捕獲までの日数	捕獲効率 頭/わな日
試験区 a)	A	6月10日	7月16日	46	1	6月12日	メス	2	0.022
	B	6月10日	7月16日	46	1	6月23日	オス	13	0.022
	C	6月10日	7月16日	46	—	—	—	捕獲なし	
	D	6月10日	7月16日	46	—	—	—	捕獲なし	
	E	6月10日	7月15日	45	3	6月26日	メス	16	0.067
						7月1日	メス	5	
						7月15日	オス	14	
	合計			219	5				0.023
慣行区	F	6月10日	7月16日	46	1	6月20日	オス	10	0.022
	G	6月10日	7月16日	46	—	—	—	捕獲なし	
	H	6月10日	7月16日	46	—	—	—	捕獲なし	
	合計			138	1				0.007

a) 食塩土混合物はくくりわなと同時に設置し、シカが舐めて無くなった場合は追加した。

わなの設置場所は第1図、第2図参照。

第5表 南信の公共牧場での捕獲状況											
区分	わな ^{a)b)} 設置場所	設置日	わな撤収日	わな稼働日数	捕獲頭数	捕獲日	雌雄別	推定年齢	かかった足の前後	捕獲までの日数	捕獲効率 頭/わな日
試験区	A	10月9日	11月9日	16	1	11月8日	メス	2才	前	6	0.063
	B	10月9日	10月19日	10	1	10月15日	オス	4才	前	6	0.100
	C	10月9日	11月13日	29	2	10月29日	メス	3才	前	20	0.069
	D	10月19日	11月13日	25	1	11月7日	メス	1才	前	9	
	E	10月19日	10月29日	10	—	11月2日	オス	1才	前	14	0.040
	F	10月19日	10月29日	10	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	G	10月29日	10月31日	1	1	10月29日	メス	1才	前	1	1.000
	H	10月29日	11月13日	16	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	合計			117	6						0.051
慣行区	I	10月9日	11月2日	24	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	J	10月9日	11月2日	24	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	K	10月9日	11月2日	24	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	L	11月2日	11月9日	6	2	11月3日	メス	4才	前	1	0.333
						11月8日	オス	1才	後	5	
	M	11月2日	11月13日	11	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	N	11月2日	11月13日	11	—	—	—	—	—	捕獲なし	
	合計			100	2						0.020

a) わなAはタスキのマーキングの影響により10月19日～11月2日まで設置せず。

b) わなA, B, Cは10月5日に食塩土混合物を設置、他はくくりわな設置時に設置。

農業用ハウスにおける電気柵設置によるハクビシン侵入防止技術

岡部知恭¹⁾・柳澤俊一²⁾

Technique for preventing *Paguma larvata* from braking into greenhouse by electric fence

Tomoyasu OKABE and Shunichi YANAGISAWA

Abstracts

It happened that *Paguma larvata* irrupt into green house and eat fruit in harvest season. We considered if improved electric fence set on greenhouse prevent to be irrupted by *Paguma larvata*.

Key word：electric fence set, grapes cultural under forced condition, greenhouse, *Paguma larvata*

緒 言

県内のブドウ加温ハウス栽培において、収穫が近づき換気を行う時期に、ハクビシン（*Paguma larvata*）の侵入被害が発生している。現地では一般的に、防風ネットでハウス全体を囲う対策が採られているが、ネットに登り上部の隙間からハクビシンが侵入している。古谷ら（2009）は、ハクビシンの行動調査を行い、柵に登り樹上から侵入する習性を確認した。

この習性を利用して遠藤ら（2010）は、単管パイプで構成され側面を防風ネットで被うサクランボのハウス栽培において、電牧線をハウスの高さ1.6mの横枠に沿わせ、プラスチック製の防風ネット固定具をガイシとして使用する方法を開発した。本研究はこの方法を応用し、防風ネットの代わりにハウスのすそ張りを障害物として利用し、すそ張り上部の換気用の開口部のハウス支柱にガイシを付け電牧線を設置することにより、ハクビシンの侵入防止ができるかを検討した。

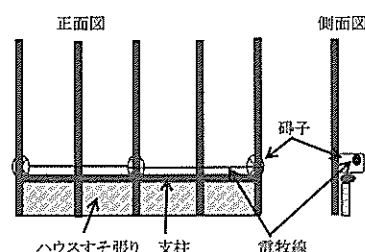
材料及び方法

試験は、ブドウ栽培ハウス（加温促成栽培）で2011、2012年に長野県東御市および松本市で行った。ハウス栽培では、ブドウの収穫期になると換気のためビニールハウス横面を開口するので、すそ張り上部のパイプ部分にガイシを取り付けて電牧線を設置した。ガイシの位置はすそ張りの直上、設置間隔は5mとした（第1図、第2図）。

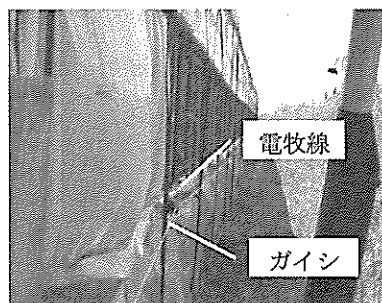
2011年は東御市（試験区1、2）のハウス各2棟（外周211m、225m）、2012年には松本市（試験区3）のハウス1棟（外周180m）で実施した。各試験区とも収穫後の撤去作業性に優れたポリエチレンと金属を組み合わせた線径2.3mmの電牧線を使用した。また、スピードスプ

レーヤによる防除作業のためのハウスの出入り口は、簡易ゲートを設置した。簡易ゲート部分は地上から15cmの高さに電牧線を1段設置した。試験区3のハウス長辺64mは、隣接するリンゴ園からの農薬ドリフト防止のためハウスを開閉する必要があり、ガイシを付けられないので、地面から15cm、30cm、45cmの位置に電牧線を設置した。電牧線の設置期間は、ブドウの着色初期から収穫終了までとした。

自動撮影カメラ（BMC社製SG560-P8M）を設置し、ハクビシンの行動を観察し（動画30秒、撮影待機インターバル5分）、設置前と設置後にハウス内の全被害果数を調査した。また、各ハウスに設置した電気柵に用いた資材等について費用を算出した。



第1図 電気柵設置



第2図 電気柵設置状況

結 果

1)現在 長野県農政部農業技術課

2)現在 長野県林務部森林づくり推進課

東御市（試験区1）の試験前年のハクビシンによるブ

ドウの食害房数は50房であった。2011年6月27日からブドウの出荷が終了となる30日間、電気柵を設置した結果、食害房数は3房で、前年と比較すると被害軽減率94%であった。被害は漏電による電圧低下が原因と考えられた。

自動撮影カメラによる観察では、各試験区ともハクビシンが確認され、ハウス内に進入できず周囲を歩く様子が確認された(第1表、第3図)。

東御市(試験区2)では、7月7日から20日間電気柵を設置した結果、被害房数は1房で、被害軽減率99.3%であった。

松本市(試験区3)では6月25日から電柵設置前のハクビシンによるブドウの食害房数は107房であった。電気柵を7月15日からブドウの出荷が終了となる30日間電気柵を設置した結果、食害を受けた房数は認められなかった。

第1表 試験ハウス周辺でのハクビシン撮影回数

設置場所	設置期間	ハクビシン 撮影回数
東御市ハウスNo.1	2011/6/9~9/25	8
東御市ハウスNo.2	2011/6/9~9/25	3
松本市入山辺ハウス	2012/6/25~8/21	2

*自動撮影カメラ1台を柵の外側に設置

*撮影待機インターバル10分間に設定



第3図 ハウスに侵入できずハウス脇の支柱を登るハクビシン

1mあたりの設置経費を計算したところ、試験区1は68円、試験区2は57円、試験区3は135円であった(第2表)。

ハウス周囲をグラスファイバー製のポールとガイシを使用して、地上部から15cm、30cm、45cmの高さに3段の電気柵を設置した場合の1mあたりの設置経費を試算した結果は、175円となり、試験1~3の設置経費の方が安価であった(第3表)。

考 察

本研究で開発した技術は、ハクビシンが柵をよじ登る性質を利用して柵と電気柵を組み合わせた方法(古谷2009)および遠藤ら(2010)により開発された方法と原理的には踏襲した方法である。パイプハウスのパイプ部分に専用のガイシを付け、通電線を設置するだけのため、設置作業は容易で農家が自己施工することが可能である。ただし、通電線とパイプ部分の接触により漏電することがあるので、設置後も定期的に点検し、電圧を計測することで安定した効果が得られる。また、ハウスの雨どい等、電牧線を設置した外側からのハウスへの侵入経路がある場合には、グリースを塗布してハクビシンが登られないようにする等の対策が必要である。

摘 要

ハクビシンが柵をよじ登る性質を利用して柵と電気柵を組み合わせ、パイプハウスのパイプ部分に専用のガイシを付け、通電線を設置した。自己施工による設置が可能で、ハクビシンによる加温促成栽培のブドウ食害を90%以上軽減できた。

謝 辞

本研究を行うにあたり、多大なご協力を頂いた上小農業改良普及センター、松本農業改良普及センター、現地試験を実施させて頂いた農家各位に、心より感謝申し上げます。

引用文献

古谷益郎. 2009. ハクビシン・アライグマおもしろ生態とかしこい防ぎ方. p.83-96. 農山漁村文化協会. 東京.

遠藤由美ら. 2010. 主にハクビシンを対象としたサクランボ食害防止柵の開発. 東京農大農学集報 58 (1).

第2表 電気柵設置使用資材および経費

資材名	単価(円)	試験1:設置延長 211m		試験2:設置延長 225m		試験3:設置延長 180m		一般的な3段電気柵の 設置費用(200m)	
		数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
KDガイシ	95	44 個	4,180	34 個	3,230				
ポールガイシMP型	95					30 個	2,850		
リングガイシプレミアム	76	9 個	684	6 個	456	20 個	1,520	15 個	1,140
10型グラファイポール	330	3 本	990	12 本	3,960	25 本	8,250	50 本	16,500
クイッククリップ10型	42	8 個	336	12 個	504	75 個	3,150	150 個	6,300
簡易ゲートハンドル	525	2 個	1,050	1 個	525	4 個	2,100	3 個	1,575
ポリワイヤーストロング	21	211 m	4,431						0
ポリワイヤー	13			225 m	2,925				0
ホワイトワイヤー	13					309 m	4,017	600 m	7,800
危険表示板	315	4 枚	1,260	2 枚	630	4 枚	1,260	4 枚	1,260
木杭 45mm角×1.2m	125	4 本	500	5 本	625	9 本	1,125	5 本	625
簡易緊張具S	105					3 個	315	3 個	315
合計金額			13,431		12,855		24,272		35,200
1m当たり設置費用			64		57		135		176

水稻新品種「風さやか」について

高松光生・細井淳・久保田基成¹⁾・新井利直²⁾・中澤伸夫³⁾

A New Rice Cultivar “Kazesayaka”.

Mitsuo TAKAMATSU, Jun HOSOI, Motoshige KUBOTA,
Toshinao ARAI and Nobuo NAKAZAWA

Abstract

A new rice cultivar, “Kazesayaka” was developed at the Nagano Agricultural Experiment Station. It was selected from the cross of “Hokuriku178” and “shinkou485(Yumesinano)”. It belongs to medium-late maturing group. Its resistance to lodging and yielding ability are superior to that of “Kinuhikari”. The tolerance of rice blast are superior to that of “Kinuhikari”. The grain quality is as good as “Kinuhikari” and the eating quality is superior to that of “Kinuhikari”.

Key Words : medium-late maturity, new cultivar, *Oryza sativa*

緒 言

「コシヒカリ」への作付け集中による作業競合や、低暖地帯を中心に気候の温暖化による影響とみられる登熟期間中の高温により白未熟粒発生頻度が多くなり、品質低下が懸念されるようになってきた。現に2010年は、登熟期間中の高温により白未熟粒や胴割粒の発生により、一等米比率が低下した。また、作業分散を目的として2001年に奨励品種に採用されている「キヌヒカリ」は、近年の夏期の高温化傾向に伴い、成熟期が前進し「コシヒカリ」とほぼ同熟となった。

「風さやか」は、「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」より成熟期が遅く、他品種との収穫作業競合を回避でき、収穫時期が遅いことから規模拡大が可能となる。また、出穂期も遅く白未熟粒発生率が「コシヒカリ」より低いこと、倒伏に強く多収であることから、長野米としての低コスト高位安定生産に貢献できるものと思われる。ここに、育成経過と特性について報告する。

本品種育成に当たり、当場の圃場管理担当職員、特性検定試験、奨励品種決定調査担当者をはじめとする関係各位に心から謝意を表する。

来歴及び育成経過

「風さやか」は、農事試験場（現：農業試験場）において、2000年に良食味・いもち耐病性強・多収、省力栽培適性を育種目標に「北陸178号」を母親に「信交485号（後のゆめしなの）」を父親に交配を行った。同年秋から翌年春にかけ農事試験場のガラス温室でF₁及びF₂を養成し、2001年にF₃集団を苗代放置栽培し、2002年に南安曇郡豊科町（現：安曇野市豊科）の現地圃場で個体選抜を行った。以後系統選抜により、選抜・固定を図ってきた。2004年に「八系204118」の系統番号を付し、生産力予備試験に、2005年より生産力検定本試験に供した。成績が良好であったため、2006年に「信交526号」の地方番号を付し、奨励品種決定調査予備調査に供し、2008年より本調査及び現地試験に供試した。2010年の世代数はF₁₂である。2011年3月に種苗登録の申請を行い、2013年3月に「風さやか」として品種登録された。「風さやか」の名の由来は、高原に吹くさわやかな風をイメージして命名された。

表1に「風さやか」育成経過、図1に系譜を示した。

1)現在 長野県農業大学校

2)元 長野県南信農業試験場

3)元 長野県農業試験場

表1「風さやか」の育成経過

年次	世代	栽 培			選 抜			備 考
		系 統 群	系 統 数	個 体 数	系 統 群	系 統 数	個 体 数	
2000 平成 12	交配	(交配番号2000-61)						採種粒数 5粒
2000	12	F ₁		5粒				ガラス室世代促進
2001	13	F ₂		7粒				〃
2001	13	F ₃		4g播種			40g	集団栽培(苗代放置)
2002	14	F ₄		40g播種			49	個体選抜(豊科現地)
2003	15	F ₅		49		18	54	系統初年目
2004	16	F ₆	18	54	6	6	30	生産力検定 予備試験
2005	17	F ₇	6	30	2	2	10	生産力検定 本試験
2006	18	F ₈	2	10	2	2	10	「信交526号」奨決予備調査
2007	19	F ₉	2	10	2	2	15	奨決本調査
2008	20	F ₁₀	2	15	1	1	10	奨決本調査, 現地試験
2009	21	F ₁₁	1	10	1	1	10	〃
2010	22	F ₁₂	1	10				〃

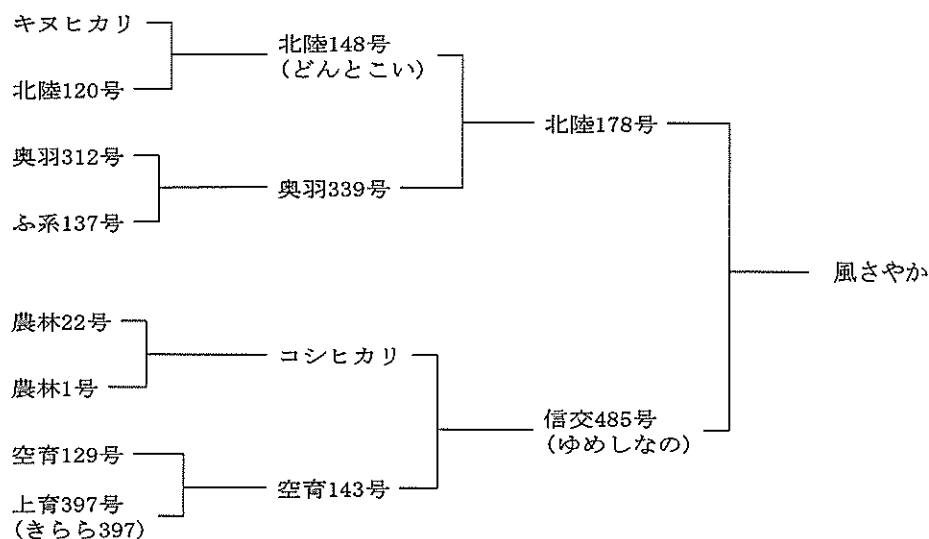


図1「風さやか」の系譜

特性の概要

1. 形態的特性

「風さやか」は、移植時における草丈は「キヌヒカリ」と同程度の“やや短”，葉色は淡い“中”，葉幅は狭い“中”，草状は同程度の“やや立”である。最高分げつ期における草丈は「キヌヒカリ」と同程度の“やや短”，茎数は多い“やや多”，葉色は淡い“やや淡”，葉幅は狭い“

やや細”，草状は立つ“立”，株の開閉は同程度の“やや閉”である(表2)。

稈の細太は“やや太”，稈の剛柔は“やや剛”，芒は無く，ふ先色およびふ色は“黄白”である。粒着密度は“密”で，脱粒性は“難”である(表2)。

表2 形態的特性

(2008～2010, 農業試験場)

品種名	早晩性	移植時				最高分けつ期					株開閉	止葉 草状
		草丈	葉色	葉幅	草状	草丈	茎数	葉色	葉幅	草状		
		(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)		
風さやか	中生晩	や短	中	中	や立	や短	や多	や淡	や細	立	や閉	立
比)コシヒカリ	中生中	や長	中	中	中	や長	中	中	中	中	中	立
標)キヌヒカリ	中生晩	や短	や濃	や広	や立	や短	中	や濃	中	や立	や閉	立

表2 (続き)

品種名	稈		芒		芒及び	ふ	粒着	脱粒	稈糯	いもち病	
	細太	剛柔	多少	長短	ふ先色	色	密度	性	の別	葉	穂
風さやか	や太	や剛	無	一	黄白	黄白	密	難	稈	中	強
比)コシヒカリ	中	柔	微	短	黄白	黄白	中	難	稈	や弱	や弱
標)キヌヒカリ	や太	や剛	無	一	黄白	黄白	密	難	稈	や弱	中

表2 (続き)

品種名	玄米の品質									食味
	心白	腹白	乳白	胴割	光沢	色沢	粒溝	粒揃	外観(注1)	
	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	(注1)	品質	
風さやか	微	微	微	微	良	中	浅	良	上下	上下
比)コシヒカリ	極微	微	や少	や少	良	中	浅	や良	中上	上中
標)キヌヒカリ	微	微	少	や少	良	中	浅	良	中上	上下

種苗特性調査基準による。

注1: 育成地独自の調査基準による。

2: 玄米外観品質, 食味は下下～上上の9段階

2. 生態的特性

「風さやか」は、出穂期で3日、成熟期で6日「キヌヒカリ」より遅く“中晩生”に属する(表3)。奨励品種決定調査等においては、伊那市の現地試験を除き、出穂期、成熟期ともに遅かった(表5, 表6)。「風さやか」は「キヌヒカリ」より穂数が多く“偏穂数型”で、耐倒伏性は「キヌヒカリ」並みに強く“強”である。「風さやか」の白未熟粒発生率は、「キヌヒカリ」と同等か「コシヒカリ」より低く、高温登熟性に優れる(表7)。「風さやか」のいもち病真性抵抗性遺伝子は、「キヌヒカリ」と同じ、*Pii*と推定され(表8)、いもち病圃場抵抗性は、

葉いもちが“中”、穂いもちが“強”であり、「キヌヒカリ」よりいもち圃場抵抗性が高い(表9)。

3. 収量性

「風さやか」の精玄米重は、「キヌヒカリ」対比108%であり、収量性はやや高い(表3)。奨励品種決定調査の現地試験においては、飯田市の現地試験で比較の「キヌヒカリ」に精玄米重で劣るが、それ以外は「コシヒカリ」, 「キヌヒカリ」とは同等かそれ以上の精玄米重があり、収量性が高い(表4, 5)。

表3 育成地における試験成績 (2008～2010年の平均, 農業試験場)

品種名	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏1)
	月・日	月・日	cm	cm	本/㎡	9段階
風さやか	8.9	9.22	82	17.6	480	極微
比)コシヒカリ	8.6	9.14	99	19.3	485	多
標)キヌヒカリ	8.6	9.16	85	18.1	449	微

表 3(続き)

品種名	全重 kg/a	わら 重 kg/a	精粳 重 kg/a	精玄 ²⁾ 米重 kg/a	同左 比率 %	千粒 重 g	外観 ³⁾ 品質 9段階	白未 ⁴⁾ 熟粒 率(%)
風さやか	176	77.2	85.4	66.3	108	21.8	中上	12.9
比)コシヒカリ	177	82.1	84.2	63.8	104	22.1	中上	15.5
標)キヌヒカリ	171	79.2	79.6	61.6	100	22.4	中上	16.9

耕種概要 育苗 播種量：乾粳 80g/箱 育苗様式：ビニールハウス内バラ播き箱育苗

移植 苗の種類：中苗 植付け：1 株 3 本手植え 栽植様式：30cm×15cm1

施肥(kg/a) 堆肥：100 基肥：N 0.4 追肥：N 0.2

- 1) 倒伏は無(倒伏なし)～甚(全面倒伏)
 - 2) 精玄米重の篩目は 1.8mm で調整
 - 3) 外観品質は下下～上上
 - 4) 白未熟粒率は、S 社穀粒判定機(ES-1000)での調査数値、未熟粒率から青未熟粒率を引いた数値(粒数%)。目視による調査数値より数値が大きくなる傾向にある。
- 以下の表についても同様

表 4 奨励品種決定調査本試験結果 (2006～2010 年の平均, 農業試験場)

品種名	出穂期 月.日	成熟期 月.日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/㎡	倒伏 9段階
風さやか	8.11	9.24	82	17.7	461	極微
比)コシヒカリ	8. 8	9.18	102	18.7	513	多
標)キヌヒカリ	8. 8	9.21	85	17.2	468	微

表 4 (続き)

品種名	全重 kg/a	わら 重 kg/a	精粳 重 kg/a	精玄 米重 kg/a	同左 比率 %	千粒 重 g	外観 品質 9段階	白未 熟粒 率 %
風さやか	206	96.9	93.8	72.1	104	22.1	中中	14.9
比)コシヒカリ	195	97.1	87.8	66.4	96	21.3	中中	14.2
標)キヌヒカリ	199	94.1	87.8	69.1	100	22.0	中中	14.2

耕種概要 育苗 播種量：乾粳 80g/箱 育苗様式：ビニールハウス内バラ播き箱育苗

移植 苗の種類：中苗 植付け：1 株 3 本手植え 栽植様式：30cm×15cm

施肥(kg/a) 堆肥：100 基肥：N 0.4 追肥：N 0.2

表 5 奨励品種決定調査現地試験結果

試験 場所 (標高)	試験 年次	品種名	出穂 期 月.日	成熟 期 月.日	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数 本/㎡	倒 伏 9段階	精玄 米重 kg/a	同左 比率 %	千粒 重 g	外観 品質 9段階
佐久市	2008-10	風さやか	8.15	10.15	74	17.1	421	無	73.1	109	22.4	中中
野沢	2008-10	標)コシカ	8.12	10. 1	97	18.0	463	多	67.1	100	20.9	中中
(690m)	2008-09	比)キヌカ	8.14	10. 6	77	17.1	434	無	71.5	104	22.6	中上
上田市	2008-10	風さやか	8.15	10. 1	82	17.2	379	無	70.6	110	24.6	中中
塩田	2008-10	標)コシカ	8.10	9.23	94	18.8	405	微	64.2	100	22.4	中中
(450m)	2008-10	比)キヌカ	8.14	9.25	81	18.1	351	無	60.3	94	23.4	中中
飯山市	2008-10	風さやか	8.13	9.30	70	16.6	415	無	67.4	100	23.7	中上
常盤	2008-10	標)コシカ	8.12	9.25	95	17.6	407	中	67.4	100	23.5	中上
(340m)	2008-10	比)キヌカ	8.10	9.25	81	16.5	389	無	63.9	95	23.6	中上
伊那市	2008-10	風さやか	8. 7	9.26	73	19.1	432	無	87.1	109	22.2	中中
みすず	2008-10	標)コシカ	8. 2	9.22	87	20.5	423	中	79.9	100	22.7	中上
(670m)	2008-09	比)キヌカ	8. 7	9.28	78	19.0	412	微	87.3	104	22.7	中下
飯田市	2008-10	風さやか	8. 4	9.12	75	16.4	474	少	60.0	106	20.9	中中
下殿岡	2008-10	標)秋晴	8.18	10. 2	75	16.9	498	無	56.9	100	20.5	中上
(520m)	2008-10	比)キヌカ	8. 4	9.12	76	16.3	441	少	63.7	112	21.5	中中
大町市	2008	風さやか	8.10	9.30	66	17.5	374	無	72.4	110	23.7	中中
常磐	2008	標)コシカ	8. 8	9.27	82	18.4	357	無	66.0	100	24.4	中中
(660m)	2008	比)キヌカ	8. 9	9.29	71	17.7	337	無	64.7	98	24.1	中上
安曇野市	2008-10	風さやか	8.10	10. 1	75	18.2	508	無	91.7	111	22.3	中中
豊科	2008-10	標)コシカ	8. 8	9.24	93	19.2	470	中	82.3	100	22.6	中上
(560m)	2008-09	比)キヌカ	8. 8	9.26	80	17.8	463	無	81.3	99	23.0	中上

表 6 有望系統現地適応性試験

試験 場所 (標高)	試験 年次	品種名	出穂 期 月.日	成熟 期 月.日	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数 本/㎡	倒 伏 9段階	精玄 米重 kg/a	同左 比率 %	千粒 重 g	外観 品質 9段階
千曲市	2009-10	風さやか	8.15	9.30	74	16.4	356	無	58.4	113	22.6	中上
八幡	2009-10	標)コシカ	8.14	9.23	87	18.0	344	多	51.6	100	23.5	中中
(400m)												
須坂市	2008-10	風さやか	8.12	9.19	68	16.1	360	無	62.0	106	21.6	中上
高梨	2008-10	標)キヌカ	8. 8	9.16	73	16.3	325	微	58.3	100	21.7	中中
(400m)												
中野市	2008-10	風さやか	8.13	10. 1	76	17.0	394	無	65.5	97	22.7	上下
岩井	2008-10	標)コシカ	8.12	9.28	93	18.5	351	中	67.9	100	22.6	中中
(340m)												

表7 低暖地の現地試験における白未熟粒発生程度 (2010年, 農業試験場)

場 所	品種名	被害 粒率 %	白未熟 粒発生 率
上田市塩田	風さやか	21.1	4.7
	コシヒカリ	23.3	6.0
	キヌヒカリ	17.2	4.7
飯田市下殿岡	風さやか	28.2	6.0
	コシヒカリ	35.0	8.1
	キヌヒカリ	24.6	5.0
飯山市常盤	風さやか	29.4	4.0
	コシヒカリ	23.9	4.6
	キヌヒカリ	27.2	4.7

目視により次の粒を被害粒とした；乳白粒，心白粒，背白粒，腹白粒

被害粒率＝(乳白粒＋心白粒＋背白粒・腹白粒)／全粒数

白未熟粒発生率＝(乳白粒×0.7＋心白粒×0.3＋背白粒・腹白粒×0.1)／全粒数

表8 いもち病真性抵抗性遺伝子型の推定

(2006年, 農事試験場)

系統名 および 品種名	レース(菌株名)							推定 遺伝子型
	001.2 (Mu-95)	005.0 (新83-34)	007.0 (稲86-137)	031.1 (1804-4)	033.1 (TH68-126)	035.1 (TH68-140)	017.1 (kyu-92-22)	
風さやか	R	S	S	R	R	S	S	<i>Pi i</i>
新2号	S	S	S	S	S	S	S	<i>Pik-s</i>
愛知旭	R	R	S	R	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	R	S	S	R	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	R	S	S	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	R	R	S	S	S	R	<i>Pikm</i>
フクニシキ	R(M)	R(M)	R(M)	R	R(M)	R	R	<i>Piz</i>
K60	R	R	R	S	S	S	S	<i>Pikp</i>
BL1	S	R	R(M)	R	R	R	R	<i>Pib</i>

S:罹病性反応, S(M):罹病性反応と思われる, M:中間反応, R(M):抵抗性反応と思われる, R:抵抗性反応,

表9 特性検定試験

(2006-2010年の平均, 農業試験場)

品種名	推定 遺伝子 型	薬いもち(下段は調査地)		穂いもち 判定	穂発芽 耐性
		場内 判定	長野市中条 判定		
風さやか	<i>Pii</i>	中	中	強	中～や難
キヌヒカリ	<i>Pii</i>	や弱	中	中	やや易
コシヒカリ	+	や弱	や弱	弱	難

注) 穂いもち抵抗性調査は、長野市中条現地試験ほ場で実施した。

判定が困難な年は、抵抗性判定から除外した。

4. 品質及び食味

「風さやか」の玄米の大きさは「キヌヒカリ」と同等の“小粒”であるが、粒長がやや短く、玄米の形状は“半円”である(表10)。「風さやか」の粒厚は、「コシヒカリ」, 「キヌヒカリ」に比べやや小さく(表11), 搗精は、「コ

シヒカリ」, 「キヌヒカリ」と同等である(表12)。「風さやか」の炊飯米の食味官能は、「キヌヒカリ」より軟らかく粘りがあり総合でやや優れ, 「コシヒカリ」並みに良い(表13)。

表 10 玄米の形状 (2009・2010 平均, 農業試験場)

品種名	長さ mm	幅 mm	厚さ mm	長／幅	長×幅
風さやか	5.00	3.01	2.05	1.66	15.07
比)コシヒカリ	5.16	2.95	2.06	1.75	15.21
標)キヌヒカリ	5.11	2.94	2.09	1.74	15.02

注)長／幅 半円：1.5～1.99 半紡錘形：2.00～2.49
 長×幅 小：15.5 以下 中：15.6～17.4 大：17.5 以上

表 11 粒厚分布 (農業試験場)

試験 年次	系統名 および 品種名	粒 厚 mm					
		>2.2	～2.1	～2.0	～1.9	～1.8	～1.7
2009	風さやか	1.2	9.5	41.9	38.0	8.4	1.2
	比)コシヒカリ	1.7	7.5	39.8	42.1	8.2	1.0
	標)キヌヒカリ	2.2	14.4	42.8	31.8	8.1	1.0
2010	風さやか	2.0	29.9	44.6	19.3	4.0	0.3
	比)コシヒカリ	5.0	37.1	37.7	16.6	3.4	0.2
	標)キヌヒカリ	7.0	48.2	31.0	11.4	2.5	0.1

注)全重に対する各粒厚別重量の百分率

表 12 搗精試験 (2010 年, 農業試験場)

品種名	項目	搗 精 回 数							適正 搗精 回数	精米 白度
		0	1	2	3	4	5	6		
風さやか	玄米重 g	500	491.1	480.4	468.4	459.1	452.8	449.1	5	38.8
	搗精歩合 %		98.2	96.1	93.7	91.8	90.6	89.8		
比)コシヒカリ	玄米重 g	500	488.0	473.5	462.0	455.1	451.0	448.0	5	40.2
	搗精歩合 %		97.6	94.7	92.4	91.0	90.2	89.6		
標)キヌヒカリ	玄米重 g	500	491.6	480.3	467.8	459.0	453.8	450.7	5	39.7
	搗精歩合 %		98.3	96.1	93.6	91.8	90.8	90.1		

適正搗精回数は、搗精歩合が 91%以下になった時の搗精回数とした。

搗精機仕様：山本製作所(株) RICEPAL 30

搗精条件：流量 3 白度 3

白度測定：Kett 社 白度計 C3

表 13 食味試験成績 (2006-2010 年の平均, 農業試験場)

品種名	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ
風さやか	-0.19	-0.03	-0.10	-0.08	-0.20	-0.01
キヌヒカリ	-0.23	0.09	-0.04	-0.13	-0.31	0.24

注 基準品種は「コシヒカリ」-3(劣る)～0(基準)～+3(良い)で評価

5. 固定度調査

2010 年に F₁₂において主要形質について系統間、個体間の変異を調査し、下記のような結果を得た。

諸形質の系統間、系統内の変異は小さく実用上差し支えない程度に固定していると思われる(表 14-1～4)。

表 14-1 群内系統平均値

(2010 年, 農業試験場)

系統名 および 品種名		出穂初	出穂期	出穂揃	穂揃日数	稈長	穂長	穂数
		月・日			日	cm	cm	本
風さやか	—1	8. 6	8. 8	8.10	4	81.2	16.9	15.3
	—2	8. 6	8. 8	8.10	4	78.8	16.9	13.6
	—3	8. 6	8. 8	8.10	4	79.4	16.7	14.8
	—4	8. 6	8. 8	8.10	4	79.4	16.7	14.5
	—5	8. 6	8. 8	8.10	4	78.7	16.6	13.7
	—6	8. 6	8. 8	8.10	4	79.1	17.0	14.3
	—⑦	8. 6	8. 8	8.10	4	82.9	17.0	14.9
	—8	8. 6	8. 8	8.10	4	82.7	17.4	15.5
	—9	8. 6	8. 8	8.10	4	83.4	17.2	15.6
	—10	8. 6	8. 8	8.10	4	83.0	17.4	15.5
P ₁ 北陸178号		8. 5	8. 7	8. 8		75.2	16.7	16.1
P ₂ ゆめしなの		7.20	7.22	7.24		73.4	17.5	15.4

注) ○印は選抜系統

表 14-2 稈長の階級別出現個体数

(2010 年, 農業試験場)

系統名 および 品種名	階 級 値 cm													個体数	系 統 内 平均値± 標準偏差	系統内 変異係 数%
	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	合計		
風さやか —1			1		3	7	6	5	2	1				25	81.2±2.8	3.4
—2		1		2	7	10	4	1						25	78.8±2.5	3.1
—3				2	7	10	4	1	1					25	79.4±2.3	2.9
—4					10	8	6	1						25	79.4±1.8	2.3
—5			1	3	6	11	4							25	78.7±2.0	2.6
—6		1	2	2	5	5	6	4						25	79.1±3.3	4.2
—⑦						4	8	7	5			1		25	82.9±2.2	2.7
—8					2	2	10	3	7			1		25	82.7±2.6	3.1
—9		1				1	7	7	6	3				25	83.4±3.2	2.8
—10					1	6	5	3	8	1	1			25	83.0±2.8	3.4
系統間の変異															80.9±2.0*	2.4**
P ₁ 北陸178号		2	2	6	7	5	3							25	75.2±2.9	3.8
P ₂ ゆめしなの	1	2	6	7	6	3								25	73.6±2.6	3.6

*系統間平均値±標準偏差

**系統間変異係数(%)

表 14-3 穂長の階級別出現個体数

(2010 年, 農業試験場)

系統名 および 品種名	階 級 値 cm										個体数	系 統 内 平均値± 標準偏差	系統内 変異係 数%
	14	15	16	17	18	19	20	21	22		合計		
風さやかー1	1	3	13	4	2	2					25	16.9 ±1.2	7.2
ー2	2	4	10	4	4	1					25	16.9 ±1.1	6.7
ー3	1	9	6	7	1	1					25	16.7 ±1.1	6.6
ー4	1	8	8	5	1	2					25	16.7 ±1.2	7.0
ー5		9	8	7	1						25	16.6 ±0.9	6.0
ー6	2	2	10	8	2	1					25	17.0 ±1.1	6.4
ー⑦		1	14	8	2						25	17.0 ±0.7	4.2
ー8		3	8	8	5	1					25	17.4 ±1.1	6.0
ー9		2	9	10	2	2					25	17.2 ±0.9	5.4
ー10	1	1	9	8	4	2					25	17.4 ±1.1	6.2
系統間の変異												17.0 ±0.3*	1.6**
P ₁ 北陸178号	1	10	6	3	4	1					25	16.7 ±1.2	7.5
P ₂ ゆめしなの		2	8	8	6		1				25	17.5 ±1.1	6.6

*系統間平均値±標準偏差
**系統間変異係数(%)

*系統間平均値±標準偏差

**系統間変異係数(%)

表 14-4 穂数の階級別出現個体数

(2010 年, 農業試験場)

系統名 および 品種名	階 級 値 本												個体数 合計	系 統 内 平均値± 標準偏差	系統内 変異系 数%
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26				
風さやか	—1			5	4	9	6		1				25	15.3±2.3	15.3
	—2	1	2	6	5	8	2	1					25	13.6±2.6	19.0
	—3		1	5	4	10	3	2					25	14.8±2.4	16.4
	—4	1	2	2	5	10	4	1					25	14.5±2.7	18.9
	—5		1	7	6	9	2						25	13.7±2.0	14.7
	—6	1		5	8	5	5	1					25	14.3±2.6	18.1
	—⑦			3	8	8	6						25	14.9±2.0	13.5
	—8		1	1	5	8	8	2					25	15.5±2.4	15.5
	—9	1		2	6	6	6	3	1				25	15.6±3.2	20.3
	—10			4	5	5	7	4					25	15.5±2.6	16.5
系統間の変異														14.8±0.7*	5.0**
P ₁	北陸178号			1	5	7	10	2					25	16.1±1.9	11.9
P ₂	ゆめしなの	1	2	2	3	6	5	6					25	15.4±3.5	22.5
*系統間平均値±標準偏差				**系統間変異係数(%)											

*系統間平均値±標準偏差

**系統間変異係数(%)

適地及び栽培上の留意点

「風さやか」は長野県の標高 600m(北信は 400m)以下の地帯に普及が見込まれる。

栽培にあたっては次の事項に留意する。

- (1) 倒伏に強いが良食味維持のため、施肥における過度な窒素投入は避けること。
- (2) 圃場でのいもち病の激発は認められていないが、多肥栽培を避け、適期防除に努める。

摘 要

「風さやか」は、良食味・いもち耐病性強・多収、省力栽培適性を育種目標に、「北陸 178 号」を母親に「信交 485 号（後のゆめしなの）」を父親に交配を行い、その交雑後代から育成した系統である。2013 年に品種登録された。

その特性は次のとおりである

1. 出穂期、成熟期は「キヌヒカリ」やや遅い中晩生種である。
2. 強稈で耐倒伏性があり、「キヌヒカリ」よりやや多収である。
3. 玄米外観品質は、心白、乳白、胴割の発生少なく良質で、食味は「コシヒカリ」並みである。
4. いもち真性抵抗性遺伝子は *Pii* を保持すると推定され、穂いもち抵抗性は“強”で「キヌヒカリ」より強い。
5. 玄米の外観品質は“上下”で、白未熟粒発生率は、「コシヒカリ」より低く、出穂期の高温を避けることができ、高温登熟性に優れる。

表17 育成従事者および期間

氏 名	育成従事期間	2000 交配	01 F ₁	02 F ₂ F ₃	03 F ₄	04 F ₅	05 F ₆	06 F ₇	07 F ₈	08 F ₉	09 F ₁₀	10 F ₁₁	F ₁₂
高松光生	2004.5～2010：6年11ヶ月間					○	○	○	○	○	○	○	○
細井 淳	2008～2010：3年間									○	○	○	○
久保田基成	2000～2007：8年間	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
新井利直	2002～2004.4：2年1ヶ月間			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
中澤伸夫	2000～2001：2年間	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

小麦新品種「ゆめかおり」について

前島秀和・上原泰・細野哲・牛山智彦¹⁾・中村和弘²⁾・
中澤伸夫³⁾・高橋信夫⁴⁾・新井利直⁵⁾・谷口岳志⁶⁾・後藤和美⁷⁾・
田淵秀樹⁸⁾・酒井長雄・久保田基成⁹⁾・近藤武晴¹⁰⁾

A New Wheat Cultivar "Yumekaori"

Hidekazu MAEJIMA, Yasushi UEHARA, Satoshi HOSONO, Tomohiko USHIYAMA,
Kazuhiro NAKAMURA, Nobuo NAKAZAWA, Nobuo TAKAHASHI, Toshinao ARAI,
Takeshi TANIGUCHI, Kazumi GOTO, Hideki TABUCHI, Nagao SAKAI,
Motoshige KUBOTA and Takeharu, KONDO

Abstract

A new hard red wheat cultivar 'Yumekaori' was developed from the dihaploid lines derived from F1 plants cross in KS831957 and Saikai180(Nisinokaori) at Nagano Prefecture Agricultural Experiment Station. It was registered as Wheat Norin 171 in 2010. It has high grain protein content and its dough is strong, so that bread-making quality is better than that of standard variety 'HRW'. 'Yumekaori' is adapted well in northern central Japan, especially in Tousan area, where it is cold and snows in winter.

Key Words : bread-making quality, dihaploid, hard wheat, new cultivar, Triticum aestivum

緒 言

長野県農業試験場は、パン用硬質小麦品種「ユメアサヒ（小麦農林162号）」を2003年度育成した。同年、奨励品種に採用され、長野県においては初めての硬質小麦栽培となった。「ユメアサヒ」は、製パン適性の評価が高く、松本市において、生産者と製パン業者、松本市、農業改良普及センターが一体となり、生産及び消費振興を図り、産地が確立された。しかし、「ユメアサヒ」は長稈で、倒伏の危険性が大きいことから、耐倒伏性の改良が生産者から強く要望された。

10)現在 長野県上小農業改良普及センター

新品種「ゆめかおり」は、耐倒伏性に優れる硬質小麦で、製パン適性が高く評価される。そこで「ユメアサヒ」に替えて、「ゆめかおり」を奨励品種として普及し、パン用小麦生産地の養成と拡大に寄与できると期待する。ここに育成経過と特性について報告する。

育成経過

選抜経過の概要を図2に示した（年度は播種年。以下同じ）。1999年度、「長系小I994」として生産力検定予備試験、特性検定試験、2001年度には「東山系小271」として系統適応性検定試験、生産力検定予備試験に供試し、成績が良好であったので2004年度から「東山42号」の地方系統を付して関係各県の奨励品種決定調査に供試し、栽培特性及び加工適性などの地域適応性を検討してきた。その結果、2008年度栃木県で奨励（認定）品種に採用され、2010年4月小麦農林171号として登録が公表された。2010年10月13日には種苗法に基づく品種登録（第23563号）が完了した。長野県においては2010年に認定品種に採用され、茨城県（2010年）、山梨県（2014年）、神奈川県（2014年）においても奨励（認定）品種

-
- 1)現在 長野県南信農業試験場
2)現在 (国研) 農研機構九州沖縄農業研究センター
3)元 長野県農業試験場
4)元 長野県農事試験場
5)元 長野県南信農業試験場
6)現在 長野県松本農業改良普及センター
7)現在 長野県畜産試験場
8)現在 長野県佐久農業改良普及センター
9)現在 長野県農業大学校

に採用された。

固定度調査成績を表2に示す。ゆめかおりは実用的に固定していると考えられる。

本品種の各世代における育成担当者は表1のとおりである。

命名にあたっては、おいしいパンと清涼感をイメージし「ゆめかおり」とした。

特性概要

1. 形態的特性

表2に「ゆめかおり」の特性一覧、表3に育成地におけるドリル栽培の生育・収量調査結果を示した。叢性は“やや匍匐”，株の開閉は“やや閉”である。稈長は「シラネコムギ」よりも長い“やや長”で、稈の剛柔は“中”と「シラネコムギ」より柔らかい。フレッケンの多少は“少”と「シラネコムギ」より少ない。穂型は“紡錘状”で、穂長は「シラネコムギ」より短く“やや短”である。ふ色は“淡黄”で、粒の形は「シラネコムギ」より丸い“やや円”である。粒の大小は“大”である。容積重は「シラネコムギ」より大きく“やや大”，千粒重は「シラネコムギ」より大きい“大”である。原麦粒の見かけの品質は「シラネコムギ」より優れる“中の上”である。

2. 生態的特性

播性の程度は“Ⅱ”，出穂期は「シラネコムギ」より1日早い“中”，成熟期は2日早い“中”である。耐寒性は“中”，耐雪性は“弱”で「シラネコムギ」より劣るが、耐凍上性は「シラネコムギ」より優れる“強”である。耐倒伏性は“強”で、「シラネコムギ」と同等である。穂発芽性は“やや難”で「シラネコムギ」より優れる。穂数はやや多いが、収量性は「シラネコムギ」より一割程度低い。萎縮病抵抗性は「シラネコムギ」より優れる“強”，赤かび病抵抗性は“中”，うどんこ病抵抗性は「シラネコムギ」と同等の“やや強”，赤さび病抵抗性は「シラネコムギ」より優れる“強”である（表3、表4、表5）。

3. 品質特性

粒の硬軟は“硬”で、粒質は“硝子質”である。製粉歩留、ミリングスコアは“やや低”である。60%粉の粗蛋白質含量は「ユメアサヒ」と同等の“やや多”である。60%粉の灰分含量は「ユメアサヒ」と同等の“やや多”である。60%粉のアミロース含量は“中”で「ユメアサヒ」より高い。Wx座は野生型で「通常アミロース系統」である。また、製パン適性に寄与するとされる高分子量グルテニンサブユニット Glu-D1d，生地を強めるグリアジン Gli-D1M の遺伝子型を持ち、生地物性を弱める遺伝子型を持たない。粉の明度は「ユメアサヒ」と同等の“

中”，赤みは“中”，黄色みは“やや低”で「ユメアサヒ」より低い。ファリノグラムのバロリメーターバリュウは「ユメアサヒ」と同等の“高”である。エクステンソグラムの伸張抵抗は「ユメアサヒ」より強い“強”である。アミログラムの最高粘度は「ユメアサヒ」と同等の“中”である（表6、表7、表8）。

長野県製粉協会が実施した製パン試験では、製パン性は、カナダ産の「1CW」には及ばないものの、「ユメアサヒ」と同等からやや高い（表9-1）。製粉協会製粉研究所が実施した製パン試験では、カナダ産の「1CW」には及ばないものの、アメリカ産「HRW」より製パン性が優れた（表9-2）。また、日本パン技術研究所の製パン試験では、2008年度、「ゆめかおり」は「1CW」よりやや劣ったが、2009年度、「ゆめかおり」がやや優れる結果となり、2年間の結果から「ゆめかおり」は「1CW」と同等の製パン適性を持つと考えられる（表9-3）。

適応地帯

表10には長野県における現地調査成績を、表11には配付先における試作結果と収量の対標準比を示した。高冷地や多雪地帯では越冬性が劣る。このため、関東北部・東山地域及び南東北・北陸地域の多雪地を除く標高700m以下の地帯に適応する。

耐倒伏性は強いが、やや長稈のため、越冬後生育状況により追肥量を調整し、良質パン用小麦生産のためには原粒の粗蛋白質含量が11.5%～14.0%の小麦生産が求められるため、窒素量で5kg/10a程度の出穂期追肥を必ず行う必要がある。

摘 要

「ゆめかおり」は、早生・硬質・高製パン適性を育種目標として、1997年に「西海180号」を母に「KS831957」をを交配し、得られた雑種第一代においてトウモロコシ法による半数体育種法により育成したパン用小麦品種である。小麦農林171号として農林登録され、栃木県、長野県、茨城県、山梨県、神奈川組で奨励（認定）品種に採用された。

この品種の形態的特性、生態的特性は「シラネコムギ」に比較して次の様な特性がある。

1. 播性の程度は“Ⅱ”で、出穂期は1日、成熟期2日早い。
2. 稈長は長く、穂長は短く、穂数はやや多いが収量性はやや低い。
3. 原麦粒の見かけの品質は優れる。
4. 耐倒伏性は同等で、耐寒性、耐雪性はやや劣る。
5. 穂発芽性は“やや難”で優れる。赤かび病抵抗性

は”中”で優れ，うどんこ病抵抗性は”やや強”で同等，赤さび病抵抗性は”強”で優れる。

品質特性は「ユメアサヒ」と比較して次のような特性がある。

6. 粉の蛋白質含量及び灰分は同等。
7. 粉の色は明度は同等，赤みがやや低く，黄色みは低い。
8. アミロース含量は高い。
9. 製パン適性は高い。

留意点は，越冬性が十分ではないので高冷地，多雪地への作付けは避ける。また，適正蛋白質含量確保のため，窒素量で 5kg/10a 程度の出穂期追肥を必ず行う必要がある。

「ゆめかおり」の適地は関東北部・東山地域及び南東北・北陸地域の多雪地を除く標高 700m以下の地帯である。

謝 辞

本品種の育成に当たって，現地試験を実施していただいた松本市岡田の女鳥羽受託組合，JA 松本ハイランド及び長野県製粉協協会の方々には大変お世話になった。また，松本農業改良普及センター，当場の圃場担当職員や各県の特性検定試験，系統適応性検定試験及び奨励品種決定調査試験担当者の絶大なご援助をいただいた。これらの諸氏に対し心から謝意を表する。

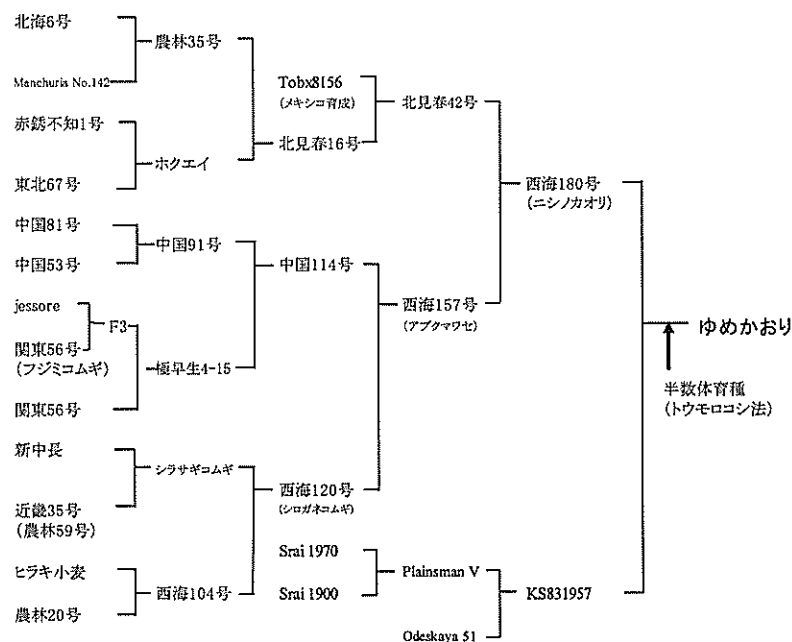


図 1 ゆめかおりの系譜

表 1 ゆめかおりの育成担当者

試験年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
世代	交配	F1	DH1	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6	DH7	DH8	DH9	DH10	DH11
前島 秀和							○	—	○				○
上原 泰									○	—	—	—	○
細野 哲	○	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	○
牛山 智彦	○	—	—	—	—	—	—	—	○		○	—	○
中村 和弘									○	—	—	—	○
中澤 伸夫						○	○			○	○		
高橋 信夫									○	○			
新井 利直							○	—	○				
谷口 岳志						○	○						
後藤 和美					○	○							
田淵 秀樹				○	—	○							
酒井 長雄	○	—	—	○									
久保田 基成	○	—	○										
近藤 武晴	○												

試験年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
世代	交配	F1	DH1	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6	DH7	DH8	DH9	DH10	DH11
試験区分		冬季温室、半数体育種		DL1	DL2	WL	WL	WL	WL	WL	WL	WL	WL
				単独系統	単独系統	1系統群5系統							
供試													
系統群数					23	8	3	1	1	1	1	1	1
系統数					115	40	15	5	5	5	5	5	5
個体数	25穂	200粒	800	377	351								
選抜													
系統群数					8	3	1	1	1	1	1	1	1
系統数					23	8	3	1	1	1	1	1	1
個体数		(株実個体)	377	351	115	40	15	5	5	5	5	5	5
生産力 検定試験					予備試験		(系統適応性検定試験)			本試験			
備考	長交小1281				長系小1994		東山系小271			東山42号			

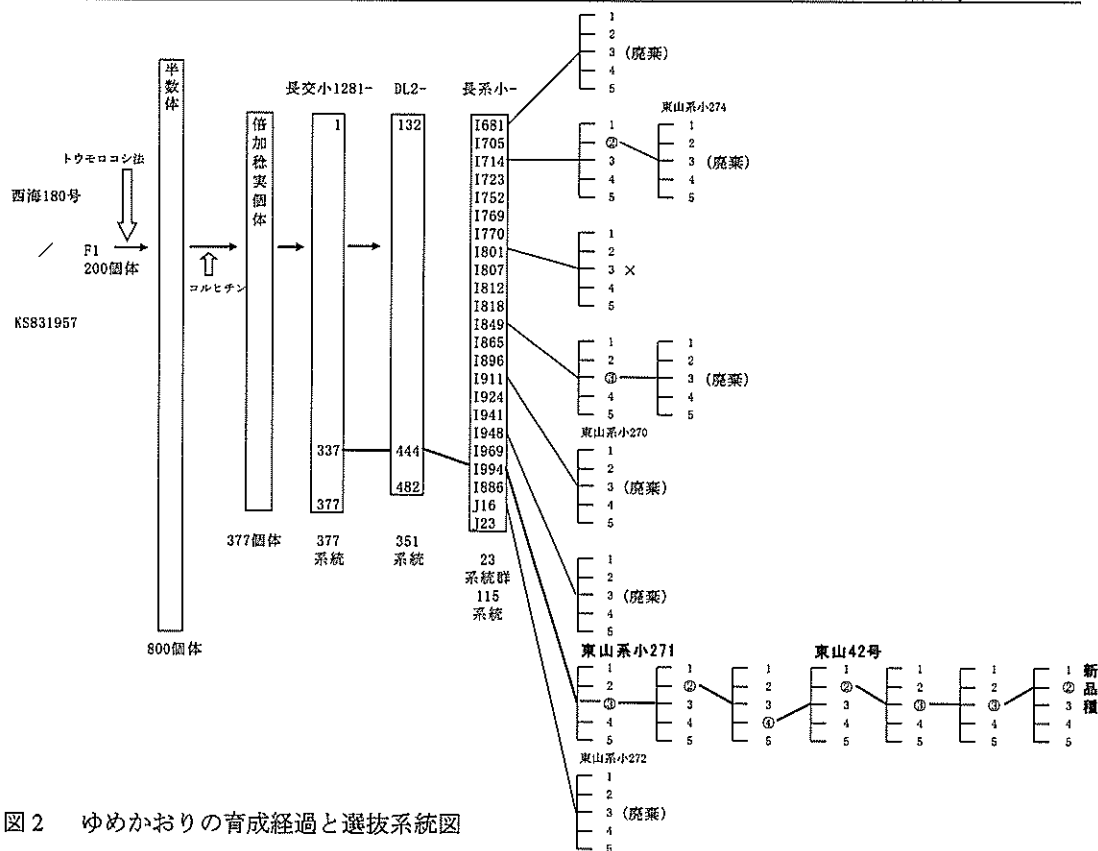


図2 ゆめかおりの育成経過と選抜系統図

表2 個程度調査結果 (2007年度)

品種名	系統 番号	出穂期 月・日	稈長		穂長		穂数		備考
			平均	CV	平均	CV	平均	CV	
			(cm)	(%)	(cm)	(%)	(本/株)	(%)	
ゆめかおり	1	5.06	94.5	2.2	8.2	6.6	18.0	26.4	やや生育不良
	②	5.06	97.4	2.1	8.1	5.6	16.5	22.1	
	3	5.06	97.7	2.6	7.8	7.1	17.0	25.7	
	4	5.06	98.8	2.0	7.7	6.7	17.0	33.6	
	5	5.06	97.0	2.6	8.0	5.8	16.3	16.9	
平均		5.06	97.1	2.2	8.0	6.5	17.1	27.0	
品種系統名	系統 番号	出穂期 月・日	稈長		穂長		穂数		備考
			平均	CV	平均	CV	平均	CV	
			(cm)	(%)	(cm)	(%)	(本/株)	(%)	
表) シラネコムギ	1	5.07	83.7	2.6	9.1	8.5	12.1	30.6	
	2	5.07	84.0	2.7	8.7	8.1	13.0	25.4	
	3	5.07	83.2	2.8	8.9	6.0	13.9	27.0	
	4	5.07	84.1	3.8	8.7	7.9	13.7	18.9	
	5	5.07	84.5	2.6	9.3	8.4	12.5	20.9	
平均		5.07	83.9	2.9	8.9	7.8	13.0	24.6	

耕種概要: 畦幅50cm、株間6cm、1点1粒点播、2007年10月24日播種、各系統25~30個体調査

表3 ゆめかおりの特性表

[種苗特性分類調査報告書 小麦(平成9年度)に基づく種苗登録のための特性表]

項目番号	形 質	ゆめかおり 区 分 (階級)	シラネコムギ 区 分 (階級)	ユメアサヒ 区 分 (階級)
1-1	叢 性	やや匍匐 (6)	やや匍匐 (6)	匍匐 (7)
1-2	株の開閉	やや閉 (4)	やや閉 (4)	閉 (3)
1-3	鞘葉の色	無 (1)	無 (1)	無 (1)
2-4	稈 長	やや長 (6)	やや短 (4)	やや長 (6)
2-5	稈の細太	中 (5)	中 (5)	中 (5)
2-6	稈の剛柔	中 (5)	やや剛 (6)	中 (5)
2-7	稈のワックスの多少	多 (7)	やや少 (4)	中 (5)
3-8	葉 色	中 (5)	やや淡 (4)	中 (5)
3-9	葉鞘のワックスの多少	多 (7)	中 (5)	やや多 (6)
3-10	葉鞘の毛の有無と多少	無 (1)	無 (1)	無 (1)
3-11	葉身の下垂度	中 (5)	小 (3)	やや少 (4)
3-12	フレンジの有無と多少	少 (3)	やや多 (6)	少 (3)
4-13	穂 型	紡錘状 (2)	紡錘状 (2)	紡錘状 (2)
4-14	穂 長	やや短 (4)	中 (5)	中 (5)
4-15	粒着の疎密	中 (5)	中 (5)	やや疎 (4)
4-16	穂の抽出度	中 (5)	中 (5)	中 (5)
4-17	穂のワックスの多少	多 (7)	極多 (9)	やや多 (6)
4-18	ふ毛の有無	無 (1)	無 (1)	無 (1)
4-19	蒴の色	黄 (1)	黄 (1)	黄 (1)
5-20	芒の有無と多少	やや少 (4)	やや少 (4)	やや少 (4)
5-21	芒 長	中 (5)	中 (5)	やや長 (6)
6-22	ふ 色	淡黄 (1)	褐 (4)	淡黄 (1)
7-23	粒 の 形	やや円 (4)	中 (5)	やや長 (6)
7-24	粒の大小	大 (7)	中 (5)	やや大 (6)
7-25	粒の色	赤褐 (5)	赤褐 (5)	赤褐 (5)
9-28	千粒重	大 (7)	やや大 (6)	大 (7)
9-29	容積重	やや大 (6)	中 (5)	中 (5)
10-30	原麦粒の見かけの品質	中の上 (6)	中の中 (5)	中の中 (5)
11-31	粗蛋白質含量	やや多 (6)	中 (5)	やや多 (6)
11-32	灰分含量	中 (5)	中 (5)	やや多 (6)
12-33	うるちまたはもちの別	うるち (1)	うるち (1)	うるち (1)
13-34	播性の程度	Ⅱ (2)	Ⅳ (4)	Ⅱ (2)
14-35	茎立性	中 (5)	中 (5)	中 (5)
15-36	出穂期	中 (5)	中 (5)	中 (5)
15-37	成熟期	中 (5)	中 (5)	中 (5)
17-41	耐寒性	中 (5)	やや強 (6)	中 (5)
17-42	耐雪性	弱 (3)	やや強 (6)	弱 (3)
17-44	耐凍上性	強 (7)	やや強 (6)	強 (7)
18-45	耐倒伏性	強 (7)	強 (7)	やや弱 (4)
19-46	穂発芽性	やや難 (6)	やや易 (4)	やや難 (6)
20-47	脱粒性	中 (5)	中 (5)	中 (5)
21-48	収量性	やや少 (4)	中 (5)	やや少 (4)
22-49	粒の硬軟	硬 (7)	中 (5)	硬 (7)
22-50	粒 質	硝子質 (3)	中間質 (2)	硝子質 (3)
22-51	製粉歩留	やや低 (4)	やや低 (4)	やや低 (4)
22-52	ミリングスコア	やや低 (4)	やや低 (4)	やや低 (4)
22-53	60%粉粗蛋白質含量	やや多 (6)	中 (5)	やや多 (6)
22-54	60%粉灰分含量	やや多 (6)	中 (5)	やや多 (6)
22-55	60%粉アミロース含量	中 (5)	中 (5)	やや少 (4)
22-59	粉の明度	中 (5)	やや高 (6)	中 (5)
22-60	粉の赤色み	中 (5)	中 (5)	中 (5)
22-61	粉の黄色み	やや低 (4)	やや低 (4)	やや高 (6)
22-62	吸水率	高 (7)	やや高 (6)	高 (7)
22-63	ハロメーターハリュウ	高 (7)	中 (5)	高 (7)
22-65	生地伸抵抗	強 (7)	中 (5)	やや強 (6)
22-66	生地伸長度	中 (5)	やや短 (4)	中 (5)
22-67	生地の形状係数	やや大 (6)	中 (5)	中 (5)
22-68	最高粘度	中 (5)	大 (7)	中 (5)
22-70	蕎麥縮病抵抗性	強 (7)	中 (5)	強 (7)
22-71	赤かび病抵抗性	中 (5)	やや弱 (4)	やや弱 (4)
22-72	うどんこ病抵抗性	やや強 (5)	やや強 (6)	中 (5)
22-73	赤さび病抵抗性	強 (4)	中 (5)	中 (4)

表4 ドリル栽培における生育・収量調査成績（育成地、2000～2007年度）

品種名	試験		出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 本/m ²	倒伏 の 多少	子実重 (kg/a)	同左対 標準比 率 (%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
	年度	種類											
ゆめかおり	2000	予備	5.08	6.23	92	8.6	612	0.0	62.9	93	836	43.2	上の下
	2001	予備	5.02	6.15	97	7.8	697	0.0	64.4	93	838	42.6	中の上
	2002	予備	5.09	6.19	93	8.2	476	0.0	61.8	108	862	47.4	上の下
	2003	予備	5.01	6.17	93	6.7	592	0.0	55.4	92	797	42.5	中の下
	2004	本試験	5.10	6.24	85	7.8	372	0.0	44.3	85	833	46.9	中の中
	2005	本試験	5.11	6.26	100	7.8	637	0.5	73.8	95	840	44.1	中の上
	2006	本試験	5.06	6.25	99	7.0	818	1.0	67.4	96	838	44.5	中の上
	2007	本試験	5.04	6.20	105	6.6	899	0.0	59.2	78	824	46.2	中の上
(標) シラネコムギ	2000	予備	5.09	6.23	77	8.6	496	0.0	68.0	100	824	37.6	中の中
	2001	予備	5.02	6.17	85	8.5	503	0.0	69.6	100	819	41.0	中の上
	2002	予備	5.09	6.19	77	8.8	337	0.0	57.3	100	831	42.0	中の上
	2003	予備	5.06	6.21	86	8.2	504	0.0	60.5	100	799	40.0	中の中
	2004	本試験	5.10	6.25	74	8.7	351	0.0	52.4	100	837	40.5	中の中
	2005	本試験	5.12	6.28	88	8.9	537	1.0	77.4	100	822	38.7	中の中
	2006	本試験	5.09	6.27	96	8.6	596	0.0	70.5	100	824	41.3	中の上
	2007	本試験	5.06	6.25	93	8.6	627	1.0	75.7	100	802	42.0	中の中
(比) ユメアサヒ	2000	予備	5.09	6.25	92	9.0	553	4.0	57.0	84	828	39.7	中の上
	2001	予備	5.01	6.18	99	9.0	573	4.0	53.3	77	817	41.7	中の中
	2002	予備	5.09	6.22	95	9.8	404	2.0	56.8	99	813	45.5	中の上
	2003	予備	5.03	6.21	96	7.8	589	2.0	56.0	93	809	40.7	中の中
	2004	本試験	5.11	6.28	86	9.3	430	1.0	62.6	120	850	43.5	中の上
	2005	本試験	5.11	6.29	103	9.1	637	0.5	77.2	100	811	39.4	中の中
	2006	本試験	5.08	6.12	104	7.9	1002	2.0	51.2	73	822	41.1	中の中
	2007	本試験	5.05	6.24	103	7.6	711	2.0	60.1	79	798	43.4	中の中
ゆめかおり	2000		5.07	6.22	95	7.6	638	0.2	61.1	92	833	44.7	中の上
(標) シラネコムギ	～2007年		5.08	6.24	85	8.6	494	0.3	66.4	100	820	40.4	中の中
(比) ユメアサヒ	平均値		5.08	6.23	97	8.7	612	2.2	59.3	89	818	41.9	中の中

表5 特性検定試験結果 (育成地、2000～2007年度)

品種名	試験年度	耐寒性	耐雪性		耐雪性	耐寒雪性	耐凍上性	耐湿性
		育成地	長野県 飯山市 常盤	長野県 飯山市 温井	北海道 上川農試	岩手県 高冷地	長野県 中信試	三重県
ゆめかおり	2000	やや弱	中	(消滅)	-	-	強	-
	2001	-	弱	やや弱	-	-	-	-
	2002	中	-	やや弱	-	-	強	-
	2003	中	弱	(消滅)	-	弱	強	-
	2004	やや強	やや弱	やや弱	弱	弱	強	中
	2005	やや強	判定不能	判定不能	-	-	強	やや弱
	2006	判定不能	判定不能	中	-	-	中	やや弱
	2007	中	やや弱	判定不能	-	弱	判定不能	-
	平均	中	弱	やや弱	弱	弱	強	やや弱
(標) シラネコムギ	2000	強	強	(消滅)	弱	-	強	やや強
	2001	-	やや強	強	-	中	判定不能	中
	2002	やや強	-	-	-	弱	中	中
	2003	やや強	やや強	中>	弱	中	中	やや弱
	2004	やや強	中	中	-	弱	強	やや弱
	2005	やや強	判定不能	判定不能	-	弱	中	やや弱
	2006	判定不能	判定不能	中	-	中	中	中
	2007	強	中	判定不能	-	やや弱	判定不能	中
	平均	やや強	やや強	中	弱	やや弱	やや強	中
(比) ユメアサヒ	2000	中	強	極弱	弱	弱	強	やや弱
	2001	-	極弱	極弱	-	弱	判定不能	-
	2002	弱	-	やや弱	-	弱	強	中
	2003	中	極弱	中>	弱	弱	極強	やや弱
	2004	やや強	弱	弱	-	-	-	-
	2005	やや強	判定不能	判定不能	-	-	極強	-
	2006	判定不能	判定不能	弱	-	-	強	-
	2007	中	やや弱	判定不能	-	弱	判定不能	-
	平均	中	弱	弱	弱	弱	強	やや弱

品種名	試験年度	うどんこ病 抵抗性		赤かび病 抵抗性	縞萎縮病 抵抗性		赤さび病 抵抗性	穂発芽性	播性
		育成地	東北農研	育成地	作物研	東北農研	東北農研	育成地	育成地
ゆめかおり	2000	強	-	-	-	-	-	中	I～II
	2001	-	-	-	-	-	-	難	I～III
	2002	中	-	-	-	-	-	中	I～II
	2003	やや強	かなり強	-	強	かなり強	かなり強	中	I～II
	2004	-	-	やや強	強	強	強	やや難	I
	2005	やや強	強	やや強	強	やや強	やや強	難	I～II
	2006	強	-	中～やや強	中	極強	極強	やや易	I
	2007	やや強	中	やや強	-	強	かなり強	やや難	III
	平均	やや強	やや強	やや強	強	強	強	やや難	II
(標) シラネコムギ	2000	強	-	-	-	-	-	中	IV
	2001	-	-	-	-	-	-	やや易	IV～V
	2002	強	-	やや強	-	-	-	中	IV
	2003	やや強	やや強	やや弱	強	中	かなり弱	やや易	IV
	2004	-	-	やや弱	強	弱	やや弱	やや易	IV
	2005	やや弱	中	かなり弱	強	やや弱	弱	やや易	V
	2006	中	-	弱	強	弱	弱	やや易	III
	2007	やや強	中	やや弱～弱	やや強	やや弱	かなり弱	中～やや易	IV
	平均	やや強	中	やや弱	強	やや弱	弱	やや易	IV
(比) ユメアサヒ	2000	中	-	-	-	-	-	難	II
	2001	-	-	-	-	-	-	難	I～III
	2002	やや強	-	やや弱	-	-	-	やや難	II
	2003	やや強	中	やや弱	強	中	中	やや難	I～II
	2004	-	-	やや弱	-	-	-	やや難	I
	2005	やや強	-	中	-	-	-	やや難	I～II
	2006	強	-	中～やや強	強	かなり弱	かなり弱	やや易	I
	2007	やや強	弱	やや弱～弱	-	かなり強	かなり弱	やや難	I～II
	平均	やや強	やや弱	やや弱	強	中	弱	やや難	II

表6 育成地における品質分析 (2000～2006年)

品種名 銘柄名	試験 年度	原 粒		製粉 歩留	BM率 (%)	リング スコア	60%粉の性状					アミロス	アミログラム	
		灰分含量 (%)	粗蛋白 含量(%)				灰分含量 (%)	粗蛋白 含量(%)	色 相			含量 (%)	最高粘度 (BU)	ブレイク タウ (BU)
									明度 (L*)	赤み (a*)	黄さみ (b*)			
ゆめかおり	2000	1.58	-	62.9	22.8	78.6	0.44	12.5	85.68	-0.76	13.23	26.3	-	-
	2001	1.56	12.9	67.9	19.8	78.9	0.47	10.8	85.51	-1.87	14.96	-	1020	130
	2002	1.61	14.6	59.5	25.1	73.1	0.43	12.7	86.38	-0.92	12.36	27.2	990	90
	2003	1.58	12.3	70.4	19.4	79.7	0.49	11.5	86.27	-2.19	12.53	27.4	790	260
	2004	1.52	12.3	67.7	15.9	79.8	0.44	12.1	86.42	-1.79	11.78	27.4	940	190
	2005	1.51	12.5	72.7	18.0	87.1	0.39	11.8	86.89	-2.11	12.69	28.9	1070	120
	2006	1.49	12.8	65.9	14.6	74.8	0.50	11.6	85.90	-1.93	13.08	27.0	940	190
(比) ユメアサヒ	2000	1.86	14.8	66.6	34.8	79.4	0.43	11.2	85.60	-1.08	14.89	25.4	990	250
	2001	1.75	13.0	62.4	23.5	74.5	0.46	11.3	84.37	-1.88	16.16	24.8	890	250
	2002	1.85	12.8	58.6	27.1	72.9	0.42	11.1	86.78	-1.14	12.95	28.8	1030	200
	2003	1.62	12.3	69.5	26.2	80.8	0.45	11.1	85.59	-2.71	14.64	27.9	1000	285
	2004	1.55	10.7	68.3	22.8	84.1	0.36	9.6	87.76	-2.88	14.87	26.9	1000	290
	2005	1.70	11.2	73.1	19.5	84.3	0.44	10.7	86.18	-2.57	16.01	28.0	1060	210
	2006	1.59	12.8	70.3	22.8	85.2	0.37	11.2	85.67	-2.66	14.94	25.6	1010	270
(比) 1 C W	2000	1.67	14.0	64.7	41.7	68.5	0.50	11.3	87.14	-0.76	13.28	28.3	890	250
	2001	1.66	14.5	66.2	22.9	77.0	0.47	11.7	86.32	-1.30	14.68	27.1	950	200
	2002	1.62	15.4	65.0	24.0	76.1	0.47	13.7	90.29	-2.25	13.77	28.5	860	200
	2003	1.62	14.0	72.7	20.9	84.5	0.45	12.9	87.60	-2.35	12.86	26.5	970	240
	2004	1.46	13.2	70.9	20.9	84.7	0.42	13.0	86.97	-2.48	13.43	28.6	840	270
	2005	1.48	13.4	73.1	19.1	85.9	0.42	12.4	87.01	-2.59	13.76	27.6	970	210
	2006	1.49	13.9	72.6	21.1	85.3	0.41	12.7	87.23	-1.98	13.19	27.7	960	300
ゆめかおり	2000	1.55	12.9	66.7	19.4	78.8	0.45	11.9	86.15	-1.65	12.95	27.4	958	163
(比) ユメアサヒ	～2006年	1.70	12.5	67.0	25.2	80.2	0.42	10.9	85.99	-2.13	14.92	26.8	997	251
(比) 1 C W	平均値	1.57	14.0	69.3	24.4	80.3	0.45	12.5	87.51	-1.96	13.57	27.8	920	239

表7 実需者による品質試験 (長野県製粉協会 2000～2006年度)

試験 年度	供試材料	原 麦		テストミル試験			60%粉		アミログラム	
		灰分 含量 %	粗蛋白 含量 %	製粉 歩留 %	ストレート 粉灰分 %	リング スコア	灰分 含量 %	粗蛋白 含量 %	糊化開 始温度 ℃	最高 粘度 BU
2004	ゆめかおり	1.66	14.0	64.1	0.54	72.1	0.51	13.7	58.0	905
	ユメアサヒ	1.73	12.1	66.1	0.48	77.1	0.42	11.0	57.1	815
	(比) 1 C W	1.53	13.1	67.9	0.47	79.4	0.43	12.8	58.6	635
2005	ゆめかおり	1.55	14.4	75.3	0.46	87.3	0.41	13.5	58.3	655
	ユメアサヒ	1.31	13.1	73.4	0.40	88.4	0.34	11.5	58.9	975
	(比) 1 C W	1.56	12.8	75.2	0.50	85.2	0.44	12.1	58.9	750
2006	ゆめかおり	1.51	15.2	71.4	0.52	80.4	0.47	14.4	58.6	705
	ユメアサヒ	1.78	14.2	73.5	0.42	87.5	0.42	12.6	58.3	805
	(比) 1 C W	1.54	13.0	75.2	0.49	85.7	0.44	12.3	58.0	745
平均	ゆめかおり	1.57	14.5	70.3	0.51	79.9	0.46	13.9	58.3	755
	ユメアサヒ	1.61	13.1	71.0	0.43	84.3	0.39	11.7	58.1	865
	(比) 1 C W	1.54	13.0	72.8	0.49	83.4	0.44	12.4	58.5	710

試験 年度	供試材料	ファリノグラム					エキステンソグラム			
		吸水 率 %	ピーク タイム 分:秒	生地 安定度 分:秒	生地 弱度 BU	ハッリ メーター ハッリュウ	面積 cm ²	伸張 抵抗 BU	伸張 度 mm	形状 係数 R/E
2004	ゆめかおり	67.6	8:00	維持	5	78	166	525	236	2.22
	ユメアサヒ	65.1	4:30	維持	15	66	134	475	215	2.64
	(比) 1 C W	65.3	7:00	維持	40	68	135	480	217	2.21
2005	ゆめかおり	67.0	8:30	維持	25	75	172	585	203	2.88
	ユメアサヒ	65.9	8:30	維持	30	74	118	425	203	2.09
	(比) 1 C W	67.7	7:00	維持	35	69	156	525	210	2.50
2006	ゆめかおり	74.3	6:00	10:10	50	63	120	400	217	1.84
	ユメアサヒ	69.8	6:30	維持	30	68	121	355	239	1.49
	(比) 1 C W	66.1	7:00	維持	30	70	146	495	207	2.39
平均	ゆめかおり	69.6	7:30	維持	27	72	153	503	219	2.31
	ユメアサヒ	66.9	6:30	維持	25	69	124	418	219	2.07
	(比) 1 C W	66.4	7:00	維持	35	69	145	500	211	2.37

注) 1 C Wは農林水産省総合食料局から無償譲渡されたもの。

表 8 品質関連形質の遺伝子型 近畿中国四国農業研究センター

品 種 名	グルテニンサブユニット						グリア ピュロイ			Wx	
	高分子量			低分子量			ジン		ンドリン	Wx-	Wx-
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	Glu-A3	Glu-B3	Glu-D3	Gli-D1	Pina-D1	Pinb-D1		
ゆめかおり	b	b	d	c	d	c	M	b	a	a	a
ユメアサヒ	b	c	d	c	d	d	N	a	b	b	a

注：ピュロイノンドリンは硬軟質性に関与、Wxはaが野生型、bは変異型。

表 9 ゆめかおりの製パン試験結果

1) 長野県製粉協会 (2004～2006 年度)

試験年度	供試材料	生 地 物 性				吸水性 評価 (20)	作業性 評価 (20)
		パン 体積 cm ³	パン 重量 g	適正 加水率 %	生地の状態		
2004	ゆめかおり	1810	358	69	弾力有りしなやかな生地	14.7	16.0
	ユメアサヒ	1810	356	69	弾力有りしなやかな生地	14.7	14.5
	(比) 1 C W	1790	356	70	弾力有りしなやかな生地	16.0	16.0
2005	ゆめかおり	1800	354	69	良好	14.4	14.4
	ユメアサヒ	2100	355	68	生地状態良好、釜伸び良好	14.4	14.4
	(比) 1 C W	1830	352	71	生地状態良好、釜伸びやや少	16.0	16.0
2006	ゆめかおり	1700	359	72	吸水率高く、生地硬め	16.9	10.7
	ユメアサヒ	1880	352	70	釜伸び良好	14.1	13.3
	(比) 1 C W	1820	355	71	釜伸び良	16.0	16.0
平均	ゆめかおり	1770	357	70		15.3	13.7
	ユメアサヒ	1930	354	69		14.4	14.1
	(比) 1 C W	1813	354	71		16.0	16.0

試験 年度	供試材料	官 能 評 価									合計	総合 評価
		外 観				内 相						
		焼き色 (10)	形均整 (5)	皮質 (5)	体積 (10)	すだち (10)	色相 (10)	触感 (15)	香り (10)	味 (25)		
2004	ゆめかおり	8.3	3.9	4.0	8.3	8.0	8.1	12.0	7.7	19.9	80.2	79
	ユメアサヒ	7.6	3.5	3.8	8.4	7.7	7.7	11.8	7.5	19.2	77.2	76
	(比) 1 C W	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	8.0	20.0	80.0	80
2005	ゆめかおり	8.4	4.1	4.1	7.9	7.7	7.7	11.9	8.0	20.1	79.9	77
	ユメアサヒ	7.4	3.7	3.9	8.8	7.7	7.6	12.0	7.8	19.6	78.5	76
	(比) 1 C W	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	8.0	20.0	80.0	80
2006	ゆめかおり	8.2	3.8	3.8	7.1	7.1	7.1	11.2	7.8	18.6	74.8	72
	ユメアサヒ	8.2	3.9	3.9	8.5	7.8	7.6	11.8	7.8	19.8	79.3	75
	(比) 1 C W	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	8.0	20.0	80.0	80
平均	ゆめかおり	8.3	3.9	4.0	7.8	7.6	7.6	11.7	7.8	19.5	78.3	76
	ユメアサヒ	7.7	3.7	3.9	8.6	7.7	7.6	11.9	7.7	19.5	78.3	75
	(比) 1 C W	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	8.0	20.0	80.0	80

【2004 年概評】ゆめかおり：作業性良、色付き良、釜伸び、外観良好。高タンパクで高い評価。

【2005 年概評】ゆめかおり：生地状態、釜伸び良好。高タンパクで、作業性、パンの仕上がりも良く、高い評価。

【2006 年概評】ゆめかおり：吸水率高く、生地硬く、弾力少なめ。

2) 製粉協会製粉研究所 (2012～2014 年度)

試験 年度	供試材料	6 0 %粉		吸水性 評価 (20)	作業性 評価 (20)	官 能 評 価								合計 (100)	総合 評価
		灰分 含量 %	粗蛋白 含量 %			外		皮質 (5)	体積 (10)	内		触感 (15)	食感 (25)		
						焼き色 (10)	形均整 (5)			すだち (20)	色相 (10)				
2012	ゆめかおり	0.38	11.2	16.0	14.5	7.5	3.8	4.0	8.5	17.0	8.5	11.3	17.5	78.0	77
	(参)春よ恋	0.43	11.5	16.0	15.0	8.0	4.0	4.0	9.0	17.0	8.0	12.8	18.8	81.5	80
	(比)1CW	0.47	11.8	16.0	16.0	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	20.0	80.0	80
2013	ゆめかおり	0.44	9.8	12.5	14.5	7.5	3.5	3.8	7.0	14.0	7.0	10.5	17.5	70.8	70
	(参)春よ恋	0.43	11.3	15.5	15.5	7.5	4.0	4.0	8.5	17.0	8.0	13.5	18.8	81.3	80
	(比)1CW	0.44	12.4	16.0	16.0	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	20.0	80.0	80
2014	ゆめかおり	0.41	12.5	16.0	11.8	7.4	3.5	4.0	7.8	13.5	6.3	10.5	16.3	69.3	69
	(参)春よ恋	0.43	11.9	15.5	13.0	8.0	3.8	4.0	8.3	16.8	7.3	13.5	20.6	82.3	78
	(比)1CW	0.41	12.1	16.0	16.0	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	20.0	80.0	80
平均	ゆめかおり	0.4	11.2	14.8	13.6	7.5	3.6	3.9	7.8	14.8	7.3	10.8	17.1	78.3	72
	(参)春よ恋	0.4	11.6	15.7	14.5	7.8	3.9	4.0	8.6	16.9	7.8	13.3	19.4	78.3	79
	(比)1CW	0.4	12.1	16.0	16.0	8.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	12.0	20.0	80.0	80

注：試験材料は製粉協会が出回り品を調達し実施。ゆめかおりは長野県産。

3) 日本パン技術研究所 (2008～2009 年度)

年度	供試材料	蛋白質含量 %	灰分含量 %	比容積 g/ml	外観	内相	50%荷重 g
2008	ゆめかおり	11.6	0.35	5.5	3.0	3.0	367
	1CW	12.3	0.43	5.7	4.0	4.0	357
2009	ゆめかおり	12.2	0.38	5.8	4.0	4.0	303
	1CW	12.7	0.45	5.7	3.5	3.5	324
平均	ゆめかおり	11.9	0.37	5.7	3.5	3.5	335
	1CW	12.5	0.44	5.7	3.8	3.8	341

注：2008年度は松本産、2009年度は須坂産

タンパク質含量、灰分含量は長野農試の分析結果

比容積は焼成時の =体積/重さで、大きいほど良い。

外観、内相は5段階評価で満点は5点で高いほど良い。

50%荷重は焼上後2日目に50%まで圧縮した時の加重で低いほど柔らかく、日持ちが良い。

表 10 長野県における奨励品種決定現地調査成績 (2005～2006 年度)

1) 生育調査

試験地	系統名 または 品種名	試験 年度 (平成)	出穂期 (月. 日)	成熟期 (月. 日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度	寒害	凍上 害	うどん こ病	赤さ び病
千曲市 (標高360m)	ゆめかおり	2006	5.07	6.21	82	8.9	364	微	無	無	無	無
		2007	5.05	6.23	99	8.6	923	多	無	無	少	無
		平均	5.06	6.22	91	8.8	644	中	無	無	微	無
	ユメアサヒ (比較)	2006	5.06	6.24	91	9.3	461	中	無	無	無	無
		2007	5.04	6.22	91	9.6	610	多	無	無	微	無
		平均	5.05	6.23	91	9.5	536	多	無	無	微	無
	シラネコムギ (標準)	2006	5.08	6.22	84	9.1	409	微	無	無	微	無
		2007	5.07	6.21	87	8.9	658	無	無	無	微	無
		平均	5.07	6.21	86	9.0	534	微	無	無	微	無
松本市 (標高570m)	ゆめかおり	2006	5.07	6.24	80	8.6	534	無	無	無	無	無
		2007	5.06	6.24	105	8.3	500	無	無	無	微	無
		平均	5.06	6.24	93	8.5	517	無	無	無	微	無
	ユメアサヒ (比較)	2006	5.06	6.26	92	9.8	502	無	無	無	微	無
		2007	5.05	6.29	101	9.0	671	多	無	無	中	無
		平均	5.05	6.27	97	9.4	587	中	無	無	少	無
	シラネコムギ (標準)	2006	5.07	6.25	82	9.2	455	無	無	無	中	無
		2007	5.05	6.27	91	9.7	465	無	無	無	中	中
		平均	5.06	6.26	87	9.5	460	無	無	無	中	少
伊那市 (標高670m)	ゆめかおり	2006	5.06	6.22	93	7.9	427	無	無	無	無	無
		2007	5.03	—	96	8.3	463	無	無	無	—	—
		平均	5.04	6.22	95	8.1	445	無	無	無	無	無
	ユメアサヒ (比較)	2006	5.06	6.27	98	8.3	475	少	無	無	無	無
		2007	5.02	—	99	9.6	412	少	無	無	—	—
		平均	5.04	6.27	99	9.0	444	少	無	無	無	無
	シラネコムギ (標準)	2006	5.10	6.25	92	8.2	328	無	無	無	無	微
		2007	5.06	—	83	9.1	370	無	無	無	—	—
		平均	5.08	6.25	88	8.7	349	無	無	無	無	無
上田市 (標高560m)	ゆめかおり	2006	5.10	6.25	80	8.1	432	無	無	中	無	無
		2007	5.12	6.23	83	8.0	460	無	無	無	無	無
		平均	5.11	6.24	82	8.1	446	無	無	少	無	無
	ユメアサヒ (比較)	2006	5.10	6.29	89	9.2	476	無	無	中	無	無
		2007	5.12	6.26	89	12.2	446	微	無	無	無	無
		平均	5.11	6.27	89	10.7	461	微	無	少	無	無
	シラネコムギ (標準)	2006	5.12	6.24	75	7.9	353	無	無	中	無	無
		2007	5.14	6.23	78	8.9	428	無	無	無	無	無
		平均	5.13	6.23	77	8.4	391	無	無	少	無	無

3) 収量、品質調査

試験地	系統名 または 品種名	試験 年度	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	同差対 標準比 率(%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
千曲市 (標高360m)	ゆめかおり	2006	176.6	49.0	74	793	46.1	中の中
		2007	186.0	63.8	108	817	43.2	中の上
		平均	181.3	56.4	90	805	44.7	中の中
	ユメアサヒ (比較)	2006	221.6	59.4	90	784	42.2	中の下
		2007	176.0	44.3	75	817	39.2	中の中
		平均	198.8	51.9	83	801	40.7	中の下
	シラネコムギ (標準)	2006	237.7	66.0	100	777	42.2	中の中
		2007	177.0	58.9	100	813	39.6	中の下
		平均	207.4	62.5	100	795	40.9	中の下
松本市 (標高570m)	ゆめかおり	2006	148.8	62.3	111	835	47.2	中の上
		2007	161.1	66.1	114	829	45.7	中の上
		平均	155.0	64.2	112	832	46.5	中の上
	ユメアサヒ (比較)	2006	160.9	66.1	118	844	45.7	中の下
		2007	141.5	41.1	71	813	39.6	中の中
		平均	151.2	53.6	94	829	42.7	中の下
	シラネコムギ (標準)	2006	135.6	56.2	100	826	38.2	中の中
		2007	136.5	58.0	100	834	40.3	中の中
		平均	136.1	57.1	100	830	39.3	中の中
伊那市 (標高670m)	ゆめかおり	2006	108.0	35.7	87	792	41.6	中の中
		2007	114.3	39.0	226	775	34.7	中の下
		平均	111.2	37.4	128	784	38.2	中の下
	ユメアサヒ (比較)	2006	109.0	59.1	143	805	42.8	中の中
		2007	94.1	22.9	133	773	31.6	下の中
		平均	101.6	41.0	140	789	37.2	下の上
	シラネコムギ (標準)	2006	108.1	41.2	100	796	37.9	中の中
		2007	77.1	17.3	100	741	29.8	下の中
		平均	92.6	29.3	100	769	33.9	下の上
上田市 (標高560m)	ゆめかおり	2006	122.8	46.2	104	784	44.4	中の下
		2007	111.2	41.8	79	819	43.4	中の中
		平均	117.0	44.0	94	802	43.9	中の下
	ユメアサヒ (比較)	2006	138.8	52.7	114	810	42.3	中の中
		2007	131.4	48.6	116	831	42.5	中の下
		平均	135.1	50.7	108	821	42.4	中の下
	シラネコムギ (標準)	2006	111.3	40.3	100	788	39.5	中の下
		2007	126.4	53.2	100	820	40.7	下の上
		平均	118.9	46.8	100	804	40.1	下の上

表 11 ゆめかおりの配付先における成績

試験場所	試験年度									標準品種
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
宮城				△ 97	× 97					シラネコムギ
山形	× 76									ナンブコムギ
福島	× 79									きぬあずま
福島会津	× 65									ゆきちから
新潟				△ 72						コユキコムギ
富山	△ 77	× 81								ナンブコムギ
石川					× 77					ナンブコムギ
福井	× 89			○ 97	○ 115	○ 90		△ 94	△ 107	ナンブコムギ
茨城	○△ 107	○ 148	△ 99	○ 112	奨					農林 6 1 号
栃木	○ 81	○ 108	◎ 112	奨						農林 6 1 号
群馬	○ 101	× 93	× 72							農林 6 1 号
埼玉								○△ 97	× 114	農林 6 1 号
千葉	△ 83	△ 68	△ 80	× 81						農林 6 1 号
神奈川					△ 93	△ 103	○ 63	奨		農林 6 1 号
山梨				△ 83		○△ 86	◎ 78	奨		きぬの波
長野	○△ 114	○ 93	◎ 79	◎ 89	奨					シラネコムギ
岐阜中山間	× 73									キタカミコムギ
静岡		△ 108	△ 83							農林 6 1 号
愛知	△ 104	△ 91								農林 6 1 号
三重	△× 73	× 71								タマイズミ
兵庫	○ 76	○ 88	△ 47	× 90						シロガネコムギ
滋賀湖北	△ 97	△ 98	× 93							農林 6 1 号
広島	× 106									ミナミノカオリ
島根	△ 88	△ 63	△ 65	× 73						農林 6 1 号
山口	× 74						△ 83	△ 77	× 131	チクゴイズミ

注) ◎ : 極めて有望、○ : 有望、△ : 再検討、× : 打ち切り

奨 : 奨励品種採用。数字は子実重の対標準品種収量比(%)。

小麦新品種「ゆめきらり」について

上原泰・前島秀和・牛山智彦¹⁾・細野哲・中村和弘²⁾・谷口岳志³⁾・
田淵秀樹⁴⁾・久保田基成⁵⁾・中澤伸夫⁶⁾・高橋信夫⁷⁾・
新井利直⁸⁾・後藤和美⁹⁾・酒井長雄・近藤武晴¹⁰⁾

A New Wheat Cultivar "Yumekirari"

Yasushi UEHARA, Hidekazu MAEJIMA, Tomohiko USHIYAMA, Satoshi HOSONO, Kazuhiro NAKAMURA,
Takeshi TANIGUCHI, Hideki TABUCHI,
Motoshige KUBOTA, Nobuo NAKAZAWA, Nobuo TAKAHASHI, Toshinao ARAI,
Kazumi GOTO, Nagao SAKAI and Takeharu KONDO

Abstract

A New wheat cultivar 'Yumekirari' was developed from the cross between 'Abukumawase'/'Hokusei'/'Touzan 30' ('Kinuhime') at Nagano Prefecture Agricultural Experiment Station. It was released as a recommended cultivar in Nagano Prefecture in 2013 and registered as Wheat Norin 176 in 2014. 'Yumekirari' is resistance to wheat yellow mosaic virus and tolerant to pre-harvest sprouting. It matures about 4 days earlier than 'Siranekomugi'. It is same quality as 'Siranekomugi' for making Japanese noodles and having high abilities for flour yield. 'Yumekirari' is adapted well in northern central Japan, especially in Touzan area, where it is cold and snowy in winter.

Key Words : Japanese noodle, *Triticum aestivum*, wheat yellow mosaic virus

結 言

長野県農業試験場育成の「シラネコムギ」(小麦農林133号)は、長野県において栽培面積の48%を占める主力品種である(2012年度、農業技術課推定値)。「シラネコムギ」は強稈で密条播栽培等機械化省力栽培により高い収量性を示すため、生産農家の評価は高い。また、たんばく質含量が比較的高く、軟質小麦の中では製粉性に優れ、白く明るい粉色、県内家庭向けの「地粉」とし

での根強い需要、日本めん用を中心とした幅広い用途など実需評価も高い。

しかし、「シラネコムギ」はコムギ萎縮病、コムギ萎縮病に弱く、2008年度に県内で発病が認められて以来、現在では多くの「シラネコムギ」栽培地域で被害が発生し、生産性と品質が著しく低下し、主力品種の産地崩壊の危機に直面した。これを打開するため、「シラネコムギ」と同等の品質を持った抵抗性後継品種の早期育成と普及が生産者のみならず、JA、実需者からも強く求められた。また、「シラネコムギ」は中生、穂発芽性が「やや易」で、成熟期の降雨により品質の低下が常に懸念されていたため、穂発芽抵抗性の付与も望まれていた。

新品種「ゆめきらり」は、「シラネコムギ」と比較し、明らかにコムギ萎縮病、コムギ萎縮病に強く、早熟で、耐穂発芽性が優れる。収量性は同等で、粉色は白く明るく、うどん官能評価も「シラネコムギ」と同等である。

育成経過

「ゆめきらり」は、早生・良質・多収・耐穂発芽性・

- 1)現在 長野県南信農業試験場
- 2)現在 (国研) 農研機構九州沖縄農業研究センター
- 3)現在 長野県松本農業改良普及センター
- 4)現在 長野県佐久農業改良普及センター
- 5)現在 長野県農業大学校
- 6)元 長野県農業試験場
- 7)元 長野県農事試験場
- 8)元 長野県南信農業試験場
- 9)現在 長野県畜産試験場
- 10)現在 長野県上小農業改良普及センター

良色相・軟質を育種目標として、1995年5月に長野県農事試験場（農林水産省麦類育種指定試験地）において、「アブクマワセ/ホクシン」のF1を母に、「東山30号（後のキヌヒメ）」を人工交配し、系統選抜を行ってきたものである。「ゆめきらり」の系譜は図1に示すとおりである。

選抜経過の概要を図2に示した（年度は播種年、以下同じ）。2004年度、「長系小J734」として生産力検定予備試験、特性検定試験、2006年度には「東山系小318」として系統適応性検定試験、生産力検定予備試験に供試し、成績が良好であったので2008年度から「東山48号」の地方系統を付して関係各県の奨励品種決定調査に供試し、栽培特性及び加工適性などの地域適応性を検討してきた。その結果、長野県における成績が良好であったことから、2013年度認定品種に採用された。さらに2013年5月に品種登録出願公表となり、2014年5月2日に種苗法に基づく品種登録（第23410号）が完了した。また、2014年に小麦農林176号として農林認定品種となった。

なお、きらり輝く小麦となるよう「ゆめきらり」と命名した。

品種の各世代における育成担当者は表1のとおりである。また、固定度調査結果を表2に示した。「ゆめきらり」は実用的に固定していると考えられる。

特性概要

1. 形態的特性

表3に「ゆめきらり」の特性一覧、表4に育成地におけるドリル栽培の生育・収量調査結果を示した。叢性は“やや匍匐”，株の開閉は“やや閉”である。稈長は「シラネコムギ」よりも長い“中”，稈の剛柔は“中”で「シラネコムギ」より柔らかい。フレッケンの多少は“かなり少”で「シラネコムギ」より少ない。穂型は“紡錘状”，穂長は“中”である。ふ色は“黄”で「シラネコムギ」の“褐”とは異なる。粒の大小は“やや大”，粒の形は「シラネコムギ」と同等の“中”である。千粒重は“大”，容積重は“中”，原麦粒の見かけの品質は“中の中”である。

2. 生態的特性

播性の程度は“IV”である。出穂期、成熟期はともに“やや早”でそれぞれ「シラネコムギ」より2日、4日早い。耐寒性、耐雪性（飯山市常盤）および耐凍上性はともに“やや強”である。耐倒伏性は“やや強”で、「シラネコムギ」よりやや劣る。穂発芽性は“やや難”で「シラネコムギ」より優れる。穂数はやや多いが、収量性は“中”である。萎縮病抵抗性および萎縮病抵抗性は“強”，赤かび病抵抗性“中”でともに優れる。うどんこ病抵抗性は“中”でやや劣る（表3、表4、表5）。

3. 品質特性

粒の硬軟は“中”，粒質は“中間質”である。製粉歩留は“中”，ミリングゾコは“やや高”で製粉性が優れる。60%粉の粗蛋白質含量、灰分含量およびアミロース含量は“中”である。Wx座の遺伝子型は野生型の「通常アミロース系統」である。粉の明度は“やや高”，粉の赤みは“中”，粉の黄色みは“やや低”である。ファリノグラムのバロリメーターバリュウは“中”である。エキステンソグラムの伸張抵抗は“やや低”で「シラネコムギ」より弱い。アミログラムの最高粘度は“大”である（表3、表6、表7、表8）。

長野県製粉協会が実施したうどん官能評価では、「シラネコムギ」と比較して、色、外観、食感、食味で差はなかった（表9）。製粉協会製粉研究所が実施したうどん官能評価試験では、群馬産「農林61号」と比較し、色の評価は高く、食感の滑らかさの評価がわずかに上回った（表10）。

適応地帯

表11には長野県における現地調査成績を示した。「シラネコムギ」と比較し、上田市で収量がやや劣るが、伊那市と松本市で同等、千曲市でやや高い収量である。長野県の多雪地を除く標高700m以下の地帯に適応する。

表12には配布先における試作結果と収量の標準対比を示した。山形県、福井県で高い収量性を示した。

栽培上の留意点として、下記の2点に留意する。

1. 適正追肥

収量確保のため越冬後から茎立期、また適正な蛋白質含量を確保するため止葉展開期に生育量に見合った追肥を「シラネコムギ」の施肥基準を参考に、水田・畑作物経営所得安定対策における品質ランク区分の原粒蛋白質含量基準値9.7～11.3%を目標に実施する。

2. 適期収穫

「ゆめきらり」は「シラネコムギ」より早熟で、成熟期のふ色が“黄色”である。“褐ぶ”の「シラネコムギ」とは成熟期のふ色が異なるため、ほ場観察を入念に行い、適期収穫に努める。

摘 要

早生・良質・多収・耐穂発芽性・良色相・軟質を育種目標として、1995年に長野県農事試験場（農林水産省麦類育種指定試験地）において、「アブクマワセ/ホクシン」のF1を母に、「東山30号（後のキヌヒメ）」を人工交配し、系統選抜により育成しためん用小麦品種である。長野県で認定品種に採用され、「小麦農林176号」として農林登録された。

この品種の形態的特性、生態的特性、品質特性は「シ

謝 辭

- 本品種の育成に当たって、現地試験を実施していただいた JA 松本ハイランド、JA あづみ、品質評価を実施していただいた長野県製粉協会の方々には大変お世話になった。また、松本農業改良普及センター、当場の圃場担当職員や各県の特性検定試験、系統適応性検定試験及び奨励品種決定調査試験担当者の絶大なご援助をいただいた。これらの諸氏に対し心から謝意を表する。

「ゆめきらし」の適地は、多雪地を除く標高 700m 以下の地帯である。

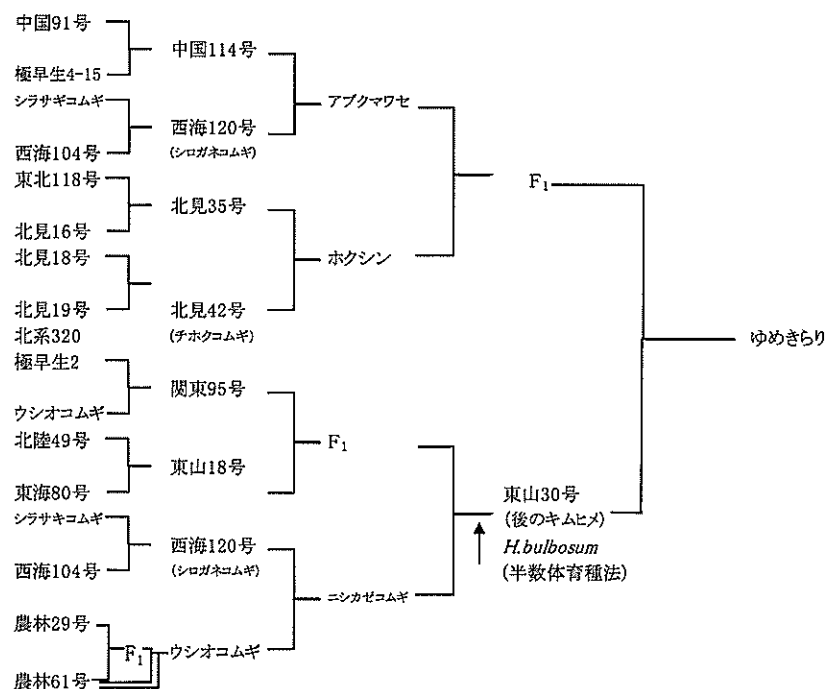


図1 ゆめきらりの系譜

表1 ゆめきらりの育成担当者

[illegible]

試驗年度	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
世代	交配	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
試驗区分		F1養成	集团	集团	集团	集团	集团	個体選拔	DL1	DL2	WL	WL	WL	WL	WL	WL	WL
供試系統群數									單株系統	單株系統	1系統群3系統	1系統群5系統					
系統數									33	4	3	2	2	1	1	1	1
個體數	10穗	129粒	2000	2000	2000	2000	2000	2000	33	4	9	10	10	5	5	5	5
選拔系統群數																	
系統數									4	3	2	2	1	1	1	1	1
個體數								33	4	3	2	2	1	1	1	1	1
生產力檢定試驗											予備試驗	(系統適応性試驗)		本試驗			
備考	長交小1280									長系小J734		東山系小318		東山48号			

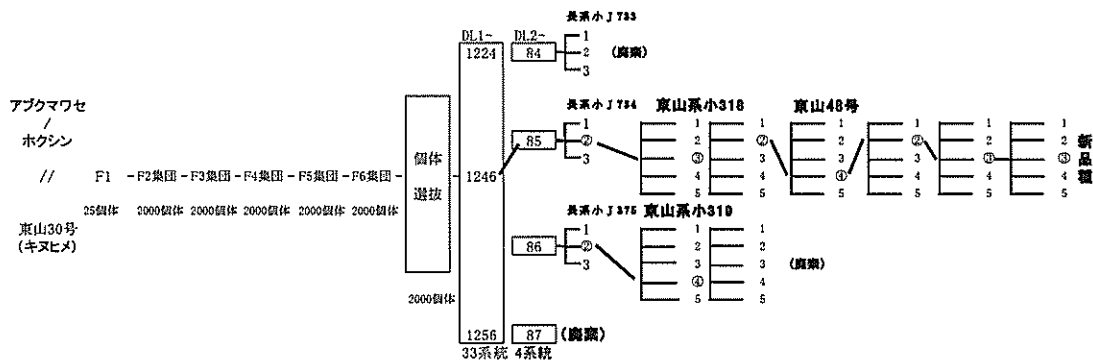


表2 固定度調査結果

品種名	系統 番号	出穂期 月・日	稈長		穂長		穂数		備考
			平均	CV	平均	CV	平均	CV	
			(cm)	(%)	(cm)	(%)	(本/株)	(%)	
ゆめきらり	1	5.07	90.9	3.8	9.6	8.6	14.1	26.4	
	2	5.07	88.4	3.2	9.6	7.9	11.2	24.7	
	③	5.07	88.6	2.8	9.6	6.7	10.4	18.6	
	4	5.07	88.3	3.7	9.9	7.5	12.0	23.9	
	5	5.07	90.6	3.6	9.8	6.9	11.1	20.8	
	平均	5.07	89.4	3.4	9.7	7.5	11.8	22.9	
標) シラネコムギ	1	5.09	89.2	3.1	9.8	3.7	14.0	16.4	
	2	5.09	87.6	2.7	9.3	5.0	12.0	22.0	
	3	5.09	89.3	2.4	9.5	8.6	11.2	20.9	
	4	5.09	87.1	2.6	9.5	6.3	13.4	24.1	
	5	5.09	87.9	2.5	9.7	6.8	13.3	25.8	
	平均	5.09	88.2	2.7	9.6	6.1	12.8	21.8	

耕種概要：畦幅50cm、株間6cm、1点1粒点播、2011年10月24日播種、各系統約30個体調査。

表3 ゆめきらりの特性表

[種苗特性分類調査報告書 小麦(平成9年度)に基づく種苗登録のための特性表]

項目番号	形 質	ゆめきらり 区 分 (階)	シラネコムギ 区 分 (階級)	ゆめかおり 区 分 (階)
1-1	叢 性	やや匍匐 (6)	やや匍匐 (6)	やや匍匐 (6)
1-2	株の開閉	やや閉 (4)	やや閉 (4)	やや閉 (4)
1-3	鞘葉の色	無 (1)	無 (1)	無 (1)
2-4	稈 長	中 (5)	やや短 (4)	やや長 (6)
2-5	稈の細太	中 (5)	中 (5)	中 (5)
2-6	稈の剛柔	中 (5)	やや剛 (6)	中 (5)
2-7	稈のワックスの多少	やや少 (4)	やや少 (4)	多 (7)
3-8	葉 色	中 (5)	やや淡 (4)	中 (5)
3-9	葉鞘のワックスの多少	中 (5)	中 (5)	多 (7)
3-10	葉鞘の毛の有無と多少	無 (1)	無 (1)	無 (1)
3-11	葉身の下垂度	かなり少 (2)	小 (3)	中 (5)
3-12	フレンジの有無と多少	かなり少 (2)	やや多 (6)	少 (3)
4-13	穂 型	紡錘状 (2)	紡錘状 (2)	紡錘状 (2)
4-14	穂 長	中 (5)	中 (5)	やや短 (4)
4-15	粒着の疎密	中 (5)	中 (5)	中 (5)
4-16	穂の抽出度	やや短 (4)	中 (5)	中 (5)
4-17	穂のワックスの多少	中 (5)	極多 (9)	多 (7)
4-18	ふ毛の有無	無 (1)	無 (1)	無 (1)
4-19	蒴の色	黄 (1)	黄 (1)	黄 (1)
5-20	芒の有無と多少	やや少 (4)	やや少 (4)	やや少 (4)
5-21	芒 長	やや少 (4)	中 (5)	中 (5)
6-22	ふ 色	黄 (2)	褐 (4)	淡黄 (1)
7-23	粒 の 形	中 (5)	中 (5)	やや円 (4)
7-24	粒の大小	やや大 (6)	中 (5)	大 (7)
7-25	粒の色	赤褐 (5)	赤褐 (5)	赤褐 (5)
9-28	千粒重	大 (7)	やや大 (6)	大 (7)
9-29	容積重	中 (5)	中 (5)	やや大 (6)
10-30	原麦粒の見かけの品質	中の中 (5)	中の中 (5)	中の上 (6)
11-31	粗蛋白質含量	中 (5)	中 (5)	やや多 (6)
11-32	灰分含量	中 (5)	中 (5)	中 (5)
12-33	うるちまたはもちの別	うるち (1)	うるち (1)	うるち (1)
13-34	播性の程度	Ⅳ (4)	Ⅳ (4)	Ⅱ (2)
14-35	茎立性	中 (5)	中 (5)	中 (5)
15-36	出穂期	やや早 (4)	中 (5)	中 (5)
15-37	成熟期	やや早 (4)	中 (5)	中 (5)
17-41	耐寒性	やや強 (6)	やや強 (6)	中 (5)
17-42	耐雪性	中 (5)	やや強 (6)	弱 (3)
17-44	耐凍上性	やや強 (6)	やや強 (6)	強 (7)
18-45	耐倒伏性	やや強 (6)	強 (7)	強 (7)
19-46	穂発芽性	やや難 (6)	やや易 (4)	やや難 (6)
20-47	脱粒性	中 (5)	中 (5)	中 (5)
21-48	収量性	中 (5)	中 (5)	やや少 (4)
22-49	粒の硬軟	中 (5)	中 (5)	硬 (7)
22-50	粒 質	中間質 (2)	中間質 (2)	硝子質 (3)
22-51	製粉歩留	中 (5)	やや低 (4)	やや低 (4)
22-52	ミリングスコア	やや高 (6)	やや低 (4)	やや低 (4)
22-53	60%粉粗蛋白質含量	中 (5)	中 (5)	やや多 (6)
22-54	60%粉灰分含量	中 (5)	中 (5)	やや多 (6)
22-55	60%粉アミロース含量	中 (5)	中 (5)	中 (5)
22-59	粉の明度	やや高 (6)	やや高 (6)	中 (5)
22-60	粉の赤色み	中 (5)	中 (5)	中 (5)
22-61	粉の黄色み	やや低 (4)	やや低 (4)	やや低 (4)
22-62	吸水率	やや高 (6)	やや高 (6)	高 (7)
22-63	ハロメーターバリュウ	中 (5)	中 (5)	高 (7)
22-65	生地の伸長抵抗	やや低 (3)	中 (5)	強 (7)
22-66	生地の伸長度	短 (3)	やや短 (4)	中 (5)
22-67	生地の形状係数	中 (5)	中 (5)	やや大 (6)
22-68	最高粘度	大 (7)	大 (7)	中 (5)
22-70	縮萎縮病抵抗性	強 (7)	中 (5)	強 (7)
22-71	赤かび病抵抗性	中 (5)	やや弱 (4)	中 (5)
22-72	うどんこ病抵抗性	中 (5)	やや強 (6)	やや強 (5)
22-73	赤さび病抵抗性	やや弱 (4)	中 (5)	強 (4)

表4 ドリル栽培における生育・収量調査成績（育成地、2005～2011年度）

品種名	試験		出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 本/m ²	倒伏 の 多少	子実重 (kg/a)	同左対 標準比 率(%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
	年度	種類											
ゆめきらり	2005	予備	5.12	6.26	—	—	—	3.0	84.6	109	817	42.2	中の中
	2006	系適	5.07	6.25	98	8.6	569	1.0	63.5	92	833	45.6	中の上
	2007	系適	5.05	6.20	96	9.1	619	0.0	81.6	114	813	44.4	中の上
	2008	本試験	5.04	6.18	95	8.2	616	0.0	77.8	94	840	47.2	中の中
	2009	本試験	5.08	6.21	85	8.3	526	1.0	59.4	107	804	40.1	中の中
	2010	本試験	5.13	6.22	85	8.7	493	0.0	67.4	105	776	41.4	中の上
	2011	本試験	5.06	6.19	96	8.9	610	3.0	76.4	100	830	44.1	中の中
(標) シラネコムギ	2005	予備	5.12	6.28	88	8.9	537	0.0	77.4	100	822	38.7	中の上
	2006	系適	5.09	6.27	96	8.6	596	0.0	70.5	100	824	41.3	上の中
	2007	系適	5.06	6.25	93	8.6	627	1.0	75.7	100	802	42.0	中の上
	2008	本試験	5.07	6.23	97	7.5	578	0.0	83.0	100	842	42.4	中の中
	2009	本試験	5.11	6.25	79	8.0	439	0.0	55.4	100	809	38.5	中の上
	2010	本試験	5.14	6.26	82	8.0	477	0.0	63.9	100	792	40.1	中の上
	2011	本試験	5.09	6.23	90	8.3	574	0.0	76.4	100	825	42.5	中の上
ゆめきらり	2005～		5.08	6.22	93	8.6	572	1.1	73.0	102	816	43.6	中の中
(標) シラネコムギ	2011年平均		5.10	6.26	89	8.3	547	0.1	71.8	100	817	40.8	中の上

表5 特性検定試験結果（育成地、2005～2011年度）

品種名	試験 年度	耐寒 性	耐雪 性	耐雪 性	耐寒 雪性	耐凍 上性	うどん こ抵抗 性	うどん こ抵抗 性	赤さ び抵抗 性	赤か び抵抗 性
		原村	飯山市 常盤	飯山市 温井	岩手県 高冷地	長野県 野花試	育成地	東北農研	東北農研	育成地
ゆめきらり	2005	やや強	判定不能	判定不能	—	—	やや強	—	—	—
	2006	判定不能	判定不能	中	やや弱	中	強	—	弱	弱
	2007	中	やや弱	判定不能	弱	判定不能	やや強	弱	弱	やや弱～弱
	2008	強	判定不能	中	やや弱	中	やや強	やや弱	弱	中
	2009	強	強	中以下	弱	強	強	やや弱	弱	やや弱
	2010	やや強	中以下	やや強以下	弱	中	判定不能	中	弱	中～やや強
	2011	強	強	やや強	弱	—	やや弱	—	—	中
	平均	やや強	やや強	中	弱	やや強	中	やや弱	弱	中
シラネコムギ	2005	やや強	判定不能	判定不能	弱	中	やや弱	—	—	かなり弱
	2006	判定不能	判定不能	中	中	中	中	—	弱	弱
	2007	強	中	判定不能	やや弱	判定不能	やや強	中	弱	やや弱～弱
	2008	強	判定不能	中	やや弱	強	やや弱	中	やや弱	やや弱
	2009	やや弱	中	やや強	やや弱	強	強	やや強	やや弱	弱
	2010	やや強	強	やや強以下	やや弱	中	判定不能	やや強	やや弱	やや弱
	2011	やや強	強	やや強	やや弱	—	強	—	—	やや弱
	平均	やや強	やや強	やや強	やや弱	やや強	やや強	やや強	やや弱	やや弱
品種名	試験 年度	萎縮抵抗 病抗性 (I型)	萎縮抵抗 病抗性 (II型)	萎縮抵抗 病抗性 (I型)	萎縮抵抗 病抗性 (II型)	萎縮抵抗 病抗性 (I型)	播	穂 発 芽 性	播	穂 発 芽 性
		作物研	東北農研	安曇野 市A	安曇野 市B	作物研	育成地	育成地		
ゆめきらり	2005	—	—	—	—	—	IV	やや難		
	2006	強	中	—	—	—	IV	難		
	2007	強	かなり強	—	—	—	IV	難		
	2008	強	やや強	—	—	—	IV	難		
	2009	強	強	強	強	—	V	中		
	2010	強	強	強	強	強	IV	やや難		
	2011	強	強	強	やや強	強	V	やや難		
	平均	強	強	強	強	強	IV	やや難		
シラネコムギ	2005	強	やや弱	—	—	—	V	やや易		
	2006	強	弱	—	—	—	III	やや易		
	2007	やや強	やや弱	—	—	—	IV	中～やや易		
	2008	強	弱	—	—	—	IV	やや易		
	2009	やや弱	中	弱	弱	—	V	やや易		
	2010	弱	やや弱	弱	弱	弱	IV	やや易		
	2011	やや弱	弱	弱	弱	弱	V	やや易		
	平均	中	弱	弱	弱	弱	IV	やや易		

表6 品質評価結果（育成地）

品種名 または 銘柄名	試験 年度 (平成)	原 粒		製粉 歩留 (%)	BM率 (%)	ミシソ スコア	灰分 移行率 (%)	セモリナ 生成率 (%)	セモリナ 粉碎率 (%)	60%粉の性状					
		灰分 (%)	粗蛋白 (%)							色 相			アミロース 含量 (%)	最高粘度 (BU)	アミログラム ブレイク (BU)
										明度 L*	赤み a*	黄色み b*			
ゆめきらり	2005	1.67	10.9	71.2	36.2	87.0	68.8	57.9	90.2	87.35	-2.50	13.26	29.3	1260	290
	2006	1.56	11.5	71.9	37.9	90.5	69.9	57.4	90.9	87.36	-2.00	12.24	30.9	1240	310
	2007	1.66	10.6	70.5	39.0	86.2	67.9	56.6	89.6	84.96	-2.49	12.34	31.2	1210	270
	2008	1.72	12.0	72.4	33.4	87.9	55.9	60.4	89.9	87.17	-2.15	12.77	30.3	1180	290
	2009	1.74	11.9	69.1	42.1	86.2	54.9	55.1	88.4	86.08	-0.15	12.19	31.6	1370	420
	2010	1.71	9.9	72.3	50.0	93.0	60.2	55.8	86.3	86.86	0.18	12.26	30.7	1140	190
(標) シラネコムギ	2005	1.71	11.0	67.4	39.3	81.4	64.9	56.2	86.2	87.08	-2.48	14.07	28.9	1370	310
	2006	1.65	10.6	68.9	38.9	85.5	66.5	56.7	87.5	87.01	-2.24	13.09	31.5	1470	380
	2007	1.70	10.7	66.2	42.8	83.7	64.1	54.7	84.8	84.98	-2.85	13.71	30.9	1390	310
	2008	1.68	11.7	68.6	33.2	83.3	52.0	59.2	87.0	87.59	-2.40	13.28	30.5	1380	380
	2009	1.73	11.1	66.1	38.1	80.5	50.3	56.1	85.4	85.64	-0.17	13.00	31.0	1510	390
	2010	1.68	10.6	66.9	49.5	83.6	52.4	56.4	79.3	86.57	0.21	13.05	30.4	1200	170
(参) A S W	2005	1.25	9.9	71.9	25.0	83.5	68.6	65.1	88.3	87.45	-3.15	14.65	25.7	1030	370
	2006	1.10	10.5	72.7	29.4	85.8	69.7	63.0	89.3	87.59	-2.50	14.01	28.6	1190	390
	2007	1.35	10.2	73.8	27.7	86.9	70.6	65.3	88.5	85.05	-2.94	14.22	25.4	1210	440
	2008	1.39	10.3	72.5	29.5	84.7	48.6	63.4	88.3	87.68	-2.86	14.03	26.0	1000	410
	2009	1.34	9.8	71.0	28.9	83.3	46.9	63.6	86.5	86.41	-0.49	15.22	26.9	1270	440
	2010	1.36	10.2	69.4	33.3	82.7	47.2	65.4	79.6	86.31	1.36	15.55	28.2	870	122
ゆめきらり	2005～	1.68	11.1	71.2	39.8	88.5	62.9	57.2	89.2	86.71	-2.29	12.65	30.7	1233	295
(標) シラネコムギ	2008年	1.69	11.0	67.4	40.3	83.0	58.4	56.6	85.0	86.67	-2.49	13.54	30.5	1387	323
(参) A S W	平均	1.30	10.2	71.9	29.0	84.5	58.6	64.3	86.8	86.94	-2.86	14.23	26.8	1095	362
ゆめきらり	2009～									86.47	0.02	12.23			
(標) シラネコムギ	2010年									86.11	0.02	13.03			
(参) A S W	平均									86.36	0.44	15.39			

注：色相測定は色彩色差計ZE2000（2005～2008年度）、ZE6000（2009～2010年度）。

表7 実需者による品質試験（長野県製粉協会 2008～2011年度）

品種名	試験 年度 (平成)	原粒		製粉試験			60%粉	
		灰分 (%)	蛋白 (%)	製粉 歩留 (%)	ミリング スコア	BM 率 (%)	灰分 (%)	蛋白 (%)
ゆめきらり	2008	1.61	10.5	69.5	87.9	32.4	0.29	8.7
	2009	1.66	10.9	69.5	85.5	37.0	0.34	10.0
	2010	1.62	10.1	72.3	87.8	41.2	0.36	9.2
(標)シラネコムギ	2008	1.51	10.6	64.2	76.7	35.6	0.36	9.6
	2009	1.63	12.1	66.8	81.3	34.6	0.33	10.5
	2010	1.64	10.6	69.4	83.9	35.9	0.37	9.3
ゆめきらり	平均値	1.63	10.5	70.4	87.1	36.9	0.33	9.3
(標)シラネコムギ		1.59	11.1	66.8	80.6	35.4	0.35	9.8

品種名	試験 年度 (平成)	60%粉					
		粉体色相			湿式		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
ゆめきらり	2008	94.0	0.17	6.9	86.3	-0.45	13.0
	2009	93.4	0.28	7.2	83.3	-0.29	12.7
	2010	93.9	0.32	7.5	86.2	-0.18	13.6
(標)シラネコムギ	2008	93.6	0.08	7.3	85.8	-0.57	14.5
	2009	93.7	0.27	6.6	84.4	-0.43	12.6
	2010	93.8	-0.22	9.0	85.8	-0.99	16.8
ゆめきらり	平均値	93.8	0.26	7.2	85.3	-0.31	13.1
(標)シラネコムギ		93.7	0.04	7.6	85.3	-0.66	14.6

注：L*, a*b*は東京電色工業の色差計TC8600型による測定。

品種名	試験 年度 (平成)	ファリノグラム				
		吸水率 (%)	ハロメー ターハリュウ (B. U.)	PT* (分)	Stab* (分)	生地の 弱化度 (B. U.)
ゆめきらり	2008	58.2	35	1.35	2.45	120
	2009	59.6	39	2.00	3.10	110
	2010	60.5	32	1.25	2.15	135
(標)シラネコムギ	2008	62.9	40	2.30	4.30	110
	2009	60.1	48	2.30	7.05	75
	2010	59.1	42	2.00	4.35	95
ゆめきらり	平均値	59.4	35	1.53	2.57	122
(標)シラネコムギ		60.7	43	2.20	5.23	93

注：PT：生地が最高のかたさに達した時間、Stab：一定のかたさが維持されている時間。

品種名	試験 年度 (平成)	エキステンソグラム					アミログラフ	
		吸水率 (%)	面積 (c m ²)	伸張度 (mm)	伸張 抵抗 (B. U.)	形状 係数	糊化開 始温度 (℃)	最高 粘度 (B. U.)
ゆめきらり	2008	56.4	48.7	166	215	1.30	58.0	1059
	2009	57.8	44.1	163	200	1.23	58.9	999
	2010	58.4	34.6	132	215	1.63	58.9	1184
(標)シラネコムギ	2008	61.3	56.3	213	195	0.92	56.8	1249
	2009	58.5	64.1	185	265	1.43	57.4	999
	2010	57.8	55.4	159	275	1.73	58.9	1339
ゆめきらり	平均値	57.5	42.5	154	210	1.39	58.6	1081
(標)シラネコムギ		59.2	58.6	186	245	1.36	57.7	1196

表 8 品質関連遺伝子型 (近畿中国四国農業研究センター調べ)

品 種 名	グルテニンサブユニット						ピュロイ ンドリン		Wx	
	高分子量			低分子量						
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	<i>Pina-D1</i>	<i>Pinb-D1</i>	<i>Wx-A1</i>	<i>Wx-B1</i>
ゆめきらり	<i>c</i>	<i>u</i>	<i>f</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
シラネコムギ	<i>a</i>	<i>u</i>	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>ad</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

注：ピュロインドリンは硬軟質性に関与，Wx は a が野生型を示す。

表 9 うどん官能評価試験 (長野県製粉協会 2008～2011 年度)

品種名	試験 年度	色 (20)	外観 (15)	食 感			食味 (15)	合計 (100)
				かたさ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)		
ゆめきらり	2008	14.1	10.1	7.0	17.6	10.5	10.3	69.6
	2009	11.1	9.9	6.4	15.7	10.5	10.2	63.7
	2010	13.3	9.9	6.9	16.4	9.9	10.6	67.0
シラネコムギ	2008	13.3	10.0	7.1	17.2	10.0	10.3	67.8
	2009	12.0	10.9	6.8	16.3	10.3	10.1	66.4
	2010	13.3	9.8	7.0	16.6	9.8	10.3	66.6
(標) 農林61号	2008	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
	2009	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
(標) さとのそら	2010	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
ゆめきらり	2008～	12.8	10.0	6.8	16.6	10.3	10.4	66.8
シラネコムギ	2010年	12.9	10.2	7.0	16.7	10.0	10.2	66.9
(標) 農林61号・さとのそら	平均値	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

注：農林61号およびさとのそらは群馬県農業技術センター提供品。

表 10 うどん官能評価試験 (製粉協会製粉研究所 2010 年度)

品種名	試験 年度	色 (20)	外観 (15)	食 感			食味 (15)	合計 (100)
				かたさ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)		
ゆめきらり	2010	15.2	10.5	7.1	17.5	10.8	10.5	71.6
(標) 農林61号 (群馬県)	2010	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

表 11 長野県における奨励品種決定現地調査成績 (2009～2011 年度)

地域 区分	試験場所	系統名 または 品種名	試験 年度 (平成)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	子実重 (kg/a)	同差対 標準比 率(%)	容積重 (g)	千粒重 (g)	外観 品質
平地地	上田市 (標高560m)	ゆめきらり	2009	5.10	6.30	76	10.4	337	50.3	89	793	41.3	中中
			2010	5.16	6.30	70	6.8	450	47.5	71	833	38.7	中中
			2011	5.14	6.29	89	8.5	660	48.0	99	800	38.7	中中
			平均	5.14	6.30	78	8.6	482	48.6	92	809	39.6	中中
		シラネコムギ (標準)	2009	5.10	6.30	80	9.3	353	56.4	100	790	38.9	中中
			2010	5.19	6.30	72	6.4	610	54.0	100	823	37.8	中中
			2011	5.14	6.29	83	7.9	475	48.6	100	833	39.8	中中
			平均	5.15	6.30	78	7.9	479	53.0	100	815	38.8	中中
	伊那市 (標高670m)	ゆめきらり	2009	5.07	6.23	92	8.6	449	31.8	127	795	42.3	—
			2010	5.13	6.30	97	8.8	308	72.2	113	788	42.3	—
			2011	5.07	6.19	115	8.4	469	53.1	94	820	42.4	中上
			平均	5.09	6.24	101	8.6	409	52.4	101	801	42.3	中上
		シラネコムギ (標準)	2009	5.08	6.28	85	8.2	353	35.5	100	791	37.9	—
			2010	5.15	6.30	98	8.2	342	63.9	100	816	38.7	—
			2011	5.12	6.20	94	7.5	436	56.5	100	813	38.6	中中
			平均	5.12	6.26	92	8.0	377	52.0	100	807	38.4	中中
	松本市 (標高570m)	ゆめきらり	2009	5.05	6.20	89	8.1	363	45.0	81	830	42.4	—
			2010	5.10	6.26	92	8.2	615	60.1	101	820	39.8	中中
			2011	5.08	6.24	91	8.2	432	45.5	106	840	41.6	中中
			平均	5.08	6.24	91	8.2	470	50.2	97	830	41.3	中中
		シラネコムギ (標準)	2009	5.06	6.23	90	7.9	420	55.7	100	837	38.6	—
			2010	5.12	6.28	88	7.9	660	59.6	100	837	37.9	中中
			2011	5.09	6.25	85	8.0	438	40.6	100	837	37.2	中中
			平均	5.09	6.26	88	7.9	506	52.0	100	837	37.9	中中
	千曲市 (標高360m)	ゆめきらり	2009	5.09	6.24	88	10.0	415	59.7	84	789	42.4	—
			2010	5.12	6.24	84	8.6	501	65.4	102	803	41.4	中上
			2011	5.07	6.19	77	8.4	383	45.2	122	820	43.2	中上
			平均	5.10	6.23	83	9.0	433	56.8	105	804	42.3	中上
		シラネコムギ (標準)	2009	5.10	6.26	89	9.5	428	60.6	100	803	39.2	—
			2010	5.14	6.28	91	8.7	569	64.0	100	810	37.9	中上
			2011	5.06	6.21	80	7.5	435	36.9	100	827	42.2	中上
			平均	5.10	6.25	87	8.6	477	53.8	100	813	39.8	中上

表 12 ゆめきらりの配付先における成績

試験場所	試験年度				標準品種
	2008	2009	2010	2011	
岩手	98 △	93 ×			ナンプコムギ
秋田	91 ×				ネバリゴシ
山形	107 △	121 △	145 △	97 ※	ナンプコムギ
福島	64 △	89 △	115 ※		きぬあずま
宮城				93 △	シラネコムギ
新潟	78 ○	83 △	60 ×		コユキコムギ
長野	91 △	104 ○△	105 △	93 奨	シラネコムギ
福井	129 △	141 ×			ナンプコムギ
栃木	96 ×				農林61号
埼玉	122 △	93 ×			農林61号

注) 評価は、◎: 極めて有望、○: 有望、△: 再検討、×: 打ち切り

※: 特性把握につき試験中止。

奨: 奨励品種採用。数字は子実重の対標準品種収量比(%)。

長野県における雑草イネの総合防除対策

酒井長雄・細井淳・青木政晴・土屋学・高松光生・細野哲

Regional action plans for integrated management weedy rice occurred in Nagano Prefecture

Nagao SAKAI, Jun HOSOI, Masaharu AOKI, Manabu Tsuchiya, Mitsuo TAKAMATSU, Satoshi HOSONO

Abstract

Until the 1970s, weedy-red rice with shedding characteristic has been grown in some areas of promoted direct seeding cultivation in dry rice fields at Nagano prefecture. Weedy-red rice was virtually eradicated in the 1980s. In early 2000s, it re-emerged at paddy fields where has been continued direct seeding for years. It pandemic propagated not only in direct paddy fields, but transplanting field. Contamination of weedy red-rice into a harvested paddy cause economic damage by reduction of the commercial value and paddy yield. We obtained many results in the course of experiments done from 2008 to 2014, and established cultural control technics, as we published the manual in 2012.

Keywords: weedy rice, direct seeded rice, integrated weed management, action plan, extension and practices

緒 言

長野県では1990年以降、水稻の直播栽培を推進している地域を中心に、脱粒性を有する赤米（以下雑草イネ）の被害が生じ、2014年度には県下ほぼ全域の数100ha余りに発生がみられる（農業技術課推計）。発生地域では検査等級の低下、出荷物の持ち帰り、色彩選別機による再選別を余儀なくされ、産地品種銘柄・JAS法上の品種表示が不可能となるなどの懸念がある。また、直播栽培での発生は省力低コスト技術の推進・導入を困難なものにしている。

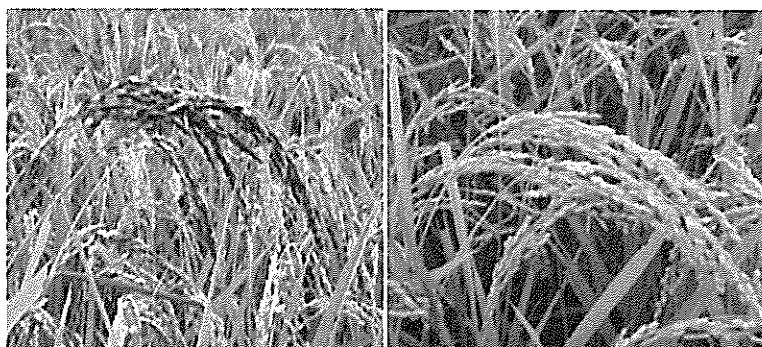
長野県の水稲直播栽培は1980年代には乾田直播のみが20ha程度で行われるに過ぎなかった。長野県として1990年から直播推進事業を展開し、農事試験場（現農業試験場）では普及組織や産地とともに産業用無人ヘリの一環体系を確立し（酒井ら1998）、その後、代かき土中点播技術の開発（下坪1996）により、コシヒカリの栽培を可能になったこと（酒井ら2000）等によって、湛水直播は2004年頃には450haまで拡大した。

当初、雑草イネの発生は限られた地域の一部水田にとどまっていたが、2005年頃からは直播推進地域全体に拡大し、さらに移植栽培でも発生するようになった。このため、

湛水直播栽培面積は、2014年現在250ha以下まで減少している。

この問題の重篤性から2007年、長野県雑草イネ対策チーム（以下県対策チーム）が組織化され（酒井ら2014）、発生地域での防除計画の支援と技術開発の方針を検討するようになった。2008年以降は、雑草イネの発生が全県的に拡大し、さらに地域に密着した防除体制の整備が急がれた。このため、県対策チームでは発生地帯での地域対策チームの組織化を推進し、現在、複数の地域対策チームが組織され活動中である（酒井2015）。

こうしたチーム活動に連動呼応し、農業試験場では2008年から、雑草イネの水稲用除草剤による防除対策について検討を開始し、2010年から3ヶ年の県単プロジェクト研究として、雑草イネの分布および生態特性の解明、これに対応した総合的な防除技術の確立に取り組んだ。これらの成果として2013年には総合防除対策マニュアルが策定され、生産現場での適用も開始された。さらに、2014年からは技術の適用上の課題も抽出して、マニュアルの補強に対応させるため新たな県単プロジェクト研究にも取り組んでいる。本稿では、雑草イネの発生生態および個別対策技術と総合防除対策マニュアルの作成に至った経過とその内容について述べる。



第1図 雑草イネの代表的な集団（パイオタイプ）

左：Aタイプ（2004年長野地域）

右：Dタイプ（2007年、北信地域）



第2図 新しいパイオタイプに属する雑草イネの地上部の比較（出穂後約2週間）

左：Iタイプ 中：Hタイプ 右：コシヒカリ

1 長野県内における雑草イネの発生分布と集団の変遷

雑草イネについて、中国大陸から渡来されたとされる平安時代まで遡って論じられることは少ないが、玄米の種皮が赤い水稻が近世まで年貢対象除外米として栽培された経過、神社仏閣の献上米としての歴史があることなど、昔は全国各地で栽培され、農林水産省の調査でも戦前戦後まで記録が残っている（猪谷・小川 2008）。

長野県では、1960～1970年頃までは北信地域の乾田直播地帯において発生していて日本型の脱粒性極易の赤米である雑草イネ（当時はトウコンと呼ばれる）は、14の集団に類別された。ほとんどが稈長100cm程度と長稈で、出穂時期が早生の「ハウネンワセ」や「トドロキワセ」級で、籾（ふ）色が褐色～黒褐色、ふ先色が赤、長芒、脱粒性極易、玄米果皮が赤いものであった（宮島・高橋 1974）。2001年以降も、前述の発生地域およびその周辺では、同様の特徴を持つ集団が確認された。また、1990年代始めから県北部の湛水直播水田において新たに確認され、2000年頃より短～無芒で、ふ先色が赤く、稈長90cm内外の中稈の脱粒極易の雑草イネが多くなった。2003年からの農研機構中央農業総合研究センターとの共同研究により、形態および生態的特性によってパイオタイプを分類し、前者をA、後者をD（第1図）と名付け、2007年までには、このほか5タイプとあわせA～Gの7つのパイオタイプに類型化した。これらはフェノール反応により確認したところ、全てのパイオタイプは日本型であり、脱粒性極易の赤米であった（牛木ら 2005）。この雑草イネの発生地域は2003年頃までは千曲川の流域に限られていたが、2005年には、南信地域中部の湛水直播の推進地域でも発生が確認された。

集団の変遷については2003年頃まで多く発生していた「コシヒカリ」など栽培イネとの識別性の明瞭なAタイプは減少し、2008年以降はDタイプの発生が多くなった（農業改良センターからの報告および観察）。2010年以降、長野県内各地から従来の集団区分に類別できないサンプルが採取され始めた。これらについて、DNAマーカーに

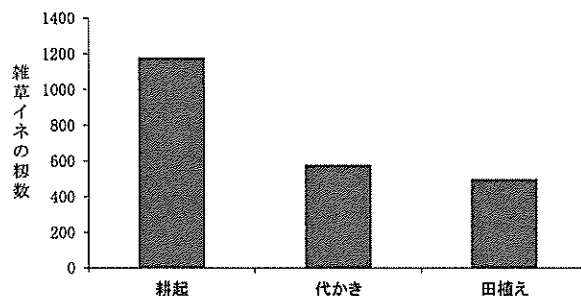
よる解析と生理形態的特徴による調査を中央農業総合研究センターと共同で行い、新たな集団としてHタイプとIタイプの2種類を同定した（第2図）。Hタイプの主な特徴は、①「コシヒカリ」よりもやや短稈で、出穂がやや早い、②出穂期のお先色は黄白、③脱粒性は極易で玄米の形状は丸い、④越冬生存率が高い、であった。このタイプは、立毛中でコシヒカリとの判別が困難であった。発生分布は、中南信域に広く及んでいた。Iタイプの主な特徴は、①「コシヒカリ」よりも長稈で、出穂がやや早い、②出穂期のお先色は黄白だが、成熟に伴い穎色が茶色を帯びる、③脱粒性は極易で玄米の形状やや細長い、④越冬生存率が高い、であった。発生分布は、東信地域内のごく限られた地域のみであった。その他のサンプルの中には、形質が分離している集団も存在していた（細井ら 2013）。

現在の発生分布は直播栽培地域に加え、移植栽培のみの地域においても発生が見られるなどほぼ全県的に拡大している。

2 発生の拡大・まん延

(1) 作業機による拡散

2008年に、圃場間の伝搬様式の解明のため、中信地域北部の現地雑草イネ多発圃場において、春期の作業では耕起、代かき、田植えに使用した作業機およびトラクターおよび田植機の車輪へ付着した泥を採取し、洗い出しにより



第3図 各春作業における雑草イネ籾の作業機への付着（2008年）

注) 耕起は60psトラクタ+200cmロータリー200cm。
代かきは60psトラクタ+240cmハロー。
田植え機は8条。

雑草イネの種子数を計測した。この結果、耕起、代かき作業では1000粒前後、田植え作業でも600粒程度の雑草イネが付着していた(第3図)。この雑草イネは大半が腐敗していたが、触診により生存しているものも確認された。また、2010年には南信地域中部の雑草イネの多発圃場において、コンバイン収穫作業中に排出された残渣を20秒間補足し、雑草イネ種子を回収した。この結果、発芽可能と推定される充実した種子が382粒回収され、伝搬の原因となることが明らかとなった。

(2) 同一経営体や地域内へのまん延事例

2001年に県北部の湛水直播において1圃場で確認した雑草イネが2004年には経営体全体の7haの湛水直播栽培に拡大し、その後、移植栽培でも発生が見られるようになった(観察)。また、2005年に南信地域中部の湛水直播栽培圃場で、数株の雑草イネを農業改良普及員が発見し、その周囲には発生のないことを目視で確認した。その後、2007年には同一経営体の直播栽培圃場全体の10ha程度に雑草イネがまん延した(観察)。これらの事例のように雑草イネに対する防除対策が講じられない場合、初発確認から3~4ヶ年で経営体の耕作範囲全体に拡散すると考えられた。

3 雑草イネの生理生態

(1) 脱粒性

脱粒による漏生や埋土種子の増加を防ぐ観点から、雑草イネの手取り除草による防除適期を明らかにすることを目的として、県内各地から収集した雑草イネの脱粒性の推移と脱粒後の発芽能力について調査した。2005年春に各集団の苗を1/2000aワグネルポットに移植し、出穂期以降に2~3日毎に穂を抜くことにより脱粒程度を調査した。触診による調査では、出穂後10日目には脱粒する穂が確認され(第1表)、3~4週間目に1日あたりの脱粒粒数が最も多くなり、約1ヶ月間にわたって脱粒が継続した(第4図)。一方、圃場条件下で栽培した雑草イネの観察調査では、雑草イネは出穂後約2週間から1ヶ月の間に自然脱粒を開始した。脱粒した時期にかかわらず、脱粒した穂は帯緑色穂を含めて80%以上の発芽能力を有し、約0.1~0.2%の穂は深い休眠性を有していた(細井ら2008)。以上から、脱粒した穂からの漏生と埋土種子の増加を防

第1表 供試集団の出穂期と脱粒特性 (2005年)

集団・品種名 ¹⁾	出穂期 ²⁾	脱粒開始期 ³⁾	脱粒最盛期 ⁴⁾
hir-02 (D)	8/ 1	8/11 (10)	8/22 (22)
toy-01 (E)	8/ 1	8/14 (13)	8/20 (19)
kit-03 (E)	8/ 5	8/18 (13)	9/ 3 (29)
yas-03 (A)	8/ 6	8/20 (14)	9/ 3 (28)
ame-04 (B)	8/ 7	8/22 (15)	9/ 3 (27)
sin-02 (A)	8/ 9	8/22 (13)	9/ 3 (25)
コシヒカリ	8/ 6	—	—

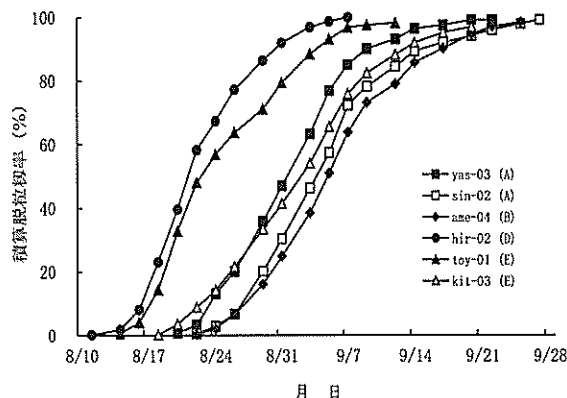
9穂(3反復×3穂)の平均値。

1) 括弧内のアルファベットは生理形態的特徴から区分されたバイオタイプ(牛木ら2005)を示す。

2) 調査した穂が完全に出現した月日。

3) 触診によって初めて脱粒が確認された月日。括弧内は出穂期からの日数。

4) 脱粒数が最も多かった月日。括弧内は出穂期からの日数。

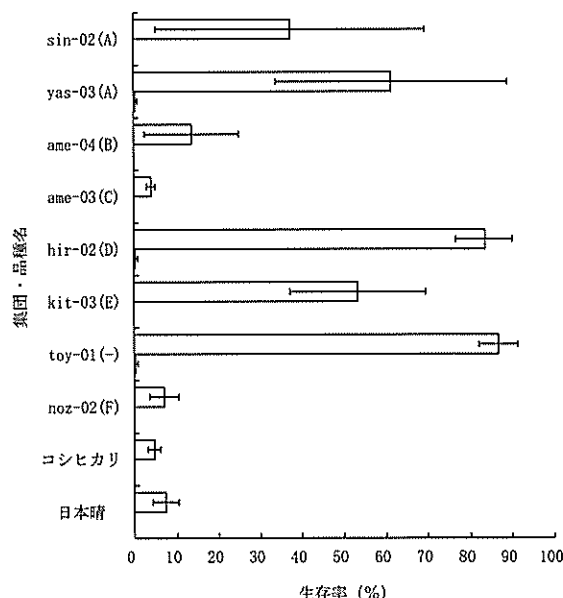


第4図 積算脱粒率の推移(2005年)

ぎ、発生密度の低減効果を向上させる上で、雑草イネの出穂後2週間以内に手取り除草を行うことが重要であると考えられた。

(2) 埋土種子の寿命および越冬生存性と休眠性

雑草イネの代表的な集団について、脱粒後の種子の生存動態を簡易するため、土壌表面に置床した種子の越冬生存性と、埋土した種子の寿命をそれぞれ圃場条件下で調査した。2005年秋に各集団の脱粒最盛期に回収した穂を晩秋に表層播種または埋設した。表面播種は、戸外に置いた1/2000aワグネルポット(水田土壌を充填)に1ポットあたり100粒置床し、上部に金網を張った。埋設は、内径56mm×長さ50mmの硬質塩化ビニル管に篩った乾燥水田土壌110gと穂100粒を混和し、水切りネットで包んで封入したものを土表面下10cmに埋めた。各3反復とし調査した。土壌表面に置床した種子は越冬2年目に全て死滅し



第5図 埋土種子における生存率の変化
(2005~2007年)

生存率は、全埋土種子に対する生存種子の占める割合。

□: 越冬1年目、■: 越冬2年目、越冬3年目の生存率は全て0%のため非表示。エラーバーは標準偏差。1年目および2年目は3反復、3年目は9反復の平均値。

た。また、作土層に埋土した種子は越冬3年目に全て死滅した(第5図)(細井ら 2010)。

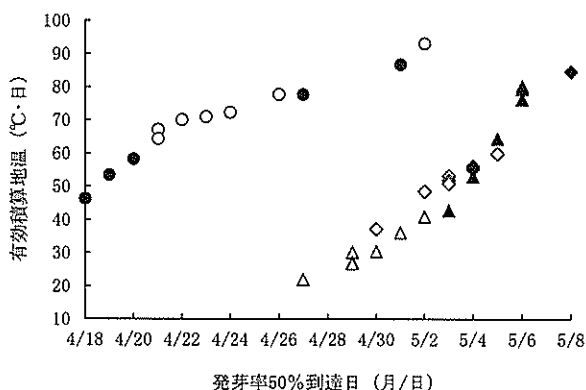
以上から、雑草イネの防除には脱粒した種子を地表面で越冬させることで死滅を促進させ、作業機械などを介した圃場への種子の侵入を遮断した上で徹底防除を3年間実施することにより根絶が可能であると推察された。

土壌表面に置床した種子の越冬生存性および埋土した種子の寿命には集団間で大きな差があり、越冬1年目では休眠が深い集団ほど越冬生存性が高く、土中の生存個体数が多い傾向にあった(細井ら 2010)。また、低温発芽性には集団間で大きな差があり、深い休眠性を持つものほど低温発芽性も低い傾向があった(細井ら 2009)。このように、越冬生存性と休眠性には密接な関係があり、脱粒後の雑草イネ種子は深い休眠性により晩秋の温暖条件や早春の低温条件でも容易に発芽に至らぬことにより生存個体数を維持していると考えられた。

(3) 越冬生存種子の発芽動態

2008 年秋～2009 年春、2009 年秋～2010 年春、2010 年秋～2011 年春の3期に試験を行った。各秋期の10月末にネット袋に入れた乾籾を1/2000aワグネルポット(水田土壌を充填)に深度約1cmで埋設した。ポットは戸外に置き、越冬させた後、4月1日より5月27日まで1週間毎に9処理の入水試験区を設けた(2反復)。2～3日毎に発芽数を調査した。

発芽率50%到達日と有効積算地温(基準温度10℃とし日平均実測地温との差の積算値を発芽に対する有効積算地温として算出)の関係を見ると、高温年では4月18日(有効積算地温46.3℃・日)、低温年では4月27日(同21.9℃・日)がそれぞれ最短・最低となった(第6図)。春先の気温の変動は年次により大きい、低温年で概ね有効積算地温20℃・日を超えた時点から発芽が起ころし始めたことから、この温度が発芽に要する最も低い有効積算地温と判断された。種子の発芽には温度と水分が必要であるが、高温条件となった2009年では、入水処理前で表土も



第6図 越冬生存種子における発芽率50%到達日と有効積算地温の関係(2009～2011年、長野県農業試験場)

●: 2009年 ame-01 集団、○: 2009年 iiy-01 集団、▲: 2010年 ame-01 集団、△: 2010年 iiy-01 集団、■: 2011年 ame-01 集団、□: 2011年 iiy-01 集団。

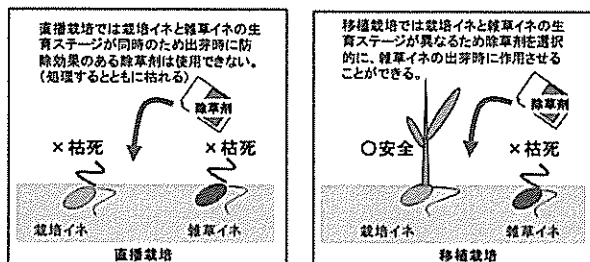
乾燥しやすい環境で推移し、こうした条件が種子への吸水に影響を与えたため発芽がしにくく、結果的に有効積算地温も高くなった可能性が考えられた。水田土壌の種類や土壌表面の残さの有無など越冬前後の種子の置かれる条件は様々な環境が想定されることから、引き続き検討が必要であろう。

4 水稲用除草剤による防除法

(1) 除草剤による防除法の着眼

直播水田に侵入した雑草イネは、栽培品種と同時期に出芽するため、水稲用除草剤による防除が困難である。一方、移植栽培では雑草イネの出芽時期において栽培イネの苗は通常2～3葉期程度と生育差があるので、除草剤の物理的選択性を利用した防除が可能である(第7図)。これまでに、直播栽培で雑草イネが多発した場合は移植栽培へ転換し、除草剤プレチラクロールの処理が有効であることを明らかにしている(酒井ら 2003)。直播栽培で水稲の出芽時に葉害が発生しやすい除草剤成分としてプレチラクロールなどが知られているが、このほかにも同様な作用があるヒエ剤が存在する(半田ら 2012)。これらのヒエ剤を含む除草剤は、雑草イネ防除に適用登録がないものの、使用時期が直播水稲の1葉期以降であることから、葉害回避のためには使用時期を遅らせる必要があると考えられる。このような除草剤固有の特性は、雑草イネの出芽時までの防除を可能とする除草剤を選定するうえで不可欠の情報である。

長野県が1990年頃から推進してきた湛水直播栽培圃場において、雑草イネの再発が見られるようになったのは1998年以降である。この頃、初期除草剤の使用法は、落水出芽が終了した播種後7～10日目にエトベンザニド・イマゾスルフロン・ダイムロン粒剤、エトベンザニド・ピラゾスルフロン粒剤の使用が主流であった。この2剤は産業用無人ヘリでの散布を可能とした日本初の粒状除草剤であり(酒井ら 1999)、これらに含有するヒエ剤エトベンザニドは本県の直播栽培の出芽の安定性と効率的な雑草防除の両面に大きく貢献した。また、一部でピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセツト粒剤、抵抗性コナギ対策としてベンスルフロンメチル・プロモブチド・ペントキサゾン水和剤、フェントラザミド・ベンゾビシクロン・ベンゾフェナップ水和剤などが用いられていた。これらの除草剤には雑草イネに効果があるとされ



第7図 生育差を利用した除草剤による防除のイメージ(2014)

るヒエ剤メフェナセットなどが混合されてはいるが、農薬の適用登録上、使用時期がイネ1葉と規定され、同程度の葉齢に達してしまった雑草イネに効果がなかったものと推定される。当時の直播栽培用の初期除草剤は出芽時の安全性が高く、また、雑草イネに有効な成分を含んだ除草剤であっても使用時期が遅かったため、図らずも水田に紛れ込んだ雑草イネが防除されず増殖を促したものと考えられる。

以上のようなことから2008年以降、雑草イネの防除に有効な除草剤選定に取り組んだ。

(2) 有効な除草剤の選定

移植栽培において雑草イネ防除に有効な除草剤を選定する目的で、2010年～2014年、場内の水田圃場（標高340m、細粒・グライ壤土）において試験を行った。10℃程度で5日間吸水させた雑草イネ(Dタイプ、以下材料同じ)種子を、直径20cmの網かご内に水田土を充填して、深さ5mm程度（初期剤、初中期剤評価用）、および2cm（体系の後処理剤評価用）に100粒を播種した。この網かごを代かき終了後に圃場内周辺部に埋め込み、温度条件が試験圃場と同じとなるようにした。4日後の機械移植（「あきたこまち」、中苗）と試験区の波板区画設置が完了した直後に、網かごの土壌表面と試験区内の田面とが同一となるよう試験区画中央部に移設した。この結果、第2表に示す11剤の有効性を明らかにした。本試験については、2011年以降、（公財）日本植物調節剤研究協会の水稻関係除草剤2次適応性試験に取り上げられ、成果は同協会のホームページ「技術情報」に公開され（日本植物調節剤研究協会2015）、全国に情報発信されている。各ヒエ剤が雑草イネに有効と推定されるが、単剤での検討はしていないものが多い。今後もこの試験を継続して、有効な成分を明らかにするとともに、剤の選択肢を拡大したいと考えている。

(3) 除草剤の処理時期と防除効果

2009年に除草剤の雑草イネに対する適用時期を検討するため、場内ガラスハウス内にて、1/5000a相当のポリ容器に水田土を充填、加水撈拌後、10℃で5日間吸水させた雑草イネの種子20粒を深度5mmに播種し、湛水条件下で各除草剤を雑草イネの発生前、直後、1葉期、2葉期に適用登録量の処理を2反復で行った。この結果、雑草イネ防除に有効である成分の含有剤のすべてが出芽前から出芽直後処理において卓効を示したものの、1葉期以降の処理では効果が激減した（第3表）。

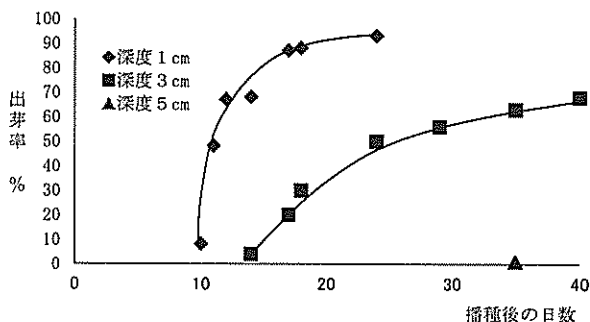
第3表 雑草イネに対する除草剤の処理時期別出芽抑制効果
無処理対比%（2009年）

除草剤名	出芽前	出芽直後	1葉期	2葉期
PRET乳剤	0	0	100	100
BUTA乳剤	0	0	80	100
THEN水和剤	0	0	90	—
OXAG粒剤	0	0	95	—
PYRC・BROM・IMAZ水和剤	10	85	100	100
MEFE・CYHA・DAIM・BENS粒剤	0	0	90	100
PRET・ESPR・DIME・PYZS粒剤	0	0	75	100
ETOB・IMAZ・DAIM粒剤	100	100	100	100
CAFÉ・DAIM・BENS粒剤	0	0	85	100
CAFÉ・BENZ水和剤	0	0	90	100
INDA・CLOM・BENS水和剤	0	0	70	100
PRET・DIME・PYZL・BROM粒剤	0	0	85	100
PRET・PYRF・BENS水和剤	0	0	90	100
MOLI・SIME・MCPB粒剤	75	25	85	100
BENF・SIME・MCPB・CYHA粒剤	0	0	80	100

注）除草剤名略号はOXAG：オキサジアルギル、OXAZ：オキサジアゾン、PRET：プレチラクトール、BUTA：ブタクトール、PENT：ペントキサゾン、MOLI：モリネート、DAIM：ダイムロン、CAFÉ：カフェンストロール、INDA：インダノファン、PYRF：ピリフタリド、OXAC：オキサジクロメボン、ESPR：エスプロカルブ、CLOM：クロメプロップ、PYZO：ピラゾレート、MCPB：MCPBエチル、ETOB：エトベンゼニド、BROM：ブロムプロチド、THEN：テニルクロール、MEFE：メフェナセット、BENZ：ベンゾビシクロン、PENT：フェントラザミド、BENS：ベンスルフロンメチル、PYZS：ピラゾスルフロンエチル、SIME：シメトリン、DIME：ジメタメトリン、CYHA：シハロホップチル、BENF：ベンフレート、PYRC：ピラクロニル、IMAZ：イマズスルフロン

(4) 雑草イネの発芽について

除草剤の処理時期を設定するためには、水田圃場内での雑草イネの発芽ステージを明らかにすることが必要である。このため、戸外においてワグネルポット(1/5000a)に水田土壌（砂壤土）を充填、加水撈拌し5月下旬に吸水が完了した雑草イネ種子を深度1, 3, 4cmに各100粒播種し、数日おきに発芽数を調査した。この結果、深度1cmの種子は播種10日後頃から発芽が始まり、14日後に80%、20日後でほぼ100%の出芽に至った。深度3cmでは播種14日後頃から発芽が始まり、40日後で70%出芽したが、すべては出芽しなかった。一方、深度5cmではほとんど出芽しなかった。このように、雑草イネの出芽進度には播種深度の差があり、3cmの播種深度では発芽が30日以上に長期間に及んだ（第8図）。同様に現地の5月下旬移植水田では7月上旬までの出芽が確認されている。



第8図 雑草イネの播種深度と発芽率の推移（2009年）

第2表 雑草イネに対する除草剤の防除効果と評価 (2010年～2014年)

試験年次	試験区名	処理時期	処理量/10a	除草効果	被害	概評
2010年	ベンフレゼート・ベンゾフェナップ・フェントラザミド	+0 (前) +5 (始)	1 kg	極大 極大	中 無	雑草イネ発生前(前葉抽出)までの効果が認められた。中前期(「グーベクスD X1キロ粒剤」と)の体系の効果も認められた。+0処理は移植後10日程度から親根の枯死が認められ、やや減収した。本剤の処理年数は5年であり、現場での処理時期は制限されるものの前としての実用性は高い。
	ベンフレゼート・ベンゾフェナップ・フェントラザミド・シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+5 → +20	1 kg→1 kg	極大 (極大)	無	
	プレチラクトール・ピラゾキシフェン・シメトリン	+0 (前) +5 (始)	1 kg	極大 極大	微 無	単用処理区の雑草イネの残存は播種深度が深く浮き初状態となったため土壌処理効果のふれと考えられる。残存した個体は再生すると考えられる。大ききに生育したので再検討したい。全粒として+5日の発生前(前葉抽出)までの効果が見られ、中前期(「グーベクスD X1キロ粒剤」と)の体系の効果は実用的である。
	プレチラクトール・ピラゾキシフェン・シメトリン・シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20 +5 → +20	1 kg→500ml	極大 (極大) 極大 (極大)	微 無	
	プレチラクトール・メソトリオン粒剤	+3 (前) +7 (始)	1 kg	極大 極大	無 無	剤全体としては効果が高いと判断する。単用の+3日処理の雑草イネの残存は播種深度が深く浮き初状態となったため土壌処理効果のふれと考えられる。+7日の発生前(前葉抽出)までの効果が見られた。中前期(「グーベクスD X1キロ粒剤」と)の体系の効果は実用的である。
	プレチラクトール・メソトリオン粒剤→(ピラタリド・プレチラクトール・ベンシルフロメチル)	+3 → +15 +7 → +15	1 kg→500ml	極大 (極大) 極大 (極大)	無 無	
	テニルロール水和剤	-4 (前) +5 (始)	500ml	大 極大	微 無	剤全体としては効果が低いと判断する。単用の-4日処理の雑草イネの残存は播種深度が深く浮き初状態となったため土壌処理効果のふれと考えられる。+5日の発生前(前葉抽出)までの効果が見られた。中前期(「グーベクスD X1キロ粒剤」と)の体系の効果は実用的である。
	テニルロール水和剤→(デロフロアブル)	-4 → +15 +5 → +15	500ml→ 500ml	極大 (極大) 極大 (極大)	微 無	
	2) イマズスフロロン・エトベンザニド・ダイムロン	+5	1 kg	小	無	無処理対比較物重約65%、発生数約50%
	2) ピラゾレート・プロモゾチド・メフェナセット粒剤	+5	3 kg	極大	微	浅播で発生皆無
2011年	2) プレチラクトール・シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20	3 kg	極大 (極大)	微	浅播、深播とも発生皆無
	オキサジクロメホン・テフリトリオン	+5 (前) +8 (始)	1 kg	極大 極大	微 無	発芽前～発芽式まで非常に高い効果が認められ、雑草イネの残存は浅播、深播ともに皆無であった。移植後5日処理で親根イネに生育抑制が見られたが、回復早い。
	プレチラクトール→オキサジクロメホン・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (極大)	無	
	フェントラザミド・テフリトリオン	+5 (前) +8 (始)	1 kg	極大 極大	無 無	発芽前～発芽式まで非常に高い効果が認められ、雑草イネの残存は浅播、深播ともに皆無であった。
	プレチラクトール→フェントラザミド・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (極大)	無	
	メフェナセット・テフリトリオン	+5 (前) +8 (始)	1 kg	極大 極大	微 無	発芽前～発芽式まで非常に高い効果が認められ、雑草イネの残存は浅播、深播ともに皆無であった。移植後5日処理で親根イネに生育抑制が見られたが、回復早い。
	プレチラクトール→メフェナセット・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (極大)	無	
	プレチラクトール・メソトリオン粒剤	+3 (前) +7 (始)	1 kg	極大 極大	無 無	移植後3日(発生前)～7日(発生前、前葉抽出)までの効果が見られた。中前期(「グーベクスD X1キロ粒剤」と)の体系の効果は実用的である。
	プレチラクトール・メソトリオン粒剤→(アピトトップLフロアブル)	+3 → +15 +7 → +15	1 kg→500ml	極大 (極大) 極大 (極大)	無 無	
	2) イマズスフロロン・エトベンザニド・ダイムロン	+5	1 kg	小	無	無処理対比較物重約80%、発生数約60%
2012年	2) ピラゾレート・プロモゾチド・メフェナセット粒剤	+5	3 kg	極大	微	浅播で発生皆無
	2) プレチラクトール・シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20	300ml→1kg	極大 (極大)	無	浅播、深播ともほぼ発生皆無
	オキサジクロメホン・テフリトリオン	+4 (前) +6 (始)	1 kg	極大 小	無 無	雑草イネ発生前の効果が認められた。昨年は発生前から始期(不完全葉抽出)までの効果が認められたが、本年は始期での効果があった。また、初期剤との体系処理では昨年は再発前処理で効果が認められ、本年は再発始期の効果が弱った。効果変動の要因についての検討が必要である。
	プレチラクトール→オキサジクロメホン・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (小)	無	
	フェントラザミド・テフリトリオン	+4 (前) +6 (始)	1 kg	極大 小	無 無	
	プレチラクトール→フェントラザミド・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (小)	無	
	メフェナセット・テフリトリオン	+4 (前) +6 (始)	1 kg	極大 極大	微 無	雑草イネ発生前～始期(不完全葉抽出期)までの効果が認められた。リジャン乳剤)との体系で再生始めて処理した場合の効果は不安定であった。
	プレチラクトール→メフェナセット・テフリトリオン	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (小)	無	
	シメトリン・ベンフレゼート・フルセトスルフロ	+4 (前)	1 kg	小	小	初期剤(「リジャン乳剤」と)の体系で発生前(+12日)～発生前(+20日)の効果が認められた。単用+5日処理は処理後2～3週程度で雑草イネの発生が抑えられ、残存個体が生じた。
	プレチラクトール→シメトリン・ベンフレゼート・フルセトスルフロ	0 → +12 0 → +20	300ml	極大 (大) 大 (極大)	無 無	
2013年	テニルロール・ベンゾビシクロ	+0 (前) +6 (始)	500ml	中 大	無 無	+0日～+6日(発生前～始)処理における表面播種の雑草イネに一定の効果が見られた。播種深度が大きい場合、効果が不安定であった。
	テニルロール・ベンゾビシクロ→シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20 +6 → +20	500ml→1kg	極大 (小) 極大 (小)	無 無	
	2) イマズスフロロン・エトベンザニド・ダイムロン	+5	1 kg	小	無	無処理対比較物重約60%、発生数約40%
	2) ピラゾレート・プロモゾチド・メフェナセット粒剤	+5	3 kg	極大	微	浅播で発生ほぼ皆無
	2) プレチラクトール→シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20	300ml→1kg	極大 (小)	無	浅播発生皆無、深播はやや発生(処理時期遅い)
	テニルロール・ベンゾビシクロ	+0 (前) +7 (始)	500ml	大 中	無 無	+0日～+7日(発生前)において、表面播種の雑草イネの発生本数の抑制効果があった。播種深度が大きい雑草イネについては完全除草とは同等等の防除効果であった。表面播種の雑草イネの発生前の効果は認められたが、発生前(前葉抽出期)では効果がやや弱った。深播の雑草イネは無処理の発生数が十分でなかったが、体系処理による一定の効果は認められた。
	テニルロール・ベンゾビシクロ→シハロホップブチルシメトリン・ベンフレゼート・MCPB	+0 → +20 +7 → +20	500ml→1kg	大 (中) 中 (中)	無 無	
	2) イマズスフロロン・エトベンザニド・ダイムロン	+5	1kg	小	無	無処理対比較物重約50%、発生数約50%
	2) メフェナセット・テフリトリオン	+5	1kg	極大	微	発生ほぼ皆無(浅播)
	2) プレチラクトール→シメトリン・ベンフレゼート・フルセトスルフロ	+0 → +15	300ml→1kg	極大 (極大)	無	浅播、深播ともほぼ発生皆無
2014年	カフエントロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロ・ベンゾビシクロ	+5 (前)	50 g×10個	極大	微	
	プレチラクトール→カフエントロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロ・ベンゾビシクロ	+0 → +14	300ml→50 g×10個	極大 (小)	無	各処理とも浅播(5mm)の雑草イネに対しての防除効果は高かったが、深播(20mm)の雑草イネへの効果は弱った。深播の雑草イネは例年移植後20日頃の出土となるが、本年は数日早かったため、体系処理を5日早めた。
	カフエントロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロ・ベンゾビシクロ→シメトリン・ベンフレゼート・フルセトスルフロ	+0 → +15	50 g×10個→1kg	極大 (極大)	無	
	プレチラクトール	+0 (前) +9 (始)	300ml 300ml	極大 極大	無 無	5mmの浅播の雑草イネに対して「リジャン乳剤」単用の発芽前から発芽後の防除効果は同等に高い。ナイスミドル1キロ粒剤との体系においては20mmの深播の雑草イネに対しての効果がやや弱った。深播の雑草イネは例年移植後20日頃の出土となるが、本年は数日早かったため、体系処理を5日早めた。
	プレチラクトール→シメトリン・ベンフレゼート・フルセトスルフロ	+0 → +15 +9 → +15	300ml→1kg	極大 (小) 極大 (大)	無 無	
	2) イマズスフロロン・エトベンザニド・ダイムロン	+5	1kg	小	無	無処理対比較物重約50%、発生数約50%
	2) メフェナセット・テフリトリオン	+5	1kg	極大	無	発生ほぼ皆無(浅播)

注) 除草効果の大小は乾物重無処理区対比0～5%を極大、5～10%を大、11～20%を中、それ以下を小とした。() 書きは体系評価のための深播20mmへの効果。
処理時期の+は移植後の日数、(前)：雑草イネ発生前、(始)：前葉抽出期を示す。

(5) 除草剤体系処理の効果について

雑草イネは代かき・移植以降1ヶ月程度の防除期間が必要であることから、初期除草剤の単用処理では防除しきれない。このため、初期剤と初中期剤の体系防除の効果について検討した。2012年冬期に、場内ガラスハウス（加温、約15～30℃変温）においてワグネルポット（1/5000a）を用い、減水深を0.5cm/日（水持ち良好）および2cm/日（湛水処理する除草剤の適正な使用基準上限）の減水深2水準を設けた。減水深0.5cm/日区はワグネルポットに深さ20cmまで場内水田土を充填し攪拌し、減水深2cm/日区はワグネルポットの下層10cmに育苗培土、上層10cmに攪拌水田土を充填し、ともにポットの底穴から布きれを介して漏水させた。5日間10℃程度の吸水させた雑草イネ種子を、深さ0.5cmと2cmへ各30粒ずつ播種した。水管理は吸水させることなく1～5cmの湛水状態とした。初期剤テニルクロール水和剤（以下初期剤）500ml/10a相当量を、移植前7日処理を想定した雑草イネの播種直後に処理し、その後、播種後7日目から5日おきに4回、プレチラクロール・ピラゾキシフェン・シメトリン粒剤（以下初中期剤）を1kg/10a相当量散布し、無処理区と比較を行った。調査は播種後35日に雑草イネの残存数、生重を実測した。

この結果、雑草イネ種子の出芽始めは深さ0.5cm区では播種7日後（移植後+0日に相当）、深さ2cm区では14日後（同+7日）に観察された。減水深2cm/日の条件では、深さ0.5cm区では、播種時に初期剤を処理したところ極わずかに残存した。初期剤および初中期剤の体系処理を行った場合、移植後15日の初中期剤処理で極わずかに残存したが、それ以前に体系処理した場合完全防除された。一方、深さ2cm区では、播種時に初期剤を処理し、その後体系処理がないものは無処理区と同等に雑草イネが残存した。体系処理では初中期剤の移植後+0日処理の効果は高かったが、同+5日以降の処理では効果が低下した。

減水深が0.5cm/日の条件では、深さ0.5cm区および2cm区では、播種時に初期剤を処理したところいずれも雑草イ

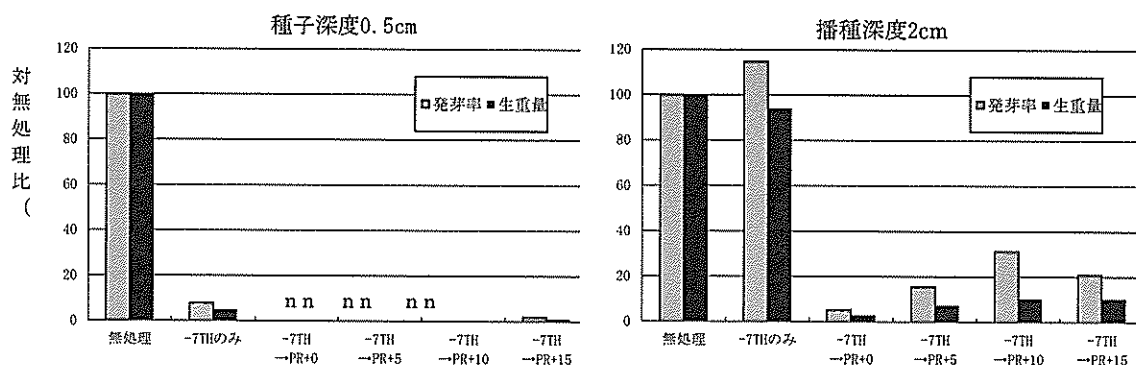
ネは残存しなかった（第9図）。

このように、適切な減水深および湛水が保たれて初期剤の効果が十分に持続する条件では、表層の0.5cmに位置する雑草イネは有効な初期剤を処理することで高い防除効果があることが判明した。このことは、雑草イネのステージが播種後7日の出芽直後であり感受性が高い時期であること、除草剤の効果も高く保たれている時期であることが要因として考えられる。また、2cmに位置する雑草イネに対しても単用で効果が認められることから、少なくとも雑草イネの播種後22日（移植後想定は15日後）まで初期除草剤の出芽抑制効果は持続しているものと推定される。通常、初期除草剤の効果の持続期間は3週間程度とされ、一般の水田雑草防除の場合も体系処理が必要である。今回の結果も同様に雑草イネに対しても初期剤の効果低下前に中期剤の体系処理が有効であった。

一方、減水深が大きい土壌条件において初期除草剤の効果が減衰した場合、初期除草剤だけの防除は困難となる。初中期除草剤による体系防除を行うと、処理時期が早い場合、表層の0.5cmに位置する雑草イネ種子は初期剤の効果と初中期剤の効果が相乗し、防除に至るものと考えられるが、処理時期が遅れると防除効果が低下する。2cmに位置する雑草イネ種子に対して、体系処理の時期を出芽以降とした場合には残存の危険が大きくなった。現地圃場では、保水性等から初期除草剤の効果が不十分となる状況が多いと考えられ、体系処理を確実に行うためには初中期剤の処理時期の見極めが重要である。また、さらに深い位置から出芽する雑草イネに対して、3回目に中期剤を加えた体系が必要と考えられる。

(6) 現場での防除体系

2009年までに、雑草イネの出芽前から出芽始めまでに処理することで防除効果の大きい除草剤があること、またそうした除草剤であっても、雑草イネが1葉期を越えると効果がないこと、さらには、雑草イネの発芽時期には深度

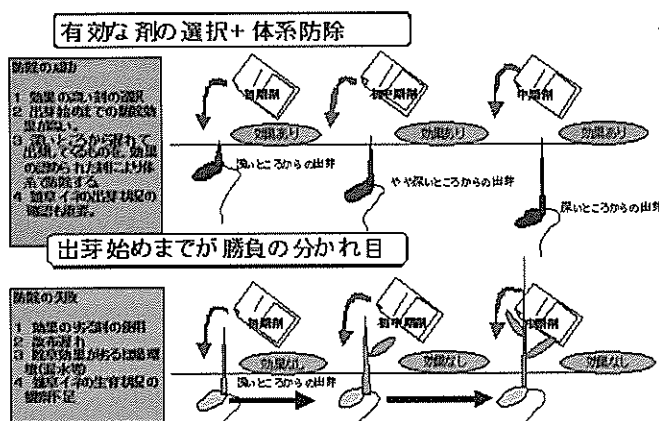


第9図 雑草イネに対する除草体系と防除効果（2012年）

注）表中の+、-は各除草剤の処理日（栽培イネの移植日を想定した前後の日数）を示す。TH：Thenylchlor（テニルクロール水和剤）は移植想定日の7日前（雑草イネの播種日）に処理。PR：Pretilachlor（プレチラクロール・ピラゾキシフェン・シメトリン粒剤）は移植想定日の当日、5日後、10日後、15日後に処理。「n」は出芽なしを示す。

別の差があり、しかも長期間に及ぶことを明らかにした。これら知見と有効な除草剤の組み合わせによる防除体系図を策定し（第10図）、県内の地域農業改良普及センターやJA等が作成する防除対策指針の骨子となっている。本県の場合、水持ちのよい埴壌土地帯では移植前7日に初期除草剤を処理できるが、砂質壤土では移植前処理が困難なため、移植直後の処理を1回目の防除とするなど、土壌・地域に応じて体系を構築してゆく必要がある。

一方、現地からは除草剤の効果不足がしばしば報告されている。要因を検討したところ、6月上旬の遅植で代かき14日後に1回目の初中期剤処理、初期除草剤処理後に減水を恐れての給水の継続など、処理時期の遅延や除草効果そのものの低下に起因するなど様々であった。また、大規模経営では1圃場に集中できる労力が限られ初期除草剤の処理時期が代かきや移植が競合してしまう。除草剤の処理自体は代かき同時滴下散布装置など対処できるが、水管理が不十分となる傾向がある（酒井私信 2011～2015）。このように初期の防除に失敗すると以降は雑草イネの生育に伴い除草剤の適用が困難となることなども現実的な課題である。



第10図 除草剤による体系防除のイメージ（2010年）

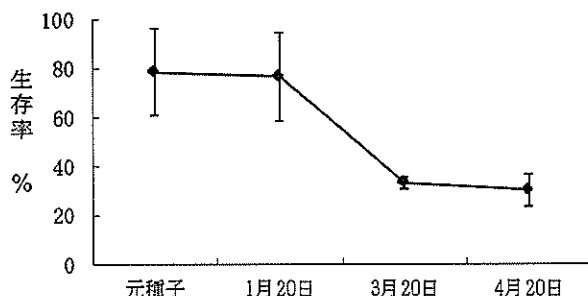
5 水田における耕種的な防除効果

(1) 秋起しの未実施による防除効果

2010、2011年に場内水田において雑草イネの越冬性を調査した。表層にある雑草イネ種子は越冬後の3月下旬以降、生存率はおおむね30%程度まで低下した（第11図）。地中10cmに埋設した種子の越冬後の死滅率は変動が大きかった（データ略）。

温暖地では低温凍結による死滅効果が期待できないため、耕起埋没させることで腐敗促進による越冬率の低下をねらう場合もある（近畿中国四国農業研究センター2009）。一方、本県では水稻採種圃場における漏生苗や異品種混入対策として、秋起しをしない指導（長野県原種センター2015）をしているが、一般水田では、秋起しは生わらの腐熟促進のため、晩秋、農閑期の作業として広く実施されている。雑草イネ対策として、冬期間に凍結による脱粒種子

の死滅効果が期待できることから、秋起しをしないよう指導している。鳥や小動物による摂食機会も増えることも期待できるため、本県の雑草イネ発生地帯ではコストのからない防除対策として有望である。



第11図 雑草イネ種子の越冬率（2011、2012年）

（注）エラーバーは標準偏差（数値は2カ年の平均）

試験方法：100粒を不織布に封入し、農試の不耕起水田に設置。回収後に発芽率を調査。越冬前は11月中旬に調査。

(2) 早期湛水による耕種的な防除効果

2010、2011年に場内圃場において移植前の湛水期間が及ばず雑草イネの防除効果を検討した。3月下旬に耕起を行い、耕起直後に雑草イネの代替として紫イネ500粒を水田土壌に均一に混合させた網袋に入れ深さ0～10cmの範囲の土中に埋設した。湛水開始を4月15日として移植を4月25日、5月15日、6月5日の3時期、湛水開始を5月5日として移植を5月15日、6月5日の2時期、湛水開始5月25日として移植を6月5日に行う区（1区1a無反復）を設けた。代かきは水田ハロー（200rpm）を用いて、各移植時期の5日前に行い、湛水開始から移植まで常時2～4cm水深を維持した。極早生品種「きらりん」を機械移植した。それぞれの区の代かきの直前に網袋を取り出し、半量を発芽試験用に供試し、半量は再度埋設した後に代かきおよび移植を行った。

7月下旬に苗立ち数を調査した結果、苗立ち数は2ヶ年とも4月15日湛水→4月25日移植区>4月15日湛水→5月15日移植>5月5日湛水→5月15日移植=5月25日湛水→6月5日移植の順であった（第4表）。湛水開始4月15日、移植4月25日および5月15日区において残存率が高かったが、低温期のために土壌中で発芽が緩慢であった紫イネの生存種子が、代かきによって発芽しやすい地表面にも拡散したためと考えられた。一方、いずれの入水期においても、温暖期に移植を行う長期湛水区では、残存率は小さく、死滅効果が高かった。

この試験において、2010年に代かき前の圃場から取り出した紫イネの発芽状態を調査したところ、湛水開始4月15日→移植6月5日区（5月31日取り出し発芽調査）および5月5日湛水開始→移植6月5日区（5月31日取り出し発芽調査）では、鞘葉が伸長した状態で完全に腐敗死滅していたが、湛水期間が短いほど死滅効果は小さかつ

た（第5表）。

以上より、4月中旬～5月下旬において1ヶ月間程度の湛水が継続された場合、酸欠腐敗によって雑草イネが防除されるものと推察される。しかし、長期間にわたる湛水の維持など生産現場での適用については課題がある。なお、低温期からの短期湛水の場合は、未発芽種子が土中に拡散し、出芽しやすくなる危険があると考えられた。

第4表 入水・移植時期が及ぼす漏生イネの残存への影響
(2010年, 2011年)

湛水開始日	移植日	紫イネの残存率%	
		2010年	2011年
4月15日	4月25日	2.4	4
	5月15日	1	0.8
	6月5日	0	0
5月5日	5月15日	0.4	0.3
	6月5日	0	0
5月25日	6月5日	0.4	0.8

注) 7月下旬に試験区画内全体の発生数を調査

第5表 入水・移植時期が及ぼす土中漏生イネの死滅効果
(2010年)

湛水開始日	移植日	紫イネの死滅率%
4月15日	4月25日	2
	5月15日	86
	6月5日	100
5月5日	5月15日	14
	6月5日	100
5月25日	6月5日	8

注) 発芽調査はシャーレ内定法, 30℃暗条件, 14日後

(3) 手取り除草

2010年に手取り防除効率の向上のため栽培品種および様式の検討を行った。栽植密度が45株/坪の疎植栽培と70株/坪の慣行栽培において、「コシヒカリ」および稈が短い「風さやか」を栽培し、雑草イネ（代替として直播した長稈で赤いふ先色を有する早生の糯品種）除去効率を比較した。この結果、作業効率（作業人員1人が雑草イネの100本手取りできる時間）は疎植とすることにより少発生条件で約25%、多発生条件で約15%向上したが、栽培品種による違いは小さかった。一方、除去効率には顕著な違いがあり、「コシヒカリ」では発生密度にかかわらず除去効率向上は10%未満であったものの、「風さやか」では少発生条件で約55%、多発生条件でも約19%の向上効果がみられた（細井ら 2012）。栽植密度の違いによる作業効率の向上効果への要因は、疎植栽培では慣行栽培に比べて株間が広いこと、手取り除草作業がしやすいことによるものと考えられた。また、栽培品種の違いによる混入率（1aの全収穫物（篩目1.8mmで調製）のうち、1/100量に含まれる異種の重量%）の低減効果への要因は、「風さやか」は

「コシヒカリ」よりも短稈で出穂期が遅いため漏生個体との区別がしやすく、除去効果が高かったことによるものと考えられた。なお、2009年には雑草イネの除去の際の刈り取り位置について検討し、8月上旬において穂だけの切除では、再生株から生じた穂が結実、脱粒が起こるまでに成熟した。地上10cmで刈り取った場合は、9月下旬までに発芽能力の認められる完熟種子がわずかに着粒したが、防除価99.5を上回っていた（細井ら 2012）。したがって、100%の防除効果を得るためには全地上部ごと除去すべきである。しかしながら、2008年8月中旬に25aの現地移植水田において数本/m²多発田を試験場及び農業改良普及センター職員8名でこの作業を行ったところ、25分/人の作業時間を要した（図表省略）。1名で行うと3時間強の作業であるが、酷暑期には作業効率が落ち、また、精度が劣ることが懸念される。

手取り除草は最も労力を要するが、確実に除去できる手法ではある。出穂期～傾穂期の異系の除去は、雑草イネ発生水田では必要であり、現在生産現場でも行われている。近年、一般栽培品種との識別性の低下した集団が出現していることもあり、手取り除草は一層困難な状況になりつつある。このため、生産現場では6月下旬以降、条間がイネによって覆われる7月上旬の最高分げつ期にかけて、条間に生じた雑草イネを除去する方式もとられている。

(4) 栽培イネの早期移植による雑草イネ脱粒前収穫による防除の可能性

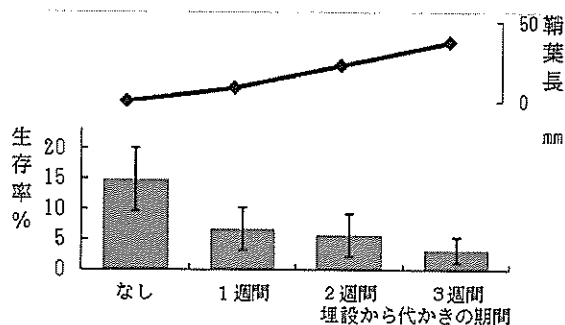
極早生水稲を栽培し、これより遅れて出穂する雑草イネを脱粒前に栽培イネと併せて収穫し、防除する方法を検討した。2011年に場内水田において栽培イネ「きらりん」を4月25日に移植したところ、成熟期は8月9日であった。移植時に吸水状態で埋設した雑草イネは7月27日出穂し、脱粒は栽培イネの成熟期と同日の8月9日に始まった。雑草イネの種子は脱粒直後から発芽能力を有しており、8月12日に採取した種子は90%を超える発芽率であった（図表省略）。したがって、国内の一般栽培品種でも最も極早生品種に属す「きらりん」を早期に移植しても、雑草イネの脱粒および発芽能力が備わる前の収穫による防除は困難と考えられた。極早生の飼料用品種を栽培し、青刈りやWCS用に成熟期前に収穫する場合には有効と考えられる。

(5) 代かき方法と防除効果

ア 地中に発芽した種子の代かき攪拌による防除

2009, 2010年に「たかね紫」（以下紫イネ）を雑草イネの代替として用い、代かきの3週間前（5月5日）、荒代かき2週間前（5月12日）、荒代かき1週間前（5月19日）より戸外ポット内に500粒を播種、攪拌し、適宜湛水を行った。発芽させた種子を5月26日に荒代状態の圃場に静置し、1～2cm程度の水深として、水田ハロー（回

転数 200rpm) を用いて、2 回行程の代かき後の残存率を調査した。1 区 30 m²、2 反復とした。この結果、3 週間前区では土中発芽させた紫イネの種子は鞘葉長 45 mm、残存率 6%、2 週間前区では同 20mm、残存率 9%、1 週間前区では同 10mm、12%であり、鞘葉長(出芽長)が長いほど、生存率が少ない傾向となった(第 12 図)。

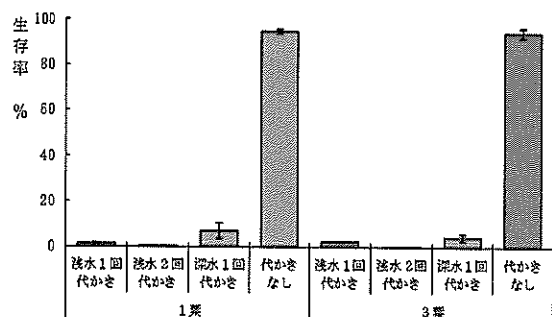


第 12 図 地中の雑草イネ苗が代かきにより受ける損傷
(2009, 2010 年)

注) エラーバーは標準偏差、数値は 2 ヶ年平均

イ 地表面に生じた個体の代かき撹拌埋没による防除

2009, 2010 年に場内水田圃場に紫イネを雑草イネの代替として用い、1 区当たり 500 粒をワグネルポットに播種し、育苗した。1 葉期(草丈約 6cm)および 3 葉期(草丈 20~25cm)の苗を荒代かき状態の水田圃場内に静置し、水深を 1~3cm の浅水、4~5cm の深水の 2 水準として 5 月 26 日に代かき(ハロー回転数 200rpm)を行い、無代かき区と比較して苗の撹拌埋没効果を検討した。また、2011 年には代かき回数を 1 回と 2 回の比較も行った。調査は、代かき後 30 日に調査した。この結果、両年ともに深水区より浅水区での死滅率が高く、苗の葉数による埋没効果の差はなかった。代かき回数は 2 回の効果が高かったが、完全防除には至らなかった(第 13 図)。



第 13 図 代かき方法と浮遊苗の埋没効果

(2010 年, 2011 年)

注) エラーバーは標準偏差、数値は 2 ヶ年平均

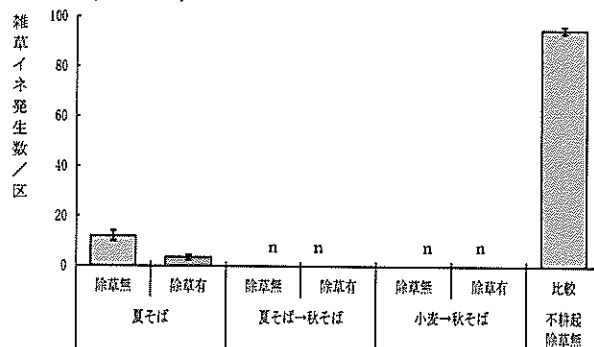
6 栽培法の転換による防除技術の開発

(1) 各種畑作物栽培における雑草イネの防除効果

ア ソバの栽培による効果

2010 年に長野市の現地畑圃場(平坦、多湿・褐色森林

土、標高 400m、以下長野圃場)において、ソバ栽培(コムギ栽培後に秋ソバを 7 月 27 日播種、春ソバを 5 月 15 日播種し収穫後に秋ソバを 7 月 27 日に播種、それぞれの生育期にセトキシジム乳剤散布の有無を設けた、条間 60cm、播種量 5kg/10a とした)を行い、不耕起による無作付けおよび除草剤無処理(以下無処理)と比較した。1 区 30 m² 2 反復とした。区画中央部に雑草イネ種子を 3 月下旬に土中 0~10cm の範囲に埋設し、作物の栽培期間中に雑草イネの生存数を調査した。この結果、夏ソバ栽培において雑草イネは無処理対比数%の発生に抑制され、セトキシジム乳剤処理により枯死が観察された。夏ソバ収穫直後に耕起して秋ソバを播種したところ、雑草イネの発生は認められなかった。なお、コムギ収穫時の畝間には 20cm 程度に生育した雑草イネ個体を確認したが、耕起して秋ソバ栽培を行ったところ、雑草イネの発生は認められなかった。2011 年に長野市の現地畑圃場(2010 年試験に同じ)において、ソバ栽培(2010 年試験と同様の体系とし、秋ソバを 7 月 30 日に播種、春ソバを 5 月 15 日に播種した)として、雑草イネの生存数を調査した。この結果、夏ソバ単作栽培において雑草イネはセトキシジム乳剤処理で無処理対比 7%、セトキシジム乳剤無処理で 31%の発生であった。コムギ・秋ソバ体系の場合、コムギ収穫後耕起前に雑草イネは 6 葉期、草丈 20~30cm 程度の個体が 90 本以上生存していたが、秋ソバ栽培期間終了時には皆無となった。また、夏ソバ・秋ソバの体系では、夏ソバ収穫後、秋ソバ播種のための耕起前に生じていた雑草イネは皆無となった(第 14 図)。



第 14 図 ソバ栽培が雑草イネの発生に及ぼす影響

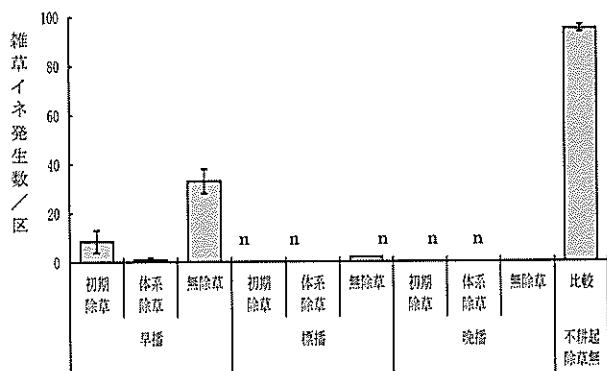
(2010, 2011 年)

注) 記号「n」は不検出を示す。エラーバーは標準偏差、数値は 2 ヶ年平均

イ ダイズ栽培による効果

2010 年に長野圃場において、ソバ栽培試験と同様に 3 月に雑草イネを埋設し、ダイズ栽培(単作早期:5 月 31 日播種、オオムギ後の標準期:6 月 15 日播種、コムギ収穫後の晩播:7 月 4 日播種、それぞれの播種直後に土壌処理除草剤、ダイズの 6 葉期に生育期処理剤処理)を行い、不耕起による無作付けおよび除草剤無処理(以下無処理)と比較した雑草イネの防除効果を検討した。1 区 30 m²、2 反復とした。その結果、5 月 31 日に播種し、直後に土壌

処理型除草剤を処理した場合、雑草イネの発生は無処理対比1%以内であった。6月15日、7月4日の播種では、全区発生は皆無であった。2011年にも同様にして試験を行い、6月1日播種では、雑草イネの発生本数は除草剤無処理区で45.5株であり、アラクロール・リニュロン乳剤処理で31%、これに生育期処理剤のキザロホップエチル水和剤を体系で用いたところ7%まで低下した。6月15日播種では除草剤無処理区で1株生じたのみであり、除草剤処理区の発生はなかった。7月3日播種では除草剤無処理区含め発生はなかった（第15図）。



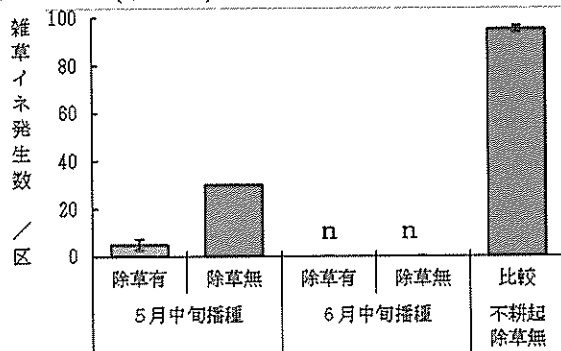
第15図 ダイズ栽培が雑草イネの発生に及ぼす影響

(2011, 2012年)

注) 記号「n」は不検出を示す。エラーバーは標準偏差。数値は2ヶ年平均。

ウ トウモロコシ栽培による効果

2010年に長野圃場において、ソバ栽培試験と同様に3月に雑草イネを埋設し、トウモロコシ「ハニーバンタム」を条間60cm、株間10cmとして6月15日に播種し、不耕起による無作付けおよび除草剤無処理（以下無処理）と発生数を比較した。1区30㎡、2反復とした。播種直後に土壌処理型除草剤アラクロール・リニュロン乳剤を処理したところ、雑草イネの発生は無処理対比1%程度であった。2011年には5月14日播種では、雑草イネの発生本数は除草剤無処理区で27株であり、アラクロール・リニュロン乳剤処理で26%に抑制した。6月15日播種では、雑草イネ発生は除草剤無処理区が1株で、処理区に発生は認められなかった（第16図）



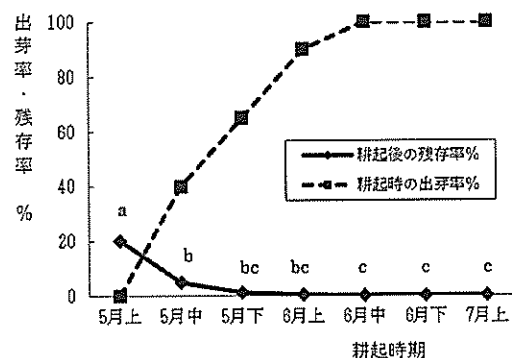
第16図 トウモロコシ栽培が雑草イネの発生に

及ぼす影響 (2010, 2011年 農業試験場)

注) 記号「n」は不検出を示す。エラーバーは標準偏差。数値は2ヶ年平均。

(2) 畑条件での耕起時期がおよぼす雑草イネの発生数への影響

2011, 12年に長野圃場において、3月下旬に雑草イネの種子を各区100粒、土中0~10cmの範囲内に播種し、5月上旬、中旬、下旬、6月上旬、中旬、下旬、7月上旬と時期を変えてロータリー耕起を行った。この結果、雑草イネの残存数は2011年には6月下旬以降、2012年には6月中旬以降の耕起で皆無となり、それ以前の耕起時期では防除効果が完全ではなかった。播種した雑草イネは5月中旬に出芽が始まり6月中旬に出芽揃いとなった（第17図）。なお、前年雑草イネを播種し、耕起を行い完全防除された圃場区画跡地において、越冬2年目の雑草イネの発芽は認められなかった（観察、データ略）。



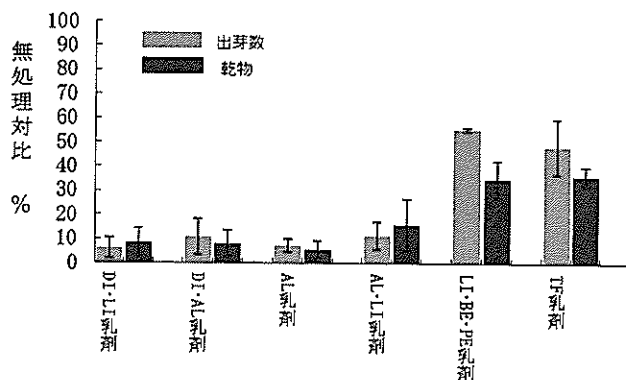
第17図 雑草イネの出芽時期と耕起による防除効果の関係 (2010, 2011年)

注) 同一英小文字間にはTukey法により有意差 ($p < 0.05$) がない。数値2ヶ年の平均。試験方法: トラクタ13ps、正転ロータリー耕1回、1区30㎡2反復。

以上のように早春に播種した雑草イネは春期の温度上昇と適湿土壌条件で発芽が促され出芽が始まり6月下旬頃までには生え揃う。その時点で耕起を行うことで土中埋没や物理的な損傷により防除される。このことは、一般的な雑草管理でも経験的に知られていること、また、先述したダイズ、ソバ、トウモロコシ栽培も播種時期を遅くする雑草防除効果が向上していることから裏付けられる。なお、本試験は多湿条件の圃場で行ったので、乾燥しやすい土壌の場合は、さらに効果が高まると考えられる。

(3) ダイズ栽培による畑作用除草剤による防除の検討

2012年秋、前作まで水稻で雑草イネが多発し、ダイズ栽培に転換した南信地域のA圃場（標高690m、多湿・黒ボク土）において、ダイズの成熟期に雑草イネの多発が農業改良普及センターより報告された。この圃場では5月31日に大豆が播種され、ベンチオカーブ・リニュロン・ペンディメタリン乳剤を処理していた。A圃場にて2013年、6月5日にダイズを播種し、複数の初期土壌処理型畑作除草剤を処理し、その後7月18日に体系処理として複数の生育期処理除草剤および畝間株間処理剤を適用登録の上限量として処理し、雑草イネに対する効果を検討した。また、別の現地畑条件でも同様な設計で試験を行った。



第 18 図 畑作土壌処理除草剤の雑草イネに対する防除効果 (2013 年)

注) 現地試験(畑)、夏と秋の 2 回試験の平均値、エラーバーは標準偏差、各播種量 100 粒、無処理区の出芽数 67 株、乾物 3.1g 略号 DI:ジメテナミド、LI:リニユロン、AL:アラクロール、BE:ベンチオカーブ、PE:ベンチオカルン

この結果、播種直後の土壌処理除草剤としてアラクロール乳剤、アラクロール・リニユロン乳剤、ジメテナミド乳剤、ジメテナミド・リニユロン乳剤の防除効果が比較的高かったが、トリフルリン乳剤やベンチオカーブ乳剤は効果が低かった(第 18 図)。生育期処理除草剤のキザロホップエチル水和剤、クレトジム乳剤、セトキシジム乳剤、フルアジホップ P 乳剤は生育抑制が大きく出穂に至らず生育が停止し、完全枯殺に至るものもあった。また、畝間株間処理剤のグルホシネート液剤も 4~5 葉期の雑草イネを完全に枯殺した(図表省略)。

以上、国内には雑草イネに対する畑作除草剤の効果について既存の知見はないが、一年生イネ科雑草に有効な除草剤は雑草イネについても有効であることが示唆された。国内では畑作用除草剤の種類が少ないが、今後、国外の除草剤も含めた検討が必要と考えられる。

(4) 雑草イネの埋土種子による防除効果の評価

A 圃場と同一地区において、水稻栽培で雑草イネの多発により畑転換を行った B、C 圃場圃場において、雑草イネに対する田畑転換による防除効果の評価した。2011~12 年の 2 ヶ年、4 月下旬および 11 月下旬に雑草イネの埋土種子量を調査した。埋土種子は、5cm 径コアサンブラを用いて 15cm 深度より 1 圃場内より 20 ないし 30 箇所を採取し、雑草イネ種子を回収した。回収種子は洗浄種子消毒後、定法の発芽試験を行った。

ソバ栽培に転換した B 圃場では耕起を 6 月下旬および 7 月下旬に行い、8 月上旬に機械条播し、10 月下旬に収穫した。全期間を通じて除草剤の使用はなかった。ダイズ栽培に転換した C 圃場では耕起を 5 月下旬および 6 月中旬に行い、6 月下旬にダイズを機械条播し、ジメテナミド・リニユロン乳剤を播種後処理し、7 月下旬に中耕培土を行い、10 月下旬に収穫した。その結果、畑転換前では数百

第 6 表 現地における雑草イネの暦年対策実施状況と効果 (2014 年)

	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
A 圃場	栽培作物 水稻	水稻	水稻	大豆	大豆	大豆
	管理の概要 対策無し	対策無し	対策無し	対策無し	畑作除草体系	畑作除草体系
	雑草イネの発生状況等	発生確認	激発	大豆栽培後 12.2本/m ²	大豆栽培後 1本/a未満(埋土種子 0)	発生皆無(埋土種子 0)
A' 圃場	栽培作物 水稻	水稻	大豆	大豆	大豆	大豆
	管理の概要 対策無し	対策無し	中耕	中耕	畑作除草体系	畑作除草体系
	雑草イネの発生状況等	発生確認	激発	大豆栽培後 7.1本/m ²	発生皆無(埋土種子 0)	発生皆無(埋土種子 0)
A'' 圃場	栽培作物 水稻	大豆	大豆	大豆	大豆	大豆
	管理 対策無し	中耕	中耕	中耕	畑作除草体系	畑作除草体系
	雑草イネの発生状況等	激発	-	大豆栽培後 0.06本/m ²	発生皆無(埋土種子 0)	発生皆無(埋土種子 0)

注) 3 圃場は同一耕作地で隣接。2011年以前は農業者からの聞き取り。激発は抜き取り不能な状態。防除対策は 2013 年から開始。

粒/m²以上の埋土種子が見られたが、2011 年に 7 月下旬からソバを栽培した場合、収穫後には埋土種子は皆無となった。6 月下旬からダイズを栽培した場合、ダイズ収穫後には埋土種子は 3 % に減少していた。2012 年春に調査したところ、ソバに転換した B 圃場で埋土種子が 27±27 粒/m²検出されたが、作付け後には埋土種子は検出されなかった。ダイズに転換した C 圃場は引き続き埋土種子は検出されなかった(図表略)。

先述のダイズに転換した A 圃場についても防除経過と埋土種子の動態について調査したところ、対策 2 年目で埋土種子は検出されなくなった(第 6 表)。

以上により、2 ヶ年間の夏作物栽培への転換により雑草イネの埋土種子はほぼ完全に死滅すると判断された。いまのところ国内における雑草イネの畑転換による防除についての知見は全くないが、渡邊修氏は南信地域中部の雑草イネが手取り不能な多発水田を畑転換し、ソバを栽培したところ収穫後の生存埋土種子がほぼ消滅することを確認している(2010 酒井私信)。

単に転作するといった漠然とした取り組みでなく、有効な畑作用除草剤体系の適用による積極的な対策を実施すること、なるべく耕起が遅くなる栽培法や作物を選定することで対策年限を短縮することが可能と考えられる。

7 総合防除マニュアルの策定

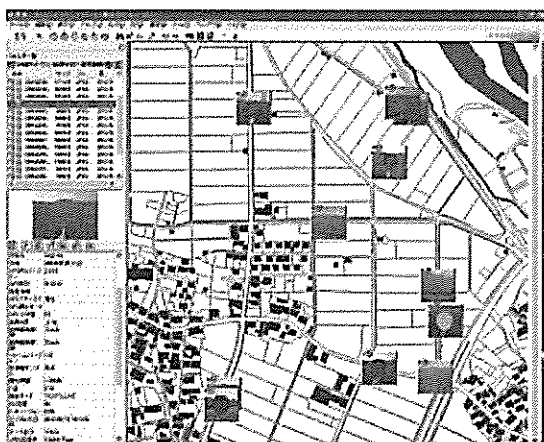
(1) 総合防除の考え方

前述した個別対策技術を体系化した総合防除対策マニュアルを策定し(長野県 2012)、生産現場で活用している。個別技術を用いた対策は、個別の水田および生産者単位で実施するのではなく、発生地域全体として取り組みが不可欠である。地域全体での雑草イネ発生状況を把握、情報共有することで、雑草イネの発生量により多発圃場から未発圃場への機械の移動を制限するなどして、拡散防止のための対策が有効なものとなる。

(2) 地図化手法

未発生圃場への拡大防止対策や発生圃場における防除対策では、圃場ごとの詳細な情報の管理が重要である。これらの情報管理と共有を容易に行う手段のひとつとして、電子ファイルでのマップ化手法を検討した。県統合型地理

情報システムを利用し、1/2500 の地図を取得した。農道から圃場の観察を行い、雑草イネの発生が確認された圃場を GPS 機能付きデジタルカメラで撮影した。撮影時にはアイコンでも圃場の様子が判別できるように、色付き団扇を画像に入れ込んだ（第 19 図）。このようにして作成した電子化地図は、電子ファイルとして保存できるため管理や共有が容易で、防除対策に活用しやすい利点がある。現在では google マップなどより汎用性のある地図情報と位置情報を連携し、さらに簡素に地図化を行えるようになってきている。このため、地域対策チームにおいて発生圃場の把握と圃場ごとの対策実施と防除効果の評価に利用されている。



第 19 図 カシミール 3D で示した雑草イネ発生ほ場のマップ化の画面（2011 年）

※画面内の線は、地籍地番によるほ場区画の境目を示す。

(3) 発生レベル別の対策メニューの選択

雑草イネ発生地域の発生レベルに応じた対策が必要である。発生が激甚な地域（A および B）では総合防除体制を早期に構築する。また発生が軽微である場合（C）は、封じ込めのための対策が必要である。未発生地域（D）も周辺からの侵入に関心を払い、警戒や普及啓発が不可欠である（第 7 表）

8 今後の課題

(1) 対策技術の高度な現地適用と普及支援について

雑草イネの発生面積はここ数年横ばい状態であるが、技術の適用効果と新たな発生確認が相殺されていると推測している。また、水稻栽培圃場全体に雑草イネが発生している大規模経営体では、労力上防除対策が行き届かない事例が散見される。このほか兼業農家まで雑草イネに関する情報が行き渡らず、防除対策がなされていないことも原因として考えられる。

地域・経営体単位での撲滅例を目指すためには、大規模経営体、兼業農家それぞれに防除対策を講じて行く上での課題を整理する必要がある。大規模経営体に対しては防除にかかわる労力、コストの軽減のための指針作成および普及、兼業農家に対しては情報発信を適確に行う地域対策チームでの普及啓発活動の強化が求められる。

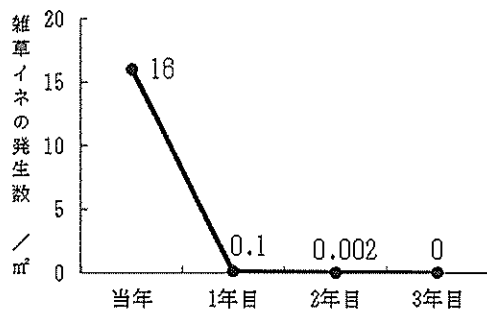
埋土種子の生存年数が 3 年（細井ら 2009）と判明していることから、理論上 3 ヶ年徹底的な防除対策を行うことで撲滅が可能と考えられる。実際、雑草イネの多発した水田を翌年移植栽培に転換して 3 ヶ年にわたり、この体系防除を実施し、仕上げに手取りも行ったところ、4 年目には

第 7 表 雑草イネの発生程度別対策メニュー（2012 年、長野県雑草イネ対策チーム）

項目	発生程度			
	A	B	C	D
発生状況	激発圃場が存在する (直播・移植で併発)	激発圃場が存在する (移植のみ)	微発生圃場が主体	未発生
対策の 目標設定	激発圃場の解消によりランクCへの移行～撲滅		撲滅	発生の未然防止
基本的な 対応	○雑草イネ対策の啓発活動、早期発見のための情報提供 ○圃場主への啓発(減収等被害) ○発生圃場の地図化・地域内の発生情報共有 ●秋起のとりやめ移植時期の晩化等耕種的防除対策 ●ブロックローテーションの継続 ●作業機による拡散防止対策 ●採種は産優良種子の利用			
対策技術の メニュー	●移植栽培への転換		●除草剤による 体系防除	—
	●除草剤による体系防除＋手取り(体制整備) ●地域ぐるみの輪作体系(直播→移植→転作大豆・そば・トウモロコシ等) ●湛水・代かき方法の改善など耕種的防除 ●耕起前非選択性除草剤の利用など			

●は技術的な対応または対策、○は啓発活動など

発生皆無となった事例もある（第20図、酒井ら 2011b）。このように防除対策が永続的ではないことをしっかりと発信し、短期間に集中して防除を行う重要性を生産者全体に周知、理解していただくことが肝要と考える。このためには、対策技術の普及展示圃や行政施策も利用した地域での取り組みが必要である。



第20図 対策年次と雑草イネの発生推移
(2004～2006年)
試験方法：現地ほ場で試験を実施。
除草剤の体系防除+手取り除草を実施
(除草剤は有効な初期剤+初中期剤+中期剤)

(2) 雑草イネの由来と集団変遷

雑草イネの対策技術検討会などでは「雑草イネはどこから来たものか」、「栽培種との交雑の危険はないのか」といった根本的な疑問が必ず投げかけられる。雑草イネがいつどこで長野県の直播水田に息づいたのか定かではないが、1970年代までに長野県北信地域の乾田直播地帯で採取された雑草イネの集団と現在発生している雑草イネの集団は異なるとされ、交雑変異してきた可能性は否定されない（赤坂ら 2010、細井・高松 2015）。雑草イネの発生量が多く花粉飛散量も増加すると交雑率は高まるが、防除対策の実践により雑草イネの撲滅を目指すことが先決である。本県の栽培水稻品種の種子更新率は現状 95%程度と高位であり、これを保つことが求められる。

近年、長野県内では A タイプのように栽培品種との明瞭な識別性のある集団タイプが減少しているが、手取り防除も含めた対策の効果ととらえられる。一方、D タイプのように籾色が黄白で無～短芒、ふ先色の赤色が不明瞭なものが増加し、さらには、ふ先色のないタイプも出現している。このため、圃場立毛において手取り除去がかなり困難となる現実にも直面している。この対応としては、集荷施設でのモニタリング体制を強化し、持ち込まれたロットによって発生地域および水田を早期に突き止め、対策を講ずることが必要と考える。現在、複数の集荷施設において持ち込まれたロットの検査態勢を調査し、また、籾の状態での雑草イネを識別する方法について検討を開始している（細井ら 2015）。防除対象となる圃場が特定できれば、これまで構築してきた個別防除技術は有効であるため、バイオタイプにかかわらず地域対象範囲や圃場を絞り込んだ対策が可能となる。

雑草イネの発見には少なからず人手を要するため、発生

圃場数が多くなるほど発見に必要なコストも多大となる。特に圃場での発見が困難な新規集団では、時間と手間を要する。よって将来的には、ポアソン分布を基本とする確率分布モデルの適用（細井ら 2014）など、実用的なモデル予想により効率的な発見手法の確立を検討している。

(3) 雑草対策にかかわる行政施策への要望

長野県では近年、ムギ類など畑作への帰化植物混入被害の報告が多数ある（青木ら 2012）。また、浅井（2012）は雑草の国外からの侵入について検疫体制の不備と植物防疫法で雑草が対象となっていない問題を指摘している。雑草イネは帰化植物ではないが、同じようなまん延経路がある。雑草は病原菌や昆虫と異なり、可視性が高く、移動性が少ない。しかしながら、農業生産体制が個別農家から集落・地域単位に拡大し、農業機械、飼料、物資、人の移動も広範囲になっている。そのため今後、過去には予想されなかった植物の侵入や広域に拡散する可能性がある。そうした植物がいったん生産現場に侵入すると、本県の雑草イネと同様に、一挙にまん延し、対応が後手となり、被害を拡大させることが強く懸念される。雑草に対しても、病害虫防除所、病害虫発生予察事業に準じた警戒情報の発令、伝達の可能性が指摘されている（浅井 2013）。

このような状況から、雑草イネ防除には植物防疫や家畜伝染病予防を参考に、早期発見や封じ込めなどの考え方・対応が必要と考える。本県では 2013 年度から農政部あがて雑草イネ防除・撲滅をめざすため、地域対策チームでの年次計画の策定を促しているところである。これにあわせて県単独ソフト事業として「雑草イネ防除対策技術確立現地実証ほ設置事業」も発生地域で行っている。

(4) 直播栽培と雑草イネ

1985 年頃ほぼ皆無であった湛水直播栽培は、推進施策や事業および技術開発の効果で 1997 年に 450ha 余まで拡大した。県の推進目標面積も数年後に 1500ha に設定するなど低コスト稲作に向かって順調に歩を進めた。ところが「雑草イネ」という思わぬ伏兵が現れ足下をすくわれた格好である。2014 年現在の直播栽培面積は 250ha 余と減少している。これには複数の要因が考えられるが、一つの要因として雑草イネの発生が影響していると判断せざるを得ない。

世界的に、雑草イネは直播を行う多くの国で発生し（金田 1987）、国際食糧農業機関においても国際的に情報提供や対策支援がなされてきた。ここでは、種子更新や耕起などによる耕種的防除、グリホサートの利用などが推奨されている（FAO 2013）。また、イタリアでも雑草イネの発生に苦慮しており（2014、酒井私信）、直播水稻の栽培前に水田除草剤による防除が試みられている（笹原 2013、吉永 2015）。このほか新たな対策として「Clearfield rice」、 「Roundup Ready rice」、 「LibertyLink rice」など除草剤耐性イネが開発され、南北アメリカや東南アジア諸国等で利

用され、防除対策に一定の効果を上げている（Gealy et al. 2007）。しかし、これらの対策を講じていても、種子混入による商品性低下が現在でも各国で大きな課題となっている（農林水産省 2011）。長野県が先んじて雑草イネ問題に直面したのは、全国に先駆けて直播栽培を推進したためと考える。直播栽培を移植栽培に転換する防除方法に加えて畑転換する防除法（酒井ら 2013a）がほぼ完成したことから、今後は雑草イネの発生地域でのこれらの防除対策を地域輪作体系に組み込んだ大規模な実証が必要と考えている。このことによって、雑草イネの発生を未然に防ぎながら低コスト・高収益な水田の高度利用形態が実現できる。世界的に雑草イネ発生国では、移植栽培や転換畑といった対応が取りづらいが、国内では十分可能な対策と考えられる。

さらには、現状までの本県の研究蓄積を活かして、直播栽培圃場を継続したままでの防除対策技術の開発に着手したいと考える。自走式蒸気除草機は、作業能率や作業精度に課題はあるが雑草イネの圃場脱落種子をほぼ 100% 死滅させる効果があること（酒井ら 2012）、石灰窒素の漏生イネ圃場脱粒種子への効果（大平ら 2014）、栽培イネに除草剤耐性を付与するセーフナ（酒井ら 2013b）などの効果を圃場レベルで実用化してゆく必要がある。これらを実現させ、世界でもこれまで例のない直播栽培での雑草イネ対策を提案したいと考えている。

（5）情報開示の功罪

本県では、通常の水田営農の中で移植栽培と水田転換作物を組み合わせる実用的な雑草イネの防除技術体系は、ほぼ構築できたと考えている。目標とする撲滅を達成するには、農業者の実践とそれを促す普及活動や行政的支援が必須である。これには県対策チームが明確な戦略に裏付けされた求心力を持ち、各地域の対策チームでは防除の広域実証によって、個々に撲滅事例を示していく必要がある。

雑草イネは長野県だけの問題ではなく、国内他地域での発生が次第に明らかになり、対策が緊急的な課題に位置づけられている（渡邊 2012, 2015）。最近まで、県対策チームでは雑草イネの防除に関する情報の提供先を県内に限定し、必要最小限の開示にとどめてきた。雑草イネをはじめ、雑草種子、植物体などの収穫物への異物混入といったマイナスイメージの定着は、産地に不利益をもたらす恐れがあるためである。また、無用の混乱を避けるため雑草イネの発生事実に関するメディア向けの情報開示は積極的に行ってこなかった。しかし、県として推進方策の公表により農業者の雑草イネに対する問題意識が喚起できるといった期待もある。このように、雑草イネ対策は産地のマイナスイメージを回避するよう一定の配慮しながら普及啓発活動を行う必要がある。その一方で「防除を行っている」、「商品性のチェック（混入排除など）を強化している」等の情報開示が産地イメージの低下を防止できるという考え方もある。いずれにせよ、情報開示について躊躇がある状況において、正確な情報が伝達されにくいことが初

動体制の遅れなどを招く。

2013 年 4 月には農林水産省関東農政局主催で「関東地域における雑草イネ対策に関する情報交換会」が持たれた。雑草イネ防除に関するこのような機会は全国初めての試みである。この会議において、本県の対策マニュアルについて紹介する機会を得た。本マニュアルによる対策技術の適用が他県でもなされ、フィードバックされ、対策がより強固なものとなることを期待する。

（6）最後にあたり

筆者はこれまで、1 圃場に発生したわずか数株の雑草イネが、数年後には大規模経営体や地域全体にまん延した事例を目の当たりしてきた。そして、防除対応の初動遅れは取り返しのつかないほどのまん延と対策の複雑化、長期化を余儀なくされることも経験した。少しでも早い対策が、農業経営上の損失を大幅に軽減することは明白である。水田農業経営にダメージの大きい雑草イネの被害を最小限に抑え、短期間に解決するには、技術開発と防除組織体制の整備、現場の普及活動のそれぞれが役割を果たし、相互に連携することが必須条件である。この 3 点が揃って初めて総合防除対策が実施でき、有効なものとなる。本県が行ってきた総合防除対策は発展途上ではあるが、雑草イネや他の難防除雑草の発生に苦慮する地域の参考になり、対策に活かされることを願う。

摘 要

玄米果皮が赤く、脱粒性を有する日本型の雑草イネは、1970 年代まで長野県の乾田直播栽培を行う一部地域に残存していたが、1980 年頃には終息した。県として湛水直播を推進して 10 年程度経過した 2000 年代初頭に直播水田で再発が確認され、直播水田だけでなく移植栽培水田へもまん延し、一般米への混入、減収被害が生じている。長野県農業試験場では 2008 年～2014 年にかけて水田を継続しながら、および畑転換とした場合の複数の防除対策を確立した。総合防除対策マニュアルを 2012 年に策定した。

1. 防除対策のメニュー

（1）直播水田では防除が困難なので、防除が容易な移植栽培に戻し、有効な除草剤による体系防除を行う。雑草イネの出芽期間はほぼ 1 ヶ月に及ぶので、この間に 3 回程度の体系処理を行う必要がある。

（2）発生水田では秋耕を行わず、凍結や鳥類等の摂食により脱粒種子密度を低減させる。また、翌年の耕起・代かき時期を遅らせることで、発芽した雑草イネに攪拌による物理的損傷を加える。代かきは浅水で丁寧に行い、雑草イネを土中に埋没させるようにする。

（3）多発水田を畑転換し、ダイズ・ソバ等夏作物を栽培することにより雑草イネの発生を抑制できる。また、イネ科雑草用の除草剤を利用して防除を徹底する。

2. 対策の必要年数は雑草イネ種子の土中生存年限が 3 年程度であることから、3 年間防除対策を徹底すること

により撲滅することができる。

3. 発生実態の把握と総合防除体制の構築として、発生圃場の GPS 位置情報等を電子地図化して発生実態を監視し、被害の拡大を防止する。また、普及啓発活動を含めた総合防除体制を構築し、地域での発生程度、様態に応じて上記の技術メニューを選択し、組み合わせて利用することが有効である。

4. 今後の課題として、圃場単位での撲滅事例はあるが、まん延地域・大規模経営体での撲滅が難しく、継続して普及啓発を含めた総合的な防除対策を講じて行く必要がある。

謝 辞

県対策チーム活動へ農研機構中央農業総合研究センター在籍当時より助言指導いただいた渡邊寛明氏、浅井元朗氏（現、農研機構東北農業研究センター）、赤坂舞子氏（現、作物研究所）はじめ研究室の皆様、（公財）日本植物調節剤研究協会横山昌雄専務理事はじめ皆様、信州大学農学部渡邊修准教授には引き続き有益な示唆をお願いしながら謝意を表す。対策研究の創始期に本県と中央農業総合研究センターとのパイプを築いて頂いた牛木純氏（北海道農業試験場）、ともに泥にまみれた齋藤稔氏（須坂市在住）、中澤伸夫氏（現、長野県原種センター）、谷口岳志氏（現、野菜花き試験場）、手塚光明氏（須坂市在住）、歴代の長野県農業技術課作物担当専門技術員である岡部知恭氏、有賀武氏（伊那市在住）、森本勉氏、斉藤康一氏（長野県原種センター）、羽生綾子氏（諏訪農業改良普及センター）、西谷務氏、宮原薫氏、チーム運営を担っていただいた歴代の県農政部農業技術課農産振興係長ならびに事務局担当者、現在の県対策チーム員の皆様、全農長野県本部生産資材課、米穀課の皆様、発生現場で対策指導にあたる農業改良普及センター職員および J A 営農技術員各位には不断の協力体制を敷いていただいたことに感謝する。

引用文献

赤坂舞子・細井淳・牛木純 2010. 雑草性赤米とコシヒカリの交配後代における生理形態と遺伝的特徴. 雑草研究 55(別), 91.

青木政晴・浅井元朗・酒井長雄 2012. 夏期湛水条件がヒメアマナズナ、クジラグサ、グンバイナズナ種子の生存に及ぼす影響. 雑草研究 57(3), 109-115.

浅井元朗 2012. 外来雑草の非意図的導入と耕地への侵入・拡散. 植物防疫 66(4), 8-11.

浅井元朗 2011. 畑作雑草の防除対策 ―情報共有と早期対応―. 雑草とその制御 7, 18-24. 浅井元朗 2013. 農耕地への外来雑草の侵入・拡散. 雑草研究 58(2), 78-84.

独) 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雑草イネまん延防止技術マニュアル 2012.

(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/zassoi.pdf 2015 年 12 月アクセス確認)

FAO 2013. RICE Information -weedy rice problems and solutions for its management. Homepage - integrated systems, 114-116.

Gealy, D.R., D.H. Mitten and J.N. Rutger 2007. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicide-resistant rice (*O. sativa*): implications for weed management. Weed Technology 17, 627-645.

半田浩二・橋本匡人・濱村謙史朗 2012. 表面播種した直播水稲に対する除草剤の影響. 雑草研究 57(別), 29

細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴・手塚光明 2008. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)における脱粒性の推移と脱粒の発芽能力. 日本作物学会紀事 77(3), 321-325.

細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴 2009. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)の低温発芽性および越冬種子の出芽動態. 日本作物学会紀事 78(別 1), 314-315.

細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴・斉藤康一 2010. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)における地表面種子の越冬生存性と埋土種子の寿命. 日本作物学会紀事 79(3), 322-326.

細井淳・高松光生・酒井長雄・渡邊寛明・赤坂舞子・渡邊修 2011. 異なる時期の入湛水条件における雑草イネ(トウコン)越冬種子の発芽動態と水稲初期除草剤による防除効果. 日本作物学会紀事 80(別 1), 190-191.

細井淳・高松光生・酒井長雄 2012. 雑草イネおよび漏生イネの手取り除草における作業効率の向上法. 日本作物学会紀事 81(別 1), 2-3.

細井淳・赤坂舞子・高松光生 2013. 新規バイオタイプに区分された雑草イネの生理形態的特徴. 日本作物学会紀事 82(別 1), 208-209.

細井淳・渡邊修・宮原薫・西谷務 2014. 雑草イネ発生状況の効率的なマップ調査法および確率分布に基づく発生レベル構成のモデル. 日本作物学会紀事 83(別 1), 208-209.

細井淳・高松光生 2015. 雑草イネにおける開花特性について. 北陸作物学会報 50, 15-17.

細井淳・小林聡・佐藤強・渡邊修 2015. 籾の呈色反応を利用した赤米の識別手法. 日本作物学会第 239 回講演会要旨集 232.

一般社団法人 長野県原種センター 2015. 主要農作物採種栽培指針

金田忠吉 1987. アメリカの稲作. 農業及び園芸 62 (臨時増刊), 159-163.

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会 2012. 技術情報 雑草イネ有効剤として実用化可能と判定された除草剤. (<http://www.japr.or.jp/gijyutu/013.html>)

宮島吉彦・高橋信夫 1974. 長野県産赤米の稲トウコン. 農業技術 29, 453-455.

農研機構 近畿中国四国農業研究センター 2009. 飼

料イネ品種「クサノホシ」に由来する漏生イネの出芽率は秋耕で低下する。近畿中国四国地域研究成果情報

農林水産省 2011. 海外食料需給レポート（2月）－今月のトピックス, 1.

大平陽一・白土宏之・山口弘道・福田あかり 2014. 水稻種子の休眠性と発芽能力に及ぼす石灰窒素に含まれるシアナミドの影響. 日本作物学会紀事, 83(3), 223-231

小川正巳・猪谷富雄 2008. 赤米の博物誌（書籍：大学教育出版社）

酒井長雄・斎藤稔・中澤伸夫・佐藤強・谷口岳志・手塚光明・大場茂明 1998. 水稻湛水直播技術の確立. 長野県農事試験場報告 (47), 62-100

酒井長雄・斎藤稔・谷口岳志・柳沢憲作・袖山栄次 1999. 産業用無人ヘリコプタを利用した水稻湛水直播栽培における除草剤 1 キロ粒剤の散布技術. 北陸作物学会報 (34), 56-58

酒井長雄・斎藤稔・谷口岳志・土屋学・柳沢憲作・中沢克明・藤沢喜一・袖山栄次 2000. 水稻代かき同時土中点播栽培におけるコシヒカリの生育収量. 北陸作物学会報 35, 41-43

酒井長雄・中澤伸夫・斎藤稔・谷口岳志 2001. 長野県における湛水直播栽培の技術化. 長野県農事試験場報告 48,

酒井長雄・斎藤稔 2003. 長野県における雑草イネの発生状況と防除法. 日本雑草学会第 18 回シンポジウム要旨集, 1-6.

酒井長雄・青木政晴・半田浩二・村岡哲郎・土田邦夫 2011a. 雑草性赤米に防除効果のある除草剤と作用特性. 雑草研究 56 (別), 65.

酒井長雄・青木政晴・細井淳・谷口岳志・岡部知恭 2011b. 長野県に発生した雑草イネとその防除対策 (第 2 報). 北陸作物学会報 46, 42-44.

酒井長雄・青木政晴・土屋学・原田良太・中沢克明・浅井元朗・西村愛子・中村浩也・高山英行・松井良共 2012. 蒸気除草機処理による地温上昇と雑草イネ種子の発芽への影響. 北陸作物学会報 47, 40-43.

酒井長雄・青木政晴 2013a. 畑転換による雑草イネの防除対策. 雑草研究 58 (別), 29.

酒井長雄・青木政晴・山崎明彦・関野景介・山田祐司・牛木純・赤坂舞子・渡邊寛明 2013b. 薬害軽減のためのダイムロン種子粉衣時の添加と播種前処理除草剤による湛水直播栽培での雑草イネ防除効果. 雑草研究 58 (別), 28.

酒井長雄・青木政晴・細井淳 2014. 長野県における雑草イネの総合的防除対策：その展開と課題. 雑草研究 59(2), 74-80

酒井長雄 2015. 長野県における雑草イネの総合的防除対策の組織的な取り組みの推進. 雑草研究 60(4), 166-168

笹原和哉 2013. イタリアの稲作を見て日本の農業経営者に伝えたいこと. 農業経営者 5月号, 46-49.

下坪訓次 1996. 代かき土中直播技術の開発. 農作業学

会平成 8 年度春季大会講演要旨, 71-72.

牛木純 2007. 国内に発生する雑草イネの現状と今後の課題. 植調 41(7), 4-9.

渡邊修 2013. GPS 簡易調査による上高地地域の外来植物の分布と解析. 信州大学農学部紀要 49, 19-27.

渡邊修 2015. 圃場における雑草イネの発生調査と被害の可視化. 日本作物学会・日本雑草学会合同シンポジウム要旨, 148-149

渡邊寛明 2012. 雑草イネの特徴とまん延防止. グリーンレポート 522, 5-7.

渡邊寛明 2015. 雑草イネとは何か－発生経過や被害にみる海外との違い－. 日本作物学会・日本雑草学会合同シンポジウム要旨, 144

吉永悟志 2015. 直播栽培と雑草イネ. 日本作物学会・日本雑草学会合同シンポジウム要旨, 146-147

長野県の2年3作水田輪作体系における省力的栽培技術および経営効果*

青木政晴・大久保高典・土屋学・上原敬義・内津政直¹⁾・酒井長雄・
手塚光明²⁾・斎藤康一²⁾・新井利直²⁾

Labor-Saving Cultivation System and Management Effects of Triple Cropping in Two Year of Crop Rotation of Paddy-field cropping in Nagano Prefecture

Masaharu AOKI, Takanori Okubo, Manabu TSUCHIYA, Takayoshi UEHARA, Masanao UCHITSU, Nagao SAKAI,
Mitsuaki TEZUKA, Koichi SAITO and Toshinao ARAI

Abstract

To a effective work capacity, high yield of barley and soybean, crop rotation of paddy-field cropping, cost reduction, We have investigated the introduction effect of Air-assisted strip seeding for direct seeding in flooded paddy field in Nagano Prefecture. For the Air-assisted strip seeding, the effective field capacity was 1.03ha/hr, puddling and levelling on the day before seeding in the gley soil, on the seeding day in the clay lowland soil, and enough ponding water release before seeding of seed coated with an Oxygen supplier was suitable. In the rotary tilling ridges-making implement with 220cm rotary, the good operating, tractor speed after plowing by chisel was 0.81m/s, and the adjacent inter-row space to improve seeding was suitable on 40-50cm. In the flooded paddy field of direct seeding after soybean cultivation, it was necessary of half amount of fertilizer application. For the acidity correction of cultivation barley and soybean in the upland field converted from paddy field, hydroxylated magnesia was effective before cultivation barley. The reduction effect of production cost was 38% in paddy rice cultivation, 3% barley cultivation, 46% in soybean cultivation, and 31% at the whole management.

Key Words : Crop Rotation System, Production Cost Reduction, Rotary Tilling and Ridge-making Implement

結 言

長野県の普通作物の栽培面積は、耕地 111,000ha のうち水稲が約 35,000ha、オオムギが約 500ha、コムギが約 2,100ha、ダイズが約 2,100ha、ソバが約 3,900ha である。これら畑作物の水田での作付けは、コムギで 93%、最も少ないソバでも 63%と転換畑での栽培割合が高い。また、直近 10 年間の 10a 当たり収量は、米が 620kg、オオムギが 401kg、コムギが 366kg、ダイズが 162kg、ソバが 75kg で米は全国有数の高水準だが、畑作物は収量変動が

大きく、伸び悩んでいる。このため、転換畑での作付けが多い畑作物では、特に湿害回避による出芽安定、収量向上が大きな課題である。また、長野県の 2011 年産米生産費は、費用合計が 181,390 円と全国平均を約 6,200 円上回る。内訳は、労働費、農機具費が大幅に上回り、肥料費および農薬費もともに高い。コムギ生産費は、費用合計が 48,794 円と全国平均を約 1,800 円下回るが、労働費、農機具費、肥料費が高い。このため、新技術による省力化、水田の水管理や畦畔管理時間の短縮、中區画圃場での機械作業能率の向上、大型農業機械の汎用利用、肥料農薬の効果的利用による生産費の低減技術が求められている。

そこで、2 年 3 作輪作体系において、作物収量の向上、高能率機械利用による省力化、農業機械の汎用利用を通じた生産費低減のため、水稲の湛水直播栽培における播種技術、転換畑での耕うん同時畝立て栽培、適正な施肥、雑草防除を検討した。具体的には、ムギ類・ダイズ作での湿害軽減と生産安定効果が期待され、県内で導入が進んでいる耕うん同時畝立栽培技術については、適正な播

*一部に北陸作物学会報 46（2011）および 47（2012）を含む。本研究は、県単素材開発研究、委託プロジェクト「担い手の育成に資する IT 等を活用した新しい生産システムの開発 超低コスト土地利用型作物生産技術の開発」および「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発 超低コスト土地利用型作物生産技術の開発」による。

1)現在 長野県野菜花き試験場

2)元 長野県農事試験場・農業試験場

種作業速度、隣接条間の間隔、ダイズおよびムギの生育、収量への影響、効率的な雑草防除法、実態に応じた土壌改良資材施用を検討した。また、播種作業能率の向上のため、事前耕起方法と作物生育への影響を検討した。また、水稻ではエアアシスト条播機を利用した高速条播による高能率化と播種の安定化ダイズ後圃場における全量基肥栽培の減肥程度を検討した。これらの技術導入による労働時間および生産費の削減効果、所得最大化モデルを検討した。

1. 試験の実施場所および概要

以下の各試験を行った。長野県農事試験場・農業試験場内の水稻-オオムギ-ダイズ輪作体系圃場（長野県須坂市八重森、細粒グライド・標高 350m、以下八重森圃場）において、2007 年～2011 年にオオムギおよびダイズの耕うん同時畝立て栽培（細川 2006a, 細川 2008）試験、水稻湛水直播栽培試験を行った。長野県農事試験場・農業試験場内圃場（長野県須坂市小河原、中粗粒灰色低地土、標高 370m、以下小河原圃場）において、2008 年にオオムギ作における全量基肥栽培試験、2009 年に水稻湛水直播栽培における施肥試験を行った。長野県農業総合試験場（現長野県農業試験場、長野県長野市、灰色低地土、標高 380m、以下長野圃場）において、2007 年にエアアシスト条播機（帖佐ら 2007, 帖佐ら 2008, 帖佐ら 2009b）を用いた水稻湛水直播栽培試験を行った。現地圃場（長野県松本市、礫質灰色低地土・標高 670m・以下松本小赤圃場、表層腐植質多湿黒ボク土・標高 690m・以下松本内田圃場、長野県北安曇郡池田町・灰色低地土・標高 630m 以下池田圃場）では、2008～2011 年にオオムギおよびダイズの耕うん同時畝立て栽培試験、水稻湛水直播栽培試験を行った。松本小赤圃場において水稻、オオムギ、ダイズ、ソバの 2 年 3 作体系により約 46ha を経営する農事組合法人を対象として、2008～2011 年に作業時間および生産費等の経営調査を行った。また、別の農事組合法人（長野県松本市）を対象として、2008 年に耕うん同時畝立て播種における事前耕起の有無による耕うん爪消耗について聞き取り調査を行った。

2. 輪作体系におけるムギ・ダイズの省力的栽培技術の確立

表1-1 評価の方法

評価項目	方法	区分	備考
作業速度	実測	—	播種作業中の10m間の走行時間を計測
畝上面幅	実測	—	平高畝上の播種床面の幅
平高畝の高さ	実測	—	隣接する平高畝の溝底面からの高さ
畝上面凹凸	遠視 6段階：無～甚	—	播種中のロータリ上下による播種床面の凹凸程度
畝肩形成	遠視 5段階：整然（◎）～大きい崩れ（×）	—	播種後の平高畝肩部分の形成具合
種子露出	遠視 6段階：無～甚	—	播種後の土壌表面への種子露出
鋤込み不足	遠視 6段階：無～甚	—	前作ムギ稈や雑草の平高畝床面への鋤込み不足
苗立数	実測	—	播種後2週間～1ヶ月後に調査
総合評価	— 5段階：適合（◎）～不適（×）	—	各項目から総合判断

1) オオムギおよびダイズ作での耕うん同時畝立て播種における事前耕起の効果および播種作業能率

ア 耕うん同時畝立て播種における適正な播種作業速度

長野県で導入が進みつつある耕うん同時畝立て栽培において、平高畝の成形精度および播種精度の低下により、生育、収量への悪影響がみられるが、新技術である本播種法に合わせた作業が行われないことが精度低下の原因と考えられる。そこで、播種精度向上のため、播種前の事前耕起の有無および方法に合わせた適正な播種作業速度を検討した。

材料及び方法

松本内田圃場、松本小赤圃場、池田圃場において、トラクタの速度を変えて、平高畝のダイズ耕うん同時畝立て播種を行った。それぞれの設定条件で 20m 区間を 1 工程走行し、無反復とした。なお、播種機はいずれもロール式を用いた。

水田輪作による水稻-オオムギ後の松本内田圃場では、2011 年 6 月 17 日にトラクタは Y 社製 EF895（89PS）、耕うん同時畝立て用ロータリ（逆転）は M 社製 BUR2208H（耕うん幅 220cm）を用いて播種作業を行った。事前耕起の有無による畝形状の比較として、播種数日前にロータリにより約 15cm 深度の耕起を行った圃場、事前耕起をしない未耕起圃場（前作ムギの収穫残渣が乾物で 213g/m² および雑草が乾物で 179g/m²）でも同様に試験を行った。トラクタの作業速度を 8 段階（0.3～1.1m/s）に設定した。

水田輪作による水稻-オオムギ後の松本小赤圃場で、2011 年 6 月 23 日に播種前にチゼルブラウ S 社製 BSP 5 による事前耕起を行い、トラクタは D 社製 DK902C（90PS）、耕うん同時畝立て用ロータリは M 社製 BUR2208H（耕うん幅 220cm）を用いて行った。トラクタの作業速度を 5 段階（0.2～1.1m/s）に設定した。

水稻後の前年秋期にロータリ耕起を行った池田圃場は、スズメノテッポウが乾物で 363g/m² 生存する未耕起条件とした。2011 年 6 月 7 日に、トラクタは Y 社製 US551（55PS）、耕うん同時畝立て用ロータリは M 社製

APU1710H（耕うん幅 170cm）を用いて播種作業を行った。トラクタの作業速度は5段階（0.3～0.8m/s）に設定した。

評価は、表 1-1 によって行った。作業中の 10m 間の走行時間を計測し作業速度を求め、播種後の平高畝形成状態の良否を調査するため、平高畝上の播種床面の幅および隣接する平高畝の溝底面からの高さについて 1 区当たり 5 箇所を計測した。また、播種後の達視調査として、播種中のロータリ上下による播種床面の凹凸程度を無～甚の 6 段階、平高畝肩部分の形成程度を整然（◎）～大きく崩れている（×）の 4 段階、種子露出程度を無～甚の 6 段階、前作ムギ稈や雑草の鋤込み不足を無～甚の 6 段階、作業オペレーターにより車速およびトラクタへの負荷を中心として 4 段階で作業性を評価した。苗立ち数は 1 区当たり 2～3 箇所において、1 畝上の 2m 間の全個体数を調査した。

結 果

耕うん幅 220cm の耕うん同時畝立て用ロータリを用いた松本内田圃場では、正転ロータリによる事前耕起を行った場合、作業速度 0.3～1m/s の範囲では、作業速度を高めると平高畝上面の形状および畝肩形成がやや劣る傾向がみられたものの、播種精度および残渣鋤込みに大きな差は認められなかった。作業者評価は、0.5m/s 以下および 1.0m/s では低く、0.7～0.9m/s が適正な速度と判断された。一方、事前耕起をしない一工程播種では、作業速度の上昇とともに畝形成精度が低下し、0.9m/s 以上では種子の畝上への露出が増加した。作業者評価は 0.3m/s では遅く、0.9m/s 以上ではトラクタ動力の負荷が限界に近く、耕深が深くなりすぎないように頻りにロータリの位

置調整が必要となったために低くなった。このため、0.8m/s が適すると判断された（表 1-2）。

耕うん幅 220cm の耕うん同時畝立て用ロータリを用い、チゼルプラウによる事前耕起を行った松本小赤圃場では、作業速度の上昇とともに畝の高さが低くなり、0.9m/s 以上では畝形成精度および残渣鋤込み性が低下した。作業者評価は、0.5m/s 以下では遅く、1.1m/s ではトラクタ負荷が大きくなり評価が低下した。このため、0.8m/s が適すると判断された（表 1-2）。また、チゼルプラウによる事前耕起は、耕起後の土塊が大きく、爪に沿って土壌表面に凹凸の形成が観察された。

耕うん幅 170cm の耕うん同時畝立て用ロータリを用い一工程播種とした池田圃場では、0.7m/s 以上では畝形成精度が低下し、0.8m/s では残渣鋤込み性も低下した。作業者評価は、0.3m/s では遅く、0.7m/s 以上ではトラクタ負荷が大きくなるため低下した。このため、0.4～0.5m/s が適すると判断された（表 1-2）。

考 察

富山県の沖積砂壤土において、41 馬力トラクタにより 1 工程で 2 条の畝形成を行う方式では、作業速度を上昇させ、0.4m/s 以上とすると畝高が有意に低くなる（中村ら 2011）。本試験においても、ロータリによる事前耕起以外では作業速度の上昇により畝の高さが約 4cm 低下しており、土壌条件および畝様式が異なっても同様な傾向が得られた。耕うん同時畝立て播種において、平高畝の成形精度と作業効率を両立する作業速度の上限は、事前耕起を行わない場合には 0.76m/s だが、ロータリまたはチゼルプラウによる事前耕起と組み合わせた場合には 0.81～0.9m/s と判断され、播種作業能率の向上効果が明

表 1-2 事前耕起の有無、播種作業速度による畝形成および作業への評価

圃場	事前 耕起	トラクタ 変速設定	作業 速度 (m/s)	畝上面幅 (cm)	c. v.	平高畝高さ (cm)	c. v.	畝上面 凹 凸 (6段階)	畝肩 形成 (5段階)	種子 露出 (6段階)	鋤込み 不足 (6段階)	作業者 評価 (4段階)	苗立ち数 (個体/m)	総合 評価 (5段階)
松本 内田	ロー タリ 耕	1-1	0.34	171	0.01	18	0.02	無	◎	無	微	△	8.3 a	△
		2-1	0.46	173	0.01	17	0.03	無	◎	無	微	△	8.0 a	○
		3-1	—	171	0.02	18	0.03	無	◎	無	微	◎	—	◎
		4-1	0.79	173	0.01	17	0.03	無	◎	無	微	◎	7.4 a	◎
		5-1	0.91	169	0.01	18	0.03	無	◎	無	微	◎	7.6 a	◎
		6-1	1.05	162	0.06	18	0.03	無	○	無	微	○	7.7 a	○
	未耕 起	1-1	0.32	173	0.02	18	0.02	微	◎	微	少	△	8.4 a	△
		2-1	0.36	175	0.00	18	0.05	無	◎	無	少	○	8.2 a	△
		3-1	0.76	175	0.01	17	0.03	無	◎	無	少	◎	8.2 a	◎
		4-1	0.78	150	0.01	17	0.03	中	○△	微	少	○	7.3 a	○
		5-1	0.93	150	0.01	14	0.07	中	○△	少	少	×	6.5 a	×
		6-1	1.09	152	0.01	14	0.06	中	○△	中	中	×	4.3 b	×
松本 小赤	チゼ ルプ ラウ	C-4	0.18	194	0.01	20	0.08	無	○	無	無	△	—	△
		1-1	0.47	192	0.01	19	0.06	無	○	無	無	△	—	○
		2-1	0.81	194	0.01	16	0.10	少	△	微	微	◎	10.9	◎
		3-1	0.88	191	0.05	17	0.10	中	○△	微	中	○	—	△○
		4-1	1.06	180	0.06	14	0.12	多	○△	少	多	×	—	×
池田	未耕 起	1-1	0.30	128	0.03	14	0.06	無	—	—	微	△	—	△
		2-1	0.40	128	0.05	14	0.05	無	—	—	少	◎	—	◎
		3-1	0.46	134	0.08	12	0.06	微	—	—	少	○	—	◎
		4-1	0.67	126	0.03	10	0.20	少	—	—	少	△	—	△
		1-2	0.76	132	0.09	10	0.12	多	—	—	中	×	—	×

松本内田における苗立ち数には、異なる異符号間には 5%水準で有意差がある（Tukey法）。

らかになった。

イ 耕うん同時畝立て播種における 平高畝形成の精度向上

耕うん同時畝立て播種技術を導入した現地では、従来の慣行ドリル播種技術からの変更の際し、播種作業工程における隣接する平高畝の条間（以下隣接条間）の合わせの不具合による収量への影響、雑草発生がみられる。そこで、隣接条間の距離による収量、雑草発生への影響を検討した。

材料及び方法

松本小赤圃場において、2009 年 10 月 30 日にトラクタは D 社製 DK902C、ロータリは M 社製 BUR2208H を用いてオオムギを耕うん同時畝立て播種した。品種は「シュンライ」を用い、播種量は 0.8kg/a、畝上の播種条数は 8 条、条間は 25cm とし、約 28 a の 3 圃場に播種した。3 圃場の 20 箇所において隣接条間の距離、オオムギの穂数、収量を調査した。

ダイズ作は、八重森圃場および松本小赤圃場において試験を行った。八重森圃場ではトラクタは I 社製 AT50-SGQCY (50PS)、ロータリは M 社製 APU1810H（耕うん幅 180cm）を用いて 2010 年 6 月 29 日に耕うん同時畝立て播種した。品種は「つぼほまれ」を用い、播種量を 0.8kg/a、条間を 40cm、1 工程で 4 条播種とし、隣接条間を 50cm、70cm、90cm の 3 段階に設定した。2 反復とした。除草剤は、播種当日にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤を薬量 500ml/10a、播種 35 日後にベンタゾン液剤を薬量 150ml/10a およびキザロホップエチル水和剤を薬量 300ml/10a、水量を 100l/10a とし散布した。播種 35 日後に畝上のダイズ播種条間と隣接条間の相対照度、播種 35 日後および 76 日後に隣接条間および播種条間の雑草量、ダイズ収量を調査した。松本小赤圃場では、上記のオオムギ作と同一のトラクタおよびロータリを用いて 2010 年 6 月 25 日に耕うん同時畝立て播種を行った。品種は「ナカセンナリ」を用いて、播種量は 1.0kg/a、播種条間を 40cm、1 工程で 5 条播種とし、約 30 a の圃場に播種した。隣接条間を 50cm、60cm、70cm、80cm とした試験区を無反復で設定した。除草剤は、播種当日にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤を薬量 500ml/10a、播種 33 日後にベンタゾ

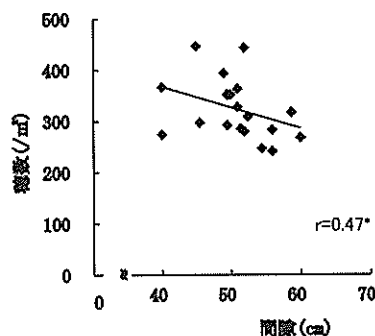


図2-1 隣接する畝の間隔と穂数との関係
(2009年、農業試験場、
松本農業改良普及センター)
*:P<0.05

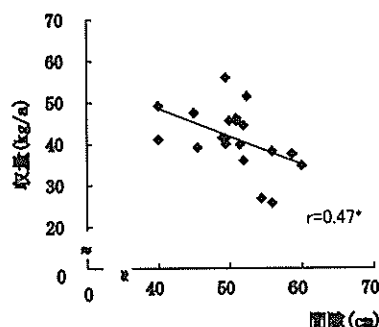


図2-2 隣接する畝の間隔と収量との関係
(2009年、農業試験場、
松本農業改良普及センター)
*:P<0.05

表2-1 八重森圃場における隣接条間の距離による雑草発生およびダイズ収量への影響

条間 (cm)	調査場所	相対照度		雑草乾重		子実重 (kg/a)
		播種35日後 (%)	播種42日後 (%)	播種35日後 (g/m ²)	播種76日後 (g/m ²)	
50	隣接条間	21.1 ab	7.1 ab	77.4 b	1.2 n.s.	30.4 n.s.
70	隣接条間	30.8 bc	10.4 ab	105.0 ab	1.3	27.3
90	隣接条間	42.5 c	18.9 b	257.1 a	10.6	25.7
40	播種条間	12.0 a	3.2 a	135.6 ab	1.2	—

5%水準で異なる異符号間に有意差がある、n.s. はない (Tukey法)

表2-2 松本小赤圃場における隣接条間の距離による雑草発生およびダイズ収量への影響

条間 (cm)	調査場所	相対照度			雑草乾重		子実重 (kg/a)
		33日後 (%)	47日後 (%)	81日後 (%)	33日後 (g/m ²)	81日後 (g/m ²)	
50	隣接条間	97.3 b	6.7 a	4.3 a	0.0 n.s.	0.3 n.s.	14.9 n.s.
60	隣接条間	95.2 ab	49.2 b	8.7 ab	9.9	0.8	14.4
70	隣接条間	98.8 b	44.5 b	20.3 b	1.1	14.3	17.7
80	隣接条間	99.7 b	62.3 c	44.0 ab	15.5	130.1	15.3
40	播種条間	91.1 a	6.9 a	4.0 ab	0.1	1.9	—

5%水準で異なる異符号間に有意差がある、n.s. はない (Tukey法, Dunnett法)

ン液剤を薬量 150ml/10a、水量を 100l/10a とし散布した。調査は、播種 33 日後、47 日後および 81 日後に八重森圃場と同様に相対照度を測定し、播種 33 日後および 81 日後に雑草量を調査した。

結 果

松本小赤圃場でのオオムギ作では、隣接条間の距離と 1 m²当たり穂数および収量には、有意な負の相関関係が認められた (図 2-1、図 2-2)。

八重森圃場のダイズ作における隣接条間の相対照度は、播種条間に対し播種 35 日後には隣接条間 50cm では同等だったが、70cm および 90cm では有意に高く、播種 42 日後には隣接条間 90cm では有意に高かった (表 2-1)。雑草発生量は、播種 35 日後にはイヌビエが優占し、隣接条間 50cm に対して 90cm は有意に発生が多かった。播種 76 日後にはエノキグサが優占し、条間の広さによる差はなく、隣接条間 70cm 以下では実害となる雑草量ではなかった。収量は、隣接条間が広がるほど低下する傾向にあった (表 2-1)。

松本小赤圃場のダイズ作における相対照度は、播種 33 日後には処理区による大きな差はなかった。播種 47

日後には、播種条間および隣接条間 50cm の 10%未満に
対し、隣接条間の距離が広がるほど高まり（表 2-2）、
播種 81 日後には播種条間および隣接条間 60cm 以下では
10%未満だった（表 2-2）。雑草発生量は、播種 33 日後
にはオオイヌタデ、イヌビエが優占であったが、播種条
間および隣接条間 50cm では雑草発生量は 0.1g/m²未満だ
った（表 2-2）。播種 81 日後にはホソアオゲイトウ、エ
ノキグサが優占となったが、播種条間、隣接条間 50cm
および 60cm の雑草発生量は 2g/m²未満と実害となる雑草
量ではなかった（表 2-2）。

両圃場とも、隣接条間の距離とダイズ収量とは有意差
は認められなかった（表 2-1、表 2-2）。

考 察

隣接条間の距離とオオムギの穂数および収量に相關関
係が認められ（図 2-1、図 2-2）、コムギの耕うん同時畝
立て播種において隣接条間を狭くして収量を増加させる
ことが重要である（細川 2008）と同様の結果を得た。

ダイズ栽培において、シロザ等の強害雑草が相対照度
10%以下では生育が著しく抑制され、ダイズ生育による

群落内の相対照度と雑草生育からダイズ作での防除必要
期間がモデル化されている（野口 1994a）。隣接条間 50cm
の相対照度は、播種 42 日後の八重森圃場では 7.1%（表
2-1）、播種 47 日後の松本小赤圃場では 6.7%（表 2-2）
と、播種条間に比べダイズの被隠完成が遅れ、隣接条間
50cm における要防除期間は約 40 日と推察される。播種
33～35 日後に生育期茎葉処理型除草剤を処理したところ、
八重森圃場では隣接条間 70cm 以下、松本小赤圃場
では隣接条間 60cm 以下において、播種 80 日前後の残草
量は 2g/m²以下であった（表 2-1、表 2-2）。また、松本
小赤圃場ではダイズ収量が 18kg/a 以下の低収傾向であっ
たため影響はなかったが、通常の収量レベルである須坂
圃場では隣接条間が広がるほど低下傾向にあった。この
ことから、ダイズ作において隣接条間を 50cm として、
発生草種に応じ、適期に生育期茎葉処理型除草剤を処理す
ることにより雑草被害を回避できると考えられた。

ウ 耕うん同時畝立て栽培におけるオオムギおよびダイ ズの生育および収量の向上

慣行栽培に比べ土壌中酸素濃度の低下が小さく、湿害

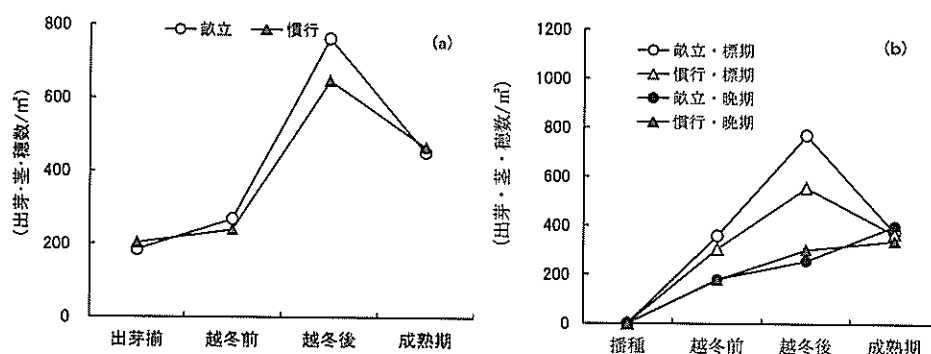


図3-1 耕うん同時畝立て播種技術によるオオムギ生育への影響（2007～2010年、農業試験場）
(a)：松本小赤圃場、(b)八重森圃場 2007～2010年の平均値

表3-1 松本小赤圃場における播種法に
よる苗立ち、収量への影響
(2007～2011年)

播種法	オオムギ		ダイズ	
	子実重 ¹⁾ (kg/a)	苗立ち数 ²⁾ (個体/m ²)	子実重 ³⁾ (kg/a)	
畝立	45.9	26.8	28.2	
慣行	40.6	22.8	25.3	
播種法	×	×	n. s.	
年次	*	*	×	
交互作用	ns	ns	n. s.	

1)：2008・2010～2011年産の結果、2)：2009・2011年
産の結果、3)：2008～2011年産の結果、×は10%水
準、*は5%水準で有意差があり、n. s. は有意差がない

表3-2 八重森圃場における
播種法によるオオムギの収量
への影響（2007～2010年）

播種法	播種期	子実重 (kg/a)
畝立	標期	47.9
慣行	標期	39.8
畝立	晩期	35.8
慣行	晩期	31.3
播種法		*
播種期		*
年次		*
交互作用	年次	*

*は5%水準で有意差があり

表3-3 八重森圃場における播種法の違いによるダイズ「つぶほまれ」の生育、収量、品質への影響（2009～2010年）

播種法	条間 (cm)	苗立ち数 (/m ²)	主茎長 (cm)	着実数 (/m ²)	子実重 (kg/a)	百粒重 (g)	蛋白質含有量 (%)
畝立て	34	23 ± 5.7	67.5 ± 2.1	727 ± 215	41.7 ± 2.3	39.9 ± 6.5	45.1 ± 1.3
	42	20 ± 5.7	68.5 ± 3.6	819 ± 341	41.6 ± 2.7	39.6 ± 4.4	45.0 ± 1.8
	40	19 ± 5.7	62.5 ± 5.0	773 ± 140	41.5 ± 5.0	37.9 ± 6.1	43.9 ± 1.5

数値は2009～2010年の平均値±標準偏差で示した。

軽減効果のある耕うん同時畝立て栽培について、長野県内のムギ作およびダイズ作における生育および収量の優位性を検討した。

材料及び方法

松本小赤圃場では、2007～2010年の10月中旬～11月上旬にオオムギ「シュンライ」を用いて、条間25cmとした耕うん同時畝立て播種（耕うん幅220cmロータリ）、条間30cmとした慣行播種を行った。また、2008～2011年の6月下旬にダイズ「ナカセンナリ」を用いて、条間40cmとした耕うん同時畝立て播種（耕うん幅220cmロータリ）および慣行播種を行った。播種量はいずれも約0.8kg/aとした。1400～2700㎡区画の圃場毎に試験区を設け、無反復とした。

八重森圃場では、2007～2010年に耕うん同時畝立て播種機（耕うん幅180cmロータリ）および慣行ドリル播種機（耕うん幅160cmロータリ）を用いた。1区40～50㎡として2反復設けた。オオムギ「ファイバースノウ」を供試し、播種期は、標期が10月22～30日、晩期が11月4～16日の2時期を設け、条間27cmとして耕うん同時畝立て播種を行った。播種量は標期0.8kg/a、晩期1kg/aとした。また、前述のオオムギ後作圃場においてダイズ「つぶほまれ」を供試し、播種条間を耕うん同時畝立て播種は34cmおよび42cm、慣行播種は40cmとして比較した。播種量は0.8kg/aとし、播種期は6月25日とした。

また、八重森圃場において、2008年7月3日にダイズ「タチホマレ」を供試し、播種量0.7kg/a、播種条間を耕うん同時畝立て播種は32cmおよび40cm、慣行播種は40cmとして播種を行った。除草剤は、播種当日にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤を薬量500ml/10a、播種33日後にベンタゾン液剤を薬量150ml/10a、水量を100l/10aとして散布した。試験は1区41～52㎡、2反復とした。達観によるダイズの被度、1区当たり10個体を採取した地上部乾物重、20個体の生育、3.33㎡を収穫し子実重を調査した。

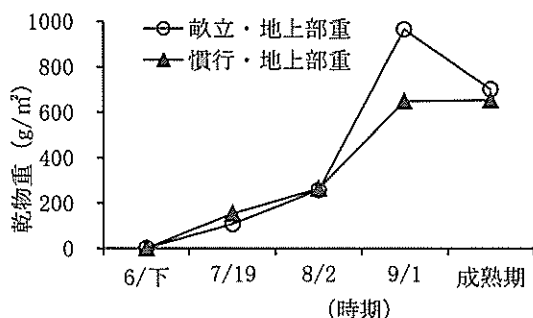


図3-2 播種法によるダイズ地上部重の推移（松本小赤圃場）

数値は2008・2009・2011年の平均値を示す

結 果

オオムギ作では、耕うん同時畝立て播種の茎数は、慣行播種に比べ松本小赤圃場および八重森圃場標期いずれも越冬後まで1～4割多く（図3-1）、収量は松本小赤圃場では高い傾向、八重森圃場では有意差が認められた（表3-1、表3-2）。晩播により越冬前生育が不足した場合（図3-1b）も、収量は増加傾向となった（表3-2）。

ダイズ作では、慣行播種と比べ耕うん同時畝立て播種は、苗立数が多い傾向となり（表3-1）、開花期前後の地上部重は高く（図3-2）、収量は高めであった（表3-1）。倒伏程度に差はなかった（データ略）。ダイズ「つぶほまれ」を用いた八重森圃場では、条間42cmの着莢数が増加したが、他の調査項目に条間による差はなかった（表3-3）。ダイズ「タチホマレ」を用いた八重森圃場では、耕うん同時畝立て播種は慣行播種に比べ、地上部重に有意差が認められ、32cm条間の収量は有意差が高かった（表3-4）。

考 察

ダイズ発芽時の冠水ストレスについては播種時の種子の含水率により大きく異なることが報告されているが（中山ら2004）、本研究におけるダイズ播種時の土壌はやや高い水分状態であったことから、畝立区が慣行区に比べ出芽時の条件が良好であったと推察される。耕うん同時畝立て播種の効果により、ムギでは湿害程度が大きい地域では慣行栽培に比べ増収し（細川2008）、ダイズでは莢数が確保され収量が増加する（細川2006b）。耕うん同時畝立て栽培は、慣行栽培に比べオオムギでは茎数は増加し（図3-1）、増収傾向とであった。一方、ダイズでは生育量が大きく推移（図3-2）したものの、大幅な増収には至らなかった（表3-1、3-2）。これは、両圃場とも湿害程度が極端に大きくないことによると推察されるが、生育促進と一定の増収効果が認められた。ダイズの条間の違いによる影響について、主茎長、着莢数、子実重などに差がみられなかった（表3-3、3-4）。これは晩播における播種量の増量と、晩生品種ではやや疎植とすること（長野県2010b）との相殺により、適正播種密度内では影響が小さかったと考えられるが、さらなる

表3-4 耕うん同時畝立て栽培によるダイズ「タチホマレ」の生育および収量への影響（2008年）

處理	達視被度		播種76	主莖	分枝	主莖	子実重	
播条間	播種25日	播種39	日後地	長	数	節数		
種法	(cm)	(%)	(%)	(DWg/㎡)	(cm)	(本)	(節)	(kg/a)
畝立	32	22.5	85.0	1157 ^a	37	5.3	11.7	38.8 ^a
畝立	40	24.0	90.0	1217 ^a	39	4.4	10.6	37.2 ^{ab}
慣行	40	17.5	65.0	710 ^b	36	4.2	11.4	27.2 ^b

1) 播種25日・39日後の主要雑草はイヌビエ、2) 異符号間には5%水準で有意差がある（Tuckey法）

密播（苗立ち数3万本/10a以上）条件では、蔓化や倒伏による著しい減収も予想され、今後の検討が必要である。

エ 耕うん同時畝立て播種における事前耕起の効果および播種作業能率

アップカットロータリ耕うん爪を改良して畝立てと播種が同時に行える播種機（以下耕うん同時畝立て播種機）を用いた播種作業は、耕うん、整地、播種を同時に行う一工程での作業が基本となる。耕うん同時畝立て播種機による一工程作業は、作業人員の削減の効果がある（細川 2006b）ものの、本県の導入事例では慣行播種に比べ作業能率の低さが指摘されている。そこで作業能率の向上のため、播種作業より事前の耕起（以下事前耕起）を組合せた播種作業体系の検討を行い、作業能率および精度、作物生育におよぼす影響について調査を行った。

材料及び方法

試験1 事前耕起との組合せによる作業能率

2008～2009年に松本小赤圃場において、ダイズおよびオオムギ作において耕うん同時畝立て播種機を用いた播種とダウンカットロータリーシーダを用いた播種（以下慣行播種）を行い、作業能率を検討した。耕うん同時畝立て播種では事前耕起の有無を設けた。供試機械は耕うん同時畝立て播種はトラクタ88ps+作業機2.2m幅（M社製BUR-2280H）、慣行播種にはトラクタ88ps+作業機2.4m幅、事前耕起はトラクタ77ps+作業機2.2m幅ダウンカットロータリ（M社製LXR-2280）を用いた。調査は作業時間の計測と、目視による作業内容の判別により行い、合計作業時間から調整・移動などを除外して有効圃場作業時間を導き、圃場作業量（ha/hr）の算出を行った。

試験2 耕うん爪の消耗

2008年に、松本市の経営体において耕うん同時畝立て播種におけるチゼルプラウによる事前耕起の有無による耕うん爪消耗について聞き取り調査を行った。

試験3 事前耕起による作業能率および苗立ちへの影響

2010年～2011年に松本小赤圃場において、オオムギおよびダイズ作における耕うん同時畝立て播種の事前耕起として、異なる2種類のチゼルプラウを供試し、反転耕1（最大耕深40cm爪本数5本）区および反転耕2（最大耕深30cm爪本数8本）区、ダウンカットロータリを用いた攪拌耕区、事前耕起を行わず一工程播種による未耕起区を設け作業能率および事前耕起による播種精度への影響を検討した。比較としてダウンカットロータリを用いた攪拌耕および慣行播種機を用いた播種を行う慣行播種区を設けた。反転耕の耕深は、土壤耕盤を破碎しない12cm前後とした。供試機械は反転耕1区ではトラクタ

88ps+1.8m幅作業機（S社製BSP5）、反転耕2区ではトラクタ88ps+1.8m幅作業機（S社製SC8）、攪拌耕区ではトラクタ77ps+2.2m幅作業機（M社製LXR-2280）により行った。オオムギの播種日は、2010年11月9日および2011年11月4日とし、ダイズの播種日は2010年7月8日および2011年6月24日とした。播種量は、オオムギ0.8kg/a、ダイズ1.0kg/aとした。播種作業機および圃場作業量の算出法は試験1と同様に行った。また、平高畝の高さおよびオオムギ（2010年11月9日播種）の土中茎の白色部分の長さ（2011年2月24日調査、以下白化茎長）を調査した。2011年6月24日に播種したダイズの苗立（同年7月6日調査）について調査した。

試験4 事前耕起の耕起深による作業能率への影響

2011年11月4日に松本小赤圃場において、耕起深設定が作業性におよぼす影響を検討するため、トラクタY社製EG782に装着したチゼルプラウS社製BPS5の作業深さを3段階（12cm、10cm、7cm）に変えた反転12cm区、反転10cm区、反転7cm区および、トラクタM社製MD77にロータリN社製LXR-2280を装着したダウンカットロータリ耕起によるロータリ区を設けた。試験1に準拠し圃場作業量を算出した。耕起後に採取した土壌を2.0cm篩により分別して碎土率を求めた。

結 果

試験1 事前耕起との組合せによる作業能率

事前耕起と組み合わせた耕うん同時畝立て播種作業は、オオムギでは事前耕起なしおよび慣行播種に比べ有効圃場作業時間は8～18%減少し、圃場作業量は19～23%増加した（表4-1）。ダイズでは事前耕起なしと比べるとオオムギと同様であったが、慣行播種に比べそれぞれ38%の増加、27%の減少であった（表4-1）。

表4-1 オオムギおよびダイズの播種作業における作業能率（試験1）

作業	処理	年次	作業面積 (㎡)	作業時間 (分/10a)	有効圃場作業時間 (分/10a)	圃場作業量 (ha/hr)
オオムギ	事前耕起	畝立	2008	1056	26.6	20.9
		畝立	2009	3400	17.9	17.6
		平均		22.2	18.8	0.32
	慣行	畝立	2009	2000	22.9	22.9
		慣行	2009	2036	20.4	20.4
		平均		23.2	18.5	0.33
ダイズ	事前耕起	畝立	2008	2275	30.4	21.0
		畝立	2009	2783	16.0	16.0
		平均		23.2	18.5	0.33
	慣行	畝立	2008	1500	26.8	22.9
		畝立	2009	2028	24.4	22.4
		平均		25.6	22.7	0.27
	慣行	慣行	2008	2000	13.1	12.3
		慣行	2009	1392	18.7	14.6
		平均		15.9	13.4	0.45
	慣行	慣行	2008	2000	13.1	12.3
		慣行	2009	1392	18.7	14.6
		平均		15.9	13.4	0.45

注）オオムギ品種：シュンライ、ダイズ品種：ナカセンナリ

表4-2 事前耕起による耕うん同時畝立て播種機の耕うん爪消耗（試験2）

事前耕起	爪交換耐久目安面積 (ha)	爪交換作業時間
有	16	2時09分59秒
無	6	—

試験2 耕うん爪の消耗

聞き取りによる耕うん同時畝立て播種機の爪交換必要作業時間は約2時間であり、事前耕起との組み合わせによる耕耘爪の耐久面積は約2.6倍と試算された(表4-2)。

試験3 事前耕起による作業能率および苗立ちへの影響

事前耕起方法の違いによる作業時間は、攪拌耕13.4分/10aに比べ反転耕8.3分/10aであり約39%短くなった。耕うん同時畝立て播種の圃場作業量は0.18~0.22ha/hrで、慣行播種の0.17ha/hrに比べ事前耕起(反転耕)の追加により約29%多くなった(表4-3)。播種作業を加えた合計作業時間も、未耕起では24.4分/10aと最も短く、反転耕による事前耕起が行われた場合の圃場作業量0.22ha/hrと未耕起の圃場作業量0.25ha/hrの差は12%であった(表4-3)。反転耕の違いによる平高畝の高さおよびオオムギの白化茎長に差は認められなかった(表4-4)。耕うん同時畝立て播種を行ったダイズの苗立数は慣行播種に比べ多くなり、反転耕の違いによる差は認められなかった(図4-1)。

試験4 事前耕起の耕起深による作業能率への影響

表4-3 事前耕起と播種作業時間(試験3)

事前耕起	播種法	耕起のみ 分/10a	播種 ⁽³⁾ 分/10a	合計 分/10a	圃場作業量 ⁽⁴⁾ ha/h r
反転耕1	畝立播種	8.3 ⁽¹⁾	19.6	27.9	0.22
反転耕2		8.2 ⁽¹⁾	19.6	27.8	0.22
攪拌耕		13.4 ⁽²⁾	19.6	33.0	0.18
未耕起		—	24.4	24.4	0.25
攪拌耕	慣行播種	13.4 ⁽²⁾	20.9	34.3	0.17

(1): 2010~2011年の作業時間の平均値, (2): 2011年秋作, (3): 2010~2011年秋作およびダイズの平均値, (4): 事前耕起と播種作業の計を示す。

表4-4 異なる反転耕作業機の畝高およびオオムギ白化茎長への影響(試験3)

区名	平高畝の高さ cm	白化茎長 cm
反転耕1	9.2±1.2	1.8±0.9
反転耕2	10.9±0.9	2.4±0.9

平均値±標準偏差で示した。

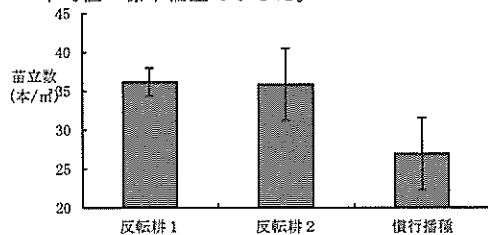


図4-1 異なる事前耕起とダイズの苗立(試験3)
縦棒は標準偏差を示す。

表4-5 耕うん同時畝立て播種の事前耕起によるオオムギ苗立ちへの影響(試験3)

事前耕起	耕起深度 cm	苗立数 ⁽¹⁾ 本/m²	茎数 ⁽²⁾ 本/m²
反転耕1	11.4	208	321
攪拌耕	12.0	172	309
未耕起	—	183	357

(1): 11月21日調査, (2)12月26日調査 供試機械は表1と同様。苗立数および茎数に5%水準で有意差はない(Dunnett法)

作業機種の違いによるオオムギの苗立には有意差は認められなかった(表4-5)。反転耕の耕起深の設定による碎土率および圃場作業量への影響は認められなかったが、攪拌耕に比べ作業能率は倍増した(表4-6)。

表4-6 事前耕起深の違いによる碎土率と作業能率(試験4)

事前耕起法	碎土率 %	作業速度 m/s	作業時間 分/10a	圃場作業量 ha/h
反転12cm	54	0.8	7.6	0.79
反転10cm	52	0.8	6.8	0.88
反転7cm	55	0.9	7.4	0.81
攪拌耕	51	2.3	13.4	0.45

考 察

反転耕による事前耕起は圃場作業量が多く得られる(日本農作業学会 1999a)が、本試験においても攪拌耕と比べ2倍程度の圃場作業量が得られた(表4-6)。このチゼルプラウの高速耕起と耕うん同時畝立て播種を組み合わせた場合、慣行播種体系に比べ、オオムギおよびダイズ作の作付け体系平均として圃場作業量が約30%増加した(表4-3)。これは、青木ら(2012a)が事前耕起により作業速度の適応幅は広がると指摘していることによると考えられる。一方、慣行播種に比べ圃場作業量がオオムギでは19%増加したが、ダイズでは27%減少した(表4-1)。現地試験を行った松本地域の土壌は、ムギ類の播種期には降雨により湿潤条件、ダイズの播種期には乾燥条件となることがあり、土壌条件による耕うん同時畝立て播種の作業能率については検討を要する。また、事前耕起と耕うん同時畝立て播種との組み合わせは、爪消耗の低減効果(表4-2)という新たな知見が得られた。なお、反転耕の耕起深による作業能率への影響は認められなかったが、耕盤のある水田における12cm以下の試験であったことから、牽引抵抗が同程度であったこと(日本農作業学会 1999a)によると考えられる。

2) オオムギ作およびダイズ作における全量基肥および土壌改良資材の施用指標化

ア オオムギ栽培における全量基肥栽培

2年3作輪作体系において、施肥の省力化及び肥料コスト削減のため肥効調節型肥料を用いたオオムギの全量

表5-1 試験区内容及び耕種概要

試験区 及び 耕種項目	2007年度		2008年度		2009年度		2010年度	
	基肥N kg/10a	追肥N %	基肥N kg/10a	追肥N %	基肥N kg/10a	追肥N %	基肥N kg/10a	追肥N %
全量基肥	8.0	0	8.0	0	7.5	0	8.1	0
慣行分肥	4.0	4.0	4.5	4.5	6.0	3.0	6.0	3.0
無窒素	—	—	—	—	—	—	0	0
基肥日	10/25		11/2		10/27		10/21	
追肥日	3/5		3/18		3/19		3/19	
試験場所	八重森園場		八重森園場		小河原園場		小河原園場	
品種	ツルギスノリ		ジュンライ		ファイベースノリ		ファイベースノリ	
播種日	11/1		11/2		10/29		11/6	
収穫日	6/14		6/11		6/9		6/11	

注) 全量基肥肥料は「一畝肥二鳥」(23-15-12、Nの50%がLPS30、残りが速効N)
1区42.5㎡(2007年、2008年)、16.2㎡(2009年、2010年)2反復。

基肥施肥を検討した。

材料及び方法

2007年10月からオオムギ「ファイバースノウ」を八重森圃場において2作、2009年10月からオオムギ「ファイバースノウ」を小河原圃場において2作、表5-1により栽培試験を実施した。供試した全量基肥施用肥料は、30日タイプのシグモイド型被覆尿素を窒素で50%配合した肥料「一施肥二鳥(23-15-12)」(JA全農長野、農試との共同開発)、減肥率を0～17%とした。また、被覆尿素肥料からの窒素溶出は県下3ヶ所(須坂市小河原圃場、松本市岡田圃場、伊那市美簗圃場)において、2010年10月～2011年6月に埋込試験を実施した。栽培試験は1区42.5㎡(2007年、2008年)、16.2㎡(2009年、2010年)、2反復とした。

結 果

全量基肥施肥に用いる被覆肥料の圃場埋込試験により窒素溶出経過を調べたところ、いずれの地域でも播種翌年の2月までは窒素溶出がほとんどなく、3月以降に急速に溶出して収穫時期にはおおむね90%程度の溶出率に達した(図5-1)。

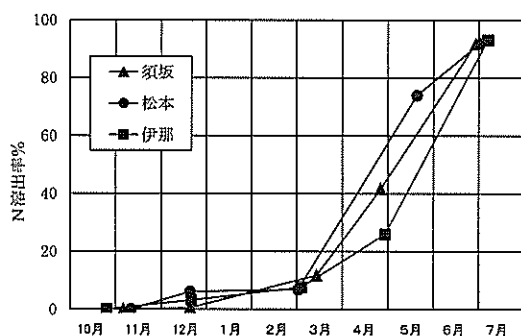


図5-1 被覆尿素 (LPコートS30) の窒素溶出 (2010年)

表5-2 全量基肥施肥したオオムギの生育経過

年次	試験区	越冬前		越冬後		止葉展開期		成熟期	
		草丈cm	nd数	草丈cm	nd数	草丈cm	nd数	草丈cm	nd数
2007年産	全量基肥	9	220	18	747	39	867	82	4.6
	慣行分施	8	167	17	527	41	863	83	4.6
2008年産	全量基肥	7	102	8	341	31	700	84	4.9
	慣行分施	7	115	8	415	32	787	89	4.6
2009年産	全量基肥	8	193	13	837	40	683	92	4.8
	慣行分施	8	213	12	733	41	665	89	4.6
2010年産	全量基肥	7	175	8	405	41	550	77	4.2
	慣行分施	7	223	8	447	45	588	79	4.2
	無窒素	7	167	7	347	38	347	72	4.2

注) 越冬前は12月中旬頃、越冬後は3月上旬、止葉展開期は4月中旬頃に調査した。

表5-3 全量基肥施肥したオオムギの収量調査結果

年次	試験区	全量		子実収量		千粒重	容積重
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	慣行比		
2007年産	全量基肥	1,119	552	568	93	n.s.	
	慣行分施	1,340	731	608	(100)		
2008年産	全量基肥	1,470	682	788	95	n.s.	45.8
	慣行分施	1,512	680	832	(100)		44.9
2009年産	全量基肥	1,150	579	571	97	n.s.	38.7
	慣行分施	1,178	588	589	(100)		38.4
2010年産	全量基肥	961	468	407	103	n.s.	41.9
	慣行分施	897	418	395	(100)		41.3
	無窒素	584	286	246	62	*	41.8

注) 慣行分施に対して*: 1%, *: 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし(Dunnnett検定)を示す。

表5-4 全量基肥施肥したオオムギの蛋白含有率

試験区	2010年産子実 (%)
全量基肥	9.1
慣行分施	9.2
無窒素	7.2

注) N含有率に5.83を乗じて算出した。

表5-5 全量基肥施肥したオオムギの子実品質 (%、2010産)

試験区	硝子質粒	半硝子質粒	粉状質粒	硝子率	空洞粒
全量基肥	5.2	89.0	5.7	49.7	3.6
慣行分施	6.6	91.3	2.2	52.2	5.4
無窒素	3.1	82.6	14.0	44.4	4.2

注) 品質判定機ケットRN840 (JA全農長野) で測定した。

表5-6 全量基肥施肥したオオムギの窒素吸収経過

年次	試験区	N含有率%			N吸収量kg/10a		
		越冬後	止葉展開期	成熟期	越冬後	止葉展開期	成熟期
2009年産	全量基肥	2.60	1.00	0.10	3.5	3.4	1.5
	慣行分施	2.20	1.20	0.10	2.4	3.6	1.4
2010年産	全量基肥	5.06	0.24	1.47	0.6	1.3	7.6
	慣行分施	4.84	0.19	1.41	1.2	1.0	8.6
	無窒素	4.55	0.18	1.16	0.4	0.6	4.7

全量基肥施肥したオオムギの生育は、年次により差が大きく、設定した施肥条件では茎数がやや少なく推移したが、おおむね目標とする400～500本/㎡の穂数に達した。また、稈長、穂長では慣行分施との差はみられなかった(表5-2)。収量は、気象条件等の影響により年次間差が大きかった。また、無窒素は穂数不足により大きく減収して200kg/10a台であった。これに対して、全量基肥施肥の生育量(全重、稈重)は慣行分施と差がなく子実収量は407～788kg/10aであり、各年次の減肥率等を考慮すると慣行施肥並みの収量が得られた。また、千粒重、容積重も慣行分施と差がなかった(表5-3)。

近年、硝子質粒、空洞粒の発生が問題になっているが、硝子質粒の発生割合も慣行分施と比較して同等であり、硝子質粒の発生要因の一つのタンパク質含有率も慣行分施と差はなかった。また、空洞粒率も慣行分施と比較して同等～やや低かった(表5-4、表5-5)。

作物体の窒素含有率、窒素吸収量は年次による変動がみられたが、全量基肥施肥の窒素吸収量は慣行分施と同程度であった(表5-6)。

考 察

ムギ栽培では、収量と品質の確保のため追肥技術が重要であるが、適期に実施できない場合や追肥労力が確保できない場合が多い。このような対策として、全量基肥施肥用肥料の有効性が示された。被覆尿素は本県の気象条件を考慮して30日タイプを使用したのが、おおむね他県の試験事例と同様の結果が得られた(神崎ら2010)。また、当試験では慣行対比0～17%の減肥条件において栽培試験を実施したが、肥効率向上のほか土壌肥沃度を考慮した減肥が可能であると考えられる。なお、近年、問題となっている硝子質粒率、空洞表に対しても調査を行い問題がない結果を得ているが、ムギ栽培は気象による影響が大きいため、これら品質の観点からの検討を更に

行い、県産ムギの評価を高めることが必要である。

当研究課題は省力化のほか、生産コストの低減も目的としている。しかし、当試験では窒素以外の肥料等については検討を加えなかったが、更なる肥料コストの削減のため、近年、圃場によっては適正レベル以上に達しているリン酸、石灰等の成分や土づくり資材等の削減施用方法についても検討を加える必要がある。

イ 2年3作体系のオオムギおよびダイズ作における土壌改良資材の低減

水稻・ムギ・ダイズの2年3作の輪作体系の省力・低コスト栽培では、水田転換する場合の物理性や化学性等の改良のほか施肥診断が重要である(石川 1984)。近年、輪作体系の長期化により石灰質資材等の施用履歴のある圃場が多くなり、土壌中の特定成分が適正量に達している事例が多い(長野県 2012)。松本小赤圃場では、石灰は過剰である反面、苦土は不足しており、この苦土の補給と土壌酸度の矯正に重点を置いた安価な土づくり方法を検討した。

材料及び方法

県内で一般的に行われている水稻栽培後に慣行の苦土炭カルスの多量施用に替えて、松本小赤圃場において水酸化苦土の少量(120kg/10a→20kgで苦土量は同量施用となる)をオオムギの耕起時に施用し、オオムギおよび次作ダイズの栽培試験を実施した。オオムギの品種は「シュンライ」、播種日は2009年10月30日(耕うん同時畝立て播種)、基肥窒素は7.8kg/10a、追肥は翌年3月21日にN8.4kg/10a、収穫は6月14日である。次作ダイズの品種は「ナカセンナリ」、播種日は2010年6月21日(耕

うん同時畝立て播種)、基肥窒素は2kg/10a、収穫は11月11日である。試験区は1区約300㎡～約700㎡2反復で実施した。なお、ダイズ栽培前は時間的な制約や過去の土壌分析結果により施用を省略した。

室内培養実験として、土壌改良資材の種類(苦土炭カルス、水酸化苦土)、施用量(0～100mg/土壌10gの6段階)を変えて、県内の代表的な3種類の土壌(細粒灰色低地土、礫質灰色低地土、多湿黒ボク土)に添加し、30℃で3週間畑培養を行った。調査は、試験開始時、1週間培養後、3週間培養後に土壌酸度(pH)を測定した。また、土壌酸度(pH)測定時に10%塩化カリウム水溶液を添加して土壌の無機窒素を抽出して測定し、地力窒素発現量を求めた。

結 果

オオムギおよび次作のダイズの栽培試験では、苦土炭カルスの多量施用を水酸化苦土の少量施用に替えても両作物とも生育量の低下はほとんどなく、収量はオオムギA圃場493kg/10a、B圃場431kg/10a、ダイズA圃場213kg/10a、B圃場403kg/10a得られた。そして、オオムギの容積重、ダイズの子実タンパク質含有率、外観品質の低下も見られなかった(表6-1)。また、苦土炭カルスの多量施用を水酸化苦土の少量性に变えたことによる土壌酸度への影響は、栽培後土壌の分析値には明確には現れなかった(表6-2)。一方、添加量を増やした室内培養試験では、水酸化苦土添加は苦土炭カルスより早期に効果が発現し、少量でも大きな矯正効果が確認できた(図6-1)。なお、オオムギ跡地(ダイズ栽培前)とダイズ跡地の土壌分析結果を比較すると、ダイズ栽培前後での可給態リン酸や交換性陽イオンの減少量は大きくなかった

表6-1 土壌改良資材を施用したオオムギおよび次作ダイズの生育・収量(2010年)

播種機 (圃場)	土改材	オオムギ生育				オオムギ収量				ダイズ生育		ダイズ収量				
		身長 cm	穂長 cm	穂数 /㎡	稈重 kg/10a	子実重 kg/10a	千粒重 g	容積重 g/L	主茎長 cm	茎数 /㎡	全重 kg/10a	子実重 kg/10a	百粒重 g	子実蛋白 %	外観品質	
A圃場	苦土炭カルス	82.8	3.7	285	375 ab	421 ab	40.0 n.s.	676 n.s.	63.9	23.9	784	196	22.4	41.9	3等	
	水酸化苦土	87.9	3.9	358	429 a	493 a	37.9	690	64.2	29.4	830	213	21.8	42.3	3等	
	無施用	80.3	3.5	285	350 b	397 b	39.8	697	64.4	24.7	750	222	26.2	42.1	2等	
B圃場	苦土炭カルス	87.2	3.5	333	353 n.s.	374 n.s.	39.7 n.s.	678 n.s.	65.7	24.9	885	446	29.0	39.4	2等	
	水酸化苦土	88.7	3.7	417	410	431	38.9	696	71.0	20.1	844	403	26.6	38.7	2等	
	無施用	85.4	3.4	317	364	376	39.6	691	68.1	21.7	828	406	28.8	40.3	2等	
分散分析		土改材										n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
		播種機										n.s.	**	n.s.	*	

注)オオムギはTukey法で異文字間で5%水準の有意差あり。ダイズは分散分析で**：1%、*：5%水準の有意差あり。

前作のオオムギ前に土壌改良資材を施用し、ダイズ前には無施用。

ダイズはA圃場で湿害、干害等の影響により減収。

表6-2 オオムギおよびダイズ栽培跡地土壌の理化学性(2010年)

播種機	土改材	オオムギ跡地土壌						ダイズ跡地土壌					
		pH	可給P ₂ O ₅ mg/100g	交換K ₂ O mg/100g	交換CaO mg/100g	交換MgO mg/100g		pH	可給P ₂ O ₅ mg/100g	交換K ₂ O mg/100g	交換CaO mg/100g	交換MgO mg/100g	
A圃場	苦土炭カルス	6.4	42.8	6.3	215	42.0		6.5	35.2	20.9	335	52.0	
	水酸化苦土	6.4	37.8	7.7	197	45.1		6.5	34.7	17.8	241	50.9	
	無施用	6.4	41.7	10.1	278	43.5		6.5	31.9	19.5	238	43.3	
B圃場	苦土炭カルス	6.6	43.1	10.0	227	44.5		6.8	39.7	23.1	308	57.7	
	水酸化苦土	6.3	36.8	10.2	163	38.3		6.8	33.5	18.9	215	42.2	
	無施用	6.5	44.8	12.6	201	42.4		6.8	32.8	27.5	249	47.4	
適正範囲		6.5-7.0	10-30	35-42	231-290	60-76		6.0-6.5	10-30	22-37	187-245	48-64	
過不足		-	+	-	○	-		+	○	○	○	○	

注)土壌養分の適正範囲は土壌条件により異なる。過不足はの○：ほぼ適性、+：過剰、-：不足。

(表 6-1)。

また、室内培養試験では、地力窒素発現量に対してもアルカリ効果と考えられる土壌改良資材の効果が現れ、苦土炭カルより速効性の水酸化苦土の方が培養窒素量は早期に増加した(図 6-2)。

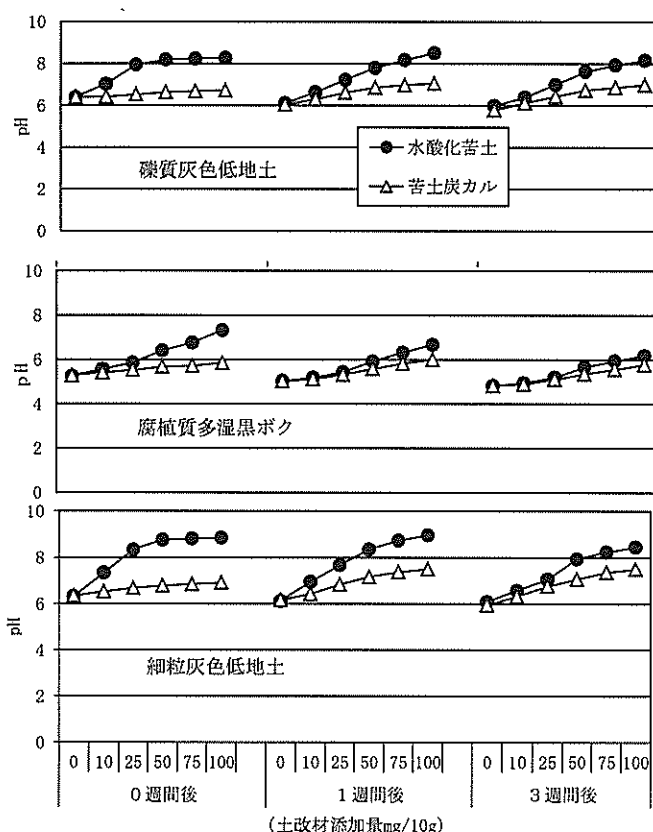


図6-1 室内実験による土壌改良資材の土壌酸度矯正効果 (2011年)

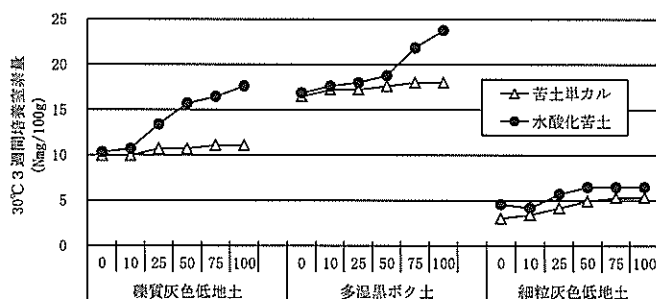


図6-2 室内実験による土壌改良資材の地力窒素発現量への影響 (2011年)

考 察

慣行の苦土炭カルの多量施用を水酸化苦土の少量施用に替えても生育、収量、品質の低下はみられなかったため、施肥方法の変更による悪影響はないと考えられる。なお、オオムギは両圃場とも同程度の収量レベルであったのに対し、ダイズはA圃場の方が収量レベルは低かったが、この原因は土壌肥沃度や播種機械の違い等によると考えられる。また、土壌理化学性では、オオムギよりダイズの方が土壌養分の適正範囲のレベルが低い(「長

野県土壌診断システム Dr. 大地」の診断基準)ため、ダイズ栽培前の土壌改良資材を省略してもダイズ作には悪影響は生じなかった。このため、土壌診断によって土壌養分の現状把握を行うことを原則とするが、この施肥は近年増加している交換性石灰等過剰(充足)圃場においては有効な技術であり、資材費も10a当り2,000円程度削減され、省力低コスト技術として有望と考えられる。また、輪作体系でも、水稻栽培期間の酸度矯正はほとんど必要なく、ムギ等の畑期間でのみ酸度矯正が必要であることから、ムギ栽培時の早急な酸度矯正の効果発現にも水酸化苦土は適していると考えられる。

このほか、水酸化苦土のアルカリ効果により地力窒素発現量が増加することにより、生育、収量に対してもプラスの効果が期待できる。

これらを総合すると、現地ではオオムギ収穫からダイズ播種までの間に時間的な余裕がないことに加え、ダイズ播種前の土壌改良資材省略による土壌養分量への影響がほとんどないことや、水酸化苦土による酸度矯正効果の高さ(効果の大きさ、効果発現の速さ)およびアルカリ効果の発現が見込まれることから、土壌改良資材の施用はオオムギ栽培前の水酸化苦土の少量施用のみでよいと考えられる。

3) 2年3作体系のダイズ作における雑草防除体系 ア リビングマルチによる雑草抑制技術

2年3作体系は、連作に比べ雑草発生量が少ないものの、輪作回数の増加に伴い、雑草発生量は増加傾向である。これに対応して、除草剤の体系処理が行われ、生産コストは増加している。ダイズの無中耕栽培において、ムギをダイズと同時に条播することにより中耕除草や除草剤を省略できりリビングマルチ栽培(東北農研2008)があり、生産費や労働費の削減が期待できる。そこで、本体系で生産されるムギ類をリビングマルチとして活用し、除草剤代替によるコスト低減を検討した。

材料及び方法

松本小赤圃場において、2008年6月27日に播種条間40cm、播種量8kg/10aとして耕うん同時直立播種法により「ナカセンナリ」を播種した。雑草防除区は、リビングマルチとしてオオムギ10・20・30kg/10a(以下LM10, LM20, LM30)をそれぞれ播種前に全層散布し、ベンタゾン液剤(播種41日後、以下be)と組合せ、慣行のベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニユロン乳剤(播種後、以下th)およびベンタゾン液剤(播種41日後)とし、無処理区と比較した。1区50㎡、無反復とした。

八重森圃場の転換畑および水稻・オオムギ後圃場にお

いて、2008年6月25日および7月3日に「タチホマレ」を播種した。播種法および条間は、耕うん同時畝立て播種では42cmおよび34cm、慣行播種では40cmとして比較した。また、雑草防除体系の比較として、リビングマルチのみ、リビングマルチおよび生育期茎葉処理型除草剤、土壌処理型除草剤および育苗期茎葉処理型除草剤、無処理区を設けた。リビングマルチとして、転換畑ではオオムギを用いて1kg/aを条播（以下LM）し、水稻・オオムギ後圃場では、コムギを用い1kg/a(以下LM10全)および5kg/a(以下LM50全)の散播、1kg/a(以下LM10条)および5kg/a(以下LM50条)の条播を行った。土壌処理型除草剤として、播種後にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン乳剤を薬量600ml/10aとし、生育期茎葉処理型除草剤として転換畑では播種29日後にクレトジム乳剤（以下CI）を薬量50ml/10aとし、水稻・オオムギ後圃場では播種40日後にペンタゾン液剤を薬量100ml/10aとし、いずれも水量100ml/10aとして処理した。1区11～15㎡、2反復とした。

結 果

松本小赤圃場では、前作であるオオムギが全区に自然発生し、リビングマルチのオオムギと合わせて播種1ヶ月後には最大で風乾重74g/㎡の発生量となったが、雑草が風乾重50g/㎡以上発生しており、雑草抑制の効果は認められなかった。無処理区では雑草害によりが約7割の減収に至った（表7-1）。

八重森圃場の転換畑圃場では、全区でイヌビエが多発生し、播種29日後の雑草被度は8割程度に達したが、土壌

処理型除草剤の効果不足と考えられる。また、オオムギは耕うん同時畝立て播種では15～27g/㎡、慣行播種では0g/㎡と発生量が少なかった（表7-2）。播種29日後にクレトジム乳剤を処理したところ、播種65日後の雑草風乾重は、リビングマルチ各区は無処理区に比べ小さく、稿畝同時畝立て播種の条間32cm区では、11g/㎡の残草量だが無処理対比3%と最小であった（表7-2）。八重森圃場の水稻・オオムギ後圃場では、リビングマルチの発生が少なく、播種39日後の風乾重が条播では30～109g/㎡、散播では16～26g/㎡であり、条播では播種量に応じた発生量となったが、散播では逆であった（表7-3）。雑草の主要種はイヌビエであり、リビングマルチ区の残草量は、播種25日後には無処理区対比45～80%、播種39日後には66～103%と抑草効果は低かった（表7-3）。

考 察

ダイズ作におけるリビングマルチについては、オオムギを条播しリビングマルチとした無中耕栽培において高い抑草効果を得られ（三浦ら2003）、抑草効果を得るためにムギの最大時地上部乾物重を200g/㎡を目標とするが、タデ類やノビエ類に対して効果が劣る（東北農研2008）ことが報告されている。本研究では、播種1ヶ月後のリビングマルチムギ類の風乾重は、松本小赤圃場では26～74g/㎡（表7-1）、八重森圃場では転換畑で0～27g/㎡（表7-2）、水稻・オオムギ後圃場において14～98g/㎡（表7-3）と発生量が少なかったこと、雑草主要種がいずれの圃場においてもイヌビエであったことから、抑草効果が低かったと考えられる。東北農研（2008年）は、

ダイズの播種期は5月下旬であり、リビングマルチムギの播種量は8～10kg/10aとしているため、本研究のムギ後晩播とは気象条件が異なることもあり、主要種が広葉雑草の条件での再検討が必要である。

表7-1 松本小赤圃場におけるリビングマルチによるダイズおよび雑草の生育（2008年）

処理 ¹⁾	播種32日後						播種75日後						子実重
	ダイズ		オオムギ		雑草		ダイズ		雑草		主要種		
	被度 ²⁾	風乾重	被度 ²⁾	風乾重	被度 ²⁾	風乾重	被度 ²⁾	風乾重	被度 ²⁾	風乾重			
	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)	(g/㎡)			
th+be	19%	116	5%	24	0%	6	イヌビエ	1628	27	イヌビエ、エノキグサ	242		
LM10+be	28%	121	3%	26	16%	65	イヌビエ、シロザ	127	110	イヌビエ、アメリカセンダングサ	108		
LM20+be	17%	83	5%	74	11%	53	イヌビエ	131	149	イヌビエ、シロザ、メヒシバ	100		
LM30+be	17%	88	0%	35	16%	51	シロザ、イヌビエ	137	66	イヌビエ、シロザ	76		
無処理	17%	99	1%	26	17%	63	イヌビエ、シロザ	101	159	シロザ、イヌビエ、メヒシバ	70		

1) 被度は遠視による

表7-2 八重森・転換圃場におけるオオムギリビングマルチによるダイズの生育と収量（2008年）

処理		播種後29日						播種後47日		播種後65日		主茎	分枝	主茎	子実	
播種 法	条間 法 (cm)	ダイズ		オオムギ ¹⁾		雑草		ダイズ 雑草		ダイズ 雑草		長	数	節数	重	
		被度	風乾重 (g/㎡)	被度	風乾重 (g/㎡)	被度	風乾重 (g/㎡)	被度	被度	被度	被度	(cm)	(本)	(節)	(g/10a)	
畝立	40	LM+C1	18%	53	0%	27	83%	207	99%	1%	413	46	59	6.2	12	315
畝立	32	LM+C1	20%	75	0%	15	80%	204	85%	5%	751	11	64	6.3	12	304
慣行	40	LM+C1	19%	60	0%	0	81%	209	97%	3%	288	33	57	5.5	12	357
慣行	40	Th+C1	21%	62	0%	0	78%	262	95%	2%	829	60	60	5.2	12	379
慣行	40	無処理	13%	36	0%	0	88%	279	23%	78%	295	320	66	5.3	11	157

1) 前作オオムギ発生個体とリビングマルチ播種個体の計

注1) 主要雑草種はイヌビエ

表7-3 八重森・水稻オオムギ後圃場における耕うん同時畝立て栽培でのコムギリビングマルチによるダイズ、雑草の生育（2008年）

除草法	播種25日後								播種39日後								播種76日後				子実重 (kg/10a)
	ダイズ		オオムギ ¹⁾		コムギ ²⁾		雑草 ³⁾		ダイズ		オオムギ ¹⁾		コムギ ²⁾		雑草 ³⁾		ダイズ雑草		主要種		
	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)	被度	風乾重 (g/m ²)			
th+be	23%	80	0%	3	0%	0	0%	0	85%	260	0%	9	0%	0	0%	0	1157	0	—	388	
LM10条+be	22%	44	0%	0	10%	17	10%	11	72%	143	0%	0	3%	30	18%	33	913	56	—	347	
LM50条+be	21%	70	0%	1	12%	98	0%	7	80%	192	0%	2	3%	109	3%	35	905	22	イヌビエ、メヒシバ	327	
LM10散+be	17%	65	0%	0	6%	32	1%	9	75%	176	0%	1	1%	26	12%	23	848	18	スベリヒユ、イヌビエ	396	
LM50散+be	21%	73	0%	0	6%	14	5%	13	80%	210	1%	4	2%	16	12%	22	866	131	メヒシバ、スベリヒユ	360	
無処理	30%	78	3%	9	0%	0	4%	17	80%	252	0%	31	0%	0	15%	34	1183	66	イヌビエ、メヒシバ	328	

1) 前作発生個体、2) リビングマルチ播種個体、3) 播種後25日・39日の主要種はイヌビエ

イ 雑草発生草種に応じた除草剤体系

2年3作体系におけるダイズ作では、土壌処理型除草剤としてリニュロン含有剤と生育期茎葉処理型除草剤の体系が広く行われているが、低コスト化のため雑草の発生動態に応じた薬剤選択、処理適期を検討した。

材料及び方法

松本小赤圃場において、2009年に無処理

区を1圃場当たり13㎡設け、4圃場におけるダイズ播種後から34日後までの雑草の草種および出芽数を調査した。調査は、1圃場当たり0.25㎡のコドラートを2箇所設けた。また、2008～2011年にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン水和剤を薬量600ml/10a（以下同一量）とし、リニュロン水和剤を薬量200g/10aとして播種後処理し、播種1ヶ月後に各処理区および無処理区の雑草発生量を調査した。

2010年に松本小赤圃場および八重森圃場において、除草剤処理区、12～20㎡の無処理区を設け、除草剤の効果を比較した。土壌処理型除草剤は、ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン水和剤を播種後処理した。松本小赤圃場では、1圃場において「ナカセンナリ」を播種量8kg/10aとして6月25日に耕うん同時畝立て播種した。播種34日後にベンタゾン液剤を薬量150ml/10a（以下同一薬量）として茎葉処理した。残草量調査は、播種34日後および78日後にダイズ播種条間および平高畝の隣接条間において、0.25㎡内の発生個体を3箇所から採取した。八重森圃場では1区50㎡、2反復として「つぶほまれ」を播種量10kg/10aとして、6月26日に耕うん同時畝立て播種した。播種34日後にベンタゾン液剤およびキザロホップエチル水和剤を薬量300ml/10aとして茎葉処理した。八重森圃場では松本小赤圃場と同様に1区当たり0.25㎡内の発生個体を2箇所から採取した。

結 果

松本小赤圃場では、無処理区における播種後1ヶ月のイネ科雑草の発生は4個体/㎡で、シロザ、イヌビユ、ホソアオゲイトウ等の広葉雑草は600個体/㎡以上の多発条件であった（図8-1）。土壌処理型除草剤を処理することにより、播種後1ヶ月間程度は雑草発生を抑え、リニュロン水和剤とベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン水和剤の効果に有意差は認められなかった（図8-2）。

八重森圃場では、イネ科雑草が優先し、播種34日後にイネ科対象剤を処理することで、残草量は

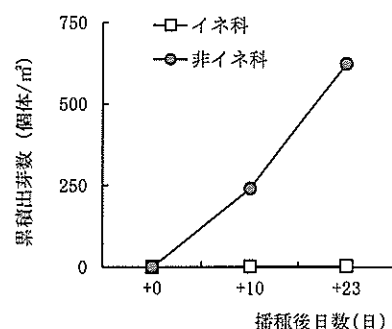


図8-1 土壌処理型除草剤無処理条件における雑草の出芽パターン(2009年)

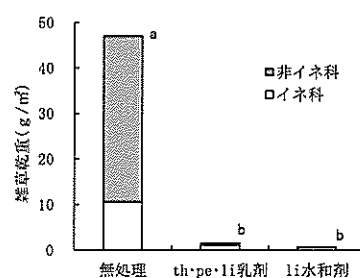


図8-2 松本小赤圃場における播種1ヶ月後の除草剤による雑草生存量
生育期茎葉処理型除草剤処理前の播種後1ヶ月における雑草発生量
無処理：2009～2011年平均値、th・pe・li乳剤：ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン水乳剤（2008～2011年平均値）、li水和剤：リニュロン水和剤（2010～2011年平均値）
イネ科および非イネ科の雑草量計に異符号間には5%水準で有意差がある（Dunnett (T) 法）

1.2g/㎡以下であった（図8-3）。両圃場とも、播種1ヶ月後の隣接条件における残草量が播種条間に比べて多かったが、生育期茎葉処理型除草剤を体系処理することにより、播種条間および平高畝の隣接条間における残草量は同程度まで低下した（図8-3）。

考 察

転換畑に発生する雑草は、水田から畑地への転換により水生雑草主体から湿生あるいは乾生雑草主体へと急激に変化し、3年目程度で普通畑に類似した群生となるが（野口ら1994b）、2年3作体系をとる松本小赤圃場では広葉雑草が優占種であった。これは土壌水分が常に高い状態ではない礫質灰色低地土において、この体系を繰り返したために、発生草種が変化してきたと考えられる。このことから広葉雑草が優先している圃場の除草剤体系として、播種後のリニュロン水和剤、播種1ヶ月後のベンタゾン液剤が適応できる。一方、イネ科雑草が優先し、多発条件の八重森圃場においても播種1ヶ月後のキザロホップエチル水和剤の体系により高い防除効果を得た。このように雑草の発生草種に応じて土壌処理型除草剤および生育期茎葉処理型除草剤を選択し、播種1ヶ月後を適期とした生育期茎葉処理型除草剤を処理することにより、コスト低減による安定的な雑草防除が可能と考えられた。

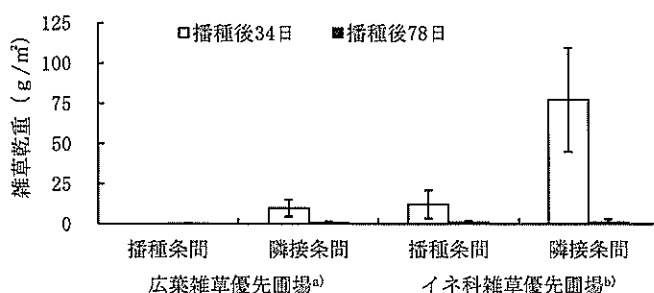


図8-3 雑草草種に応じた生育期茎葉処理型除草剤選択の効果(2010年)
ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン水乳剤（播種後）＋生育期茎葉処理型除草剤（播種後34日）、播種条間は平高畝床面上のダイズ播種条間（40cm）、隣接条間は隣接する平高畝の条間（50cm）
a)：松本小赤圃場・広葉雑草対象生育期剤処理、b)：八重森圃場・イネ科および広葉対象生育期剤処理
縦棒は標準偏差を示す。

3. 水稻の湛水直播栽培における低コスト栽培技術の確立

1) エアーアシスト条播機の播種作業能率

水稻・麦・大豆の2年3作体系においては、水稻の移植栽培から直播栽培への切り替えによる低コスト・省力化が経営体の高収益化にとって大きな課題となる。そこで本試験では、異なる水稻湛水直播作業機の作業能率を明らかにし、高能率技術の検証を行う。

材料及び方法

2008年に長野圃場、2009～2011年に松本小赤圃場において、散布ノズルからの風圧により種子を繰り出し土中播種を行う機構を有した直播機（帖佐ら 2007, 2008, 以下エアーアシスト条播機）を供試した。比較として2009年および2011年に、隣接圃場において、高精度条播機を用いた播種作業および慣行田植機を用いた移植作業を行った。供試機の作業幅は、エアーアシスト条播機が10m、高精度条播機が2.4m、田植機が1.8mであった。調査は圃場毎に目視により作業内容の観察を行い、作業時間を計測した。計測した作業時間は、作業内容により作業、旋回、枕地作業、補給、調整に分類し、分類した作業時間の内訳から補給・調整の割合を除いた実作業時間を求め、圃場作業量（農作業学会 1999b）を算出した。

結 果

エアーアシスト条播機の実作業時間は、長野圃場では4.0分/10aであった（表9-1）。松本小赤圃場では6分/10aで、高精度条播機の9.7分/10aに比べ39%少なかった。

表9-1 エアーアシスト条播機の作業能率（2008年）

作業面積 m ²	作業時間 (h:m:s)	作業時間内訳 %					実作業時間 (分/10a)	圃場作業量 (ha/hr)
		作業	枕地	旋回	調整	補給		
1400	0:16:38	19.2	1.8	12.6	6.2	60.1	4.0	1.50

1) 実作業時間は作業時間から（種子補給+調整）を除いて算出した。

圃場内への侵入や移動時間は未計測

表9-2 水稻直播栽培の播種作業能率

機種	年次	圃場面積 (m ²)	作業時間 (分)	補正值	
				実作業時間 (分/10a)	圃場作業量 (ha/hr)
エアーアシスト条播機	2010	3000	61.2	7.2	0.84
	2011	2457	18.8	4.9	1.22
	平均	—	—	6.0	1.03
高精度条播機	2009	3783	36.9	9.4	0.64
		2499	28.1	10.5	0.57
	2011	2040	36.2	9.1	0.66
	平均	—	—	9.7	0.62
田植機	2009	1237	42.7	—	—
	2011	2372	91.4	—	—
	平均	—	—	—	—

注) エアーアシスト条播機および高精度条播機の作業時間は実測値。補正值の実作業時間および圃場作業量は試験に関する調整等を除外して求めた。田植機はY社製（5条）。

松本小赤圃場の圃場作業量は1.03ha/hrで、高精度条播機の0.62ha/hrに比べ40%多かった（表9-2）。

考 察

エアーアシスト条播機の圃場作業量は、走行速度を0.8m/s、圃場作業効率を70%と仮定した場合には2.0ha/hr（帖佐ら 2009b）となる。松本小赤圃場では、1.03ha/hr（表9-2）だったが、青木ら（2012b）は平均作業速度が0.6m/s、クローラ型トラクタを用いスリップ率を3～5%程度に低減できれば2ha/hr程度までの拡大が可能とされていることから、トラクタおよび土壌条件による影響の検討も課題である。一方、14aの小区画である長野圃場では、圃場が短辺20m、長辺70mであったために1往復作業により圃場作業量1.5ha/hr（表9-1）を示したと考えられた。田植機の5倍以上の作業幅となるエアーアシスト条播機は、圃場形状に応じた播種散布幅の調節による効率的な作業工程の検討も必要である。

2) 代かき期および播種散布幅と出芽深度

水稻栽培における低コスト技術として、湛水直播は重要な技術だが、大規模経営体では一層の作業能率の向上が求められている。そこで、播種作業において、1.0ha/hr以上の高能率播種作業が可能なエアーアシスト条播機（18馬力のホイール型トラクタ（Y社製F-7H）に装着、以下AA機）を用いて、播種散布幅、代かき時期と播種時の土壌硬度、播種時の水深が及ぼす播種深度への影響を異なる土壌条件において検討した。

表10-1 試験条件

圃場	試験名	播種期 (年.月.日)	代かき期 (播種期から)	播種時水深 (mm)	播種作業幅 (m)
八重森	試験1	2009.05.12	5日前、1日前	20	5.0、10.0
	試験2	2010.05.11	5日前、1日前、当日	0～10	5.0
	試験2	2011.05.11	5日前、3日前、1日前	20～30	5.0
	試験2	2011.05.12	1日前	0	5.0
	試験3	2010.05.13	1日前	0、10、50	5.0
松本小赤	試験4	2009.10.23	3日前、1日前、当日	0、50	5.0
	試験5	2010.05.06	1日前	10～20	7.5
	試験5	2011.05.10	1日前	10～20	10.0

材料及び方法

試験は、表10-1の条件により行った。「コシヒカリ」ワカルパー粉粒剤16湿粉衣種子（以下カルパー種子）を供試し、カルパー種子の製造から播種までは9℃恒温機で保存した。また、播種直前の土壌表面硬度（以下土壌表面硬度）は、代かき土壌にゴルフボールを田面より1m高から自然落下させ、ボール上面が田面より露出した高さ（プラス数値）および埋没した深さ（マイナス数値）で示した。

試験1 代かき作業と播種作業の間隔および播種散布幅

試験は、八重森圃場において2009年に行った。代かき作業は播種11日前および第1表に示す時期の2回行った。

5月12日に播種時の水深を2cm程度とした圃場にAA機でカルパー種子を播種した。播種散布幅は5m（片側5mのブームの先端2.5mへの送風を止めて散布幅を狭めた物）と10m（通常の設定）の2条件とした。また、播種後10日間は落水管理を行った。圃場内に1区当たり25㎡の試験区を3反復設置し、播種28日後に1反復当たり2箇所1m間の苗立ち個体を掘り上げて調査した。

試験2～4

2009～2011年に八重森圃場および松本小赤圃場において、代かき作業と播種作業との間隔、播種時の水深について検討した。代かき作業は、播種3～7日前および第1表に示す時期の計2回行った。播種後は、八重森圃場では8～9日間、松本小赤圃場では5～6日間の落水管理を行った。

試験2 代かき作業と播種作業との間隔

試験は、八重森圃場で実施した。代かき作業を3時期に設定し、2010年5月11日および2011年5月12日に播種した。2010年には1区当たり25～43㎡の試験区を3反復設置し、播種23日後に1区当たり3箇所から50cm×50cm内の苗立ち個体を採取し、白化茎長を調査した。また、2011年には1区当たり30㎡の試験区を3反復設置し、播種28日後に1区当たり3箇所から50cm×50cmの苗立ち個体を採取し、白化茎長を調査した。

試験3 播種時の水深

試験は、八重森圃場で実施した。播種時の水深を3条件に設定し、土壌表面硬度が19mmの圃場に2010年5月13日に播種した。圃場内に1区当たり25㎡の試験区を2反復設置し、播種21日後に1区当たり3箇所から50cm×50cm内の苗立ち個体を採取し、白化茎長を調査した。

試験4 現地圃場における代かき作業と播種作業との間

隔および播種時の水深

試験は、松本小赤圃場において2009年に実施した。カルパー種子は30℃24時間の加温処理を行った。土壌条件を精密に再現するため1回目の代かき作業後に1m×1mのプラスチック製段ボール枠で3反復の試験区を設置し、約10cmの湛水状態とし、代かき条件を設定するための2回目の代かき作業は、試験区枠内を各設定期日に土壌均し器を用いて手作業で行った。播種直前に試験区内の水深条件を設定し、10月23日に播種した。播種後はプラスチック製段ボール枠を除去し、播種後32日間の落水管理を行った。播種32日後に30cm×60cm×深さ10cmの落水状態の土壌をプラスチック製容器に播種状態を保ったまま採取し、23℃設定のガラス温室に静置し、適宜、灌水を行った。播種47日後に土壌表面から約5mm毎に層状に土壌を除去し、出芽個体の白化茎長および未出芽種子の埋土深を調査した。

試験5 現地圃場における苗立ちの特徴

試験は、松本小赤圃場の2圃場において実施した。カルパー種子は、30℃24時間の加温処理を行い、2010年5月6日および2011年5月10日に播種した。調査は2010年には播種28日後に同一播種工程内の横列3箇所の50cm×50cmの苗立ち個体を2箇所より掘り上げ、圃場内の3地点より掘り上げて行った。また、2011年には播種24日後に50cm×50cm内の苗立ち個体を5箇所より掘り上げて行った。

結 果

試験1 代かき作業と播種作業の間隔および播種散布幅
八重森圃場において、エアアシスト条播機の散布幅5mおよび10mとして播種したところ、苗立率は土壌

表10-2 播種作業幅および代かき期による苗立ち（八重森圃場）

散布幅・ 代かき期	苗立率 (%)	白化茎長 (mm)	土壌表面硬度 (mm)
10m・1日前	82 ± 1.7	2.0 ± 0.4	-34
10m・5日前	69 ± 5.2	2.2 ± 0.8	-18
5m・1日前	90 ± 1.7	2.7 ± 0.8	-34
5m・5日前	75 ± 8.6	2.3 ± 0.4	-18

苗立率・白化茎長：数値は平均値±標準誤差を示す。

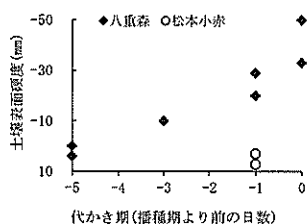


図10-2 異なる土壌条件における土壌表面硬度と代かき期との関係
試験2および5による

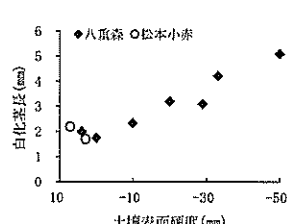


図10-3 異なる土壌条件における白化茎長と土壌表面硬度との関係
試験2および5による

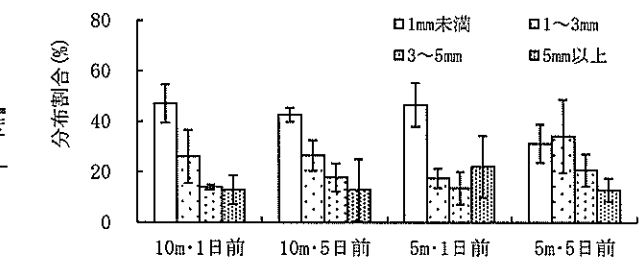


図10-1 播種散布幅と代かきと播種作業間隔別の白化茎長分布
（八重森圃場）

縦棒は標準偏差，10m・5m：播種散布幅，播種1日前・播種5日前：代かき期

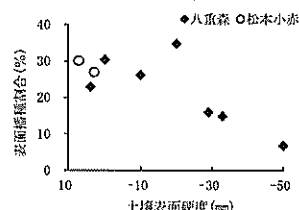


図10-4 異なる土壌条件における表面播種種子割合と土壌表面硬度との関係
試験2および5による

表10-3 播種時の水深と播種深度との関係

播種時水深 (cm)	白化茎長 (mm)	表面種子割合 (%)
0	2.2 n.s.	12.7 b
1	1.5 n.s.	15.4 ab
5	1.1 n.s.	22.6 a

試験2による，10%水準で異符号間には有意差があり，n.s.は有意差がないことを示す（Tukey法）

表面硬度が-34mm の 1 日前代かきでは両散布幅とも 80 %以上と 5 日前代かきに比べ高かった(表 10-2, 図 10-1)。白化茎長は散布幅を 10m から 5m とすることでやや長くなる傾向があった(表 10-2)。白化茎長の分布は散布幅 10m では代かき時期による差はないが, 散布幅 5m では 5 日前代かきで白化茎長 1mm 未満の種子割合(以下表面種子割合)が 31%と他の処理に比べ少なかった(図 10-1)。播種前の表層土壌硬度が-18mm の代かき土壌に, 播種散布幅を 5m と狭くしてカルパー種子を播種することにより表面種子割合は低減したが, 白化茎長の分布については代かき時期, 散布幅による明確な傾向が得られなかった。

試験 2 代かき作業と播種作業との間隔

播種前の土壌表面硬度は, 代かき期を変えることにより 5 日前代かきでの約 0mm から当日代かきの-40mm 程度までほぼ直線的に変化した(図 10-2)。この土壌表面硬度の変化に伴い出芽個体の平均白化茎長は, 土壌表面硬度が約 0mm での 2mm 長から土壌表面硬度が約-50mm での 5mm 長までほぼ直線的に長くなった(図 10-3)。一方, 出芽個体の表面播種種子割合は, 土壌表面硬度が約 0mm~約-20mm での条件では約 30%であったが, 土壌表面硬度を約-30mm より軟らかい場合は約 20%以下に減少した(図 10-4)。

試験 3 播種時の水深

土壌表面硬度-19mm の条件に播種時の水深を 0cm, 1cm, 5cm とし播種した場合, 表面種子割合は水深が深いほど 13%~23%と増加し, 水深 0cm は 5cm に比べ少ない傾向となった。平均白化茎長には明確な差はなかったが, 水深が 0cm では 2mm 以上となった(表 10-3)。

試験 4 現地圃場における代かき作業と播種作業との間隔および播種時の水深

代かき期を 3 段階に変えた場合, 播種時の土壌表面硬度は当日>1 日前>3 日前の順にの軟らかくなった。播種深度は 5~12mm であったが, 代かき期および播種時水深による有意差は認められなかった(表 10-4)。

試験 5 現地圃場における苗立ちの特徴

表 10-4 代かき期と水深による播種深度への影響
(松本小赤圃場)

代かき期 (播種期より)	播種時水深 (cm)	土壌表面硬度 (mm)	播種深度 ¹⁾ (mm)
3 日前	0	14.7 a	12.3
	5	4.7 a	4.9
1 日前	0	9.3 ab	8.4
	5	1.0 ab	7.3
当日	0	-24.0 b	12.1
	5	-14.0 b	10.7
分散分析	代かき期	**	ns
	水深	ns	ns
	交互作用	ns	ns

試験3による。1) 出芽個体の白化茎長および未出芽種子の埋土深度との平均値, **は1%水準で有意差があり, nsは有意差がない, 異符号間には有意差があることを示す(Dunnett (T3)法)

1 日前代かきにより土壌表面硬度は約+5mm となり(図 10-2), 平均白化茎長は 2mm 程度(図 10-3), 表面播種割合は 3 割程度であった(図 10-4)。

考 察

播種機の散布幅を 10m から 5m に狭めることで表面種子割合は低減したが(図 10-1), 播種散布幅を狭くすることで噴頭からの吐出圧の向上, 噴頭高き位置の安定などによると考えられるが, 今後の検討を要する。

出芽・苗立ちの安定性を考慮したときの好適播種深度は寒冷地では 5~10mm (姫田 1995) とされているが, 本試験でも中粗粒グライ土である八重森圃場において, 土壌表面硬度が-18~-34mm の代かき土壌に 2cm 程度の水深で播種することで, 出芽深度 3mm 程度が確保された。これはほぼ実用的な播種深度であり, 散布幅を 10m から 5m へと狭めることによって播種深度を深められる可能性が示唆された。

AA 機を用いたカルパー種子でも, 土壌の条件によっては白化茎長が 14mm (帖佐ら 2009) や 5.5mm (古畑ら 2009) と確保された例も報告されているが, 代かき後一定時間を経て土壌が硬化してから適用させる上では, 播種深度がより確保される機構が必要であり, 吐出口形状等については改良の余地も残されている。

中粗粒グライ土では代かき期により土壌表面硬度を調整でき, 播種深度を 4mm 以上とするためには播種前日から当日の代かき作業とし, 播種時の土壌表面硬度を-30mm 以上とすることが適する。この場合, 表面種子割合は 20%以下に抑えられ, 鳥害回避にも有効と考えられる。一方, 代かき土壌が硬化しやすい灰色低地土では, 播種前日に代かき作業をした場合にも, 土壌表面硬度は中粗粒グライ土の播種 5 日前代かきと同程度の硬度となる。また, 代かきを播種前日とした 2 ヶ年とも, 白化茎長は 2mm 程度であった。これは, 播種時の代かき土壌の硬さに加え, 播種時の天候が, 2010 年は 7m/s 以上の強風条件下で土壌表層の乾燥防止のため入水をしながらの播種, 2011 年には降雨中での播種と 2 箇年とも最適条件ではなかったことが影響したと考えられる。小面積で均一な播種条件とした場合には, 代かきを播種当日とすることで土壌表面硬度が-14mm 以上の膨軟な代かき土壌となり, 代かき期および水深にかかわらず 5mm 程度以上の播種深度が確保された。これらのことから, 灰色低地土においても代かき作業を播種当日に行い, 土壌表面を均一かつ均質な代かきとすることで播種深度が確保できると推察される。砂壤土において地上高 5cm からの散播では代かき後 12~24 時間に播種することで, 1~10mm の適正播種深度分布が得られるとされるが(狩野ら 1998), AA 機を用いる場合, 播種深度の確保のため

には代かきと播種の作業間隔をより近接させる必要がある。また、土壌表面硬度の目安として、代かき同時土中点播機ではボール直径の60%程度の埋没(土壌表面硬度+16mmに相当)、条播機では0~10mm埋没(土壌表面硬度+30mm相当、長野県2010a)としていることと比べても、大幅に膨軟な土壌条件が求められる。

AA条播機で播種した場合、播種時の水深2cmでは表面種子が4割程度とされる(青木ら2010)。今回の各土壌タイプにおいて播種深度は水深による一定の傾向が認められなかったが、中粗粒グライ土では水深が大きくなることで表面種子割合が増加した。これらのことから、播種深度は播種時の土壌表面硬度により大きく影響され、さらに水深により表面種子が増加すると推察される。したがって、代かき土壌硬度が不均一な現地圃場においては、播種時の水深は完全落水が適すると判断される。澤村ら(1996)は空気噴射式湛水直播法では噴射空気では田面水を排除できるとしており、狩野ら(1998)は散播では水深2cmが適するとしているが、AA機での風圧による田面水の排除効果は一定程度以上の田面水により低下すると考えられる。

これらよりAA機を用いる場合、他の土中播種法と異なり土壌表層播種となる。従って、播種深度の確保のためには、代かきを中粗粒グライ土では播種前日から当日、灰色低地土では当日に行った、土壌表面硬度-20~-30mm程度の膨軟な条件として、播種時の水深を完全落水から極浅水とすることが適すると考えられた。

3) エアアシスト条播機を用いた水稻湛水直播栽培の生育および収量

2年3作体系のダイズ後圃場でのAA機を用いた水稻湛水直播栽培における生育、収量について、高精度条播機を用いた水稻湛水直播栽培、移植栽培と比較し、特性を把握する。

材料及び方法

ダイズ後作の松本小赤圃場において、2009年~2011年に「コシヒカリ」を供試して実施した。湛水直播栽培は、加温処理したカルパー種子を5月上旬に0.23kg/a(乾粒換算)を播種した。また、移植栽培は5月中旬に稚苗を移植した。移植連作圃場に比べた施肥窒素量の減肥率は湛水直播栽培が33~52%、移植栽培が33%とした。

結 果

AA機の出芽率は約70%と条播機に比べ10%低下し、白化茎長は2mmと条播機に比べ浅播きとなった。AA機は、条播機に比べて穂数は多かったが、収量は有意に少

なかった。移植栽培との収量差は認められなかった(表11-1)。

表11-1 異なる播種法による水稻の生育および収量(松本小赤圃場)

栽培様式	推定出芽率(%)	白化茎長(mm)	7月上旬		成熟期生育			倒伏程度(0~5)	玄米重(kg/a)
			草丈(cm)	茎数(/m ²)	稈長(cm)	穂長(cm)	穂数(/m ²)		
AA	66	1.9	57	623 ^a *	96	19.0	542 ^b	3.6	57.7 ^a
条播	76	5.5	51	595	90	17.9	429 ^a	1.7	63.5 ^b
移植	—	—	50	513	85	17.9	474 ^{ab}	2.6	61.5 ^{ab}

エアアシスト条播機(AA) : 2010~2011年、条播および移植 : 2009~2011年、5%水準で*は有意差があり、n. s. はない(Tukey法)

考 察

AA機を利用した場合は、打込み土中点播機を利用した場合と比べ、茎数が多く推移することで穂数が多く、収量向上に結びつくと思われるが(古畑ら2011)、本試験では条播機と比べ茎数は多め、穂数は多かったが、収量は低下した。この要因として、播種深度がごく浅く、浮遊苗となったために出芽率の低下、旺盛な初期生育により過剰分げつとなり、倒伏に至り収量低下となったと推察される。しかし、高速播種作業による省力化を実現したうえで、ダイズ後作において60kg/a弱の収量を確保した。過剰分げつの抑制により収量向上の可能性が示され、低コスト直播栽培につながると考えられた。

4) ダイズ後水稻湛水直播栽培における省力的施肥技術の確立

ア ダイズ後水稻湛水直播栽培における有機質肥料を用いた省力的施肥技術の確立

従来の肥効調節型肥料(被覆尿素)を用いた全量基肥施肥より更に施肥コストを削減するため、安価な発酵鶏ふんを用いた全量基肥施肥の可能性を検討した。

材料及び方法

小河原圃場において全量基肥施肥を2009年5月22日に行い、5月29日に「コシヒカリ」の鉄コーティング種子2.5kg/10aを湛水土壌表層播種した。鉄コーティング量は乾粒対比0.5倍重とした。窒素施肥量は慣行の全量基肥施肥「水稻ワンタッチS280(12-18-10)」3kg/10aに対し、発酵鶏ふんの全量基肥施肥は、成分の変動を考慮して肥効率を50%と評価(長野県1997)して施肥した。窒素量は2.7~4.5kg/10aで、速効性の硫酸を添加して施肥窒素量を3段階に設定し、栽培試験を実施した(表12-1)。なお、ダイズ後水稻は乾土効果等の影響があるため、当試験の施肥窒素合計量は一般的な窒素量より50%減じて設定した。試験区は1区36m²2反復とした。

結 果

表12-1 試験区の構成(kg/10a)

試験区	発酵鶏糞		硫酸	全量基肥肥料	施肥N計
	施用量	N施用量			
鶏ふん+硫酸①	260	6.5	3.3	0.4	3.7
鶏ふん+硫酸②	216	5.4	2.7	0.3	3.0
鶏ふんのみ	360	9.0	4.5	-	4.5
慣行全量基肥	-	-	-	3.0	3.0

(注) 発酵鶏糞のN含有率は2.5%、肥効率は50%とした

表12-2 発酵鶏糞を用いた全量基肥湛直播の生育

試験区	7/7		8/5		9/14	
	草丈 (cm)	茎数 (/㎡)	草丈 (cm)	茎数 (/㎡)	穂長 (cm)	穂数 (/㎡)
鶏ふん+硫酸①	44	658	81	474	82	16.5
鶏ふん+硫酸②	42	596	79	471	81	16.2
鶏ふんのみ	44	605	83	457	84	16.9
慣行全量基肥	43	621	83	480	84	16.6

表12-3 発酵鶏糞を用いた全量基肥湛直播の収量

試験区	全重	わら重	精玄米重	㎡収数	登熟歩合	千粒重
	(kg/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)		(%)	(g)
鶏ふん+硫酸①	1160	601	443	96	35800	85.2
鶏ふん+硫酸②	1156	688	441	96	34800	87.9
鶏ふんのみ	1245	630	477	103	34200	86.3
慣行全量基肥	1256	631	462	(100)	35400	87.5

直播水稻の発芽は良好で初期の苗立ち本数はかなり多かった。しかし、その後は気温が低く経過したため茎数の増加は少なく、穂数も少なめとなった。

発酵鶏糞を施用した水稻の生育は、施肥量がやや異なる条件ではあるが、発酵鶏糞のみでも慣行の全量基肥施肥と同等であった。しかし、観察によると、発酵鶏糞のみの水稻は初期生育がやや緩慢であり、硫酸との併用の方がやや良好であった(表12-2)。一方、収量では、発酵鶏糞を用いた水稻は㎡収数、登熟歩合、玄米千粒重とも慣行の全量基肥区とおおむね同程度であり、玄米収量も慣行の全量基肥施肥対比96%以上であり、おおむね同程度であった。硫酸添加の有無に関しては、収量のみに関しては、硫酸無添加でも発酵鶏糞の施用量をやや増やすことによりやや増収した(表12-3)。

考 察

成熟期の生育および収量構成要素からは、発酵鶏糞のみの施用でも施用量を増やせば慣行の全量基肥施肥と同等の成績が収めることは可能であった。しかし、初期生育等も含めて生育の安定性という観点を考慮すると、発酵鶏糞と速効性の硫酸を組み合わせる方が適当と考えられる。ただし、組み合わせる比率や流通している発酵鶏糞の肥効のパラッキ等について検討する必要がある。また、本年の直播水稻は穂数が全体的に少なくやや特殊な条件であったため、今後、広範な気象条件で更に検討する必要がある。

イ ダイズ後水稻の湛直播栽培における肥効調節型肥料を用いた省力的施肥技術の確立

水稻作において省力・低コストを実現するには直播栽

培が有効であるが、新しく開発されたエアアシスト条播機を用いた湛直播に省力施肥を導入することにより、省力効果が高まると考えられる。しかし、2年3作体系では復元水田の影響、直播の影響及び全量基肥施肥法による影響を受け、慣行の栽培より倒伏、減収、品質低下等の危険性が大きい(安西1992, 長野県2012, 長野県2010)。そこで、ダイズ後水稻の安定栽培のための全量基肥施肥の減肥方法について検討した。

材料及び方法

一般的な直播用全量基肥施用肥料(「スーパー上伊那オンリーSS」(15-18-10, 全窒素のうちLP70が40%, LPSSが45%, 速効Nが15%))を供試し、八重森圃場および松本小赤圃場のダイズ後圃場において「コシヒカリ」のカルパー種子を用いたエアアシスト条播機による湛直播栽培試験を実施した。施肥量は、2010年は水稻連作の慣行施肥(八重森圃場の慣行施肥: 基肥N2.5kg/10a, 追肥N1.5kg/10a, 合計N4.0kg/10a, 松本小赤圃場の慣行施肥: 基肥N4kg/10a, 追肥N4kg/10a分施, 合計N8.0kg/10a)に対して0%, 20%の減肥条件で全量基肥施肥を行った。

2011年は前年の倒伏を考慮して減肥率を増やし、水稻連作の慣行施肥(基肥追肥分施)に対して、ダイズ後の基肥追肥分施区は八重森圃場で12%減肥の3.5kg/10a, 松本小赤圃場で20%減肥(生育判断で追肥量を減じて36%減肥に変更)の5.1kg/10aとした。ダイズ後の全量基肥施肥区は、ダイズ後の基肥追肥分施区に対して、両圃場とも20%および40%減肥の2水準を設置した。八重森圃場ではN2.8kg/10a(水稻連作の30%減肥)および2.1kg/10a(47%減肥)の2水準、松本小赤圃場ではN5.1kg/10a(36%減肥)および3.8kg/10a(52%減肥)の2水準とした(表13-1)。

試験区は、八重森圃場の2010年が1区22.5㎡2反復、2011年が1区25㎡2反復であり、松本小赤圃場の2010年が1区480~1900㎡反復なし、2011年が1区約600~1650㎡反復なしとした。

結 果

2010年の慣行(分施)の0%, 20%の減肥条件では、異常気象年(8月のゲリラ豪雨が頻発)であったことも影響し、特に八重森圃場では無窒素区でも倒伏が甚大であった。しかし、松本小赤圃場はそれより軽微で中程度であり、20%減肥で対照とした基肥追肥分施と同程度の生育量が得られ、収量調査でもそれと同程度の700kg/10a近い玄米収量が得られた。これに対し、2011年は減肥率を大きくしたところ、倒伏は前年より軽微になり、また、

成熟期の窒素吸収量は水稻の生育量を反映した傾向であり、全量基肥施肥は基肥追肥分施の40%減肥（連作水稻対比50%前後に相当）でも茎葉部0.5%程度、穂部1%程度の窒素含有率で一般的な水稻と同等レベルであり、窒素吸収量も11~13kg/10aと一般的な水稻の最適窒素吸収量のレベルであった（表13-3）。

復元田は水稻連作田と比較して乾土効果等により土壌窒素無機化量が増加するため、水稻の安定栽培のためには施肥窒素量の減肥を行う必要がある。また、ムギ・ダイズ・水稻の2年3作体系での水稻直播栽培では、ダイズ後および復元田の上記の影響や根粒菌による肥沃度の向上が考えられるほか、直播および全量基肥施肥の倒伏等への影響も考慮する必要がある。このため、ダイズ後「コシヒカリ」の全量基肥施肥による湛直栽培は、水稻連作の移植による慣行施肥栽培と比較しておおむね50%程度の減肥が適当と考えられる。なお、この50%はこれら幾つもの要因の影響を合計した場合の減肥率であるが、2011年は約50%の減肥率でも倒伏が中程度とやや大きかったことや、近年頻発している異常気象の遭遇も考慮すると、今後、更に検討する必要がある。

年次	試験区(施肥計画)	八重森圃場Nkg/10a				松本小赤圃場Nkg/10a			
		基肥N	追肥N	N合計	減肥量	基肥N	追肥N	N合計	減肥量
2010年	全量基肥(対照と同量)	4.0	—	4.0	(単作、移植の減肥なし)	8.0	—	8.0	(単作、移植の減肥なし)
	全量基肥(対照の20%減)	3.2	—	3.2	(単作、移植の20%減)	6.4	—	6.4	(単作、移植の20%減)
	基肥追肥分施(対照)	2.5	1.5	4.0	(単作、移植の慣行量)	4.0	4.0	8.0	(単作、移植の慣行量)
	無窒素	0	0	0					
2011年	全量基肥(対照の20%減)	2.8	—	2.8	(単作、移植の30%減)	5.1	—	5.1	(単作、移植の36%減)
	全量基肥(対照の40%減)	2.1	—	2.1	(単作、移植の47%減)	3.8	—	3.8	(単作、移植の52%減)
	基肥追肥分施(対照)	2.0	1.5	3.5	(単作、移植の12%減)	3.2	1.6+1.6	6.4	(単作、移植の20%減)
	無窒素	0	0	0			(1.9)	(5.1)	→36%減に変更

基肥追肥分施肥率は単作移植の20%減の予定が、生育判断で追肥量を減じて36%減となった。

年次	圃場	稈長 cm	穂長 cm	穂数 /m ²	倒伏 6段階	わら重 kg/10a	精玄米重 kg/10a	㎡収数 /m ²	熟割合 %	千粒重 g	玄米品質	
2010年 八重森圃場	全量基肥(対照と同量)	102	17.4	540	甚	1217	524	78 n.s.	3160	80.0	20.7	
	全量基肥(対照の20%減)	104	17.3	543	甚	1118	571	85 n.s.	37200	71.9	21.3	
	基肥追肥分施(対照)	106	17.7	538	甚	1042	673 (100)	—	43000	72.3	21.6	
	無窒素	98	16.5	467	甚	883	556 83 n.s.	30800	83.8	21.6		
	全量基肥(対照と同量)	95	18.1	636	中	869	687 100 n.s.	42300	74.1	21.9		
	全量基肥(対照の20%減)	92	18.9	606	中	799	695 102 n.s.	41400	77.4	21.7		
	基肥追肥分施(対照)	94	18.5	610	中	840	685 (100)	—	41300	75.5	21.9	
	松本小赤圃場	全量基肥(対照の20%減)	101	17.5	553	中	930	671 101 n.s.	36100	85.9	21.6	中中
2011年 八重森圃場	全量基肥(対照の40%減)	99	16.6	639	中	843	688 101 n.s.	35600	86.8	21.6	中下	
	基肥追肥分施(対照)	100	17.0	644	中	894	664 (100)	—	34600	87.5	21.9	中下
	無窒素	97	17.6	522	中	859	633 95 n.s.	32500	90.4	21.6	中下	
	全量基肥(対照の20%減)	98	18.7	582	少	863	603 98 n.s.	39000	76.2	20.3	中中	
	全量基肥(対照の40%減)	97	18.9	601	少	764	566 92 n.s.	38800	70.4	20.7	中上	
	基肥追肥分施(対照)	96	18.9	502	少	877	616 (100)	—	38500	76.2	21.0	中中
	松本小赤圃場	全量基肥(対照の20%減)	98	18.7	582	少	863	603 98 n.s.	39000	76.2	20.3	中中
	全量基肥(対照の40%減)	97	18.9	601	少	764	566 92 n.s.	38800	70.4	20.7	中上	

注) 精玄米重はDunnett検定で対照区に対して** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s. : 有意差なし

年次	圃場	試験区	N含有率(乾物%)		N吸収量(kg/10a)			玄米タンパク質 (現物%)
			茎葉	穂	茎葉	穂	吸収量計	
2010年	八重森圃場	全量基肥(対照と同量)	0.63	0.95	6.6	8.8	15.3	5.9
		全量基肥(対照の20%減)	0.58	0.92	5.5	7.7	13.2	5.8
		基肥追肥分施(対照)	0.54	1.01	4.8	8.0	12.8	5.8
		無窒素	0.46	0.89	3.4	6.2	9.6	5.4
	松本小赤圃場	全量基肥(対照と同量)	0.80	1.06	6.6	9.2	15.8	6.4
		全量基肥(対照の20%減)	0.55	0.98	4.2	8.6	12.8	6.1
		基肥追肥分施(対照)	0.72	1.01	5.7	8.7	14.4	6.2
		全量基肥(対照の20%減)	0.46	1.00	3.7	8.6	12.3	6.1
2011年	八重森圃場	全量基肥(対照の40%減)	0.43	1.01	3.2	7.8	10.9	6.0
		基肥追肥分施(対照)	0.43	1.03	3.3	8.2	11.5	6.2
		無窒素	0.43	0.97	3.2	7.7	10.9	6.3
		全量基肥(対照の20%減)	0.61	1.03	4.6	8.2	12.8	6.3
	松本小赤圃場	全量基肥(対照の40%減)	0.65	1.11	4.3	8.3	12.6	6.4
		基肥追肥分施(対照)	0.57	0.98	4.3	8.7	13.1	6.5

4. 2年3作輪作体系の経営的評価経営評価

ムギ類、ダイズにおける耕うん同時畝立て播種栽培と水稲におけるエアアシスト条播機を用いた水稲湛水直播栽培の営農集団における省力・低コスト効果を検討するとともに、水稲・ムギ類・ダイズの2年3作輪作体系における経営規模の拡大と省力・低コスト化への有効性を評価した。

材料及び方法

長野県松本市の農事組合法人において、導入した省力化技術の作業時間調査と作業日誌を用いた慣行技術の各作目における労働時間を算出した。

導入した省力化技術は、ムギ類・ダイズにおける耕うん同時畝立播種技術と水稲におけるエアアシスト湛水直播技術である。

作業時間については、2003年生産費調査結果（北陸）（以下「統計値」という）および慣行体系（2年3作体系を行わない単作の栽培体系において、水稲では側条施肥移植機、ムギ類およびダイズではロータリーシーダ播種機を用いた栽培を行う）（以下「慣行体系」という）と比較し省力性を評価した。

また、投入資材や施設機械の装備状況を調査し、生産量の実態と損益計算書から10a当たり生産費の算出を行った。さらに、販売金額－生産費で利益係数を算出し、労働時間等の各作目や各技術の旬別作業時間等やモデル化の前提条件を制約条件として定めたのち、線形計画プログラムXLP（大石 2006）を用いて2年3作水田輪作体系での所得最大化規模を算出し、統計値や慣行体系と比較して、2年3作水田輪作体系における導入技術の規模拡大効果と生産費低減効果を検討した。

結 果

作業時間は、水稲では、エアアシスト湛水条播技術による育苗作業の削減と播種作業の省力化により統計値の29.8時間/10aから8.2時間/10aへと28%に削減された。側条施肥移植機による慣行体系との比較でも63%になった。オオムギでは、3.9時間/10aで、統計値や慣行体系と同等の労働時間となった。また、ダイズでは、統計値の14.1時間/10aから5.0時間/10aと36%に削減された（図表14-1、14-2、14-3）。

実証経営体の経営概要と調査で得られたデータをもとに、モデルの前提条件を設定した（図表14-4）。線形計画プログラムXLPを用いたシミュレーションにより、水稲においてエアアシスト湛水直播技術およびオオムギ・ダイズにおいて耕うん同時畝立て播種技術を導入した

「水稲→オオムギ→ダイズ」2年3作輪作体系の所得最大となる栽培面積は、水稲収穫作業が機械稼働量の上限となって規模拡大の制限要因となり、水稲22.4ha、オオムギ11.0ha、ダイズ11.0haであった（図表14-5）。

シミュレーションで算出された作付面積条件を用いて計算した生産費は、水稲作ではエアアシスト湛水直播技術により労働費で統計値に比べ28%となった。10a当たり収量は、統計値に比べ108%で、導入技術による

表14-1 実証経営体での作業時間調査等から集計した水稲作業時間

作業区分	エアアシスト条播(a) (hr/10a)	側条田植(b) (hr/10a)	2003年統計値(c) (hr/10a)	a/b	a/c
種子予措	0.2	0.1	0.25	150	60
育苗	0.0	3.7	2.84	0	0
基肥	0.3	0.3	1.57	100	17
耕起・代播	1.2	1.2	3.86	100	30
田植・播種	0.1	1.2	4.33	7	2
除草	3.2	3.2	1.6	100	201
病虫害防除	0.0	0.0	0.68	—	0
収穫・運搬	1.7	1.7	4.14	100	41
乾燥調整	—	—	1.43	—	0
機械整備	1.7	1.7	9.07	100	18
合 計	8.24	13.03	29.77	63	28

注) 1. 時間は、タイムスタディ調査による(除草作業は聞き取り、収穫作業は日誌より作成。移植の育苗時間は県経営指標値)。

表14-2 実証経営体での作業時間調査等から集計したオオムギ作業時間

作業区分	耕うん同時畝立播種(a) (hr/10a)	慣行播種(b) (hr/10a)	2003年統計値(c) (hr/10a)	a/b	a/c
種子予措	—	—	0.08	—	—
基肥	0.1	0.1	0.23	100	34
排水対策	0.1	0.1	0	100	—
耕起播種	0.5	0.6	1.01	82	47
畔除草	1.0	1.0	0.32	100	313
追肥	0.7	0.7	0.48	100	136
収穫・運搬	0.8	0.8	0.68	100	113
乾燥調整	—	—	0.14	—	—
機械整備	0.8	0.8	1.01	100	82
合計	3.85	3.95	3.95	97	97

注) 1. 耕うん同時畝立て播種および慣行播種ともに事前耕起を行っている。

2. 時間は、タイムスタディ調査による(畔除草は聞き取り、収穫作業は日誌より作成)。

表14-3 実証経営体での作業時間調査等から集計したダイズ作業時間

作業区分	耕うん同時畝立播種(a) (hr/10a)	慣行播種(b) (hr/10a)	2003年統計値(c) (hr/10a)	a/b	a/c
種子予措	0.0	0.0	0	—	—
基肥	0.1	0.1	0.65	100	12
排水対策	0.1	0.1	0	100	—
耕起播種	0.5	0.6	2.66	82	18
除草剤散布	0.7	0.7	0	100	—
畦畔除草	2.0	2.0	3.8	100	53
病虫害防除	0.0	0.0	0.89	—	0
収穫・運搬	1.0	1.0	3.76	100	28
機械整備	0.7	0.7	2.3	100	29
合計	5.02	5.1	14.06	98	36

注) 1. 耕うん同時畝立て播種および慣行播種ともに事前耕起を行っている。

2. 時間は、タイムスタディ調査による(畔除草は聞き取り、収穫作業は日誌より作成)。

安定生産が実証された。規模拡大による10a当たり減価償却費の削減により、60kg当たり生産費は、統計値対比で38%、慣行体系費では20%のコスト低減となった。

オオムギ作では、労働費は統計値比で96%となった。10a当たり収量は、統計値に比べ161%、慣行体系と比べると122%となり、導入技術による安定多収生産が実証された。増収による生産物単位当たりコスト削減効果があつたものの資材費・償却費が高額となり、50kg当たり生産費は97%となった。

ダイズ作では、労働費は統計値に比べ38%となった。水田輪作体系による減肥で資材費は慣行体系比で58%となった。10a当たり収量は、統計値に比べ167%、慣行体系と比べると104%となり、導入技術による安定多収生産が実証された。増収と2年3作輪作体系による導入資材の削減があつたものの償却費が高額となり、60kg当たり費用は54%となった（図表14-6）。

また、作付面積による加重平均とした2年3作輪作体系全体での生産物単位当たりの生産費は、統計値比で31

表14-4 経営計画モデルの前提条件

区分	2年3作体系
圃場利用形態	水稲→オオムギ→ダイズの3作目の輪作
水稲作の技術	高精度湛水直播
オオムギ・ダイズの技術	チゼルプラウ耕起+耕うん同時畝立て栽培
転作割合	33%
労働力	5名
主な施設・機械装備	農機具格納庫 1式 トラクタ 4台(90ps×2、34ps、33ps) エアアシスト条播機 1台 耕うん同時畝立て播種機 1台 乗用管理機 1台 自脱型コンバイン 2台(6条、5条) 普通型コンバイン 1台 ドライバハロー 2台 コーティングマシン 1台 チゼルプラウ 1台 ロータリ 1台 ビロードキャスタ 1台 溝掘り機 1台 トラック 1台

表14-5 経営計画モデルによる試算結果

	面積 単位
水稲(エアアシスト条播機・湛水直播栽培)	22.4 ha
オオムギ(耕うん同時畝立て栽培)	11.0 ha
ダイズ(耕うん同時畝立て栽培)	11.0 ha

注) 1 常勤オペレーター4名

2 線形計画プログラム(XLP)を用い試算した。

3 資材費は、実証経営体の圃場状態に応じて投入資材の

銘柄変更や投入量の適正化を行った費用を用いた。

4 償却費は、実証経営体の固定資産台帳を参考に取得価を求めた。

表14-6 実証経営体における水稲、オオムギ、ダイズの生産費比較

単位	水稲						オオムギ						ダイズ					
	エアアシスト条播機	慣行側条田植機	2003年統計値	生産費削減率(%)	耕うん同時畝立て播種機	慣行播種機	2003年統計値	生産費削減率(%)	耕うん同時畝立て播種機	慣行播種機	2003年統計値	生産費削減率(%)	耕うん同時畝立て播種機	慣行播種機	2003年統計値	生産費削減率(%)	耕うん同時畝立て播種機	慣行播種機
	(a)	(b)	(c)	a/b	a/c	(b)	(c)	a/b	a/c	(a)	(b)	(c)	a/b	a/c	(a)	(b)	(c)	a/b
10a当費用合計	85,326	102,007	128,240	84	67	56,733	64,098	36,301	105	156	46,133	59,745	50,933	77	91			
資材費	54,866	62,354	52,318	88	105	30,550	28,339	21,349	108	143	19,256	33,292	23,433	58	82			
償却費	17,946	19,874	31,931	90	56	20,341	19,763	8,688	103	234	19,249	18,671	7,369	103	261			
労働費	12,515	19,778	43,991	63	28	5,842	5,996	6,264	97	93	7,628	7,782	20,131	98	38			
副産物価格	0	0	3,316	-	-	0	0	19	-	-	0	0	176	-	-			
10a当たり収量(kg)	578	554	536	104	108	451	369	280	122	161	308	295	184	104	167			
生産物単位当たり費用	8,857	11,048	14,355	80	62	6,290	7,330	6,482	86	97	8,987	12,152	16,609	74	54			
10a当たり労働時間	8.2	13.0	29.8	63.1	27.5	3.9	4.0	4.0	97.5	96.3	5.0	5.1	14.1	98.0	35.6			

注) 1 収量は坪刈り値。水稲およびオオムギは2010～2011年の平均値。ダイズは2009年、2011年の平均値。

2 エアアシスト条播機および耕うん同時畝立て播種機の償却費は線形計画プログラムで試算した面積の水稲22.4ha、オオムギ11.0ha、ダイズ11.0haで計算した。

3 慣行の側条施肥田植機及びロータリーシーダの償却費は、調査経営体の作付面積の水稲19.5ha、オオムギ13.0ha、ダイズ13.0haで計算した。

%, 慣行体系比では20%の削減効果となった。

考 察

塩谷ら(2011)は、エアアシスト水稲湛水直播技術による水稲作全体の作業時間を5.27時間/10aとしている。本研究での水稲におけるエアアシスト湛水直播技術による水稲作全体の作業時間は8.2時間/10aであった。統計値や慣行体系と比較して高い省力効果が確認されたが、塩谷ら(2011)よりも作業時間を要した。これは、実証した地域の圃場区画の面積や畦畔法面の高さ等の条件が大きく影響しているためと考えられた。

2年3作輪作体系における生産費低減効果については、エアアシスト条播機と耕うん同時畝立播種機による省力効果により規模拡大が可能で、規模を拡大した場合、2年3作輪作体系で統計値比3割強のコスト削減が実証された。コストについては、規模拡大に伴うスケールメリットとして10a当たり減価償却費が削減する。本研究で採用した水稲品種は実証経営体で栽培している「コシヒカリ」で検討した。このため、水稲の収穫作業が規模拡大の制限要因となっていた。品種構成を考慮した規模拡大と費用削減可能性の検討が必要と考える。

総合考察

水田輪作における省力、低コスト体系として、関東地方では、2年3作体系におけるディスク駆動式汎用型不耕起播種機を基幹とした機械化体系（渡邊 2010）や水稲ロングマット水耕苗移植、水稲不耕起乾田直播、大豆不耕起狭畦栽培を組み込んだ4年6作水田輪作体系（梅本 2006）、東北地方では、大区画圃場におけるプラウ耕・グレーンドリル乾田直播およびグレーンドリルのムギ、ダイズ作での汎用利用（大谷ら 2013）、ムギ類、ムギ類後ダイズ晩播狭畦栽培、ダイズ後水稲乾田直播を組合せ、高性能高効率農業機械類の汎用利用を組み入れた2年3作体系（星 2013）など、各地で新たな機械化体系や栽培体系の実証、経営評価が行われてきた。

本研究では、10a 当たり収量は水稲が 578kg、オオムギが 451kg、ダイズが 308kg（表 14-6）であり、統計値と比較して 108～167%（表 14-6）と多収を実現した。その結果、統計値と比較した生産物単位当たりのコスト削減効果が、水稲は 38%、オオムギは 3%、ダイズは 46%、2年3作全体では 31%の削減効果であった（表 14-6）。渡邊（2010）は、関東地方での実証において、作付体系全体のコスト削減のためには、コムギおよびダイズの増収の必要性を指摘しており、本研究においても削減効果が多収によるところも大きく、大規模経営における安定多収の重要性を示唆している。

本研究では、20～30a 区画圃場の2年3作輪作体系において水稲湛水直播、オオムギおよびダイズでの耕うん同時畝立て栽培、作目間のつなぎ作業としてチゼルプラウによる耕起を組み合わせた。星（2013）の作目、栽培法および高性能高効率農業機械体系の組合せによる宮城県における実証では、体系化全体の労働時間は7割、1俵当たり生産費は4割削減を実現している。また、大谷ら（2013）は、プラウ耕・グレーンドリル乾田直播を東北で実証し、播種床造成から播種・鎮圧までの作業能率が2.4hr/ha程度とした。これにより、米60kg 当たり費用合計が東北平均の57%となり、特に、労働時間の低減効果が高いとしている。これらは、1ha 程度の大区画圃場での実証であるが、本県の水田輪作において、圃場区画、複数の作目、高性能機械の汎用利用、新たな栽培様式の導入、体系化によりさらなる低コスト化の可能性と課題を示している。

また、本研究では水稲収穫作業が機械稼働量の制限要因となり、所得最大化モデルとなる経営規模が、水稲22ha、オオムギおよびダイズがそれぞれ11haであった（表 14-6）。梅本（2006）は、関東平坦水田地帯において、現状規模の40haからの規模拡大可能面積として、慣行技術のみでの場合は62ha、麦・大豆不耕起栽培の導入により最大70ha、さらに、新技術の導入により最大規模

が93haとしている。本研究では、複数技術の導入による経営モデルを試算したが、新技術導入による効果を段階的に評価、提示することも、導入動機として効果的と考えられ、今後の課題である。

また、大規模水田経営では、生産性の向上、省力化、生産費の削減をさらに求められるため、本研究で明らかになった成果をもとに、上記の課題について引き続き検討が必要である。

摘 要

1. 耕うん幅220m 幅ロータリを用いる場合の播種作業速度は、一工程播種では0.76m/s 未満、ロータリによる事前耕起との組合せでは0.79～0.91m/s、チゼルプラウによる事前耕起との組合せでは0.81m/s が適する。
2. オオムギ作では減収を回避するため、ダイズ作では減収および雑草害を回避するために、隣接条間は40～50cm が適する。
3. 耕うん同時畝立て播種は慣行播種と比べ、オオムギでは越冬後の茎数増加、ダイズでは苗立数および開花期前以降の生育量が高く、増収傾向となる。
4. 攪拌耕に比べ2倍の作業能率となるチゼルプラウの高速耕起と耕うん同時畝立て播種を組み合わせた場合、慣行播種体系に比べオオムギおよびダイズ作の作付け体系平均としては圃場作業量が約30%増加した。
5. 石灰が不足していない圃場で苦土補給と酸度矯正を目的とした場合には、慣行の苦土炭カルの多量施用に比べ、水酸化苦土の少量施用が資材費の低減にも有効である。
6. 2年3作体系におけるダイズ圃場では、播種後のリニュロン水和剤、播種1ヶ月後のベンタゾン液剤により低コストで安定的な雑草防除が可能である。
7. エアーアシスト条播機の圃場作業量は、1.03ha/hr と高い作業能率が認められた。エアーアシスト条播機は土壌表層播種となる機構のため、3mm 程度の播種深度の確保には、代かきを中粗粒グライ土では播種前日～当日、灰色低地土では播種当日に行う。また、播種前の土壌表面硬度を-20～-30mm を目安として、播種時には完全落水から極浅水状態とすることが適すると判断された。
8. ダイズ後圃場での水稲湛水直播栽培において、水稲単作の移植による慣行施肥の50%程度の減肥が適当である。
9. 導入技術による労働時間と生産費の削減効果は、2003年生産費調査結果（北陸）と比較すると労働時間では水稲で72%、オオムギで3%、ダイズでは64%、1俵当たり生産費は水稲38%、オオムギ3%、ダイズ46%となり、2年3作体系全体での生産費削減効果は31%となった。慣行体系と比較した場合は、労働時間では水稲で37%、オオムギで3%、ダイズでは2%、1俵当たり生産費は水

稲 20%、オオムギ 14%、ダイズ 26%となり、2年3作体系全体での生産費削減効果は 20%となった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、実証試験に協力頂いた農事組合法人小赤営農草間伍次氏、青木直幸氏はじめ組合役員の皆様、委託プロジェクト主査として支援を頂いた農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター細川寿氏、関正裕氏、帖佐直氏、塚本隆行氏はじめチーム員の皆様、松本農業改良普及センター宮原薫氏、松崎あけ美氏はじめ職員の皆様、松本ハイランド農業協同組合の営農技術員の皆様、共に調査等を行った長野県農業試験場の原田良太氏はじめ職員一同に記してお礼申し上げます（試験実施当時の所属）。

引用文献

- 安西哲朗 1992. 休耕・復元田の水稻に対する窒素施肥対策・土壌肥料学雑誌 63(6) : 728-732.
- 青木政晴ら 2010. エアアシスト条播機による水稻湛水直播栽培での出芽特性. 北陸作物学会報 45 : 27-30.
- 青木政晴ら 2012a. 耕うん同時畝立て播種技術におけるオオムギ・ダイズの播種精度向上と収量安定化のための適正な作業速度および隣接条間. 北陸作物学会報 47 : 79-83.
- 青木政晴ら 2012b. エアアシスト湛水直播栽培における異なる播種条件での出芽深度および播種作業能率. 北陸作物学会報 47 : 29-32.
- 帖佐直ら 2007. 水稻直播の高速条播技術に関する研究. 農作業研究 42 (別 1) : 87-88.
- 帖佐直ら 2008. 水稻直播の高速条播技術に関する研究 (第 2 報). 農作業研究 43 (別 1) : 47-48.
- 帖佐直・古畑昌巳 2009a. エアアシスト条播による水稻湛水直播の生育および収量の調査. 農作業研究 44 (別 1) : 73-74.
- 帖佐直ら 2009b. 水稻湛水直播のためのエアアシスト条播技術の開発. 農作業研究 44 (4) : 211-218.
- 姫田正美 1995. 直播稲作への挑戦 第 1 巻 直播稲作研究四半世紀の歩み. 農業水産技術情報協会. 東京 : 142-164.
- 星信幸 2013. 機械の汎用利用などによる 3 年 4 作水田輪作体系. 農業機械学会誌 75 (4) : 225-229.
- 細川寿 2006a. 排水不良地域における耕うん同時畝立て播種技術. 農林水産技術研究ジャーナル 29 (12) : 20-24.
- 細川寿 2006b. 多様な土壌に対応する耕うん同時畝立て播種技術. 機械化農業 3057 : 12-15.
- 細川寿 2008. 耕うん同時畝立て播種作業機の汎用利用によるムギ・そばの湿害軽減技術. 機械化農業 3080 : 17-20.
- 古畑昌巳ら 2009. 鉄資材のコーティングが湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 78 (2) : 170-179.
- 古畑昌巳ら 2011. エアアシスト湛水直播栽培の現状と課題・展望. 北陸作物学会報 46 : 45-48.
- 石川実 1986. 水田転換畑土壌の診断 農業技術体系土壌施肥編 4 診断の実際 213-227.
- 狩野幹夫ら 1998. 水稻の湛水土壤中直播栽培に関する研究. 日本作物学会関東支部会報 13 : 30-31.
- 神崎正明・佐々木次郎 2010. 肥効調節型肥料を用いた「シラネコムギ」の全量基肥施肥. 宮城古川農試報 8.1-6.
- 三浦重典ら 2003. オオムギをリビングマルチとして利用したダイズ栽培. 日作東北支部報 46 : 81-82.
- 長野県 1997. 普及技術「水稻栽培における発酵鶏糞の基肥施用基準」.
- 長野県 2010. 主要穀類等指導指針. p134-p142. 長野県農政部農業技術課. 長野.
- 長野県 2010a. 主要穀類等指導指針. p142-p148. 長野県農政部農業技術課. 長野.
- 長野県 2010b. 主要穀類等指導指針. ダイズ p268-p269・ムギ類 p232-p234. 長野県農政部農業技術課. 長野.
- 長野県 2012. 土づくりガイドブック第 3 版 : 98-101.
- 長野県 2012. 土づくりガイドブック第 3 版 : 123-138.
- 中山則和ら 2004. 冠水ストレスが発芽時のダイズに及ぼす影響と種子含水率調節による冠水障害の軽減効果. 日作紀 73 (3) : 323-329.
- 中村一要ら 2011. アップカッターロータリを用いたダイズの耕うん同時畝立て播種技術における作業速度が畝高, 播種精度に及ぼす影響. 北陸作物学会報 46 : 66-68.
- 日本農作業学会 編 1999a. 農作業学 第 7 おもな作業工程 耕うん. 農林統計協会. p254-p263.
- 日本農作業学会 編 1999b. 作業学 農作業の効率化技術と評価. 農林統計協会. p36-p41.
- 野口勝可 1994. 普通畑の雑草防除法. 草薙得一ら. 雑草管理ハンドブック. p234-235 朝倉書店. 東京.
- 野口勝可 1994. 転換畑. 雑草管理ハンドブック. 草薙得一ら. 雑草管理ハンドブック. p307-311. 朝倉書店. 東京.
- 大石亘 2006. 営農計画のための線形計画法プログラム XLP. 農業情報研究 15 (3) : 319-330.
- 大谷ら 2013. 大区画圃場におけるプラウ耕乾田直播を核とした 2 年 3 作水田輪作体系. 農業機械学会誌 75 (4) : 220-224.
- 澤村恭彦 1996. 空気噴射式湛水直播方の開発. 農業機械学会誌 58 (3) : 69-76.
- 塩谷幸治ら 2011. エアアシスト水稻湛水条播を核とした作業体系の規模拡大と費用低減効果. 農村経済研究

29 (2) : 36-43.

住田弘一ら 2005. 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壌肥沃度の変化. 東北農研研報 103 : 39-52.

東北農研 2008. ムギをリビングマルチとして用いるダイズ栽培.

https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/naro-se/ribingmulti2.pdf#search='%E3%83%AA%E3%83%9

3%E3%83%B3%E3%82%B0%E3%83%9E%E3%83%AB%E3%83%81'.

梅本雅 2006. 稲-麦-大豆不耕起栽培を基軸とする高生産性水田輪作体系の経営評価. 農業機械学会誌 68 (1) . 4-8.

渡邊好昭 2010. 関東地域での大規模水田輪作体系における生産コストの低減. 日本作物学会講演会要旨集.

水稻湛水直播栽培における苗立ちの安定化，省力化を目指した被覆種子の適応性*

青木政晴・細井淳・酒井長雄・原田良太・土屋学・細野哲・矢ヶ崎和弘¹⁾・
中澤伸夫²⁾・新井利直²⁾・斎藤康一²⁾・手塚光明²⁾・袖山栄次¹⁾

Adaptability of Coated Seed for Establishment And Labor-saving in Submerged Direct Seeding

Masaharu AOKI, Jun HOSOI, Nagao SAKAI, Ryota HARADA, Manabu TSUCHIYA, Satoshi HOSONO,
Kazuhiro YAGASAKI, Nobuo NAKAZAWA, Toshinao ARAI, Koichi SAITO,
Mitsuaki TEZUKA and Eiji SODEYAMA

Abstract

The coated seeds with calcium peroxide with keeping temperature 30 degrees during 24 hour got emergence about 4 days earlier compared with non-warming treatment coated seeds, and needed seeding within 2 days after the end of warming processing. There was no difference of emergence rate between seeds coated with calcium peroxide that double amounts of paddy weight before seed soaking and seeds coated that equal amount. High emergence rate after the end of warming had been kept for one week when maintain storage at a temperature about 9 degrees. The iron-coated seed made by using soaking seeds and half amount of paddy weight before seed soaking, it could be stored for about 100 days, but the early growth of the iron-coated seeds for 5-7 days as compared coated seeds with calcium peroxide, and a avoiding effect of bird damage might largely decrease. Over 80% of emergence rate of non-coating seeds after soaking achieved by machine-seeding into a soft pudding soil which fall into water with to a depth of 0.5-2mm.

Key Words : coated seed, direct seeding, non-coated seeds, paddy rice

緒 言

長野県内では、現在、約 250ha の水稻直播栽培が行われているが、内訳は湛水直播栽培としてカルパー粉粒剤 16 湿粉衣種子（以下、カルパー種子）が 86%，鉄コーティング種子が 10%，乾田直播が約 4% である。カルパー種子のうち、乾田の 2 倍重被覆種子（以下、カルパー 2 倍種子）が 34%，乾田の等倍重被覆種子（以下、カルパー等倍種子）が 66% であり、加温処理は 44% を占めている（平成 26 年度、農業技術課専門技術員集計）。

これまで、長野県ではカルパー 2 倍重種子の利用、落水出芽法（大場 1997）の導入、代かき土中点播機および高精度条播機の導入により、出芽を中心とした栽培の安定化が図られてきた。本稿では、カルパー種子の加温処理技術、等倍重被覆、カルパー代替え資材として鉄コーティング種子、さらには無コーティング種子の利用と、湛水直播栽培における安定出芽および低コスト化への技術開発の経過を報告する。

※一部に北陸作物学会報（49）．2014 を含む．本研究は、県単素材開発研究，委託プロジェクト「担い手の育成に資する IT 等を活用した新しい生産システムの開発 超低コスト土地利用型作物生産技術の開発」による

1) 現在 長野県野菜花き試験場

2) 元 長野県農事試験場・農業試験場

1 カルパー 2 倍種子の加温処理による出芽安定技術

播種前のカルパー種子を加温処理することにより、被覆層内での発芽を促すことができる（野村ら 2001）．こ

の出芽促進効果により、播種後に斉一な苗立ちが短時間で得られる。

本試験では、直播栽培における出芽苗立ちの安定化を目的として、カルパー2 倍種子の加温処理に関する条件とその効果に関する様々な検討を行った。

材料及び方法

1) 加温処理による出芽促進効果の検討

2004 年にカルパー加温種子に関する予備的な情報を得るため、実用的な加温処理方法および播種後の出芽率の推移についてポット試験にて調査した。長野県主要穀類等指導指針に基づき浸種・催芽処理を行った「あきたこまち」のカルパー2 倍種子を供試した。蒸気式出芽器（タイショー社製、MD-240 型）を使用し、網袋 5kg 詰、同 2kg 詰、苗箱平置き（新聞紙を敷いた 30cm×60cm の水稻用苗箱に種子 2kg を敷き詰めたもの）の 3 種類の形態で、2 日間の加温処理を行った。対照区として無加温の網袋 5kg 詰も設定した。加温時の網袋周辺部の温度は約 28℃を維持した。無加温区は、約 20℃の室内に静置した。加温処理後の外観を変化に応じて区分し観察した。

大町市内 2 か所（常盤地区、平地区）の水田土壌を充填した 1/5000a 相当のプラスチック製ポットに、網袋 5kg 詰区の加温種子および無加温種子を播種した。播種量は 1 ポットあたり 20 粒とし 5 反復とした。播種後のポットは大町市の戸外（平均気温 16.8℃）に置き、出芽の推移を観察した。

2) 実作業における加温処理効果の検討

2005 年 4 月中旬に、農業試験場内圃場（長野県須坂市、標高 340m、細粒グライ土、以下須坂圃場）で、実際の直播作業を想定した実験を行った。常法により浸種・催芽処理を行った「あきたこまち」のカルパー2 倍種子を網袋 5kg 詰にし、蒸気式出芽器で加温処理した種子を供試した。加温処理は 30℃24 時間とした。播種作業は打ち込み土中点播機（以下土中点播機）を使用し、播種量は乾粒換算で 3.5kg/10a とした。播種後 10 日および 14 日目の出芽数について、無加温種子を使用した慣行区と比較した。播種後の平均気温（4 月中旬から末）は、12.3℃であった。

3) カルパー加温種子の保存期限の検討

2006 年に加温処理後の保存期間と発芽率の関係を知らるため、「コシヒカリ」のカルパー2 倍重種子を供試し実験を行った。種子処理、加温条件は前年の試験に準じた。加温処理実施当日、3 日後、5 日後、7 日後の各種子について、30℃一定条件で 7 日目の発芽率をシャーレ試験により調査した。発芽調査は各処理 100 粒で 2 反復とした。加温処理後は、約 20℃の室内に保存した。

結 果

1) 加温処理による出芽促進効果

加温処理いずれの処理区でも 2 日の加温処理で出芽促進効果が得られた。加温処理で出芽が起こることに伴いカルパー被覆のひび割れなど外観の変化が観察された。5kg 詰で比較すると、外形変化無しは 56%，ひび割れ 20%，出芽 14%の割合であった（無加温区はすべて外形に変化なし）。

出芽率の推移において、70%に達するまでの期間を比較すると、加温種子は無加温種子に比べて 4 日程度早く達した（図 1）。

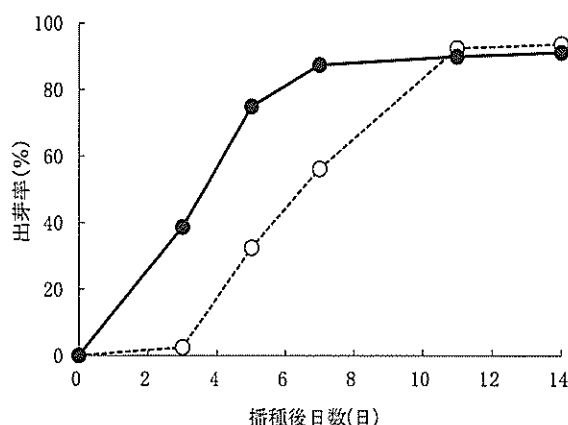


図 1 加温処理種子における出芽率の推移（ポット試験）
常盤水田土壌および平水田土壌区の平均、
●：加温種子，○：無加温種子

2) 実作業における加温処理効果

打ち込み土中点播機による作業でも被覆層の剥離などの問題なく播種作業が実施できた。播種後の出芽には顕著な違いが確認され、加温区は慣行区と比べて出芽数および出芽の速が大きく上回った（図 2）。

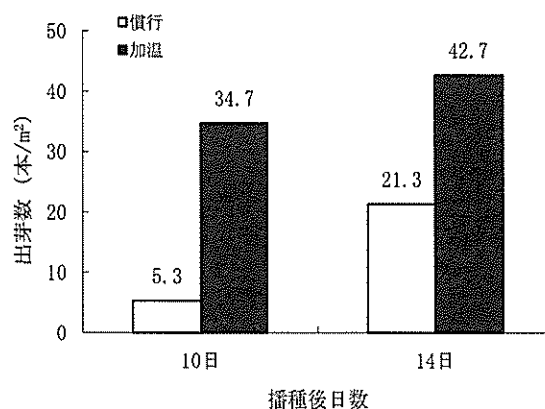


図 2 加温の有無と出芽数の比較（圃場試験）

3) 加温済みカルパー種子における保存期限

無加温種子の発芽率は 72%であった。一方、加温処理

当日の発芽率は89%であり、無加温種子よりも発芽率は明らかに高かった。発芽率は加温処理3日後で70%、同5日後で59%、同7日後で55%となり、3日目以後で無加温種子の72%よりも下回ったため、保存により発芽率が劣ると判断された。

考 察

1) 加温処理の方法と条件

加温の処理形態によらず発芽率に大きな差がみられなかったため、実用的な形態としては網袋5kg詰でよいと判断した。小分けにするほど温度ムラを防ぐことができるものの、作業は煩雑となる。スチーム加温器による加温処理は、カルパー被覆後に失われやすい水分を適度に補うことができる点で優れていた。試験では加温処理を30℃1日としたが、等倍重被覆では加温方法により被覆層からの根や芽の伸長が顕著になるなど反応も異なるため(野村ら 2001)、催芽の状態や被覆量により調整することも必要と思われた。

加温後の発芽率は急速に低減することが明らかとなった。30℃1日で加温処理を行った種子は長期保存ができないため、直ちに播種作業を実施する必要がある。一方、15℃程度の低温条件で3～5日程度の期間で緩やかに出芽促進効果を得ている事例もあり(野村ら 2003)、様々な温度条件と保存期間を検討する必要がある。

2) 加温処理による出芽促進効果

ポット試験と圃場試験ではいずれも加温種子による出芽促進効果が得られた。この効果は既に多くの知見もあり、普及性の高い技術と判断された。一方、この技術は単に播種前の種子の出芽を促進させる技術であるため、落水出芽や適期播種など基本的な技術を順守した上で実施すべきと思われた。

以上、カルパー種子における加温処理技術は、安定的な出芽が得られる再現性の高い技術であると判断された。当県では春先の気温が低い冷涼な地域が多いため、水稻直播栽培では安定的な苗立ちが確保しにくい。こうした状況でも直播栽培を展開できる有力な技術であると考えられた。

2 カルパー種子の被覆量低減、加温前の保存期間、加温処理

水稻湛水直播栽培においては、従来からカルパー2倍種子の利用と落水出芽が一般的に行われてきたが、近年ではさらなる出芽促進のための被覆種子の加温処理技術、省力低コスト化のための等倍量被覆技術が導入されつつある。しかし、加温処理を行った種子は、加温処理後の長期保存ができないため、降雨等により播種日の延

期が予想される場合、加温処理実施の判断に苦慮している。また、カルパー等倍種子の加温処理技術が未解明であった。そこで、被覆量の低減による出芽から収量への影響、さらに、カルパー等倍種子の加温処理前保存可能期間と加温処理の効果を検討した。

材料及び方法

1) 現地圃場におけるカルパー等倍種子を用いた生育および収量

試験は、2005年に飯山市旭町(標高350m、中粗粒グライ土)の現地圃場(以下飯山圃場)で行った。5月6日に代かきを行い、5月6日に製造した「コシヒカリ」のカルパー等倍および2倍種子を、土中点播機を用いて5月8日に播種した。播種粒数は7～9粒/株、点播間隔は20～24cmとした。播種後11日間は落水出芽管理を行った。それぞれの種子を播種した区画内の3ヶ所で調査を行った。播種30日後には苗立ち個体を掘り上げて生育調査を行った。7月26日および成熟期に1ヶ所あたり15株の生育調査を行い、収量は1ヶ所あたり3.3㎡の地上部を刈り取り求めた。28aの圃場を2等分し、それぞれの種子を播種し、無反復とした。

2) 被覆量の低減による作業性

試験は、2006年にJA北信州みゆき木島育苗センター内(以下木島)および農事試験場内(以下場内)の施設で行った。木島において、「コシヒカリ」種子32kg(乾粒換算)を大型コーティングマシンにより、カルパー等倍重種子、カルパー2倍重種子をそれぞれ製造し、催芽粒の投入から被覆種子の取り出しまでの時間を計測した。また、場内において、「コシヒカリ」種子1kg(乾粒換算)をコーティングマシンにより、カルパー等倍重種子、カルパー2倍重種子をそれぞれ製造した。被覆後の種子重量を計測した。

3) カルパー等倍種子の保存期間と加温処理効果

試験は、「コシヒカリ」を用いて2007年に場内施設においてポット試験によるカルパー等倍種子および2倍種子の出芽率、須坂圃場における出芽率を調査した。

ポット試験では、カルパー被覆後に9℃条件下での保存期間を3処理(低温条件区は2, 4, 8日間、高温条件区は1, 3, 7日間)と、30℃24時間の加温処理(蒸気式出芽器使用)の有無の処理を設けた。保存および加温処理中は、種子を紙袋に封入した(以下全ての試験において同様)。保存後、水田土壌を充填した1/5000a相当のプラスチック桶の土中1cmに、それぞれの種子を1区当たり20粒播種した。播種日は、低温条件は5月9日、高温条件は5月30日とした。播種後は、恒温機の設定を20℃/10℃の変温条件(実測平均温度16.8℃)とした低温条件、実測平均温度20.2℃の開放室内に整置した高温条

表1-1 ポット試験の低温下におけるカルパー種子の保存および加温条件

処理方法	0	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後	9日後
2日・無加温	粉衣	保存	播種							
4日・無加温	粉衣		保存		播種					
8日・無加温	粉衣			保存					播種	
2日・加温	粉衣	保存	加温	保存	播種					
4日・加温	粉衣		保存		加温	保存	播種			
8日・加温	粉衣			保存				加温	保存	播種

表1-2 ポット試験の高温下におけるカルパー種子の保存および加温条件

処理方法	0	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後
1日・無加温	粉衣	保存	播種						
3日・無加温	粉衣		保存		播種				
7日・無加温	粉衣			保存				播種	
1日・加温	粉衣	保存	加温	播種					
3日・加温	粉衣		保存		加温	播種			
7日・加温	粉衣			保存				加温	播種

表1-3 圃場試験におけるカルパー種子の保存および加温条件

処理方法	0	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後
1日・無加温	粉衣	保存	播種						
3日・無加温	粉衣		保存		播種				
7日・無加温	粉衣			保存				播種	
1日・加温	粉衣	保存	加温	播種					
3日・加温	粉衣		保存		加温	播種			
7日・加温	粉衣			保存				加温	播種

件を設けた(表1-1, 表1-2)。また, 1反復当たり30~40gのそれぞれの被覆種子を播種日から80℃条件下で70時間の乾燥後, 被覆種子および被覆剤を除去した籾の重量を測定し, 含水率を求めた。試験は3反復とした。

圃場試験では, ポット試験と同様の処理区を設けた(表1-3)。土中点播機による点播では播種量(乾籾換算)を5kg/10a前後, 胸抱え式散粒器による散播では3kg/10aとして, 5月8日に播種した。播種後13日間は落水出芽管理を行った。また, 平均気温は, 落水期間中には14.6℃, 播種後28日間は15.9℃だった。

4) 現地圃場におけるカルパー等倍種子の加温処理効果

試験は, 2006年に北信農業改良普及センターと共同で現地圃場(山ノ内町夜間瀬, 標高600m, 表層腐植多湿黒ボク土, 以下山ノ内圃場)において行った。5月11日に「コシヒカリ」のカルパー等倍および2倍種子を製造し, 蒸気式出芽器を用いた30℃・24時間の加温処理および室温保存の無加温を設けた。5月13日に土中条播機(Y社製Pe-1x)により, 播種量(乾籾換算)3kg/10aとして播種し, 播種後10日間は落水出芽管理を行った。出芽期間中の土壌表層温度は, 日最低温度の平均11.1℃, 10℃以下は3日間, 平均温度17.4℃であった。播種7から9日後に観察による出芽率, 播種26日後に苗立ち個体を掘り上げて生育調査を行った。

結 果

表2 カルパー種子の粉衣量の差による水稻の生育および収量への影響

種子	播種30日後					7月26日生育					倒伏 程度	全重 (kg/a)	精玄 米重 (kg/a)	千粒 重 (g)
	苗立数 (本/m ²)	苗立率 (%)	草丈 (cm)	葉数	白化茎長 (mm)	草丈 (cm)	莖数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)				
カルパー等倍種子	62.5	62.0	19.8	2.6	10.3	62	403	93	16.9	326	1.4	171.0	63.6	23.2
カルパー2倍種子	65.2	64.7	17.5	2.7	11.8	62	490	93	16.8	381	1.8	174.3	63.2	23.0

注) 出穂期は8月13日、成熟期は10月3日

1) 現地圃場におけるカルパー等倍種子を用いた生育および収量

試験に用いた被覆種子を, シャーレに100粒を整置し, 25℃/15℃変温条件の恒温機内に5月11日に設置し, 12日後に調査した発芽率はカルパー等倍種子が89%, カルパー2倍種子が88%であった。落水出芽期間中の平均気温は12.7℃と同期平年気温との差は-1.9℃であったが, 播種1ヶ月後の出芽率はカルパー等倍種子が62%, カルパー2倍種子が64%と同等であった。白化茎長は10.3~11.5mmであり, 打ち込み点播による出芽深度も同等で, 葉数は2.6~2.7と生育差も認められなかった。また, その後の生育, 収量もほぼ同等であった(表2)。

2) 被覆量の低減による作業性

カルパー等倍種子は, カルパー2倍種子に比べ, 被覆作業時間は34%の短縮, 種子重量は23%の低減となった(表3)。

3) カルパー等倍種子の保存期間と加温処理効果

高温条件区において被覆量, 保存期間, 加温処理の有無によって, 籾の含水率に有意差は認められなかった(表4)。低温条件区のポット試験における出芽率は, カルパー等倍種子と2倍種子では被覆量による有意差はなく, 加温により播種10日後および15日後に高い傾向であり, 4日間以上保存した場合に播種10日後以降の出芽率が有意に高まった。播種10日後における2倍重・2日保存・無加温(対照)と比較した出芽率は, 等倍重・加温では28~42%高く, 2倍重・加温では23~40%高かった(図3, 図4, 表5)。

表3 粉衣量による作業時間および種子重量の変化

種子	粉衣作業時間 ¹⁾		粉衣種子の重量 ²⁾	
	作業時間 (分/回)	対比 (%)	乾籾 (kg)	粉衣後 (kg)
カルパー等倍種子	23	66	1.00	2.42
カルパー2倍種子	35	100	1.00	3.59

1) 木島での試験結果, 2) 圃場での試験結果

表4 高温条件のポット試験における保存後の種子含水率

処理	カルパー種子 (%)	籾 (%)
2倍・1日・無加温	17.5	24.5 n. s.
2倍・3日・無加温	16.9	24.4
2倍・7日・無加温	15.8	24.0
2倍・1日・加温	17.8	22.4
2倍・3日・加温	15.9	22.3
2倍・7日・加温	17.0	23.4
等倍・1日・無加温	19.9	22.9
等倍・3日・無加温	19.5	24.6
等倍・7日・無加温	19.8	23.4
等倍・1日・加温	20.1	24.2
等倍・3日・加温	19.1	21.4
等倍・7日・加温	17.0	21.4

n. s.: 5%水準での有意差は認められない (Tukey法)

高温条件区のポット試験における出芽率は、等倍重と2倍重では被覆量による有意差はなく、加温により有意に高まり、1日間に比べ7日間の保存に有意差が認めら

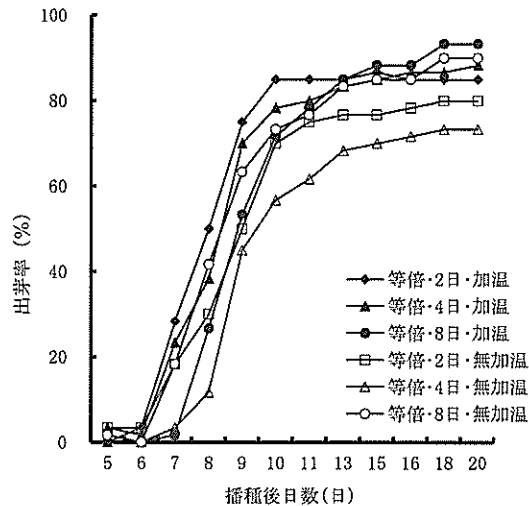


図3 低温条件でのカルバー等倍重種子の保存期間、加温処理による出芽率への影響

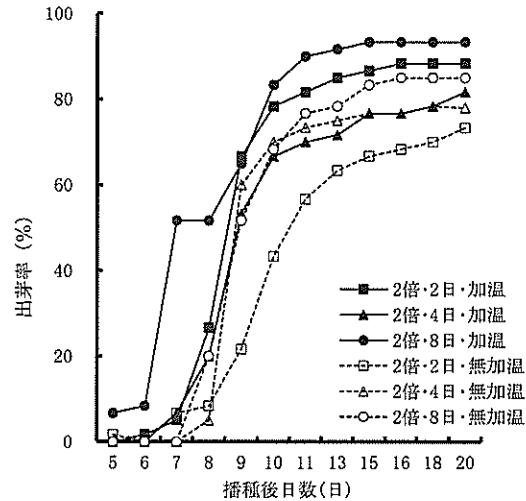


図4 低温条件でのカルバー2倍重種子の保存期間、加温処理による出芽率への影響

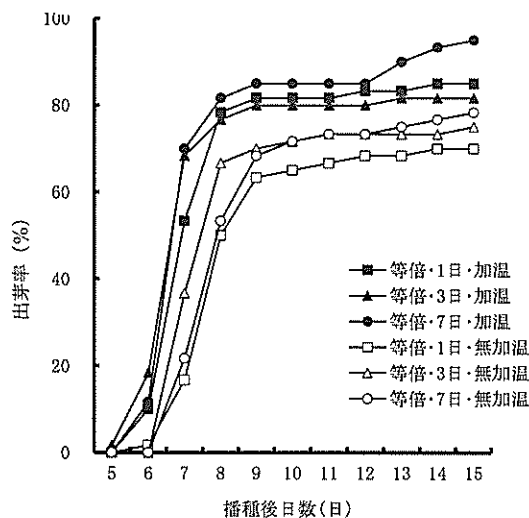


図5 高温条件でのカルバー等倍重種子の保存期間、加温処理による出芽率への影響

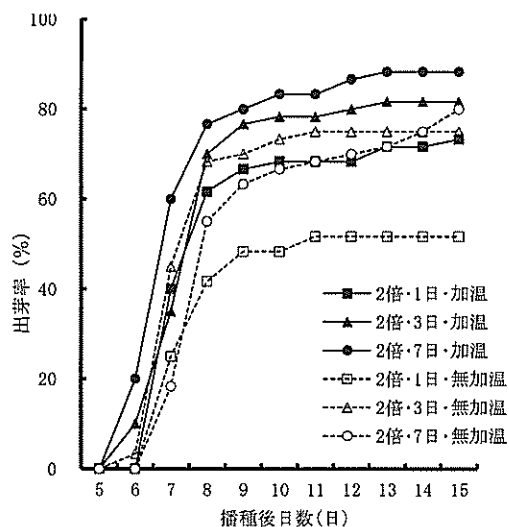


図6 高温条件でのカルバー2倍重種子の保存期間、加温処理による出芽率への影響

表5 低温条件での処理の差による要因別出芽率の検定

処理	7日後 (%)	10日後 (%)	13日後 (%)	15日後 (%)
保存日数				
2日	7.1 b	60.0 b	70.8 b	72.5 b
4日	12.9 ab	76.2 a	82.9 a	85.4 a
8日	13.6 a	70.4 a	82.9 a	85.8 a
加温有無				
加温	15.0 ns	74.1 ×	81.6 ns	83.6 ×
無加温	12.3	66.6	76.1	78.8
粉衣量				
等倍	15.6 ns	72.5 ns	80.8 ns	81.9 ns
2倍	11.7	68.3	77.5	80.6

同一符号間には5%水準で有意差がない、nsは有意差がない、×は10%水準で有意差があることを示す(Tukey法)

表6 高温条件での処理の差による要因別出芽率の検定

処理	7日後 (%)	10日後 (%)	13日後 (%)	15日後 (%)
保存日数				
1日	30.9 b	64.5 b	67.0 b	67.9 b
3日	33.4 b	72.0 ab	75.4 ab	79.1 a
7日	58.4 a	72.8 a	85.4 a	86.6 a
加温有無				
加温	50.9 *	77.2 *	80.2 *	81.9 *
無加温	30.9	68.3	71.6	77.9
粉衣量				
等倍	44.5 ns	75.8 ns	78.6 ns	80.8 ns
2倍	37.3	69.7	73.3	75.0

同一符号間には5%水準で有意差がない、nsは有意差がない、*は5%水準で有意差があることを示す(Tukey法)

表7 粉衣量、保存期間、加温処理による初期生育

処理	遠規出芽率		播種28日後の生育			
	播種10日後 (%)	播種13日後 (%)	白化茎長 (mm)	草丈 (cm)	葉数	苗立率 (%)
等倍・1日・無加温	7.0	19.4	2.6 ns	10.5	3.3	55.1 ns
等倍・3日・無加温	7.0	15.3	2.6	9.8	3.3	87.5
等倍・7日・無加温	12.0	22.8	5.2	12.7	3.5	70.0
等倍・1日・加温	23.1	26.6	2.9	12.1	3.3	59.3
等倍・3日・加温	15.3	23.7	4.8	14.6	3.8	49.5
等倍・7日・加温	17.4	34.1	3.3	13.8	3.5	50.7
2倍・1日・無加温	3.3	20.0	5.0	11.3	3.6	49.4
2倍・3日・無加温	7.7	22.0	3.9	11.4	3.6	66.0
2倍・7日・無加温	8.9	20.3	7.5	13.4	4.0	68.6
2倍・1日・加温	10.6	31.5	6.1	14.2	4.0	54.0
2倍・3日・加温	11.3	33.2	7.4	14.1	4.0	67.2
2倍・7日・加温	15.3	44.0	5.1	13.9	4.1	66.0
2倍・2日・無加温・散播	—	—	2.5 ns	13.0	3.3	73.0 ns
等倍・2日・無加温・散播	—	—	1.7	10.2	3.1	73.0

ns: 散播以外は5%水準(Tukey法)、散播は検定(p<0.05)の結果、有意差は認められないことを示す

圃場試験における遠視による出芽率は加温処理で高い傾向であったが、反復間のバラツキが大きく傾向は見いだせなかった。播種後28日の白化茎長、出芽率に有意差は認められなかった（表7）。胸抱え式散粒機による表面散播では、等倍重と2倍重の間に芽深度、出芽率の有意差は認められなかった（表7）。茎数、穂数、精玄米重には、反復間のバラツキが大きく傾向は見いだせなかった（表8）。

4) 現地圃場におけるカルパー等倍種子の加温処理効果

カルパー等倍種子の出芽率は、2倍種子に比べ低い傾向であった。加温処理による播種9日後までの出芽促進効果は、カルパー2倍種子では認められたが、等倍種子では認められなかった。また、播種26日後の葉数はいずれの区も3.5葉程度と、処理による差は認められなかった（表9）。

表8 粉衣量、保存期間、加温処理による生育、収量

処理	7月20日生育		成熟期生育			精玄米重	
	草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	(kg/10a)	千粒重 (g)
等倍・1日・無加温	71	576 ns	87	17.3	420 ns	532 ns	21.1
等倍・3日・無加温	70	413	86	17.5	358	518	21.3
等倍・7日・無加温	69	500	87	18.3	388	587	21.7
等倍・1日・加温	75	667	89	17.0	399	543	21.1
等倍・3日・加温	68	576	84	17.6	383	539	21.3
等倍・7日・加温	76	674	91	17.5	382	566	21.3
2倍・1日・無加温	67	480	84	17.6	329	504	21.1
2倍・3日・無加温	66	506	84	17.3	421	520	21.2
2倍・7日・無加温	66	505	86	18.6	396	550	21.5
2倍・1日・加温	68	471	85	17.9	395	514	21.5
2倍・3日・加温	67	463	87	17.8	380	541	21.2
2倍・7日・加温	71	456	86	18.0	347	513	21.4

出穂期:8月14日、nsは多重検定5%水準(Tukey法)での有意差は認められないことを示す

表9 山ノ内圃場における粉衣量および加温処理による苗立ち、初期生育への影響

区名	出芽率			播種26日後の生育					
	7日後 (%)	8日後 (%)	9日後 (%)	苗立ち率 (%)	白化茎長 ¹⁾ (mm)	分けつ数 (本/m ²)	葉数	草丈 (cm)	
等倍重	加温	6.6	19.9	34.2	54.1	5.4 ± 4.2	0.2	3.6	15.4
	無加温	17.8	26.6	33.3	58.8	7.5 ± 3.5	0.6	3.4	15.0
2倍重	加温	33.2	50.4	59.7	63.9	6.1 ± 3.2	0.3	3.7	16.3
	無加温	15.9	29.2	39.8	67.6	5.0 ± 2.9	0.2	3.6	15.8

1) 平均値±標準偏差

考 察

カルパー被覆量の低減については、乾糶1kg当たり資材費が現行の約1,000円から半減することに加え、被覆作業時間の圧縮や重量低減（表3）により作業の効率化につながる。現在、被覆作業を委託している事例も多く、これにより、種子代金の低減によるコスト低減が期待される。

被覆量を等倍重にした場合の出芽率は、落水期間中の平均気温が12.7℃だった飯山圃場では2倍重と同等の62%であったが（表2）、土壌表層の平均最低温度が11.1℃だった山ノ内圃場では、等倍重は9%程度低く、加温処理の効果も認められなかった（表9）。吉永ら（2007）は、寒冷地でのカルパー減量が苗立ちにおよぼす影響は小さいが、出芽期気温の低い条件では苗立率の低下が認められたと報告している。山ノ内圃場は、標高600mであり、出芽期が低温条件となる地帯での被覆量低減については、播種期の設定と合わせて検討が必要と考えられ

る。また、山ノ内圃場におけるカルパー2倍種子は、初期には加温処理による出芽促進効果が認められたものの、播種26日に無加温と同程度の苗立率であった（表9）。これは出芽が遅れたカルパー等倍種子に合わせた落水出芽管理の継続を行ったためと考えられ、加温処理による出芽促進効果に合わせた水管理が必要である。

加温処理による出芽促進効果については、ポット試験において、等倍重の加温処理は、2倍重の無加温処理に比べ出芽率は高まった（図3、図4、図5、図6）。野村ら（2001）は、等倍重および2倍重ともに加温処理の苗立ち促進効果が認められ、等倍重の加温処理により、無加温の2倍重と同程度となると報告している。本試験の低温条件は16.8℃、高温条件は20.2℃であったが、本県における5月上旬播種の場合には、さらに出芽期間が低温となる場合もある。本試験の低温条件において、いずれの被覆量ともに出芽が促進される効果が確認されたため、現場での出芽安定が期待される。

高温条件下のポット試験において、保存後のカルパー種子の含水率は2倍重で低い傾向にあった（表4）。出芽促進効果が最大となるのは、被覆種子全体の含水率が20%弱程度の被覆4時間後に加温処理を行った場合であった（野村ら2002）。本試験では、被覆種子を紙袋に封入して保管しており、保管方法について検討することにより出芽率がさらに向上する可能性も示唆された。

ポット試験では、保存期間が長いほど出芽率の向上がみられた（表5、表6）。吉永ら（2000）は、10℃で貯蔵した被覆種子の出芽は、被覆直後の種子のものと差が認められなかったと報告している。本試験では保存後の種子に発芽に伴う被覆剤の剥離や割れは観察されなかったが、保存期間中の庫内温度が10℃以上であった可能性も残り、保存中の温度管理に課題が残った。現場においても被覆作業後、播種までの間に大ロットを10℃に保管するには施設上の課題も懸念される。この点について野村ら（2003）は、2倍重被覆剤をビニール袋に入れて、15℃、3～5日間の保存により従来の30℃・24時間加温処理と同等な出芽促進効果が得られ、これらを組み合わせることにより作業の効率化が図られると提案している。今後、大規模経営体や育苗センターにおいて、被覆作業、被覆種子の保管、加温処理を効率的に行う工程の検討が必要である。

3 鉄コーティング種子に関する試験

カルパー種子を用いた水稻湛水直播栽培は、県内の一定面積で普及、定着しているものの、出芽の不安定要因の排除やさらなるコスト低減に向けた取組が必要である。そうしたなか、鉄コーティング種子を用いた湛水直播栽培（山内稔 2004）は、鳥害回避効果、被覆作業の

簡易性、長期保存性等で注目され、県内でも試行されている。そこで、鉄コーティング種子の出芽生理等の特性を調査し、県内での適応性を検討した。

また、鉄コーティング種子は被覆後密封することにより、被覆後の発熱による発芽率の低下はみられず、従来式に比べ出芽が早まる（今川 2008）。そこで、被覆後の種子温度および保存期間による発芽への影響、出芽特性を検討した。

1) 鉄コーティング種子の保存性および出芽特性

材料及び方法

試験は、2007～2008年に場内において行った。「コシヒカリ」の乾籾をイプコナゾール・銅水和剤・200倍濃度で24時間種子消毒後、室温（約18℃、以下同様）で浸漬した。鉄コーティング種子は、浸漬種子を鉄コーティング湛水直播マニュアル（近中四農研センター 2008）に沿って製造し、放熱後、播種まで室温で保存した。対照のカルパー等倍種子には、浸漬籾を10%程度発芽するまで催芽した籾を用い、製造後、播種まで9℃設定の恒温機内で保存した。

（ア）試験1 種子の保存期間による発芽への影響

鉄コーティング種子は、鉄粉の被覆量を、乾籾の0.05倍重、0.1倍重、0.25倍重、0.5倍重として、2007年4月30日および5月10日に製造した。カルパー等倍種子は、2007年5月7日に製造した。鉄コーティング種子は濾紙を敷設し、カルパー種子は酸化による発芽障害を回避するため人工培土を5mm厚に充填したシャーレに100粒を整置、加水し、30℃の恒温機内に設置し、5日後、10日後、14日後の発芽率を調査した。試験開始を5月14日に行った短期保存、8月29日に行った長期保存として、2条件の保存期間を設けた。3反復とした。

（イ）試験2 種子予措および播種深度による出芽への影響

鉄コーティング種子に用いる予措籾を浸漬、カルパー種子と同様の催芽籾として、2007年5月2日に鉄粉0.5倍重を被覆した。カルパー種子は同日に製造した。代か

き状態とした人工培土をシードリングケースに充填し、5月9日にそれぞれの種子を1ケース当たり20粒播種した。播種深度を鉄コーティング種子は0、5、10mm、カルパー種子は10mmとした。3反復設けた。播種後、20℃/10℃設定の恒温機内（実測平均温度16.8℃）に静置し、落水状態とし、土壌表面の乾燥時に適宜、加水した。播種後15日間の出芽率を調査した。

（ウ）試験3 被覆量による出芽への影響

鉄粉被覆量を乾籾の0.03倍重、0.1倍重、0.25倍重、0.5倍重として、4月30日に鉄コーティング種子を製造した。代かき状態とした水田土壌を充填したシードリングケースに、5月1日に播種深度3mmとして、1ポット20粒を播種した。播種後、20℃/10℃設定の恒温機内（実測温度平均13.6℃）に静置した。播種後は落水管理とし、土壌表面の乾燥時に加水し、出芽率を調査した。3反復とした。

（エ）試験4 温度および土壌水分による出芽への影響

試験は2008年に行った。3月17日に、鉄粉を0.5倍重被覆し鉄コーティング種子を製造し、カルパー種子は3月19日に製造した。代かき状態とした水田土壌を充填したシードリングケースに、播種深度3～4mmとして25粒を播種し、出芽率を調査した。低温条件として24℃/9℃設定の恒温機内（実測平均温度17.1℃）、高温条件としてガラスハウス内（同じく22.7℃）の2条件を設け、ケースを静置した。播種後の土壌水分条件として、落水を継続し乾燥状態とした落水区、適宜の加水を行い土壌表面を湿潤に保った湿潤区を設けた。3反復とした。

結 果

（ア）試験1 種子の保存期間による発芽への影響

播種時における被覆種子の含水率は、短期保存では鉄コーティング種子が11.3～14.2%、カルパー種子が18.1%、長期保存ではそれぞれ8.4～10.6%、13.3%であった。鉄コーティング種子は長期保存による発芽率の低下は小さかったが、カルパー種子は28.3%と大幅に低下した（図7）。

（イ）試験2 種子予措および播種深度による出芽への影響

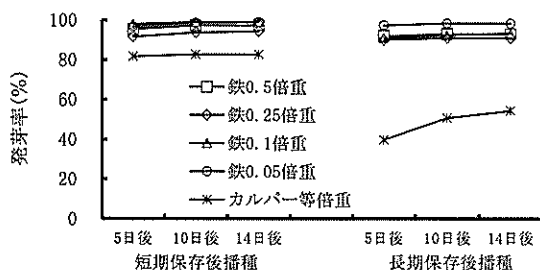


図7 保存期間による発芽率への影響（2008年）
短期保存：4～14日間、長期保存：111～121日間

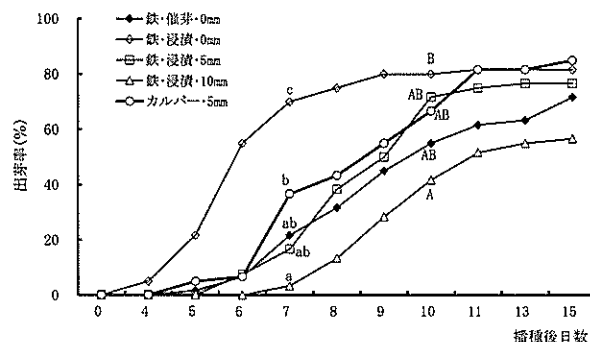


図8 鉄コーティング種子の予措、播種深度による出芽への影響（2007年）
播種7日後の小文字の異符号間には5%水準、播種10日後の大文字の異符号間には10%水準で有意差がある（Tukey法）

影響

浸漬剤を用いて土壌表面播種とした鉄コーティング種子の出芽は、カルパー種子に比べ早く、播種7日後までは有意に高かった。浸漬剤を用いた場合、播種深度が大きくなるほど、出芽率は低く、10mm 播種はカルパーに対して有意に低かった。土壌表面播種とした催芽剤を用いた鉄コーティング種子は、浸漬剤に比べ出芽率は有意に低かった（図8）。

(ウ) 試験3 被覆量による出芽への影響

0.5 倍重被覆種子の出芽率は、全期間を通じて最も低かった。また、被覆量が多いほど出芽が遅れ、出芽率が低下し、播種9日以降にはその傾向は明確となった（図9）。

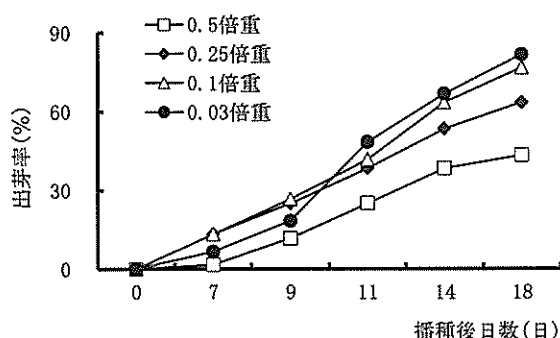


図9 被覆量の差による出芽率への影響（2008年）

(エ) 試験4 温度および土壌水分による出芽への影響

鉄コーティング種子は、カルパー種子に比べ、低温条件では出芽が4日程度遅れたが、恒温機内のため土壌表面は乾燥せずに、土壌水分条件による差はなかった（図10）。高温条件では、両種子の出芽の遅れは1日程度に短縮したが、落水区では土壌表面が乾燥し、出芽が停滞した（図11）。

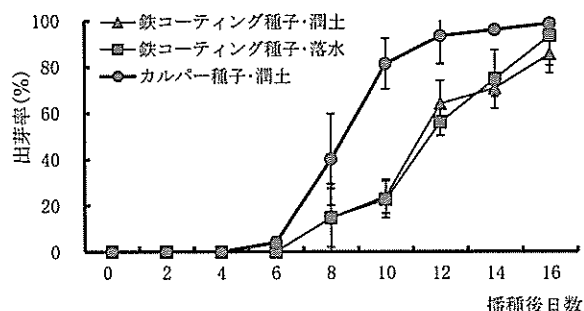


図10 低温条件での出芽推移（2008年）

低温条件: 9℃12時間/24℃12時間恒温機内(実測温度17℃)、縦棒は標準偏差

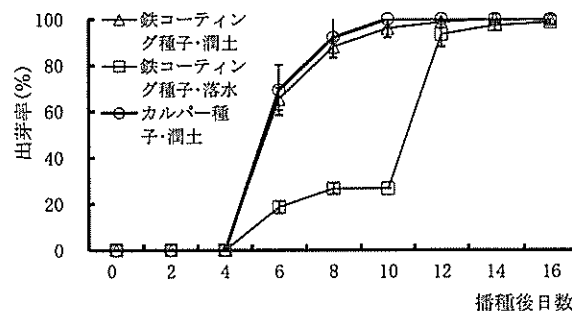


図11 高温条件での出芽推移（2008年）

高温条件: 硝子温室内(実測温度23℃)、縦棒は標準偏差

2) 圃場における初期生育、鳥害

材料及び方法

試験は、2008年に現地圃場（松本市寿、標高632m、礫質灰色低地土、以下松本圃場）および須坂圃場で行った。

松本圃場の試験では、鉄粉を乾糞の0.5倍重被覆した鉄コーティング種子、カルパー等倍種子を5月5日に製造した。高精度条播機を用いて、鉄コーティング種子は覆土機構を除去し、カルパー等倍種子は通常仕様として5月7日に播種した。播種後10日間は落水管理を行い、播種38日後に、各種子で3箇所それぞれから0.5㎡の苗立ち個体を採取し、生育調査を行った。

須坂圃場の試験では、鉄粉を乾糞の0.05倍重、0.1倍重、0.5倍重の3条件とした鉄コーティング種子、カルパー種子を5月12日に製造した。簡易条播機を用いて、鉄コーティング種子は覆土機構を除去し、カルパー等倍種子は通常仕様として5月13日に播種した。播種後13日間は落水管理を行い、播種28日後に0.5㎡の苗立ち個体を採取し、生育調査を行った。2反復とした。

結果

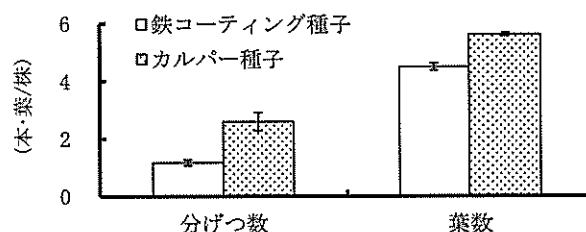


図12 松本圃場における初期生育の差（2008年）

播種38日後、縦棒は標準偏差

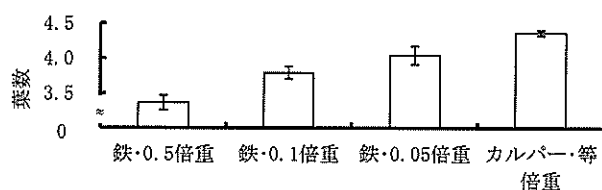


図13 須坂圃場における鉄粉被覆量の差による葉数への影響 (2008年)
播種28日後、縦棒は標準偏差

松本圃場における播種38日後の生育は、鉄コーティング種子はカルパー等倍種子に比べ分けつ数は1.4本/株、葉数は1.1葉少なく(図12)、5~7日程度の遅れであった。松本圃場では、播種時に種子が露出したために鳥害が発生し、鳥害が甚発生箇所鉄コーティング種子の出芽率は、少発生箇所と比べ28%低下した(表10)。

須坂圃場において、播種1ヶ月後の葉数は鉄粉の被覆量が多いほど小さくなった。0.5倍重は0.05倍重に比べ0.6葉、カルパー等倍種子に比べ1.0葉小さく、5~7日程度の遅れであった。

表10 松本圃場における播種機による鳥害程度 (2008年)

種子	播種機 土機	露出種 子程度	鳥害程 度	播種11日後生育 ¹⁾ 出芽率 (%)	鳥害 ²⁾ (本/㎡)	播種38日後生育 ³⁾ 苗立率 (%)	白化茎長 (mm)
鉄コーティング種子	無	多	甚	0.6	140	20.3	3.2
	無	少	少	17.7	73	48.5	4.7
カルパー等倍種子	有	少~微	微	39.5	28	58.2	6.6

1) 遠視調査結果、2) 土壌表面の種子落下数、3) 鳥害甚大箇所を除く

考 察

鉄コーティング種子は、直射日光を避けて室温で長期の保管が可能(近中四農研センター 2008)だが、本試験においても100日以上保管によっても90%程度の発芽率であり(図7)、冬期間等に被覆作業が可能となることは大規模経営では利点が大いと考えられる。また、被覆量については、長期保存による影響に差はなく(図7)、粉衣量が少ないほど出芽は早い傾向にあった(図9)。近中四農研センター(2008)は、被覆量を通常は0.2倍重、下限は0.05倍重とし、出芽まで時間を要する場合には被覆量を下げるとしている。本試験においても被覆量が多いほど出芽が遅れ、播種1ヶ月後の葉数についても被覆量に影響されていた(図13)。また、被覆量低減は、資材費および保管から播種までの作業性等の利点が大いと考えられる。一方、近中四農研センター(2008)は、被覆量を下げるとスズメ害が大きくなるため0.5倍重とするとしている。また、古畑ら(2009a)は、鉄コーティング種子の鳥害回避効果には、種子表面と土壌表面の色差によるカモフラージュ効果、スズメの摂食防止効果も含めた複数の要因があるものの、スズメの被害が生ずる可能性があると指摘している。松本圃場において、表面露出種子が多い箇所出芽率が28%低下したことは、鳥の生息環境、種子の播種状態によっては鳥害回避効果が

大幅に低下することを示しており、他の出芽促進技術の導入、播種後の水管理技術と合わせたスズメ害防止対策の検討が必要である。

鉄コーティング種子の播種深度については、表面播種とし、土中播種の場合には苗立ちに失敗し(山内 2004)、カルパー種子に比べ低温条件や播種深度が深くなるに伴って出芽・苗立ちが遅れ、出芽・苗立率は低下して初期生育量が小さくなる(古畑ら 2009a)ことが報告されている。本試験においても、播種深度が深いほど出芽が遅れ(図8)、播種深度を3~4mmとした17℃条件では出芽が遅れ(図10)、播種1ヶ月後の生育がカルパー等倍種子に比べ5~7日間遅れた(図12、図13)。これらから、鉄コーティング種子は土壌表面播種が適するが、県内の湛水直播の播種期である5月上中旬の気温は、17℃以下に低下することもあるため、鉄コーティング種子の播種期の検討も必要である。また、土壌の過乾燥により出芽が停滞した(図11)ことから、土壌表面播種を基本とする水管理技術の精査が必要である。

被覆する際の予措程度について、浸漬後に50%程度発芽するまで催芽した種子に鉄資材を被覆し、密封後、低温保存し、ホッパー内に入れて集積した場合、短時間で発熱および発芽率の低下が確認されている(古畑ら 2009b)。本試験においても、10%程度発芽した催芽初に鉄資材を被覆した場合は、浸漬初に比べ大幅に発芽率が低下(図8)しており、鉄コーティング種子の製造では、初めの予措に十分な注意が必要である。

3) 密封式鉄コーティング種子

材料及び方法

試験は、2012年に須坂圃場および現地圃場(大町市、灰色低地土、標高693m、以下大町圃場)において行った。「コシヒカリ」の乾籾をイブコナゾール・銅水和剤・200倍濃度で24時間種子消毒後、室温で浸漬した。鉄コーティング種子(以下従来鉄種子)には浸漬初、密封式鉄コーティング種子(以下密封鉄種子)およびカルパー種子には10%程度発芽した催芽初を供試した。

大町圃場では、5月8日に乾籾の0.5倍重の鉄粉を被覆し、直ちにビニール袋に封入して密封状態とした。カルパー種子は5月8日に製造し、30℃の恒温機内で24時間の加温処理を行った。代かきは5月9日に行い、播種散布幅を5mとしたエアアシスト条播機(帖佐ら 2009)を用いて5月10日に播種した。乾籾換算の播種量を、密封鉄種子は3.5kg/10a、カルパー等倍種子は2.4kg/10aとした。日平均気温(アメダス大町)は、5月8日が13.8℃、5月9日が12.9℃、5月10日が8.3℃であった。被覆後の密封開始から播種作業終了までの種子温度、播種26

日後に1ヶ所から0.25 m²、1地点当たり2ヶ所、圃場内4地点から苗立ち個体を採取して生育を調査した。3057 m²の圃場で行い、反復は設けなかった

須坂圃場では、5月28日に鉄粉を乾粒の0.5倍重被覆後、放熱させた従来鉄種子、5月31日に鉄粉を乾粒の0.5倍重被覆後、直ちにビニール袋に封入した密封鉄種子、カルパー等倍種子を供試した。製造日に屋外の日陰に静置した密封鉄種子（日陰・密封）、10℃恒温機内で保管し4日後に晴天下で静置した密封鉄種子（日射下・密封）、製造日に密封鉄種子を紙製米袋に封入し日射下に7時間静置した密封鉄種子（日射下遮光・密封）、晴天下の播種ホッパー内に2時間静置後に冷蔵した密封鉄種子（日射下・ホッパー）、被覆後は室温で保存した密封鉄種子（室内・密封）の温度変化および発芽率を調査した。人口培土を5mm厚に充填したシャーレに各種子100粒を整置し、30℃設定の恒温機内に設置した。3反復設けた。

また、上記の密封鉄種子、従来鉄種子、カルパー等倍種子を用いて、保存中の温度および保存期間が発芽に及ぼす影響を調査した。保存中の温度は、平均温度が約19℃の室内（以下室温）、10℃設定の恒温機内（以下低温）の2条件とし、保存期間は0、7、14、29日間の4条件とした。上記と同様な方法で発芽率を調査した。3反復設けた。

結 果

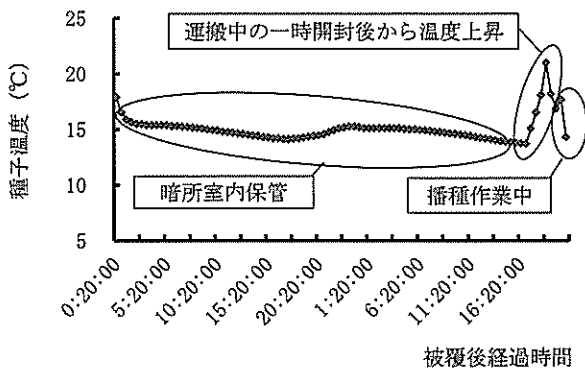


図14 大町圃場における密封式鉄コーティング種子の保存から播種作業間の温度推移（2012年）

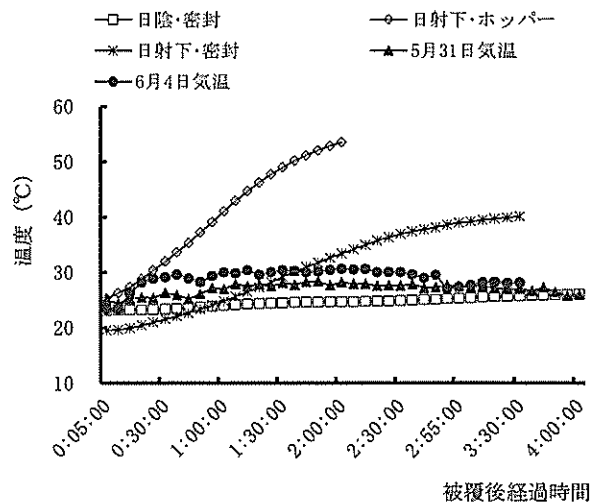


図15 須坂における密封式鉄コーティング種子の静置条件の違いによる温度推移（2012年）

大町圃場では、密封状態の保管中の種子温度は上昇しなかった。播種作業は40分間を要したが、急激な温度上昇は認められなかった（図14）。須坂では、日陰・密封区の温度は外気温以下であった（図15）。日陰・密封区および日射下遮光・密封区は、室温・密封区に比べ発芽率に有意差は認められなかった（表11）。日射下・ホッパー区は、約1時間後に40℃を超え（図15）、発芽率が有意に低かった（表11）。日射下・密封区は、約4時間で40℃を超え（図15）、ビニール袋との接触部付近には酸化種子が観察され、発芽率のバラツキが大きかった（表11）。

密封鉄種子の保存状態および期間による発芽率への影響は、室温保存では7日後、低温保存では29日後には発芽率は有意に小さく（表12）、ビニール袋との接着部分には酸化した被覆種子が観察された。従来鉄種子およびカルパー等倍種子の発芽率は、29日間保管まで低下せず、同等であった（表12）。

大町圃場における播種1ヶ月の生育は、密封鉄種子の苗立率は、カルパー等倍種子に比べ12.4%低かったが、葉数は両種子とも3.7～3.8葉と生育差はなかった（表13）。

表11 播種前の静置条件の違いによる発芽率への影響（2012年）

処理条件	種子の最高温度 (°C)	発芽率 ¹⁾ (%)
日陰・密封	26.1	97.7 ± 0.9 a
日射下・密封	40.1	78.0 ± 9.1 ab
日射下遮光・密封	—	97.7 ± 0.3 a
日射下・ホッパー	53.5	17.0 ± 4.0 b
室内・密封	—	97.0 ± 0 a

1) 平均値±標準誤差で示した。異なる異符号間には1%水準で有意差がある（Dunnett's T3法）。

表12 保存期間の差による発芽率への影響
(2012年)

保存 日数	種子	保存 状態	発芽率	
			5日後 (%)	14日後 (%)
0	密封鉄種子	室温	97.0 ^b	97.3 ^b
	従来鉄種子	室温	92.3 ^b	94.0 ^b
	カルパー等倍	低温	98.0 ^b	99.0 ^b
7	密封鉄種子	低温	97.7 ^b	98.3 ^b
		室温	18.3 ^a	19.7 ^a
	従来鉄種子	室温	92.0 ^b	95.7 ^b
	カルパー等倍	低温	96.7 ^b	96.7 ^b
14	密封鉄種子	低温	94.3 ^b	96.7 ^b
		室温	0.7 ^a	0.7 ^a
	従来鉄種子	室温	69.3 ^b	89.7 ^b
	カルパー等倍	低温	97.3 ^b	98.0 ^b
29	密封鉄種子	低温	1.7 ^a	2.0 ^a
	従来鉄種子	室温	88.7 ^b	90.3 ^b
	カルパー等倍	低温	98.3 ^b	98.3 ^b

異なる異符号間には5%水準で有意差がある (DunnettT3法)

表13 大町圃場における播種1ヶ月後の生育 (2012年)

種子	播種量 (kg/10a)	白化茎長 (mm)	葉数 (/個体)	苗立数 (/㎡)	苗立率 (%)
密封鉄種子	3.5	0.1	3.8	104.0	76.3
カルパー等倍種子	2.4	1.3	3.7	83.3	88.7

考 察

密封鉄種子の保存について、暗所室内での2日間の保存中に酸化による発熱はなく(大町圃場)、約19℃の室温では7日後、10℃設定の恒温機内では29日後に発芽率が低下した(須坂)。今川(2009)は、20℃では5日間程度、5℃の冷蔵庫では20日間程度の保存が可能であるとしており、本試験においてもほぼ同様な傾向であった。

播種作業当日の種子の取扱について、播種機の種子ホッパー内への集積後に短時間で発熱と発芽率の低下が確認(古畑b)されたこと、ポリ袋の開封後は1~2時間以内に播種作業を終えること(今川 2009)が報告されている。本試験でも日射下のホッパー内への集積に加え、密封状態のまま日射下に静置することにより発熱(図15)、発芽率の低下(表11)がみられた。一方、密封状態のまま日陰への静置、遮光資材内に入れて日射下に静置した場合は発芽率への影響はみられなかったため、ホッパーへの集積前は日陰下に静置し、1時間程度で播ききる量をホッパーに集積することが必要であると考えられた。

4 無コーティング種子の適応性に関する試験

長野県における水稻直播栽培では、カルパー種子を用いた湛水土中直播が一般的だが、一部の大規模経営体では一層の省力低コストを目指して鉄コーティング種子が用いられ、さらにコーティング資材および作業を要しない催芽種子を利用した栽培技術が要望されている。湛水

直播栽培における無コーティング催芽種子(以下催芽種子)の利用について、飼料稲では5月下旬播種とする栽培法がマニュアル化されている(山口ら 2007)。散粒播種機を用いた直播適応品種では、条件によりカルパー種子と同等の発芽率が得られるが、播種期により発芽率の低下や浮き苗が多発する(斎藤ら 1998)こと、耐倒伏性品種を用いた潤土直播栽培で、浮き苗、たこ足苗の発生を抑制できるものの、催芽種子の損傷を回避する播種装置の改良が必要なこと(澤田 1992)が報告されており、催芽種子の直播栽培を安定化するためには多くの課題がある。

ここでは、催芽種子を条播機で表層播種する湛水直播栽培において、カルパー種子並の苗立率および苗立ち条形成を得るために、播種深度および播種時の土壌条件の影響について検討した。

材料及び方法

試験 1 灰色低地土における催芽種子を用いた湛水直播栽培

「コシヒカリ」の催芽種子(乾粒をイプコナゾール・銅水和剤・200倍濃度で24時間種子消毒後、室温で漬浸した後に10%程度発芽するまで催芽した種子、以下同様の予措を行った)を用いた。鉄コーティング種子では、表面の色差がカルパー種子に比べて土壌表面と似た色となるため鳥害が生じにくい(古畑ら 2009)ことを参考に、催芽種子を墨汁と混和させた(以下「催芽種子」として扱う)。対照区は「コシヒカリ」のカルパー等倍種子とした。2012年5月9日に長野県大町市の現地圃場(灰色低地土、標高693m、以下大町圃場)で代かきを行い、5月10日にエアアシスト条播機(帖佐ら 2009)で「コシヒカリ」の催芽種子を播種した。播種量(乾粒換算)は催芽粒が4.0kg/10a、カルパー等倍種子が2.4kg/10aとした。土壌表面硬度は、ゴルフボール(約45g、直径約43mm)を高さ1mから落下させた時のボールの沈み程度で測定した(ボール上面が土壌面より露出した高さ場合は+表記、埋没した場合は-表記した)。土壌表面硬度-2mmで落水状態の圃場に播種し、出芽揃いまでの6日間、落水状態を維持した。播種26日後に50×50cmの枠内全ての苗立個体を対象に、㎡当たり苗立本数、白化茎長、草丈、葉齢、茎葉部乾物重を調査し、苗立率を求めた。また、7月12日、7月23日および8月24日に生育調査を行った。調査箇所は、播種26日後調査は6ヶ所、地上部重は3ヶ所、他は5ヶ所を設置した。

試験 2 中粗粒グライ土における催芽種子を用いた湛水直播栽培

試験は、須坂圃場において、品種は「ふくおこし」を供試した。2013年5月7日に代かきを行い、5月8日に

Y 社製条播機 (Pe-1x) で種子繰り出し部を地上部 15cm に設定し、催芽種子および対照区としてカルパー等倍種子を土壌表面硬度 -20mm の落水状態の代かき土壌に播種した。播種量 (乾粒換算) は、催芽種子 $2.9\text{g}/10\text{a}$ 、カルパー等倍種子 $2.5\text{g}/10\text{a}$ とした。出芽揃いまでの 7 日間は自然減水による落水出芽管理とした。また、5 月 23 日に代かきを行い、播種量 (乾粒換算) を催芽種子 $2.9\text{kg}/10\text{a}$ 、カルパー等倍種子 $2.8\text{kg}/10\text{a}$ 、播種法は 5 月 8 日と同様として、土壌表面硬度 -48mm で落水状態の代かき土壌に 5 月 24 日に播種した。出芽揃いまでの 7 日間は自然落水による落水出芽管理とした。両播種期ともに鳥害防止のため、防鳥網を設置した。

播種 24~27 日後に試験 1 と同様の生育調査に加え、苗立条形成の分布を播種条中心から苗立ち個体との距離により測定し、苗立姿勢は直立を 1、地表面に横転を 3、その中間の傾斜を 2、苗基部が土壌より露出した場合は 4 として指数で示した。調査箇所は 1 区当たり 2 ヶ所を 3 反復設置した。

結 果

1) 播種深度が苗立ちに及ぼす影響

播種深度の目安となる白化茎長は、大町圃場の催芽種子が 0.5mm 、カルパー種子が 1.3mm であったが、種子の種類による有意差は認められなかった (表 14)。須坂圃場では土壌表面硬度 -20mm の 5 月 8 日播種に比べて、同 -48mm の 5 月 24 日播種では、種子の種類および播種期との間に有意差が認められた (表 15)。

苗立率は、大町圃場では両種子とも約 85%、須坂圃場では 5 月 8 日播種に比べ 5 月 24 日播種が約 10% 高か

ったが、両圃場における種子の種類、須坂圃場における播種期との間に有意差は認められなかった (表 14、表 15)。播種後 10 日間の平均気温は、大町圃場では約 12°C 、須坂圃場では 5 月 8 日播種で 16°C 、5 月 24 日播種で 19°C であり、須坂圃場で 5 月 24 日播種の苗立率が向上した理由は、播種後の平均気温の上昇によると考えられる。また、苗立株分布は、催芽種子が $0.3\sim 0.8\text{mm}$ 、カルパー等倍種子が $0.4\sim 0.3\text{mm}$ と、催芽種子で分布のばらつきが大きい傾向にあり、種子の種類の有意差は認められず、播種期に有意差が認められた。苗姿勢は、催芽種子が $1.0\sim 1.4$ 、カルパー等倍種子が $1.0\sim 1.8$ で種子の種類による有意差は認められず、播種期に有意差が認められた (表 15)。

2) 播種方法が生育に及ぼす影響

5 月上旬播種の播種後 1 ヶ月後の生育は、大町、須坂両圃場ともに葉数は $3.6\sim 3.8$ 葉であった。大町圃場における生育は、圃場内の生育のばらつきにより草丈、茎数、稈長、穂長および穂数に種子の種類による有意差は認められなかった (表 16)。また、耐倒伏性弱の「コシヒカリ」を用いたが、登熟中期の全重が $90\text{kg}/\text{a}$ 程度 (表 16) と生育量が小さかったために倒伏発生はなかったと考えられる。

須坂圃場でも、葉数および地上部重に種子の種類で有意差はなかったが、5 月 8 日と 5 月 24 日の播種期の間に、いずれの形質においても差が認められた (表 15)。播種期が遅いほど、播種後の気温が高く初期生育が旺盛となるといえる。

表 14 灰色低地土における種子による初期生育への影響 (大町圃場)

種子の種類	播種期	土壌表面 硬度 (mm)	白化茎長 (mm)	葉数 (葉/個体)	苗立ち率 (%)	地上部重 (mg/個体)
催芽粒	5月10日	-2	0.5 ± 0.2	3.7 ± 0.2	84.5 ± 6.1	18.6 ± 2.9
カルパー等倍種子	5月10日	-2	1.3 ± 0.6	3.7 ± 0.1	85.2 ± 6.2	22.4 ± 3.0
分散分析			n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

大町圃場における播種26日後の数値。数値は平均値±標準偏差で示した。n. s. は5%水準で有意差なし (t検定)。

表 15 中粗粒グライ土における種子および播種期による初期生育への影響 (須坂圃場)

種子の種類	播種期	土壌表面 硬度 (mm)	白化茎長 (mm)	葉数 (葉/個体)	苗立ち率 (%)	地上部重 (mg/個体)	苗立株分布 (cm)	苗姿勢 (1~4)
催芽粒	5月8日	-20	0.9 ± 0.2	3.8 ± 0.4	85.5 ± 10.1	37.0 ± 6.2	0.3 ± 0.7	1.4 ± 0.5
	5月24日	-48	1.9 ± 3.2	4.5 ± 0.4	95.8 ± 7.1	75.2 ± 43.8	-0.8 ± 0.7	1.0 ± 0.0
カルパー等倍種子	5月8日	-20	2.1 ± 0.9	3.6 ± 0.5	77.4 ± 14.7	37.8 ± 11.3	0.4 ± 0.4	1.8 ± 0.3
	5月24日	-48	5.9 ± 3.2	4.8 ± 0.0	87.4 ± 0.0	118.7 ± 0.0	-0.3 ± 0.0	1.0 ± 0.0
分散分析	種子の種類	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	播種期	*	*	n. s.	*	*	*	*
	交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

須坂圃場における播種24~27日後の数値。数値は平均値±標準偏差で示した。*は5%水準で有意差がある、n. s. は有意差なし。

表 16 灰色低地土における種子の差による直播水稻の生育 (大町圃場)

種子の種類	播種64日後	播種75日後		播種107日後				倒伏程度
	茎数 (/㎡)	草丈 (cm)	茎数 (/㎡)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (/㎡)	全重 (kg/a)	
催芽粒	917	63	644	78	16	465	90.9	無
カルパー等倍種子	762	61	557	77	16	387	81.4	無
分散分析	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	—

大町圃場における結果。n. s. は5%水準で有意差なし (t検定)。

考 察

飼料用イネ品種を用いた代かき同時または直後の催芽種子播種では、播種深度 1~3mm であってもカルパー種子に比べ出芽率が低い傾向にあり（中澤ら 2001）、苗立ち本数は播種深度 0~4mm ではカルパー種子を上回るものの 5mm 以上では下回る（岩手県 2012）ことが指摘されている。催芽種子で湛水直播を行った本試験では、白化茎長 1mm 前後（表 14、表 15）の表面播種で苗立率を 80%以上と高く確保できた（表 14、表 15）。従って、代かき土壌表面近傍に均一に催芽種子を播種することができればカルパー種子と同等程度の苗立率確保が可能と考えられる。

また、播種深度には播種時における代かき土壌の状態および水深が関係すると考えられる。本試験では土壌表面硬度が -2mm~-48mm の落水状態（表 14、表 15）であり、播種前日に代かきをした両圃場の土壌表面硬度の差には土質が影響しており、灰色低地土に比べ中粗粒グライ土ではより膨軟になるためと考えられる。須坂圃場における播種時期の間には白化茎長、苗立株の分布および苗姿勢に有意差が認められた（表 15）が、これらの形質は播種時期に影響されないと考えられるため、土壌表面硬度が -48mm とかなり軟らかいことが原因と推察される。カルパー種子を用いた土中条播種における最適な土壌表面硬度の目安は、0~-10mm（長野県 2010）とされるが、青木ら（2012）は、エアーアシスト条播機で播種する場合は専用条播機など他の播種様式より膨軟な代かき土壌で、播種時の水深は完全落水状態または極浅水状態が適すると報告している。須坂圃場では苗立株分布および苗姿勢（表 15）にみられるように斉一な条形成となったが、落水が不十分で湛水状態となっていた圃場の一部において欠株、浮き苗等による苗立ちの不斉一が観察されている。従って、催芽種子を用いた土壌表層への条播で、斉一な苗立ち条形成を得るには、完全落水として、いずれの土壌タイプにおいてもカルパー種子以上に膨軟な代かき土壌への播種が必要と考えられる。

土壌表面播種の場合、倒伏の発生が懸念される。湛水土壌中直播において転び型倒伏は播種深度 5mm でも軽減され、播種深度の浅い湛水土壌中散播、さらに土壌表面播では一層耐倒伏性が劣ることから、耐転び型倒伏性の強化が重要であることが指摘されている（姫田 1995）。また、催芽種子を用いた代かき湛水表層播き直播栽培には転び型倒伏に強く、短稈・（偏）穂重型の「ふくひびき」、「奥羽 355 号」が適し（片岡・滝田 2000）、中澤ら（2001）、山口ら（2007）の試験でも耐倒伏性の高い飼料イネ品種が用いられている。

催芽種子を用いた湛水直播栽培において、カルパー種子並みに安定した苗立ち性を確保するためには、種子が

土壌表面に埋まる、もしくは、僅かに隠れる程度の数mmの播種深度で精密に播種する技術が必要である。さらに、80%以上の苗立率を前提とした適正播種量を設定しなければならない。

長野県における湛水土中播種栽培の播種適期は、播種後 10 日間の平均気温が 13~15℃となる時期（長野県 2010）だが、本試験では約 13~19℃であり、催芽種子を用いた表面播種は土中播種に比べ気温の影響が大きいと考えられるため、播種適期については検討が必要である。さらに、表面播種において問題となる倒伏回避のための耐倒伏性品種の選定や土壌管理による倒伏回避技術についても今後の課題である。また、鳥害回避効果を期待して催芽種子を黒色に着色したところ、大町圃場においてカルパー種子同様に鳥害は観察されなかったが、評価手法を含めて今後の検討課題としたい。

摘 要

1. カルパー2 倍種子の加温処理による出芽安定技術

加温処理技術は、被覆種子に蒸気式出芽器により 30℃ 24 時間の加温を行うことにより、無加温に比べ出芽は 4 日程度早まる。加温後は 2 日以内に播種を行う。

2. カルパー種子の粉衣量低減、加温前の保存期間、加温処理

カルパー等倍種子は、資材代の半減に加え、被覆作業時間の短縮や重量低減による、作業上、経営上の利点がある。出芽率はカルパー2 倍種子と同等で、加温処理により 2 倍種子の無加温に比べ出芽率が高まった。被覆後、9℃程度で 7~8 日間の保管が可能で、出芽率の向上もみられた。

3. カルパー代替え粉衣資材

鉄コーティング種子は、100 日程度の保存が可能のため、冬期間等に被覆作業ができることは大規模経営では大きな利点である。種子予措は浸漬初として、播種後の水管理法の検討が必要だが、鉄資材の被覆量は 0.5 倍重が適当である。播種深度が深いほど、また、低温条件では出芽が遅れ、播種 1 ヶ月後の生育がカルパー等倍種子に比べ 5~7 日間遅れたため、播種時期の検討が必要である。鳥害回避効果は、播種深度、鳥の生息環境、種子の播種状態によっては大幅に低下することが示唆された。

密封式鉄コーティング種子は、催芽初を用いるため、カルパー種子と同等に出芽は早まる。被覆後、7~20 日間程度の保存が可能である。播種当日は密封状態のまま日陰下に静置し、ホッパーへの集積後は 1 時間程度で播ききる。

4. 無コーティング催芽種子

土中播種より膨軟な落水状態の代かき土壌へ無コーティング催芽種子を機械播種した播種深度は、中粗粒グラ

イ土では約1~2mm, 灰色低地土では約0.5mmであった。苗立率は両土壌ともに80%以上が確保でき、カルパー等倍種子との有意差は認められなかった。また、カルパー等倍種子と同等の斉一な苗立条形成が得られた。

謝 辞

試験圃場を提供、試験運営にご協力頂いた平出亨様、農事組合法人小赤営農様はじめ農業経営者の皆様、エアアシスト条播機の試験に協力頂いた塚本隆行氏はじめ農研機構中央農研北陸研究センターの皆様、現地試験にご協力頂いた志賀高原農業協同組合の皆様、現地試験を共同実施頂いた農業技術課岡部知恭氏、北安曇農業改良普及センター宮原薫氏、丸山秀幸氏、近藤義彦氏、調査協力頂いた農事試験場・農業試験場の職員各位に記してお礼申し上げます。

引用文献

青木政晴ら. 2012. エアアシスト湛水直播栽培における異なる播種条件での出芽深度および播種作業能率. 北陸作物学会報. 47: 29-32.
帖佐直ら. 2009. 水稻湛水直播のためのエアアシスト条播技術の開発. 農作業研究 44 (4) : 211-218.
姫田正美. 1995. 直播稲作への挑戦 第1巻 直播稲作研究四半世紀のあゆみ. 農林水産技術情報協会. 東京: 137-194.
古畑昌巳ら. 2009a. 鉄資材のコーティングが湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 78 (2) : 170-179.
古畑昌巳ら. 2009b. 異なる酸化程度とした鉄コーティング種子が湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 78 (2) : 242-249.
今川彰教. 2006. 東北地方における鉄コーティング直播栽培技術の導入. 日作紀 75 (別2) : 284-285.
今川彰教. 2009. 密封式鉄コーティング種子による水稻湛水直播. 農業および園芸 84 (9) : 888-894.

岩手県. 2012. 岩手県農業研究センター研究レポート: 622.
片岡知守・滝田正. 2000. カルパー無粉衣湛水直播栽培に適する水稻品種の選定. 東北農業研究 53: 35-36.
近畿中国四国農業研究センター. 2008. 鉄コーティング湛水直播マニュアル. 広島.
長野県. 2010. 主要農作物等指導指針. 長野県農政部農業技術課. 長野: 137-148.
中澤伸夫ら. 2002. 酸素補給剤無粉衣催芽剤を用いた飼料イネ湛水直播省力散播栽培法. 関東東海北陸農業研究成果情報.
野村幹雄ら. 2001. 過酸化石灰被覆粒の加温処理が直播水稻種子の出芽, 苗立ちに及ぼす影響. 北陸作物学会報 36: 69-71.
野村幹雄ら. 2002. 過酸化石灰被覆粒の加温処理が直播水稻種子の出芽, 苗立ちに及ぼす影響. 北陸作物学会報 37: 29-32.
野村幹雄ら. 2003. 過酸化石灰被覆粒の加温処理が直播水稻種子の出芽, 苗立ちに及ぼす影響. 北陸作物学会報 38: 25-28.
大場茂明. 1997. 落水出芽法の由来. 農業技術 52: 33-34.
斎藤祐幸ら. 1998. 無代かき作溝無コーティング湛水散播直播栽培技術の開発. 北陸作物学会報 33: 66-68.
澤田宣志. 1992. 潤度直播の現状と展望. 北陸作物学会報 27: 98-101.
山口弘道ら. 2007. 東北中北部向け飼料用稲「べこごのみ」無コーティング湛水直播の晩播播種適期. 東北農業研究センター成果情報.
山内稔. 2004. 水稻の鉄コーティング湛水直播. 農業および園芸 79: 947-953.
吉永悟志ら. 2000. 土中出芽性向上のための酸素供給剤被覆水稻種子の乾燥および貯蔵条件. 日作紀 69 (2) : 146-152.
吉永悟志ら. 2007. 東北地域的水稻湛水直播栽培における酸素発生剤被覆量と苗立ちとの関係. 日作紀 73 (3) : 445-449.

長野県における *Pythium arrhenomanes* に起因するイネ苗立枯病の発生と プール育苗による発生抑制効果

山下 亨

Occurrence of Seedling Blight of Rice Caused by *Pythium arrhenomanes* in Nagano Prefecture and Control of the
Disease in a Flooded Nursery(Pool Nursery)

Toru YAMASHITA

Abstracts

In Nagano Prefecture, seedling blight of rice caused by *Pythium arrhenomanes* is one of the major diseases during nursery period. Soil application with metalaxyl-based fungicide can usually control seedling blight. To evaluate the sensitivity of metalaxyl to *Pythium*, in 2010, 21 isolates of *P. arrhenomanes* collected in Nagano. As a result, I found some resistant strains to metalaxyl, from two locations in the prefecture. Metalaxyl shows low efficacy against these isolates. But metalaxyl is applied as ready-mixture with other agent. This means that no extraordinary decline in efficacy of the metalaxyl-based fungicide would be reported even under outbreak of resistant strains in presence. I has demonstrated the effectiveness of flooded nuresery as a cultural control for seedling blight. However, if the pathogen is present in the pool, it may easily infect rice seedlings, and result in growth inhibition. Therefore, the care is essential for preventing invasion of the pathogens into the pool .

Key word : disease suppression, flooded nursery, *Pythium arrhenomanes*, Seedling Blight of Rice, sensitivity of metalaxyl

緒 言

長野県では標高 300~1,000m に水田が存在し、内陸性の気象条件のもとで、全国でもトップクラスの収量 (10a 当たり平年収量 621kg) と高品質の米が生産されている。

水稻作の育苗期に問題となる病害としては、ばか苗病、もみ枯細菌病 (苗腐敗症) をはじめとする種子伝染性病害と、複数の糸状菌に起因する苗立枯病がある。育苗期間である 3~5 月は、標高の高い地域が多いことに加え、気温の変動が大きいことから、低温により発生が助長される *Pythium* 属菌、*Fusarium* 属菌、*Trichoderma* 属菌に起因する苗立枯病の発生が問題となる。もみ枯細菌病 (苗腐敗症) や苗立枯病は、時として育苗ハウス全面に発生し、ハウス一棟が全滅する事例も見られ、発生頻度は決して高くないが、発生した場合の経済的被害は大きい。

このように育苗期には種子伝染性、土壌伝染性など伝染環の異なる多種の菌種に起因する病害が問題となるため、防除対策を考える場合、複眼的な視点で戦略を立てなければならない。

前述のとおり、*Pythium* 属菌による苗立枯病 (以下、苗立枯病) は、育苗期間中の低温により発病が助長される。本県では育苗期間中に低温に遭遇する頻度が高いため、特に重要な病害となっている。本病は多くの *Pythium* 属菌の

関与が報告され、なかでも *P. graminicola* が重要種とされてきた (大畑 1998)。しかし、近年新たに *P. arrhenomanes* の関与が指摘され (戸田ら 2009)、青森、秋田、岩手、宮城の東北 4 県、富山、新潟の北陸 2 県では、本菌が主要種であることが明らかにされている (守川ら 2013、戸田ら 2011)。また、*P. arrhenomanes* は、過去に *P. graminicola* で明らかになっている発病特性と一致する (守川ら 2013) ことから、生産現場における防除対策としては、これまでの苗立枯病に対する対策が適用されると考えられる。

本稿では、長野県内の育苗期に問題となる苗立枯病の発生生態および防除対策の概要を、*P. arrhenomanes* のメタラキシルに対する薬剤感受性 (山下ら 2012) を含めて報告する。

I メタラキシルに対する薬剤感受性検定

現在、苗立枯病の防除薬剤としては、効果の高いヒドロキシソキサゾール・メタラキシル液剤・粉剤、ヒドロキシソキサゾール液剤・粉剤が使用されている (山下、2013)。特に卵菌類に対し卓効を示すメタラキシル混合剤は、使用していれば問題となるような被害は稀である。しかし、2010 年に生産者から、ヒドロキシソキサゾール

・メタラキシル液剤を処理したにもかかわらず、病害が発生した苗が持ち込まれた。症状から苗立枯病が疑われたため、*Pythium* 属菌を分離するとともに、病原性を確認した。また、*P. arrhenomanes* のメタラキシルに対する耐性菌の存在も報告（糟谷ら 2009）されていたため、これまでの当該保存菌株も含めてメタラキシルに対する感受性検定を実施した。

材料および方法

2006～2010年に県内の6地点で発生したイネ苗立枯症状を示す苗の鞘葉から常法により組織分離し、病原性の確認された当該で保存している *Pythium* 属菌 21 菌株を以下の試験に供した。また、2011年には同様に現地で発生した苗立枯症状を示す苗から分離し、病原性の確認された *Pythium* 属菌 23 菌株をメタラキシル感受性検定に供試した。

1. 菌種の同定

当該保存菌 21 菌株は種の同定のため、各菌株を芝葉片で 5 日間 25℃で培養した後、光学顕微鏡下で形態の観察を行った。また、分離菌を秋田県立大学戸田氏に送付し、遺伝子診断を依頼した。

2. 分離菌株のメタラキシルに対する感受性検定

ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁培地（PDA）上において、2 日間 25℃で前培養した 21 菌株を、直径 4.5mm のコルクボーラーで打ち抜き、メタラキシル標準品の含有量を 0, 0.39, 0.78, 1.56, 3.13, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200ppm の濃度になるように添加した PDA 培地（以下、検定培地）上に置床した。25℃で 24 時間培養後に検定培地上で生育した菌叢の直径を計り、メタラキシル無添加検定培地での直径に対する比率（伸長率）を算出した。また、50ppm 含有検定培地上での気中菌糸の生育程度、菌糸の生育量を観察した。

2011年に現地で発生した苗立枯症状苗から分離し病原性を確認した *Pythium* 属菌 23 菌株について、メタラキシルに対する感受性検定を行った。メタラキシル標準品の含有量を 0, 50, 100ppm とした検定培地上に PDA 培地で前培養した検定菌株を置床し、25℃で 24 時間培養後の菌叢の生育状況をもとに感受性を判断した。

3. メタラキシルに対する感受性を異にした菌株を感染源に用いた場合の苗立枯病に対するメタラキシル剤の防除効果

メタラキシルに対する感受性が明らかになった 21 菌株から選定した感受性の低い 2 菌株（09P-1, 10P-1）、高い 1 菌株（10P-s2）と対照としてメタラキシルに対し感受性の高いことが判明している 1 菌株（P-97, *P. graminicola*, 三井化学アグロ（株）分譲）を用いて、メタラキシル剤の防除効果を検討した。

試験にはイネ品種「コシヒカリ」を供試し、育苗箱のおよそ 1/25 サイズのプラスチック製パック（縦 8×横 8×高 4.5cm, 以下、1/25 大パック）を用い、2 反復の試験とした。播種量は 1 パックあたり 7g とし、浸種を 15℃で 5 日間、催芽を 30℃で 1 日間、出芽を 30℃で 2 日間、緑化を 25℃で 2 日間の条件で行った。接種は播種直前に行った。すなわち、ショ糖加用ジャガイモ煎汁液体培地（以下、PS 培地）で 5 日間 25℃で振とう培養した菌体を、培地ごとミキサーにかけ、菌体懸濁液を作成した。次に直径 55mm の濾紙（ADVANTEC101）をこの懸濁液に十分浸し、播種直前に 1/25 大パックの底面に敷いた後、直ちにしなの培養土 1 号（信濃培養土）を床土として充填し、続いて播種した。供試薬剤であるメタラキシル粒剤は、1 パックあたり 0.16g を覆土混和した。対照のヒドロキシイソキサゾール液剤は、播種後に 500 倍希釈液を 1 パックあたり 20ml 灌注し、直ちに覆土した。

緑化終了後、発病を促すために、4℃で 3 日間静置し、以後ガラス温室内で管理した。なお、供試薬剤は、苗立枯病に対し適用登録のあるメタラキシル単剤がないため、メタラキシル粒剤（2%）を用いた。

調査は播種 21 日後に行い、各区の全苗を下記の基準に従い調査し、発病度を算出した。

発病程度別基準および指数；

枯死苗：2，萎凋苗：1，健全：0

発病度 = Σ （発病苗数×指数）×100/（全苗数×2）

4. メタラキシル耐性菌を感染源に用いた場合の苗立枯病に対するメタラキシル含有混合剤の防除効果

感性菌 2 菌株（06P-2, 08P-13）、耐性菌 5 菌株（10P-1, 10P-3, 10P-4, 10P-5, 10P-i2）を供試し、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤の防除効果を検討した。

試験には、育苗箱のおよそ 1/12 サイズのプラスチック製パック（縦 10×横 14×高さ 3cm, 以下、1/12 大パック）を用いたが、06P-2 菌株のみ 1/25 大パックとした。また、08P-13 を供試した試験のみ 4 反復、他は 3 反復とした以外は前述の試験に準じた。

さらに当該において 2007～2009 年に実施したヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤とヒドロキシイソキサゾール液剤の効果試験 8 事例について、両剤の効果差を比較し、メタラキシル耐性菌存在下でのメタラキシル混合剤の効果に及ぼす影響を推定した。

結果および考察

1. 菌種の同定

得られた 21 菌株の遊走子のうおよび有性器官の特徴を第 1 表に示す。これらの形態は、van der Plaats-Niterink(1981)および船久保ら（2010）が報告した *P. arrhenomanes* の特徴と酷似していた（第 1 表）。さら

に、供試菌株の ITS 領域を比較した結果、イネ苗から分離した 21 菌株は全て *P. arrhenomanes* と同定された(山下ら 2012)。

第 1 表 供試菌株の芝葉上に形成された器官の形態 (2011)

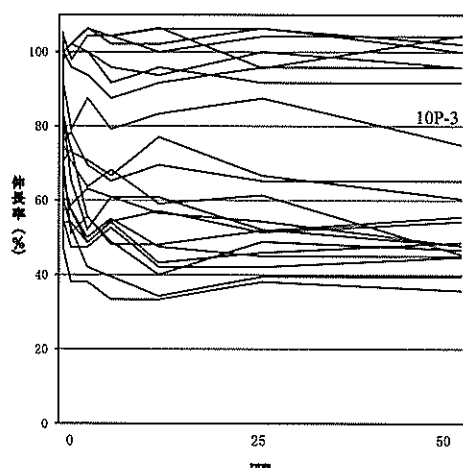
菌株	供試菌	<i>P. arrhenomanes</i> ¹⁾	<i>P. arrhenomanes</i> ²⁾
遊走子	未形成	形成しにくい	未形成
造卵器	主として頂生、球形、平滑	主として頂生、球形、平滑	主として頂生、球形、平滑
卵胞子	22.5~32.1 μm (av26.2)	24~36 μm (av32.5)	21.6~33.6 μm (av26.5)
造精器数	充満性(まれに未充満) 2~10個以上/造卵器	充満性または未充満 多数(しばしば15~20)/造卵器	充満性または未充満 2~10個以上/造卵器
遊走子のう	主として同菌糸性 膨状、不整形	主として同菌糸性 膨状、不整形	主として同菌糸性 膨状、不整形

1) Plaats-Nitterink(1981)

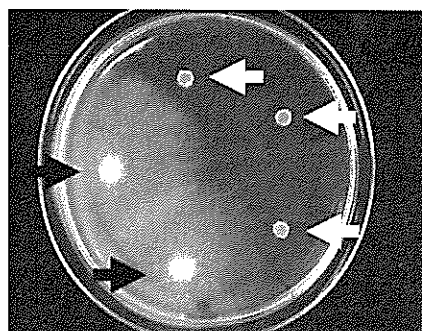
2) 舟久保ら(2010)

2. 分離菌株のメタラキシルに対する感受性検定

供試菌株のなかには、メタラキシルの濃度が 50ppm まで伸長率がほとんど低下しない 7 菌株が認められた(第 1 図)。これらの菌株はいずれも 50ppm の検定培地上でも旺盛な気中菌糸が観察された(第 2 図)。10P-3 は伸長率が 25% 低下したが、50ppm の検定培地上での菌叢の生育は旺盛で上記 7 菌株とほぼ同程度であった。これら以外の菌株は、メタラキシル含有濃度が 0.39、0.78ppm と低濃度



第 1 図 供試菌株の検定培地上での菌糸伸長率 (2010)



第 2 図 メタラキシル 50ppm 含有培地上での菌糸の生育
黒矢印は低感受性菌、白は感受性菌を示す

の時、著しく伸長率が低下したが、その後は濃度が高まるにつれ緩やかに低下した。その生育はごくまばらな菌糸が観察されるのみで、気中菌糸は著しく減少した。

50ppm の検定培地上での菌糸の生育程度を観察すると、気中菌糸が旺盛に生育する菌株と、気中菌糸は認められず培地にわずかに菌糸が観察される菌株に類別された(第 2 表)。また、50ppm までの伸長率がやや低下した 10P-3 も、50ppm の検定培地上では旺盛な気中菌糸が見られた。これらから、50ppm の検定培地上における菌糸生育程度を判断することにより感受性の判別が可能であり、本濃度で気中菌糸の生育が旺盛な菌株は低感受性菌であると考えられた。供試 21 菌株のうち、上田市(2009 年、2010 年)と飯山市(2010 年)の 2 地点から分離された合計 8 菌株が低感受性菌であると判定された(第 3 表)。2011 年に分離した 23 菌株は、佐久市 A、立科町 A および飯山市の 3 地点から分離された 11 菌株が、いずれもメタラキシル 50ppm 含有培地上で気中菌糸の生育が旺盛であったため、低感受性と判断された(第 4 表)。

上田市(2009 年、2010 年)、飯山市(2010 年)、立科町 A および飯山市由来菌は、いずれも床土消毒にメタラキシル含有混合剤を使用していたが、佐久市 A では無防除であった。ただし、佐久市 A では前年までメタラキシル含有混合剤を連年使用しており、低感受性の確認された 5 地点ではいずれもメタラキシルの使用暦があった。

第 2 表 各菌株のメタラキシル 50ppm 含有培地上での生育 (2010)

菌糸の生育	気中菌糸旺盛	気中菌糸なし 菌糸生育わずかに観察	全く生育せず
該当菌株数	8	13	0

第 3 表 分離菌株のメタラキシル感受性 (2010)

分離年	採集地点	使用薬剤	低感受性菌株数/ 検定菌株数
2006	須坂市	ヒドロ L	0/2
2007	佐久市	—	0/3
2008	佐久市	—	0/6
2009	上田市	ヒドロ・メタ L	2/2
2010	上田市	ヒドロ・メタ L	4/4
2010	飯山市	ヒドロ・メタ L	2/2
2010	諏訪市	ヒドロ・メタ L	0/2
計			8/21

ヒドロ L: ヒドロキシイソキサゾール液剤

ヒドロ・メタ L: ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤

第4表 2011年分離菌のメタラキシル感受性検定結果

採取場所	使用薬剤	検定菌株数	耐性菌株数
佐久市A	無防除	3	3
佐久市B	無防除	1	0
立科町A	無防除	3	0
立科町B	ヒドロ・メタD	4	4
佐久穂町	ヒドロL	5	0
須坂市	無防除	3	0
飯山市	ヒドロ・メタL	4	4
計		23	11

*ヒドロ・メタ D: ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤, ヒドロ L: ヒドロキシイソキサゾール液剤, ヒドロ・メタ L: ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤

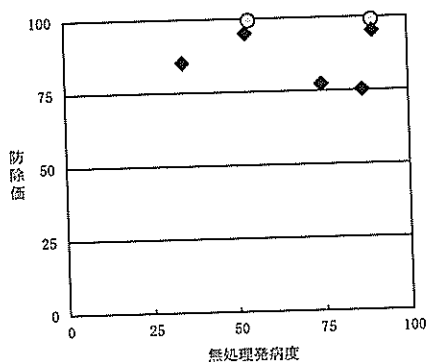
3. メタラキシル剤の防除効果

メタラキシルに対し低感受性の2菌株(09P-1, 10P-1)を感染源に用いた場合, ヒドロキシイソキサゾール液剤処理区は防除価が93.0, 95.2と高い効果が認められたのに対し, メタラキシル粒剤処理区は防除価が0, 2.7と発病抑制効果は認められなかった(第5表)。

これに対し, 感性菌2菌株(10P-s2, P-97)を用いた場合, メタラキシル粒剤処理区はいずれも防除価が87.4, 86.8と, 対照のヒドロキシイソキサゾール液剤処理区とほ

第5表 メタラキシルに対する感受性の異なる菌株を接種源とした際の苗立枯病に対する防除効果(2011)

供試菌株	処理方法	苗立数(本)	発病率(%)			発病度	防除価
			枯死苗率	萎凋苗率	計		
09P-1	ヒドロキシイソキサゾールL	250.0	3.8	9.4	13.2	7.0	93.0
	メタラキシルG	257.5	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
	無処理	252.0	100.0	0.0	100.0	100.0	
10P-1	ヒドロキシイソキサゾールL	250.5	1.2	10.6	11.8	4.7	95.2
	メタラキシルG	254.5	94.7	3.0	97.7	95.7	2.7
	無処理	252.0	97.7	2.4	100.0	98.4	
10P-s2	ヒドロキシイソキサゾールL	250.5	1.6	18.5	20.1	7.8	91.7
	メタラキシルG	247.0	0.6	33.4	34.0	11.8	87.4
	無処理	249.5	92.6	4.3	96.8	94.0	
P-97	ヒドロキシイソキサゾールL	244.5	6.4	16.7	23.0	11.9	82.7
	メタラキシルG	250.5	0.4	26.1	26.5	9.1	86.8
	無処理	241.0	62.0	20.2	82.2	68.8	



第3図 メタラキシル耐性菌を接種源とした場合のヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤防除効果(2010)

●: メタラキシル感受性菌 ◆: メタラキシル耐性菌

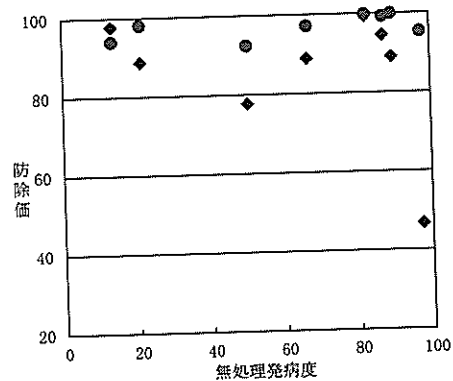
ば同等の発病抑制効果が認められた(第5表)。

このことから供試した低感受性の2菌株は, メタラキシルに対する耐性菌であると判断された。

4. メタラキシル含有混合剤の防除効果

メタラキシル感性菌に対するヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤の発病抑制程度を検討したところ, 防除価は99.3, 99.0と極めて高かったが, 耐性菌を用いた場合, 防除価が75.2~95.2とやや低下した(第3図)。耐性菌を用いた場合でも極端な防除効果の低下がなかったのは, 混合成分のヒドロキシイソキサゾールの効果によるものと考えられた。これらから, 一般圃場においてメタラキシル耐性菌が存在しても, ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル剤の効果が著しく低下することはないと推察された。

また, 2007~2009年に実施したヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤とヒドロキシイソキサゾール液剤の8試験では, ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤の効果は, 無処理の発病程度によらず防除価が90を上回り, 平均防除価が97.0(標準偏差2.81)であった。これに対し, ヒドロキシイソキサゾール液剤では防除価が46.7~99.4と幅が認められ, 平均防除価でも85.3(標準偏



第4図 ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤およびヒドロキシイソキサゾール液剤の苗立枯病に対する防除効果(2013)

2007~2009年に当場で実施した試験を取りまとめた

●: ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤 ◆: ヒドロキシイソキサゾール液剤

差17.0)と低下した(第4図)。メタラキシル耐性菌を用いた前述の試験において, ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシルを用いた場合の防除価が75.2~95.2とやや低下したことからも, 耐性菌存在下では, ヒドロキシイソキサゾール単剤を用いた場合とほぼ同様の効果となることが示唆された。

II プール育苗の発生抑制効果

県内では育苗期の灌水作業の省力化や有機農業の一手段として, プール育苗が行われている。プール育苗はイネの種子伝染性病害に対して発生抑制効果を有している(林

ら 1997, 勝部ら 1997, 内藤ら 2008) が, 苗立枯病に関する詳細な報告は見られない。そこで, プール育苗の苗立枯病に対する発生抑制効果を 2008~2011 年にかけて検討した。

材料および方法

1. 水管理の異なる条件下での苗立枯病の発生の差異

試験は 2008 年の冬季に実施した。イネ品種「コシヒカリ」を供試し, 1/25 大パックを用い 4 反復の試験とした。播種量は 1 パックあたり 8g とした。浸種を 10℃で 14 日間, 催芽を 30℃で 1 日間, 出芽を 30℃で 3 日間, 緑化を 22℃で 2 日間の条件で行い, その後, ガラス室内の水槽に移動した。接種は播種直前に行った。菌株は P-97 を用い, PS 培地で 5 日間 25℃で振とう培養した菌体を, 培地ごとミキサーにかけ, 菌体懸濁液を作成した。次に 8×10cm に切断したキッチンペーパーをこの懸濁液に十分浸し, 播種直前に 1/25 大パックの底面に敷いた後, 直ちに床土(しなの培養土 1 号)を充填し, 播種した。ヒドロキシイソキサゾール液剤は播種後に 500 倍希釈液を 1 パックあたり 20ml 灌注し, 直ちに覆土した。

ガラス室内の水槽(65cm×3.5m×7cm)におよそ 5cm 程度の水位に調整し, そのなかに育苗パックを静置し, プール育苗区とした。慣行育苗区(通常育苗)は, 同水槽内に水面と同じ高さの台を設置し, その上に育苗パックを静置した。水槽内の水位は, 随時, 給水し一定に保った。また, 各区の地温を温度データロガー(おんどとり)で 1 時間毎に測定した。

調査は随時観察し, 発病が認められた時点から 2~3 日間隔で発病面積率の推移を遠視で調査した。播種 40 日後には各区の全苗を対象に下記の基準に従い調査し, 発病苗率および発病度を算出した。

発病程度および指数 枯死苗:3 萎凋苗:2 生育不良苗(草丈が健全苗の 1/2 以下):1 健全苗:0

発病度 = Σ (発病苗数×指数)×100/(全苗数×3)

2. 自然感染を模したプール育苗に関する試験

2011 年春季にイネ品種「コシヒカリ」を用いて試験 1 および 2 を行った。試験には 1/12 大パックを用い, 培土としてしなの培養土 1 号を供試した。浸種・催芽をした種子を 1 パックあたり 10g 播種し, 出芽を 30℃で 2 日間, 緑化を 23℃で 2 日間行い, 以後, ガラス室内に設置したプール育苗区, 慣行育苗区に静置した。試験 1 は 5 反復, 試験 2 は 8 反復とした。

試験 1 では, ガラス室内の水槽(65cm×3.5m×7cm)をビニールで 4 つに仕切り, 仕切り間の水の移動を防ぎ, プール育苗区, 慣行育苗区それぞれ 2 カ所設置した。プール育苗区は, 水位を 4cm 程度に保った。慣行育苗区は, 毎日 1 回の頭上灌水を行った。

接種は苗のプール移動 2 日前に事前に準備した 1/12 大パックで生育させた苗立枯病罹病苗を各仕切り内に 3 パックずつ設置し, 感染源とした。調査は, 播種 4 週間後に前述の試験と同様に調査し, 発病程度別の発病苗率, 発病度を算出した。

プール育苗開始 4 日後にプール育苗区および慣行育苗区の水からキュウリ種子を用い *Pythium* 属菌の捕捉を試み, 分離された菌株の病原性の確認を行った。また, 苗の *Pythium* 感染率の推移を調べるために, プール育苗開始 4 日後, 9 日後および 11 日後に各区から無作為に苗を採取し, 鞘葉, 種子根から定法により *Pythium* 属菌を分離し, 感染率を調査した。また, 分離した *Pythium* 属菌の病原性を確認した。

試験 2 では, ガラス室内に 1.5m×2.5m の木枠にビニールを敷いた水槽を設置し, 水位を 4cm 程度とし, プール育苗区とした。また, 同一水槽内に水面と同じ高さ(4cm)の台の上に育苗パックを静置し, 慣行育苗区とした。接種は苗のプール移動当日に, 事前に準備した 1/12 大パックで生育させた苗立枯病罹病苗を水槽内の 6 カ所に設置し, 感染源とした。調査は播種 35 日後に前述の試験と同様に調査し, 発病程度別の発病苗率, 発病度を算出した。

3. 苗立枯病の病原菌の所在

苗立枯病は本県の育苗期における重要病害であるが, 感染源の所在等の実態については明らかにされていない。そこで, 2012 年, 育苗ハウス土壌からの病原菌の分離を試みた。

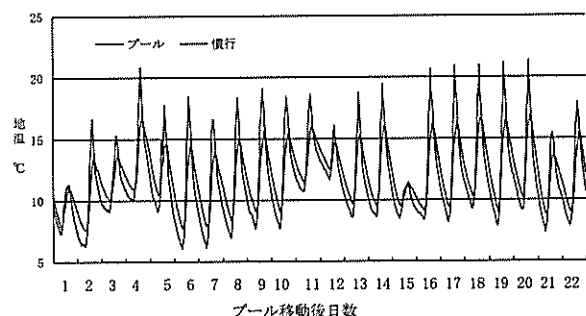
春季には, 農試環境部の育苗ハウス内の耕うん整地後の土壌を深さ別に採取し, 土壌から *Pythium* 属菌の捕捉を試みた。また, 秋季には, 農試環境部育苗ハウス, 作物部育苗ハウス, 原種センター育苗ハウス内の土壌の表面 5cm を採取し, 土壌から *Pythium* 属菌の捕捉を試みた。

1 地点につき, 土壌 10g と滅菌水 10ml を径 9cm の滅菌ペトリ皿に入れ, エゴマ種子を 30~50 粒混和した。25℃恒温器内で 2 日間静置した後, 素寒天培地を用いてエゴマ種子から *Pythium* 属菌を単菌糸分離した。分離した *Pythium* 属菌は以下の方法で病原性の確認を行った。1/25 大パックの底面に敷設した直径 90mm の濾紙(ADVANTEC)上に, PS 液体培地で 25℃4 日間振とう培養した分離菌株の菌体を置いた。その後, 育苗培土(しなの培養土 1 号)を充填し, 床土とした。催芽したイネ品種「コシヒカリ」種子を 1 パックあたり 8g 播種し, 直ちに覆土した。出芽を 30℃2 日間, 緑化を 23℃3 日間で行い, その後, 3~4 日間, 4~5℃の低温処理を行った。調査は, 低温処理 5 日後に行った。各菌株 1 カップ, 無接種 4 カップを用いた。

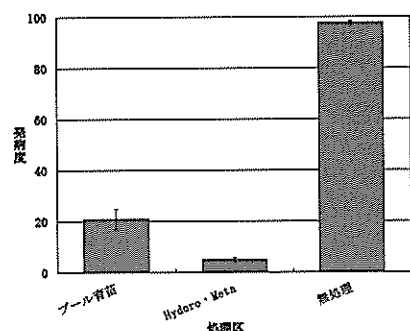
結果および考察

1. 水管理の異なる条件下での苗立枯病の発生の差異

育苗期間中の各処理区の平均地温は、プール育苗区は12.0℃、慣行育苗区は11.7℃と大きな差は認められなかった。最高地温はプール育苗区の16.9℃に対し、慣行育苗区は21.4℃と4.5℃の差、最低地温はプール育苗区の7.6℃に対し、慣行育苗区で6.1℃と1.5℃の差が認められた(第5図)。



第5図 プール育苗と慣行育苗の地温の推移 (2008)



第6図 プール育苗の苗立枯病に対する発生抑制効果 (2008)
1区 1/25 大パック 4 反復、図中の縦棒は標準誤差を示す

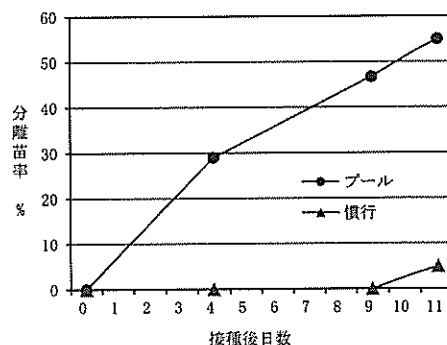
無処理区では播種10日後から発病が認められ、その後急速に進展し15日後にはほぼ全面枯死の激発条件であった。プール区では生育不良苗が認められたが、枯死、萎凋苗は播種3週間まで認められず、明らかな発生抑制効果が認められた。

最終調査時(播種後40日後)においてもプール区は枯死苗率が1.3%と低く、多くは生育不良苗であった。対照のヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤と比較すると劣るものの、無処理区と比較し高い効果が認められた(第6図)。接種を行ない激発条件下での試験であることを考慮すると、現実的には化学農薬の代替技術として利用できることが示唆された。

2. 自然感染を模したプール育苗に関する試験

プール育苗区に接種源として苗立枯病の罹病苗を設置し、4日後にきゅうり種子を用いてプール水から *Pythium* 属菌の捕捉を試みたところ、いずれのプール育苗区からも *Pythium* 属菌が捕捉され、病原性も確認された。このことから罹病苗からの遊走子の放出は、比較的短期間で生じていることが推察された。

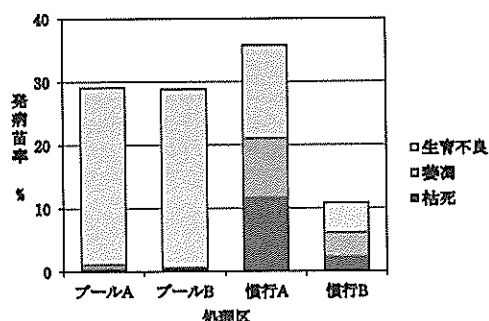
また、プール育苗区では、水槽への静置4日後にはおよそ30%の苗(鞘葉)から *Pythium* 属菌が分離された(第7図)。慣行育苗区では、9日後まで苗から *Pythium* 属菌が分離されず、11日後に種子根から分離されたが、分離率は5%と低かった(第7図)。



第7図 苗からの *Pythium* 属菌分離率の推移 (2011)

各区から無作為に20~50本の苗を抽出し、鞘葉または種子根から素寒天培地により *Pythium* 属菌の分離率を調査。分離菌は病原性の確認を実施

播種4週後に調査を行ったところ、プール育苗区の発病度は2ヶ所ともおよそ10と同程度の発病度であったのに対し、慣行育苗区の発病度は22.8および6.4と差が大きかった(第8図)。これは、プール育苗区では感染源が水を介して区内にほぼ均一に存在していたことを示唆する。また、プール育苗区の罹病苗は、生育抑制苗が全体の97%



第8図 プール育苗の苗立枯病に対する発生抑制効果 (2011年)

供試品種「コシヒカリ」、1区 1/12 大パック 5 反復、接種：プール育苗区への苗の移動2日前に1区あたり苗立枯病罹病苗(1/12大パック)を3ヶ所に設置、調査：播種34日後に各区の全苗について程度別に罹病苗数を調査し、発病率を算出

第6表 プール育苗の苗立枯病に対する発生抑制効果 (2011年)

処理区	調査苗数(本)	発病率(%)				発病度	標準偏差
		枯死率	萎凋率	生育不良率	計		
プール育苗区	440.3	0.1	0.3	1.7	2.1	0.9	0.35
慣行育苗区	439.4	4.8	4.3	4.7	13.7	9.2	3.11

1区 1/12 大パック 8 反復 表中の数値は平均値

と極めて多く、慣行育苗区との違いが明瞭となった（第8図）。同一水槽内にプール育苗区と慣行育苗区を設置した試験2では、無処理区での萎凋苗の初確認は水槽への静置12日後であった。また、慣行育苗区の発病度は9.2であったのに対し、プール育苗区では0.9と抑制効果が認められた（第6表）。慣行育苗区の反復間には、大きな発病差はみられなかった。

3. 苗立枯病の病原菌の所在

春季の育苗前の育苗ハウス土壌からイネに病原性のある *Pythium* 属菌の分離を試みたところ、深さ 0～5cm、10～15cm および 20～25cm の土壌から病原性のある *Pythium* 属菌が分離された。また、秋季に3地点の育苗ハウス土壌から同様にイネに病原性のある *Pythium* 属菌の分離を試みたところ、作物部の育苗ハウス土壌から病原性のある *Pythium* 属菌が分離された。春季に病原性のある *Pythium* 属菌が分離された環境部の育苗ハウスでは、秋季には分離されなかった。また、原種センターハウス土壌からもイネに病原性のある *Pythium* 属菌は分離されなかった。

湛水直播栽培において苗立率低下の一因に *Pythium* 属菌による苗腐病があるが、松浦ら（2012）は、その原因菌が *P. arrhenomanes* であったとしている。岩佐ら（2011）は、秋田県の水稲栽培地帯において *P. arrhenomanes* が広く分布しているとした。このように苗立枯病の原因菌は、育苗ハウス土壌、水田土壌等の水田環境にごく普通に存在しているものと考えられる。なお、本県では過去に育苗時の灌水に河川水を用いていたところ、河川水中の *Pythium* 属菌により被害が発生した事例がある。

第7表 育苗ハウス土壌からの *Pythium* 属菌の分離(2012)

採土位置	供試 菌株	病原性を有してい る <i>Pythium</i> sp.
0～5cm	15	4
10～15cm	5	1
20～25cm	10	5
30～35cm	2	0

1 地点につき土壌 10g と滅菌水 10ml を径 9cm のペトリ皿に入れエゴマ種子で *Pythium* 属菌を捕捉した後、寒天培地を用いて *Pythium* 属菌を単菌糸分離した。分離菌はイネ苗に対する病原性を確認した。

総合考察

今回、長野県内のイネ苗立枯病を引き起こす *Pythium* 属菌は、*P. arrhenomanes* が優占菌種であることが示唆された。この優占化は既報（守川ら 2013、戸田ら 2011）と同様であった。また、*P. arrhenomanes* の個体群内にメタラキシル耐性菌が存在することが明らかになった。ヒドロキ

シイソキサゾール・メタラキシル剤は、苗立枯病に対する極めて高い発病抑制効果を期待できるが、メタラキシル耐性菌の存在下では十分な効果が得られない可能性が示された。幸いなことに本病の防除にメタラキシル単剤は使用されないため、生産現場では大きな問題とはなっていない（山下 2015）。また、効果の高い新規薬剤も複数開発されてきていることから、防除薬剤の選択肢は以前よりも広がってくると考えている。

本病原菌は日和見的性格が強いため、低温等のストレスを受けることで発病する。しかし、育苗環境中には本病原菌が普遍的に存在しており、常に感染・発病のリスクを抱えていることを十分理解した上で、育苗管理を行うことが必要である。プール育苗は耕種的な発生抑制法として有効であるが、プール内に病原菌が存在した場合は、慣行育苗よりもむしろ容易に感染し、生育抑制等を起こす可能性がある。このため、プール施設内に病原菌を侵入させない配慮が欠かせない。

現在、減農薬志向のなかで床土消毒は省かれがちであるが、育苗期間中に低温遭遇のリスクの高い地域や春先早期からの育苗においては、薬剤防除をはじめ、低温襲来時の保温資材の被覆による低温回避策やプール育苗の積極的な導入など、被害回避に努めることが必要と考える。

摘 要

長野県内のイネ苗立枯病を引き起こす *Pythium* 属菌は、*P. arrhenomanes* が優占菌種であることが示唆された。また、*P. arrhenomanes* の個体群内にメタラキシル耐性菌が存在することが明らかにした。現状、本病の防除にメタラキシルの単剤は使用されないため、生産現場では大きな問題とはなっていない。

耕種的な発生抑制法としてプール育苗の有効性を実証した。しかし、プール内に病原菌が存在していると、慣行育苗よりも容易に感染し、生育抑制等を起こす可能性がある。このため、プール施設内に病原菌を侵入させない配慮が欠かせない。

引用文献

- 舟久保太一・景山幸仁. 2010 関東東山病虫研報. 57 : 15-17.
- 林かずよ・小山 淳・菊田明美・藤井 薫. 1997. 北日本病虫研報. 48:47-49.
- 岩佐昭紀・戸田 武・藤 晋一・古屋廣光. 2011. 日植病報. 77 : 202.
- 糟谷正広・野田沙緒里・八尾暢也・福井 糧・東條元昭. 2009. 日植病報. 75 : 248-249.
- 勝部和則・武田眞一. 1997. 北日本病虫研報. 48:43-46.

松浦昌平・竹本一恵・東條元昭・山内 稔. 2012. 日植病報. 78:301-304.

守川俊幸・戸田 武・三室元気・岩田忠康. 2013. 北陸病虫研報. 62 : 7-11.

内藤秀樹・斉藤健介・古屋廣光・藤 晋一. 2008. 日植病報. 74: 321-327.

大畑貫一. 1998. 日本植物病害大事典（岸 國平編）. pp. 53-55. 全国農村教育協会. 東京.

戸田 武・殿岡慎太郎・皆川博孝・堀越紀夫・藤 晋一・古屋廣光. 2009. 日植病報. 75 : 236-237.

戸田 武ら. 2011. 日植病報. 77 : 202.

van der Plaats-Niterink, A. J. 1981. Stud. Mycol. 21: 1-241.

山下 亨・戸田 武・和田美佐・武田和男. 2012. 関東東山病虫研報. 59 : 127-130.

山下 亨. 2013. 日本植物防疫協会シンポジウム講演要旨集 : 27-32.

山下 亨. 2015. 第 25 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集 : 1-10.

アカヒゲホソミドリカスミカメ発生調査用 LED トラップの開発

野口 忠久

Development of a Light Trap with LEDs (Light Emitting Diodes) for the Monitoring of Adult Rice Leaf Bug,
Trigonotylus caelestialium (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae)

Tadahisa Noguchi

Abstracts

In dual choice assays using the LED (Light Emitting Diode) of four different wavelengths ranging from 375 to 450 nm, adult rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) most preferred 375 nm LED at the equal light intensity. Under rated output current condition, short-wavelength range LEDs (375 nm, 400 nm) attracted more bugs than long-wavelength range LEDs (505-600 nm). In the field test, prototype LED (375 or 400 nm) trap could hardly catch adult bugs during the period of overwintering generation in the spring (April to mid June), but it could continuously catch the adult bugs during the summer (late June to September). In addition, many bugs were caught in the trap from late July to mid August which estimated to be second generation and important for rice damage. Thus, LED trap might be useful tool to monitor the *T. caelestialium* in field conditions.

Key words : LED, light trap, monitoring, rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium*

緒 言

アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) は、米の品質低下要因となる斑点米の原因となるカメムシである。本種は日本国内のほぼ全域に分布している（佐藤・安永 1999）。1980 年代中頃から顕著な増加傾向がみられ（林 1997）、1999 年には北日本の日本海側を中心に斑点米を多発させ甚大な被害をもたらした。以降、多発傾向が継続している（樋口 2010）。

アカヒゲホソミドリカスミカメの年間世代数は、北海道では 3 世代（奥山 1974）、新潟県では 5 世代（佐藤ら 2009）である。寄主植物は、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、イタリアンライグラス、ナガハグサ（ケンタッキープルーグラス）、コヌカグサ（レッドトップ）、コムギ、メヒシバ、アキメヒシバ等のイネ科植物で（奥山ら 1983、八谷 1999、菊池・小林 2004）、これらが繁茂する水田畦畔や休耕地等が発生源となる。成虫は水田にも飛来し、水田内で幼虫の発生が認められるが、特に出穂期に飛来した成虫がイネに産卵して発生する幼虫および成虫が斑点米発生と関係が大きい（石本 2004）。また、アカヒゲホソミドリカスミカメの水田への侵入量には水田の周辺環境要因が影響する（安田 2012）ため、同一地域内であっても周辺環境が異なる圃場では発生状況が異なる場合がある。そのため、効率的な防除対策を実施するには、圃場単位で水田内の発生状況を的確に把握することが重要とな

る。

アカヒゲホソミドリカスミカメの水田内の発生調査手法では、捕虫網によるすくい取りが一般的である（菊池・小林 2004）。また、近年には合成性フェロモンを誘引源とするフェロモントラップが実用化されている（石本ら 2006、柿崎 2013）。このうち、すくい取り調査は成虫と幼虫、さらに雌雄とも捕獲できるため、詳細な発生状況が把握できる利点があるが、調査に労力を要し、風などの気象条件（八谷 1984）や調査者の技量によって捕獲効率が変わる場合がある。また、フェロモントラップは、省力性や捕獲効率の安定性に優れた手法であるが、野外の発生密度と同調しない場合があり、その原因の一つとしてトラップの誘引源と雌成虫の競合の可能性が考えられる（石本 2006、木村ら 2006）。

一方、本種には走光性が認められ、予察灯による誘殺数が発生調査に用いられている（石岡ら 2000、永瀬 2000、新山 2000）。しかし、既存の予察灯は価格が高く、家庭用電源が必要となるため、設置場所や設置台数が限定されることが、圃場単位の発生調査用とする場合に課題となる。

そこで、消費電力が少なく波長選択が可能な LED（発光ダイオード）に着目し、移動や設置が容易で、捕獲効率にも優れた発生調査用ライトトラップの開発に着手することにした。本研究では、まずアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の波長選好性を室内試験で調べた。また、LED を用いた簡易なライトトラップ（以下、LED トラップ）

を試作、改良し、野外での誘殺状況について調査を行った。

なお、本稿は「アカヒゲホソミドリカスミカメに対する LED 光の誘引性 (野口 2014)」に、その後実施した LED トラップの改良等に関する試験結果を加えて執筆した。

また、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「害虫の光応答メカニズムの解明と高度利用技術の開発 (INSECT-2104)」の一部として実施したものである。

材料および方法

供試虫

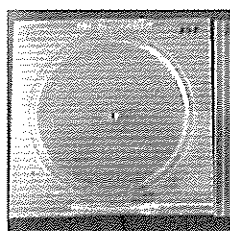
室内試験には 2004 年に場内で採取し、樋口・高橋 (2000) の方法を参考に、小麦芽出し苗を餌に室内 (室温 25℃, 16L8D 条件) で継代飼育した羽化 5 日前後のアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫で、試験直前まで明条件下にいたものを用いた。また、雌雄成虫を一緒に供試した場合、LED へ誘引された雌成虫が雄成虫の誘引に影響する可能性が考えられたため、主な試験では雄成虫のみを用いた。

試験 1 波長別の誘引性

波長の異なる LED (第 1 表の 375~450nm の 4 種類) を供試し、光強度が同じ条件でアカヒゲホソミドリカスミカメに対する誘引性を比較した。試験は光の反射を防止するために内側を黒布で覆ったアクリル容器 (幅 1.0m 奥行 50cm 高さ 50cm の直方形、以下、試験容器と記載) の中で行った。2 種類の LED を試験容器の内壁 (幅 1.0m 高さ 50cm) の中央付近高さ 25cm の位置に 60cm 間隔で並べた (LED の位置は試験毎に入れ替えた)。LED に誘引された成虫を捕獲するために、円型粘着板 (直径 10cm、透明プラスチック板に金竜スプレーを塗布したもの) を用いた。円型粘着板は中心部に直径 5mm の穴を開け、そこから LED 発光部が出るように取り付けた (第 1 図参照)。

LED の光強度は LED から 10cm の位置で 3.0×10^{17} photons/(m²·sec) となるように、直流電源 (松定プレジジョン, P4K36-0.1) の電流値により調整したため、供試した LED の電流値と光強度の回帰直線を求めた。回帰直線は、試験実施前に供試する LED を X 軸ステージ (明立精機, CX-355) に取り付け、LED の光軸と分光光度計 (朝日分光, HSU-100S) の受光部を合わせ、光源から 10cm の位置で電流値を変えながら光強度を測定することにより求めた (光強度の設定は以下の試験でも同様に行った)。

試験は 2012 年に実施した。室温 25℃, 暗条件で、試験容器内に設置した 2 種類の LED を発光させた後、アカヒ



第 1 図
波長選択試験で用いた
LED と円形粘着板

ゲホソミドリカスミカメ雄成虫 40 頭を放し、2 時間後に各 LED に取り付けられた円型粘着板に捕獲された成虫数を数えた。

試験 2 定格出力における各 LED の誘引性

波長の異なる LED (第 1 表) を供試し、定格出力 (順電流 20mA) で発光させた各 LED の誘引数を比較した。試験は 2010 年に実施した。25℃に設定した恒温室 (幅 2.7 m 奥行 3.5m 高さ 1.8m, 日本医化器械製作所, NH-3PH 型) において、7 種類の LED (第 1 表) を同時に点灯し比較する試験と、2 種類を比較する試験を行った。

第 1 表 供試した LED

製品型番	製品規格			測定値 ^b	
	波長 (nm)	出力 ^a (mW)	指向角 (°)	波長 (nm)	光強度 ^c
NS375L-ERLM	375	26.0	±20	380	3.3
NS400L-ERLM	400	29.4	±20	402	4.9
L430-04	430	17.0	±20	427	3.3
L450-04	450	20.0	±20	452	2.8
L505-04	505	12.0	±20	506	0.9
L545-04	545	2.0	±20	538	0.6
L600-04	600	1.0	±9	598	0.2

^a If (順電流) = 20 mA の値。

^b 分光光度計 HSU-100S を用い、LED から 10 cm の位置で測定。

^c 単位は、 $\times 10^{17}$ photons/(m²·sec)。

7 種類の LED の誘引数を同時に比較した試験では、各 LED を恒温室奥の壁際高さ 50cm の位置に 30cm 間隔で並べた (LED の位置は試験毎に入れ替えた)。暗条件で LED を発光させた後、恒温室内に雌雄成虫各 20 頭合計 40 頭を放し、4 時間後に LED に取り付けられた円型粘着板 (試験 1 参照) に捕獲された成虫数を数えた。

2 種類の LED の誘引数を比較した試験も同様の試験方法で実施したが、恒温室内に放す成虫を雄 50 頭とし、8 時間後に捕獲された成虫数を数えた。

試験 3 光強度と誘引性

試験容器内に設置した LED のうち、一方の光強度を 1.0×10^{17} photons/(m²·sec)、他方を $1.0 \sim 3.5 \times 10^{17}$ photons/(m²·sec) に設定し、誘引数を比較した。試験は 2012 年に、試験 1 と同様の方法で実施したが、試験容器内に放す雄成虫数を 20 頭とした。光源には 400nm の LED (ナイトライドセミコンダクター, NS400L-ERLM) を用いた。

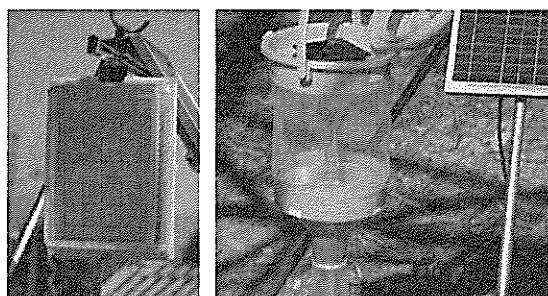
試験 4 気温と誘引性

室温を 20, 23, 25, 28℃に設定した恒温室 (試験 2 参照) に、雄成虫 50 頭を放し、各温度条件で試作した粘着式 LED トラップの誘引数を調査した。粘着式 LED トラップの光源には 375nm の LED (ナイトライドセミコンダクター, NS375L-ERLM) 18 個を 2cm 間隔で 6×3 列に基板 (縦 7cm 横 20cm 厚さ 4mm) に取り付けしたものを用いた。この光源をポリプロピレンダンボールシート (縦 36cm 横 26cm の長方形, 厚さ 4mm) の最上部に取り付け、発光部が下側に向くようにした。粘着式 LED トラップでは、光源の直下に粘着板 (サンケイ化学, SE トラップ用, 縦 30cm

横 24cm, 白色) を粘着面が地面と垂直になるように取り付け, 誘引された成虫が捕獲される構造とした。この粘着式 LED トラップを恒温室の壁際に光源部が地上高 50cm となるように設置した。光強度は, LED1 個あたり 3.0×10^{17} photons/($\text{m}^2 \cdot \text{sec}$) に調整した。誘引数の調査は LED 点灯の 8 時間後に行った。また, 恒温室には自動温度記録計 (ティアンドデイ, TR71U) を設置し, 室温を記録した。

試験 5 粘着式 LED トラップを用いた野外試験

2009 年に農業試験場内のイネ科植物主体の雑草地 (幅 4 m 長さ 75m) に粘着式 LED トラップを設置し, アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の誘殺消長を調査した。粘着式 LED トラップの構造は試験 4 同様であるが, 野外試験では大型の昆虫等が粘着板に付着するのを防ぐために, 光源および粘着板にポリエチレン製網枠 (網目 7 メッシュ, 横 26cm 縦 35cm 高さ 7cm) を被せた (第 2 図参照)。



粘着式 LED トラップ

送風式 LED トラップ

第 2 図 野外試験で用いた LED トラップ

粘着式 LED トラップの設置にあたっては光源部が地上高 1m となるようにした。電源には 12V バッテリー (AcDelco) とソーラーパネル (OptoSupply, OSSM-SF0012F) を用い, 充放電コントローラー (電菱, SA-MN05) により日没後 10 時間発光させた。LED1 個あたりの出力は 18~20mA であった。

また, 粘着式 LED トラップを設置した雑草地にフェロモントラップを設置し, 同様に誘殺数調査を行った。フェロモントラップは, 石本ら (2006) に従い, 捕獲器に粘着板 (サンケイ化学, SE トラップ用, 縦 30cm 横 24cm, 白色) 2 枚を背中合わせにし, 粘着面が地面と垂直になるようにしたもの (以下, 垂直粘着板フェロモントラップ) を用いた。粘着式 LED トラップおよび垂直粘着板フェロモントラップによる誘殺数調査は 5 日間隔で行い, 捕獲された成虫数を数えた。粘着板は調査の度に, 合成性フェロモンは 1 カ月毎に新しいものに交換した。

2012 年には北安曇郡白馬村の水田 (面積 29a, 品種「あきたこまち」, 出穂期 8 月 10 日, 殺虫剤無散布) に, 粘着式 LED トラップおよび垂直粘着板フェロモントラップを設置して誘殺消長を調査した。粘着式 LED トラップは野外試験 1 と同様のものを使用した。光源として 400nm の LED (NS400L-ERLM) を用いた。各トラップは 20m 程

度離して, 水田畦畔から 15m の位置に設置した。また, 各トラップの誘引源 (光源または合成性フェロモン) が, イネの草冠上 30cm の高さとなるようにした。誘殺数調査は 7 日間隔で実施し, 併せてすくい取り調査 (捕虫網 20 回振) を行い, 水田の成幼虫数を調査した。粘着板は調査の度に, 合成性フェロモンは 1 カ月毎に新しいものに交換した。

試験 6 LED トラップの改良

野外試験の結果, 粘着式 LED トラップは短期間で粘着板に多数の昆虫が付着し, 付着が多くなると捕獲効率が低下する可能性が考えられた。そこで, 誘引された虫がトラップ上部からの送風により, トラップ下部の捕獲容器に捕捉される構造の LED トラップ (以下, 送風式 LED トラップ) を試作した。

送風式 LED トラップの光源には, 400nm の LED (NS400L-ERLM) 18 個を用いた。これを六角柱型の基板 (口径 2cm 長さ 12cm) に, 1 面あたり 3 個を 3cm の間隔で取り付け, 防水のためにガラス管 (口径 4cm 長さ 13cm 厚さ 2mm) に入れて用いた。

トラップ本体は直径 25cm 高さ 34cm の円筒形 (ポリエチレン製バケツを加工) で, 側面が網張り (網目 7 メッシュ, 幅 20cm, ポリエチレン製) で, 円筒上部に送風ファン (12 × 12cm, 750~1500rpm), 底部にロート (上径 21cm 下径 7cm, アルミ製) および昆虫を捕集する網袋 (口径 7cm 長さ 28cm, ポリエチレン製) を取り付けた (第 2 図参照)。

この送風式 LED トラップと粘着式 LED トラップの捕獲性能を比較するため, これら 2 つのトラップを 25℃ に設定した恒温室 (試験 2 参照) 内に設置し, 全暗条件で恒温室内に雄成虫 40 頭を放し, 4 時間後に各トラップに捕獲された虫数を調査した。このとき, トラップは恒温室の壁際に, 光源の高さを 50cm, 両トラップの間隔が 1m となるように設置した。

また, 2012 年に, 白馬村神城の水田 (試験 5 と同じ圃場) 及び水田畦畔それぞれに両トラップを設置し, 7 月 26 日から 9 月 24 日まで, 7 日間隔で誘殺数を調査し, 捕獲性能を比較した。試験 5 と同様に, 水田内のトラップは畦畔から約 15m の位置に設置し, 水田及び水田畦畔とも両トラップの間隔は 20m, トラップの高さは水田では光源部がイネの草冠上 30cm, 水田畦畔では光源部が地上 1.3m となるように設置した。

結 果

1 波長別の誘引性

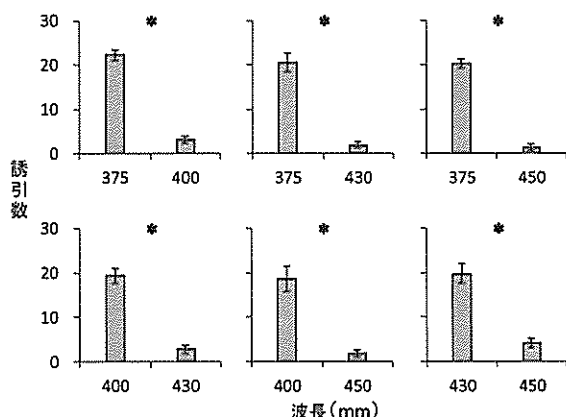
375~450nm の 4 種類の LED について, 光強度が同じ条件でアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の誘引数を比較した結果を第 3 図に示した。2 種類の波長の選択試験では, いずれの試験においても短い波長の誘引数が多

い結果となり、アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫に対する誘引性は $375\text{nm} > 400\text{nm} > 430\text{nm} > 450\text{nm}$ の順であった。

2 定格出力における各 LED の誘引性

7 種類の LED を同時に点灯して誘引数を比較した結果、短波長側で誘引数が多い傾向があり、375 および 400nm の LED は 505~600nm の LED に比べて誘引数が有意に多かった (第 4 図)。

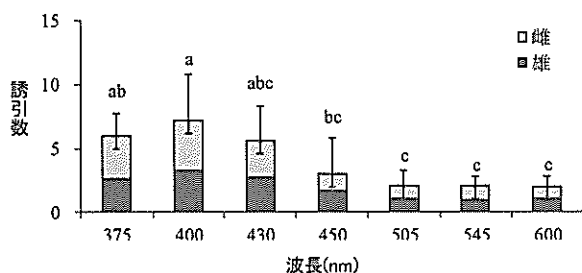
2 種類の LED を比較した結果では、400nm の LED の誘引数が 375nm、450nm、505nm の各 LED に優った (第 5 図)。また、400nm の LED と 430nm の LED の誘引数には有意な差は認められなかったが、実数では 400nm の LED の誘引数が多かった。



第3図 異なる2波長に対するアカヒゲホソミドリカスミカメの選好性

エラーバーは標準偏差を示す。

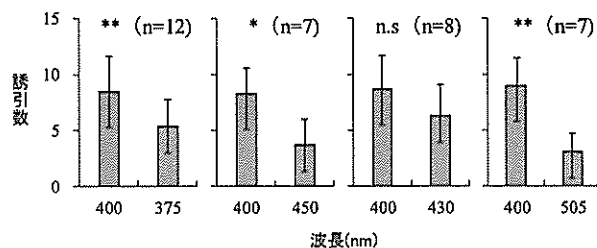
*を付したものには有意差が認められた (Wilcoxon の符号順位検定, $p < 0.05$, $n = 5$)。



第4図 定格出力時の7波長のLEDに対するアカヒゲホソミドリカスミカメの選好性

エラーバーは標準偏差を示す。

異なる英文字間には有意差が認められた (Tukey 検定, $p < 0.05$, $n = 7$)。



第5図 定格出力時の2波長のLEDに対するアカヒゲホソミドリカスミカメの選好性

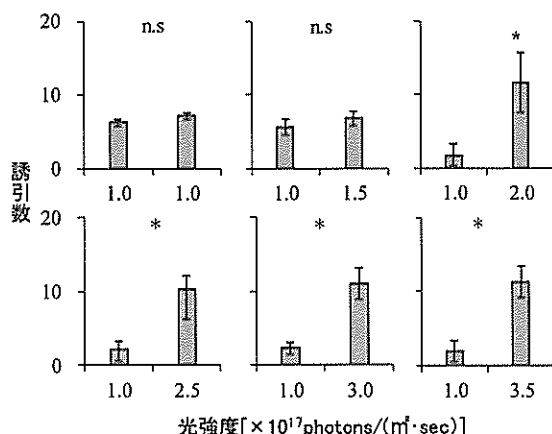
エラーバーは標準偏差を示す。

* ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$) を付したものには有意差が認められた (t 検定)。

3 光強度と誘引性

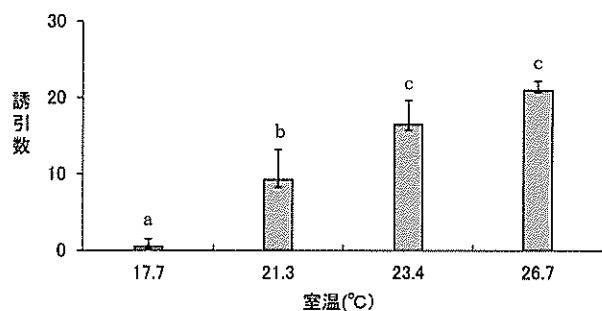
光強度を変えた 400nm の LED に対するアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の誘引数を比較した結果を第 6 図に示した。一方の光強度が $1.0 \times 10^{17} \text{photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})$ で、他方が $1.0 \sim 1.5 \times 10^{17} \text{photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})$ の場合には両者の誘引数に有意な差は認められなかったが、 $1.0 \times 10^{17} \text{photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})$ と $2.0 \sim 3.5 \times 10^{17} \text{photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})$ の比較では、光強度が大きいほうの誘引数が有意に多かった。

第6図 光強度の異なるLEDに対するアカヒゲホソミドリカスミカメの選好性



エラーバーは標準偏差を示す。

*を付したものには有意差が認められた (Wilcoxon の符号順位検定, $p < 0.05$, $n = 5$)



第7図 異なる気温におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの誘引数

エラーバーは標準偏差を示す。

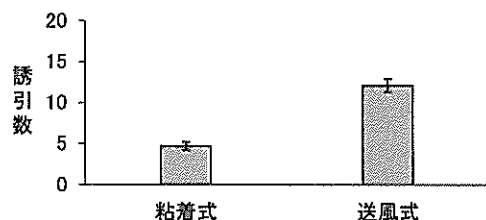
異なる英文字間には有意差が認められた (Tukey 検定, $p < 0.05$, $n=4$)。

4 気温と誘引性

異なる温度におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の LED トラップへの誘引数を第7図に示した。恒温室内の温度は 20, 23, 25, 28°C に設定したが、各試験中の平均気温はそれぞれ 17.7, 21.3, 23.4, 26.7°C であった。各気温における誘引数をみると、気温が低いと誘引数が減少する傾向が認められ、17.7°C ではほとんど誘引が認められず、21.3°C でも 23.4°C と比較して有意に誘引数が少なかった。

5 LED トラップの改良

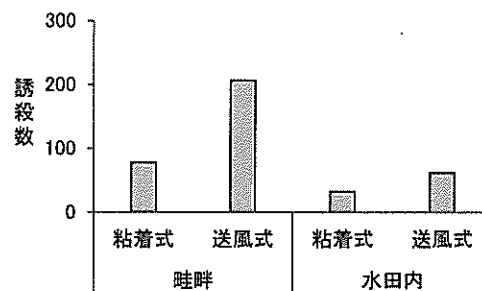
恒温室内で実施した比較試験では、送風式 LED トラップの誘引数が粘着式 LED トラップに優った (第8図)。また、水田及び水田畦畔における比較試験でも、送風式 LED トラップの誘殺数は粘着式 LED トラップよりも多い傾向が認められた (第9図)。



第8図 各 LED トラップの捕獲性能 (室内試験)

エラーバーは標準偏差を示す。

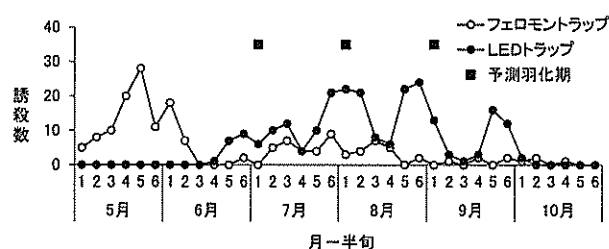
各トラップの誘引数には有意差が認められた (Wilcoxon の符号順位検定, $p < 0.05$, $n=7$)。



第9図 各 LED トラップの捕獲性能 (野外試験)

6 粘着式 LED トラップによる誘殺消長

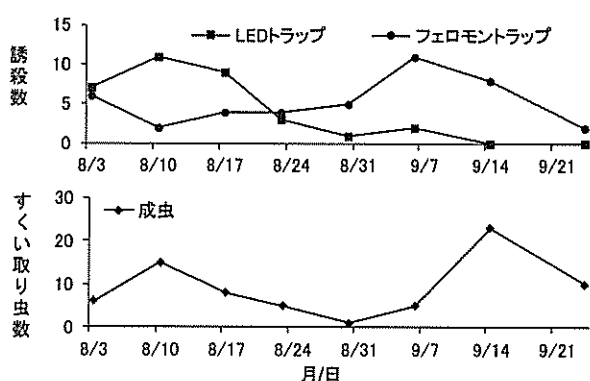
試験場内の雑草地で実施した粘着式 LED トラップによるアカヒゲホソミドリカスミカメの誘殺消長を第10図に示した。フェロモントラップでは5月第5半旬がピークとなる越冬世代と推定される成虫発生盛期がみられたのに対し、粘着式 LED トラップでは同じ時期の誘殺がみられなかった。



第10図 雑草地におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの誘殺消長

一方、粘着式 LED トラップでは6月第4半旬から10月第2半旬まで誘殺があり、7月第1半旬、8月第1、6半旬及び9月第5半旬が中心となる誘殺盛期が認められた。このうち、7月第1半旬、8月第1、6半旬の誘殺盛期は、フェロモントラップでみられた越冬世代成虫羽化時期を基点とし、平均気温 (試験場気象観測データ) を用いて、発育零点と有効積算温度 (高橋・樋口 2001) から求めた予測羽化時期 (7月第1半旬、8月第1半旬、9月第1半旬) とほぼ一致した。

白馬村で実施した粘着式 LED トラップの誘殺消長を第11図に示した。調査水田の出穂期は8月10日で、すくい取り調査では出穂を契機に侵入したと推定される成虫数のピークが認められた。粘着式 LED トラップにおいても8月10日に誘殺数のピークが認められ、すくい取り調査結果と一致した。一方、出穂後に水田で発生したと推測される新成虫について、すくい取りでは9月14日、フェロモントラップでは9月7日に誘殺数のピークが認められたが、粘着式 LED トラップにははっきりしたピークが認められなかった。



第 11 図 水田におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの誘殺消長とすくい取り虫数の推移
すくい取り虫数は捕虫ネット 20 回降りの値。

考 察

光強度が同じ条件で 375～450nm の 4 種類の LED について、アカヒゲホソミドリカスミカメに対する誘引性を検討した結果、375nm を主波長とする LED の誘引性が最も高かった。

一方、定格出力（順電流 20mA）で 2 種類の LED の誘引数を比較した結果では、400nm の LED（NS400L-ERLM）の誘引性が、375nm の LED（NS375L-ERLM）に優った。これは供試した各 LED の出力特性が異なり、400nm の LED は定格出力の光強度が 375nm の LED よりも大きいためであると考えられた（第 1 表参照）。そして、LED トラップは定格出力で発光させるため、その光源としては定格出力における誘引性が最も高かった 400nm の LED（NS400L-ERLM）が適すると考えられた。

光強度に関しては、室内条件では光強度を 2 倍以上大きくすると誘引数が有意に多くなった。野外でも同様の効果が認められるかは確認する必要があるが、誘引効率を高めるためにはできるだけ光強度を大きくするのが望ましいと考えられた。

誘殺への気温の影響の影響を調べたところ、雄成虫を用いた室内試験では室温が 17.7℃ではほとんど誘引が認められず、21.3℃でも 23.4℃以上に比べて粘着式 LED トラップの誘引数が減少した。石岡ら（2004）は、アカヒゲホソミドリカスミカメ雌成虫の飛翔は 15～25℃の範囲で温度の影響を強く受け、雌成虫よりは影響を受けにくいものの、雄成虫の飛翔活性にもこの温度範囲で影響を認めている。高橋・樋口（2002）は、新潟県上越市において越冬世代成虫の初発時期把握における予察灯の有効性を確認しているが、今回、長野県農業試験場内の雑草地に設置した粘着式 LED トラップでは、越冬世代成虫の発生時期には誘殺がみられなかった。粘着式 LED トラップを設置した長野県農業試験場（須坂市）の春期の気温（長野県長野市

の 2009 年 5 月の平均最低気温 11.3℃、気象庁、2013）は上越市よりも低いことや、予察灯でも越冬世代成虫の誘殺数が非常に少ないことから、粘着式 LED トラップに越冬世代成虫が誘殺されなかったのは、春期の低温が影響しているものと考えられた。また、白馬村の水田では出穂後の新成虫の発生時期の誘殺が少なかったが、これも、9 月に入り夜温が下がったこと（長野県白馬村の 2012 年 9 月の平均最低気温 16.1℃、気象庁、2013）に伴い、飛翔活性が低下したためと考えられた。

一方、農業試験場内雑草地の粘着式 LED トラップでは、6 月第 4 半月以降の誘殺数はフェロモントラップよりも多い傾向が認められた。アカヒゲホソミドリカスミカメでは出穂期に飛来した成虫がイネに産卵して発生する幼・成虫が斑点米発生と関係が大きい（石本 2004）が、農業試験場内雑草地に設置した粘着式 LED トラップでは出穂期に水田に侵入する第 2 世代成虫と推定される誘殺数が比較的多く、明瞭な誘殺盛期が認められた。また、白馬村の水田に設置した粘着式 LED トラップでは出穂期に誘殺のピークが認められた。これらのことから、夜温が高い夏期においては粘着式 LED トラップには十分な誘引性があり、特に出穂期に水田に侵入する成虫の発生状況を把握できる可能性が示唆された。

一方、粘着式 LED トラップでは、光源に誘引された調査対象外の昆虫等の粘着板への付着により、捕獲効率が低下する可能性が考えられたため、トラップ構造を改良し、送風式 LED トラップを試作した。この送風式 LED トラップと粘着式 LED トラップのアカヒゲホソミドリカスミカメ誘引数を室内及び野外で比較した結果、送風式 LED トラップの誘引数が優った。この結果から、アカヒゲホソミドリカスミカメ発生調査用 LED トラップとして、送風式 LED トラップがより適すると考えられた。しかし、送風式 LED トラップにおいても、調査対象でない昆虫等の誘引があるため、捕獲物の中からアカヒゲホソミドリカスミカメを識別する労力がかかってしまい、調査時の支障となった。多種類の昆虫が誘引、捕獲される点は LED トラップの汎用的利用（複数種の害虫の発生調査）を考えた場合、利点となるが、調査労力がかかりすぎないように、調査対象昆虫等の捕獲量を制御することが、今後、LED トラップを実用化する上での課題となる。

摘 要

LED を利用して、簡易で捕獲効率に優れたライトトラップを開発するために、アカヒゲホソミドリカスミカメに対する LED 光の誘引性について調査した。また、LED を光源とするライトトラップ（LED トラップ）を作成し、野外での誘殺状況を調査した。

その結果、光強度が同じ条件では 375nm～450nm の LED

の中で、アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫に対する誘引性は 375nm が最も高かった。一方、定格出力（順電流 20mA）で比較した場合は、各 LED の出力特性が影響し、定格出力の光強度が大きい 400nm の LED（NS400L-ERLM）の誘引性が優った。

野外に設置した粘着式 LED トラップのうち、雑草地では第 2 世代と推定される成虫、水田内では出穂期に侵入したと考えられる成虫の比較的明瞭な誘殺盛期が認められ、LED トラップが水田内のアカヒゲホソミドリカスミカメの発生状況の把握に利用できる可能性が示唆された。

トラップの構造について検討した結果、粘着式 LED トラップよりも、送風式 LED トラップの捕獲効率が優った。ただし、アカヒゲホソミドリカスミカメ以外にも多数の昆虫等が捕獲されるため、虫の識別に労力がかかる点を今後、改良する必要がある。

引用文献

- 八谷和彦（1984）道農試集報 51：73－82。
- 八谷和彦（1999）アカヒゲホソミドリメクラガメの水田への侵入と発生予測。植物防疫 53：268－272。
- 林 英明（1997）斑点米カメムシ発生相の変遷と防除対策。植物防疫 51：455－461。
- 樋口博也（2010）斑点米被害を引き起こすカスミカメムシ類の生態と管理技術。応動昆 54：171－188。
- 樋口博也・高橋明彦（2000）アカヒゲホソミドリカスミカメの小麦苗による飼育。北陸病虫研報 48：23－25。
- 石岡将樹・木村利幸・木村勇司（2000）1999 年に青森県で多発した斑点米 2。アカヒゲホソミドリカスミカメの多発に影響した気象要因と斑点米の発生特徴。北日本病虫研報 51：158－161。
- 石岡将樹・菊池淳志・小林徹也（2004）アカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔に影響を及ぼす各種要因 第 2 報 温度の影響。北日本病虫研報 55：143－145。
- 石本万寿広（2004）アカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生活長。応動昆 48：79－85。
- 石本万寿広ら（2006）合成性フェロモントラップによるアカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生活長の把握。応動昆 50：311－318。
- 柿崎昌志（2013）アカヒゲホソミドリカスミカメの長期間徐放性誘引剤と網円筒トラップによるモニタリング。植物防疫 67：296－299。
- 菊池淳志・小林徹也（2004）各種雑草とイタリアンライグラスにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発育と産卵。北日本病虫研報 55：149－154。
- 木村勇司・市田忠夫・石岡将樹（2006）アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の合成性フェロモントラップおよびすくい取りによる発生活長の比較。北日本病虫研報 57：122－125。
- 気象庁（2013）気象統計情報。
- 永瀬 淳（2000）新潟県における斑点米カメムシ類の発生活動とその対策。農薬春秋 80：16－20。
- 新山徳光（2000）アカヒゲホソミドリカスミカメ。植物防疫 54：309－312。
- 奥山七郎（1974）アカヒゲホソミドリメクラガメの生活史に関する研究 第 1 報 発生活長について。北日本病虫研報 25：53。
- 奥山七郎・春木 保・八谷和彦（1983）北海道におけるアカヒゲホソミドリメクラガメによるコムギの被害。北日本病虫研報 34：26－29。
- 佐藤秀明・石本万寿広・横山泰裕（2009）新潟県におけるアカスジカスミカメの発生活長。北陸病虫研報 58：7－12。
- 佐藤貴子・安永智秀（1999）日本産ホソミドリメクラガメ類の分類と同定。植物 53：265－267。
- 高橋明彦・樋口博也（2001）アカヒゲホソミドリカスミカメの発育に及ぼす温度の影響。北陸病虫研報 49：19－22。
- 高橋明彦・樋口博也（2002）アカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代成虫の羽化時期把握における予察灯の有効性。応動昆 46：163－168。
- 安田美香（2012）圃場周辺の景観形成は農業害虫の発生量に影響を及ぼしているのか？ ー斑点米カメムシの事例ー。植物防疫 66：366－370。

BULLETIN OF THE NAGANO AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No.1

March 2016

CONTENTS

The Farming Plan Support System that Utilized a Management Index 「AGRIX NAGANO」 Takanori OKUBO, Keiichiro HARA, Atsushi KIYOSAWA, Fumiaki TSURUTA	1
Development and Application of Agricultural Information Mesh Data. Kazunori HANAOKA	7
Effective Inducing Technique to Capture Deer (cervus Nippon) by Snare. Shunichi YANAGISAWA, Tsutomu SUGESAWA	14
Technique for Preventing <i>Pauma larvata</i> from Braking into Greenhouse by Electric Fence. Tomoyasu OKABE, Shunichi YANAGISAWA	18
A New Rice Cultivar “Kazesayaka” Mitsuo TAKAMATSU, Jun HOSOI, Motoshige KUBOTA, Yoshinao ARAI and Nobuo NAKAZAWA	20
A New Wheat Cultivar “Yumekaori”. Hidekazu MAEJIMA, Yasushi UEHARA, Satoshi HOSONO, Tomohiko USHIYAMA, Kazuhiro NAKAMURA, Nobuo NAKAZAWA, Nobuo TAKAHASHI, Toshinao ARAI, Takeshi TANIGUCHI, Kazumi GOTO, Hideki TABUCHI, Nagao SAKAI, Motoshige KUBOTA and Takeharu, KONDO	30
A New Wheat Cultivar “Yumekirari”. Yasushi UEHARA, Hidekazu MAEJIMA, Tomohiko USHIYAMA, Satoshi HOSONO, Kazuhiro NAKAMURA, Takeshi TANIGUCHI, Hideki TABUCHI, Motoshige KUBOTA, Nobuo NAKAZAWA, Nobuo TAKAHASHI, Toshinao ARAI, Kazumi GOTO, Nagao SAKAI and Takeharu KONDO	43

Regional Action Plans for Integrated Management Weedy Rice Occurred in Nagano Prefecture	• • • • • 54
Nagao SAKAI, Jun HOSOI, Masaharu AOKI, Manabu Tsuchiya, Mitsuo TAKAMATSU and Satoshi HOSONO	
Adaptability of Improved Coated Seed for Establishment And Labor-saving in Submerged Direct Seeding.	• • • • • 71
Masaharu AOKI, Jun HOSOI, Nagao SAKAI, Ryota HARADA, Manabu TSUCHIYA, Satoshi HOSONO, Eiji SODEYAMA, Toshiaki NAKAYAMA, Nobuo NAKAZAWA, Toshinao ARAI, Koichi SAITO and Mitsuaki TEZUKA	
Labor-Saving Cultivation System and Management Effects of Triple Cropping in Two Year of Crop Rotation of Paddy-field cropping in Nagano Prefecture.	• • • • • 95
Masaharu AOKI, Takanori Okubo, Manabu TSUCHIYA, Takayoshi UEHARA, Naomasa UCHITSU, Nagao SAKAI, Mitsuaki TEZUKA, Koichi SAITO and Toshiaki NAKAYAMA	
Occurrence of Seedling Blight of Rice Caused by <i>Pythium arrhenomanes</i> in Nagano Prefecture and Control of the Disease in a Flooded Nursery(Pool Nursery).	• • • • • 109
Toru YAMASHITA.	
Development of a Light Trap with LEDs (Light Emitting Diodes) for the Monitoring of Adult Rice Leaf Bug, <i>Trigonotylus caelestialium</i> (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae).	• • • • • 117
Tadahisa NOGUCHI	

編集委員長 山下 亨
編集委員 藤永真史
酒井長雄
上原 泰
栗原 潤

長野県農業試験場報告

第1号

印刷・発効 平成28年3月22日
発行所 長野県農業試験場
長野県須坂市小河原492
郵便番号 382-0072
電話 026-246-2411(代)
発行責任者 小林 文彦
印刷所 中央プリント(株)
長野市中御所3-2-6
電話 026-227-0333(代)

ISSN 1883-8502

BULLETIN
OF THE
NAGANO PREFECTURE AGRICULTURAL
EXPERIMENT STATION

No.1

March 2016

NAGANO PREFECTURE AGRICULTURAL
EXPERIMENT STATION

Suzaka, Nagano-Ken

Japan