

# PROJECT NARCH

NATIONAL AGRICULTURAL  
RESEARCH CENTER  
FOR HOKKAIDO REGION (NARCH)

## マルチシーディング技術を基幹とする 大規模水田輪作営農体系の確立

Establishment of lowland Crop Rotation System  
based on wide use Seeder  
in Hokkaido



**農研機構**

NARO

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

北海道農業研究センター

NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER FOR HOKKAIDO REGION (NARCH)



# 序 文

この度発刊する北海道農業研究センタープロジェクト研究成果シリーズのNo.5は、当センターが中心となって実施した地域農業確立総合研究「マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の実証」の成果を取りまとめたものです。本プロジェクト研究は、平成13年度から17年度までの5年間、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構、(独)農業・食品産業技術総合研究機構の交付金プロジェクト研究として実施したものです。

北海道の水稲は、いまや、全国トップクラスの生産量を誇っておりますが、米価の低迷等により稲作農家の経営は悪化しています。とりわけ、今後の北海道水田農業を担うべき大規模農家ほど影響が大きく、稲と麦・大豆を合理的に組み合わせた水田輪作体系を確立し、これまでの大規模水稲専業経営から収益性の高い大規模輪作経営への転換を促進し、水田作農家の活性化を図ることが求められていました。

こうした研究開発ニーズを受け、北海道農業研究センターは道立農業試験場、町村、JAなどと連携・協力しながら、これまでの水稲乾田直播を基幹とした大規模稲麦生産体系の開発成果を発展させ、さらに省力・低コスト・高品質安定生産が可能な、30ha程度を目標にした大規模稲・麦・大豆の水田輪作技術体系の開発を目指して取り組んできました。このプロジェクト研究では、大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件を解明するとともに、寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発、寒地の大規模稲・麦・大豆の水田輪作営農体系の確立のための経営的評価を行ってきました。

このプロジェクト研究から生み出された研究成果は、迅速に生産現場へ実用技術として普及につとめてきました。その結果、マルチシーディング技術については、農家がすぐに使える営農技術として、複数の現地研究会などで実演指導を行い、核となるマルチシーダは市販化されるに至りました。

最後になりましたが、このプロジェクト研究の推進にあたり、多くの関係者のご協力を得ました。プロジェクトの推進に有益なご指導を頂いた評価委員、実証農家、実証地域のJA、農業改良普及センター、市町村など関係の皆様にご心より御礼申し上げます。ここに深甚の謝意を表する次第です。

平成23年3月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
北海道農業研究センター所長  
折登 一隆



# 目 次

研究の要約 .....	1
第1章 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明	
1 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明	
(1) 大規模水田地帯における水田作の動向 .....	13
(2) 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明 .....	15
第2章 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発	
1 マルチシーディング技術とその高度化のための圃場整備・管理技術の開発	
(1) マルチシーディング技術の開発 .....	19
(2) マルチシーディング技術高度化のための圃場整備技術の開発 .....	23
1) 高い地表水排水機能と地下水位調節機能を併せ持つ暗渠の開発 .....	23
2) 疎水材充填補助暗渠技術の開発 .....	25
3) 圃場排水促進技術の開発 .....	27
2 大規模輪作における精密栽培管理技術の開発 .....	31
(1) 復元田における直播水稻の低タンパク米栽培技術の開発 .....	31
(2) 小麦のタンパク含量制御技術の開発 .....	36
(3) マルチシーディング技術における根圏微気象条件の解明と大豆の初期生育促進技術の開発 .....	41
1) マルチシーディング技術における根圏微気象条件の解明 .....	41
2) 大豆の初期生育促進技術の開発 .....	44
第3章 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立	
1 マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の実証と大規模水田輪作営農体系の確立	
(1) 水稻の乾田直播 .....	48
(2) 春まき小麦と秋まき小麦 .....	50
(3) 大豆 .....	54
2 マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立	
(1) 浅耕マルチシーダの経営的評価と効果の構造 .....	58
(2) 新技術の定着のための地域的システム .....	62









# 研究の要約

## I. 研究年次・予算区分

研究年次 平成13～17年度  
予算区分 農林水産技術会議事務局委託プロ  
(21世紀土地利用型プロ)  
農業技術研究機構交付金プロ(地域先導  
技術総合研究)

## II. 主任研究者

### 主査場所

北海道農業研究センター

#### 主査

滝本 勇治(理事、H13.4～15.9)  
桑原 真人(所長、H15.10～16.3)  
丸山 清明(所長、H16.4～)

#### 副主査

八戸三千男(副所長、H16.4～)

#### 推進リーダー兼チームリーダー

窪田 哲夫(総合研究部長)

#### サブチームリーダー

山口秀和(作物開発部長)  
高橋賢治(生産環境部長、H13.4～H15.3)  
山田一茂(生産環境部長、H15.4～)

#### 取りまとめ責任者

渡辺治郎(総合研究第1チーム長、H13.4～)

## III. 現地推進検討会

### 会長

長谷川幸男(いわみざわ農業協同組合代表理事  
組合長)

### 副会長

関谷 正勝(空知中央地区農業改良普及センタ  
ー所長)

稲津 脩(北海道立中央農業試験場生産シス  
テム部長)

鈴木 彰男(北村産業課長補佐)

東 光俊(北海道開発局農業水産部農業計画  
課長補佐)

伊藤 聡夫(美唄市水稻直播研究会長)

### 委員

舟木 誠(北海道開発局札幌建設部農業開発  
第2課長)

駒井 明(北海道開発土木研究所農業開発部  
長)

南部 一善(空知支庁農業振興部調整課地域計  
画係長)

田中 宏幸(空知支庁農業振興部農務課主査)

菅原 俊治(空知中央地区農業改良普及センタ  
ー調整係長)

佐藤 義人(空知中央地区農業改良普及センタ  
ー農務課長)

高田 利明(北村産業課農業振興係長)

高橋 卓美(いわみざわ農業協同組合農業振興  
部長)

藤田 政利(クリーン農業研究会長)

渡辺信一郎(砂浜21世紀協議会長、実証試験  
農家)

### 事務局

山田 幸雄(いわみざわ農業協同組合農業振興  
部調査役)

西飯 弘行(いわみざわ農業協同組合米穀部米  
穀課)

### 地域幹事

八戸三千男(北海道農業研究センター企画調整  
部長)

### 地域事務局

富樫 研治(北海道農業研究センター連絡調整  
室長)

### 事務局

窪田 哲夫(北海道農業研究センター総合研究  
部長)

山口 秀和(北海道農業研究センター作物開発  
部長)

山田 一茂(北海道農業研究センター生産環境  
部長)

## IV. 研究目的

わが国の水田農業は、「食料・農業・農村基本計  
画」、「水田を中心とした土地利用型農業活性化対策  
大綱」、「新たな麦政策大綱」、「新たな大豆政策大綱」  
によって、米の計画的生産を確実に推進するとともに

に、水田を有効に利用して、麦・大豆等の定着・拡大による自給率の向上を図ることとされた。一方、北海道においては、米価の低迷等により稲作農家の経営は悪化している。中でも今後の北海道農業を担うべき大規模水田作農家ほど影響が大きく、早急に稲と麦・大豆を合理的に組み合わせた水田輪作体系を確立し、これまでの大規模水稲専業経営から収益性の高い大規模輪作経営への転換を促進し、水田作農家の活性化を図ることが重要な課題となっている。

このため、これまでの水稲乾田直播を基幹とした大規模稲麦生産体系の開発成果を進展させ、さらに省力・低コスト・高品質安定生産が可能な、30ha程度を目標とした大規模稲・麦・大豆水田輪作技術体系の開発を行う必要がある。

そこで、北海道の主要な水田地帯である道央の水田作農業の動向を把握して、麦、大豆を導入した大規模水田輪作営農への展開条件を明らかにする。稲・麦・大豆水田輪作営農の規模拡大のネックとなっている耕耘・施肥・播種作業を改善するため、省力・低コストで汎用性の高い表層砕土部分耕・施肥・播種同時作業技術（マルチシーディング技術）を開発する。また、マルチシーディング技術を十分に活用できるようにするため、高度なかん排水制御が可能となる圃場整備・管理技術を開発する。また、稲・麦・大豆の実需者ニーズ等を踏まえた高品質安定生産を可能とするため、復元田における直播水稲や輪作田におけるパン用小麦のタンパク質含量の予測・制御法と施肥管理技術、表層砕土部分耕の創り出す根圏微気象条件を活用した大豆の初期生育安定化技術、の開発を行う。さらに、これら開発技術を普及・定着させるために、現地条件における大規模水田輪作体系の現地実証と経営的評価、作業受委託等地域支援システムを活用した大規模水田輪作営農体系の策定を行う。

## V. 研究方法

### 第1章 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

#### 1 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

道央地帯における水田作農家の経営面積・農業労働力・土地利用管理形態等の主要指標動向を明らかにして、今後の大規模水田輪作営農の展開条件を明ら

かにする。

### 第2章 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発

#### 1 マルチシーディング技術とその高度化のための圃場整備・管理技術の開発

耕うん・施肥・播種同時作業が可能なマルチシーダを開発する。さらに水稲乾田播種、大豆、麦への汎用利用技術を開発する。

汎用水田における迅速な圃場排水・乾燥促進のための圃場整備・管理技術を確立するとともに、復元田における営農レベルでの漏水防止技術を確立する。

復元田における部分耕播種による土壌窒素発現抑制などを活用した良食味生産技術を明らかにするとともに、低アミロース系統である「北海 288 号（後の「はなえまき）」等良食味品種・系統の特性を活用できる直播栽培管理法を確立する。

#### 2 大規模輪作における精密栽培管理技術の開発

パン用小麦新品種「北海 257 号（後の「キタノカオリ）」および、春播小麦の根雪前播種栽培における子実タンパクを制御する施肥管理技術を確立する。

マルチシーダによる土壌表層の温度・水分等根圏域微気象条件の改善効果を明らかにする。また、低温条件での大豆等の発芽、初期生育における温度反応を解析し、鎮圧や畦立て法等マルチシーディング技術における温度・水分の活用法を確立する。

### 第3章 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立

#### 1 マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の実証と大規模水田輪作営農体系の確立

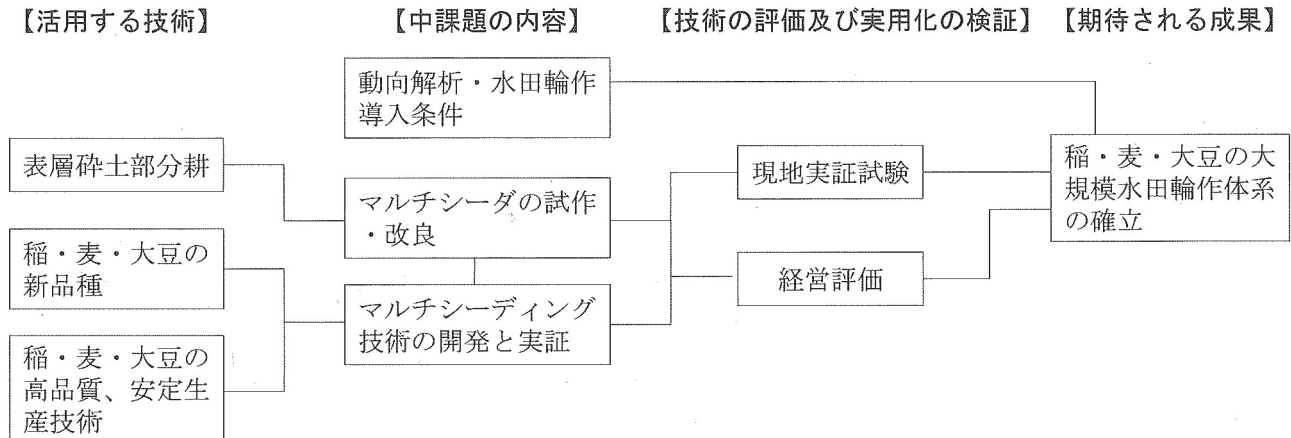
マルチシーディング技術を基幹とした水稲－大豆－春播小麦根雪前播種－秋播小麦の輪作体系を実証する。稲・麦・大豆輪作に伴う均平、雑草防除等圃場管理技術の体系化を行う。

#### 2 マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立

大規模稲・麦・大豆輪作体系の経営的評価を行うとともに、大規模輪作における作業受委託等地域支援システムを明らかにする。

マルチシーディング技術を基幹とする大規模輪作営農体系の確立

農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター



「マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立」

研究課題名	研究実施年度(平成)					担当研究機関
	13	14	15	16	17	
1. 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明 1) 大規模水田地帯における水田輪作営農条件の解明 (1) 大規模水田地帯における水田作の動向把握と水田輪作営農展開条件の解明						北農研 総合研究部・動向解析研究室、 経営管理研究室
2. 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発 1) マルチシーディング技術とその高度化のための圃場整備・管理技術の開発 (1) マルチシーディング技術の開発						北農研 総合研究部・農業機械研究室、 総合研究第1チーム
(2) マルチシーディング技術高度化のための圃場整備・管理技術の開発						北農研 総合研究部・農地農業施設研究室、 総合研究第1チーム
2) 大規模輪作における精密栽培管理技術の確立 (1) 復元田における直播水稻の低タンパク米生産技術の開発						北農研 生産環境部・水田土壌管理研究室

研究課題名	研究実施年度(平成)					担当研究機関
	13	14	15	16	17	
(2) 小麦のタンパク含量制御技術の開発						北農研 生産環境部・養分動態研究室
(3) 表層砕土部分耕における根圏微気象条件の解明と大豆の初期生育促進技術の開発						北農研 生産環境部・気象資源評価研究室、総合研究部・総合研究第1チーム
3. 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立						
1) マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作体系の実証と大規模水田輪作営農体系の策定						北農研 総合研究部・総合研究第1チーム、関連研究室
(1) マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作体系の実証						
(2) マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作営農体系の策定						北農研 総合研究部・経営管理研究室、農村システム研究室関連研究室

(参考資料)

1. 営農システムの数値目標

経営形態：家族経営（夫婦専従＋臨時雇用）

経営規模：30ヘクタール

収量等の想定目標（10アール当たり）

乾田直播水稻：収量500kg、生産費90千円、労働時間9時間、

小麦：収量・秋まき小麦450kg（根雪前播種春まき小麦350kg）、生産費37千円、労働時間3時間

大豆：収量300kg、生産費53千円、労働時間8時間

2. 営農試験地の位置図



## VI. 研究結果

### 第1章 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

#### 1 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

##### (1) 大規模水田地帯における水田作の動向

大規模水田地帯である南空知・北村を対象に水田作経営の動向解析、将来動向予測を行うとともに、水田輪作（田畑輪換）の成立条件を検討した。

南空知・北村の将来動向予測として、より大規模な水田作経営の形成が十分に見込まれる。同時に、田畑輪換成立の条件としては復元田の米タンパク値上昇を抑制する技術確立、または高タンパク米としての販売対応の確立が要請される。

##### (2) 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

麦や大豆を導入した水田輪作営農の栽培体系における30ha規模経営の収益を試算することにより、必要とされる小麦、大豆等の単収条件を検討するとともに、経営再生産が可能となるための地代等の条件を経済性の視点から明らかにする。

小麦、大豆を導入した水田輪作営農体系における30ha規模経営の収益を試算し、必要とされる小麦単収条件を検討するとともに、今後、米価や転作助成金の変化を想定して、家計費の確保により経営再生産可能となるための地代等の条件を明らかにした。

### 第2章 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発

#### (1) マルチシーディング技術の開発

1 工程で砕土・施肥・播種を行い、水稻（乾田直播）、小麦および大豆に汎用的に使用できるロータリシーダを開発した。開発したマルチシーダは施肥部、播種部、鎮圧部を交換して水稻・小麦用と大豆用に使い分け、大豆用では地表面に排出された大豆種子を鎮圧輪で転圧し、これにより形成された播種溝上部に膨軟に覆土する覆土前鎮圧方式を用いた。本機は70PS以上のトラクタに装着する必要がある。開発機は小麦、大豆の慣行体系に比べて作業工程を少なくすることが可能で、水稻直播の慣行機に比べて作業幅を大きくした結果、作業時間を17～32%短縮できた。

#### (2) マルチシーディング技術高度化のための圃場整備技術の開発

##### 1) 高い地表水排水機能と地下水位調節機能を併せ持つ暗渠の開発

水田を畑地利用のために、排水路から遠い暗渠の上流側からも地表水排水を行うことにより排水機能を高め、さらに暗渠の排水部の高さを変更可能にすることにより地下水位が調節できる暗渠の開発に向けた模型実験を行った。吸水管の上流端を立ち上げて開閉可能な栓と泥上げ用の中底を付け、さらに排水口の高さを調節できるようにした場合、湛水状態を短時間で解消することが可能であり、排水口位置を高くすることによって地下水位を高位に維持することが可能であった。

##### 2) 疎水材充填補助暗渠技術の開発

高い排水機能を持つことにより機械作業が可能な土の支持力を維持し、また、機械によって土が練り返され土の透水性が低下した場合にも疎水材を経由することによって地表排水が継続的に行われるような補助暗渠技術を開発するための実験を行った。補助暗渠に用いる疎水材は轍の形成を前提とした場合に、地表面まで露出させることが望ましいことを明らかにした。モミガラは地表面まで充填しても耕作に大きな障害が発生するとは考えられず、透水性が比較的大きく、5年以内の経年変化も小さかったため、モミガラの採用が妥当であろうと判断された。

##### 3) 圃場排水促進技術の開発

水田転換畑における湿害防止技術開発のために大豆栽培圃場における実証実験を行った。約10mの間隔で本暗渠が施工されている圃場に無処理区、心土破砕区、額縁明渠区、心土破砕と額縁明渠の組み合わせ区を設け、地下水位、土壤水分、大豆収量などの観測、調査を行った。心土破砕と額縁明渠を組み合わせた実験区で地下水位が他の区よりも常に低く推移し、排水性が改良されたことが確認できた。また、同実験区の単収が一番高い結果であった。額縁明渠と心土破砕、額縁明渠および心土破砕と本暗渠の疎水材、など排水のための経路の全てを連結し、通水構造を確保することが重要であることを確認した。

##### 2 大規模輪作における精密栽培管理技術の開発

##### (1) 復元田における直播水稻の低タンパク米栽培技術の開発

復元田において、「はなえまき」等を用いてタン

パク質含量を一定以下に維持したまま高収量を得るための直播栽培管理技術について検討した。その結果、土壌硬度の調査や土壌培養窒素量と精米タンパク質含量との関係から、泥炭土の畑転換では物理性や化学件の変動はそれほど大きくなく、むしろ根域の拡大による養分吸収効果が大きいと推定された。

未攪乱土壌からの窒素供給量を評価するために、未攪乱のまま湛水培養して出てくる窒素量を測定し、培養に用いた土壌の重量とでプロットすると、右肩下りの直線が得られ、この直線を利用して不耕起土壌からの窒素供給量を評価することが可能であった。

登熟歩合が高いほどタンパク質含量は低下する傾向を示した。精米タンパク質含量と水稻の窒素吸収量、窒素吸収量と収量の間には密接な関係が認められ、タンパク質含量8%以下で収量600 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ を目標とした場合、窒素吸収量は約13 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ であった。窒素吸収量と土壌培養窒素量とは直線関係が認められた。

直播においてもケイ酸含有量が多いほど精米のタンパク質含量は低下する傾向を示したが、この関係は移植の場合よりも、また、茎葉の窒素含有量とタンパク質含量との関係よりも相関は低く、登熟が遅くなるような条件ではその効果も小さいものと推定された。

小麦収穫直後に代かきを行っても、泥炭土の場合には無代かきに比べて1割程度の土壌培養窒素量の減少が認められたものの、タンパク質含量は低下しなかった。

泥炭土の復元田において、施肥窒素量に土壌培養窒素量を加えた窒素量を用いて、タンパク質含量8%以下で収量600 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ を目指す施肥管理法を提案した。

#### (2) 小麦のタンパク質含量制御技術の開発

「キタノカオリ」のタンパク質含有率12%を確保するためには、幼穂形成期の追肥量を控えながら止葉期までの窒素施肥量を16 $\text{kg}/10\text{a}$ 程度とし、あとは穂揃期追肥に回す必要がある。

追肥の是非は以下の基準に従い決める。すなわち、穂揃期に展開第2葉の葉色を測定し、葉色値が52以上の時はそれ以上の追肥は行わない。葉色値が50～52の時は3 $\text{kg}/10\text{a}$ 、葉色値が50未満の時は6 $\text{kg}/10\text{a}$ の穂揃期追肥を行う。本診断を適用する範囲として、穂揃期の茎数が460～690本/ $\text{m}^2$ (収穫期穂数440～640本/ $\text{m}^2$ )の範囲で、さらに穂揃期の葉色45以上の場

合とする。

順調な生育をして高い収量が得られる場合は、窒素施肥量22 $\text{kg}/10\text{a}$ までは土壌への窒素負荷は小さいものと判断される。

#### (3) マルチシーディング技術における根圏微気象条件の解明と大豆の初期生育促進技術の開発

##### 1) マルチシーディング技術における根微気象条件の解明

表層砕土部分耕が水田転作畑土壌の地温・土壌水分に及ぼす影響を調査・検討した。火山性土壌の転作畑において、表層砕土部分耕と慣行の全面耕起との間に地温・土壌水分環境の大きな差はなかった。多量の降水の際に懸念されていた部分耕起部分への滞水も、耕起前に心土破碎等が行われていれば問題は見られなかった。しかし、大豆の出芽・生育・収量に全面耕起と大きな差は見られなかったことから、大豆栽培上あえて表層砕土部分耕を導入する積極的な理由はないと判断された。

##### 2) 大豆の初期生育促進技術の開発

覆土前に播種条を部分鎮圧し、その上に覆土する「覆土前鎮圧法」の大豆出芽・苗立ち改善効果を検討した。泥炭土壌(表土)では、乾燥条件において覆土前鎮圧の出芽は全面鎮圧を上回り、部分鎮圧と同等以上であった。また、耕耘によるクラスト化の危険性が高い過湿条件においても、クラスト化による出芽抑制の回避に効果がある事が明らかとなった。

### 第3章 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立

#### 1 マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の実証と大規模水田輪作営農体系の確立

##### (1) 水稻の乾田直播

水稻の乾田直播、小麦、大豆の播種作業に汎用的に利用できるよう開発された浅耕マルチシーダの乾田直播における播種性能と適応性の検討と、水稻の乾田播種早期湛水栽培(乾直)を現地で実証を行った。

浅耕マルチシーダの10a当たり作業時間は慣行機に比べて28%短縮され、水稻の出芽率は慣行の作業体系と同等であったことから、浅耕マルチシーダは乾田直播に適用でき、作業能率の向上に有効と判断された。2003年の気象条件における不稔の割合は直播栽培に比べて移植栽培で顕著に高まった。一方、中品種の直播栽培は登熟期が10月16日以降にずれ

込む遅延型の冷害リスクが高いと推測された。

## (2) 春まき小麦と秋まき小麦

現地実証試験におけるチゼルブラウシーダによる春まき小麦の初冬播栽培の結果から、生産安定化をはかるための条件の抽出を試みた。さらに、本試験課題で開発した汎用播種機による秋まき小麦の播種についても検討した。

2001年度から2005年度にかけてのべ14ヶ所で実施した春まき小麦初冬播栽培の実証試験では、春まき栽培に比べて多収となったが、生産の目標である収量430kg/10a以上、総窒素吸収率13kg/10a以内（「春よ恋」、倒伏の基準値）、適正子実タンパク含有率（11.5～14%）の中に入る事例は無く、出芽不良、越冬直後の低温と乾燥及び過湿害によって有効穂数や1穂粒数が少なく低収であった場合と、窒素施肥の過剰によって多収・高蛋白質化により総窒素吸収量が13kg/10aを超えた場合に分けられた。上記の目標範囲に入る春まき小麦初冬まき栽培の条件は、越冬個体数最低150または180本/m<sup>2</sup>以上、有効穂数420本/m<sup>2</sup>以上を確保し、その場合窒素施肥量12kg/10a前後で、原粒タンパク質含量、窒素吸収量ともにおおむね適正となった。また、汎用播種機を用いた播種作業では、秋まき小麦「キタノカオリ」の出芽率はおおむね良好であった。

## (3) 大豆

覆土前鎮圧播種を組み込んだ稲・麦・大豆汎用ロータリシーダによる大豆播種について、事前におこなう荒起こしの必要性を根系発達の側面から解析したところ、事前のチゼル耕後に土壌が乾燥・硬化した場合、砕土を省略すると根系発達が抑制された。現地圃場における覆土前鎮圧播種を用いた実証栽培の収量は、慣行の播種法に比べて多収となった。また、田植後播種栽培は6月第1半旬までは5月中旬播種に比べてほぼ同等の収量が得られるが、登熟期間の短縮により百粒重が低下して減収した事例も認められた。

## 2 マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立

### (1) 浅耕マルチシーダの経営的評価と効果の構造

浅耕マルチシーダの導入効果について経営計画モデルによるシミュレーションに基づき検討した。その結果、規模制約がなく収益最大の上限規模まで拡大可能であれば、所得が大幅に増加できることが示された。

その収益改善効果の構造としては大きな省力効果が得られる水稲ではなく、小麦・大豆を通じて経営的効果を発現させる構造にあることが明らかとなった。これらの特徴は慣行乾田直播体系導入においても示されることから、乾田直播導入を含む技術に共通する特徴であると考えられる。

また、稲・麦・大豆作を前提とした浅耕マルチシーダの導入は、規模拡大が制約された条件下では困難であり、規模拡大を同時に進展させることが重要であると考えられる。本報告で対象とした南空知地域でも先述したように30ha以上など大規模経営の増加傾向が確認できたが、今後そのような大規模経営における導入が期待される。

### (2) 新技術の定着のための地域的システム

道央水田地域の中でも、南空知地域は生産組織化の割合が高く、とくに営農試験地域・北村では組織化割合が高くなっており、水稲及び小麦等の収穫・乾燥調製及び小麦・大豆等の播種作業において多数の利用組織が活動している。今後の営農においても、これらの利用組織は重要な役割を果たすことが期待され、大規模層ほど組織への期待が強まる傾向を見せている。この要因としては、大規模経営では、小麦・大豆等の土地利用型作物の割合が高く、またこれらの作物では播種及び収穫・乾燥調製作業の利用組合が不可欠となっていることがある。このため、大規模経営にとっては、作業機械・施設の共同利用が今後も重要な意味を有しているのである。

しかし、農機具の利用組織の多くも高齢化・離農による構成員の減少が重要な問題となっており、これに対応するため法人化も含めて組織の再編が必要となっている。すでに法人化した組織も含め、組織の4分の3が法人化が必要としている。法人化の具体的な形態は、作業のみの場合や完全共同経営など一律ではないが、法人化の目的として「離農者の農地の受け皿」とする組織が多数を占める点が特徴的である。一般に想定される「税対策」等でなく、「離農者の農地の受け皿」が主な目的となる理由は、米価低迷による水田作経営の収益性低下のため、法人化により利用組織自体が離農者の農地の受け皿となる途を開くことで、農機の稼働率維持と個人での農地引き受けに伴う経営存続上のリスク回避の両面を図るためであると考えられる。

## Ⅶ. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 大下泰生：北海道における乾田播種早期湛水栽培の作業技術、農業機械学会誌 64 (4), 4-8, 2002
- 2) 細山隆夫：北海道大規模水田地帯における転作対応と転作田土地利用の動向、農業の基本問題に関する調査研究報告書 29, 119-143, 2003
- 3) 仁平恒夫、細山隆夫：大規模稲作の二極化傾向と業務用米地域の課題：北海道、日本農業年報（農林統計協会）, 50, 241-250, 2004
- 4) 仁平恒夫：北海道における水稲立地の方向と南空知地域における水田転作の特徴、農業の基本問題に関する調査研究報告書 29, 97-118, 2004
- 5) 大下泰生、坂本英美、渡辺治郎、辻博之、君和田健二：北海道の水田地帯における農業動向と新技術導入の取り組み、農業機械学会誌 67 (2), 4-7, 2005
- 6) 細山隆夫、鶴川洋樹、藤田直聡、安武正史：道央水田地帯における農業構造の変化と将来動向予測－上川支庁、空知支庁を対象として－、北海道農業研究センター研究報告 181, 15-39, 2004
- 7) 仁平恒夫：二極化傾向下における地域水田農業ビジョンと南空知水田地帯の展開方向、農業の基本問題に関する調査研究報告書 30, 76-110, 2004
- 8) 大下泰生、坂本英美、辻博之、君和田健二：稲麦大豆に適用可能な汎用ロータリシーダ、農業機械学会誌 68 (5), 26-27, 2006

### 2. 学会発表

- 1) 大下泰生、栗崎弘利、渡辺治郎、湯川智行：水稲乾田直播における芽出し種子の播種作業性能、農作業研究 37 (別 1), 111-112, 2002
- 2) 湯川智行、大下泰生、栗崎弘利、渡辺治郎：タンパク質含有率が高い水稲種子を用いた寒地の乾田直播の実証栽培、日本作物学会紀事 7 (別 1), 257-258, 2002
- 3) 井上慶一、宮浦寿美、國岡浩由、宮武淳：密閉型部分耕ロータリと高性能播種機によるマルチシーディング技術の開発－密閉型部分耕ロータリと高性能マルチシーダの機構と性能－、農業機械学会北海道支部会講演要旨 52, 2-3, 2001
- 4) 渡辺治郎、大下泰生、湯川智行：大豆新品種「ユキホマレ」の遅まき栽培、日本土壤肥料学会北海道支部大会 7, 2002
- 5) 大下泰生、渡辺治郎、湯川智行：チゼルブラウシーダを用いた小麦の播種技術、農業機械学会北海道支部第 53 回（講演要旨） 53, 34-35, 2002
- 6) 湯川智行、大下泰生、渡辺治郎、安藤郁男：北海道産乾田直播の外観品質と食味評価、日本作物学会紀事 71 (別 1), 220-221, 2002
- 7) 湯川智行、大下泰生、渡辺治郎：ムギ類の耐雪性に関する研究－15. 春播コムギの根雪前播種栽培における薬剤の粉衣種子による越冬性の向上、日本作物学会紀事 71 (別 1), 240-241, 2002
- 8) 湯川智行、大下泰生、栗崎弘利、渡辺治郎：寒地における水稲糯品種を用いた乾田直播栽培、日本作物学会紀事 72 (別 1), 11-18, 2003
- 9) 建部雅子、Belina P, Pajarito, 笠原賢明、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、湯川智行：秋播小麦「北海 257 号」の窒素施肥反応と葉色の推移、日本土壤肥料学会、2002 年度北海道支部秋季大会講演要旨集 7, 2002
- 10) 湯川智行、大下泰生、渡辺治郎：麦類の耐雪性に関する研究、日本作物学会第 216 回講演会 72 別 (2), 230-231, 2003
- 11) 大下泰生、渡辺治郎、辻博之、湯川智行：大豆用浅耕逆転ロータリシーダの開発、農業機械学会北海道支部、第 54 回年次大会 54, 39-40, 2003
- 12) 大下泰生、渡辺治郎、辻博之、湯川智行：浅耕逆転ロータリシーダの開発と水稲乾田直播および小麦播種への適用：農作業学会、平成 16 年度春季大会 39 (別 1), 2004
- 13) 大下泰生、渡辺治郎、辻博之、湯川智行：チゼルブラウシーダを用いた春播小麦の根雪前播種栽培の安定化、農作業学会、平成 16 年度春季大会 39 (別 1), 2004
- 14) 辻博之、大下泰生、渡辺治郎：春まき小麦の根雪前播種栽培における種子根の発達と越冬後の生存、根研究会第 18 回研究集会 根の研究 12 (2), 82, 2003
- 15) 辻博之、大下泰生、渡辺治郎、奥野林太郎：ダイズ密植とコムギのリビングマルチによる雑草の抑制、農作業学会、第 39 回講演会 39 (別 1), 2004



- 16) 辻博之、大下泰生、渡辺治郎：碎土条件、土壤水分、鎮圧が大豆の出芽に及ぼす影響、日本作物学会第 217 回講演会 73 (別 1), 2004
- 17) 仁平恒夫：北海道南空知地域における水田営農再編方向、日本農業経済学会大会 2004 年度, 2004
- 18) 井上慶一、村上則幸、宮浦寿美、平田秀幸、岡岡浩由：密閉型部分耕ロータリと精密播種機によるマルチシーディング技術の開発 (3 報) - 横側排種式播種機の稲、麦、大豆用への改造と性能、及び不耕起栽培圃場での大豆播種試験結果一、農業機械学会北海道支部第 54 回年次大会講演要旨, 41-42, 2003
- 19) 大下泰生、辻博之、渡辺治郎：水田転換畑における耕盤処理および耕起法と大豆の生育収量、農業機械学会北海道支部年次大会、第 55 回 (講演要旨集), 37-38, 2004
- 20) 仁平恒夫：大規模水田地帯・南空知における法人化の特徴、平成 16 年度日本農業経営学会研究大会 (報告要旨集), 153-156, 2004
- 21) 仁平恒夫：北海道水田農業の現状と課題、2004 年度農業問題研究学会秋季大会報告予稿集 49-58, 2004
- 22) 仁平恒夫：北海道南空知地域における水田営農再編方向、2004 年度日本農業経済学会論文集、2004
- 23) 井上慶一、村上則幸、宮浦寿美、平田秀幸、岡岡浩由：密閉型部分耕ロータリと精密播種機によるマルチシーディング技術の開発 (4 報)、農業機械学会北海道支部年次大会第 55 回 (講演要旨集), 3-4, 2004
- 24) 建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生：パン用秋播小麦「キタノカオリ」の窒素施肥法と葉色診断、日本土壤肥料学会講演要旨集 105, 2004
- 25) 建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之：パン用秋播小麦「キタノカオリ」の葉色の特徴と診断基準値の作成、日本土壤肥料学会北海道支部秋季大会 (講演要旨集)、7, 2004
- 26) 大下泰生、辻博之、君和田健二、渡辺治郎：浅耕逆転ロータリシードによる乾田直播水稻・小麦・大豆の播種技術、農作業研究 41 (別 1), 2006
- 27) 大下泰生、辻博之、君和田健二、渡辺治郎：覆土前鎮圧法を用いた大豆用浅耕逆転ロータリシード、農作業研究 41 (別 1), 2006
- 28) 坂本英美：汎用播種機を軸とした大規模水田輪作技術の経営改善効果一南空知大規模水田作地域を対象にして一、北海道農業経済学会第 110 回例会, 2005
- 29) 松田周、佐藤義和、向弘之：排水工法の異なる転換畑における地下水位、土壤水分の比較、農業土木学会北海道支部会平成 17 年度, 22-25, 2005
- 30) 安田道夫、君和田健二、大下泰生：土壤肥沃度に応じた施肥管理による直播水稻の品質・収量制御の試み、日本土壤肥料学会大会 (講演要旨集) 52, 116, 2006
3. 研究成果情報、会議資料 (成績会議等) 等
- 1) 渡辺治郎、大下泰生、湯川智行、栗崎弘利：水田転換畑における大豆新品種「ユキホマレ」の遅まき栽培 (技術・参考)、平成 13 年度北海道農業研究成果情報、2002
- 2) 大下泰生、湯川智行、渡辺治郎：改良型チゼルプラウシードを用いた春播小麦の初冬まき栽培技術、北海道農業試験会議 (成績会議) 資料、2003
- 3) 細山隆夫、鶴川洋樹、藤田直聡、仁平恒夫：道央水田地帯における農業構造の将来動向予測と経営対応、北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 1-34, 2003
- 4) 細山隆夫：道央水田地帯における農業構造と経営対応の特徴、中央農業試験場経営研究資料、2003
- 5) 大下泰生、渡辺治郎、湯川智行、栗崎弘利：乾田直播水稻の芽出播種技術 (技術・参考)、平成 14 年度北海道農業研究成果情報、2003
- 6) 細山隆夫、仁平恒夫、鶴川洋樹、藤田直聡：道央水田地帯における農業構造の将来動向予測 (行政・普及)、平成 14 年度北海道農業研究成果情報、2003
- 7) 中山熙之、後藤眞宏：地表水排除と地下水位調節がともにできる暗渠 (技術・参考)、平成 14 年度北海道農業研究成果情報、2003
- 8) 条間を表層碎土する仕切り方式の部分耕ロータリ (技術・参考)、平成 14 年度北海道農業研究成果情報、2003
- 9) 細山隆夫：道央水田地帯の農業構造と経営対応

- の特徴、農業経営研究資料（北海道立中央農業試験場生産システム部）14、3-17、2003
- 10) 細山隆夫、鷗川洋樹、藤田直聡、安武正史：道央水田地帯における農業構造変化と将来動向予測－上川支庁、空知支庁を対象として－、北海道農業研究センター農業経営研究（84）1-63、2003
  - 11) 細山隆夫：大規模水田地帯における水田利用の動向と地域農業の将来動向予測－南空知・北村A地区第1集落を素材として85、2004
  - 12) 細山隆夫、鷗川洋樹、藤田直聡、仁平恒夫：道央水田地帯における農業構造の将来動向予測、平成14年度新しい研究成果－北海道地域－、19-22、2004
  - 13) 仁平恒夫、坂本英美、相原克磨：水稲立地を踏まえた南空知水田農業の再編手法、北海道農業試験会議（成績会議）資料1-26、2004
  - 14) 坂本英美、仁平恒夫、森島輝也：水田輪作体系における浅耕マルチシード導入の経営改善効果（技術・参考）、平成16年度北海道農業研究成果情報、2005
  - 15) 大下泰生、渡辺治郎、辻博之、君和田健二、濱寄孝弘、鮫島良次：覆土前鎮圧機構を有する浅耕逆転ロータリシードを用いた大豆播種技術（技術・普及）、平成16年度北海道農業研究成果情報、2005
  - 16) 建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之：パン用秋まき小麦「キタノカオリ」に対する葉色診断と施肥対応（技術・普及）平成16年度、北海道農業研究成果情報、2005
  - 17) 大下泰生、渡辺治郎、辻博之、君和田健二、濱寄孝弘、鮫島良次：覆土前鎮圧機構を有する浅耕逆転ロータリシードを用いた大豆播種技術、新しい研究成果－北海道地域－、2005
  - 18) 建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之：パン用秋まき小麦「キタノカオリ」に対する葉色診断と施肥対応、新しい研究成果－北海道地域－、2005
  - 19) 仁平恒夫：水田作経営の二極化傾向と南空知地域の展開方向、北村役場・北大・北農研合同打合せ会議、約30名、2004
  - 20) 仁平恒夫：北海道における水田農業の現状と課題、16年度地域農業確立研究検討会資料1-26、2004
  - 21) 仁平恒夫：南空知の水田農業の現状と今後の展開方向、平成16年度南部ブロック青年部大会（月形町農協他）、約70名、2004
  - 22) 仁平恒夫：水稲立地を踏まえた南空知水田農業の再編方向、平成16年度部門別普及員総合研修会（稲作）、約40名、2004
  - 23) 仁平恒夫：空知地域の水田農業の現状と今後の展開方向、平成16年度空知管内北海道指導農業士研修会、約70名、2005
  - 24) 建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之：パン用秋まき小麦「キタノカオリ」に対する葉色診断と施肥対応、北海道農業試験会議（成績会議）資料1-21、2005
  - 24) 大下泰生、坂本英美、辻博之、君和田健二、渡辺治郎、仁平恒夫、湯川智行：稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシードの播種性能と導入効果（技術・普及）、平成17年度北海道農業研究成果情報、2006
  - 25) 大下泰生、坂本英美、辻博之、君和田健二、渡辺治郎、仁平恒夫、湯川智行：稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシードの播種性能と導入効果、平成17年度新しい研究成果－北海道地域－、2006
4. 普及誌、商業誌発表等
    - 1) 大下泰生：乾田直播の技術概要、ニューカントリー576、36-38、2002
    - 2) 細山隆夫：道央水田地帯における農業構造の変化と大規模経営の展開動向、北海道農業研究センター農業経営研究82、002
    - 3) 渡辺治郎：乾田直播早期湛水方式、農業技術体系作物編2「イネ＝基本技術①直播栽培の体系」技402の51の4、2002
    - 4) 大下泰生：小麦初冬まき栽培、ニューカントリー（北海道協同組合通信社）、2002秋季臨時増刊号、225-228、2002
    - 5) 大下泰生：水稲直播栽培、ニューカントリー（北海道協同組合通信社）、2002秋季臨時増刊号、74-77、2002
    - 6) 湯川智行：雪の下で芽をさます春播小麦の根雪前播種栽培法、農業日誌51、1060107、2002
    - 7) 湯川智行：寒地水稲直播における子葉鞘の伸長性に着目した苗立ちの改善、農業低温科学研究情報9（3）、32、2002

- 8) 細山隆夫：北海道道央水田地帯における農業構造変化の地域性、中央農業総合研究センター経営研究 53 号、87-100、2002
  - 9) 細山隆夫、鶴川洋樹、藤田直聡：北海道中核水田地帯における農業構造の将来動向予測－上川支庁、空知支庁を対象として、農業低温科学研究情報 10 (2)、27-30、2003
  - 10) 仁平恒夫：水田経営からみた北海道のこれからの水田農業－新たな米政策下の今後の方向－、北海道土壌肥料研究通信 49、1-11、2003
  - 11) 渡辺治郎：「ユキホマレ」の品質評価を生かした田植え後大豆播種技術の普及、北から南から 323、5-9、2004
  - 12) 渡辺治郎：北海道の水田作における土つくりの課題と小麦・大豆の新技术、圃場と土壌 36 (10・11)、6-10、2004
  - 13) 大下泰生：覆土前鎮圧法を用いた大豆用浅耕逆転ロータリシダ、機械化農業 2006 (2)、4-7、2006
  - 14) 大下泰生：稲麦大豆用の汎用ロータリシダを活用した高能率播種技術、農家の友、((社)北海道農業改良普及協会)、22-23、2006
5. 講演、HP、その他
- 1) 細山隆夫：道央水田地帯における農業構造と経営対応の特徴、経営研究会 (中央農業試験場)、2002
  - 2) 仁平恒夫：水田経営からみた北海道のこれからの水田農業－新たな米政策下の今後の方向－第 49 回北海道土壌肥料懇話会シンポジウム (北海道土壌肥料懇話会)、2002
  - 3) 仁平恒夫：農業経営からみた北海道のこれからの水田農業－市町村別米生産費の推計を踏まえて－、第 1 回水田農業セミナー (北海道農研・研究交流科)、2002
  - 4) 細山隆夫：道央水田地帯における 2020 年の大規模化の姿、北海道農研 NEWS2、3-3、2003
  - 5) 仁平恒夫：北村における水田利用の方向と地域的な営農システム化、北村水田ビジョン検討委員会 (北村) 約 25 名、2003
  - 6) 仁平恒夫：水田農業の現状と大豆生産の課題および展望、北海道大豆立毛検討会 (平成 15 年度)、7-10、2003
  - 7) 仁平恒夫：北村水田農業の課題と構造改革の方

- 向－販売を意識した生産対応の強化と地域的な営農システム化－、平成 15 年度北村認定農業者等研修会 (北村産業課ほか)、約 70 名、2004
- 8) 大下泰生：水田作における小麦・大豆安定生産のための新播種技術、平成 16 年度北海道地域研究成果発表会講演要旨 (農林水産技術会議事務局) 33-43、約 300 名、2004
  - 9) 仁平恒夫：北村地域の水田農業の現状と今後の展開方向、北村中小屋地域活性化協議会総会 (北村役場)、70 名、2005
  - 10) 坂本英美、大下泰生：稲麦大豆水田輪作経営における汎用ロータリシダの導入効果－北海道南空知地域を対象として－、農業経営通信 229、14-17、2006

## VIII. 研究担当者

### 第 1 章 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

- 1 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明
  - 細山 隆夫\*
  - 仁平 恒夫\*
  - 鶴川 洋樹

### 第 2 章 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発

- 1 マルチシーディング技術とその高度化のための圃場整備・管理技術の開発
  - (1) マルチシーディング技術の開発
    - 井上 慶一
    - 大下 泰生\*
    - 渡辺 治郎
  - (2) マルチシーディング技術高度化のための圃場整備技術の開発
    - 中山 熙之
    - 佐藤 義和\*
    - 松田 周\*
    - 後藤 真宏
    - 大下 泰生
- 2 大規模輪作における精密栽培管理技術の開発
  - (1) 復元田における直播水稻の低タンパク米生産技術の開発
    - 安田 道夫\*

栗崎 弘利

君和田健二

(2) 小麦のタンパク含量制御技術の開発

建部 雅子\*

(3) マルチシーディング技術における根圏微気

象条件の解明と大豆の初期生育促進技術の

開発

鮫島 良次\*

濱寄 孝弘\*

大下 泰生

**第3章 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立**

1 マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の実証と大規模水田輪作営農体系の確立

渡辺 治郎

大下 泰生\*

辻 博之\*

湯川 智行

栗崎 弘利

君和田健二

濱寄 孝弘

仁平 恒夫

若林 勝史

坂本 英美\*

2 マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立

仁平 恒夫\*

坂本 英美

森嶋 輝也

渡辺 治郎

大下 泰生

辻 博之

\*は取りまとめ執筆

# 第1章 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

## 1 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

### (1) 大規模水田地帯における水田作の動向

#### ア 研究目的

大規模水田地帯である南空知・北村を対象に水田作経営の動向解析、将来動向予測を行うとともに、水田輪作（田畑輪換）の成立条件を明らかにする。

#### イ 研究方法

①水田作経営の動向解析、将来動向予測：農業センサス構造動態調査「動態表」に基づいたマルコフ「推移確率行列」（農業構造変化が進む1995～2000年間の推移確率）により、南空知・北村における経営耕地面積規模階層別の農家数の将来動向予測を行う。

②水田輪作（田畑輪換）の成立条件：現地実証地域である北村S地区・第1集落を対象とした実態調査を行う。

③なお、将来動向予測の分析は公文「13北セA第538号」に基づく「農林業センサス調査票の使用について」に依拠して行ったものである。同時に、推移確率行列の作成に関しては独立行政法人農業技術研究機構、近畿・中国・四国農業研究センター、安武正史氏（現、中央農業総合研究センター）のプログラムを使用し、直接ご本人からレクチャーを頂いた上で適用したものであることを断っておきたい。

#### ウ 結果及び考察

##### ①大規模水田作経営の将来動向予測（表1-1）

南空知・北村における農業構造の将来動向として、いっそうの規模拡大が進むことが予測される。具体

的に、モード階層を中心に農家数が大幅減少する中、地域で供給される農地の担い手はより大規模な階層に移行していく結果が得られた。同時に、大規模水田作経営＝30haクラス経営に関しては2000年の11戸から2020年には33戸と3倍増となる結果が得られた。この大規模層が将来における土地利用型水田作複合経営の中心的担い手として位置づけられる。

##### ②北村S地区第1集落における転作田土地利用の動向と水田輪作の展開条件（表1-2、表1-3）

S地区第1集落（集落構成員20戸）では稲、麦、豆類が主力の中、転作田土地利用として、田畑輪換方式が優位な状況にある。ここで田畑輪換方式が選択されているのは転作作物生産と、それに伴う転作助成金の獲得が重視されたためと言える。こうした中、転作助成金獲得が重視される背後には負債処理対策（特に、経営規模の上位階層）の側面が存在することも指摘できる。また、下位階層では作付け構成が単純化した中、転作作物の連作障害回避が求められたことも要因である。

ただし、田畑輪換方式は復元田での米タンパク値上昇＝米食味劣化につながる恐れもある。現実の農家側としても、最近の米政策変化を踏まえ、「売れる米づくり」のために田畑輪換回避の動きが強まっている。今後、田畑輪換成立の条件としては復元田の米タンパク値上昇を抑制する技術確立（また、復元田面積を抑制する畑輪作長期化も想定されてよい）、あるいは高タンパク米（加工用米）としての販売対応の確立が求められると言える。

表1-1 マルコフ推移確率行列モデルによる将来動向予測（南空知・北村）

その1 農家数推移の将来動向予測					その2 経営耕地面積階層別の農家数の将来動向予測											
	年次	農家数		推移 減少率(%)	年次	例外	1ha	1～	3～	5～	7.5～	10～	15～	20～	25～	30ha
		(戸)	実数(戸)			規定	未満	3ha	5ha	7.5ha	10ha	15ha	20ha	25ha	30ha	以上
実績	1995年	651			1995年	0	13	14	38	108	196	218	39	10	5	10
	2000年	570	-81	-12.4	2000年	2	15	11	24	74	136	202	64	23	8	11
予測値	2005年	509	-61	-10.7	2005年	2	15	9	15	51	95	183	76	36	12	15
	2010年	460	-49	-9.6	2010年	1	13	8	10	36	67	165	79	46	15	20
	2015年	422	-38	-8.3	2015年	1	11	7	6	25	48	147	78	54	18	27
	2020年	393	-29	-6.9	2020年	1	9	8	4	18	35	131	74	60	20	33

注1) 自給的農家は1ha未満に含めている。

表 1-2 水田地帯における転作田土地利用の地域差

(生産調整率：%)	上川中央・当麻町 (37%)	南空知・北村 (48%)
	A経営	B経営
経営面積 (ha)	36.3	27.5
自作地	15.1	27.5
借地	21.2	0
(借地率：%)	(58.4)	(0.0)
作付け (ha)	水稲 26.1 小豆 0.1 そば 4.8 牧草 0.2 エン麦 2.1	水稲 13.5 秋小麦 11.5 小豆 2.4
生産調整率：%	(28.4)	(50.9)
圃場区画	零細区画多し	40~50a区画基本
圃場枚数	118	62
団地数	11	6
最遠距離 (km)	20km超	1.4km
転作田土地利用	転作田固定	田畑輪換
作付け順序	地力 ↓ そば ↓ エン麦・牧草 ↓ そば ↓ 牧草	水稲 ↓ 間作麦 ↓ 小豆 ↓ 秋小麦 ↓ 水稲
負債問題	…	大 (7千万円)

資料：A経営は2001年12月、B経営は2002年12月の実態調査  
注) 当麻町及びA経営の水稲作付けには加工米を含む。

エ 今後の課題

なお、ここでの将来動向予測は1995~2000年期間のトレンドを前提にした計算結果であることから、その後の政策変化等により将来動向は変わりうることに留意を要する。

従って、将来動向予測に関しては今後とも各年次農業センサスを利用した継続的の追求が必要である。

オ 要約

南空知・北村の将来動向予測として、より大規模な水田作経営の形成が十分に見込まれる。同時に、田畑輪換成立の条件としては復元田の米タンパク値上昇を抑制する技術確立、または高タンパク米としての販売対応の確立が要請される。

カ 参考文献

安武正史、渡部博明：1995年農業センサス分析による農家の構造動態分析、中国農業試験場研究報告第22号、1-23、2001

(細山隆夫)

表 1-3 北村S地区・第1集落における田畑輪換の作付け順序

経営面積ha	土地利用のタイプ	作付け順序												
① 27.48	田畑輪換	水稲	→	秋小麦	→	小豆	→	秋小麦	→	水稲	→	秋小麦	→	水稲
② 24.29	田畑輪換	水稲	→	秋小麦	→	秋小麦	→	大豆	→	間作小麦	→	秋小麦	→	水稲
③ 13.41	併用タイプ	水稲	→	小豆	→	小豆	→	秋小麦	→	大豆	→	大豆	→	秋小麦
④ 13.09	転作田固定	大豆	→	大豆	→	間作小麦	→	秋小麦	→	大豆	→	大豆	→	水稲
⑤ 12.71	併用タイプ	水稲	→	大豆	→	大豆	→	間作小麦	→	秋小麦	→	水稲	→	水稲
⑥ 12.57	田畑輪換	水稲	→	水稲	→	麦・大小豆	→	麦・大小豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑦ 12.01	転作田固定	大豆	→	大豆	→	間作小麦	→	秋小麦	→	大豆	→	大豆	→	水稲
⑧ 11.62	田畑輪換	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	野菜・小豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑨ 10.03	田畑輪換	水稲	→	大豆	→	大豆	→	エンパク	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑩ 9.40	田畑輪換	水稲	→	小豆	→	秋小麦	→	秋小麦	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑪ 8.07	併用タイプ	メロン	→	小豆	→	大豆	→	間作小麦	→	メロン	→	メロン	→	秋小麦
		水稲	→	エンパク	→	メロン	→	メロン	→	水稲	→	水稲	→	水稲
		水稲	→	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑫ 6.69	田畑輪換	小豆	→	小豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑬ 6.57	併用タイプ	イチゴ	→	メロン	→	エンパク	→	メロン	→	イチゴ・トマト	→	イチゴ・トマト	→	イチゴ・トマト
		水稲	→	カボチャ	→	カボチャ	→	水稲	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑭ 6.47	田畑輪換	水稲	→	大豆	→	大豆	→	間作小麦	→	秋小麦	→	水稲	→	水稲
⑮ 6.18	田畑輪換	水稲	→	水稲	→	小麦・小豆	→	小麦・小豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑯ 5.70	併用タイプ	水稲	→	小豆	→	水稲	→	小豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲
		牧草	→	牧草	→	牧草	→	牧草	→	牧草	→	牧草	→	牧草
⑰ 4.71	田畑輪換	水稲	→	大豆	→	大豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑱ 3.95	転作田固定	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦	→	秋小麦
⑲ 3.24	田畑輪換	水稲	→	大豆	→	大豆	→	水稲	→	水稲	→	水稲	→	水稲
⑳ 1.81	転作田固定	イチゴ	→	地力	→	イチゴ	→	地力	→	地力	→	地力	→	地力
		小豆	→	エンパク	→	小豆	→	エンパク	→	エンパク	→	エンパク	→	エンパク

資料：2002年12~1月の農家実態調査

(2) 大規模水田地帯における水田輪作営農展開条件の解明

ア 研究目的

この地域総合研究で目標とするマルチシーディング技術（表層砕土耕・施肥・播種同時作業技術）の導入により、水田作経営において水稲と小麦、大豆を組み合わせた水田輪作営農の確立を図るには、それぞれの作物における収益向上が不可欠である。

このため麦や大豆を導入した水田輪作営農の栽培体系における30ha規模経営の収益を試算することにより、必要とされる小麦、大豆等の単収条件を検討するとともに、今後、米価や転作助成金に変化することが想定されるため、それらの条件を変化させ、経営再生産が可能となるための地代等の条件を経済性の視点から明らかにする。

イ 研究方法

(1) 地域総合で想定する春まき小麦根雪前播種、秋まき小麦、大豆田植後播種栽培の30ha規模経営での輪作を想定し、小麦単収水準を変化させた場合

(注1)の所得（ここでは所得指標として「家族労働報酬」を用いる（注2））を試算計画法で明らかにする。

(2)米価や転作助成金等の水準が変化した場合に、平均家計費を基準とした所得目標を確保するのに必要とされる単収水準及び地代等の条件を明らかにする。

ウ 結果及び考察

(1)30ha 規模経営の所得試算

地域総合研究で想定する水稲以外の輪作作物、すなわち春まき小麦初冬播き（以下春小麦初冬播き）、秋まき小麦（以下秋小麦）・大豆田植後播種の3作物について、播種機、収穫機に関する共同利用体系（それぞれ6戸/台、3戸/台、表1-5、注1）を前提として、平成13~14年時点での10a当たりの費用合計及び10a当たり全算入生産費を試算すると（表1-4）、春小麦初冬播きが45,812円、64,455円、秋小麦が50,234円、68,877円、大豆田植後播種が54,859円、72,703円となる。

この生産費に基づき、3作物の10a当たり所得を

表1-4 輪作で想定される作物と生産費

	水稲乾田 直播 (あきほ)	水稲移植 (きらら397)	春小麦 初冬播き (春よ恋)	秋小麦 (ホクシン)	大豆 田植後 播種 (ユキホマレ)
種 苗 費	4,235	1,694	5,253	2,450	5,257
肥 料 費	7,343	6,112	5,546	7,896	8,551
農 業 薬 剤 費	7,034	4,456	3,543	5,370	5,762
光 熱 動 力 費	3,082	3,345	1,657	1,657	1,718
その他諸材料費	1,450	1,450	830	830	407
土地改良及び水利費	7,300	7,300	7,300	7,300	7,300
賃 借 料 料 金	2,000	2,000	7,467	9,333	0
租税公課諸負担	4,906	4,908	1,646	1,646	1,632
建物・農機償却費	18,646	20,236	6,720	7,426	7,816
建物・農機修理費	9,295	10,088	1,500	1,000	3,967
家 族 労 働 費	12,450	20,550	4,350	5,325	12,450
費 用 合 計	77,741	82,139	45,812	50,234	54,859
支 払 利 子	4,811	5,221	1,643	1,643	844
地 代	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000
全算入生産費	99,552	104,360	64,445	68,877	72,703
労 働 時 間	8.3	13.7	2.9	3.6	8.3

資料：想定される作業体系での各費用の積み上げによる。

注：1)労働力は夫婦2人で、水稲播種・田植時には補助労働力（母）を想定したが、他はすべて家族労働力のみと想定した。

2)水稲移植、春小麦初冬播き及び秋小麦、大豆の支払利子は平成14年北海道農林水産統計年報の各作物の数値を用い、水稲乾田直播は同年報の数値を元に建物・農機償却費の移植との比率で修正した。

試算すると(表1-5)、3作物の単収が<目標1>の場合、それぞれ2,735円、11,523円、4,747円の所得となる。さらに大豆田植え後播種-春小麦初冬播

き-秋小麦の作付体系の10a当たり平均所得は6,335円となる。

表1-5 小麦・大豆等の単収及び10a当たり所得(労働報酬)

	春小麦 根雪前 播種	秋小麦	大豆 田植後 播種	大豆-春小麦根雪 前播種-秋小麦 輪作の場合
品 種	春よ恋	ホクシン	ユキホマレ	
費用合計	45,812	50,234	54,859	
全算入生産費	64,455	68,877	72,703	
うち物材費+地代+資本利子	60,105	63,552	60,253	
粗 収 入	62,840	75,075	65,000	
<目標1> 単 収 家族労働報酬	400kg 2,735	500kg 11,523	300kg 4,747	6,335
<目標2> 単 収 家族労働報酬	450kg 10,590	540kg 17,529	300kg 4,747	10,956
<目標1(2) +野菜作>	作物の単収は<目標1(2)>に同じ。 さらに、小麦後作として野菜作を1ha (所得総額100万円)導入する。			

注：1) 費用合計は地域総合の栽培体系に基づく試算値。小麦、大豆の播種機、防除機、収穫機等については、3戸ないし6戸の共有を想定した。全算入生産費算出に際しては北村の実績を参考に地代を17,000円とした。

2) 家族労働報酬=粗収入-(物材費+地代+資本利子)であり、粗収入の元となる販売単価は平成13年産の仮渡金水準で算出した。

3) 大豆-春小麦根雪前播種-秋小麦 輪作の家族労働報酬  
=1/3×Σ(大豆、春小麦根雪前播種、秋小麦)

同様に、単収が<目標2>の場合には、3作物がそれぞれ10,590円、17,529円、4,747円となり、3作物の平均所得で10,956円となる。

次に、30ha規模の経営を想定し、上記単収・所得の場合の経営全体の所得を試算する。ここでは、表1-6に示すケース1~ケース4の場合を想定し、米価及び転作助成金、転作率等を変化させて水稻を含む経営全体の所得を試算する。

その結果は図1-1の通りである。平成14年産水準の農家手取米価12,000円/60kgの場合、転作助成金(3万円/10a)があれば800万円を超える所得となる(図1-1のケース1、ここでのケース1~9は表1-6に同じ)。しかし、転作助成金がない場合(同図ケース2)には平均的家計費500万円を満たすことはできない。

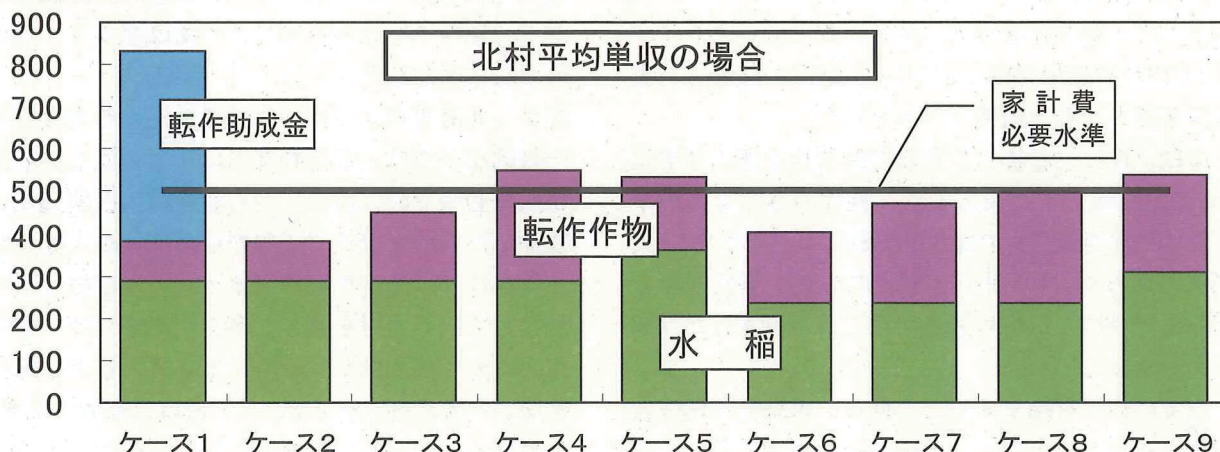
さらに、小麦の単収向上(目標2への引上げ)が実現された場合でも、引き続き500万円を下回る結

果となる(同図ケース3)。そこで、野菜作の導入(ここでは北村に即して小麦後ハクサイを想定し、これにより所得100万円増加するとした)を想定すると、ようやく500万円の家計費を上回ることが可能となる(同図ケース4)。

以上の結果からは、平均家計費500万円を満たすには、単収水準の目標1から目標2への向上に加え、100万円単位での所得確保可能な野菜作導入が不可欠であることが示唆される。



労働報酬(万円)



転作助成有無	助成あり 10a3万円	転作助成金なし						
米価	12,000円/60kg				11,000円/60kg			
経営面積	30ha							35ha
地代	17,000円/10a			12,000円/10a			10,000円	
小麦等の単収	目標1	目標2	目標2 + 野菜作	目標1	目標2	目標1 + 野菜作	目標1	

図1-1 条件が変化した場合の所得(労働報酬)

注: 1) ここでのケース1~ケース9は、いずれも表1-6の各ケースに対応している。

表1-6 経営面積、転作対応(転作率、単収)等、シミュレーションの条件

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8	ケース9
経営面積	30ha	----->							35ha
転作率	50%	----->							
水稲	15ha	----->							17.5ha
転作	15ha	----->							17.5ha
60kg当たり米価	12,000円	----->				11,000円	----->		
想定する輪作の単収水準	<目標1>	同左	<目標2>	<目標2> + ハクサイ等	<目標1>	同左	<目標2>	<目標1> + ハクサイ等	<目標1>
10a当たり転作助成金	3万円	-	-	-	-	-	-	-	-
10a当たり地代	1.7万円	----->			1.2万円	----->			1万円

(2) 米価等変化時に必要とされる単収、地代等条件  
上記の30ha経営と輪作体系を前提とした場合に、米価、転作助成金の水準を変化させたものが前掲表1-6におけるケース5~9である。

小麦が目標1の単収で所得500万円を満たす条件として、まず地代引下げを検討する。ここでは、5,000円の引き下げ(12,000円/10aへ)を想定する

と500万円を満たすことが可能となる(図1-1のケース5)。

さらに、同じ目標1の単収水準として米価が11,000円/60kgへと低下した場合には、収益性が大きく低下してしまう(同図ケース6)。次に、小麦、大豆の単収が目標2の水準まで向上した場合を試算したが(同図ケース7)、その場合でも500万円を満た

すには至らない。

そこで、野菜作を導入（前述と同じくハクサイで100万円所得確保可能とする）とようやく500万円を確保可能となる（同図ケース8）。

では、仮に、目標1の単収で野菜作を導入せずに500万円を満たす方策として、地代のさらなる引下げ及び経営面積拡大の場合を想定した。そうすると、地代のさらに2,000円引き下げに加え、経営規模の35haまでの拡大が不可欠となることが示された（同図ケース9）。

以上の結果を踏まえると、仮に、将来転作助成金が廃止される場合でも、当地域総合研究に於いて想定する30ha規模での輪作営農が成立するには、前節（第1章第1節）で指摘した田畑輪換に関する①復元水稻の低タンパク化技術の開発、もしくは②高タンパク米としての販売対応の確立、という条件に加えて、小麦単収の増加とさらに100万円の所得確保可能な野菜作導入、さらに地代引下げが不可欠な条件となるといえる。

#### エ 今後の課題

ここでの試算は、平成13～14年時点の資材、農産物価格を前提としているが、その後、水田・畑作経営所得安定対策、さらに米戸別所得補償モデル事業等により、価格を巡る条件が大きく変化していることに留意する必要がある。

注1：大豆については、300kgを超える大幅な単収向上は期待できないため、ここでは春小麦、秋小麦の単収に限定した。

注2：北海道のように、農地購入による規模拡大が一般的な下では、家計費支出に充当可能な実収益は厳密な意味での「所得」から農地購入の償還元金を控除したものとなる。近年の規模拡大が大幅な農家や地域ほど、その乖離が大きく、当地域総合研究で想定している北村を含めた南空知地域では、家計費支出に充当可能額が「所得」と乖離する点を無視できないと考える。そこで、ここでは「家族労働報酬」を用いることとした。なお、なじみのない用語なので図表では「所得（家族労働報酬）」と表記した。

#### オ 要約

小麦、大豆を導入した水田輪作営農体系における30ha規模経営の収益を試算し、必要とされる小麦単収条件を検討するとともに、今後、米価や転作助成金の変化を想定して、家計費の確保により経営再生産可能となるための地代等の条件を明らかにした。

#### カ 参考文献

なし。

(仁平恒夫)

## 第2章 寒地の大規模水田輪作における低コスト安定生産技術の開発

### 1 マルチシーディング技術とその高度化のための圃場整備・管理技術の開発

#### (1) マルチシーディング技術の開発

##### ア 研究目的

米価の大幅な低落と農業の生産構造がぜい弱化するなかで、北海道の水田地帯は大規模化と水稲や転作作物の合理的な組み合わせにより、省力的で収益性の高い水田作経営が求められている。このような背景から水稲と主要な転作作物である小麦および大豆による水田輪作体系の構築が重要な課題となっている。しかし、稲麦大豆による水田輪作を行う場合、融雪の遅い北海道では春先に耕起や砕土、播種など複数の作業工程が重なり、規模拡大の制約要因となっている。また、小麦や大豆など転作作物の導入にあわせて専用の播種機を導入すれば機械コストも増加する。

そこで、本研究では、1工程で砕土・施肥・播種を行い、水稲（乾田直播）、小麦および大豆に汎用的に使用できるロータリシーダ（以下、「開発機」）を開発する。

##### イ 研究方法

#### ①マルチシーダの開発

耕うん部、施肥部、播種部、鎮圧部で構成され、砕土から播種までの一連の作業を1工程で行う作業機を、水稲乾田直播用のロータリシーダをベースに開発した。

#### ②所要動力と砕土性の調査

トラクタのPTO軸にトルクメータを取り付け、開発機と慣行ロータリシーダの所要動力を測定した。また、耕起後に地表面から深さ5cmまでの土塊の粒径分布を調査して平均土塊直径を求めて、砕土性を比較した。供試圃場は北農研（札幌）の淡色黒ボク土水田転換圃場で、前作の小麦収穫後に試験を行った。供試トラクタは4輪駆動で機関出力90PS（66kW）の機種を用いた。

#### ③開発機の作業能率の調査

現地圃場において1号機および2号機の作業能率を調査した。

水稲乾田直播については七飯町峠下現地圃場（灰色低地土30×100m）を供試圃場とし、2004年4月30日に、供試トラクタにF社7610-4WD（機関出力

79PS）を用いて調査した。

秋まき小麦播種については北村砂浜現地圃場（泥炭土、30×125m）を供試圃場とし、2004年9月16日に、供試トラクタにK社GM64-4WD（機関出力64PS）を用いて調査した。

大豆播種については北農研札幌（淡色黒ボク土、50×60m）を供試圃場とし、2004年5月24日に、供試トラクタにNH社TS90-4WD（機関出力95PS）を用いて調査した。

これらと、慣行ロータリシーダやドリルシーダ、大豆用播種機を用いた慣行の作業体系により播種作業を行い、作業能率を比較した。

表2-1 開発機の主要諸元

項 目	諸 元
全 長	2220mm
全 幅	3200mm
全 高	1460mm
機体重量	930kg
耕うん部	浅耕逆転ロータリ
耕うん幅	2800mm
設定耕深	5cm
水稲・小麦仕様	
施肥播種部	電動横溝ロール繰出式
条間×条数	20cm×14条
作溝方式	ディスク作溝式
鎮圧ローラ	平滑ローラ
大豆仕様	
施肥播種部	電動横溝ロール繰出式
条間×条数	66cm×4条
施肥ホッパ	1条2個（2種の施肥可）
施肥方式	播種溝施肥
作溝方式	ディスク作溝式
鎮圧方法	覆土前鎮圧
施肥・播種・施肥装置はモータ駆動	

ウ 結果及び考察

①開発機の構造

開発機は耕うん部、施肥部、播種部、鎮圧部で構成され、碎土から播種までの一連の作業を1工程で行う。同種の作業機として水稻乾田直播用のロータリシダ（以下、「慣行ロータリシダ」）が開発されている。慣行ロータリシダは逆転ロータリ方式で碎土性が高いものの作業幅が2mの機種が主であり、小麦や大豆用播種機の作業幅が一般に2.5~3mであることに比べると狭く、作業能率が低い。また、乾田直播専用機で稼働率が低いなどの問題がある。そこで、開発機の設計にあたっては慣行ロータリシダに比べて作業能率が高く、小麦や大豆の播種にも適用できるよう諸元を設定した（表2-1）。開発機の耕うん部は碎土性を高めるために浅く設定して所要動力を軽減し、慣行ロータリシダと同様の70PS（51kW）クラスのトラクタに装着できるよう考慮した。

開発機は水稻・小麦仕様では条間20cmで14条を播種し、作業幅は2.8mとした。種子は電動の横溝繰出ロールにより一定量繰り出され、種子導管を通してディスクで作溝された播種溝に排出される。

肥料の繰り出しも種子と同様とし、施肥溝は播種溝の側方に約3cmの間隔を設けた。また、施用後の鎮圧用に円筒形のローラを後方に設置し、鎮圧ローラの上げ下げにより、播種深度の微調整を可能とする構造とした（図2-1）。

大豆仕様では条間66cmで4条を播種し、作業幅は2.64mである。大豆種子は水稻および小麦に比べて

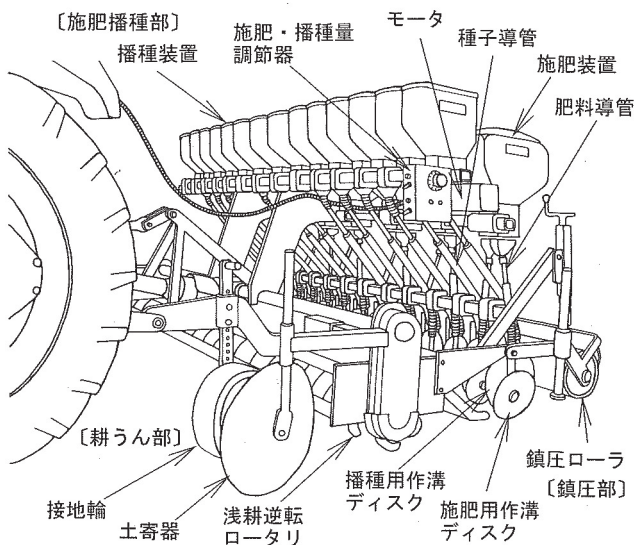


図2-1 開発機の外観（水稻・小麦仕様）

粒径が大きく、栽植様式も大きく異なることから、施肥播種部、鎮圧部を交換する構造とした（図2-2）。また、施薬装置を装備して、ダイズわい化病を媒介するジャガイモヒゲナガアブラムシを防除するための殺虫剤を施用できるようにした。さらに、鎮圧部は地表面に点播した種子を幅10cmの鎮圧輪で播種条部のみ部分的に踏圧し、形成された播種溝に膨軟に覆土する覆土前鎮圧方式を用いた（図2-3）。仕様の変更には播種装置や施肥装置、鎮圧ローラ、鎮圧輪などの交換に、2人で半日程度の作業を要した。種子や肥料の繰り出しにはトラクタのバッテリーを電源としたモータを用いた。

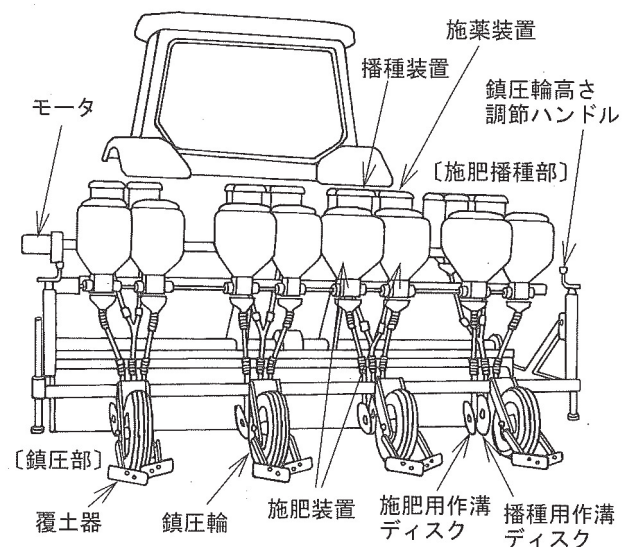


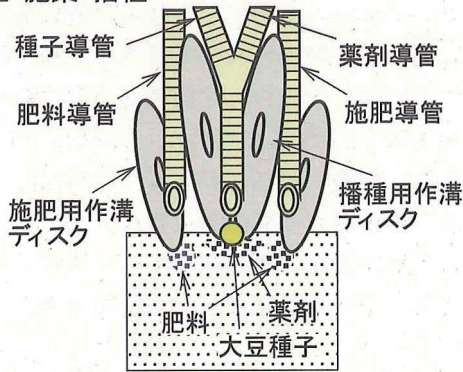
図2-2 開発機の外観（大豆仕様）

② 所要動力と碎土性および作業性能

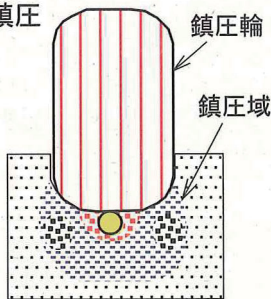
開発機と慣行ロータリシダについて、作業効率の高い最大所要動力となる条件を比較すると、開発機は走行速度0.8m/sで57PS(42kW)であり、慣行ロータリシダは走行速度0.75m/sで56PS(41kW)であった。開発機は慣行ロータリシダに対して作業幅を1.4倍に拡大したにもかかわらず、浅耕により耕うん断面積が小さいことから所要動力は同等であった（図2-4）。また、平均土塊直径で碎土性をみると、開発機の平均土塊直径は慣行ロータリシダに比べて低速域では大きく、砂土性は若干劣った。しかし、慣行ロータリシダは最大所要動力点を超えると急激に平均土塊直径が大きくなり、碎土性が低下した（図2-4）。これは走行速度が速まり耕うん抵抗が大きくなると、回転トルクが増大して過負荷により耕うん軸回転数が減少し、碎土性が低下することによ

る。開発機は浅耕で耕うん爪の回転半径が小さいことから、作業速度を速めても回転トルクの増加が小さく、耕うん軸回転数の減少が少なく、碎土性の低下も小さかった。したがって、開発機は作業速度を高めても碎土性の低下が小さく、作業の適応範囲が広いと判断される。

(1) 施肥・施薬・播種



(2) 鎮圧



(3) 土寄せ・覆土

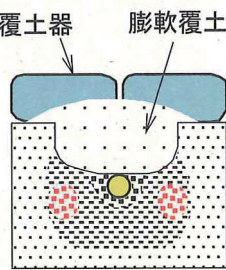


図 2-3 大豆の覆土前鎮圧法の概略

③ 開発機の作業能率

水稻、小麦および大豆について開発機を用いて碎土から播種までを1工程で行う作業体系と、慣行ロータリシーダやドリルシーダ、大豆用播種機を用いた慣行の作業体系により播種作業を行い、作業能率や供試作物の出芽性を比較した。

水稻の乾田直播において開発機は作業速度 0.61m/s で10a 当たり作業時間は約 15 分であり、慣行ロータリシーダに比べて作業時間を 28% 短縮できた。また、小麦や大豆の播種においては開発機を用いた体系は碎土と施肥・播種作業を同時に行うことから、慣行体系に比べて作業工程が少なく、作業時間を 17~32% 短縮できた (図 2-5)。

【水稻(乾田直播)】	合計作業時間	対慣行比
〔新体系〕 開発機(作業幅2.8m) (14.9)	14.9分	72
〔慣行〕 慣行ロータリシーダ(作業幅2m) (20.8分)	20.8分	100
【小麦】		
〔新体系〕 開発機(作業幅2.8m) (13.8分)	13.8分	68
〔慣行〕 逆転ロータリ → ドリルシーダ (12.0分) (8.4分)	20.4分	100
【大豆】		
〔新体系〕 開発機(作業幅2.64m) (17.6分)	17.6分	83
〔慣行〕 逆転ロータリ → 大豆播種機 (11.9分) (9.3分)	21.2分	100

(注：作業時間は10a当たり)

図 2-5 碎土から播種までの作業時間

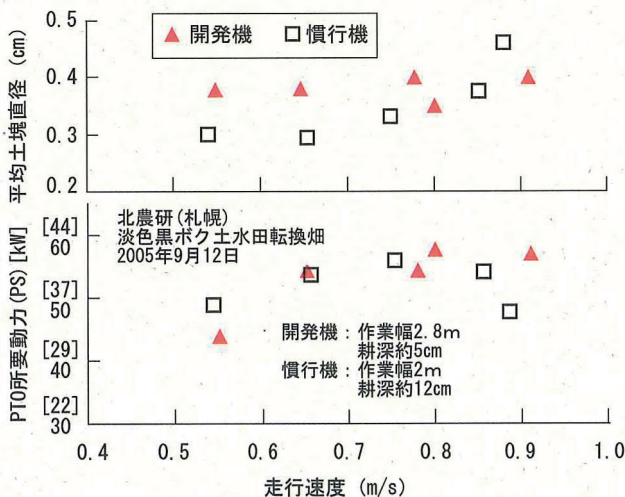


図 2-4 開発機と慣行機の碎土性と所要動力の比較

このほかに、開発機を用いて実規模で播種作業を行い、1日当たりの圃場作業量を求めた。水稻の乾田直播では1区画98a、小麦では160aのそれぞれ隣接した圃場で、大豆では50aから90aの分散した圃場で作業を行った。1日当たりの圃場作業量は、乾田直播では4.0ha(作業時間8hで換算)であった。乾田直播では消雪日からの経過が短く土壌水分が高いことや、高い碎土性を得るために作業速度が制約された。小麦の播種作業では圃場が乾燥し、1.13m/sの高速で作業が可能であり、圃場作業量は5.3ha/日と高能率であった。大豆の播種では頻りに資材補給を要することや、覆土を安定させるために作業速度を0.7m/sに抑えたことから作業能率が低く、圃場作業量は2.6ha/日であった。

以上、開発したマルチシーダは施肥部、播種部、鎮圧部を交換して水稻・小麦用と大豆用に使い分けする方式とした。大豆用では地表面に排出された大豆

種子を鎮圧輪で転圧し、これにより形成された播種溝上部に膨軟に覆土する覆土前鎮圧方式を用いた。水稻・小麦用と大豆用の装置の交換および調整には二人で半日程度要する。また、開発したマルチシーダによる播種作業は、所要動力および現地圃場の作業実績から、装着トラクタは60PSクラスで作業可能であった。しかし、60PSクラスのトラクタに装着した場合、作業機の重量が大きいためトラクタ前輪の分担荷重が小さくなり、段差を越えるときなどには前輪の浮き上がりが懸念された。トラクタの走行安定性を考慮すると、より機体重量の大きいトラクタが望まれることから、本機は70PS以上のトラクタに装着する必要があると判断される。

播種適期における降雨確率を反映した作業可能日数より算出した開発機1台当たりの負担面積は、水稻乾田直播、小麦、大豆それぞれについて42ha、35ha、31haであり、30ha以上の大規模水田作経営に対応できる作業能率を有することが確認できた。

#### エ 今後の課題

開発機を用いて現地実証作業を行い、耐久性や取扱性を評価した結果、動力伝達システムの強化や、肥料等の補給作業の効率化などの改良点が指摘された。

#### オ 要約

開発したマルチシーダは施肥部、播種部、鎮圧部を交換して水稻・小麦用と大豆用に使い分け、大豆用では地表面に排出された大豆種子を鎮圧輪で転圧し、これにより形成された播種溝上部に膨軟に覆土する覆土前鎮圧方式を用いた。本機は70PS以上のトラクタに装着する必要がある。開発機は小麦、大豆の慣行体系に比べて作業工程が少なくすることが可能で、水稻直播の慣行機に比べて作業幅を大きくした結果、作業時間を17～32%短縮できた。

#### カ 参考文献

なし。

(大下泰生・辻博之)

(2) マルチシーディング技術高度化のための圃場整備技術の開発

1) 高い地表水排水機能と地下水位調節機能を併せ持つ暗渠の開発

ア 研究目的

水田を畑地利用した場合には圃場の排水性不良、高地下水位などによる湿害が問題となることがある。特に道内の大規模圃場において、暗渠の総延長が大きい場合には、上流側の排水が遅延し地表水が長時間残留する頻度が高い。一方、晴天日が連続する場合には地下水水位が低下し根圏の土壤水分不足となり干ばつ害が発生する場合もある。

そこで、排水路から遠い暗渠の上流側からも地表水排水を行うことにより排水機能を高め、さらに暗渠の排水部の高さを変更可能にすることにより地下水水位が調節できる暗渠を開発する。

イ 研究方法

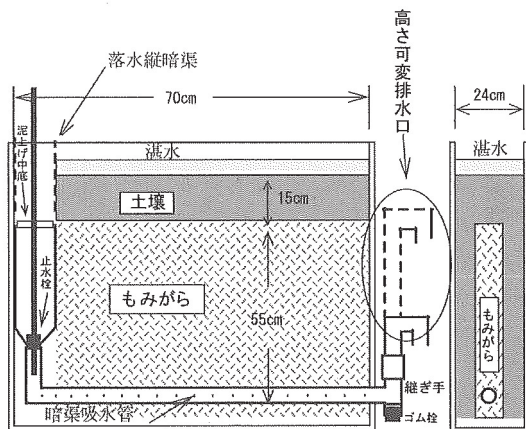


図2-6 縦暗渠と排水位調節機能を備えた実験装置

(1) 幅24cm、長さ70cm、深さ73cmの土槽を作成し、その底部に暗渠を設置した。暗渠疎水材にはモミガラを用い、土壌は透水係数 $1\sim 5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ の黒ボク土を使用した。暗渠の上流部からも排水が可能になるように、上流端を縦暗渠とし、その底に開閉栓を取り付けた。また、土槽の地下水位を調節する目的で暗渠排水口の高さを調節できる構造とした(図2-6)。湛水深を1cmとし、縦暗渠底部の栓を閉じた状態と開いた状態とで地表水の水位変化を測定した。(2) 図2-6に示した土槽と基本的には同様の構造で、地下水位分布が測定できる実験装置(幅20cm、長さ170cm、深さ75cm)を作製した。地下水位は長さ方向に9箇所での測定が可能なものとした。排水口の

高さを2水準に設定して十分な水量を供給し、安定した時点での地下水位の分布を測定した。

(3) 模型実験の結果をもとに、現実の圃場に適用する場合の暗渠の構造について考察した。

ウ 結果及び考察

(1) 縦暗渠底部の栓を閉じた状態、および開いた状態における湛水深の減少過程を図2-7に示した。栓を閉じた状態では、観察した10分余りの間にはほとんど水深の変化はみられなかった。それに対して、栓を開けた状態では、約10分で表面水の全量が排水された。栓を閉じた状態では、表面水が疎水材に到達するまでに最短でも15cmの土壤を通過する必要がある。土壌の透水係数を $5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ と仮定した場合に、水が15cmの距離を通過するのに要する時間は約3.5日である。土壌が均一で亀裂がなく、表面流去や、蒸発がないものと仮定すれば、わずかな湛水でも排水にはかなりの時間を要することになる。栓を開けた状態では、縦暗渠・横暗渠・排水口の間には水の流れを阻害する大きな抵抗はなくなる。

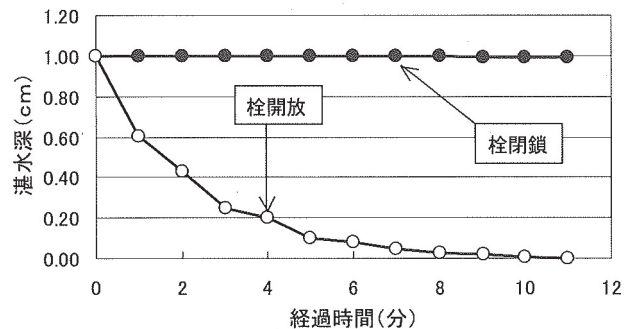


図2-7 縦暗渠底部栓の開閉による湛水深減少過程の差異

(2) 図2-8に示したように、排水口の高さを地表面から34cmとした場合にも68cmをした場合にも地下水位は測定位置にかかわらず排水口高さとも一致する結果となった。渇水期には排水口の高さを上げることで、地下水位を高く維持することができることを示唆している。

(3) 実際の転作田にはもともと排水路側に落水口がある。横暗渠の上流端を立ち上げて縦暗渠とすれば、地表水は排水路側と対辺側の双方から落水されるため地表排水が促進される。圃場の両側から落水する場合、額縁明渠を掘り落水口および縦暗渠と連結させる方策が効果的であろう(図2-9)。

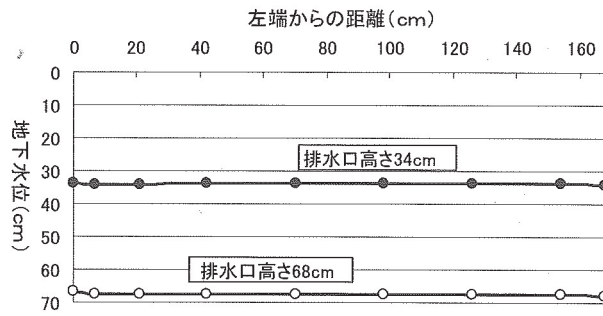


図 2-8 排水口高さ と地下水水位分布との関係

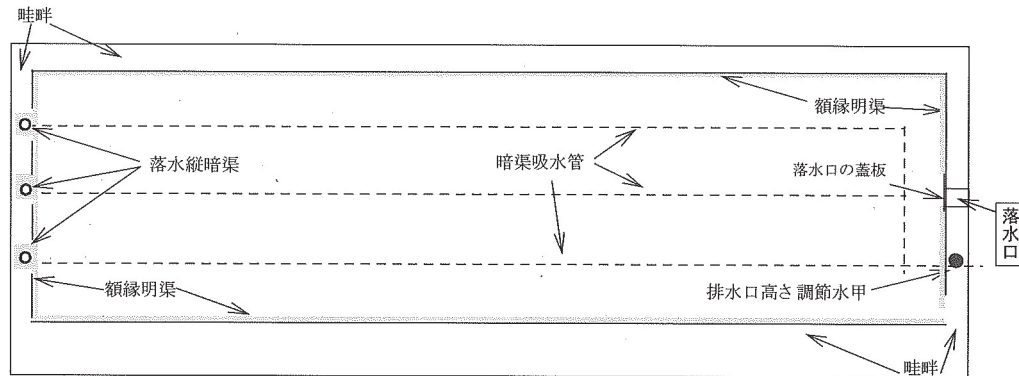


図 2-9 想定される現地圃場への適用計画事例

エ 今後の課題

模型実験の結果であるため実用的なスケールにした場合の効果を実証する必要がある。縦暗渠には土粒子の流入があるものと推測される。実証の場面においてその状況を把握し、閉塞などの問題が発生する場合には対策を考案する必要がある。

の中底を付け、さらに排水口の高さを調節できるようにした場合、湛水状態を短時間で解消することが可能であり、排水口位置を高くすることによって地下水位を高位に維持することが可能であった。今後実証的な検討の中で、効果の確認と問題点の摘出を行う必要がある。

オ 要約

排水路から遠い暗渠の上流側からも地表水排水を行うことにより排水機能を高め、さらに暗渠の排水部の高さを変更可能にすることにより地下水位が調節できる暗渠の開発のために模型実験を行った。吸水管の上流端を立ち上げて開閉可能な栓と泥上げ用

カ 参考文献

地表水排除と地下水位調節がともにできる暗渠 (2003) :平成 14 年度研究成果情報北海道農業, 44-45

(佐藤義和)



## 2) 疎水材充填補助暗渠技術の開発

### ア 研究目的

汎用水田の機械作業上の深刻な問題として、湛水状態あるいは土壌水分の高い状態が継続し予定していた作業が不能になることが挙げられる。特に播種作業を適期に実施できない場合には生育の遅延や収量の減少に結びつく。また、作業は可能であっても、土壌水分が高い圃場をトラクタが走行した場合には、トラクタのタイヤによって土が練り返しを受け排水性が低下する。トラクタによる練り返しは旋回が行われる枕地で特に顕著である。

本研究では、高い排水機能を持つことにより機械作業が可能な土の支持力を維持し、また、機械によって土が練り返され土の透水性が低下した場合にも疎水材を経由することによって地表面排水が継続的に行われるような補助暗渠技術を開発するための基礎的な検討を行った。

### イ 研究方法

(1) 排水機能を保持するための疎水材の適切な埋設深さ（埋設した疎水材の最上部から地表面までの長さ）を検討した。図2-10に示したように本暗渠に直行する方向に深さ30cm、あるいは40cmの補助暗渠を施工し、疎水材としてロックウールを充填した。埋設深さは12、21、29cmの3水準とした。施工してから2ヶ月後、補助暗渠を横断して車体重量約6トンのトラクタを5-20回走行させ、その後径20cmの円筒を打ち込んで浸潤能（現場透水係数）を測定した。

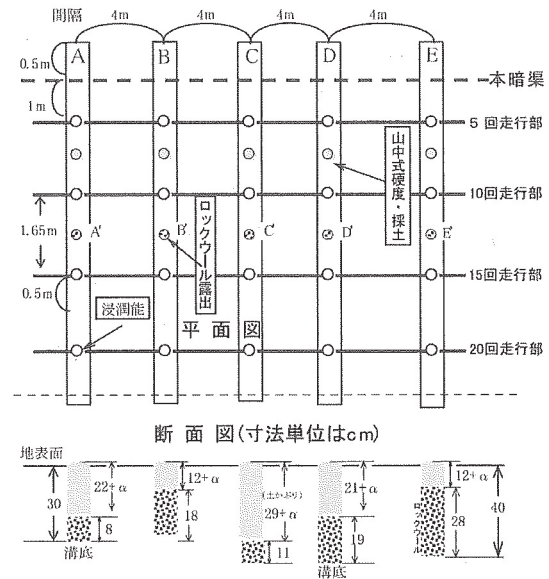


図2-10 疎水材の埋設深さを検討するために施工した補助暗渠

(2) トラクタによる練り返しを受けた際の土木用排水シートの透水性を検討するため、本暗渠に直交して、トレンチャーで溝を掘り、幅33cm、厚さ4mmの土木用排水シートを上端が地表面から12cmになるように幅方向を鉛直に埋設した（図2-11）。シートの埋設方向に直交して車体重量約6トンのトラクタを20回走行させて轍を形成した。轍が形成されたシート埋設部分およびシートを埋設しなかった部分に径20cmの円筒を打ち込んで浸潤能を測定した。

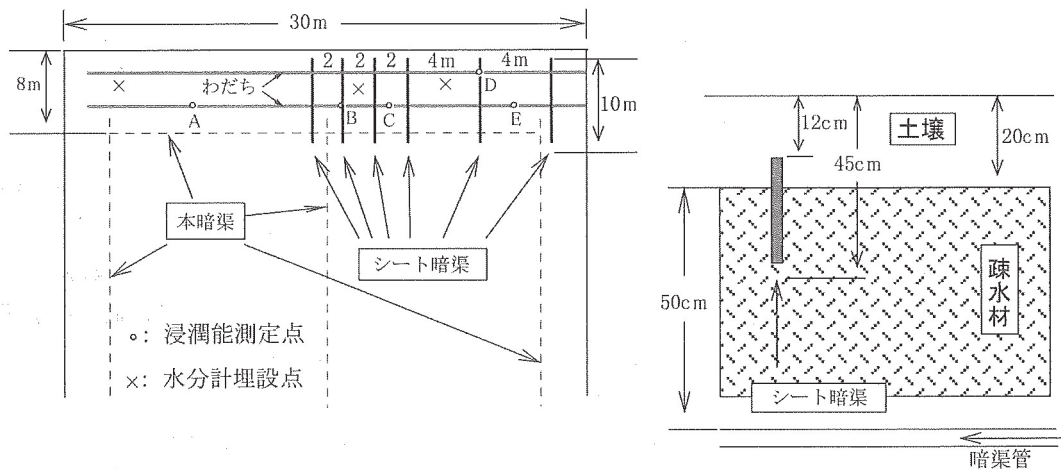


図2-11 轍形成時の土木用排水シートの透水性を検討するために行った実験施工

(3) 写真 2-1 に示したような暗渠疎水材の透水性変化を測定するための塩ビ製円筒を作製した。下部から順に、微小砕石（径 2.5~5mm のもので以下小砂利と記述する）、疎水材、小砂利を充填し、その上から土質試験用ランマーで 50 回突き固めた。実験に供した疎水材は、モミガラ、ロックウール、固化砕土、小砂利、土木用排水シートの 5 種類である。固化砕土とは、土壤硬化材を用いて土を粒状に固めたものである。土木用排水シート以外の疎水材は突き固め後の厚さが約 20cm になるように調整した。土木用排水シートは厚さ 4mm のものを 1 枚使用した。風乾粘土 63g を 1L の水に混合した懸濁液を最上部の小砂利の上から掛け流した。湛水深を一定に保ち、排水量と各層位の水圧を測って透水係数を求めた。1 年 1 回の測定頻度で 5 年間に亘り測定を実施した。実験用塩ビ製円筒は測定時以外は屋外に曝露した。



写真 2-1 暗渠疎水材の透水性変化を測定するための塩ビ製円筒

表 2-2 各実験区における浸潤能（実験区は図2-10に対応）

区名	5 回走行部	10 回走行部	15 回走行部	20 回走行部
A	$3.2 \times 10^{-6}$	$3.4 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-7}$	$7.1 \times 10^{-7}$
B	$4.1 \times 10^{-4}$	$6.7 \times 10^{-3}$	$5.8 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-4}$
C	$2.2 \times 10^{-6}$	$6.2 \times 10^{-6}$	$8.0 \times 10^{-7}$	$8.4 \times 10^{-7}$
D	$9.6 \times 10^{-6}$	$6.7 \times 10^{-6}$	$1.7 \times 10^{-6}$	$2.7 \times 10^{-6}$
E	$6.5 \times 10^{-4}$	$4.1 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-4}$	$4.4 \times 10^{-4}$

表 2-3 各測定箇所における浸潤能（測定箇所は図2-11に対応）

シートの中間			シートの直上			
			シート露出前		シート露出後	
A	C	E	B	D	B	D
$6.1 \times 10^{-7}$	$5.2 \times 10^{-7}$	$7.4 \times 10^{-7}$	$5.0 \times 10^{-7}$	$8.7 \times 10^{-7}$	$4.3 \times 10^{-3}$	$1.4 \times 10^{-3}$

## ウ 結果及び考察

(1) 疎水材の埋設深さを 12cm とした実験区 B、E では、浸潤能が  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  cm/s のオーダーであり良好な値を示した。埋設深さを 21cm および 29cm とした実験区では浸潤能が  $10^{-6}$  cm/s オーダーかそれ以下と小さかった。この傾向は補助暗渠の深さが 30cm でも 40cm でも変わりがなく、また、トラクタの走行回数による影響も明確ではなかった（表 2-2）。

この結果から、補助暗渠における疎水材の埋設深さは 12cm 程度よりも小さくすべきであり、土の被り厚を大きくした場合には、排水効果が小さいものと推察された。

(2) 轍部分における浸潤能は  $10^{-7}$  cm/s のオーダーであり、シートが埋設されていない箇所でもシート埋設部の直上でも大きな違いはなかった。これは、地表面付近の土層がトラクタのタイヤによる練り返しを受けて団粒構造が破壊され、細粒化し、透水性をいちじるしく失ったためであると考えられる。轍部分をシートが露出するまで掘り、その状態で浸潤能を測定すると、 $10^{-3}$  cm/s のオーダーであり、良好な透水性を示した（表 2-3）。この結果から、轍が形成された際にも大きな透水性を保持するためには、疎水材は地表面に露出している必要があると考えられる。

(3) 塩ビ製円筒を用いた暗渠疎水材の透水性変化の測定において、透水性が最も大きく、しかも経年的に低下しなかったのは小砂利であった。次いで固化砕土、モミガラの順に透水性が大きかった。5 年間の測定期間中にはモミガラの透水性は若干低下したものの大きな変化はなかった。土木用排水シートは初期の透水性は大きかったものの経年的に透水性のいちじるしい減少が認められた。ロックウールはモミガラよりもオーダーで 2.5~3 程度小さい透水性を示した（図 2-12）。

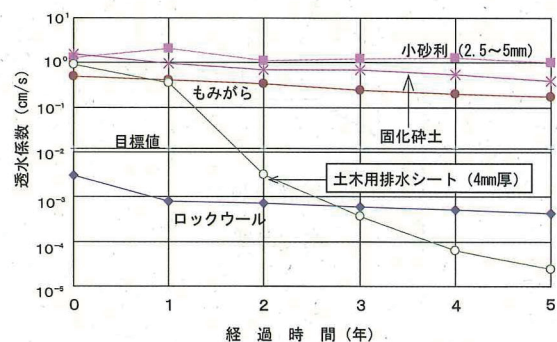


図 2-12 実験に供した暗渠疎水材の透水係数の経年変化

補助暗渠の疎水材の施工について、轍の形成を考慮しなくても地表面から12cmよりも浅い層まで充填する必要があり、轍が形成された際にも透水性を失わないようにするためには地表面に露出させる必要があることを考えると、耕作の大きな障害とならないモミガラを選択するのが合理的であるものと考えられる。小砂利、固化砕土などの疎水材は耕起しても作業機に接触することのない深さでなければならないため、本暗渠への適用が適している。

#### エ 今後の課題

耕作を行う圃場において、地表面まで疎水材を充填した補助暗渠を施工し、実証的な実験を行う必要がある。

#### オ 要約

高い排水機能を持つことにより機械作業が可能な土の支持力を維持し、また、機械によって土が練り返され土の透水性が低下した場合にも疎水材を経由することによって地表面排水が継続的に行われるような補助暗渠技術を開発するための実験を行った。補助暗渠に用いる疎水材は轍の形成を前提とした場合に、地表面まで露出させることが望ましいことを明らかにした。モミガラは地表面まで充填しても耕作に大きな障害が発生するとは考えられず、透水性が比較的大きく、5年以内の経年変化も小さかったため、モミガラの採用が妥当であろうと判断された。

#### カ 参考文献

中山熙之(2001):粒状化ロックウールの透水特性,平成13年度農業土木学会講要集,P542-543  
(佐藤義和)

### 3) 圃場排水促進技術の開発

#### ア 研究目的

北海道の水田転換畑では排水性の悪い土壌が広く分布するため、畑地利用した場合に圃場の排水性不良、高地下水位などによる湿害を受けることがある。そのため、このような土壌の圃場では降水の迅速な地表面排水あるいは土層内通水構造の改善による地下水の排水促進が求められる。

本研究では、水田転換畑において湿害を防ぐため

の地表面および地下排水を促進する圃場整備技術を開発する。

#### イ 研究方法

(1)図2-13に示すように約10mの間隔で2本の暗渠が敷設されている北海道農業研究センター内の50×20mの圃場に10×13mの実験区を暗渠の上流側から下流側に4区設置した(上流側から実験区1、2、3、4)。各実験区の排水処理方法は以下のとおりである。実験区1:無処理、実験区2:心土破碎、実験区3:心土破碎と額縁明渠、実験区4:額縁明渠。

額縁明渠は幅30cm×深度30cmで、実験区3、4を囲むようにコの字型に掘削した。また、額縁明渠は下流側で本暗渠2本の疎水材と連結させた。心土破碎は本暗渠と直交する方向に1.4m間隔で、サブソイラによって深度30cmに施工した。実験区3では額縁明渠と連結するように心土破碎を行った。

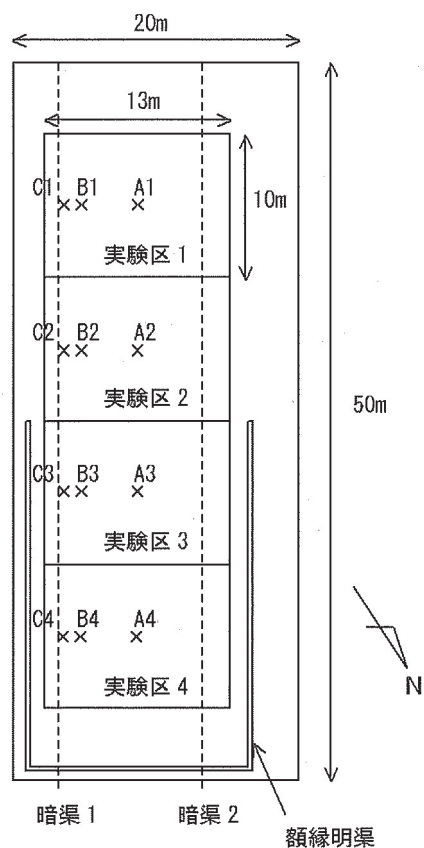


図2-13 実験圃場平面図

(2)明渠掘削、心土破碎の後に、チゼルプラウおよびロータリーによる耕耘を行い、2004年6月4日にマルチシーダーを用いて大豆を播種した。品種は「ユ

キホマレ」を用い、条間 33cm×株間 10cm に 1 粒播きした。10 月 6 日に各実験区 3 箇所 (1 箇所 2m<sup>2</sup>) の坪刈りによる収量調査を行い、10 月 14 日に全量を収穫した。(3)地下水位と土壌の体積含水率および土壌水分張力の測定を行うために、各実験区に 3 箇所の観測点を設置した。すなわち、実験区の中央 (A)、暗渠 1 (南東側の暗渠) から 140cm 北西側の地点 (B) および暗渠 1 から 10cm 北西側の地点 (C) である。3 箇所とも隣の実験区の影響を受けないように実験区の短辺方向の中心に設置した。各観測点では深度 5 cm に土壌水分計 (decagon 社、ECHO EC-10)、10cm にテンシオメータ、約 100cm に地下水位を測定する圧力計 (コパル、PA-500-501G) を埋設した。各実験区とも地点 A、B、C の地下水位計、地点 A、B の土壌水分計および地点 B のテンシオメータからのデータはデータロガーにより 1 時間間隔で記録した。地点 C の土壌水分計および地点 A、C のテンシオメータはそれぞれ携帯式読取装置 (decagon 社、ECHO Check) およびハンディマノメータ (コパル、PG-100-102VH) を用いて 1 日 1 回測定した。土壌水

分計は温度特性があるため、北海道農業研究センター内気象露場の深度 5cm 地温データを用いて温度補正を行った。データロガーによる観測期間は 6 月 28 日から 10 月 5 日、1 日 1 回測定の観測期間は 7 月 16 日から 10 月 5 日である。

#### ウ 結果及び考察

(1)全観測点における地下水位の変動を図 2-14~17 に示す。地下水位がセンサーより下方に位置し、データが取れなかった期間もあるもの (特に C3)、概ねデータは良好に取得できた。どの実験区も観測点 A の水位が B、C に比較して高かった。実験区 2、3 では B よりも C の水位が低く、実験区 1、4 では逆の傾向になった。観測点 C3 以外で地下水位が比較的高く、欠測がなかった 2 期間の平均値を表 2-4 に示す。A 列と B 列の平均地下水位の差は実験区 1 が最も大きく、2 期間の差の平均値は 39cm であった。A 列と B 列の差は実験区 4、2、3 の順に小さくなり、実験区 3 では 10cm であった。また、B 列と C 列の平均地下水位の差は実験区 1、4 においてはそれぞれ 9、17

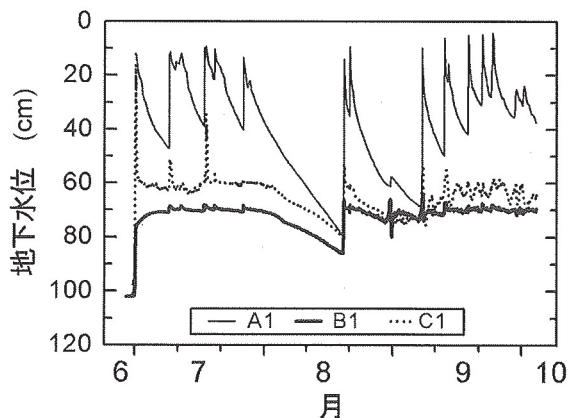


図 2-14 実験区1の地下水位変動

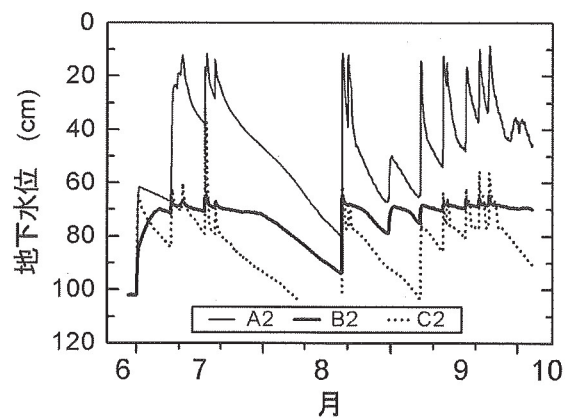


図 2-15 実験区2の地下水位変動

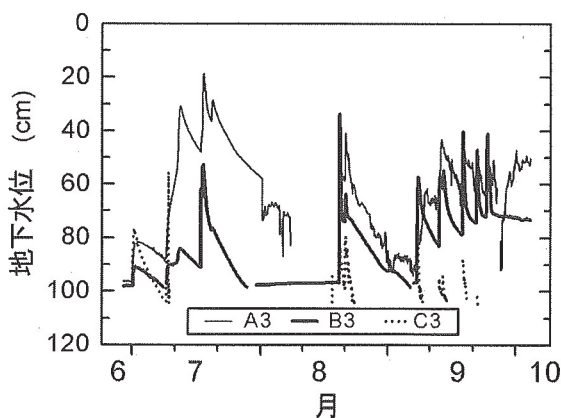


図 2-16 実験区3の地下水位変動

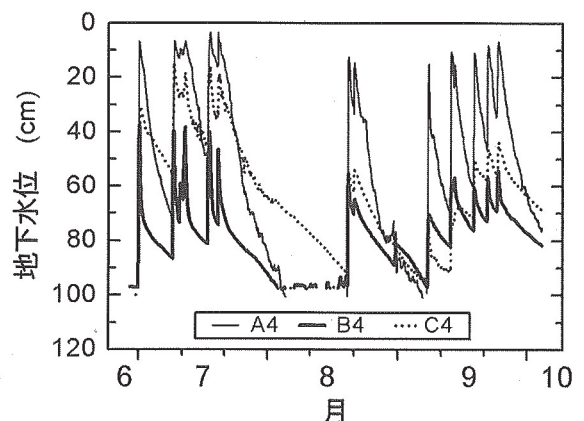


図 2-17 実験区4の地下水位変動

cmC 列が高いのに対し、実験区 2、3 はそれぞれ 4、13cmB 列が高かった。

次に、高地下水位が観測期間中どの程度の時間あったのか、各実験区で常に水位が高いA地点において検討した。地下水位が深度 10、20、30cm 以上の時間を表 2-5 に示す。観測点 A3 では深度 10、20、30c

表 2-4 欠測のない2期間の平均地下水位

(単位: cm)			
実験区	A	B	C
1	34.2	72.3	59.6
	29.6	69.8	63.6
2	64.7	74.8	75.8
	33.9	68.5	74.6
3	84.1	94.3	91.7 ※
	59.3	69.9	98.2 ※
4	43.9	76.8	44.9
	36.8	70.2	67.6

上段は7月1日1時から7月8日13時までの平均地下水位

下段は9月8日3時から9月27日10時までの平均地下水位

※測定できたのは観測期間中上段で83%、下段で25%であり、残りの期間は地下水位が105cmよりも低かったために欠測となっている。そのため、実際の地下水位はこの数値よりも低かった。

表 2-5 A 列における地下水位が深度10, 20, 30cm 以上の時間

(単位: h)			
観測点	10cm	20cm	30cm
A1	21	325	789
A2	4	162	464
A3	0	5	30
A4	102	373	550

m 以上の時間がそれぞれ 0、5、30 時間と他の区に比較して非常に短く、排水性が良いことが分かった。

次に高地下水位の時間が短かった観測点は A2 であった。観測点 A1 および A4 は排水性が悪く、特に A4 では 10cm 以上の時間が 100 時間を越えており、他の観測点よりも著しく長かった。

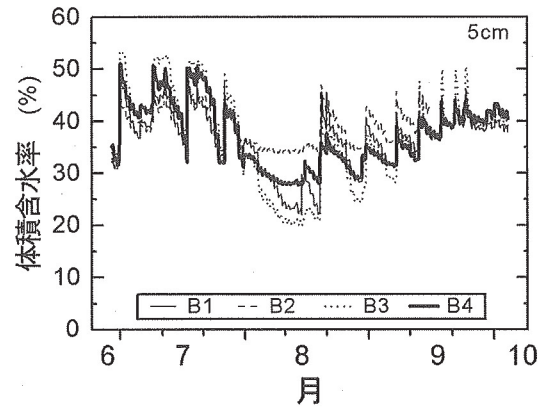


図 2-18 B 列深度5cmにおける体積含水率の変動

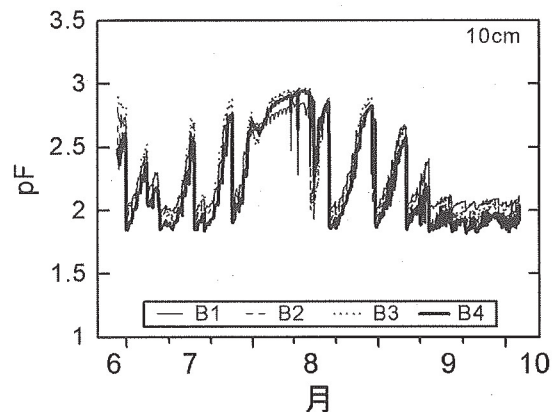


図 2-19 B 列深度10cmにおけるpFの変動

表 2-6 実験区別の収量調査結果

実験区	坪刈区	20本粒数 (個)	全本数 (本)	百粒重 (g)	単収 (kg/10a)
1	1a	582	65	35.35	334.3
	1b	641	76	36.10	439.7
	1c	558	68	35.86	340.2
	平均	593.7	69.7	35.8	371.4
2	2a	581	65	33.64	317.6
	2b	691	68	34.05	400.0
	2c	747	67	32.94	412.1
	平均	673.0	66.7	33.5	376.5
3	3a	799	60	29.24	350.5
	3b	719	66	33.67	399.4
	3c	791	73	33.19	479.1
	平均	769.7	66.3	32.0	409.6
4	4a	817	59	29.08	350.4
	4b	676	70	33.18	392.5
	4c	815	72	32.37	474.9
	平均	769.3	67.0	31.5	406.0
圃場平均		701.4	67.4	33.2	390.9

以上の測定結果より以下の事項が推察される。

①実験区 2、3 では心土破碎の効果により暗渠に向かって水が流れていたため、観測点 A、B、C の順で地下水位が低くなった。

②特に実験区 3 では心土破碎と額縁明渠の組み合わせにより、排水効果が大きかった。

③実験区 1、4 では心土破碎が行われていないため、地下水が停滞する傾向にあり、その結果として観測点 B よりも C の水位が高くなった。

④実験区 4 の排水性が悪い原因の一つは、下層にあった粘土層が表層に現れたため、暗渠疎水材まで水が動く際の抵抗が大きかった。

(2) B 列の深度 5cm における体積含水率の変動を図 2-18 に示す。観測点 B3 は降雨後の体積含水率が他の観測点より高かったが、乾燥速度が速いため、観測期間中の平均体積含水率は他の観測点よりも低かった。次に低いのが観測点 B1 および B4 で、B2 が最も高く推移したが、これら 3 地点の差は小さかった。B 列の深度 10cm における土壌水分張力の変動を図 2-19 に示す。ここでも観測点 B3 が最も乾燥していたが、他の観測点との差は小さかった。観測点 B3 における土壌水分の低下は心土破碎と額縁明渠の組み合わせによる排水性改良の効果によって表れたものと考えられる。

(3) 各実験区の収量調査の結果を表 2-6 に示す。2004 年は平年に比べて日照時間は少ないものの気温が高く、いずれの実験区でも収量は高かった。いずれの実験区でも湿害は発生しなかったものと判断される。その中でも排水性の最も高かった実験区 3 の単収が一番高い結果であった。

#### エ 今後の課題

排水性の改善については、心土破碎の適切な間隔、圃場の土壌の違いによる効果の差異などの検討が必要である。夏期の小雨、高温時の干ばつ害を防ぐ技術についての検討も必要となろう。

#### オ 要約

水田転換畑における湿害防止技術開発のために大豆栽培圃場における実証的実験を行った。約 10m の間隔で本暗渠が施工されている圃場に無処理区、心土破碎区、額縁明渠区、心土破碎と額縁明渠の組み合わせ区を設け、地下水位、土壌水分、大豆収量などの観測、調査を行った。心土破碎と額縁明渠を組

み合わせた実験区で地下水位が他の区よりも常に低く推移し、排水性が改良されたことが確認できた。また、同実験区の単収が一番高い結果であった。額縁明渠と心土破碎、額縁明渠および心土破碎と本暗渠の疎水材、など排水のための経路の全てを連結し、通水構造を確保することが重要であることを確認した。

#### カ 参考文献

なし。

(松田 周)

## 2 大規模輪作における精密栽培管理技術の開発

### (1) 復元田における直播水稻の低タンパク米栽培技術の開発

#### ア 研究目的

土壌からの窒素供給が増大しやすく、高タンパク米の生産につながりやすい復元田において、直播用良食味系統「はなえまき」等を活用し、タンパク質含量を一定以下(8%以下)に維持したまま高収量

(600gm<sup>2</sup>)を得るための直播栽培管理技術について明らかにする。

#### イ 研究方法

(1) 貫入式土壌硬度計(大起理化工業)を用いて復元田と連作田について0-60cmまでの土壌硬度を比較した。

(2) 圃場から土壌を0-15cmの上層と15-25cmの下層の二つに分けて採取し、湛水培養窒素量を測定した(30℃ 4週間培養)。

(3) 融雪後の4月下旬に圃場から土壌を未攪乱の状態で採取し、そのまま湛水培養(30℃ 28日間)して無機態窒素量を測定後、培養に用いた土壌の重量と培養窒素量とを比較した。

(4) 窒素施肥量を変えて「はなえまき」等の直播栽培試験を行い、収量や収量構成要素、窒素とケイ酸の吸収量などについて調査し、精米のタンパク質含量を食味分析計(静岡製機)により測定した。

(5) 小麦の収穫直後に代かき処理して翌年水稻の直播栽培を行い、精米タンパク質含量への効果を火山性土と泥炭土において検討した。

(6) 基盤整備初年目の圃場(泥炭土壌、施肥窒素量3.2gm<sup>2</sup>)において、地下かんがいによる間断かんがいを7月31日~8月10日の期間に4回実施して水稻の精米タンパク質含量や収量を調査した。

(7) 北農研の羊ヶ丘と美唄の5箇所の圃場において、窒素施肥量(5-11gm<sup>2</sup>)と被覆尿素肥料LP40の配合割合(0~100%、4段階)を組み合わせた施肥管理試験を行い、施肥窒素量と0-20cmの深さの平均土壌培養窒素量(mgkg<sup>-1</sup>をg単位に換算)を合わせた合計窒素量と、収量や精米タンパク質含量との関係を比較した。水稻品種は「大地の星」と「はなえまき」を使用した。

#### ウ 結果及び考察

##### (1) 復元田の土壌硬度の特徴

褐色低地土と泥炭土について連作田(水田)と復元田(復元)について貫入式土壌硬度計により比較した。その結果、復元田では連作田と比較して20-30cmの深さにおいて土壌硬度が高くなる傾向が認められるものの、これらの土壌では連作田との大きな違いは認められず、特に泥炭土では両者とも土壌硬度が10kgcm<sup>-2</sup>前後で推移していたことなどから、泥炭土では畑転換による物理性の変化は、他の土壌に比べて大きくないことが推定された。

##### (2) 土壌培養窒素量と精米タンパク質含量の関係

土壌の培養窒素量と精米のタンパク質含量とは正の相関関係が認められ、連用田と復元田それぞれ異なる直線関係で示され(図2-20)、同じ土壌培養値でも連用田が復元田よりも約1%タンパク質含量が低くなった。このような関係が土壌の上層と下層の両方で認められた。したがって、復元田では根域が拡大して窒素吸収量が増大し、タンパク質含量が高くなったものと推定した。両者の直線関係から、泥炭土復元田のタンパク質含量と同じ値を示す連作田の培養窒素量は、復元田の約3倍の量となった。

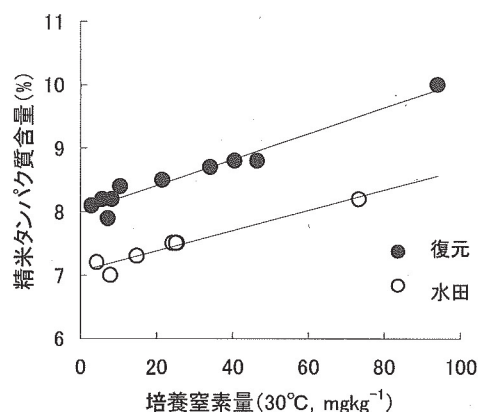


図2-20 下層土(15-25cm)の培養窒素量とタンパク質含量の関係

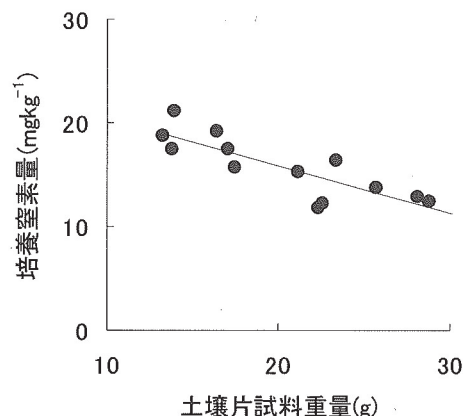


図2-21 土壌片試料の重量と培養窒素量との関係

(3) 未攪乱土壌からの窒素供給量を評価する方法についての検討

不耕起や部分耕の場合の未攪乱土からの窒素供給を評価するために、未攪乱の状態では土壌を採取し、未攪乱の大きさの異なる土壌片をそのまま湛水培養して、出てくる培養窒素量を測定した。そして、培養窒素量と測定に用いた土壌片の重量とをそれぞれプロットすると、右肩下りの直線が得られた(図2-21)。このような直線関係の場合、土壌片の重量が40~50g以上では、培養窒素量が小さくなりその傾きも緩やかになった。一方、復元田ではこの直線の傾きがほとんどない場合が多く、土壌重量とは平行線に近くなる場合が多かった。そこで、土壌重量が45gのときの培養窒素量を、未攪乱土壌からの窒素供給量と評価し、不耕起乾田直播栽培(早期湛水、表層簡易チゼル耕起)の収穫期水稻の窒素吸収量と比較した。すると、培養窒素量が多いほど窒素吸収量も多くなるという関係が得られ(図2-22)、追肥窒素や被覆尿素肥料分の利用率を6~7割として培養窒素量に加えると、窒素吸収量との関係はさらに高くなった。泥炭土では水稻生育後半における土壌からの窒素供給が、収量やタンパク質含量に重要な役割を果たしていることを示唆するものと考えられた。

(4) 水稻の収量構成要素と精米タンパク質含量との関係

登熟歩合が高いほどタンパク質含量は低下する傾向を示し、年度による変動は多少認められたが、タンパク質含量8%以下のときの登熟歩合は多くが80~90%の範囲にあった。通常、タンパク質含量と水稻の窒素吸収量、窒素吸収量と収量の間には密接な関係が認められ、これらの関係を2002~2004年の直播水稻に当てはめ、タンパク質含量8%以下で収量600g<sup>m</sup><sup>2</sup>を目標をすると、窒素吸収量の目安は平均で約13g<sup>m</sup><sup>2</sup>となった。さらに、窒素吸収量と土壌培養窒素量との関係を2004年度でみると、窒素吸収量が13g<sup>m</sup><sup>2</sup>のときの培養窒素量は約40mgkg<sup>-1</sup>であった。さらに、追肥窒素や被覆肥料分を栽培や土壌管理条件を考慮して培養窒素量に加えると、窒素吸収量13g<sup>m</sup><sup>2</sup>における窒素量は約50mgとなった(図2-23)。窒素量×260=窒素吸収量という関係にあった。

(5) 精米タンパク含量とケイ酸との関係

直播においてもケイ酸含有量が多いほど精米のタンパク質含量は低下する傾向を示した。しかし、この関係は移植の場合や茎葉の窒素含有量とタンパク

質含量との関係よりも相関は低くかった。一方、厩肥連用や要素欠除などを継続している試験区で、ケイ酸含有量と精米のタンパク質含量の関係を見ると(図2-24)、リン酸欠除区やリン酸残効区ではケイ酸含有量が高いほど、タンパク質含量も高くなることが認められた。これらのことから、登熟が遅れる条件ではケイ酸含量とタンパク質含量との関係は明瞭ではなく、その効果も小さいと推定された。したがって、移植の場合には、ケイ酸吸収によって窒素吸収が制限され、その結果タンパク質含量が低下する傾向が認められるが、直播ではこのようなことはあまり期待できないと考えられた。

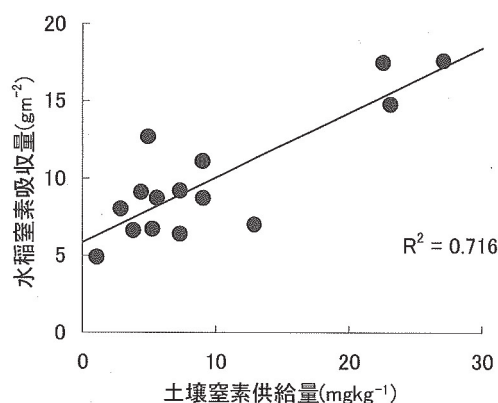


図2-22 土壌窒素供給量と水稻の窒素吸収量との関係

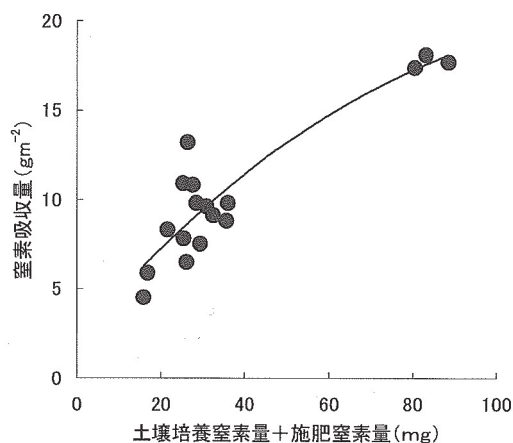


図2-23 土壌窒素量と施肥窒素量の合計と水稻の窒素吸収量との関係

土壌窒素量 (mgkg<sup>-1</sup>) に100cm<sup>2</sup> 当りの施肥量を施肥効率3割として加算した。ただし、羊ヶ丘の場合は施肥効率は1割(被覆尿素は2割)とした。また、下層土客土区は施肥効率を6割とし、移植の場合は4割とした。



(6) 麦収穫直後代かきによる低タンパク米栽培

小麦を収穫した直後に代かきを行うことで、翌年の直播栽培で低タンパク米栽培が可能かどうかについて検討した。その結果、火山性土については、代かきによって湛水培養窒素量が減少し、タンパク質含量も低下するという結果を示した (図 2-25)。

しかし、泥炭土の場合には無代かきに比べて土壤培養窒素量が 1 割程度の減少が認められたものの、タンパク質含量は代かきで逆に高くなるという結果であった (表 2-7)。代かきによって融雪後の乾土効果に影響し、その結果土壤の培養窒素量が少なくなるものと推測され、生育の後半から土壤由来の窒素吸収が増大する泥炭土の場合には、代かきによる効果は期待できないと考えられた。

(7) 地下かんがいによるタンパク質含量低下効果

地下かんがい処理により、直播水田では約 16% タンパク質含量が低下した (表 2-8)。移植に比べて収量の低下も少なく、便宜的ではあるが効果は高いと

判断された。

(8) 泥炭土での一定タンパク値での高収量栽培技術

泥炭土の復元田において、精米のタンパク質含量 8%、収量 600 gm<sup>2</sup>を目指すためには、水稻の窒素吸収量 13 gm<sup>2</sup>を目安とし、土壤からの窒素供給量を評価してこの分を窒素吸収量から差し引き、残りを施肥窒素で補うという方法が考えられる。この方法では、土壤からの窒素供給に見合った水稻の生育量を生育の中期までに確保し、後半は土壤窒素に頼るという考え方を基本にしている。しかし、この直播方式では乾田期間が 1~2 週間存在することと、代かきをしないため土壤の透水性が良いという点で、基肥窒素の施肥効率が移植に比べて劣るという難点がある。したがって、ここでは被覆尿素などと速効性肥料を組み合わせた施肥によって初期生育を促進して施肥効率を高める必要があると思われた。

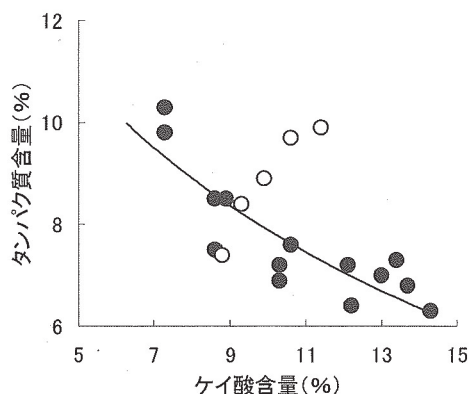


図 2-24 ケイ酸とタンパク質含量の関係 (2002年、移植)

● : 要素欠除、有機物連用等  
○ : リン酸欠除とリン酸残効

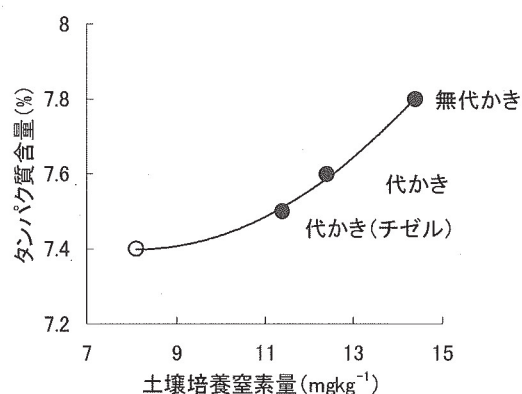


図 2-25 代かき等処理が土壤の培養窒素量とタンパク質含量に及ぼす効果 (2002年度)

普通耕 (●) は表層と下層の合計値、浅耕 (○) は表層のみの湛水培養窒素量を用いた。代かき (チゼル) は代かき後、春にチゼル耕起を行ったもの。

表 2-7 代かき処理の効果 (泥炭土、2004年)

処理区	窒素施肥量 gm <sup>-2</sup>	土壤溶液窒素濃度*1 mg l <sup>-1</sup>	土壤培養窒素*2 mg kg <sup>-1</sup>	タンパク質含量 %	収量 gm <sup>-2</sup>
直播					
無代かき	8	3.2	53.8	8.5	758
代かき*3	8	3.4	48.4	8.9	759
移植	5	3.7	51.8	9.6	645

注\*1 : 6. 15~8. 24の期間測定値の平均  
\*2 : 0~10cmの深さにおける攪乱土壤の平均  
\*3 : 小麦収穫直後に処理を行った

表2-8 地下かんがいによる間断かんがいタンパク質含量に及ぼす効果

栽培 品種名	間断かんがい 処 理	収 量 gm <sup>-2</sup>	タンパク 質含量%
直播			
大地の星	+	732	8.1
	-	766	9.7
移植			
きらら397	+	650	8.1
ななつぼし	-	745	9.4

表2-9 2005年試験成績

圃場 栽培法 品種名	施肥量 N gNm <sup>-2</sup>	精玄米 LP% 収量>1.9 gm <sup>-2</sup>	籾重 gm <sup>-2</sup>	わら重 gm <sup>-2</sup>	全重 gm <sup>-2</sup>	千粒重 g	精米 タンパク 質含量% %	登熟 歩合 %	穂数 本m <sup>-2</sup>	総籾数 10 <sup>3</sup> m <sup>-2</sup>	
羊ヶ丘	8.5	0	706	880	705	1585	25.1	6.1	92.1	572	31.4
408	10.5	0	761	964	728	1692	25.6	6.7	81.7	623	36.3
水田	8.1	30	595	738	613	1351	25.7	6.5	89.2	484	26.9
大地の星	10.1	30	715	888	690	1578	25.4	6.8	84.9	538	33.3
	9	70	593	743	605	1348	25.6	6.4	87.7	508	26.7
	11	70	740	932	734	1666	25.3	6.7	76.2	538	37.3
	8.9	100	688	855	684	1539	25.8	7.0	81.8	519	32.2
	10.9	100	730	909	722	1631	25.5	6.4	88.4	565	32.5
美唄分室	4.8	0	810	1002	726	1728	26.0	8.3	84.7	767	36.5
北水田B1	6.8	0	810	1041	789	1830	25.2	8.5	74.3	800	40.4
麦2作	5.8	30	861	1100	812	1912	24.8	8.8	72.1	761	43.7
大地の星	7.8	30	806	1049	746	1795	24.8	8.8	69.0	706	42.8
	5.1	70	820	1011	747	1758	26.0	8.2	82.9	669	36.9
美唄分室	5	0	681	844	528	1372	26.1	7.8	91.4	591	29.3
北水田B21	7	0	686	852	587	1439	25.3	8.1	85.5	608	31.8
大豆1作	4.1	30	662	817	546	1363	25.6	7.9	85.8	615	30.0
大地の星	6.1	30	705	871	607	1478	25.0	8.2	83.6	682	34.6
	4.7	70	672	832	570	1402	25.0	8.3	85.3	692	31.2
	6.7	70	684	868	566	1434	24.4	8.6	82.6	673	33.9
	4.8	100	635	809	548	1357	24.4	8.6	86.7	571	30.0
	6.8	100	746	953	624	1577	24.6	9.1	72.8	822	38.6
美唄分室	5.3	0	592	731	567	1298	25.7	6.5	91.3	523	26.1
北水田B23	7.3	0	638	787	607	1394	25.7	7.1	92.4	625	27.6
直播	4.3	30	607	749	622	1371	25.7	7.5	87.8	538	27.5
はなえまき	6.3	30	660	814	662	1476	25.2	7.6	89.4	575	29.2
	4.9	70	594	733	584	1317	25.4	7.7	91.4	549	26.2
	6.9	70	724	894	698	1592	25.0	8.3	84.5	593	33.8
	4.8	100	638	788	639	1427	25.9	8.6	90.3	572	28.2
	6.8	100	680	850	687	1537	25.1	8.8	84.0	619	32.0

(9) 施肥窒素と土壌窒素を合わせた窒素量と、直播水稲の収量とタンパク質含量の関係

窒素吸収量と土壌培養窒素量との関係は、年次変動が比較的大きく(2002~2004年度 11~14gm<sup>-2</sup>)、

この値を目標にするには難しいと判断し、復元田と連用田との違いを明瞭に示す0~20cmの深さでの平均値を土壌培養窒素量とし、これに施肥窒素量を合わせ合計の窒素量として、収量やタンパク質含量と

の比較を試みた。また、被覆尿素を配合することによる施肥の効率化についても検討した。

施肥管理試験の結果、LP40の配合割合が高くなるほどタンパク質含量が高くなる傾向を示したため、配合割合は30%が安全であると判断された(表2-9)。LP40の施肥効率を67%として施肥窒素量に加え、土壌窒素量と合わせた合計窒素量と収量を比較すると、窒素量が多いほど収量も増大する関係が得られた(図2-26)。この関係によれば、600 $g\text{m}^{-2}$ の収量を得るには約20g以上の窒素量が必要になることを示していた。同様に、窒素量とタンパク質含量との関

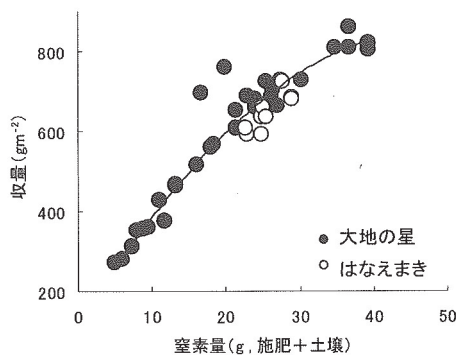


図2-26 施肥と土壌の窒素量の合計と収量との関係(培養窒素量は0~20cm深さまでの平均値)

#### エ 今後の課題

上記で提案した施肥管理方法については、実証試験を行うとともに、土壌の培養窒素量を簡易に測定する方法を確立することや「大地の星」、「はなえまき」以外の直播用品種での適用性の検討や土壌窒素供給量が基準値よりもかなり多い場合などの制御方法についても検討する必要がある。さらに、栽培様式の異なる直播や移植栽培への応用も検討する必要がある。

#### オ 要約

復元田において、「はなえまき」等を用いてタンパク質含量を一定以下に維持したまま高収量を得るための直播栽培管理技術について検討した。その結果、

(1) 土壌硬度の調査や土壌培養窒素量と精米タンパク質含量との関係から、泥炭土の畑転換では物理性や化学性の変動はそれほど大きくなく、むしろ根域

係を比較すると、窒素量が増えるほどタンパク質含量が高くなるという関係が認められた(図2-27)。タンパク質含量8%を実現するには、窒素量約25g以下が必要であった。目標収量を得るための窒素量は2002~2004年度では何れも30gであり、目標タンパク質含量では、2002~2004年度でそれぞれ25g、20g、30gであり、年次変動は予想以上に小さく、収量では約30g、タンパク質含量では約25gが基準窒素量と考えられた。そして、タンパク質含量では、当年の登熟歩合の程度を予測して、基準値を5g程度増減することが必要と判断された。

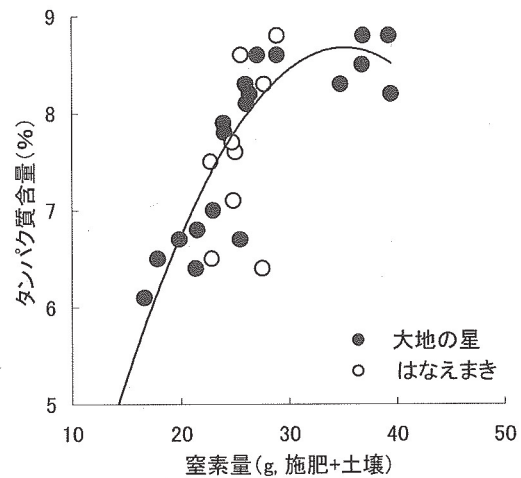


図2-27 施肥と土壌からの窒素量の合計とタンパク質含量との関係

の拡大による養分吸収効果が大きいと推定された。

(2) 未攪乱土壌からの窒素供給量を評価するために、未攪乱のまま湛水培養して出てくる窒素量を測定し、培養に用いた土壌の重量とでプロットすると、右肩下がり直線が得られ、この直線を利用して不耕起土壌からの窒素供給量を評価することが可能であった。

(3) 登熟歩合が高いほどタンパク質含量は低下する傾向を示した。精米タンパク質含量と水稻の窒素吸収量、窒素吸収量と収量の間には密接な関係が認められ、タンパク質含量8%以下で収量600 $g\text{m}^{-2}$ を目標とした場合、窒素吸収量は約13 $g\text{m}^{-2}$ であった。窒素吸収量と土壌培養窒素量とは直線関係が認められた。

(4) 直播においてもケイ酸含有量が多いほど精米のタンパク質含量は低下する傾向を示したが、この関係は移植の場合よりも、また、茎葉の窒素含有量とタンパク質含量との関係よりも相関は低く、登熟が遅くなるような条件ではその効果も小さいものと推

定された。

(5) 小麦収穫直後に代かきを行っても、泥炭土の場合には無代かきに比べて1割程度の土壌培養窒素量の減少が認められたものの、タンパク質含量は低下しなかった。

(6) 泥炭土の復元田において、施肥窒素量に土壌培養窒素量を加えた窒素量を用いて、タンパク質含量8%以下で収量 600 gm<sup>-2</sup>を目指す施肥管理法を提案した。

#### カ 参考文献

なし。

(安田道夫)

#### (2) 小麦のタンパク質含量制御技術の開発

##### ア 研究目的

子実タンパク質含有率の高いパン用秋まき小麦としてキタノカオリ（北海 257 号）が育成され、2003年に北海道の奨励品種となった（田引ら、2004）。大規模水田輪作にキタノカオリを導入し、高品質で安定した収量を得るためには、高タンパク質子実生産を目標とした窒素施肥法を明らかにする必要がある。

キタノカオリはパン用の用途のため、めん用品種より高いタンパク質含有率が要求される。一方、高タンパク質子実生産のためには窒素施用量を高める必要があり、このことは環境への負荷をもたらす危険性がある。そこで生育途中に栄養診断を導入して、その先の追肥の有無、量を適切に判断することとした。2005年産からは契約生産奨励金ランク区分が改正され、パン・中華めん用小麦のタンパク質評価基

準値は11.5%以上～14.0%以下、許容値は10.0%以上～15.5%以下と決められた（安永、2004）。本試験では、タンパク質含有率12%を目標として、環境に負荷をかけることなく高タンパク質子実を生産するための窒素施用量および施用時期について検討するとともに、葉色による栄養診断の導入を検討し、診断基準値の設定とそれに基づく施肥対応を確立する。

##### イ 研究方法

「キタノカオリ」を窒素施用量および施用時期を変えて、2000年播種から2003年播種の4年間、北海道農業研究センター羊ヶ丘4号水田圃場で栽培した。また、2002年播種から2003年播種の2年間、北村砂浜で現地試験を行った。基肥は4kg/10aとし、追肥施用の有無、量を変えた処理を設けた。年次により処理は異なるが、2003年播種では、基肥のみの4kg/10a処理、基肥一起生期追肥の4～6kg/10a処理に加え、止葉期までの施用量を4-6-0-6、4-6-6-6および4-6-3-3（基肥-起生期-幼穂形成期-止葉期の各施用量）とし、各々にさらに穂揃期追肥0、3、6kg/10a処理を設けた。

供試した北農研圃場は淡色黒ボク土の転換畑で、直播水稲-春小麦の後である。北村圃場は高位泥炭土に客土をした転換畑で、北農研圃場より熱水抽出窒素が高く、窒素肥沃度が高かった（表2-10）。耕種概要は表2-11に示す。

葉色測定には葉緑素計SPAD502を用い、葉身の中央部を中肋を避けて1区15～20葉を測定した。全窒素含有率はケルダール分解後、蒸留法またはオートアナライザーで分析した。子実タンパク質含有率は全窒素含有率を5.7倍して得た値を、水分13.5%で表した。なお、子実収量も水分13.5%表示である。

表2-10 供試土壌（跡地土壌の分析）

年次 (播種年)	試験場所	土壌の種類	土性	排水の 良否	熱水抽 出窒素*	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	交換性塩基*			腐植 含量	pH	リン酸吸 収係数
							K <sub>2</sub> O	MgO	CaO			
2000年	北農研	淡色黒ボク土	壤土	良								
2001年	北農研	淡色黒ボク土	壤土	良	5.41	7.7	62.2	42.2	257.6	含む	6.0	1598
2002年	北農研	淡色黒ボク土	壤土	良	5.30	7.7	67.1	48.3	261.5	含む	6.0	1660
	北村	泥炭土(客土あり)	壤土	良	8.33	26.7	16.8	87.8	517.3	含む	6.0	1025
2003年	北農研	淡色黒ボク土	壤土	良	4.06	11.3	100.7	90.4	505.7	含む	6.2	1401
	北村	泥炭土(客土あり)	壤土	良	6.02	10.6	17.9	107.8	376.6	含む	4.7	950

\* mg / 乾土100g

表 2-11 耕種概要

年次 (播種年)	試験場所	圃場	播種期	播種機	畦間 cm	播種量 粒 / m <sup>2</sup>	窒素以外の施肥量*	
							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2000年	北農研	4号水田423	9月21日	逆転ロータリシーダ	20	256	17.2	9.8
2001年	北農研	4号水田422	9月20日	浅耕逆転ロータリシーダ	20	358	14.9	14.4
2002年	北農研	4号水田421	9月24日	部分耕型ロータリシーダ	25	384	14	10.4
	北村	砂浜1	9月13日	部分耕型ロータリシーダ ドリルシーダ	25	234	29	6
2003年	北農研	4号水田423	9月24日	浅耕逆転ロータリシーダ	20	262	13	9.6
	北村	砂浜2	9月17日	ドリルシーダ	20	220	10	4

\* kg / 10a

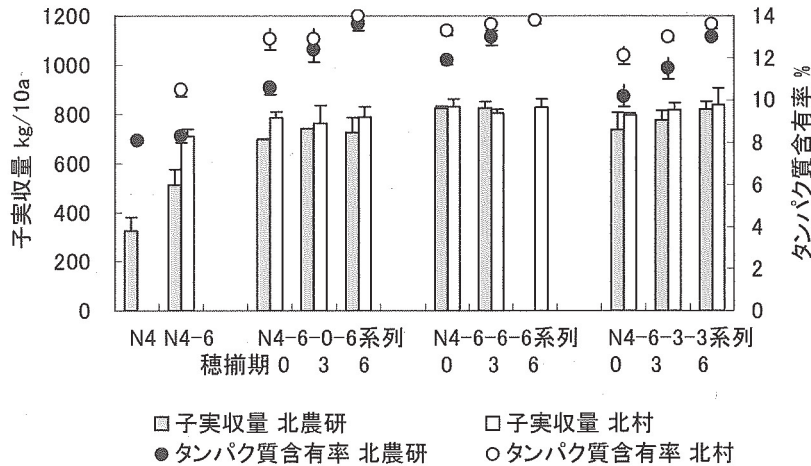


図 2-28 「キタノカオリ」の子実収量とタンパク質含有率 (2003年播種)

ウ 結果及び方法

1) 窒素施用量、施用時期と子実収量、タンパク質含有率

いずれの年も比較的安定した気象条件であったため、4年間とも高い収量レベルが得られた。「キタノカオリ」は窒素施用量を増しても倒伏することなく、施用量にともない収量、タンパク質含有率ともに上昇した。また、追肥窒素の施用時期によって収量、タンパク質含有率ともに変化した (図 2-28)。幼穂形成期に 6kg/10a を追肥し、止葉期までに追肥を終了した 4-6-6-6 処理で高収量が得られた。しかし、このように止葉期までに 22kg/10a の窒素を施用しても、タンパク質含有率は必ずしも 12% に達しなかった。一方、同じ 22kg/10a の窒素施用でも、幼穂形成期追肥を 0 ないし 3kg/10a とし、穂揃期に追肥した 4-6-0-6-6 処理および 4-6-3-3-6 処理ではタンパク質含有率は 12% 以上となった。したがって、タンパク質含有率を高めるためには、幼穂形成期の追肥量を控えながら止葉期までの窒素施用量を 16kg/10a 程度とし、あとは穂揃期追肥に回す必要がある (建部ら、2006a)。

止葉期までの 16kg/10a の窒素施用 (4-6-0-6、4-6-3-3 処理) では熱水抽出窒素が 4.1~5.4mg/100g の北農研圃場では 12% 以上のタンパク質含有率は得られず、一方、熱水抽出窒素が 6.0~8.3mg/100g と窒素肥沃度の高い北村圃場では 12% 以上のタンパク質含有率が得られる場合もあった (表 2-12)。従って、穂揃期には一律の追肥は行わず、施肥と土壤からの窒素を吸収した結果としての小麦の窒素栄養状態を穂揃期の葉色で診断し、追肥の判断をするのが望ましい。

2) 穂揃期の葉色による追肥の判断

穂揃期における葉色と窒素吸収量の間には高い正の相関関係があり、穂揃期の葉色はその時点までに吸収した窒素量を良く表した。両者の関係式  $y$  (窒素吸収量) =  $0.6618 \times (\text{葉色}) - 20.11$  より、穂揃期の葉色が 52 の時、その時点の窒素吸収量は 14.4kg/10a と推定できる (図 2-29)。

また、止葉期までに追肥を終了した処理において、穂揃期の葉色と収量との間に密接な関係があった。回帰式から、穂揃期の葉色が 52 の時、収量は 813kg/10a と予測できる (図 2-30)。

穂揃期の葉色とタンパク質含有率との関係は2001年播種ではやや傾向が異なり、高収量の得られた同年には同じ葉色値でタンパク質含有率は低かった。しかし、同年を除くと穂揃期の葉色により収穫期の

タンパク質含有率の予測が可能であった。2001年播種を除き、葉色52以上でタンパク質含有率が12%を超えたことから、葉色52以上ではそれ以上の窒素追肥は必要ないと考えられる(図2-31)。

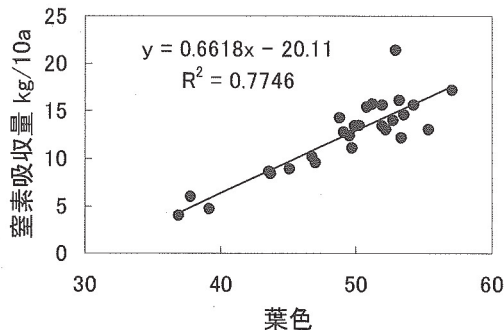


図2-29 穂揃期における葉色と窒素吸収量との関係

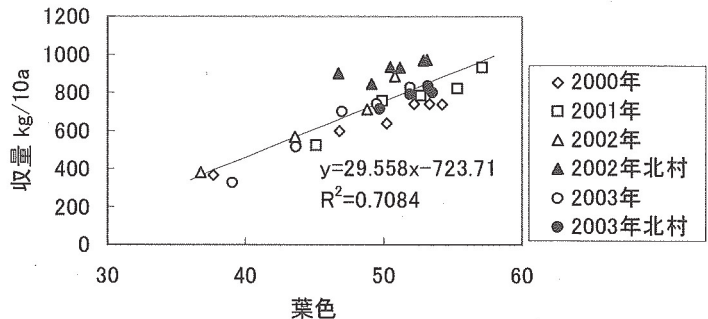


図2-30 穂揃期の葉色と収量の関係

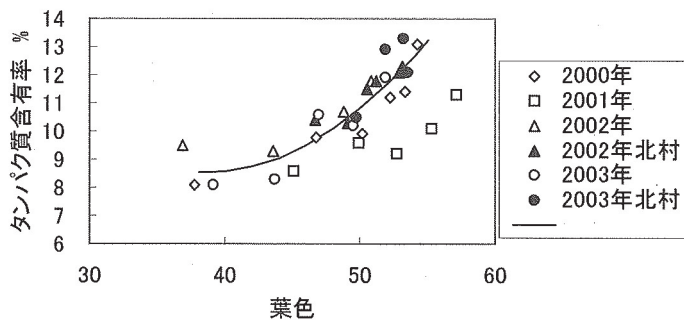


図2-31 穂揃期の葉色とタンパク質含有率の関係

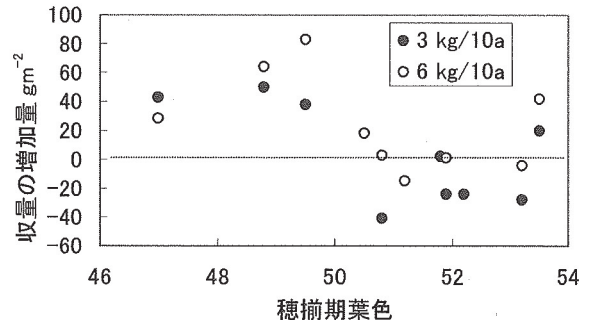


図2-32 穂揃期追肥窒素量による収量の増加程度

表2-12 収量、タンパク質含有率および穂揃期の窒素吸収量/窒素施用量と茎数(止葉期までに追肥を終了した処理)

窒素施用量 kg/10a	処理*	播種年次**	収量 kg/10a		タンパク質含有率 %		N吸収量/N施用量 (穂揃期)		茎数 本/m² (穂揃期)		
			北農研	北村	北農研	北村	北農研	北村	北農研	北村	
16	4-6-6	2000年	740		11.4		0.76		472		
		2001年	783		9.2		0.82		610		
4-6-0-6		2001年	819		10.1		0.77		461		
		2002年口	710	932	10.7	11.8	0.89	0.93	559	506	
		2002年ド		935		11.5		1.03		626	
		2003年	700	789	10.6	12.9	0.60	0.84	555	609	
4-6-3-3		2000年	740		11.2		0.82		556		
		2003年	739	799	10.2	12.1	0.78	0.91	563	607	
22	4-6-6-6	2000年	736		13.1		0.71		574		
		2001年	932		11.3		0.75		588		
		2002年口	885	968	11.8	12.1	0.70	0.93	552	588	
		2002年ド		970		12.3		0.99		613	
		2003年	826	833	11.9	13.3	0.71	0.73	688	636	

\*) 窒素処理は基肥一起生期-幼穂形成期-止葉期の各施用量 kg/10a

\*\*\*) 2002年北村は播種機2種類の処理がある(口:部分耕型ロータリシーダ、ド:ドリルシーダ)

### 3) 穂揃期追肥のタンパク質、収量への効果

穂揃期に追肥した処理において、収量およびタンパク質含有率の追肥による増加程度を図2-32、図2-33に示す。穂揃期の追肥によって収量は、葉色が50未満では増加し、増加量は3kg/10aの追肥で38~50kg/10a、6kg/10aの追肥で28~83kg/10aであった。葉色が50を超えると収量への効果はなくなる傾向であった(図2-32)。

穂揃期の追肥によってタンパク質含有率はすべての処理で上昇した。上昇程度は穂揃期の葉色が低いほど大きく、また、追肥量が3kg/10aより6kg/10aで大きかった(図2-33)。また、タンパク質含有率の実数で見ると、葉色値が50未満では6kg/10aの追肥で、また、葉色値50~52では3kg/10aの追肥でタンパク質含有率は12%を超えた。そして、葉色値52以上では追肥をしなくてもほぼ12%以上のタンパク質含有率が得られた(図2-34)。

### 4) 葉色診断の適用範囲

穂揃期までの生育量が小さい場合は、葉色診断を適用して追肥を行うと、その後の追肥窒素が十分に吸収されずに土壤中に残存する懸念がある。そこで、生育量が本試験の範囲に入る場合の適用を考えた。窒素16kg/10a以上の施用において、穂揃期までの吸収窒素のその時点までの施用窒素に対する割合を算出すると、0.60から1.03であったので(表2-12)、穂揃期に施用窒素量の少なくとも6割の量の窒素を吸収している必要があると考えた。穂揃期までの窒素施用量16kg/10aの場合、その6割は9.6kg/10aであり、図2-29の回帰式より、葉色値としては45と見積もられた。したがって、葉色値45以上の場合に、葉色診断を適用するのが望ましいと考える。窒素を16kg/10a施用しているのに、穂揃期の葉色が45未満の時は、与えた窒素を十分吸収できない土壌条件や気

象条件があると考えられるので、追肥は行わない。

また、本試験における穂揃期の茎数は窒素施用量16kg/10a以上の処理で461~688本/m<sup>2</sup>であった(表2-12)。茎数が少ない場合はやはり生育量が小さいと考えられ、与えた窒素を十分吸収できない可能性があるため、この範囲で茎数での適用が望ましい。

### 5) 跡地土壌の無機態窒素

本試験においては、窒素施用量22kg/10aまでの場合、「キタノカオリ」は施用した窒素量のほぼ90%以上の量の窒素を吸収した。跡地土壌(作土15cm)の硝酸態窒素は2002、2003年播種の北農研、北村いずれも1mg/乾土100g未満の低い値であった(表2-13)。アンモニア態窒素も2002年播種で1.57~1.99、2003年播種で0.53~0.6mg/乾土100gと低かった。しかし、北村2003年播種では25kg/10a以上の窒素施用で硝酸態窒素がやや高まる傾向があった。以上より、順調な生育をして高い収量が得られる場合は、窒素施用量22kg/10aまでは土壌への窒素負荷は小さいものと判断される(建部ら、2006a)。

### 6) 診断基準値と施肥対応

以上の結果を取りまとめ、「キタノカオリ」のタンパク質含有率12%を目標とした診断基準値と施肥対応を以下のように作成した。

葉緑素計SPAD502を用いて、穂揃期に展開第2葉の葉色を測定し、葉色値が52以上の時はそれ以上の追肥は行わない。葉色値が50~52の時は3kg/10a、葉色値が50未満の時は6kg/10aの穂揃期追肥を行う。本診断を適用する範囲として、穂揃期の茎数が460~690本/m<sup>2</sup>(収穫期穂数440~640本/m<sup>2</sup>)の範囲で、さらに穂揃期の葉色45以上の場合とする(表2-14)(建部ら、2006b)。

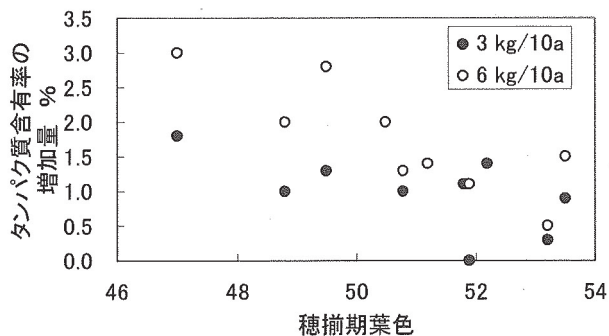


図2-33 穂揃期追肥窒素量によるタンパク質含有率の上昇程度

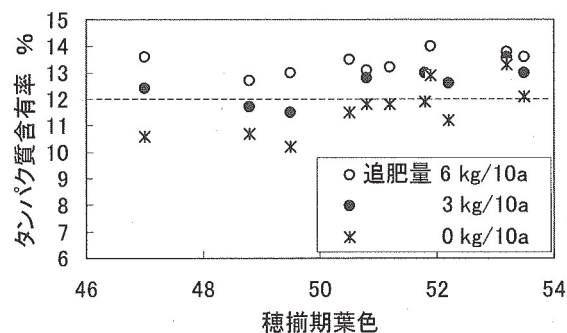


図2-34 葉色別に示した穂揃期追肥にともなうタンパク質含有率の上昇

表2-13 「キタノカオリ」収穫跡地土壌(作土15cm)の無機態窒素

年次圃場	処理	N施用量 kg/10a	NO <sub>3</sub> -N mg/100g	NH <sub>4</sub> -N mg/100g
<b>2002年播種</b>				
北農研	4	4	0.83	1.73
421圃場	4-6	10	0.73	1.51
	4-6-0-6	16	0.53	1.44
	4-6-0-6-3	19	0.60	2.08
	4-6-0-6-6	22	0.51	1.65
	4-6-6-6	22	0.44	2.81
	4-6-6-6-3	25	0.33	2.82
	4-6-6-6-6	28	0.46	1.91
	平均		0.55	1.99
<b>2003年播種</b>				
北農研	4	4	0.36	0.50
423圃場	4-6	10	0.36	0.68
	4-6-0-6	16	0.21	0.46
	4-6-0-6-3	19	0.14	0.63
	4-6-0-6-6	22	0.07	0.39
	4-6-6-6	22	0.07	0.47
	4-6-6-6-3	25	0.14	0.48
	4-6-3-3	16	0.35	0.52
	4-6-3-3-3	19	0.21	0.60
	4-6-3-3-6	22	0.28	0.52
		平均		0.22
<b>2004年播種</b>				
北村砂浜2	4-6	10	0.40	0.74
	4-6-0-6	16	0.48	0.72
	4-6-0-6-3	19	0.56	0.75
	4-6-0-6-6	22	0.49	0.60
	4-6-6-6	22	0.66	0.64
	4-6-6-6-3	25	0.82	0.61
	4-6-6-6-6	28	1.22	0.56
	4-6-3-3	16	0.38	0.50
	4-6-3-3-3	19	0.34	0.48
	4-6-3-3-6	22	0.42	0.39
	平均		0.58	0.60

エ 今後の課題

本試験を行った4年間はいずれも秋まき小麦の生育に好適な気象条件であったため、生育不良年の情報が得られなかった。今回、葉色診断の適用範囲を設定したが、生育不良年の場合の実証が必要となる。

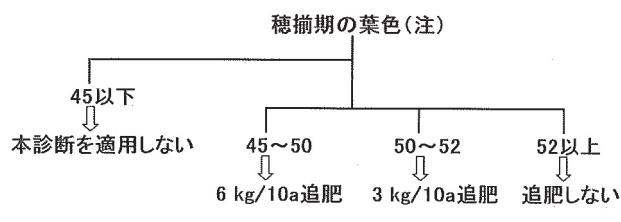
オ 要約

1)キタノカオリのタンパク質含有率12%を確保するためには、幼穂形成期の追肥量を控えながら止葉期までの窒素施用量を16kg/10a程度とし、あとは穂揃期追肥に回す必要がある。

2)穂揃期に葉色を測定し、診断基準値に従って穂揃期の追肥量を決定する(表2-14)。

3)順調な生育をして高い収量が得られる場合は、窒素施用量22kg/10aまでは土壌への窒素負荷は小さいものと判断される。

表2-14 「キタノカオリ」の葉色による栄養診断



〔穂揃期の茎数が460~690本/m<sup>2</sup>の範囲から外れる場合は、本診断を適用しない。〕

注:葉色はSPAD502を用いて、展開第2葉身(止葉直下葉)の中央部を中肋を避けて、15~20葉測定し、平均する。

カ 参考文献

田引正、高田兼則、西尾善太、桑原達雄、尾関幸男、田端聖司、入来規雄:製パン適性が優れる秋まき小麦新品種「キタノカオリ」(北海257号)、平成14年度新しい研究成果—北海道地域—、60~63、2004

安永義克:小麦のランク区分とこれからの方向、新しい小麦づくり(2004年版)、p.8~12、北海道小麦改良協会、札幌

建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之:パン用秋まきコムギ「キタノカオリ」の収量、タンパク質含有率を高める窒素施肥法、土肥誌77、273~281、2006a

建部雅子、岡崎圭毅、唐澤敏彦、渡辺治郎、大下泰生、辻博之:パン用秋まきコムギ「キタノカオリ」に対する葉色診断と施肥対応、土肥誌77、293~298、2006b

(建部雅子・岡崎圭毅・唐澤敏彦)



(3) マルチシーディング技術における根圏微気象条件の解明と大豆の初期生育促進技術の開発

1) マルチシーディング技術における根圏微気象条件の解明

ア 研究目的

マルチシーディング技術への適用が検討されている耕起法の一つとして、表層砕土部分耕がある。部分耕起を含む簡易耕が土壤環境に及ぼす影響についての報告は多数あるが(たとえば Blevins and Frye, 1993; 小川・渡辺 1987; Unger and McCalla, 1990)、そのほとんどが畑作地帯での調査であり、特に土壤が緊密化している転換初年目の転換畑土壤において、部分耕が土壤環境特性に及ぼす影響については十分に把握されていない。そこで本課題では、水田転作畑での大豆栽培を目的とし、転換初年目の部分耕起した土壤の温度・水分特性を測定し、適応性を検討した。

イ 研究方法

実験は北海道農業研究センター(北海道札幌市)内の、前年水田であった火山性土の大豆栽培圃場にて2001年と2002年に実施した。試験に先立ち、圃場はサブソイラーにて深さ30cmを心土破碎した。試験区は、表層砕土部分耕(ST)と、慣行である

ロータリー耕起(CT)の2処理とした。部分耕起では、25cm間隔にて幅10cm、深さ18cmに部分耕起(ST-TS)し、ST-TSの条間(ST-IR)は、雑草防除のため深さ5cmに砕土した。慣行法(CT)として深さ20cmに全面ロータリー耕起した。図2-35に畦断面の模式図を示す。耕起後、心土破碎されていない地点の深さ0~45cmの土壤を採取し、密度と間隙率、飽和透水係数を測定した。両区とも、2001年は5月23日、2002年は5月16日に大豆(品種:ユキホマレ)を条間50cm、株間20cmにて播種し、生育・収量を調査した。なお、ST区では、ST-TSの一つおきに、種子がST-TS上に位置するように播種した。ST-TSとST-IR、およびCTの地温を2001年は深さ3、13、23cmにて、2002年は深さ3、7、14、21、28cmにて熱電対を用いて測定した。2001年は土壤の深さ5-8cmの、2002年は深さ0-30cm、30-60cmの体積含水率をTDR(CS615、Campbell Scientific)にて測定し、2002年はさらに、深さ10、25、35cmの水ポテンシャルをテンシオメーターにて測定した。各測定項目は、データロガー(CR10X、Campbell Scientific)にて10分ごとの値を記録した。

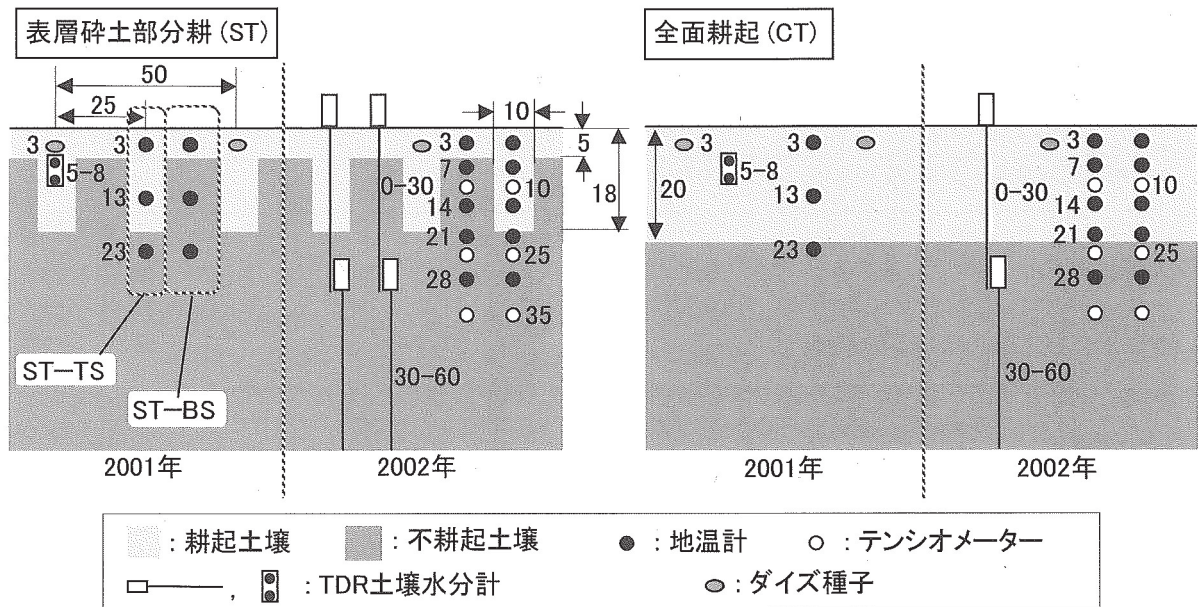


図2-35 表層砕土部分耕(ST)と全面耕起(CT)における土壤の耕耘状態および測器配置模式図(畦横断面)

注) 図中の数字の単位はcm。センサ等の横の数字は設置深さを示す。

ウ 結果及び考察

圃場の土壌の物理性を表 2-15 に示す。CT、ST それぞれ耕起土壌の乾燥密度は 0.67、0.69g・cm<sup>-3</sup>とほぼ同じで、不飽和透水係数もどちらも 10<sup>-2</sup>~10<sup>-1</sup>cm・s<sup>-1</sup>前後の大きな値であった。未耕起土壌は、密度が 0.96-1.04g/cm<sup>3</sup>と高く、不飽和透水係数も耕起土壌の 1/500 程度と小さかった。特に深さ 25-45cm の土壌は透水係数が 10<sup>-5</sup>と恣意償ことから、下層への水の浸透の妨げになると予測される。

播種から 6 月いっぱいまでの地温（深さ 13~14cm）を、土壌の体積含水率も合わせて図 2-36 に示した。ST-TS と CT との地温の差は -0.4~+0.4℃まで変動し、土壌が乾燥していると ST の地温は CT よりも低く、降雨により土壌水分が高まると CT よりも高まる傾向が見られた。

播種から 6 月いっぱいまでの期間で平均した地温の鉛直分布を図 2-37 に示す。地温が上昇過程にあるため、表層ほど地温が高くなっている。耕起法による地温の差は期間で平均すると 0.25℃程度でごくわずかであった。両年とも、この期間の終わり頃の大

豆の生育に、CT と ST の差はほとんど見られなかった（表 2-16）。大豆の生育好適地温とされる 22-27℃（Earley and Cartter, 1945）に対し、播種から 6 月末までの地温は 13-18℃と低かったが、CT と ST の地温の差は小さく、ほとんど生育に影響をおよぼさなかったと判断される。簡易耕起では、一般的に従来法より地温が低くなるとされ、その原因は表層を覆う作物残渣が日射を遮ることと土壌水分が高いことが地温上昇を妨げたためとされている。本研究の対象としている部分耕起では、表層に作物残渣がないことと、土壌の乾燥があらかじめ進んでいたことが、CT と同等の地温上昇をもたらしたのだろう。

表 2-16 各耕起法におけるダイズの初期生育

試験年度	処理区	地上部乾物重 (g/plant)	
		平均	標準誤差
2001	ST	1.07	0.14
	CT	1.01	0.12
2002	ST	1.00	0.06
	CT	0.93	0.10

調査日: 2001年6月30日、2002年6月26日

表 2-15 試験圃場の土壌物理性

土壌	処理	深さ (cm)	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	間隙率 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	飽和透水係数		
					平均	平均 ± 標準偏差*	(10 <sup>-3</sup> cm/s)
耕起土壌	CT	0-20	0.67	0.74	84	50 - 140	
耕起土壌	ST-TS	0-15	0.69	0.73	64	38 - 106	
不耕起土壌	ST-BS	5-15	0.94				
不耕起土壌	ST-BS	15-25	0.96	0.63	0.16	0.05 - 0.50	
不耕起土壌		25-45	1.06	0.62	0.04	0.02 - 0.08	
不耕起土壌		45-(70)	1.00	0.64	0.10	0.02 - 0.51	

\*飽和透水係数は対数正規分布に従うとして、対数平均と対数標準偏差から求めた。

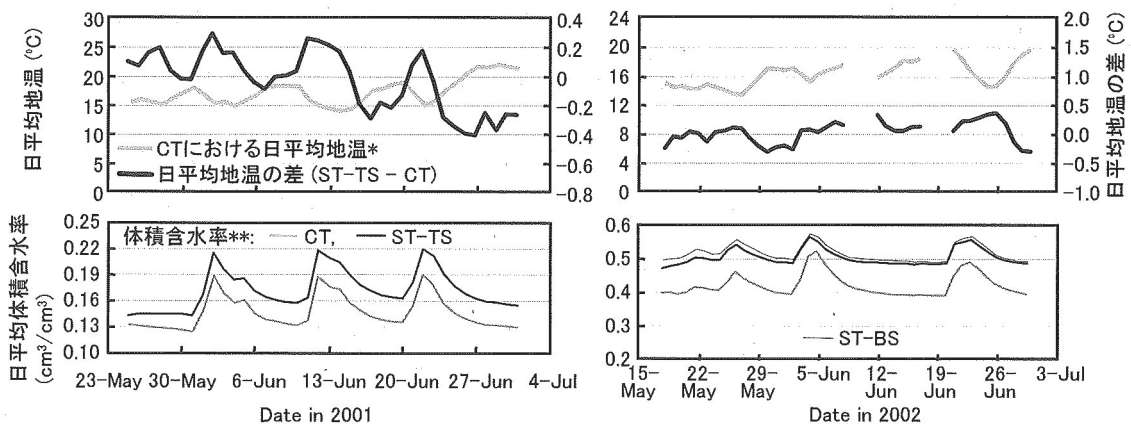


図 2-36 播種から 6 月にかけての全面耕起における日平均地温、全面耕起と表層碎土部分耕との差 (ST-TS - CT) および土壌の体積含水率の推移

\* 地温の測定深さは、2001年は13cm、2002年は14cm。

\*\* 含水率は、2001年は深さ5-8cmの平均、2002年は0-30cmの平均。

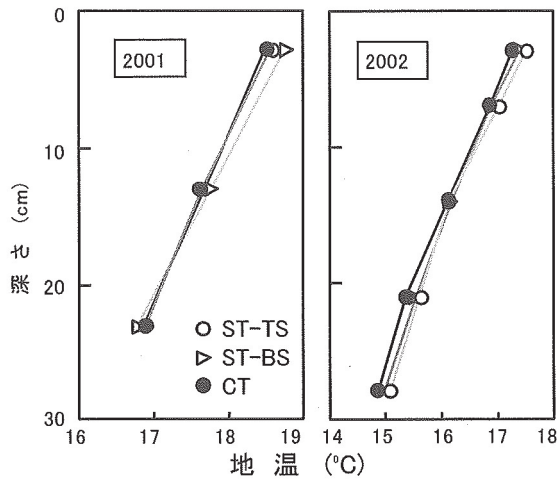


図 2-37 各耕起法における、播種から6月いっぱいまでの平均地温の垂直分布

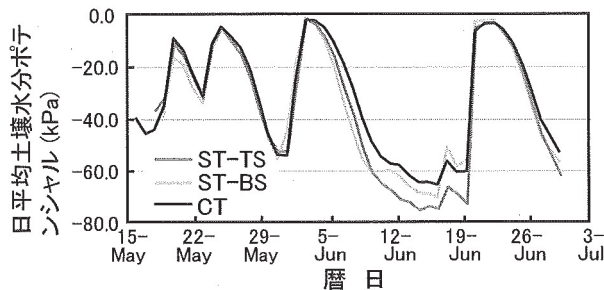


図 2-38 各耕起法における深さ10cmの土壤水分ポテンシャル (2002年)

土壤の含水率は兩年ともSTで高かった。しかし、乾燥時における土壤含水率の最低値もSTで高く、底打ちとなる時期もSTとCTとで同じであること、また、2002年の結果から、深さ10cmにおける水ポテンシャルがST-TS、ST-IR、CTとでほぼ同じであったことから(図2-38)、作物への水分供給の条件は、STとCTとで大きな差はないと考えられる。

本実験で用いた圃場の深さ25-45cmの土壤は透水係数が小さいので、水の地下浸透が妨げられる可能性がある。特に、気相率の低いST区では湛水害がおこる危険性が高い。本圃場では、土壤が乾燥状態(深さ10cmのマトリックポテンシャルが $-500\text{mmH}_2\text{O}$ 未満)にあるときの深さ0-30cmの平均土壤含水率は、CTで $0.38\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ 、STで $0.46\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ であることから、表2-17より、このときの土壤の気相率はそれぞれ0.31と $0.18\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ と計算され、これは、0-30cmまでの土壤で貯留可能な水量がCTで93mm、STで55mmであることを意味する。2002年9月28日-29日には合計雨量95mmの雨が降り、この降水によって両区とも地下30cmから地表まで飽水状態になっ

た。しかし、降雨終了後、主根域の0-30cmの土壤水分は速やかに減少し、24時間後(9/30、16:00)の体積含水率はCTで $0.53\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ 、STで $0.55\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ となった(図2-39)。これは、心土破碎により、水が下層に排水されたためと考えられる。小川(1969)は、大豆根系の気相率を5日間12%に下げても生育に明らかな影響はなかったとしている。降雨24時間後の土壤の気相率は、CTで0.18、ST-TSで0.15であり、ST-IRでも42時間後には0.1を上回ることから、速やかな排水により、大豆の生育に湛水の影響はなかったと考えられる。

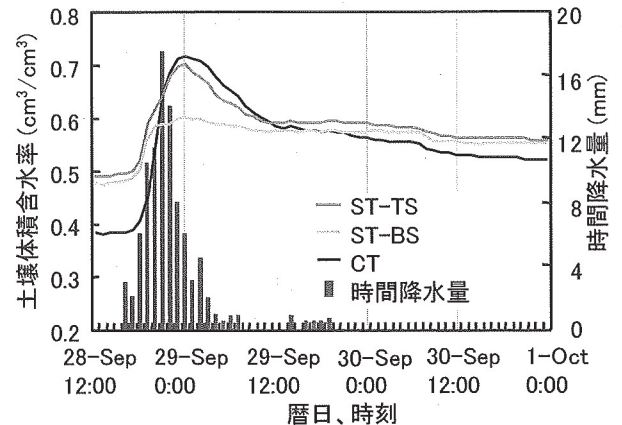


図 2-39 95mmの降水前後における各区の土壤水分(表層30cm平均)の経時変化

表 2-17 各耕起法における収量

試験年度	処理区	子実収量 (g/plant)	
		平均	標準誤差
2001	ST	28.6	4.3
	CT	30.5	3.6
2002	ST	41.2	8.0
	CT	36.3	5.5

大豆の収量を表2-17に示す。2001年は、CTの30.5kg/aに対し、STは28.6kg/aと少なかったが、2002年は逆にCTの36.3kg/aに対し、STは41.2kg/aと、CTを上回った。すなわち、収量の面で部分耕起が有利かどうかは年次によって異なり、測定誤差等も考慮すると、全面耕起と同程度と考えてよいと判断される。

以上より、火山性土壤の水田転作畑では、心土破碎など排水に関する措置を前提とすれば、部分耕起された土壤は従来の全面耕起によるものと同様の地温・水分環境を提供すると見なしてよいと考えられる。一方、表層碎土部分耕起は転作畑での大豆の生

育環境について特段の改善効果もないことから、この面からは部分耕起を積極的に取り入れる理由は無いと判断された。

#### エ 今後の課題

以上の結果は火山性土壌で得られた結果である。重粘土等では結果が異なる可能性もあるが、転換畑では予め心土破碎や乾燥を促すためのチゼルプラウ耕を行うのが一般的であり、全面耕起と大きな差は生じないと思われる。また、2004年時点の部分耕ロータリーでは、下層土が湿っていると碎土が不完全となる問題が残っており、いずれにせよ碎土性が確保された上での評価となるだろう。

#### オ 要約

表層碎土部分耕が水田転作畑土壌の地温・土壌水分に及ぼす影響を調査・検討した。火山性土壌の転作畑において、表層碎土部分耕と慣行の全面耕起との間に地温・土壌水分環境の大きな差はなかった。多量の降水の際に懸念されていた部分耕起部分への滞水も、耕起前に心土破碎等が行われていれば問題は見られなかった。しかし、大豆の出芽・生育・収量に全面耕起と大きな差は見られなかったことから、大豆栽培上あえて表層碎土部分耕を導入する積極的な理由はないと判断された。

#### カ 参考文献

Blevins, R.L. and Frye, W.W.: Conservation tillage: An Ecological approach to soil management. Adv. Agron., 51, 33-78, 1993

Earley, E.B. and Cartter, J.L.: Effect of the temperature of the root environment on growth of soybean plants. J. Am. Soc. Agron., 37, 727-735, 1945

小川和夫, : 鈹質畑地土壌における地力要因の解析的研究, 東海近畿農試研報 18, 192~352, 1968

小川和夫, 渡辺治郎, : 簡易耕栽培の意義と問題点, 土壌の物理性 55, 13~24, 1987

Unger, P.W. and McCalla, T.M.: Conservation tillage systems Adv. Agron., 33, 1-58, 1990

(鮫島良次・濱寄孝弘)

## 2) 大豆の初期生育促進技術の開発

### ア 研究目的

大豆栽培において収量確保のためには初期の出芽苗立ちの確保は重要である。転換畑では碎土不良、過湿、土壌表面のクラスト化が問題とされ、一方で道内では5月中旬~6月上旬は乾燥による出芽抑制も問題となる。

そこで出芽苗立ち向上を目的とし、覆土前に播種条を部分鎮圧し、その上に覆土する「覆土前鎮圧法」(図2-40参照)の適応性を検討した。覆土前鎮圧法では、大豆種子を土壌に直接鎮圧・密着させるので、下層の土壌から速やかな水分供給が期待でき、また膨軟な覆土により、表土のクラスト等の物理的な出芽抑制が起こりにくいと考えられる。

### イ 研究方法

試験は、圃場試験およびコンテナ試験の大きく2つに分けて行った。

#### 1) 圃場試験

北農研美唄分室および北農研本場(札幌市羊ヶ丘)の枠圃場の2ヵ所にて2003年に行った。

美唄分室圃場(泥炭客土)では、鎮圧法は慣行の全面鎮圧と部分鎮圧、覆土前鎮圧の3種類とし、部分鎮圧・覆土前鎮圧とも鎮圧幅は5cmと10cmの2水準とした。1区は幅2m×長さ3mとし、条間50cm×株間10cmの1粒播きにて6月3日に「ユキホマレ」を播種した。播種深さからさらに3cm下までの土壌水分を簡易土壌水分計(Decagon Devices社製ECHOプローブEC-20)にて、また、播種深さの地温を熱電対にて各処理1点ずつ測定した。出芽の経過として、出芽開始から出芽揃いまで日々出芽数を調査した。

羊ヶ丘枠圃場では、土壌は洪積土、沖積土、火山性土の3種類とし、それぞれ2m×3mの枠を2枠ずつ用いた。鎮圧法は全面鎮圧、部分鎮圧、覆土前鎮圧の3種類とし、部分鎮圧・覆土前鎮圧とも鎮圧幅は5cmとした。条間30cm×株間10cmにて6月12日に「ユキホマレ」を1粒播きし、同一土壌で2枚ある枠のうち一方を雨よけして播種直後の降雨(8.5mm)を遮断し、乾燥の影響を調査した。また、地温・土壌水分、出芽の経過を美唄圃場での試験と同様の方法にて調査した。

#### 2) コンテナ試験

上述の試験はかなり乾燥した条件下での試験となつたため、覆土前鎮圧法の湿潤条件下でのクラスト形

成抑制等の効果の確認を目的に、コンテナ栽培試験を行った（2004年）。

幅30cm×奥行50cm×深さ30cmのコンテナ4台に土をつめ、各コンテナに大豆（品種：ユキホマレ）を全面鎮圧と覆土前鎮圧にて1列ずつ播種した。土壌の種類は泥炭圃場表土（美唄分室）3台、淡色黒ボク土（羊ヶ丘土壌）1台とし、いずれも粒径が1cm未満に篩った風乾土を用いた。試験は、播種前の土壌の含水比および播種後の散水量を変えて、以下の2回行った。

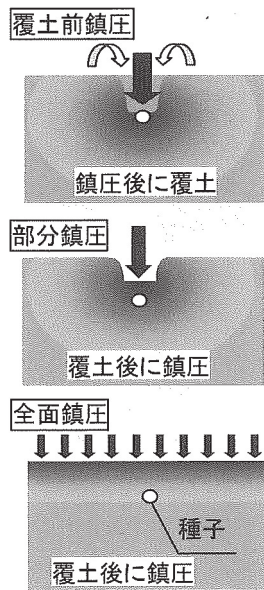


図2-40 覆土前鎮圧の模式図（断面図）

a) 土壌の含水比を25%に調整後、移植ゴテで攪拌し、覆土前鎮圧および全面鎮圧にて播種した（3cm間隔の1粒播き）。播種後、黒ボク土は雨量60mm、泥炭（表土）は60、40、20mm相当の散水を行った。  
b) 土壌の含水比を30%に調整後、移植ゴテで攪拌し、覆土前鎮圧および全面鎮圧にて播種した（6cm間隔の1粒播き）。播種後の散水量は黒ボク土20m、泥炭（表土）は20、10mmおよび無散水とした。

なお、両試験とも、鎮圧力は覆土前鎮圧と全面鎮圧それぞれ0.5、0.15kg/cm<sup>2</sup>とした。播種深度（約3cm）の地温と、播種深度～+3cmの土壌水分を測定し、日々の出芽率を調査した。また、出芽調査終了後、土壌表面の土壌硬度（貫入抵抗kgf/cm<sup>2</sup>；使用コーン先端角30度、断面積2cm<sup>2</sup>）を測定した。  
3) 降水量と土壌の硬度との関係（ポット灌水試験）

直径10cm、深さ14cmのポットに、粒径1cm未満に篩った風乾土を密度0.9g/cm<sup>3</sup>に詰め、粗めの霧吹

きにて散水した。80℃の乾燥器で土壌を乾燥後、土壌硬度を測定した。土壌は泥炭（表土）、淡色黒ボク土、グライ土（長沼産）の3種類とし、散水量6水準（無散水、降水量10、20、30、40、60mm相当）、鎮圧2水準（なし、0.5kg/cm<sup>2</sup>）を適宜組み合わせた。

## ウ 結果及び考察

### 1) 圃場試験

美唄の泥炭客土における試験では、播種深度付近の土壌乾燥密度は、全面鎮圧で0.87g/cm<sup>3</sup>、部分鎮圧は5cm幅、10cm幅とも1.02g/cm<sup>3</sup>であった。覆土前鎮圧では、部分鎮圧よりも播種深度の土壌を圧密化すると予想に反し、10cm幅で0.95g/cm<sup>3</sup>、覆土前鎮圧・5cm幅で0.97g/cm<sup>3</sup>と、部分鎮圧よりも密度が低かった。部分鎮圧で覆土前鎮圧よりも播種深度付近の土壌密度が低かった原因は不明である。一方、覆土前鎮圧における出芽経過は、部分鎮圧と同等か、むしろ速やかであった（図2-41）。出芽が遅れていた部分鎮圧10cm幅や全面鎮圧において、6月13日の降雨後に出芽数が急激に増えたこと、および、降雨前の土壌水分（6月3日～12日平均）と出芽率との間に相関が見られることから（図2-42）、本実験では土壌水分の不足が出芽抑制の原因と考えられ、覆土前鎮圧は土壌水分不足の改善により出芽を促進したと考えられた。

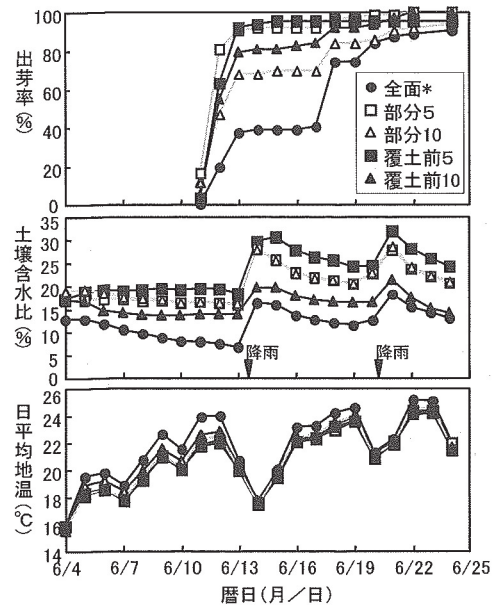


図2-41 覆土前鎮圧と全面鎮圧における出芽の推移（\*全面：全面鎮圧、部分：部分鎮圧、覆土前：覆土前鎮圧、凡例の数字は鎮圧幅（cm））

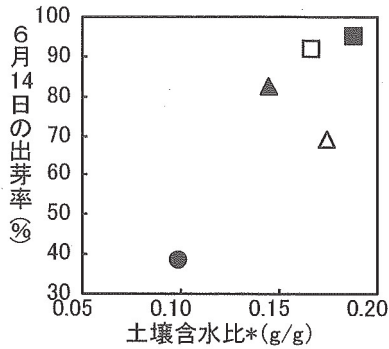


図 2-42 降雨前の土壌含水比\*と出芽率との関係 (\*含水比: 6/4-6/13平均値。凡例は図 2-41と同じ)

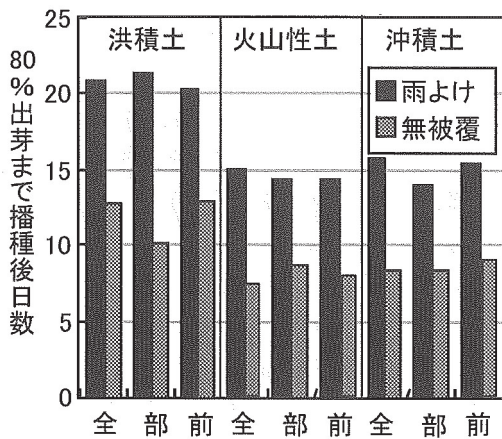


図 2-43 各鎮圧法におけるダイズの80%出芽まで日数(全: 全面鎮圧、部: 部分鎮圧、前: 覆土前鎮圧)

羊ヶ丘の柵圃場における試験でも、雨よけ区では無被覆区より6-11日程度出芽が遅れ、雨よけ除去後の降雨のあと急激に出芽したことから、土壌の乾燥が出芽を制限していたと考えられる。しかし、柵圃場での試験では、鎮圧法による出芽の差はほとんど認められなかった(図 2-43)。

これは、雨よけ区では鎮圧法の違いが意味をなさないほど乾燥ストレスが強く、降雨後は逆に十分に湿潤になったためと考えられる。

## 2) コンテナ試験

土壌の含水比を25%とした試験では、いずれの処理においても最終出芽率は80%を超え、鎮圧法の違いによる差は認められなかった(表 2-18)。一方、含水比が30%の試験では、泥炭(表土)では全面鎮圧で出芽しなかったのに対し、覆土前鎮圧法では50~100%出芽した。表土の硬度(貫入抵抗)は、含水比25%の試験では4.1kgf/cm<sup>2</sup>以下だったのに対し、

含水比30%では4.0?16.0kgf/cm<sup>2</sup>と高く、土壌硬度と最終出芽率の間には負の相関が見られた(図 2-44)。散水量は含水比25%の試験で圧倒的に多く、また含水比30%では無散水でも土壌硬度が高かったことから、土壌の固化の原因は、散水によるスレーキング・土壌粒子の分散・再堆積よりも、塑性限界近くでの土壌の攪拌と鎮圧による圧密化によって生じていたと考えられる。

土壌硬度の測定は、出芽時よりも土壌の乾燥が進んだ状態で行ったため、あくまでも目安程度の数値であるが、土壌硬度と出芽率の相関を示す回帰直線から、土壌硬度が6 kgf/cm<sup>2</sup>以上で出芽率80%以下となると評価された。

表 2-18 播種前の土壌含水比および播種後の散水量が、覆土前鎮圧の土壌硬度およびダイズ出芽改善効果に及ぼす影響

土壌含水比 (重量%)	土壌	散水量 (mm)	鎮圧法	土壌硬度 (貫入抵抗) (kgf/cm <sup>2</sup> )	ダイズ出芽率 (%)	
25	泥炭客土	20	全面	2.0	92	
			覆土前	1.2	100	
		40	全面	3.0	100	
			覆土前	1.9	92	
			全面	4.1	100	
			覆土前	2.7	83	
30	黒ボク土	60	全面	3.1	92	
			覆土前	4.1	83	
		0	全面	16.0	0	
			覆土前	4.0	100	
30	泥炭客土	10	全面	13.8	0	
			覆土前	8.6	50	
		20	全面	16.1	0	
			覆土前	8.5	83	
			黒ボク土	全面	12.3	17
				覆土前	15.6	17

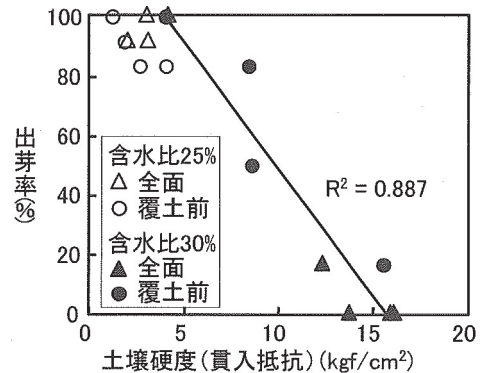


図 2-44 土壌硬度と出芽率との関係

### 3) 降水量と土壌の硬度との関係 (ポット灌水試験)

グライ土は泥炭 (表土) や黒ボク土と異なり、乾燥状態への降雨であっても、降水量 10~30mm 相当で土壌硬度が 6 kgf/cm<sup>2</sup> 以上と、クラスト化し易いことが明らかとなった。また、グライ土と黒ボク土は散水量の増大に伴い土壌硬度も上昇したのに対し、泥炭 (表土) は 20mm 以上散水しても土壌硬度がほとんど変わらないなど、土壌の質によって散水の影響の傾向が異なっていた (図 2-45)。今回のポット試験では、散水前の土壌への加水・攪拌をしていないが、その影響も土壌によって異なると推察される。

以上より、覆土前鎮圧法は、乾燥条件下においてその出芽促進効果は部分鎮圧と同等かそれ以上であると判断された。また、過湿条件下での耕耘・播種において、覆土前鎮圧法は表土の固化 (クラスト化) による出芽抑制の回避に効果があることが明らかとなった。泥炭 (表土) では含水比 30% 以上で耕耘によるクラスト化の危険性が高くなると考えられ、また、土壌の種類によってクラスト化する条件、すなわち覆土前鎮圧法が有効である条件が異なることが示された。

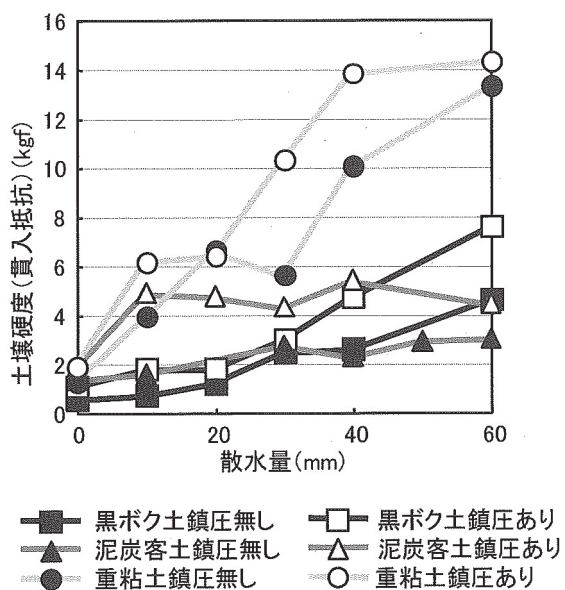


図 2-45 散水が土壌硬度 (貫入抵抗) へ及ぼす影響

### エ 今後の課題

以上の結果は主に泥炭土 (表土) で得られた結果である。さらに物理性が悪いとされる重粘土 (グライ土) 等でも出芽・苗立ち効果が見られるのか、また、効果がある土壌水分範囲や、砕土率との関係を明らかにする必要があるだろう。

### オ 要約

覆土前に播種条を部分鎮圧し、その上に覆土する「覆土前鎮圧法」の大豆出芽・苗立ち改善効果を検討した。泥炭土壌 (表土) では、乾燥条件下において覆土前鎮圧の出芽は全面鎮圧を上回り、部分鎮圧と同等以上であった。また、耕耘によるクラスト化の危険性が高い過湿条件下においても、クラスト化による出芽抑制の回避に効果がある事が明らかとなった。

### カ 参考文献

なし。

(濱寄孝弘・大下泰生)

### 第3章 寒地の大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の確立

1 マルチシーディング技術を基幹とする大規模稲・麦・大豆水田輪作営農体系の実証と大規模水田輪作営農体系の確立

(1) 水稲の乾田直播

ア 研究目的

米の生産調整が引き続き実施されるなかで、北海道の水田作を維持していくためには水田輪作体系の確立が求められている。そこで、水稲・小麦・大豆に関するマルチシーディング技術を案出し、水稲－大豆－春播小麦－秋播小麦の水田輪作体系を検証する。ここでは、水稲の乾田直播、小麦、大豆の播種作業に汎用的に利用できるよう開発された浅耕マルチシーダの、乾田直播における播種性能と適応性の検討と、水稲の乾田播種早期湛水栽培(乾直)を現地で実証し、生育予測技術と低コスト化に向けた酸素発生剤無粉衣播種技術を開発する。

イ 研究方法

1) 浅耕マルチシーダの乾田直播に対する適応性：浅耕マルチシーダを供試して乾田直播の播種作業を行い、碎土性、作業能率、出芽率等を調査した。試験は北農研美唄分室(泥炭土)、北村現地圃場(泥炭土)および北農研札幌圃場(黒ボク土)で行った。  
2) 乾田直播栽培の生育予測：低温年であった2003年の美唄、鷹栖、北村および札幌の乾直および移植水稲の不稔割合および登熟割合を調査した。栽培方法は以下の通りである。

①美唄圃場：水田土壌管理研究室美唄分室の高位泥炭土水田において、新品種「はなえまき」の他に既存品種を供試し、5月13日に播種した。窒素施肥量は9.4kg/10aとした。

②鷹栖圃場：前年移植栽培した褐色低地土水田において、新品種の「はなえまき」と既存の「ほしのゆめ」を供試し、5月6日に播種した。窒素施肥量は9.4kg/10aとした。

③北村圃場：移植栽培跡の高位泥炭土水田において、「ななつぼし」、「あきほ」、「ほしのゆめ」を供試し、5月10日に播種した。窒素施肥量は8.7kg/10aとした。

④札幌：小麦跡の水田に「ほくちょうもち」、「ほしのゆめ」、「ゆきまる」、「あきほ」、「はなえまき」を供試し、4月28日と5月19日に播種した。窒素施肥量は7kg/10aとした。

いずれの圃場においてもチゼルプラウ耕起、明きよの作溝、圃場均平などの前処理を行った。

播種期から出穂期、出穂期から登熟期までの有効積算温度を求め、1978～2005年の気象条件をもとに水稲の登熟割合を予測した。

3) 酸素発生剤無粉衣播種：酸素発生剤の粉衣区と無粉衣区を設けて出芽性を比較した。供試圃場は北農研札幌(水田復元初年目圃場)、播種期は2005年4月26日、圃場の乾燥に応じて入水する間断入水を行い、5月28日に湛水した。

ウ 結果及び考察

1) 浅耕マルチシーダの乾田直播に対する適応性

水稲の乾田直播において、浅耕マルチシーダの作業速度は0.61m/sで10a当たり作業時間は約15分であり、慣行機に比べて28%短縮された(表3-1)。さらに、水稲の出芽率は慣行の作業体系を上回った(表3-2)。以上の結果から、浅耕マルチシーダは乾田直播に適用でき、作業能率の向上に有効と判断された。

表3-1 浅耕マルチシーダを用いた新体系と慣行体系の作業時間

作物	体系	作業機	作業名	作業幅 (m)	速度 (m/s)	作業時間 (分/10a)
水稲	新体系	浅耕マルチシーダ	碎土・施肥・播種	2.8	0.61	14.9
(乾田直播)	慣行体系	慣行機(ロータリシーダ)	碎土・施肥・播種	2.0	0.63	20.8



表 3-2 浅耕マルチシーダ播種性能および直播水稻の出芽性

試験場所	北農研・美唄分室	
播種期(年.月.日)	2005.5.12	
作業体系 播種機	新体系 マルチシーダ	慣行体系 ロータリシーダ
耕深(cm)	4.9	11.4
平均土塊直径(cm)	1.3	1.3
播種量(kg/10a)	10.0	18.8
出芽数(本/m <sup>2</sup> )	198	238
出芽率(%)	58.9	35.9

水稻の品種は「大地の星」

2) 乾田直播栽培の生育予測による冷害リスク

2003年は4月第6半旬から5月第2半旬まで数日おきに降雨があり、気温はやや低かった。5月中旬から6月中旬まで好天が続き、気温が高く、日照時間も長かった。6月第6半旬から8月第1半旬まで著しい低温となり、8月もやや低温で推移した。9月から10月はほぼ平年並みの気温であった。実証試験地で比較すると、北村は水稻の生育期間を通して美唄や鷹栖より気温が低く、鷹栖では7月下旬の気温が著しく低かった(図3-1)。

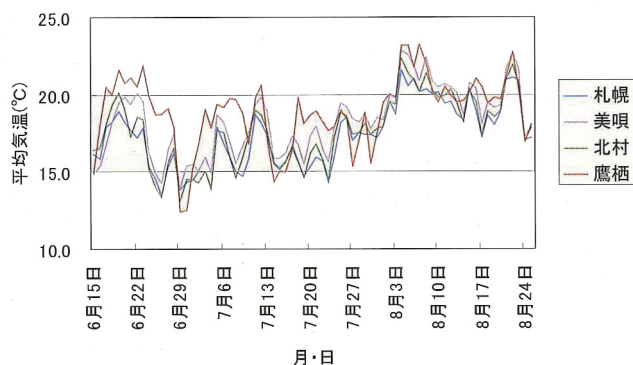


図 3-1 2003年の日平均気温の推移(アメダス観測値より)

水稻について冷害危険期の平均気温と不稔割合との関係を見ると、不稔割合は冷害危険期の平均気温18°C以下の条件で高く、2003年の気象条件における不稔の割合は直播栽培に比べて移植栽培で顕著に高まった(図3-2)。

次に、出穂後40日間の積算温度と稔実粒に対する登熟割合との関係を見ると、登熟割合の割合は積算温度が720°C以上で高くなった(図3-3)。調査場所

のなかで最も登熟粒の割合が低い北村について1978~2005年の28年間の気象条件で出穂期と登熟期を推定したところ、直播栽培において推定登熟期が10月16日以降となる回数は「ゆきまる」で3回、「大地の星」で4回、「ほしのゆめ」で6回と予測された(表3-3)。登熟期が10月16日以降にずれ込む場合は登熟不足が予測される。このことから、中生品種の直播栽培は冷害リスクが高いと推測された。

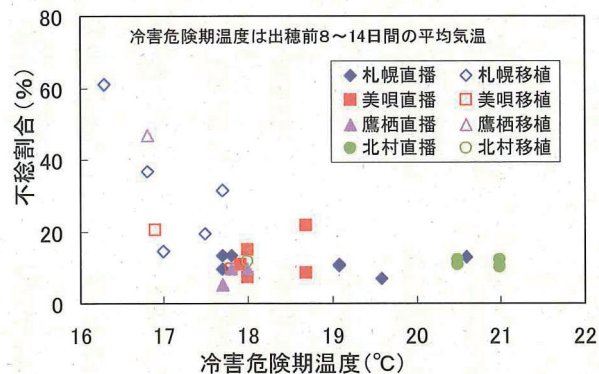


図 3-2 水稻冷害危険期の平均気温と不稔割合

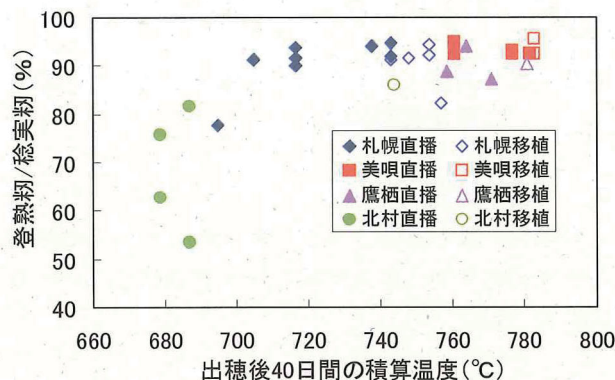


図 3-3 出穂後の積算温度と登熟

表 3-3 北村における出穂期と登熟期の推定結果

品 種	ゆきまる	大地の星	ほしのゆめ
設定播種期	5/7	5/7	5/7
出穂期	8/4	8/5	8/9
登熟期	9/18	9/21	9/21
不稔割合	5.5%	5.1%	5.4%
登熟割合	89.5%	89.4%	86.9%
登熟不足	3回	4回	6回

※推定期間：1978~2005年

※推定登熟期が10月16日以降のときは登熟不足とした。

※出穂期および登熟期は播種期~出穂期までの有効積算温度(A:基準温度5.5°C)、出穂期~登熟期までの有効積算温度(B:基準温度8.3°C)をもとに予測し、各品種の有効積算温度は次のようにした。

ゆきまる(A:948°C、B:496°C)

大地の星(A:967°C、B:507°C)

ほしのゆめ(A:1019°C、B:476°C)

### 3) 酸素発生剤無粉衣播種の可能性

播種後、出芽するまで間断入水を行うことにより、無粉衣種子の苗立ち率は酸素発生剤粉衣種子と同等となり、その後の生育および収量にも酸素発生剤粉衣の影響が認められなかった（図3-4）。ただし、収量水準が低く、間断入水による速効性肥料の溶脱が影響したと考えられる。

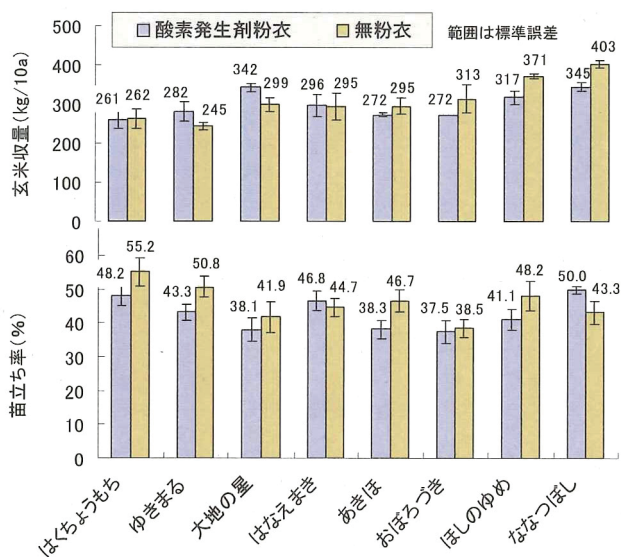


図3-4 間断入水を行った直播水稻の苗立ち率と収量(2005年)

### エ 今後の課題

酸素発生剤の省略と苗立ち向上のための間断灌漑法と施肥効率向上のための肥培管理技術について新規課題で対応する。

### オ 要約

浅耕マルチシーダの10a当たり作業時間は慣行機に比べて28%短縮され、水稻の出芽率は慣行の作業体系と同等であったことから、浅耕マルチシーダは乾田直播に適用でき、作業能率の向上に有効と判断された。2003年の気象条件における不稔の割合は直播栽培に比べて移植栽培で顕著に高まった。一方、中生品種の直播栽培は登熟期が10月16日以降にずれ込む遅延型の冷害リスクが高いと推測された。

### カ 参考文献

なし。

(大下泰生・辻博之)

### (2) 春まき小麦と秋まき小麦

#### ア 研究目的

水田地帯の大規模輪作営農は水稻、秋まき小麦、大豆がその中核となる。秋まき小麦の中では北農研で育成されたパン用秋まき小麦「キタノカオリ」は多収であり、需要に対して供給が少ない国産パン用小麦生産を担う品種として期待されている。しかし、秋まき小麦前作に適切な作物がないことから適正な輪作が行われにくい、畑地の固定化や麦類の連作が行われることも多い。春まき小麦は秋まき小麦の前作に導入可能で、その初冬播栽培は春播栽培に比べて多収であり、DON汚染による品質の劣化が少ないと言われており、近年需要が伸びている国産パン用小麦の生産安定化に重要な技術である。また、従来の春播栽培の播種作業は融雪に左右され、水稻育苗や春耕と作業時期が重複したが、初冬播栽培は夏作物の収穫作業が終了した11月上旬に播種を行うため、作業競合は起こりにくい。しかし、初冬期の天候が不順な場合は播種作業を行うことができないなどの問題が残されている。チゼルプラウシーダを用いた散播は、条播方式に比べて不順な天候でも播種が可能であり、安定した作業を行う上で有効な技術と考えられてきた。しかし、悪条件での作業に用いられることが多く、出芽が不安定であるなどの問題点も指摘されてきた。そこで、本研究では現地実証試験におけるチゼルプラウシーダによる春まき小麦の初冬播栽培の結果から、生産安定化をはかるための条件の抽出を試みた。さらに、本試験課題で開発した汎用播種機による秋まき小麦の播種についても検討した。

#### イ 研究方法

##### 1) 試験1：春まき小麦初冬播栽培実証試験

2001年度から2005年度（年度は収穫年度で以下同様）にかけてのべ14ヶ所の現地圃場においてチゼルプラウシーダによる初冬播栽培の実証栽培を行い、その一部には越冬後（4月中～下旬）に春播区を設けて初冬まき栽培と収量性を比較した。試験場所と供試品種については表3-4に記載した。

##### 2) 試験2：越冬個体数と生育、収量及び総窒素吸収量の関係

2005年度に北農研圃場において栽培した初冬まきした春まき小麦（品種：春よ恋）について、越冬個体数の異なる春まき小麦に、窒素を6～18kg/10a施

表 3-4 現地実証試験の概要と収量及び収量構成要素

試験 地点名	試験年次	土壌の 種類	品種	春播 収量 kg/10a	初冬播					原粒タン パク含 有率%	成熟期
					収量 kg/10a	有効 穂数 本/m <sup>2</sup>	出芽 本数 本/m <sup>2</sup>	播種 粒数 個/m <sup>2</sup>	越冬 率 %		
① 士別市	2001年	褐色低地土	農家圃ハルユタカ	340	355	430	296	422	70%	15.1	7月31日
② 北村	2001年	泥炭土	農家圃ハルユタカ	330	405	515	174	515	34%	11.6	7月28日
③ 岩見沢市	2001年	泥炭土	農家圃ハルユタカ	367	508	563	186	436	43%	16.8	7月27日
④ 北村	2002年	泥炭土	農家圃ハルユタカ	515	730	694	291	515	57%	13.3	7月27日
⑤ 下川町	2003年	灰色低地土	農家圃ハルユタカ	—	352	291	233	499	47%	13.3	8月2日
⑥ 士別市	2003年	褐色低地土	農家圃 春よ恋	—	304	309	140	502	28%	13.1	8月2日
⑦ 鷹栖町	2003年	褐色低地土	農家圃 春よ恋	—	323	300	145	500	29%	13.3	8月3日
⑧ 美唄市	2003年	泥炭土	北農研 春よ恋	—	646	543	158	462	34%	12.9	8月1日
⑨ 北村	2003年	泥炭土	農家圃 春よ恋	—	672	571	120	500	24%	13.8	8月2日
⑩ 栗山町	2003年	灰色低地土	農家圃 春よ恋	—	610	441	150	562	27%	12.6	8月6日
⑪ 北村	2004年	泥炭土	農家圃 春よ恋	—	677	621	245	499	49%	12.7	7月27日
⑫ 岩見沢市	2004年	泥炭土	農家圃 春よ恋	—	291	365	225	501	45%	14.6	7月25日
⑬ 美唄市	2004年	泥炭土	北農研 春よ恋	509	355	341	152	557	27%	12.5	7月26日
⑭ 岩見沢市	2005年	グライ土	農家圃 春よ恋	—	544	555	175	550	32%	14.2	8月1日
⑮ 美唄市	2005年	泥炭土	北農研 春よ恋	396	426	398	77	550	14%	11.7	8月1日

供試圃場は全て水田転換畑

初冬まきの窒素施肥量は融雪後基肥8~12kg/10a、出穂期追肥0~6kg/10a

用し、収量及び総窒素吸収量を測定した。また、総窒素吸収量 9.2~14kg の条件において出芽個体数と有効穂数の関係を検討した。

3) 試験3：汎用播種機による秋まき小麦「キタノカオリ」の現地実証栽培

#### ウ 結果及び考察

1) 春まき小麦初冬播栽培の収量は平均 480kg/10a (春播区と対応のある試験では 471kg/10a) で春播の収量 (412kg/10a) を上回り、子実タンパク含有率の平均は 13.4% (最低 11.6~最高 16.8%) であった (表 3-4)。春まき小麦初冬播栽培の目標を、収量 430 kg/10a 以上、総窒素吸収量 13kg/10a 以内 (春よ恋、倒伏の基準値)、適正子実タンパク含有率 (11.5~14%) とすると、試験 1 の結果でこの中に入る事例は無かった (図 3-5)。これは、出芽不良 (⑥、⑦、⑬) および越冬直後の低温と乾燥 (①、⑤)、過湿害 (⑫) などにより有効穂数や 1 穂粒数が少なく低収であった場合と、本試験における多めの窒素施肥によって多収・高蛋白化し、総窒素吸収量が 13kg/10a を超えたためである。また、総窒素吸収量が 13kg/10a を超えた 7 事例のうち 2 ケ所で倒伏が認められた。

2) 春まき小麦初冬播栽培において、収量目標を 430 kg/10a 以上とすると、必要な有効穂数は 420 本/m<sup>2</sup>

秋まき小麦品種「キタノカオリ」栽培実証試験：を 2001~2003 年度は北農研羊ヶ丘圃場 (黒ぼく土) と 2005 年度北村現地圃場 (泥炭土) に汎用播種機で播種し、出芽率と収量を調査した。

以上と推定された (図 3-6)。また、上記の目標をクリアするのに必要な総窒素吸収量は 10kg/10a 以上と考えられた。有効穂数を 420 本/m<sup>2</sup>以上、窒素吸収量を 10kg/10a 以上を達成するには、越冬後個体数の確保と融雪後の窒素施肥量の適正化をはかり、さらに生育診断等を用いた追肥技術によりタンパク含有率を適正に保つ必要があると考えられる。

3) 試験 2 の結果から、春まき小麦初冬播栽培において、有効穂数を 420 本/m<sup>2</sup>以上とするために必要な越冬後出芽個体数はおよそ 180 本/m<sup>2</sup>以上と推定された (図 3-7)。試験 1 の現地実証試験では初冬播栽培の越冬個体数が大きければつきがあり (77~296 本/m<sup>2</sup>: 表 3-4)、越冬後個体数の安定化をはかり、それでも十分な収量を望めない場合は、施肥量を抑制して無駄な施肥を避けるほうが合理的と考えられる。

4) 試験 2 において、融雪後の 4 月 20 日に小試験区ごとに 1 m<sup>2</sup>あたりの越冬個体数を計数し、越冬個体数少区; 80~120 本/m<sup>2</sup>、中区; 150~200 本、多区;

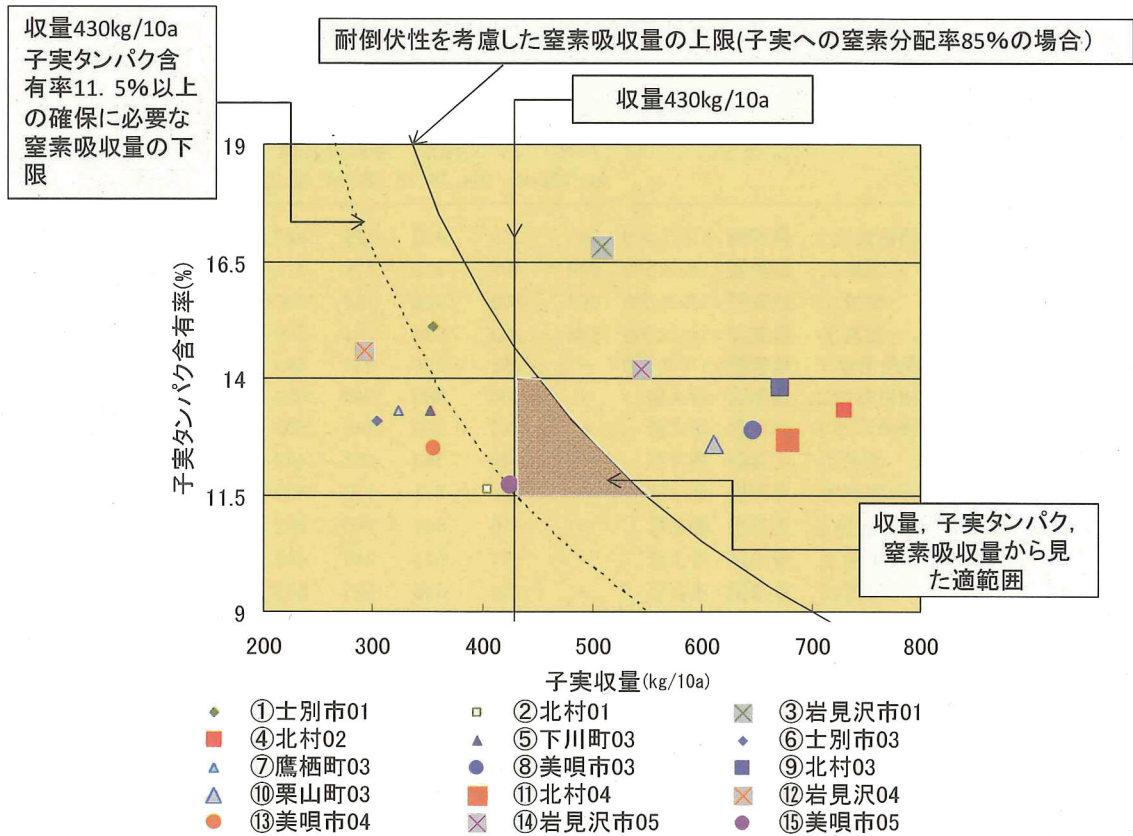


図3-5 現地実証試験における初冬まきした春まき小麦の収量とタンパク含有率  
実線・破線の窒素吸収量はNHI85%とした推定値

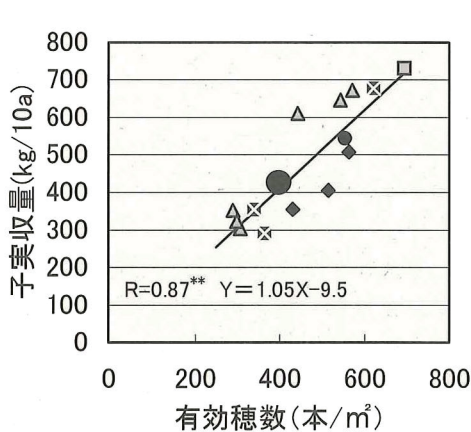


図3-6 現地実証試験における春まき小麦初冬播  
栽培の有効穂数と収量の関係

220本以上をわけ、総窒素施肥量6、9、12、15、18kg/10a(うち追肥3kg、0kgの2処理)の処理を設けたところ、越冬個体数少区の収量は、最高収量の406kg/10a(窒素総施肥量12kg/10a全量融雪後施肥)となり、上述の目標収量を下回った(図3-8)。また、タンパク含有率の適正化(11.5~14%)をはかるのに適切な窒素施肥量は12kg/10a以下で、全て融雪期施肥とする必要があった。越冬個体数中区の最高収

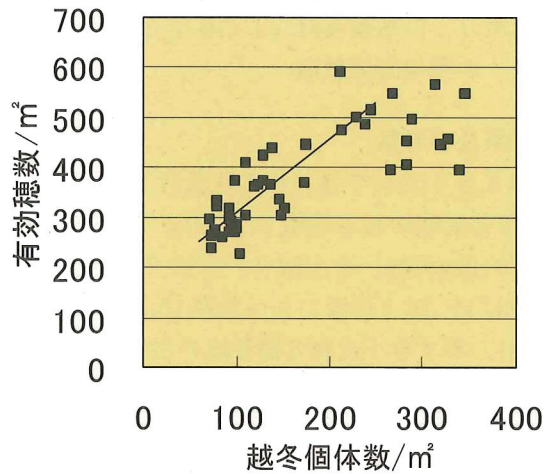


図3-7 春まき小麦初冬播栽培の越冬後出芽個体  
数と有効穂数との関係(札幌市、北農研:  
2005年)

R=0.845\*\* Y=1.469X+163(越冬個体数250本以下)

量は535kg/10aが窒素総施肥量15kg/10aで得られたが、このうち3kg/10aを出穂期に追肥すると原粒タンパク含量が14%を越え、総窒素吸収量を13kg/10a以下とするには12kg/10a以下の窒素施肥量とする必要があった(図3-9)。越冬個体数多区の収量は、総

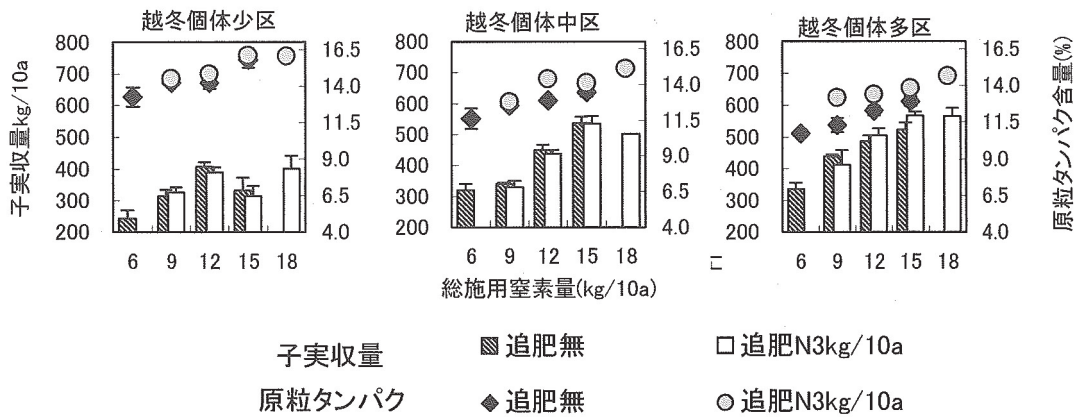


図3-8 越冬個体数が異なる春まきコムギにおける窒素施肥量と子実重収量及び原粒タンパク含量の反応(2005年)

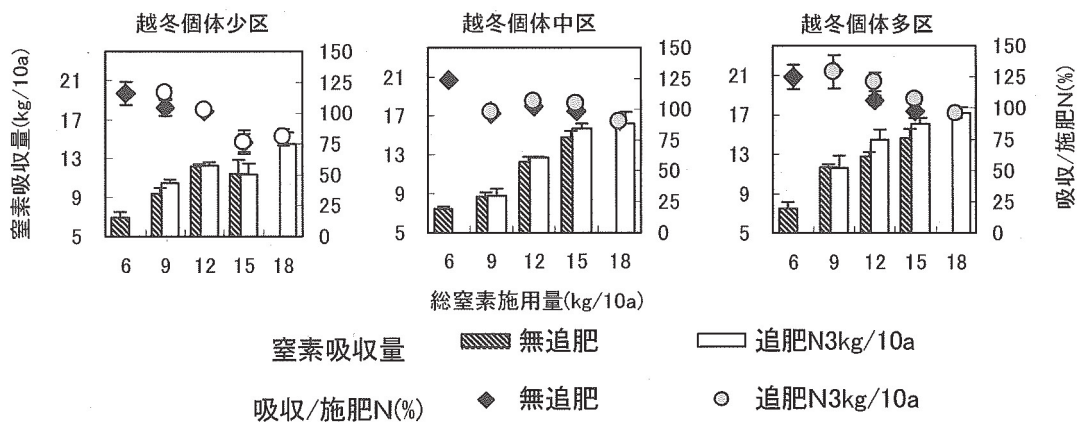


図3-9 越冬個体数が異なる春まきコムギにおける窒素吸収量と施肥窒素に対する窒素吸収量の比率

窒素施肥量 12kg/10a 以上で 530kg/10a を越え（最高は 595kg/10a）、総窒素吸収量を 13kg/10a 以下とするには 12kg/10a 以下の窒素施肥量とし、全量を融雪後施肥とする必要があった。また、施肥窒素量 15kg/10a 以下では追肥の有無に関わらず原粒タンパク含量は適正であり、全般に施肥に一部を追肥とすることで子実タンパク含有率が高まる傾向が認められた。

5) 以上の結果から、春まき小麦初冬播栽培において、適正な収量と品質を得るには、乾燥しやすい圃場を避け、極度の排水不良が予測される圃場では明渠等の対策をとって、越冬後個体数を 180（あるいは 150）本/m<sup>2</sup>以上確保し、総窒素施肥量 12kg/10a 前後を基本として施肥法を確立する必要がある。

6) 秋まき小麦「キタノカオリ」の試験期間中の平均出芽率は 79±4%、収量は 723±51kg/10a であった。汎用播種機による碎土後の平均土塊直径は 0.80cm（黒ぼく土）で良好な碎土が得られた（図表省略）。

#### エ 今後の課題

- 1) 春まき小麦の越冬後個体数を 150 本/m<sup>2</sup>以上を安定的に確保するための播種技術。
- 2) 春まき小麦の越冬後個体数に対応した具体的な施肥法の策定。

#### オ 要約

2001 年度から 2005 年度にかけてのべ 14 ヶ所で実施した春まき小麦初冬播栽培の実証試験では、春播栽培に比べて多収となったが、生産の目標である収量 430kg/10a 以上、総窒素吸収量 13kg/10a 以内（「春よ恋」、倒伏の基準値）、適正子実タンパク含有率（11.5～14%）の中に入る事例は無く、出芽不良、越冬直後の低温と乾燥及び過湿害によって有効穂数や 1 穂粒数が少なく低収であった場合と、窒素施肥の過剰によって多収・高蛋白質化により総窒素吸収量が 13kg/10a を超えた場合に分けられた。上記の目標範囲に入る春まき小麦初冬まき栽培の条件は、越冬個体数

最低150または180本/m<sup>2</sup>以上、有効穂数420本/m<sup>2</sup>以上を確保し、その場合窒素施肥量 12kg/10a 前後で、原粒タンパク含量、窒素吸収量ともにおおむね適正となった。また、汎用播種機を用いた播種作業では、秋まき小麦「キタノカオリ」の出芽率はおおむね良好であった。

#### カ 参考文献

なし。

(辻博之)

### (3) 大豆

#### ア 研究目的

米の生産調整が引き続き求められる状況下で、北海道の水田作を維持していくために水田輪作体系の確立が求められている。北海道の水田地帯において土地利用型作物による大規模輪作体系を行う場合、水稻・小麦・大豆が輪作の柱となり、輪作の中心となる水稻作との作業競合を回避することが大豆および小麦の生産において要求される。また、これらの作物のなかで大豆の収益性が最も低いため、収益性改善のために安定的な多収が求められる。マルチシーディング技術においても現在以上の労働競合を避けつつ大規模化を図り、大豆収量の安定化をはかることが優先課題である。ところで、北海道大豆研究チームによって覆土前鎮圧播種機構と田植後播種栽培が開発され、大豆生産の不安定要因である出芽の安定化、ダイズわい化病の回避、水稻移植との労働競合の回避がはかれることが明らかとなった。そこで、本研究では覆土前鎮圧播種を組み込んだ稲・麦・大豆汎用ロータリシードによる大豆播種について検討し、事前におこなう荒起こしの必要性を浅耕を導入した時に懸念される根系発達の点から解析し、覆土前鎮圧播種の安定性については現地圃場における収

量から検討した。また、田植後播種栽培の収量安定性についても検討を行った。

#### イ 研究方法

- 1) 事前に行うチゼルによる耕うんの有無（チゼル区：+CH、無チゼル区：-CH）が大豆根系に及ぼす影響について、2003年（北村：泥炭土圃場）、2004年（美唄分室：泥炭土圃場）に開花期頃に根系調査を行い検討した。根系の調査方法は、栄養成長期から開花期に、株の周囲10cm、深さ20cmまで堀取り、水洗後主根が45°以上屈曲した個体の割合を調査した。なお、供試品種は「ユキホマレ」で以下の試験でも品種は同様である。
- 2) 覆土前鎮圧機構を有する播種機（2003、2004年は大豆専用ロータリシード、2005年は汎用ロータリシード2号機+大豆播種ユニット）を用いて現地実証栽培を行い収量を検討した。試験は栗沢町灰色低地土圃場（2003、2004年）、北村泥炭土圃場（2003、2005年）、栗沢町泥炭土圃場（2005年）の3ヶ所で実施し、2003、2004年は隣接する農家圃場の農家慣行栽培を対照として比較し、2005年は覆土前鎮圧播種と同日・同一圃場にタバタプランターTB-4Dで播種を行い比較した。
- 3) 大豆品種「ユキホマレ」の晩播にともなう収量性の変化を北村、美唄市、札幌市で実施した播種期試験から検討した。5月中旬播種の収量を100として同一圃場・同一年次の収量相対値を求めた（2002～2005年）。また、2004、2005年には条間33cmの狭畦栽培を行い、5月中旬の早まき栽培に対する収量性を比較・検討した。

#### ウ 結果及び考察

- 1) 事前の耕うんが大豆根系に及ぼす影響  
栽培概要は表3-5に示したとおりである。2004年の美唄では融雪後高水分条件で荒起こしを行い、その

表3-5 栽培概要と根系調査時期

試験地及び年次	播種時の 耕深*	播種期 (月・日)	成熟期 (月・日)	施肥量 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg/10a)	条間 (cm)	栽植密度 (本/m <sup>2</sup> )	根系調査 (月・日)
北村2003年	7cm	5月24日	10月2日	1.9-6.1-4.7	60	29.3	7月28日
美唄2004年	9cm	6月2日	9月24日	1.3-10.8-5.6	60	25.4	7月21日
〃	5cm	6月2日	9月24日	1.3-10.8-5.6	60	34.8	〃

後土塊が乾燥して硬化したため、+CH 区の平均土塊直径が-CH 区より大きく砕土性は低下した (表 3-6)。特に本試験において最も浅耕とした耕深 5cm 処理では耕深 9cm 処理に比べて砕土性が悪かった。2003 年の北村では事前に耕起を行った+CH 処理により主根の屈曲率が低下したが、荒起こしにより土壌が硬化したと考えられる 2004 年の 9cm 耕深では、+CH 処理により主根の屈曲率が高まった。しかし、調査時の全重に占める根重の割合が+CH 処理により増加したことから、播種作業の前にチゼル耕を行うことにより根系は拡大するものと考えられた。また、耕深 5cm 処理では半数以上の固体に主根の屈曲が認められ、5cm 程度の浅耕は根系の十分な発達を妨げると判断された。本試験において根重/全重比と収量の関係は判然としなかった。

関ら (2001) はパラグアイにおける不耕起栽培大豆の主根の屈曲を調査し、屈曲する個体が多いと深根化を妨げ軽度の乾燥により減収を引起しやすいうことを報告している。北海道では開花期後の 8 月上旬の気温が低く、日射量も小さいため、蒸散量が少なく乾燥ストレスに遭遇するリスクは小さいと考えられ、本試験においても根系発達が収量に直接影響を及ぼしたとは考えにくい。しかし、主根の屈曲率が高かった 2004 年美唄の耕深 5cm 処理が比較的低収であり、大豆栽培において低収を回避するには根系の発達を促すことに配慮することが適当と思われる。根圏を拡大するために汎用ロータリシードによる大豆播種体系に事前の耕起を組込むことは適当と考えられるが、2004 年のように事前のチゼル耕が土壌乾燥・硬化を助長した場合には、根系の発達のみなら

ず、砕土性の悪化による出芽不良を引き起こす恐れがある。したがって、耕起体系を固定化するのではなく、チゼル耕後の状況に応じて正転ロータリ等により砕土を行うなど状況に応じた対策を取ることが重要と思われる。

## 2) 現地実証試験における大豆の収量

現地実証試験における覆土前鎮圧播種した大豆の収量は慣行播種法に比べておおむね増収する傾向が認められた (表 3-7)。農家慣行を対照とする 2003、2004 年の結果を含めると、覆土前鎮圧播種は 19% の増収となり、同一圃場に対照区を設けた 2005 年に限っても 2 地点の収量は慣行播種に比べて約 10% の増収が認められた。2005 年に行った実証栽培の開花期の地上部重と収量構成要素を表 3-8 に示した。

覆土前鎮圧の利点は出芽率の向上と出芽の早期化にあるが、北村で行った調査によれば覆土前鎮圧播種の開花期の地上部重は慣行播種に比べておおむね同等で (図表省略)、覆土前鎮圧播種による良好な出芽は生育の促進には結びつかなかった。斎藤ら (1999) は有限伸育型大豆において、収量と有意な関係にあるのは有効莢数で、有効莢数は着莢率よりも花蕾数と有意な相関を示すことを報告している。本試験では両播種処理間の開花期の生育に大差がないことから、開花数・花房数にも大きな差はないと推測され、覆土前鎮圧では 1 花房当たりの花蕾数の増加に起因した有効莢数の増加により増収したと考えられた。しかし、覆土前鎮圧のどのような要素が 1 花房当たりの花蕾数の増加を引き起こしたかについては不明である。

表 3-6 耕うん法とチゼル耕起前処理が根系の拡大に及ぼす影響  
(品種: 「ユキホマレ」 以下も同様)

	チゼル 耕深* 前処理 (cm)	平均 土塊 直径 mm	主根 屈曲 個体率 %	屈曲 深さ cm	根重 g/m <sup>2</sup>	地上部		根粒重 g/m <sup>2</sup>	子実 収量 kg/10a
						重	/全重		
2003年北村	+CH	6.6	4%	5.5	30.1	157.1	16%	10.7	394
	-CH	6.3	16%	5.8	27.6	220.0	11%	10.3	368
2004年美唄	+CH	13.7	37%	6.7	17.0	72.7	19%	5.3	329
	-CH	12.8	22%	7.0	17.1	91.3	16%	6.6	340
2004年美唄	+CH	16.5	55%	5.6	18.6	107.5	15%	4.9	257
	-CH	14.5	53%	4.7	17.3	125.9	12%	5.8	328

表3-7 現地実証試験における覆土前鎮圧播種と慣行播種の大豆収量 (kg/10a)

試験場所・試験年	土壌の種類	播種法	収量 kg/10a	対慣行 栽培比(%)
北村・2003	泥炭土 <sup>2)</sup>	覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	398	102
		慣行	392	
栗沢町・2003	灰色低地土 <sup>2)</sup>	覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	289	164
		慣行	176	
栗沢町・2004	灰色低地土 <sup>2)</sup>	覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	401	107
		慣行	376	
北村・2005	泥炭土	覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	430	111
		慣行	386	
栗沢町・2005	泥炭土	覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	287	110
		慣行	262	
平均		覆土前鎮圧 <sup>1)</sup>	361	119
		慣行	318	

1) 2003, 2004年は大豆専用ロータリシーダ、2005年は汎用播種機に大豆用ユニット  
 2) 2003, 2004年の慣行栽培は隣接する圃場の農家栽培の収量

表3-8 2005年現地実証試験における大豆の収量構成要素

	播種法	栽植 密度 本/m <sup>2</sup>	開花期 地上部重 g/m <sup>2</sup>	有効莢数	1莢粒数	百粒重	粗子実重
				個/m <sup>2</sup>	個/莢	g	kg/10a
北村 2005年	覆土前鎮圧	24.0	100.6	668	1.64	39.5	430
	慣行	30.1	106.9	634	1.71	38.6	386
栗沢 2005年	覆土前鎮圧	19.8	未調査	563	1.60	32.2	287
	慣行	18.9	〃	510	1.64	31.4	262

3) 大豆品種「ユキホマレ」の田植後播種（遅まき）による収量性の変化

5月15日前後に播種した「ユキホマレ」の収量を100として、同年・同所で播種期を遅らせて栽培した「ユキホマレ」の相対収量を図3-10に示した。5月15日を起点にして20日遅れて播種した大豆の収量は、5月中旬播種とほぼ同等であった。6月第1半旬頃までの遅まきは、5月15日前後の播種に比べて成熟期は2~5日程度しか遅れとなり（図表省略）、生育期間は10日程度短縮するため減収するケースも認められた。しかし、減収と増収の事例はほぼ同数となったことから長期的に見れば減収のリスクは小さいと判断された。

2004年には田植後播種（遅まき）により減収する傾向が認められたが、この主な要因は標準期播種に比べて、田植後播種では百粒重の低下が顕著であったことが理由である（図表省略）。図3-11に札幌市で播種期と条間および栽植密度を変えて播種した大豆の収量と有効莢数を示した。慣行条間栽培に

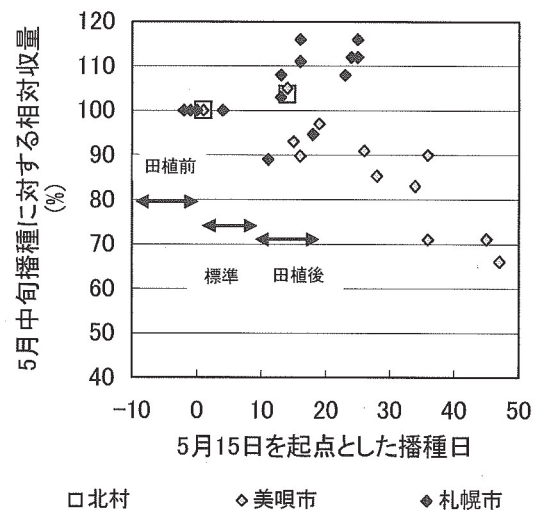


図3-10 播種日が「ユキホマレ」の収量性に及ぼす影響  
 5月中旬（田植前）播種に対する相対収量  
 北村、美唄市、札幌市で2002年から2005年に試験を実施

における2004年の有効莢数は標準期と田植後播種の間で差が無かったが、百粒重はそれぞれ約34gと29gと大きな差が生じ、田植後播種で大幅な減収を示した。



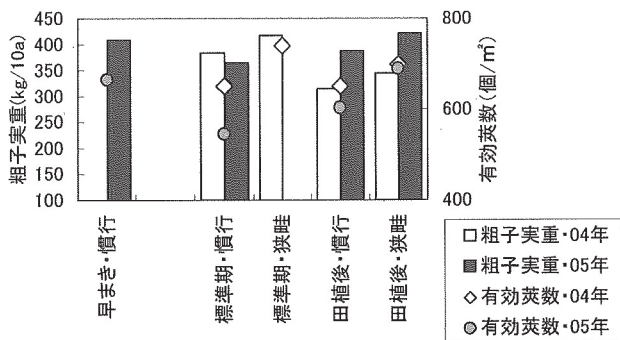


図3-11 播種日と条間が「ユキホマレ」の収量と有効莢数に及ぼす影響

試験地は全て札幌

2004年：標準期5月24日播種、田植後播種6月4日、

慣行66x10cm 狭畦33x10cm

2005年：早まき5月13日播種 60x9cm

標準期5月25日播種 60x9cm

田植後6月2日播種 慣行66x9cm

狭畦33x12cm

(辻博之)

遅まきとなる田植後播種栽培は、登熟期間の短縮が関与する百粒重の減少と、栄養生長期の短縮が関与する生育抑制による有効莢数の減少に起因する2つのパターンが考えられるが、2004年の減収は前者のパターンである。そこで、狭畦密植栽培により栄養成長を確保することで、有効莢数を確保できるか否かを検討した(図3-11)。2005年の早まきに対する慣行条間の標準期及び田植後播種の減収は、有効莢数が早まきに比べて減少したことによるものであり、狭畦・密植栽培では有効莢数の増加により、早まき(慣行栽培)と同等の収量が得られた。しかし、2004年の田植後播種の有効莢数は狭畦栽培による増加が小さく、田植後播種による百粒重低下にともなう減収を補償するには十分ではなかった。

#### エ 今後の課題

開発された汎用ロータリシーダを用いた検討は1年しか行っておらず、今後もデータの蓄積が必要である。

#### オ 要約

浅耕しながら播種を行う稲・麦・大豆汎用ロータリシーダを導入した際の事前におこなう荒起こしの必要性を根系発達の側面から解析したところ、事前のチゼル耕後に土壌が乾燥・硬化した場合には、碎土の省略により根系発達が抑制された。現地圃場における覆土前鎮圧播種を用いた実証栽培の収量は、慣行の播種法に比べて多収となった。また、田植後

播種栽培は6月第1半旬までは5月中旬播種に比べてほぼ同等の収量が得られるが、登熟期間の短縮により百粒重が低下して減収した事例も認められた。

#### 力 参考文献

関節朗、干場健、Bordon, J.:パラグアイ・イグアス地域の不耕起畑におけるダイズ根系分布の実態、熱帯農業 45(1):33-37、2001

齋藤邦行、磯部祥子、黒田俊郎:ダイズ収量成立過程における花器の分化と発育について— 莢数と花蕾数の関係—、日作紀 67(1):70-78、1999

## 2 マルチシーディング技術を基幹とする大規模水田輪作体系の確立

### (1) 浅耕マルチシーダの経営的評価と効果の構造

#### ア 研究目的

寒地である北海道では田植え適期が短く、これが水田作経営における規模拡大の制約要因となっている。特に、この問題は南空知地域において顕著に表れている。近年同地域では30ha以上の大規模層が増加する傾向にあり、転作割合も高いために、田植えと大豆播種期が競合して春に鋭い労働ピークが形成されている。

こうしたなか、マルチシーディング技術が開発された。浅耕マルチシーダは水稻の乾田直播導入とそれによる大豆の田植え後播種栽培の導入を促すものであり、田植え期における作業の省力化、稲作と大豆作の競合回避による労働ピークの緩和が見込まれるとともに、それによる規模拡大の効果も期待されている。

そこで、本稿では稲・麦・大豆輪作を前提とした経営計画モデルを用いて、浅耕マルチシーダが南空知における水田作経営の規模拡大、所得に及ぼす効果の経営評価を行なうとともに、効果の構造を明らかにする。

#### イ 研究方法

##### 1) 浅耕マルチシーダの特徴と労働時間の削減効果

本稿の分析にあたっては以下に示す浅耕マルチシーダの特徴に基づき分析を行う。

①逆転ロータリの浅耕化と、それによる処理速度の向上、②小麦・大豆では砕土・施肥・播種が同時に行えることによる作業工程の減少、③作業機幅拡大により水稻と秋小麦の播種条数が増加し、しかもトラクタの所要動力は同等である、④水稻、大豆では慣行乾田直播（以下、慣行乾直と呼称）体系と同等かそれ以上の出芽率・単収を実現していること1）である。

また、浅耕マルチシーダ導入による労働時間の短縮効果については次のようになる（表3-9）。第1に水稻では慣行乾直体系に対して10a当たり0.4時間短縮され、さらに慣行移植体系との比較では10a当たり5.8時間も短縮される。第2に大豆・小麦では慣行乾直体系、慣行移植体系のいずれに対しても、それぞれ各作物は10a当たり0.3時間が短縮される。

表3-9 各技術体系における各作物・作型の労働時間

	(時間/10a)			
	水稻	慣行栽培大豆 トヨマリ	田植後播種大豆 ユキホマレ	秋まき小麦 (麦跡)
① 慣行移植体系	13.7(移植)	8.8	8.6	4.1
② 慣行乾直体系	8.3(乾直)	8.8	8.6	4.1
③ 浅耕マルチシーダ	7.9(乾直)	8.5	8.3	3.8
②-③	0.4	0.3	0.3	0.3
①-③	5.8	0.3	0.3	0.3

資料：営農試験地経営である30ha規模経営の労働時間データ及び試験圃場データによる。

注1) ①慣行移植体系：水稻は移植のみの体系

②慣行乾直体系：水稻は乾田直播水稻を選択可能とし、スクリーンロータリシーダを用いる体系。

③浅耕マルチシーダ：水稻は乾田直播水稻を選択可能とし、新型播種機を導入した体系。

2) 大豆と小麦の労働時間0.3時間の短縮は、砕土・整地の0.3時間/10aが0になったことによる。

##### 2) シミュレーションの前提条件

①モデルは、南空知における稲・小麦・大豆水田作経営である現地実証農家の経営データを元に作成した。転作率、転作助成金は現状を適用して前者50%、後者10a当たり5万円と設定した。その家族労働力は2人とし、移植水稻では播種期と田植え期に1人を雇用可能とした。同時に、浅耕マルチシーダは3戸による共同利用とし、稲・小麦・大豆収穫では共同所有コンバインを自己労働により用いるとした。

②作物の品種・単収・価格について、水稻は表3-10、小麦・大豆は表3-11のように設定した。ここで前者について言えば乾田直播の単収が低く、後者では、秋小麦と比較して春小麦の単収は低いことに留意されたい。また、水稻は復元田でも移植と乾田直播を選択可能とした。

③乾田直播水稻播種機以外の施設機械の償却費は408.8万円と設定した。また、浅耕マルチシーダの償却費は10.5万円（価格350万円を購入補助50%、残存価10%、耐用年数5年、3戸による共同利用）とした。

④償還完了自作地を15ha所有し、それを超える規模拡大については全て借地と設定した。そこでの地代は地域における平成17年実績値の10a当たり1.6万円とした。なお、規模制約は「なし」と設定している。

表3-10 水稻の品種及び状態別単収の設定

品種	作付状態	単収(kg/10a)		等級	価格(円)
		移植	乾直		
きらら	通常時	540		1	10,000
	復田1・2年目	567		1	9,000
大地の星	通常時	550	465	1	9,000
	復田1・2年目	580	488	1	9,000

資料：単収は営農試験地の水準に、単価は試験地管内農協の資料に基づいた。

注：1) 復元田は復元3年目に減収するように設定。  
2) 通常時には復田3年目も含む。

表3-11 普通畑作物の単収・価格等

作物	作型	品種	単収(kg)	等級	価格(円)
秋小麦	通常播種	ホクシン	540	1	8,585
	同上	キタノカオリ	570	1	8,729
	大豆間作	ホクシン	567	1	8,585
大豆	通常播種	とよまさり	300	2	13,918
	田植後播種	ユキホマレ	300	2	13,918
春小麦	通常播種	ハルユタカ	300	1	9,718
	初冬播き	春よ恋	430	1	9,588

資料：単収は営農試験地の水準及び所内圃場試験場結果に基づいた。単価については、表3-10に同じ。

注：秋小麦大豆間作の単収は通常栽培の105%と設定。

ウ 結果及び考察

1) 浅耕マルチシダ導入が経営規模と所得、作付け構成に及ぼす効果

図3-12は浅耕マルチシダが経営規模と所得、作付けに及ぼす効果を示している。

第1に経営規模と所得の面に関して、慣行乾直体系(図中央)に比較して、浅耕マルチシダでは、経営規模が6.0ha拡大されて38haに達するとともに、所得も134万円の増大となる(参考であるが慣行移植体系を図左に示した)。

第2に作付け構成に関して、浅耕マルチシダが導入されると移植水稻が8.5haから5.8haへと減少する一方、乾田直播が7.6haから13.2haへと大幅に増加する。同時に、これに伴って移植水稻と競合関係にある大豆慣行栽培に代わり、大豆田植後播種栽培が増加する。また、春小麦初冬まきが導入されることも示される。

このように浅耕マルチシダの導入は乾田直播水稻の拡大による省力化と、規模拡大を促進し、さらに所得も増大させる効果があることも確認できる。ただし、それは次にみるように、転作助成金の増加に支えられているところが大きい。

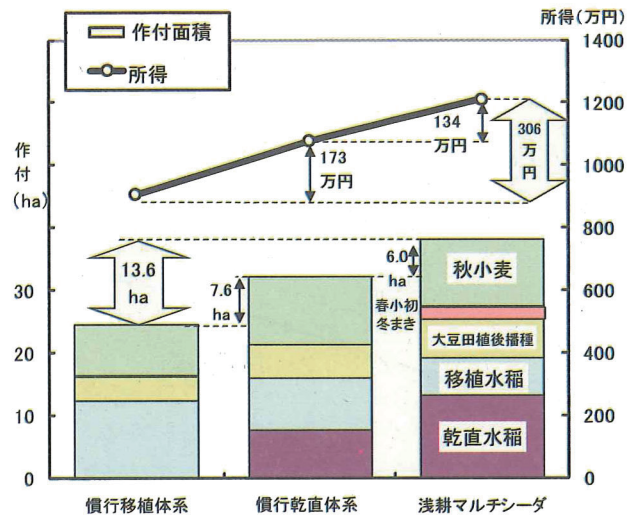


図3-12 浅耕マルチシダ導入による作付面積と所得

注1：規模制約がなく経営規模最大の場合。以下のシミュレーションも同様。

注2：転作助成金は5万円、転作率50%、種籾にはカルパー粉衣を行なう条件とした。

2) 上限規模に至るまでの各規模における効果

浅耕マルチシダを導入し、上限規模に至るまでの作付面積の内訳及び所得を検討した。経営規模を2haずつ増加させた各規模での所得と作付面積が図3-13である。24.4haで水稻乾田直播栽培が導入され、その後は水稻移植栽培に代わり置き換わっていく。また、水稻直播栽培の増加により、水稻作付面積ひいては規模拡大が可能となり、それに伴い小麦・大豆が導入されることが示される。総所得は38haの経営規模限界まで増加する。

次に、同じく上限規模に至るまでの経営規模別の所得構成について考察する。ここでは、浅耕マルチシダの効果を確認するため、慣行乾直体系と比較する(図3-14)。第1に慣行乾直体系では、32haが規模限界であるのに対し、浅耕マルチシダでは、38haまで規模限界が拡大し、32ha以上でも同様に小麦・大豆の所得増加が総所得増加に寄与していることが示される。第2に上限規模以下でも、各規模において、水稻ではなく、小麦・大豆の所得が総所得拡大に寄与している構造がみられ、また、これも慣行乾直体系・浅耕マルチシダともに共通した特徴であることが指摘できる。

浅耕マルチシダ導入下で経営規模を変化させた場合の所得を投入労働及び農地との関わりで示したものが図3-15である。労働生産性が高くなる一方で

土地生産性が低下していることがわかる。つまり、導入により土地生産性は低下するが、一方では面積規模（ファームサイズ）と売り上げ額を増加させる技術なのである。

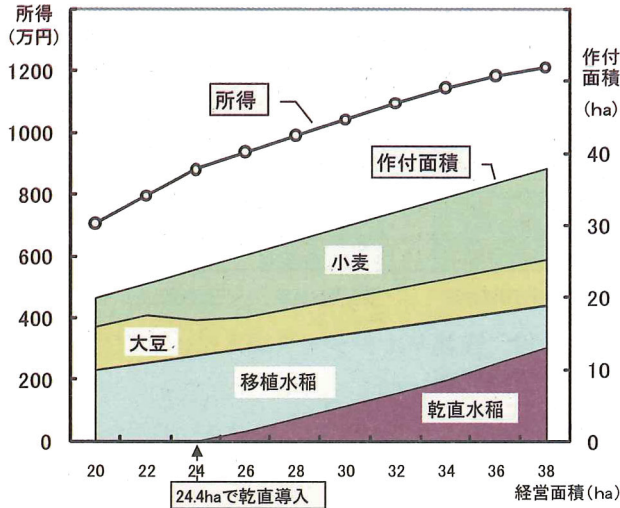


図3-13 浅耕マルチシーダを導入した場合の規模別の所得および作付面積

注：経営規模上限を変化させた場合

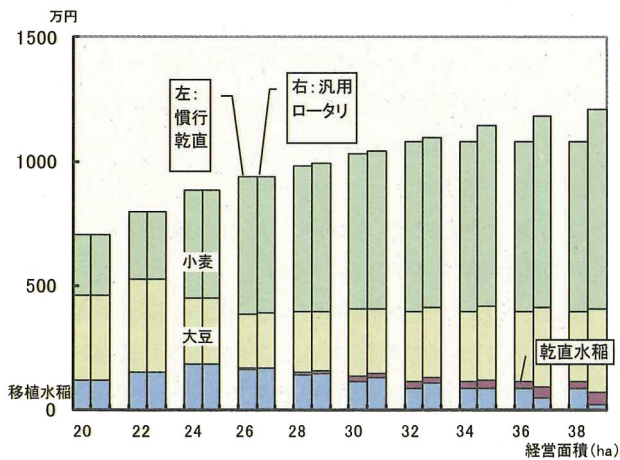


図3-14 浅耕マルチシーダと慣行直播体系の所得

注：図3-13に同じ

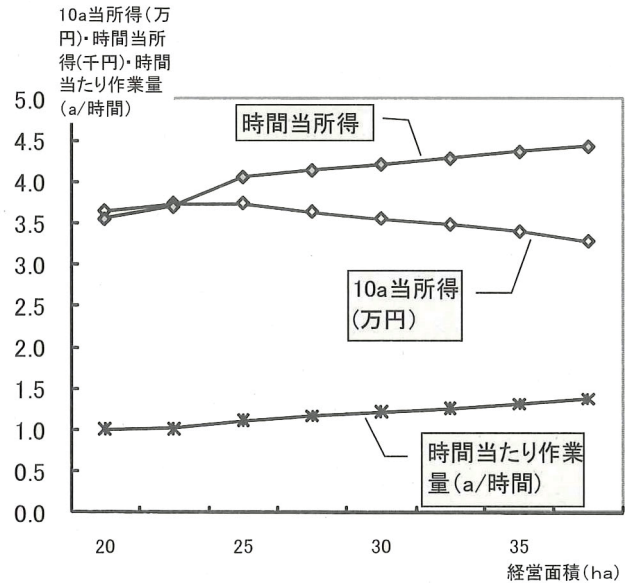


図3-15 浅耕マルチシーダにおける経営規模と所得、作業能率の変化

### 3) 水稲直播栽培の各単収における浅耕マルチシーダの導入効果

図3-16には規模一定（24.4ha）で単収のみを変化させた場合の所得を示した。その結果、542kg/10aまでは水稲乾田直播栽培が導入されない。543kg/10a以上においては導入されるものの、収益性改善の効果は、555kg/10aでわずか1万円（895→896万円）、585kg/10aでも5万円（895→900万円）と極めて小さい水準にとどまる。

図3-17に規模制約がなく単収を変化させた場合を示した。この場合は、乾直単収328kg/10a以下では選択されず、浅耕マルチシーダは導入されない。しかし、329kg/10aで水稲乾田直播栽培が導入され、328kg/10a時点に比較すると経営規模が9.3ha増加し33.7haとなる。その後さらなる単収増加に伴い経営規模も増加するが、400kg/10aで上限規模の38haに達し、それ以上では横ばいとなる。

この単収増加と経営規模増加に伴う所得構成の変化は以下ようになる。まず、単収329kg/10a未満では、乾田直播栽培の導入は総所得を低下させるために浅耕マルチシーダは導入されない。これ以上の単収において経営全体への効果が発現する。329kg/10a以上においては水稲乾田直播栽培は導入されるが、超過中が小さい段階では水稲乾田直播自体の所得はマイナスであり、さらには水稲所得もマイナスとなる。水稲所得が0に到達するのは単収を104kg増加させた432kg/10aにおいてであり、432kg/10a以上

の単収において水稲所得がプラスに転じる。しかし、この時点の水稲所得合計は「慣行移植体系での最大規模」の所得（図中 X 軸から波線までの水稲所得）にはまだ達していない。浅耕マルチシーダの所得が、慣行移植体系の最大規模時（24.4ha）の所得と同等になるのは、乾直単収 518kg/10a であることから、517kg/10a 以下においては、小麦・大豆による所得のみが総所得増加に寄与していると考えられる。

以上、水稲乾田直播栽培を中心とする浅耕マルチシーダの導入は、単収の低さにより水稲所得を低下させながらも省力化による小麦・大豆導入と小麦・大豆所得増加を通じて経営的效果を発現させる構造にあることが示された。また、稲・麦・大豆作を前提とした浅耕マルチシーダの導入には規模拡大を同時に進展させることが必須条件であると考えられる。

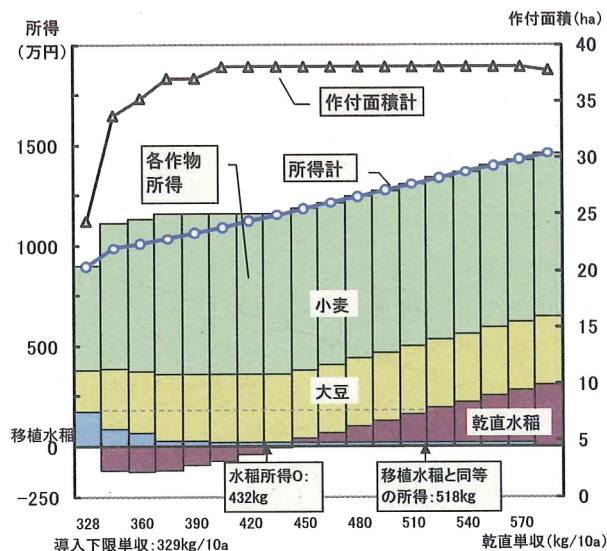


図3-17 水稲乾田直播栽培の単収変化にともなう所得変化（規模制約がない場合）

注：図3-12に同じ。

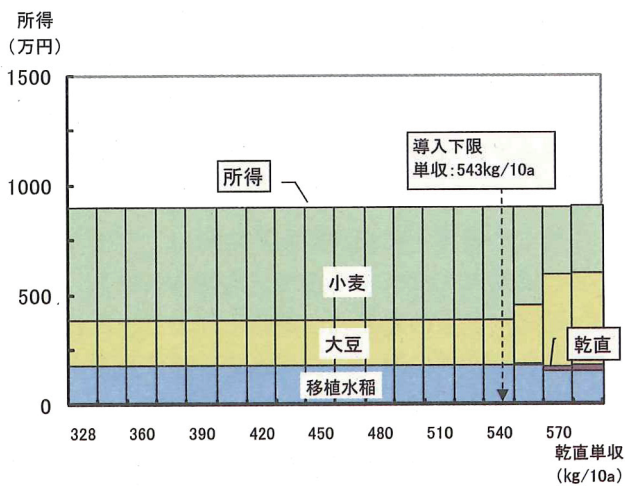


図3-16 水稲乾田直播栽培の単収変化に伴う所得変化（経営規模24.4haで一定）

注：このシミュレーションで用いた一定の経営規模24.4は、慣行移植体系の上限規模である。他は図3-12に同じ

エ 今後の課題  
とくになし

オ 要約

本稿では、浅耕マルチシーダの導入効果について経営計画モデルによるシミュレーションに基づき検討した。その結果、規模制約がなく収益最大の上限規模まで拡大可能であれば、所得が大幅に増加できることが示された。

その収益改善効果の構造としては大きな省力効果が得られる水稲ではなく、小麦・大豆を通じて経営的效果を発現させる構造にあることが明らかとなった。これらの特徴は慣行乾直体系導入においても示されることから、乾田直播導入を含む技術に共通する特徴であると考えられる。

また、稲・麦・大豆作を前提とした浅耕マルチシーダの導入は、規模拡大が制約された条件下では困難であり、規模拡大を同時に進展させることが重要であると考えられる。本報告で対象とした南空知地域でも先述したように30ha以上など大規模経営の増加傾向が確認できたが、今後そのような大規模経営における導入が期待される。

力 参考文献

坂本英美、大下泰生：汎用ロータリシーダの導入効果とその特徴—北海道南空知地域における稲・麦・

大豆水田輪作経営を対象にして－、北海道農業研究センター研究報告、2008

坂本英美、大下泰生：稲・麦・大豆水田輪作経営における汎用ロータリシーダの導入効果－北海道南空知地域を対象にして－、農業経営通信、2006

仁平恒夫：平成16年度地域農業確立検討会議事要旨、北海道農業研究センター、2005

大下泰生、辻博之、君和田健二、渡辺治郎、湯川智行、坂本英美、仁平恒夫：稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシーダを用いた播種技術と導入効果、新しい研究成果－北海道農業地域－、北海道農業研究センター、2005

大下泰生、坂本英美ほか：稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシーダの播種性能と導入効果、平成17年度北海道農業研究センター研究成果情報、2006

仁平恒夫：北海道における稲作作業構造と限界規模、北海道農業試験場研究資料43、1991

西村直樹：稲作開発技術の経営的性格－北海道における水稲湛水直播栽培の現状と問題点－、北海道農業経済研究、第4巻第2号、1995

田中基晴：北の国の直播－乾田直播の技術開発と挑戦－、北海道農業試験場、1999

樋口昭則：畑作農業の農業計画、『ジャワ島農村の村是の策定と協同組合の展開に関する研究』、科研費国際学術研究報告書、1999

相原克磨、田中基晴：北海道における水稲乾田直播栽培の導入効果、新しい研究成果－北海道農業地域－、北海道農業研究センター、2001

梅本雅：水田複合経営における水稲直播栽培技術導入の経営的評価、農業研究センター経営研究資料N0.35、1996

笹倉修司：低コスト稲作の技術的基礎、研究ジャーナル、15(10)、1992

藤本彰三ほか：九州地方における水稲直播の導入形態と経営的諸相、東京農業大学農学集報第37巻第4号、1992

堀内久太郎：直播導入による水稲作付規模限界の拡大効果、農業経営の計画手法と意志決定支援情報、農業研究センター、1996

武井昭：我が国における水稲直播栽培の性格、『日本稲作の技術的性格』、明文書房、1984

日本型直播稲作の確立・普及に関する研究会：新しい直播稲作システムへの挑戦、農林水産省農産園芸局、1994

仁平恒夫：平成17年度地域農業確立検討会議事要旨、北海道農業研究センター、2006

坂下明彦：石狩川流域開発における下流域の位置、白井晋編、『大規模稲作地帯の農業再編』、北海道大学図書刊行会、1994

(坂本英美)

## (2) 新技術の定着のための地域的システム

### ア 研究目的

ここでは開発された新技術、すなわち浅耕マルチシーダの導入促進のため、農機具利用組織等の地域的システムを明らかにする。

浅耕マルチシーダの経営評価では、同機を4戸共有として経営効果を解明しているが、営農試験地域(南空知・北村)を含む南空知地域では、道内水田地帯でも転作作物の収穫・乾燥調製に関する利用組織が多数形成されており、これを母体に転作作物播種機についても共同利用体制が組まれることが多い。

これらの収穫・乾燥調製利用組織は、今後も農家経営の展開の上で大きな役割が期待されるが、同時に、地域内農家の離農及び高齢化により、これらの収穫・乾燥調製に関する利用組織も構成員数が減少し、運営面で困難を抱える組織も多い。

そこで、この課題では、法人化を含めて農機具利用組織の今後のあり方を明らかにする。

### イ 研究方法

1) 営農試験地域について農業センサスや農家アンケート調査等に基づき、組織化における営農試験地域の特徴及び今後の組織化を巡る農家の営農意向を解明する。

2) 農機具利用組織へのアンケート調査により、農機具利用組織の今後のあり方を検討する。

### ウ 結果及び考察

1) 生産組織化における営農試験地域の特徴と今後の組織化に対する営農意向

まず、生産組織化における営農試験地域の特徴を明らかにするため、2000年農業センサスにより農業生産組織への参加農家数割合及び参加農家が3戸以上の集落割合を示したのが表3-12である。南空知地

域では両者はそれぞれ42%、60%となり、道央4地域の中で最もその割合が高い点の特徴である。とくに営農試験地域の北村は67%、87%と南空知地域平均をさらに上回って高くなっている（後者は北海道全体でも1位）。

表3-12 生産組織への参加状況 (%)

区分 地域	農業生産組織 参加農家割合	農業生産組織 への参加が 3戸以上の 集落割合
南空知計	42.1	60.3
うち北村	67.0	86.8
中空知計	24.5	35.8
北空知計	35.1	49.1
上川中部計	24.1	38.2
4地域計 (道央全体)	32.2	46.9

資料:2000年農業センサス。

注:「農業生産組織等への参加3戸以上の集落割合」は集落毎の生産組織参加農家が3戸以上の集落数をカウントし、全集落数で除して算出した。

これは、南空知地域では昭和50年代に道営圃場整備事業による基盤整備実施と併行して、第2次構造改善事業等を活用した集落単位の水稲生産組織の育成が強力に進められてきたこと、さらに、その後の小麦を中心とした転作作物の播種や収穫・乾燥調製に関して、前述の水稲組織を主な母体として市町村、農協の各種補助事業による組織化が進められてきた経緯を反映している。水稲に関する作業であれば、個人での農機導入により活動を停止とした組織が多いけれども、小麦を中心とした転作においては、収穫・乾燥調製を中心として組織的活動が求められ、そのため活動を継続している組織が多くなる。なかでも北村では、水稲作業の収穫・乾燥調製作業について、集落単位にミニライスセンター方式での組織化が図られ、それが小麦作、さらに大豆導入においても、重要な役割を果たしていることが、今日でも北村の組織化割合が著しく高い要因となっている。

つぎに、営農試験地域の組織化等を巡る農家意向を解明するため、平成16年にいわみざわ農協管内農家に対してアンケート調査を実施し、農協管内担い手農家の90%以上から回答を得た。同調査では、後継者の確保状況（後継者が確保されているか、未定か）により今後の営農意向を分けて把握しており、今後の組織化への意向は後継者を確保した農家を対象にしている（注1）。

表3-13 農業支援システムの活用について（複数回答、%）

	農作業の 委託化	作業機 械・ 施設の 共同利用	作付の 全面委 託	個人完 結のため 活用 しない	不明	その他	実回答者 数
回答総計	19.1	55.1	2.9	28.9	8.3	3.4	350
5ha未満	15.4	15.4	3.8	34.6	30.8	19.2	26
5~10ha	14.0	37.2	3.5	39.5	9.3	4.7	86
10~15ha	23.9	64.2	3.7	22.9	6.4	3.7	109
15~20ha	13.0	71.7	2.2	19.6	4.3	2.2	46
20ha以上	22.9	65.1	1.2	28.9	4.8	4.8	83
20~30ha	18.6	62.7	0.0	25.4	3.4	3.4	59
30ha以上	33.3	70.8	4.2	37.5	8.3	8.3	24

資料:南空知I農協管内農家に対するアンケート調査(平成16年3月実施)。

注:実回答者数に対する各項目の回答者数割合を示した。

アンケートでは6つの選択肢を設け、複数回答可としたものであるが、最も多いのは「作業機械・施設の共同利用」で55%、ついで「個人完結のため活用しない」が29%、「農作業の委託化」が19%など

となっている（表3-13）。

規模別にみると、「作業機械・施設の共同利用」は15~20ha層が72%で最も高く、ついで20ha以上と10~15ha層がともに64~65%となっており、小規模

層では5ha未満層15%など低い結果となる。「個人完結のため活用しない」は5～10ha40%、5ha未満35%と小規模層で高いが、中間規模層で低く、20ha以上層では再び29%へと増加する。「農作業の委託化」は10～15ha層で24%と高く、ついで20ha以上層23%であり、5ha未満や5～10ha層など小規模層では14～15%にとどまっている。

以上から特筆されるのは、大規模になるほど「作業機械・施設の共同利用」への回答割合が高まる傾向を示す点である。この要因としては、大規模経営ほど、小麦・大豆等の土地利用型作物の割合が高く、またこれらの作物では播種及び収穫・乾燥調製作業の利用組合が不可欠となっていることがある。このため、大規模経営にとっては、作業機械・施設の共同利用が今後も重要な意味を有しているのである。

## 2) 農機具利用組織の今後のあり方

南空知地域においても、高齢化により離農が進展している。そのため、農機具の利用組織の多くも高齢化・離農による構成員の減少が重要な問題となっている。そこで、以下では南空知の代表として営農

試験地域・北村における農機具利用組織の構成員数の動向及びアンケート調査により今後の組織強化の方向を明らかにする。

表3-14は、北村収穫・乾燥調製を行うミニライスセンター利用組織の設立時と平成16年の構成員数を比較したものである。北村では、昭和50年代を中心に収穫・乾燥調製の組織化が進み、近年は26組織が活動を続けてきたが、20の組織で構成員数が減少している。村全体の減少率は46%と設立時と比較してほぼ半減した状況にあり、組織の中には16年に構成員数が1戸となって他の組織へ統合したのも2つ含まれている。このように、離農による構成員減少のため、再編が不可避となっている組織が多い状況にある。

これを背景に、北村では農機具利用組織の法人化(=農業生産法人化)が課題として浮上してきている。利用組織に対して今後の法人化の意向を把握するため平成16年に実施したアンケート調査の結果をみると、まず、利用組織の法人化の必要性等については(図3-18)、「すでに法人化」した組織が27%、

表3-14 北村におけるミニライスセンター組織の構成員変化

地区名	No.	設立年	構成員数の変化(戸)				備考
			設立当初	H16年現在	増減	増減割合(%)	
A	1	S53	9	1	▲8	▲89	No.2へ統合
	2	S51	10	7	▲3	▲30	
	3	S50	8	5	▲3	▲38	No.5へ統合
	4	S50	8	1	▲7	▲88	
	5	S52	6	3	▲3	▲50	
	6	S56	16	11	▲5	▲31	
	7	H14	9	7	▲2	▲22	
B	8	S59	7	5	▲2	▲29	
	9	S50	16	4	▲12	▲75	
	10	S50	15	5	▲10	▲67	
	11	S50	15	4	▲11	▲73	
	12	S56	3	3	0	0	
C	13	S50	8	4	▲4	▲50	
D	14	H11	5	4	▲1	▲20	
E	15	H14	4	4	0	0	
	16	S63	6	6	0	0	
F	17	H9	5	5	0	0	
	18	S49	10	6	▲4	▲40	
H	19	S55	30	15	▲15	▲50	
I	20	S54	9	4	▲5	▲56	
	21	S58	6	2	▲4	▲67	
	22	H2	4	4	0	0	
	23	H12	3	3	0	0	
	24	S60	10	6	▲4	▲40	
J	25	H11	4	3	▲1	▲25	
	26	S57	8	5	▲3	▲38	
村全体			234	127	▲107	▲46	

資料:北村役場資料及びアンケート調査(H16年12月)。

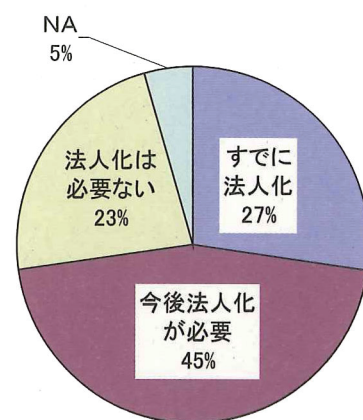


図3-18 北村における利用組織の法人化の必要性

資料:利用組織に対するアンケート調査(平成16年12月、北農研実施)



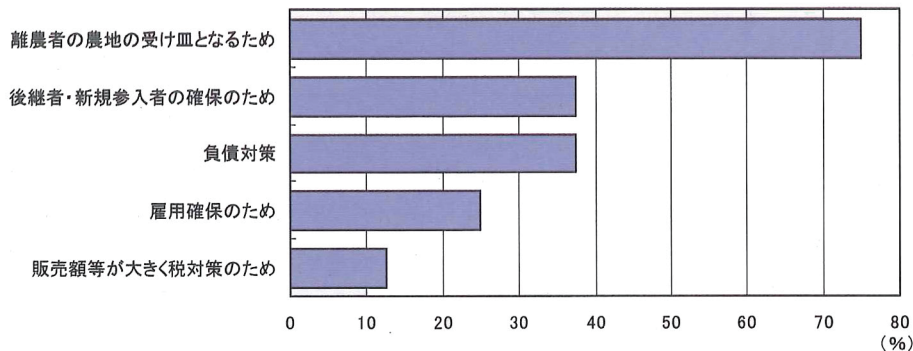


図3-19 利用組合組織の法人化が必要な理由

資料：利用組織に対するアンケート調査(平成16年12月、北農研実施)。

注：法人化が必要と回答した組織数に対する設問への回答割合。

また「今後法人化が必要」とする組織が46%で、両者の合計で73%が法人化が必要と回答しており、逆に「法人化は必要ない」は23%にとどまっている。このように利用組織の多数が法人化が必要としている。

つぎに、法人化が必要な理由をみると(図3-19)、「離農者の農地の受け皿となるため」が75%と突出し、ついで「後継者・新規参入者確保のため」「負債対策」が38%と並んでいる。その反面、「雇用確保」や「税対策」は25%、13%と少数の結果となる。一般には、法人化が必要な理由として「税対策」や「雇用確保」あるいは「後継者・新規参入者確保」が想定されるが、北村の利用組織では、「後継者・新規参入者確保」を除くと異なる結果が示されているといえる。

北村において「離農者の農地の受け皿となるため」が多数を占める要因としては、高齢化等による増加する離農者の農地引き受けが、米価の低迷による水田経営の収益性低下のため困難化していることがある。表示は略すが、水田作経営の収益性において、道央水田地帯の中でも南空知地域がとくに厳しい状況にあることを踏まえる必要がある(注2)。これまで農機具利用組織では、構成員が離農した場合、農機の稼働率維持の目的から他の構成員が農地を購入・継承し、利用組織としての農機稼働率を維持してきたが、水田作経営の収益性低下はそれを困難としている。そのため、法人化により利用組織自体が離農者の農地の受け皿となる途を開くことで、農機の稼働率維持と個人での農地引き受けに伴う経営存続上のリスク回避の両面を図ろうとしていると推察される。「負債対策」も農地購入に関連しており、

経営の収益性低下により高まるオーバーローン化の危険回避のため法人が構成員から一部農地を引き受ける等の目的である。

しかし、このように「法人化」といっても、その内実は多様であり、必ずしも共同経営化することをそのまま意味はしないことにも留意が必要である。表3-15は、北村における農機具利用組織の法人化事例(平成12年以降7組織が法人化)を示しているが、法人化の目的はやはり「離農者の農地の受け皿」が全体に共通している。

一方、法人の形態をみると「作業のみ」の法人が4、完全共同経営の法人が3となっており(注3)、法人化といっても共同経営ということを必ずしも意味しないのである。

以上、浅耕マルチシーダ導入による水田輪作経営の発展を図る上で、地域の営農システムとして農機具利用組織の役割が重要となっている。さらに今後も農機具利用組織が存続し役割を果たしていくには、法人化が重要となっている。

注1：いわみざわ農協管内の意向調査結果について詳しくは仁平(2005b)参照のこと。

注2：道央水田地帯において南空知地域が経営の収益性低下が著しい点については仁平(2004)参照のこと。

注3：北村における利用組織の法人化の実態について詳しくは仁平(2005a)参照のこと。

表3-15 北村における農機具利用組織の法人化の概況（単位：戸、ha）

法人No.	1	2	3	4	5	6	7
組織種類 (設立年)	ミニライスセンター (S62)	ミニライスセンター (S50)	ミニライスセンター (S55)	ミニライスセンター (S59)	ミニ乾燥センター (S60)	ミニライスセンター (S53)	防除作業組織 (H10)
構成戸数 (設立時戸数)	4 (5)	4 (15)	11 (16)	6 (10)	7 (10)	4 (9)	6 (7)
法人化年月	H15年4月	H16年4月	H16年4月	H14年4月	H12年3月	H16年4月	H16年4月
法人化の目的	A,B,C	A,B,D,F	A,D,F	A,C,G	A,E,G	A,C	A,C,D,E
法人の形態	完全共同経営	作業のみ	完全共同経営	完全共同経営	作業のみ	作業のみ	作業のみ
法人経営面積 作業受託面積	27.0	7.3	39.5	14.7	2.0	0.0	21.3
小麦収穫	29 (18)	31 (23)	25 (—)	67 (20)	68 (—)	33 (17)	8 (—)
大豆収穫	9 (—)	13 (10)	24 (24)	—	77 (21)	—	70 (58)
大豆乾燥	9 (—)	13 (10)	24 (24)	—	67 (11)	—	10 (—)

資料：法人への聞き取り調査（北農研、平成16年4月～12月実施）による。

注：1)法人経営面積、小麦収穫実施面積は平成15年の実績であり、13(10)は受託面積(うち員外面積)を示す。なお、No2～3、6～7については法人化前の任意組合時点である。

2)「法人化の目的」欄の記号は以下の通り。 A:離農者の農地の受け皿となるため、 B:後継者・新規参入者確保のため、 C:負債対策、 D:雇用確保のため、 E:販売額等が大きく税対策のため、 F:認定農業者として認定を受けるため、 G:その他

エ 今後の課題  
とくになし。

#### オ 要約

道央水田地域の中でも、南空知地域は生産組織化の割合が高く、とくに営農試験地域・北村では組織化割合が高くなっており、水稻及び小麦等の収穫・乾燥調製及び小麦・大豆等の播種作業において多数の利用組織が活動している。今後の営農においても、これらの利用組織は重要な役割を果たすことが期待され、大規模層ほど組織への期待が強まる傾向を見せている。この要因としては、大規模経営では、小麦・大豆等の土地利用型作物の割合が高く、またこれらの作物では播種及び収穫・乾燥調製作業の利用組合が不可欠となっていることがある。このため、大規模経営にとっては、作業機械・施設の共同利用が今後も重要な意味を有しているのである。

しかし、農機具の利用組織の多くも高齢化・離農による構成員の減少が重要な問題となっており、これに対応するため法人化も含めて組織の再編が必要となっている。すでに法人化した組織も含め、組織の4分の3が法人化が必要としている。法人化の具体的な形態は、作業のみの場合や完全共同経営など一律ではないが、法人化の目的として「離農者の農地の受け皿」とする組織が多数を占める点が特徴的である。一般に想定される「税対策」等でなく、

「離農者の農地の受け皿」が主な目的となる理由は、米価低迷による水田作経営の収益性低下のため、法人化により利用組織自体が離農者の農地の受け皿となる途を開くことで、農機の稼働率維持と個人での農地引き受けに伴う経営存続上のリスク回避の両面を図るためであると考えられる。

#### カ 参考文献

仁平恒夫：北海道の市町村別米生産費と水稻専業経営必要面積、北海道農業研究センター農業経営研究 86, 1-13, 2004

仁平恒夫：大規模水田地域・南空知における法人の増加と特徴、北海道農業研究センター農業経営研究 90, 28-47, 2005a

仁平恒夫：いわみざわ農協地域における『水田農業構造改革に関する意向調査』集計・分析結果、経営管理研究室、1-40, 2005b

(仁平恒夫)