

# ファームिंगシステム研究

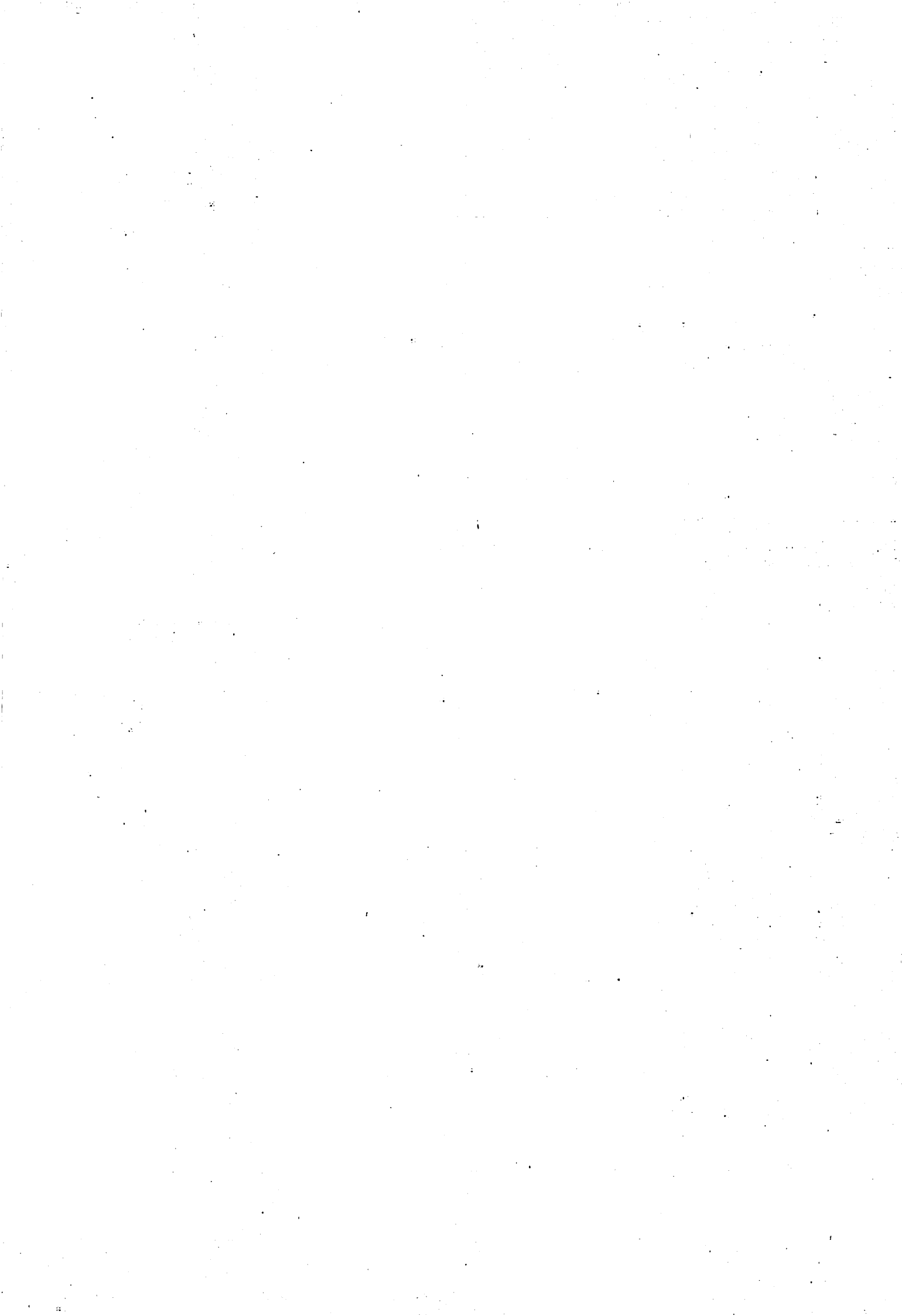
Farming System Research

5

2004

麦・大豆の不耕起播種および水稲の  
ロングマット苗移植を主軸とする  
高収益水田輪作営農体系

の の 田



# ファーミングシステム研究

No.5 (2004. 3)

## 目次

### 麦・大豆の不耕起播種および水稲のロングマット苗移植を 主軸とする高収益水田輪作営農体系

はじめに

第1章 不耕起播種による麦・大豆の安定・多収輪換畑作技術の確立	8
1. 土壌水分の適正管理のための田面排水と地下水調節技術の確立	8
2. 小麦新早生品種の導入による高品質安定多収化栽培技術の確立	13
3. 不耕起播種による麦の収量安定化と高品質化栽培技術の確立	18
4. ダイズ子実虫害の省力的防除技術の開発	22
5. スーパーノジュレーション大豆の不耕起狭畦栽培技術の確立	35
6. 大豆栽培下における地力変動解明と収量安定化技術の確立	39
第2章 ロングマット苗移植による省力水稲栽培技術の確立	45
1. 水耕苗の生理的特性解明と高品質育苗技術の開発	45
2. ロングマット苗田植機の移植精度向上技術の開発	53
3. ロングマット苗移植作業の労働負担	59
4. ロングマット苗水耕装置を利用した野菜苗等の省力的生産技術の開発	63
第3章 高収益水田輪作技術体系の確立	69
1. 不耕起播種による大豆・麦の省力安定多収栽培技術の体系化	69
2. ロングマット苗移植栽培技術の体系化	77
3. 水田輪作技術のシミュレーションによる作業技術的評価	82
第4章 水田輪作営農の確立	91
1. 大規模水田輪作営農の確立のための農地利用システムの解明	91
2. 麦-大豆不耕起栽培の経営的評価と普及の現状	99
3. ロングマット苗移植栽培技術の経営的評価と普及条件	103
4. 高収益水田輪作営農の定着条件	114
研究成果および研究発表一覧	121
おわりに	129



# はじめに

## 1. 研究目的

関東・東海地域において、担い手減少の加速化と米の生産調整が強化される状況で、水稲の省力・低コスト生産および大豆と麦類の高品質安定生産によって水田営農の活性化を図り、食料自給率の向上を目指す必要がある。

利根川下流域は、関東地域の代表的な水田地帯が広がっている。新利根町を含む地域では、県営圃場整備事業により区画整理、灌漑水路のパイプライン化、暗渠施工、砂客土などの圃場整備が行われ、また国営の新利根川沿岸農業水利事業が実施され、幹線排水路の水位が1年間を通して田面下80cmに下げられ、営農排水が効果的に行われるようになった。このため、麦、大豆二毛作で土地利用型農業に対応することが可能であるが、地域における田畑輪換の普及が進んでいるとはいえない。また、新利根町周辺の市町村の基幹的農業従事者の年齢構成をみると、農業従事者の高齢化が進んでおり、近い将来担い手の大幅な減少と共に、地域農業構造の再編成が行われると考えられる。流動化する農地を集積して規模拡大を図り、田畑輪換を用いた大規模経営の成立を支援するためには、土地利用型畑作物の高品質・安定多収技術の確立と稲作の省力化が重要である。

農業研究センター（現：中央農業総合研究センターおよび作物研究所）では、同地域で平成5年から9年に実施した「地域先導技術総合研究」で乾田直播技術の実証と、直播技術の導入による規模拡大の可能性を明らかにした。また、それに続く研究では、水稲直播技術の実用性の向上と現地導入実績を示し、またロングマット苗移植導入の可能性と、これと組み合わせた大豆・麦作付けの輪作営農体系の可能性を示してきた。しかし、最近の農業を巡る情勢の変化により、水稲作のより一層の省力・低コスト化、食料自給率向上のための大豆・麦の本作化が強く求められている。このような情勢変化に対応するためには、上記研究成果をより実用的に発展させる必要がある。過剰な機械投資を避けて規模拡大を行うには作期分散が必要で、このためには移植と直播を組み合わせる必要がある。現行の移植体系では、育苗、苗の運搬・補給、苗箱の片付けなどに多くの労力が必要である。そこで、稲作では、直播と農業研究センターが開発したロングマット水耕苗の移植技術を組み合わせ、一層の省力化を図る。大豆については新品種の導入と不耕起栽培や狭畦栽培の適用により省力耕起・抑草管理技術を確立し、収量と品質の高位安定化を図る。麦類については、新品種の導入と不耕起栽培や新しい施肥法の適用により収量と品質の高位安定化を図る。これらの技術を組み合わせ、さらに複合部門の充実を図り、高収益が得られる水田輪作営農体系を確立する。

## 2. 研究内容

### 1) 不耕起播種による麦・大豆の安定・多収輪換畑作技術の確立 【研究目的】



- (1) 水田における麦・大豆の畑作物栽培で、降雨に伴う田面排水を促進し、地下水位上昇を防ぐ手法を基盤技術として開発する。
- (2) 小麦「あやひかり」、「つるぴかり」「キヌヒメ」などの有望早生品種の輪作体系における作期の移動に伴う品種特性の変動を明らかにし、導入可能品種の高品質安定多収栽培法を検討する。
- (3) 大豆収穫後の麦の不耕起栽培を実施し、関東・東海地域における問題点の整理とその解決方法を検討する。
- (4) 大豆栽培において種子を直接加害するカメムシやサヤムシなどの子実害虫の発生状況に応じた農薬の適期使用による防除回数の削減および物理的防除法などの併用による被害回避技術を確立する。
- (5) 不耕起狭畦栽培におけるスーパーノジュレーション大豆の増収効果には年次間差があるので、この系統の特徴である生育前期の緩慢な生育を補って適正な生育量を確保し、また、生育後期の旺盛な生育を安定的に収量の増加に反映させるような栽培技術を開発する。
- (6) 水田における大豆栽培では、収量の停滞あるいは低下の傾向が生じており、この停滞傾向を打破するとともに、品質を安定・向上させるための土壌肥料的な検討を行う。

#### 【研究内容】

圃場において、田面の高精度均平化、傾斜化、浅溝掘削に伴う用排水促進効果を流出調査および麦・大豆の生育・収量調査によって検証する。また、用排水施設と暗渠排水組織の一体的整備技術を開発するとともに、作物の好適土壌水分を保持するために必要な地下水位コントロール技術を検討する。さらに、低コストでかつ耐久性に優れた新たな暗渠疎水材や畦畔漏水防止技術の開発を行う。

小麦の有望品種について播種期、播種量を中心に品質向上も含めて安定多収栽培法を検討する。また、大豆作後における不耕起播種栽培の安定多収に向けた個別技術を検討する。

大豆子実害虫は、主にカメムシとサヤムシを対象として、圃場における発生状況と被害の関係性を明らかにし、省力的な被害回避技術の確立を図る。田畑輪換圃場に、スーパーノジュレーション大豆を不耕起狭畦栽培法を含む各種条件の下で栽培し、この系統に適した栽培技術を明らかにする。履歴の異なる圃場の土壌について、栽培管理が地力窒素に及ぼす影響を、培養実験によって調べ、地力窒素の無機化量と大豆の窒素吸収、子実タンパク含有率等の関係を解析する。

#### 【達成目標】

- (1) 土壌タイプや自然条件、作物に応じた土壌水分管理に必要な整備技術の開発とその効果が検証される。
- (2) 有望小麦品種の作期や施肥法を変えた場合の生育収量および品質特性が明らかとなる。
- (3) 麦の不耕起播種栽培における施肥法や排水対策が策定される。
- (4) 大豆子実害虫に対する障壁作物とモニタリング手法の有効性の有無が明らかになり、また防除に最適かつ省力的な薬剤防除方法が明らかになる。
- (5) 不耕起狭畦栽培におけるスーパーノジュレーション大豆収量の高位安定化のため

に整えるべき諸条件が明らかになり、安定多収栽培技術が確立される。

- (6) 大豆の栽培および栽培管理法が、転換畑の地力窒素の変動に及ぼす影響が明らかになり、収量および品質を向上させるための栽培と土壌管理の手法が明らかになる。

## 2) ロングマット苗移植による省力水稻栽培技術の確立

### 【研究目的】

農業従事者の高齢化が進むなかで、水稻の育苗・移植作業に伴う苗箱等のハンドリングの労働負担がきつくなってきている。そこで、育苗・移植の省力・軽作業化を図るため、育苗に土を使わない水耕によるロングマット苗の育苗・移植技術の開発を行う。

- (1) 水耕苗の高品質化のための条件を明らかにする。
- (2) 育苗培地の改良や育苗法による育苗技術を改善し苗の安定生産技術を開発する。
- (3) 田植機の改良を中心とした欠株低減化技術の開発を行う。
- (4) ロール苗の貯蔵時の生理的特性を明らかにし、今後の所蔵技術開発の基礎資料とする。

### 【研究内容】

- (1) 水耕養液、温度等の条件を変えた育苗試験を以下の(2)(3)と連動しながら行う。
- (2) 育苗法の改善による移植精度向上技術の開発  
苗マットの物理性を改善するため、もみがら付不織布等による育苗試験を実施する。
- (3) ロングマット田植機の改良による移植精度向上技術  
ロングマット田植機を試作し、掻き取り試験および圃場における素材試験でその効果を明らかにする。

### 【達成目標】

- (1) 育苗法と田植機の改良により欠株を5%以内に低減させる。
- (2) 欠株抑制機構を備えたロングマット田植機を試作する。

## 3) 高収益水田輪作技術体系の確立

### 【研究目的】

- (1) 圃場の均平化、傾斜化と表面排水溝を組み合わせた排水促進圃場における麦・大豆の超省力・高品質・多収栽培技術を確立する。
- (2) 大規模経営の稲・麦・大豆輪作体系にロングマット苗移植栽培技術を組み合わせた省力機械化作業技術を開発する。
- (3) 不耕起播種を軸とした稲・麦・大豆4年6作体系を定着させるためのシミュレーション手法による作業技術条件の解明

### 【研究内容】

- (1) 傾斜圃場における土壌条件(硬度、水分)と作物生育収量との関係を明らかにする。
- (2) 大豆の出芽・苗立ちに有効な農薬・資材の検討を行うとともに、ロングマット苗移植技術の現地適用性の検討および問題点の抽出を行い、本技術を普及させる上での適合性等を検証する。さらに現地実証試験圃場でのデータの収集と作業可否条件等の解明を行い、4年6作を導入する際の作業制約要因等をシミュレータで明らかにする。

#### 【達成目標】

- (1) シミュレーション手法により麦・大豆・水稲の大規模水田輪技術体系における機械装備条件等が策定される。
- (2) 田面排水対策、地下水位調節対策が明らかになり、麦・大豆の省力・安定栽培技術が体系化される。
- (3) 個別技術を組立てロングマット苗移植技術の体系化と水耕育苗施設の汎用利用技術が開発される。

#### 4) 水田輪作営農の確立

##### 【研究目的】

- (1) 麦・大豆等の土地利用型作物を導入した大規模水田輪作営農を確立するためには、農地流動化や担い手への農地集積の促進、ブロックローテーションの確立等に向けた地域の農地利用に関する総合的なシステムを構築する必要がある。
- (2) 水稲の直播およびロングマット苗移植技術を主軸とした水田作経営の規模拡大過程を追跡調査することによって、新技術の有効性を経営的視点から評価するとともに、これら新技術を導入した大規模高収益水田輪作営農モデルの策定を行う。
- (3) 各地におけるロングマット苗移植等稲作新技術の普及・定着条件について明らかにする。

##### 【研究内容】

- (1) 農業センサス等の各種農業データを用い、農地利用動向および集団的農地利用形成に関する要因解析を行う。
- (2) ブロックローテーションなどの地域的な水田土地利用の先進地を調査し、与件変動の下での地域行政、指導機関、担い手等の対応状況を検討することを通して、市町村（旧村）を単位とする総合的な農地利用管理システムの形成条件を解明する。
- (3) 数理計画手法を用いてモデル構築を行い、種々の条件下でシミュレーションを行うことによって新技術が定着するための条件を検討する
- (4) ロングマット苗移植および直播栽培、麦・大豆の不耕起播種等を導入している先進事例の調査を行い、地域や経営条件が異なる場合の新技術の定着条件について検討する。

##### 【達成目標】

- (1) 地域輪作営農の形成に対する社会経済的条件および地域の農地利用に関する諸施策の解明。
- (2) 大規模輪作営農を確立しようとした際に構築されるべき農地利用システムとその管理方式の提示。
- (3) 高収益水田輪作営農において目標となる生産コストや所得水準、育成すべき経営の内容等の策定。
- (4) ロングマット苗移植等新技術の普及・定着条件、および大規模高収益水田輪作営農の普及・定着に必要な各種支援策や経営・経済条件の解明。



### 3. 成果の普及方策

麦、大豆の不耕起播種機の生産と普及が拡大するように現地の実演などに取り組む。また、大豆の不耕起栽培に取り組んでいる地域基幹農業技術体系化促進研究（以下、「地域基幹研究」）参画の3県には現地検討会や成績検討会を通じて技術の移転を行う。麦、大豆の新品種については、積極的な普及を図る。

ロングマット苗移植技術に取り組んでいる地域基幹研究参画の5県および県単で取り組んでいる2県には現地検討会や成績検討会を通じて技術の移転を行う。またすでに本技術を導入している千葉県の実地等には、技術普及化の拠点として普及センターの協力を得ながら絶えず新技術の試験を依頼するなどして現場技術の安定化を図る。

さらに、営農改善のための数理計画手法を研修などを通じて広く普及してゆく。

### 4. 研究実施体制

#### 1) 実施機関

独立行政法人農業技術研究機構（現：農業・生物系特定産業技術研究機構）中央農業総合研究センター、作物研究所、野菜茶業研究所、独立行政法人農業工学研究所

#### 2) 外部評価委員

加藤 明治（株式会社クボタ 機械営業本部・東日本営農推進グループ部長）  
中川 悦男（茨城県農業総合センター 首席専門技術員）

#### 3) 現地検討会

新利根町の現地で実施する。

### 5. 研究担当者（○は取りまとめ・執筆者）

#### 第1章 不耕起播種による麦・大豆の安定・多収輪換畑作技術の確立

##### 1. 土壌水分の適正管理のための田面排水と地下水調節技術の確立

藤森新作<sup>○</sup>・谷本 岳・若杉晃介

##### 2. 小麦新早生品種の導入による高品質安定多収化栽培技術の確立

渡邊好昭<sup>○</sup>

##### 3. 不耕起播種による麦の収量安定化と高品質化栽培技術の確立

渡邊好昭<sup>○</sup>・浜口秀生・中山壮一・梅本 雅

##### 4. ダイズ子実虫害の省力的防除技術の開発

水谷信夫<sup>○</sup>・刑部正博・本多健一郎・守屋成一

##### 5. スーパーノジュレーション大豆の不耕起狭畦栽培技術の確立

高橋幹<sup>○</sup>・島田信二・有原文二・中山則和・島村聡・中村卓司・山本亮

##### 6. 大豆栽培下における地力変動解明と収量安定化技術の確立

伊藤純雄<sup>○</sup>

## 第2章 ロングマット苗移植による省力水稻栽培技術の確立

1. 水耕苗の生理的特性解明と高品質育苗技術の開発  
北川寿<sup>○</sup>・小倉昭男・白土宏之・屋代幹雄
2. ロングマット苗田植機の移植精度向上技術の開発  
小倉昭男<sup>○</sup>・北川寿・白土宏之・屋代幹雄
3. ロングマット苗移植作業の労働負担  
佐々木豊<sup>○</sup>・金谷豊・建石邦夫
4. ロングマット苗水耕装置を利用した野菜苗等の省力的生産技術の開発  
東尾久雄<sup>○</sup>・廣兼久子・浦嶋泰文・森下昌三

## 第3章 高収益水田輪作技術体系の確立

1. 不耕起播種による大豆・麦の省力安定多収栽培技術の体系化  
浜口秀生・中山壯一・梅本 雅<sup>○</sup>
2. ロングマット苗移植栽培技術の体系化  
北川寿<sup>○</sup>・小倉昭男・白土宏之・屋代幹雄
3. 水田輪作技術のシミュレーションによる作業技術的評価  
金谷 豊<sup>○</sup>・梅田直円・長坂善禎

## 第4章 水田輪作営農の確立

1. 大規模水田輪作営農の確立のための農地利用システムの解明  
平野信之<sup>○</sup>・高橋明広
2. 麦-大豆不耕起栽培の経営的評価と普及の現状  
梅本 雅<sup>○</sup>・浜口秀生・中山壯一
3. ロングマット苗移植栽培技術の経営的評価と普及条件  
梅本雅・松本浩一<sup>○</sup>・山本淳子・関野幸二・佐々木東一
4. 高収益水田輪作営農の定着条件  
梅本 雅<sup>○</sup>・浜口秀生・中山壯一

# 第1章 不耕起播種による麦・大豆の安定・多収輪換畑作技術の確立

## 1. 土壌水分の適正管理のための田面排水と地下水調節技術の確立

### 1) 目的

水田における麦・大豆・飼料作物等の畑作物栽培や水稲乾田直播では、降雨に伴う田面湛水や地下水位上昇が長時間継続した場合には、湿害によって壊滅的な打撃を受ける。また、地球温暖化に伴う異常気象が頻発し、干魃害も深刻化している。そこで、既存の水管理施設や用排水管理技術の評価を行うとともに、これらの機能を最大限に発現させる技術を確立する。

### 2) 方法

農家が管理する現地圃場や農業工学研究所（農工研）内実験圃場において、田面の高精度均平化、傾斜化、浅溝掘削に伴う用排水促進効果を流出調査および麦・大豆等の生育・収量調査によって検証する。また、用排水施設と暗渠排水組織の一体的整備技術を開発するとともに、作物の好適土壌水分を保持するために必要な地下水位コントロール技術を検討する。さらに、低コストでかつ耐久性に優れた新たな暗渠疎水材や畦畔漏水防止技術の開発を行う。

具体的には、①傾斜化および明渠の有無による用水供給および排水特性を把握するため、農工研内の水田（関東ローム、21a=70m×30m）をレーザーレベラーで水平、傾斜度0.5%、1%、2%、3%とし、用水供給、排水時間と流量を観測する。また、②農工研内の大区画水田（関東ローム、125m×40m×2筆）で自然圧パイプラインシステムと暗渠を接続し、弾丸暗渠間隔を変化させて地下水位および土壌水分、麦、大豆の生育・収量調査を行う。③傾斜化水田（1%）において、水稲の不耕起乾田直播と無代かき移植栽培を行い生育・収量調査を行う。④マグネシア系土壌硬化剤を用いた畦畔漏水防止技術を開発する。⑤レーザーレベラーによる圃場傾斜化の省力化を図るため、作業工程を検討する。⑥茨城県岩間町土師地区において、湿地転換畑における蕎麦栽培を可能とする整備技術を検討する。⑦岩手県胆沢南部地区において、本暗渠と補助暗渠の組み合わせによる排水効果の検証および地下灌漑の可能性を検討する。⑧農工研内の傾斜ほ場と水平ほ場で小麦・大豆・小麦（大区画ほ場:関東ローム）、および水稲・小麦（中区画圃場:重粘土壌）を栽培し、傾斜化の効果を把握する。⑨既存の用水および暗渠組織を部分改良するだけで低コストに地下かんがいによる土壌水分調節を可能とする装置を開発する。⑩現地の水田土壌と軽焼マグネシア系土壌硬化剤（マグホワイト）を用いて、暗渠疎水材を容易に造粒する機械の開発を行う。



### 3) 結果と考察

①用水供給において水口側に明渠を設置することでほ場全面への用水到達時間が大幅に短縮できる。また、明渠接点の田面はできる限り均平にすることが望ましい。傾斜を付けることで用水到達時間、排水時間は短縮されるが、必要以上の傾斜は心土が混じるため好ましくない(表1-1-1、図1-1-1)。

②地下水位を適切に調節するためには、弾丸暗渠を密に入れる必要がある。大豆では弾丸間隔1.5m以下で高収量となった(図1-1-2、表1-1-2)。一方、麦は弾丸暗渠間隔と収量に相関性が認められない。

③傾斜水田における水稻栽培で湛水深を常時一定(用水側で10cm、排水側で15cm)とした水管理を行った。移植栽培のコシヒカリにおける茎数は用水側で480本/m<sup>2</sup>、中央で400本、排水側で340本となったが、排水側における収量の低下は認められず、乾田直播のミルクークインを含め、湛水深の違いによる収量差はないものと考えられた(表1-1-3)。

④新利根地区の大区画水田の排水路側畦畔380mにおいて、新たに開発したマグネシア系硬化剤と「畦畔下改良装置」による漏水防止対策を実施した(図1-1-3)。その結果、泥炭土壌であることから、畦畔下浸透やモグラ、ザリガニ穴の発生で用水が溜まらず、従来は排水路からのポンプアップを行っていたが、乾田直播であっても漏水の発生がみられなかった。また、施工後1年を経過した畦畔下の硬度は山中式硬度計で30mmであった。

表1-1-1 傾斜度別の用水到達・排水時間

傾斜度	用水到達時間*1	排水ピークから終了までの時間*2	表面排水率
0	45分	90分	48.8%
1‰	25分	55分	71.5%

\*1 供給開始後、排水口に用水が到達するまでの時間  
 \*2 排水量が1.0mm/hr以下になるまでの時間  
 \*3 排水柵に接続するφ150mmの塩ビ管に規制されて、何れの傾斜度においても45mm/hrであることから、ピーク流量以降の排水量を比較した

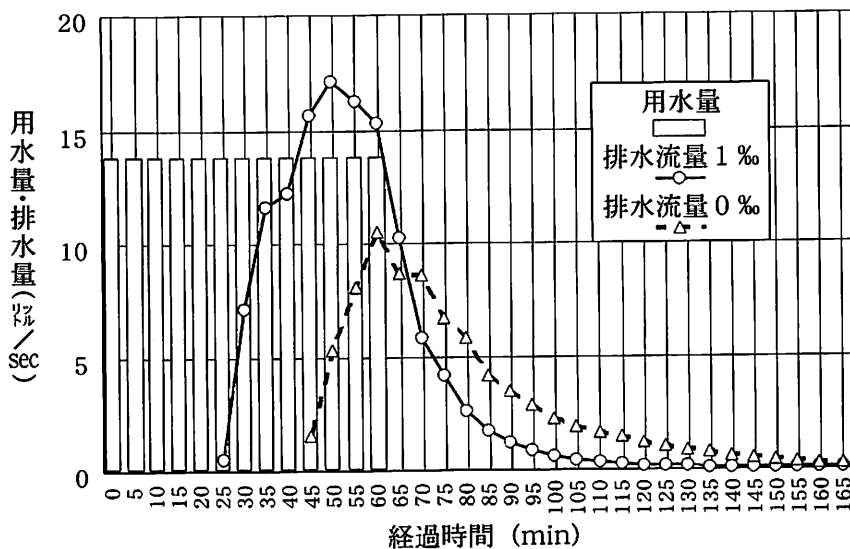


図1-1-1 傾斜別の排水状況(関東ローム)

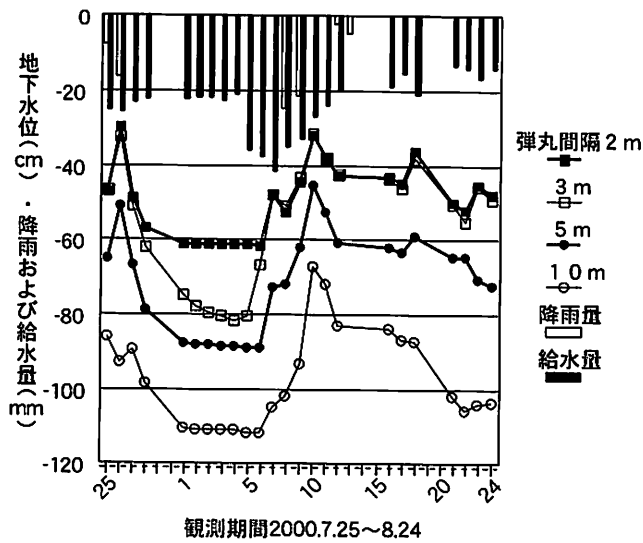


図1-1-2 弾丸間隔と地下水位

表1-1-2 地下かんがいと収量の関係

大豆の収量

Kg/10a

弾丸間隔	傾斜・水平区分						平均
	傾斜水田(1%)			水平水田			
	暗渠管上	暗渠中間	平均	暗渠管上	暗渠中間	平均	
1.0m	344.0	504.2	424.1	282.6	412.6	347.6	385.9
1.5m	412.7	394.3	403.5	208.3	520.1	364.2	383.9
2.0m	254.9	215.6	235.3	230.5	296.3	249.9	242.6
5.0m	120.8	98.4	109.6	219.6	226.2	222.9	166.3
平均	283.1	303.1	293.1	235.3	357.1	296.2	294.7

麦の収量

弾丸間隔	傾斜・水平区分						平均
	傾斜水田(1%)			水平水田			
	暗渠管上	暗渠中間	平均	暗渠管上	暗渠中間	平均	
2.0m	409.0	498.0	453.5	343.0	368.0	355.5	404.5
3.0m	403.0	486.0	444.5	365.0	351.0	358.0	401.3
5.0m	613.0	622.0	617.5	483.0	511.0	497.0	557.3
10.0m	549.0	554.0	551.5	501.0	436.0	468.5	510.0
平均	493.5	540.0	516.8	423.0	416.5	419.8	468.3

大豆後

乾直水稲後

大豆(タチナガハ)、小麦(農林61)ともに播種間隔は25cmであり、汎用不耕起播種機を使用した。

表1-1-3 傾斜水田の水稲生育・収量調査結果

播種方法	位置	田面高 cm	湛水深 cm	7/2		収穫期				収量調査						
				草丈 cm	莖数/m <sup>2</sup> 本	穂数 本/株m <sup>2</sup>	穂長 cm	稈長 cm	総粒数 cm	穂数 m <sup>2</sup> /kg	葉重 kg/10a	精粒重 kg/10a	屑粉重 kg/10a	精玄米重 kg/10a	屑米重 kg/10a	千粒重 g
無代かき移植	用水側	0.0	10.0	60.7	475	17.7	18.0	93.5	102	325	526	677	2.8	488	51	21.1
コシヒカリ	中央	-2.5	12.5	66	403	18.4	18.4	98.0	122	315	558	669	11.6	490	41	21.3
5/22移植	排水側	-5.0	15.0	68	339	16.3	19.0	99.0	131	328	561	742	9.5	568	35	22.3
乾田直播	用水側	0.0	10.0	57.4	493	94	18.7	88.1	127	299	374	546	6.4	328	105	19.3
ミルキー	中央	-2.5	12.5	58.9	397	98	19.2	88.7	122	256	296	538	7.5	356	69	19.4
4/22播種	排水側	-5.0	15.0	61	347	75	18.8	89.1	116	208	265	482	6.4	336	44	19.2

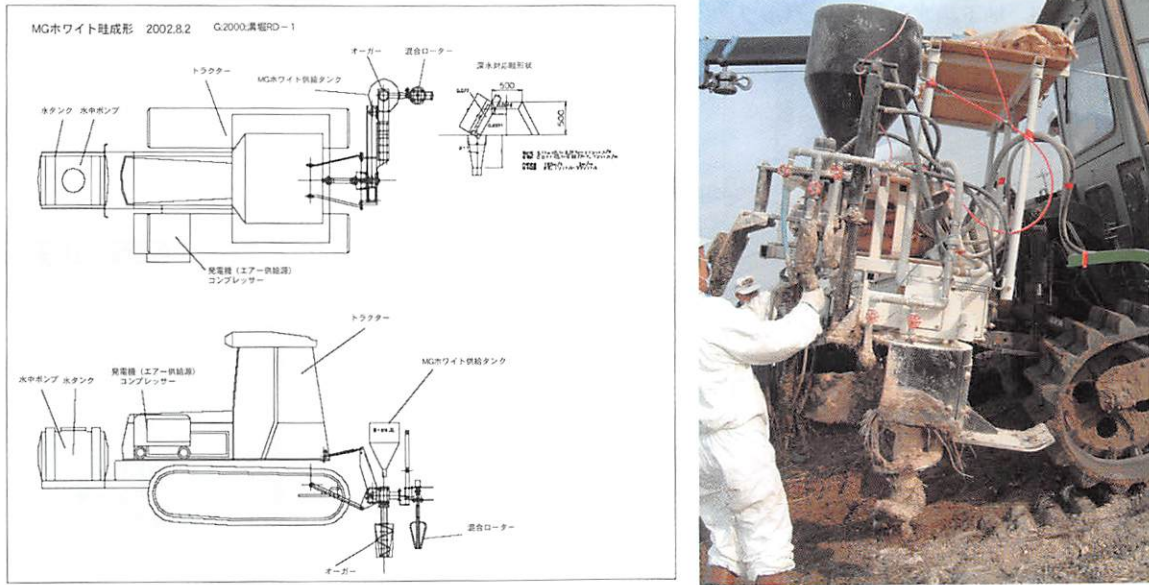


図1-1-3 畦畔下改良装置

一方、畦畔については、硬化剤を畦畔際に散布し、既存の畦畔造成機を使用して混合・成型・転圧を試みたが、粉体の供給や適正水分の補給、転圧等が課題となった。

⑤レーザーレベラーによる整地均平および傾斜化では、前進と後退を繰り返していたが、前進のみで回転することによって、これまで8hr/ha程度であった作業時間が3.5hr/haに短縮できた。

⑥岩間町土師地区における蕎麦栽培は、心土破碎と額縁明渠、傾斜化等によって、発芽・苗立ちは順調であった。台風21号による冠水や倒伏被害の発生があったが、収量は120kg/10a（茨城県平均61kg/10a）となった。

⑦胆沢南部地区は強粘土型、難透水性土壌であり、転作作物の安定・多収は困難であったが、本暗渠施工と補助暗渠（弾丸2m間隔）の施工によって、枝豆栽培で暗渠施工区が342.5kg/10a、未施工区が168.4kg/10aとなり、暗渠排水効果が認められた。また、地下灌漑によって暗渠管上の地下水位を速やかに上昇させることは可能であったが、暗渠中間は難透水土壌であるため困難であった。

⑧重粘土の傾斜ほ場（1/1000）でコシヒカリを平均水深15cmの深水管理で栽培したが、収量は水平田と変わらなかった。水平ほ場において排水不良が発生し、稲の機械収穫が困難となり、また、小麦の発芽障害が発生しているが、傾斜圃場はこのような障害がない。

⑨従来の暗渠施設の用・排水側に装置を取り付けることにより、暗渠排水管の酸化鉄による通水障害の防止と地下水位調節が容易にできる暗渠排水装置を開発した。また、圃場に埋設した有孔管等による幹線・支線パイプおよび補助孔（弾丸暗渠等）に対して、用水を供給するとともに、田面排水機能を兼ね備えた、用排水ボックスと地下水位を制御する水位制御器および貯水制御器を独自のレイアウトで配置することにより、暗渠排水と地下水位制御を両立する「地下灌漑システム」を開発した（図1-1-4）。

⑩既存の土質改良機を一部改良することで、現地水田土壌とマグホワイトによる暗渠疎水材を1時間に15m<sup>3</sup>製造できることが明らかになった（図1-1-5）。



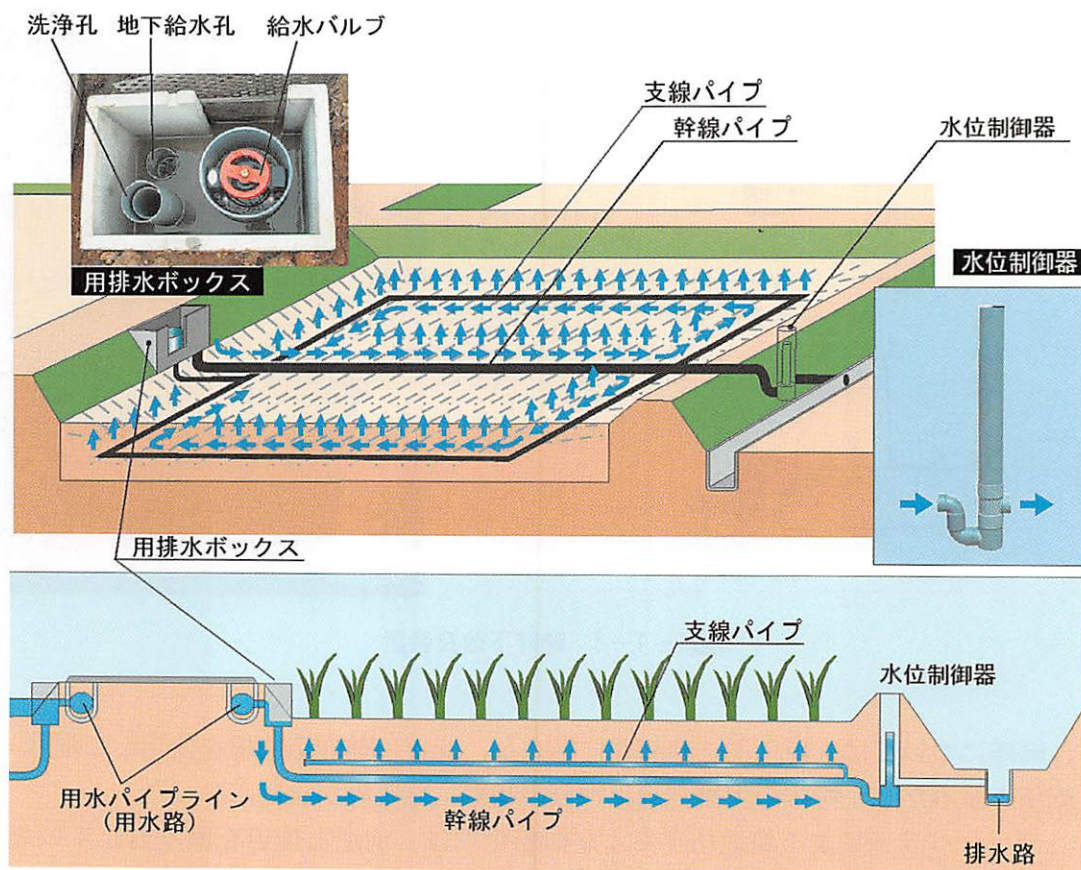


図1-1-4 地下灌漑システム「FOEAS」の概要

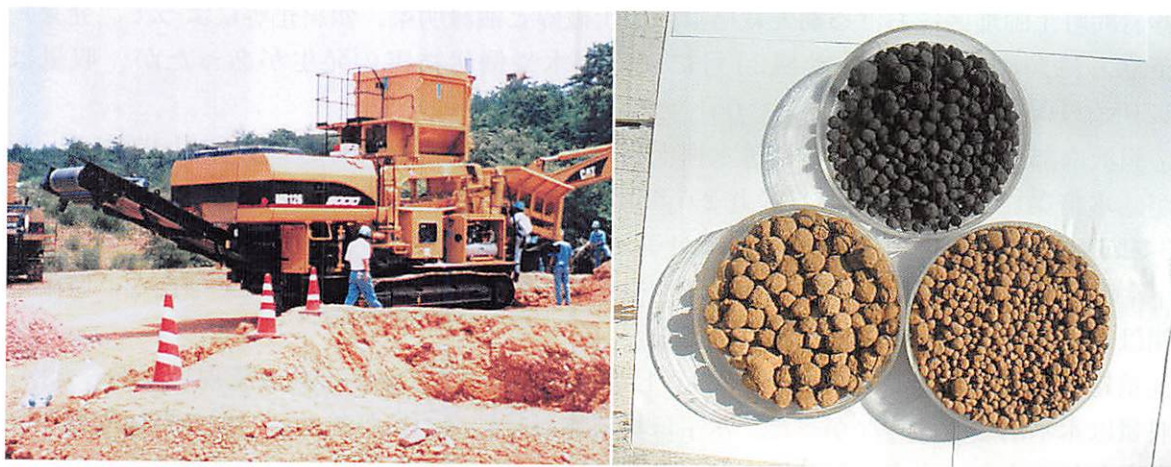


図1-1-5 土層改良機による暗渠疎水材の製造

#### 4) 今後の課題

田面排水の迅速化を図る圃場傾斜化は営農技術として確立できたが、これを利用するためにはレーザープラウやレベラーを普及させる必要がある。また、地下水水位制御については、新しく開発した地下灌漑システム「FOEAS」によって可能となったが、この技術を普及させるためには、地形や土壌条件に応じた整備・利用技術の確立と効果の検証が重要である。

## 2. 小麦新早生品種の導入による高品質安定多収化栽培技術の確立

### 1) 目的

小麦の生産は民間流通への移行に対応して低コスト・高品質・安定多収化生産技術の確立が急務となっている。特に、関東地方では、二毛作限界地帯として稲-麦-大豆大規模輪作体系による低コスト化が有効とされているが、近年育成された有望早生品種の輪作体系における栽培法については確立されていない。そこで、本研究では平成13年に育成されたうどん用の高品質早生小麦「あやひかり」について、「農林61号」を対照として、輪作体系における作期の移動等に伴う品種特性を明らかにし、高品質安定多収栽培法を検討する。

### 2) 方法

有望な小麦早生新品種としてあやひかり、対照品種として農林61号を供試した。試験は中央農業総合研究センター谷和原水田圃場の表層が灰色低地土の水稲、小麦の2毛作を継続している圃場で実施した。

#### (1) 播種量試験

播種量を100、200、300粒/m<sup>2</sup>の3水準、出穂期約1週間前の追肥(N成分4kg/10a、4月10日)の有無の2水準として、2要因が生育状況、収量および収量構成要素、子実蛋白質含量、製粉歩留まり、色相への影響を調査した。播種は2000年10月30日、基肥量は4、6、4kg/10a(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O成分)とし、茎立期追肥2、2kg/10a(N、K<sub>2</sub>O成分)を3月6日に実施した。除草剤、殺菌剤散布などの管理は慣行に従い、踏圧は行わなかった。

#### (2) 播種期試験

播種期を10月26日、11月8日、11月20日の3水準、播種量を150粒、250粒/m<sup>2</sup>の2水準として2要因が生育状況、収量および収量構成要素、子実蛋白質含量、製粉歩留まり、色相への影響を調査した。基肥量は4、6、4kg/10a(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O成分)とし、茎立期追肥2、2kg/10a(N、K<sub>2</sub>O成分)、出穂1週間前に窒素追肥2kg/10aを実施した。その他の管理法等は播種期試験と同様とした。

### 3) 結果および考察

#### (1) 播種量試験

播種量試験における子実重と収量構成要素である穂数、千粒重、一穂粒数の結果について図1-2-1~4に示した。子実重に及ぼす播種量の影響は、農林61号、あやひかりとも有意な差がなかった。適期に播種した場合には、苗立ち数が減少しても有効げつが増加し、千粒重、一穂粒数が増加するために収量に及ぼす播種量の影響は小さいものと考えられた。出穂1週間前の2回目の窒素追肥の影響は、両品種とも有意ではなかったが、わずかに追肥を行った区で高くなる傾向があった。これは、出穂1週間前の窒素追肥が千粒重を増加させたためと考えられた。穂数に及ぼす播種量の影響は、両品種とも大きく、播種量が多いほど穂数が多くなった。千粒重に及ぼす播種量の影響は、あやひかりで大きく、播種量の増加に伴って減少した。一穂粒数に及ぼす播種量の影響は、農林61号で大きく、

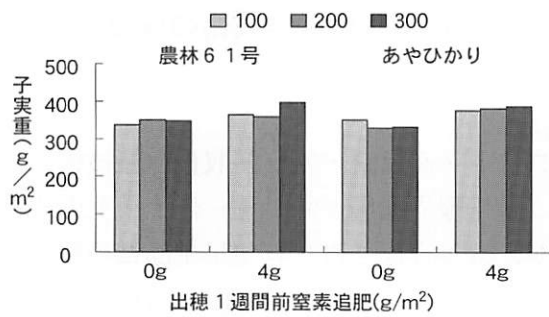


図1-2-1 播種量・窒素追肥が子実重に及ぼす影響

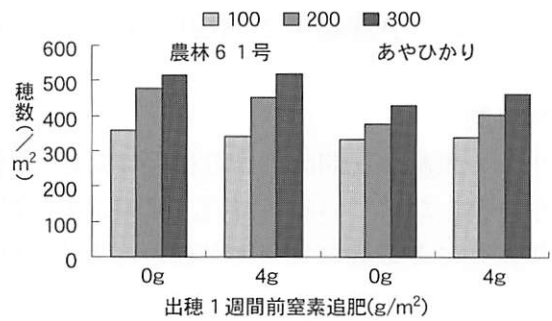


図1-2-2 播種量・窒素追肥が穂数に及ぼす影響

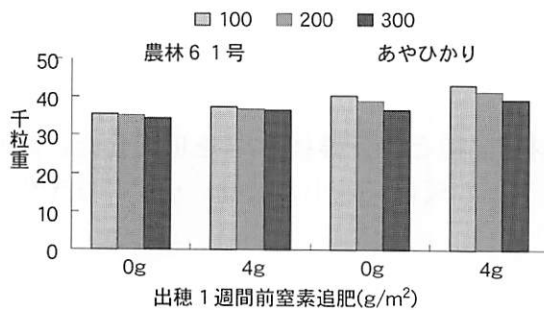


図1-2-3 播種量・窒素追肥が千粒重に及ぼす影響

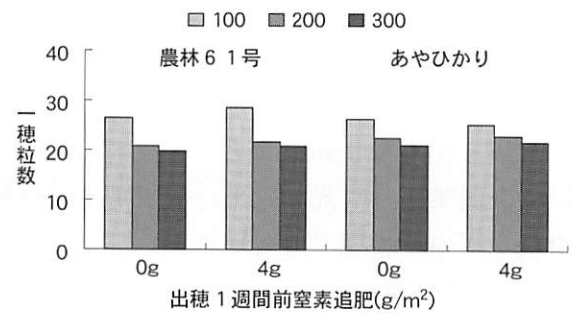


図1-2-4 播種量・窒素追肥が一穂粒数に及ぼす影響

播種量の増加に伴って減少した。この結果は、両品種の特性に起因していると考えられる。あやひかりは粒が大きく、穂重型の品種であり、穂数が少なくなると粒重が増加するのに対し、農林61号は穂数型の品種で、穂数が少なくなると粒数が増加して、収量を確保した。

播種量試験における子実蛋白質含量の結果について図1-2-5に示した。両品種とも播種量が増加すると蛋白質含量が減少する傾向を示した。窒素追肥により蛋白質含量は大きく増加したが、播種量との間に交互作用はなかった。この結果から、蛋白質含量が目標である10~11%に達しない圃場においては、播種量を減らし、穂数を減らすことで蛋白質含量を高めることが可能と考えられるが、この点については今後さらにデータを蓄積して検討する必要がある。

播種量試験における製粉歩留まりと粉の色相の結果について表1-2-1に示した。あやひかりは農林61号に比べ製粉歩留まりが高かった。また、粉の色相のうち、明度を示すL\*値は低く、赤みを示し低いほど良いとされるa\*値は低く、黄色みを示すb\*値は高い傾向

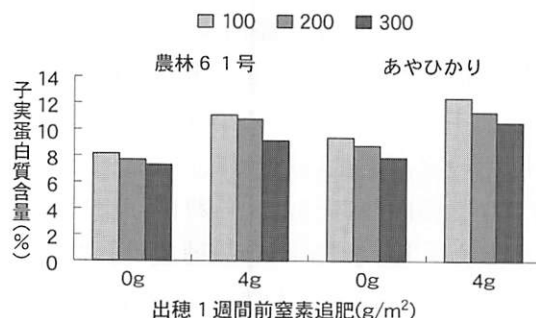


図1-2-5 播種量・窒素追肥が蛋白質含量に及ぼす影響



表1-2-1 播種量と出穂1週間前の窒素追肥が製粉歩留まりと粉の色相に及ぼす影響

品種	播種量 /m <sup>2</sup>	2回目追肥量 N成分g/m <sup>2</sup>	製粉歩留まり	L*	a*	b*
農林61号	100	0	0.63	85.77	-1.26	14.81
	200	0	0.63	85.56	-1.43	14.26
	300	0	0.61	86.10	-1.52	14.65
	100	4	0.60	85.29	-0.95	13.84
	200	4	0.63	85.16	-1.04	14.01
	300	4	0.62	85.66	-1.15	14.32
あやひかり	100	0	0.66	84.70	-1.53	14.91
	200	0	0.66	84.78	-1.49	15.25
	300	0	0.66	85.31	-1.73	15.82
	100	4	0.66	83.90	-0.84	14.64
	200	4	0.65	84.23	-1.04	14.87
	300	4	0.65	85.02	-1.09	14.31

を示した。この結果は、品種の特性として報告されている結果と同様であった。製粉歩留まり、および粉の色相に及ぼす処理区の影響の品種間差は小さく、あやひかりは農林61号と同様の傾向を示した。個々に見ると、製粉歩留まりに及ぼす播種量の影響、窒素追肥の影響は見られなかった。L\*値は、播種量が増加するほど高くなる傾向があり、窒素追肥をしない方が高くなる傾向を示したが、差はわずかで、5%のレベルで有意にならなかった。a\*は窒素追肥により値が高くなり、両品種で有意となったが、播種量の影響は見られなかった。b\*も追肥窒素の影響のみ有意となり、追肥窒素を行うと値が低下した。この結果から、製粉歩留まりと粉の色相に及ぼす播種量の影響は小さく、窒素追肥の影響が大きいことが明らかとなった。追肥窒素の影響については、従来からの報告と矛盾しないものであった。

## (2) 播種期試験

播種期試験における子実重と穂数、千粒重、一穂粒数の結果について図1-2-6~9に示した。子実重はあやひかり、農林61号とも11月8日播きで最も高くなり播種適期は11月上旬と考えられた。あやひかりでは播種量が250粒/m<sup>2</sup>の場合に10月26日播き、11月20日播きの収量が150粒の場合よりも増加したが、農林61号では逆に減少した。この結果は、あやひかりでは適期よりも遅れて播種する場合には播種量を増やすことで収量を低下させないことが可能であるが、農林61号ではそれが難しいことを示している。10月26日播き、11月20日播きが適期の11月8日播きよりも収量が低下した原因は一穂粒数の減少であった。穂数は播種期が早いと増加する傾向を示したが、この原因として高次分げつまで有効化して一穂粒数が減少したことが考えられる。

播種期試験における子実蛋白質含量について図1-2-10に示した。子実蛋白質含量は変動が少なく、処理区間の差は有意とはならなかった。両品種の250粒播きの場合、播種期の遅れに従って蛋白質含量が低下する傾向を示した。晩播条件で播種量を増やした場合に、出穂1週間前の追肥を行っても目標とした蛋白質含量に達しなかったことから、晩播栽培での高品質化のためにさらに追肥法の検討が必要であると考えられた。

播種期試験における製粉歩留まり、粉の色相について表1-2-2に示した。播種量試験の結果と同様、あやひかりは農林61号に比べ明度が低く、a\*が低く、b\*が高い傾向があ

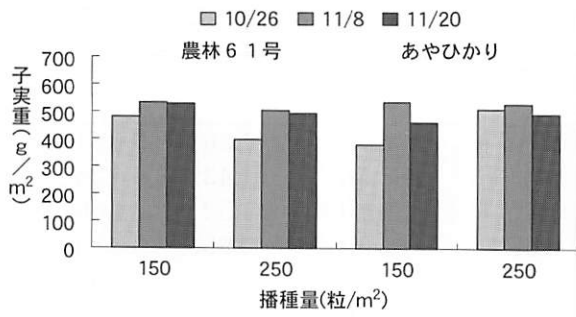


図1-2-6 播種期・播種量が子実重に及ぼす影響

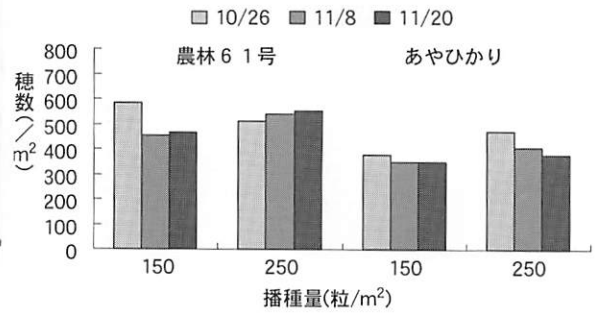


図1-2-7 播種期・播種量が穂数に及ぼす影響

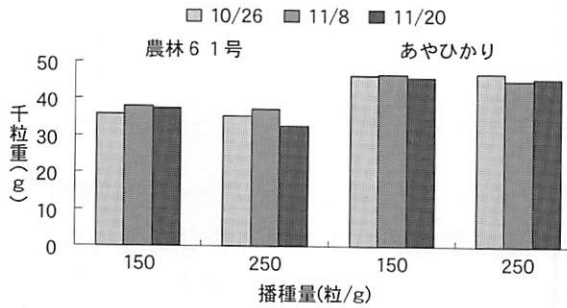


図1-2-8 播種期・播種量が千粒重に及ぼす影響

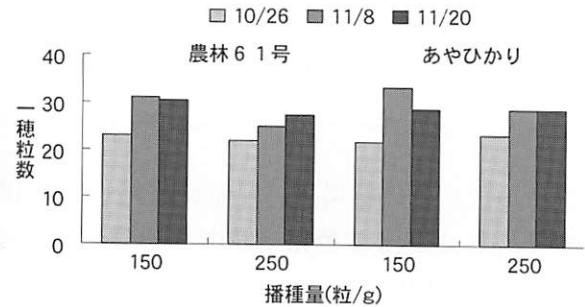


図1-2-9 播種期・播種量が一穂粒数に及ぼす影響

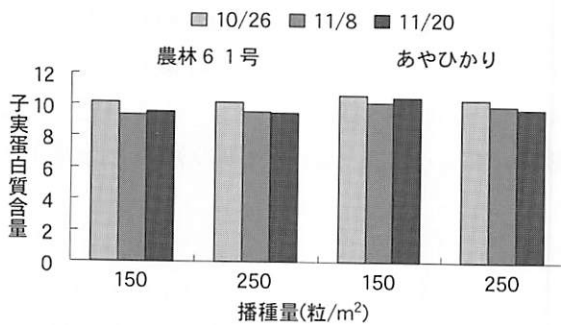


図1-2-10 播種期・播種量が蛋白質含量に及ぼす影響

表1-2-2 播種期と播種量が製粉歩留まりと粉の色相に及ぼす影響

品種	播種期	播種量 粒/m <sup>2</sup>	製粉歩留まり	L*	a*	b*
農林61号	10月26日	150	0.62	88.05	0.48	13.75
	11月8日	150	0.63	87.95	0.52	14.63
	11月20日	150	0.63	87.93	0.51	14.72
	10月26日	250	0.62	87.68	0.52	13.68
	11月8日	250	0.63	87.82	0.51	14.67
	11月20日	250	0.63	87.95	0.46	14.94
あやひかり	10月26日	150	0.60	86.87	0.43	13.79
	11月8日	150	0.63	87.56	0.39	14.80
	11月20日	150	0.64	87.46	0.51	15.24
	10月26日	250	0.63	86.84	0.46	14.09
	11月8日	250	0.63	87.54	0.39	14.92
	11月20日	250	0.63	87.80	0.33	15.35

ったが、有意な差ではなかった。また、製粉歩留まりおよび粉の色相に及ぼす播種期と播種量の影響は明確には見られなかった。これは、2001年播種小麦の生育期間が暖冬であり、晩播した場合にも高い生育量を確保することができたことも一因と考えられる。別に行った2002年播種小麦の結果では、晩播小麦の製粉性が低下することを観察しており、年次間差があるものと考えられた。

2カ年の播種量試験、播種期試験の結果から、新品種あやひかりの高品質安定多収化のための栽培法は、対照品種である農林61号と大きな差はなく、農林61号に準じた栽培をすることが可能と考えられた。特に、あやひかりは耐倒伏性が強く、追肥量を増やしても減収を引き起こすような倒伏は観察されなかったことから、安定性が高いと考えられた。

本試験の結果から、適期播種の重要性が再確認された。適期に播種した場合に最も収量が多く、播種量の影響は小さかった。早播きの場合、晩播の場合とも、通常の播種量では減収し、播種量を多くした場合に適期播種と同等の収量を得ることが可能であった。しかし、適期ではない時期に播種をすると品質の変動が大きかった。特に、晩播条件では蛋白質含量が低下すること、播種量が多いと施肥に対する反応が大きくなり、コントロールが難しくなることから、適期に播種することが重要と考えられた。

本試験では、品質に関係する項目として子実蛋白質含量と、製粉歩留まりおよび粉の色相について検討した。これに加えて灰分、容積重、フォーリングナンバーが新たな品質の基準として導入されることとなった。これらの要素に及ぼす播種期、播種量の影響について、本試験では検討を行わなかったが、別に実施した試験では播種期の遅れによって灰分が増加し、容積重が低下する傾向があるという結果を得ている。新たな品質の基準においても、高品質化のためには適期播種が望ましいと考えられる。

#### 4) 残された問題点

本プロジェクトは短期間であったため、播種量、播種期試験に絞って実施し、各試験はそれぞれ単年度の検討となった。今後は気象条件の異なる複数年のデータにより解析を行い、信頼性の高い結果を導き出す必要がある。また、施肥法についてもさらに検討を行う必要がある。特に、水田では、畑に比べ子実蛋白質含量が低くなることが明らかにされており、子実蛋白質含量適正化のための栽培法が求められている。過度な窒素追肥は粉の色相を劣化させる可能性があるため、窒素追肥法についてさらに詳細に検討する必要がある。この点については、ブランドニッポン1系において検討を行っており、それらの結果と総合して、栽培法を構築する必要がある。

本試験では早生新品種「あやひかり」の栽培法について検討したが、関東地域に栽培可能な新品種が他にも育成され、各県で採用されている。これらについても検討を行っていく必要がある。あやひかりは低アミロース品種であり、うどんの食味、特に食感が優れるが、その澱粉の性質が特殊であることから需要に限られる。そのため栽培面積はこれ以上拡大しないと考えられる。アミロース含量が農林61号とあやひかりの間であるやや低アミロース品種が望まれており、今後はやや低アミロース品種が農林61号に替わって主要品種となると考えられている。そこで、やや低アミロースの新たな品種の栽培特性の把握と栽培法の確立が必要となる。

### 3. 不耕起播種による麦の収量安定化と高品質化栽培技術の確立

#### 1) 目的

麦は民間流通への移行に伴い、高品質化、省力化、低コスト化を目指した安定多収栽培技術の開発が緊急の課題となっている。高品質化については、新品種の導入など新たな技術開発が積極的に行われているところであるが、省力化、低コスト化については、まだ、有効な方法が確立されてはいない。そのような中で、不耕起栽培技術は、大豆作における省力、低コスト化において中核となる技術と考えられ、検討が進んできた。しかし、麦については、技術体系の確立までには至っていない。一方、省力化に寄与する技術として肥効調節型肥料の利用が考えられる。高品質化のために子実蛋白質含量を制御するには生育後期の施肥が有効であるが、草丈が大きくなっているため、大きな労力を要する。しかし、肥効調節型肥料を利用することができれば、省力化が可能である。肥効調節型肥料は水稻を中心に検討が進んできたが、冬作物については、施用期間が低温であり、肥効が現れる時期が夏季とは違うこと等から、その有効性について十分に検討されていない。そこで、本研究では、不耕起栽培条件において、省力的施肥技術である肥効調節型肥料の適用について検討する。とくに、品質の重要な要素である子実蛋白質含量を適正値の10~11%にすることを目標に、不耕起栽培条件で肥効調節型肥料の適用の可能性について検討し、施用時期、施用方法、施用量および品種間差について検討する。

#### 2) 方法

##### (1) 肥効調節型肥料LP30とLP50の肥効と硫安追肥の比較

リニア型30日タイプ (LP30) および50日タイプ (LP50) による追肥と、慣行法である硫安による追肥を比較した。肥効調節型肥料は播種時に地表面に施用し、硫安による追肥は茎立期 (3月14日) と出穂約2週間前 (4月11日)、2回に分けて表面に施用した。追肥量は2水準 (N成分、4、8 kg/10a) とし、対照として無追肥区を設けた。肥効調節型肥料の散布方法として、播種溝に沿って肥料を条に施用した区と全面散布した区を設けた。供試品種は農林61号、2001年12月4日に条間30cmのドリル播きで播種し、同時に基肥としてN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O成分で各6、9、6 kg/10aを化成肥料で施用した。

##### (2) 肥効調節型肥料の効果の品種間差

肥効調節型肥料の効果について、品種間に差があるか否かを検討した。農林61号、あやひかり、イワイノダイチの3品種を供試した。肥効調節型肥料としてLP30を使用し、硫安による追肥と比較した。肥効調節型肥料は播種時に地表面に施用し、硫安による追肥は茎立期 (3月14日) と出穂約2週間前 (4月11日)、2回に分けて地表面に施用した。追肥量は2水準 (N成分、4、8 kg/10a) とした。2001年12月4日に条間30cmのドリル播きで播種し、同時に基肥として、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O成分で各6、9、6 kg/10aを化成肥料で施用した。

##### (3) 施用時期の違いによる差異

元肥時に施用する方法と、茎立期追肥に施用する方法を比較し、施肥時期の違いについて検討した。肥効調節型肥料としてLP30を使用し、追肥量は2水準 (N成分、3、6 kg/10a) とした。播種時の施用は不耕起播種機の播種溝に肥料を導入し、その後、覆土



するように設定した。茎立期の施用は2003年3月10日に、地表面に散布して行った。対照として硫安による追肥区と無追肥区を設け、硫安による追肥は茎立期（3月10日）と出穂約4週間前（4月2日）に行った。供試品種は農林61号、2002年11月19日に条間30cmのドリル播き、播種量10kg/10a（実測9.9kg）で播種し、同時に基肥として、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O成分で各6、9、6kg/10aを化成肥料で施用した。

上記の3試験は、新利根町現地で行った。肥効調節型肥料LP30とLP50の肥効と硫安追肥の比較、肥効調節型肥料の効果の品種間差については、2001年に転換初年目の圃場で、施用時期の違いによる差異については、2002年に転換2年目の圃場で行った。全ての試験は、播種機として農業研究センターが開発した汎用型不耕起播種機を使用した。

3試験とも、出穂期、成熟期などの生育期の調査を行うとともに、収量と収量構成要素を測定した。また、子実蛋白質含量は、全粒粉について窒素含量をラピッドN（シーベルヘグナー社）で分析し、5.83を乗じて求めた。さらに、肥料の効果を検討する目的で、子実重と窒素含量の積である窒素収量、および各区の窒素収量から無追肥区の窒素収量を引いた値を追肥窒素量で割った窒素利用率を算出した。

### 3) 結果および考察

#### (1) 肥効調節型肥料LP30とLP50の肥効と硫安追肥の比較

肥効調節型肥料の散布方法として、播種溝に沿って肥料を条に施用した区と全面散布した区を検討したが、差が無かったので両者を込みにして以後の検討を行った。子実重、蛋白質含量とも、LP30、LP50、硫安追肥の差は明確でなく、追肥量の影響のみ有意となった。追肥量が多い区が、子実重、蛋白質含量とも増加した（図1-3-1）。硫安追肥と比較して有意な差がなかったことから、LP肥料による追肥法は有効であると考えられた。また、LP肥料の種類について、LP30とLP50の差は明確ではなかった。しかし、窒素収量をみると、LP肥料は硫安よりも低い値となった。このことは、硫安に比べLP肥料の利用率が低いことを示している。さらに、LP肥料では子実重が増加したが、蛋白質含量が上がらず目標値の10%を大きく下回る場合もあった。そのため、蛋白質含量を目標値である10~11%にするためには、施肥効果を安定化することが必要と考えられた。窒素収

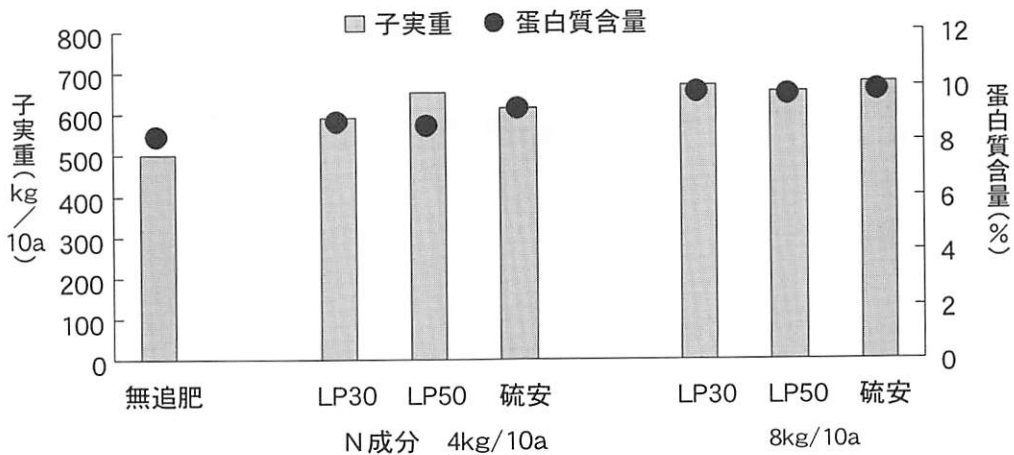


図1-3-1 LP肥料の種類が子実重と蛋白質含量に及ぼす影響

量もLP30、LP50ともに硫安で追肥を行った場合よりも低く、また、追肥窒素利用率も硫安よりも低くなった。LP30の4kg区で特に低い値になったが、その原因は明らかにできなかった（表1-3-1）。LP30とLP50の間の差は明確ではなく、冬期に用いる場合には大きな差は生じないと判断した。

(2) 肥効調節型肥料の効果の品種間差

農林61号とあやひかりについては同様の結果を示した（図1-3-2）。硫安の場合と同様、LP30を4kg/10a施用した区よりも8kg/10a施用した区で子実重、蛋白質含量ともに増加した。一方、イワイノダイチについては、農林61号、あやひかりと違う傾向を示した。硫安では4kg施用に比較して、8kg施用により子実重の増加は見られないが蛋白質含量が増加した。LP30では8kg施用により子実重が増加し、蛋白質含量の増加はごく僅かであった。窒素収量においても、イワイノダイチは農林61号、あやひかりに比べて低かった（表1-3-2）。イワイノダイチは秋まき型の早生品種であり、幼穂形成が遅い特徴があることから、LP30の肥効が穂数の増加をもたらし、収量の増加につながったためと考えられる。以上の結果から、肥効調節型肥料の効果には品種間差がみられ、従って、肥効調節型肥料の施用法を確立するには、それぞれの品種毎に検討をする必要があるものと考えられた。

表1-3-1 LP肥料の種類による窒素収量、窒素利用率の違い

肥料	追肥窒素施用量 kg/10a	窒素収量 kg/10a	追肥窒素利用率
無追肥無	0	8.14	
LP30	4	8.83	0.173
LP50	4	9.56	0.355
硫安	4	9.66	0.380
LP30	8	11.14	0.375
LP50	8	10.79	0.331
硫安	8	11.35	0.401

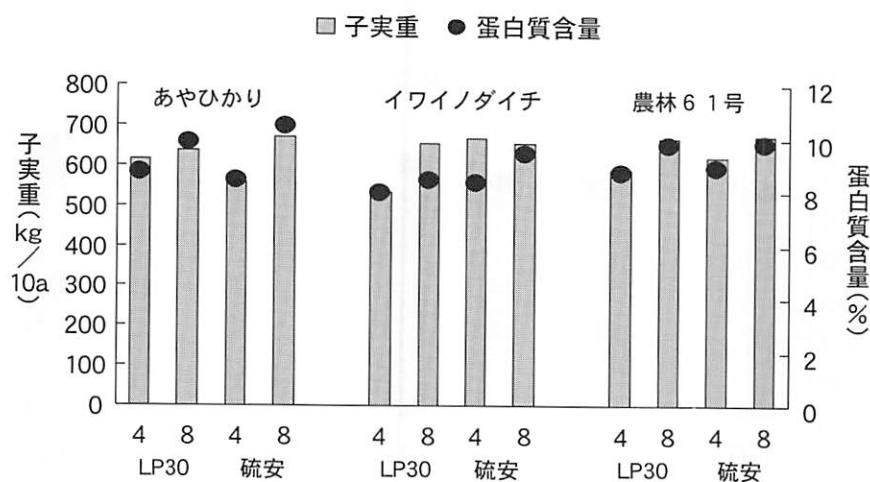


図1-3-2 LP肥料の効果の品種間差

表1-3-2 LP肥料の窒素収量に及ぼす品種間差

品 種	肥料	追肥窒素施用量	窒素収量
		kg/10a	kg/10a
あやひかり	LP30	4	9.20
	LP30	8	10.76
	硫安	4	8.07
	硫安	8	12.05
イワイノダイチ	LP30	4	7.28
	LP30	8	9.50
	硫安	4	9.53
	硫安	8	10.57
農林61号	LP30	4	8.55
	LP30	8	11.14
	硫安	4	9.29
	硫安	8	11.77

(3) 施用時期の違いによる差異

LP30を元肥時に施用した場合と茎立期に施用した場合を比較すると、元肥時に施用した方が子実重が高くなる傾向を示した。6 kg施用した場合には茎立期施用区で子実重が低くなった(図1-3-3)。窒素収量、追肥窒素利用率も元肥時施用区よりも茎立期施用区で値が低くなった(表1-3-3)。茎立期に肥効調節型肥料を散布すると子実重が低下した原因として、肥効が現れる時期が遅すぎたことが考えられる。そのため、穂数が無追

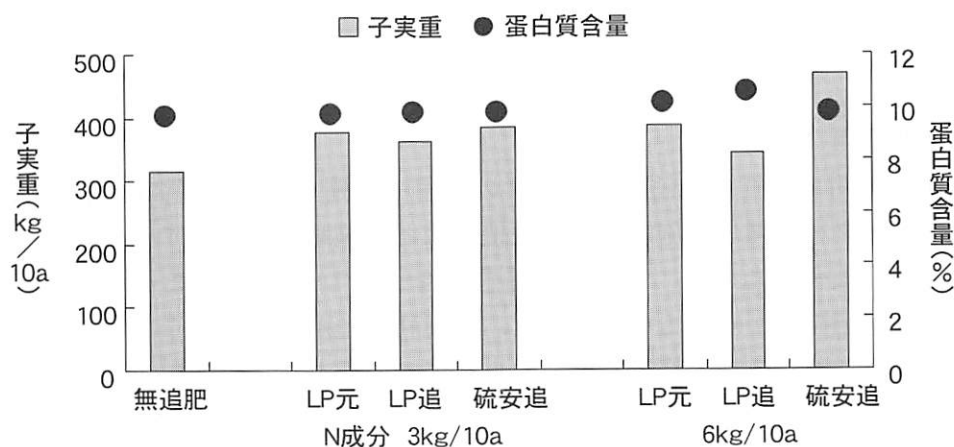


図1-3-3 LP肥料の施用時期が子実重と蛋白質含量に及ぼす影響  
LP元：LP肥料を元肥とあわせて施用、LP追：LP肥料を茎立期に施用

表1-3-3 LP肥料の施肥法が窒素収量、窒素利用率に及ぼす影響

肥 料	追肥窒素施用量 kg/10a	窒素収量 kg/10a	追肥窒素利用率
無追肥	0	5.20	
LP元肥施用	3	6.27	0.358
LP追肥施用	3	6.06	0.286
硫安追肥施用	3	6.44	0.413
LP元肥施用	6	6.68	0.246
LP追肥施用	6	6.17	0.161
硫安追肥施用	6	7.80	0.434

肥区と同程度となり元肥時施用区、硫安追肥区よりも減収した。利用率も低いことから、流亡した窒素成分も多いと考えられるが、この点についてはさらに検討が必要である。

小麦の不耕起栽培における肥効調節型肥料の利用については、高い可能性があると考えられる。本試験において、農林61号を供試した場合には、LP30を播種時に施用した区は硫安追肥と同様の収量、蛋白質含量を上げることが可能であった。この場合、元肥N成分6 kg/10aに追肥分として6～8 kg/10aを施用することで、目標値に近づくことができた。施肥量については、茨城県の施肥基準を大きく上回るものであるが、慣行法の硫安による追肥でも、目標の蛋白質含量にするためには6 kg/10a程度の追肥を必要とすることから、施肥量が多いのは栽培地の土壌の特性と考えられた。

肥効調節型肥料の小麦に対する効果について、すでいくつかの報告があるが、大きな問題点の指摘はなく、多くは適用が可能という結論となっている。しかし、これまでの検討は、肥効調節型肥料は元肥に混ぜて使用する方法で、表面に施用されるのではなく、土壌中に施用される方法をとっており、不耕起条件での肥効調節型肥料の効果を検討したものは少ない。本試験の結果では、肥効調節型肥料は硫安に比べて肥効が劣ることが明らかとなった。とくに、LP肥料を追肥時期に地表面に散布する方法は肥効が著しく低下した。今後は、利用率を改善する方法の検討が必要である。

窒素の利用率を高めるための方法として、肥効調節型肥料を土中に施用する方法が考えられる。本試験では、土中に施用した時と表面に散布した時の直接の比較はできなかったが、土壌中に施用した方が安定化することが容易に想像出来る。2002年の播種時には、播種溝に肥料を導入して覆土する方法をとったが、そのことによる発芽障害などは生じなかったことから、土壌中に施用する方法が有望と考えられる。

#### 4) 残された問題点

試験年次が2年間であり、肥効調節型肥料の施用法を確立するまでには至らなかった。今後、十分なデータを蓄積して施肥量や施肥位置などの施肥法を確立する必要がある。とくに、小麦は高品質化のために、子実蛋白質含量を10～11%にすることが求められており、より精密な施肥技術が求められる。また、窒素利用率が低くなることが観察されたことから、肥効調節型肥料を施用位置と施用の方法についてもさらに検討する必要がある。

他の種類の肥効調節型肥料についてもさらに検討する必要がある。今回使用した肥料はLP30とLP50のみであり、シグモイド型肥料などについてはまったく検討していない。低温時期に生育する小麦に最適な肥効調節型肥料の種類についてもさらに検討する必要がある。

### 4. ダイズ子実虫害の省力的防除技術の開発 ーオトリ作物ならびに障壁作物の子実害虫に対する効果と フェロモントラップによるカメムシ発生予察の検討ー

#### 1) 目的

ダイズ栽培において、カメムシ類とサヤムシ類は、子実を直接加害し品質および収量に



大きく影響することから、最も重要な害虫とされている（廉沢・三田<sup>(10)</sup>）。特に、カメムシ類は高い移動能力と複数の寄主植物間を移動する生態的特性のために防除が困難である。例えば、関東地方で5月中旬以降にダイズを播種した場合、激しい子実虫害を受け、耕種的に収量を安定化することは難しい（小林・菊地<sup>(13)</sup>、<sup>(15)</sup>）。このため、関東地方から九州地方まで広く発生するホソヘリカメムシ *Riptortus clavatus* (THUNBERG) やイチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri* (GMELIN) に対して、卵寄生蜂による抑制効果が検討されているが、実用化には至っていない（菊地ら<sup>(11)</sup>、水谷ら<sup>(20)</sup>）。したがって、これら子実害虫の防除は目下のところ殺虫剤の散布に頼らざるを得ない。

総合的害虫管理 (IPM) の確立に向けた技術開発の一環として、近年オトリ作物などの耕種的防除法を利用して殺虫剤の散布を削減する試みが、キャベツ (Srinivasan and Moorthy<sup>(32)</sup>、Mitchell et al.<sup>(19)</sup>) やレタス (Ramert et al.<sup>(28)</sup>)、サヤエンドウ (Smith et al.<sup>(31)</sup>)、タバコ (Jackson and Sisson<sup>(9)</sup>) など多くの作物で行われている。ダイズのオトリ作物の選定や効果については、内藤ら<sup>(25)</sup> および菊地ら<sup>(12)</sup> が検討したが、明瞭な結論は得られていない。また、サヤムシ類を含めた子実害虫に対する障壁作物の効果についても十分に検討されていない。そこで、ダイズ圃場にオトリ作物ならびに障壁作物を設置し、害虫の発生状況および分布様式を調査するとともに、被害回避効果について検討した（刑部・本多<sup>(27)</sup>）

また、カメムシ類のうちホソヘリカメムシについては、近年集合フェロモンが同定され (Leal et al.<sup>(18)</sup>)、合成物の利用が可能になった。そこで、本合成フェロモンを用いたトラップをダイズ圃場他に設置し、農薬の適期散布のための本カメムシ発生予察の可能性について検討した（水谷ら<sup>(21)</sup>）。

## 2) 方法

### (1) 害虫の発生状況、分布様式および被害粒の調査

#### a) 試験1 (初年度)

茨城県つくば市観音台（中央農業総合研究センター本部地区）の40×80mの試験圃場をほぼ6等分し、それぞれ3試験区を持つ2つのブロック（ブロックA：1A、2Aおよび3A；ブロックB：1B、2Bおよび3B）に分割した（図1-4-1 I）。4月30日に2Aおよび2Bの外周に障壁作物としてデントコーン (*Zea mays* ssp. *dentata*) を畦幅70cm、株間30cmの条件で4畦播種した。5月11日には、1Aおよび3Bにカメムシ類のトラップ作物として早生（枝豆用）ダイズを播種した。早生ダイズは6品種を用い、1Aでは‘奥原’、‘早生緑’、‘富貴’、‘夕涼み’および‘三河島’を畦幅70cm、株間20cmの条件で、畦番号1から30までそれぞれ6畦ずつ順に、また3Bでは畦番号90から61までそれぞれ6畦ずつ順に播種した。6月1日には残りの4つの試験区のそれぞれについて、収穫対象作物として中晩生ダイズ（‘タチスズナリ’）と中生ダイズ（‘タチナガハ’）を畦幅70cm、株間15cmの条件で播種した。各試験区内での両品種の配置は、畦番号の小さい方から続けて14畦を‘タチスズナリ’とし、15畦目から30畦目までを‘タチナガハ’とした。

このようにして、2つのブロックにそれぞれ、①障壁作物の外側でオトリ作物を植えた区、②障壁作物に囲まれた内側で収穫対象作物を植えた区、③障壁作物の外側で収穫作物

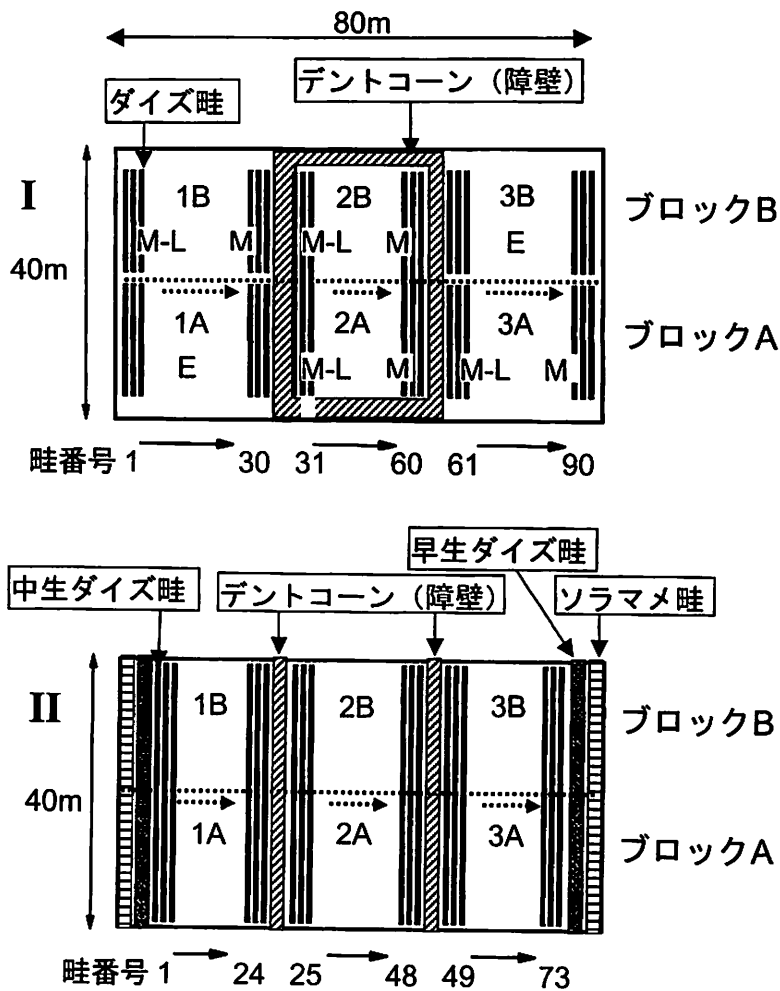


図1-4-1 調査圃場の概略図 (試験1 (I) および2 (II))

試験1 (I)における'E', 'M'および'M-L'はそれぞれ'早生ダイズ', '中生ダイズ'および'中晩生ダイズ'を示す

を植えた区、の3種類の試験区を設定した。

7月27日および8月16日に各試験区から5畦ずつを等間隔に選び、それぞれの畦について10株ずつを任意に抽出してカメムシ類の個体数を見取り調査した。中生および中晩生ダイズを栽培している1B、2A、2Bおよび3Aについては、9月7日に、再度、見取り調査を行った。10月7日にこれらの試験区のそれぞれから'タチナガハ'3畦を等間隔に選び、畦毎に10株ずつを任意に抽出して収穫した。この試験圃場では栽培期間中は除草剤を除き、薬剤散布は行わなかった。

防除区として、前述の試験圃場と同面積で、隣接する別の圃場に6月10日に'タチナガハ'を播種し、8月5日および15日にフェンバレート・MEP水和剤(20g/a)を散布した(25日にも散布を予定したが降雨のために実施できなかった)。10月7日に任意に2畦を選び、各10株を収穫した。

収穫したダイズは、各試験区および防除区の畦毎にまとめて網袋に入れ、ガラス室内で風乾した後、カメムシ類やサヤムシ類などによる種子の被害状況を調査した。

#### b) 試験2 (次年度)

同じ試験圃場を同様に分割して、それぞれ2つの試験区を含む2つのブロックを設定し

た(図1-4-1 II)。6月1日に圃場中央に位置する試験区(2A、2B)とその外側の試験区(1A、1Bおよび3A、3B)との境界部にデントコーンを畦幅70cm、株間30cmの条件で3畦播種した。試験圃場の両端には早生ダイズ(‘夕涼み’)を5月10日に畦幅70cm、株間20cmで2畦播種し、また早期モニタリングの目的でソラマメ(3月17日播種)を早生ダイズの外側にそれぞれ約100株ずつ配置した。6月1日にすべての試験区に前年と同じ畦幅、株間で中生ダイズ(‘タチナガハ’)を播種した。このようにして、2つのブロックにそれぞれ、①障壁作物に挟まれた内側で収穫対象作物を植えた区、②障壁作物の外側で収穫作物を植えた区、の2種類の試験区を設定した。

8月15日、9月1日および19日に各試験区から5畦ずつを等間隔に選び、それぞれの畦について10株ずつを任意に抽出してカメムシ類の個体数を見取り調査した。10月7日に1Aと1B、2Aと2Bおよび3Aと3Bのそれぞれを合わせた3区から各3畦を等間隔に選び、畦毎に10株ずつを任意に抽出して収穫した。この試験圃場では栽培期間中は除草剤を除き、薬剤散布は行わなかった。

防除区として、前述の試験圃場と同面積で、隣接する別の圃場に6月10日に‘タチナガハ’を播種し、7月19日、8月4日および17日にフェンバレレート・MEP水和剤(20g/a)を散布した。10月7日に任意に2畦を選び、各10株を収穫した。

試験圃場ならびに防除区から収穫したダイズは、前年と同様に風乾した後、カメムシ類やサヤムシ類などによる種子の被害状況を調査した。

#### (2) ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発消長および合成フェロモンによる誘殺消長の調査

調査は、中央農業総合研究センター内の圃場(面積約9a、品種‘タチナガハ’、6月5日播種)で行った。圃場内で8つの調査畦を選定し、各畦から任意に20株を抽出してホソヘリカメムシ成・幼虫数を見取り調査した。調査は8月1日から11月5日まで、1週間間隔で行った。本圃場の隣には枝豆用のダイズ(面積9a、品種‘夕涼み’、4月20日播種)が栽培されていた。この圃場の脇と、圃場から約700m離れ周囲を建物や防風林で囲まれた温室の脇に合成集合フェロモン(50mg)を誘引源とした水盤トラップ(直径約40cm)(写真1-4-1)を1セットずつ設置した。本トラップに誘殺されたホソヘリカメムシ成・幼虫数を3ないし4日おきに調査した。調査はダイズ圃場脇が6月19日から



写真1-4-1 合成集合フェロモンを誘引源とした水盤トラップ

11月16日まで、温室脇が6月8日から12月25日まで行った。誘引源である合成フェロモンは、14日毎に新しいものと交換した。

### 3) 結果および考察

#### (1) カメムシ類の発生

試験1の見取り調査では、7月27日にはカメムシ類の成虫ならびに幼若虫の発生は確認されなかった。Fehr and Caviness<sup>(3)</sup>の基準に従えば、8月16日の調査時の早生ダイズの生育状況は‘奥原’がR7-8、‘早生緑’はR6、‘富貴’はR7、‘夕涼み’はR6、および‘三河島’はR6-8であり、中生の‘タチナガハ’と中晩生の‘タチスズナリ’ではいずれもR5-6であった。カメムシ類は障壁作物の外にある早生ダイズ(1Aおよび3B)に集中的に分布したが、障壁の内外に関わらず‘タチナガハ’および‘タチスズナリ’における密度はそれに比べて有意に低かった(表1-4-1)。9月7日には早生ダイズでは‘夕涼み’の一部がR6であった他はいずれもR7で、‘奥原’と‘三河島’では莢がはじけ始め、全体に枯れ立ちの状態にあり、調査には適さないと考えられた。そこで、達観的に観察したところ、この時期には早生ダイズでのカメムシ類の発生はみられなかった。このため、調査は中生および中晩生ダイズ(R6)についてのみ行った。この結果、障壁作物の内側と外側でカメムシ類の発生に有意な差は見られなかった(表1-4-1)。

表1-4-1 障壁作物内外のダイズにおけるカメムシ類の密度

試験	試験区 <sup>a</sup>	10株当たり個体数(平均値±SE) <sup>b</sup>		
試験1		8月16日	9月7日	
	障壁作物外(1A, 3B)	12.7±6.6a	-	
	障壁作物外(1B, 3A)	0.8±6.6b	12.4±6.8ns	
	障壁作物内(2A, 2B)	2.0±6.6b	15.3±6.8	
試験2		8月15日	9月1日	9月19日
	障壁作物外(1A, 1B, 3A, 3B)	0.6±0.1ns	1.0±0.2ns	2.6±0.03ns
	障壁作物内(2A, 2B)	0.5±0.1	1.4±0.3	2.6±0.04

<sup>a</sup> 図1-4-1参照。

<sup>b</sup> 個体数は幼虫と成虫の合計値。

-: 調査せず。

同じ列の同じ添字は5%レベルで有意差がないことを示す(Tukey-Kramer法)。

データは2元配置の分散分析後に検定。

ns: 試験区間に5%レベルで有意差がないことを示す(2元配置の分散分析)。

この年に発生したカメムシ類の種類はチャバネアオカメムシ *Plautia crossota stali* SCOTTが最も多く、8月16日には発見されたカメムシ類の58.0%を、9月7日には63.9%を占めた。次いでホソヘリカメムシおよびクサギカメムシ *Halyomorpha halys* (STAL)、イチモンジカメムシの順に発生が多かった。アオクサカメムシ *Nezara antennata* SCOTTは9月7日の調査で幼若虫が3個体見られたが、これは総個体数の1.5%であった。観察された個体の中で幼若虫が占める割合は、8月および9月の調査日の平均で、ホソヘリカメムシは83%であり、イチモンジカメムシでは37%、クサギカメムシでは58.0%であった。これに対してチャバネアオカメムシでは3%であり、他のカメムシ類と比べて成虫数に対する幼若虫の割合が顕著に小さかった。



試験2の早生ダイズの生育状況は、8月15日の調査ではR6-7であり、9月1日ではR7-8であった。一方、中生および中晩生ダイズは8月15日にはR4-5、9月1日にはR5-6、9月19日にはR6-7であった。ソラマメではダイズの調査時以前の6月下旬に見取り調査を行ったが、カメムシ類の発生はみられなかった。なお、ソラマメは7月に枯死した。また、早生ダイズでは、いずれの調査時においてもカメムシ類の発生は認められなかった。‘夕チナガハ’におけるカメムシ類の発生量はいずれの調査時においても障壁作物の内側と外側で有意な差は認められなかった(表1-4-1)。

この年の8月の中生および中晩生ダイズにおけるカメムシ類の発生量は試験1の8月のそれとほぼ同等と考えられた。しかし、9月に入ってから試験1で認められたような個体数の顕著な増加はみられなかった。カメムシ類の種構成をみると、この年の調査期間の全体を通じてホソヘリカメムシの比率が最も高く、次いでイチモンジカメムシが多かった。また、アオクサカメムシとクサギカメムシはいずれも発生量は少なかったが、試験1とは異なり9月中旬を過ぎるとアオクサカメムシの比率がクサギカメムシよりも高くなった。試験1で多発したチャバネアオカメムシは調査期間を通じて1個体が確認されただけであり、本種の発生量の変化が9月における両試験のカメムシ類の発生量の相違の最も大きな要因であった。

試験1のカメムシ類の発生状況を品種別に比較すると、8月16日にはホソヘリカメムシとイチモンジカメムシは早生、中生および中晩生ダイズにほぼ同じ密度で分布したのに対して、チャバネアオカメムシとクサギカメムシの分布は早生ダイズに集中する傾向がみられた(表1-4-2)。なお、ホソヘリカメムシ、イチモンジカメムシおよびクサギカメムシで早生品種間における分布の偏りは認められなかったが、チャバネアオカメムシでは発見された個体のほぼ8割が‘夕涼み’と‘三河島’に集中し、‘奥原早生’と‘早生緑’への寄生はほとんど認められなかった(データ未表示)。中生および中晩生ダイズの間で

表1-4-2 早生、中生、中晩生ダイズにおけるカメムシ類の密度(試験1)

カメムシ種	ブロック数	品種 <sup>a</sup>	試験区数	10株(1畦)当たり個体数(平均値±SE) <sup>b</sup>	
				8月16日	9月7日
ホソヘリ	2	E	1	0.7±0.09ns	—
		M	2	0.8±0.06	1.9±1.56ns
		M-L	2	0.6±0.06	4.1±1.56
イチモンジ	2	E	2	0.4±0.03ns	—
		M	4	0.4±0.02	1.0±0.44ns
		M-L	4	0.4±0.02	1.6±0.44
チャバネアオ	2	E	2	8.9±5.59a	—
		M	4	0±3.95b	8.9±0.12ns
		M-L	4	0.1±3.95b	8.8±0.12
クサギ	2	E	2	2.7±1.55a	—
		M	4	0.3±1.10b	0.3±0.82ns
		M-L	4	0.3±1.10b	1.5±0.82

<sup>a</sup> E: 早生ダイズ, M: 中生ダイズ, M-L: 中晩生ダイズ

<sup>b</sup> 個体数は幼虫と成虫の合計値。

—: 調査せず。

各カメムシ種における同じ列の同じ添字は5%レベルで有意差がないことを示す(Tukey-Kramer法)。データは2元配置の分散分析後に検定。

ns: 各カメムシ種において品種間に5%レベルで有意差がないことを示す(2元配置の分散分析)。

表1-4-3 カメムシ類およびサヤムシ類によるダイズの被害粒率（試験1および2）

	株当たり粒数 <sup>a</sup>	健全粒率 <sup>b</sup>	未成熟粒率 <sup>b,c</sup>	被害粒率 <sup>b</sup>			
				カメムシ		サヤムシ <sup>d</sup> その他の要因	
				前期(未熟種子)	後期(成熟種子)		
[試験1]							
障壁作物外	165.6 ± 36.4	0.118ns	0.237ns	0.276ns	0.193ns	0.140ns	0.007ns
障壁作物内	207.3 ± 36.4	0.174	0.209	0.306	0.245	0.043	0.017
薬剤散布区 <sup>e</sup>	119.6 ± 51.5	0.46 φ	0.181	0.07 φ	0.243	0.034	0.009
[試験2]							
障壁作物外	87.3 ± 20.2	0.149ns	0.132ns	0.317 a	0.133ns	0.208ns	0.035ns
障壁作物内	88.1 ± 28.5	0.162	0.165	0.355 a	0.158	0.132	0.019
薬剤散布区 <sup>e</sup>	134.1 ± 28.5	0.676	0.116	0.024 b	0.147	0.023	0.012

<sup>a</sup> 100粒重（平均値±SD）；試験1：34.39±0.59g，試験2：32.21±0.58g。

<sup>b</sup> 同じ列の同一年の同じ添字は、5%レベルで有意差がないことを示す（Tukey-Kramer法）。  
ns：有意差なし（2元配置の分散分析）。データは逆正弦関数に変換後検定を行った。

<sup>c</sup> 生理的障害による発育不全。

<sup>d</sup> 試験1および2のダイズ圃場で捕獲されたサヤムシは全てシロイチモジマダラメイガであった。

<sup>e</sup> フェンバレート・MEP水和剤（20g/a）を散布（試験1：8月5および15日，試験2：7月19日，8月4および17日）。

は顕著な発生量の相違は認められなかった（表1-4-2）。

#### (2) 子実害虫による中生ダイズの被害

試験2では連作によるシストセンチュウの増加が認められ、ダイズの生育が不良で着莢数が減少したため、株当たりの粒数は試験1に比べて少なくなった。試験1と2の試験圃場の障壁作物に囲まれた内側と外側ならびに防除区における‘タチナガハ’の収量とカメムシ類およびサヤムシ類の加害による被害粒率を表1-4-3に示す。試験圃場の障壁作物の内側と外側では、これら被害粒率に5%水準での統計的有意差は認められなかった。しかし、障壁作物の内側ではサヤムシ類による被害が減少する傾向が認められた。特に対象となる試験区の周囲を全て障壁作物で囲んだ試験1でその傾向が顕著であり、障壁作物の内側ではサヤムシ類による被害の発生は低く抑えられ、その被害粒率は防除区における被害粒率に近かった。

除草剤以外の薬剤が使用されていない試験圃場に比べて防除区ではカメムシ類による前期（未熟種子）被害が少ない傾向がみられ、試験2では試験圃場と防除区との間に有意差が認められた。サヤムシ類についても障壁作物の外側での被害と防除区での被害を比較すれば差がみられる。この結果、試験1および2のいずれも5%水準では統計的な有意差は検出されなかったが、試験区に比べて防除区での健全粒率は高かった。しかし、カメムシ類による後期（成熟種子）被害については試験区と防除区の間で差が認められなかった。したがって、カメムシ類による後期被害に対しては薬剤散布による防除効果は無かったか、もしくは極めて低かったと考えられる。試験2における防除区の健全粒率は0.676となり、試験1の0.460に比べて高かった。これはチャバネアオカメムシの多発が試験1の後期被害を増加させたためと考えられる。

以上の結果から、障壁作物はカメムシ類の加害に対する被害抑制効果は低く、その一方でサヤムシ類に対しては被害を抑制する効果を持つと考えられる。なお、サヤムシ類の種類について、同一圃場における過去の調査では、シロイチモジマダラメイガ *Etiella*

*zinkenella* (TREITSCHKE)、ダイズサヤムシガ *Matsumuraeses falcana* (WALSINGHAM) およびマメヒメサヤムシガ *Matsumuraeses phaseoli* (MATSUMURA) の発生が確認されている (小林・菊地<sup>(13)</sup>、<sup>(14)</sup>、<sup>(15)</sup>、小林ら<sup>(16)</sup>)。試験1および2で試験圃場に発生したサヤムシの幼虫を成虫まで飼育して同定した結果、いずれもシロイチモジマダラメイガであり、他の2種は確認できなかった。この飼育結果ならびに被害の状況から、本研究においてみられたサヤムシ類被害の多くはシロイチモジマダラメイガの加害によると考えられた。

(3) ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発生消長とフェロモントラップにおける誘殺消長

ダイズ圃場におけるホソヘリカメムシ成・幼虫の密度の推移を図1-4-2に示した。ホソヘリカメムシは、成・幼虫とも調査を開始した8月初めに既に発生が認められた。成虫は、8月中旬に小さな発生のピークが認められた後、9月中旬に大きなピークが認められた。幼虫は、8月末～9月初めに発生のピークが認められた。その後、成・幼虫ともに密度が減少し、幼虫は10月下旬に、成虫は10月末に発生が認められなくなった。

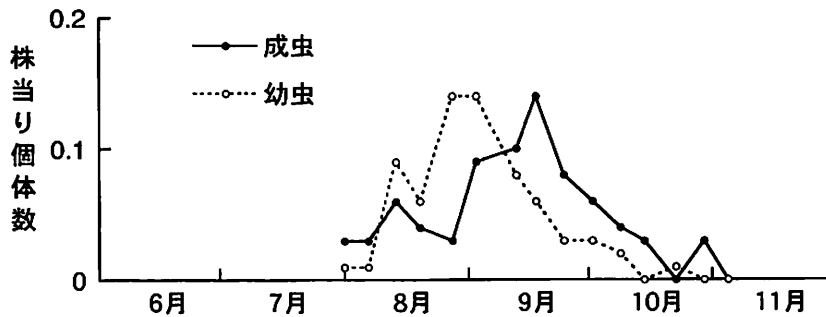


図1-4-2 ダイズ圃場におけるホソヘリカメムシ成・幼虫の密度の推移

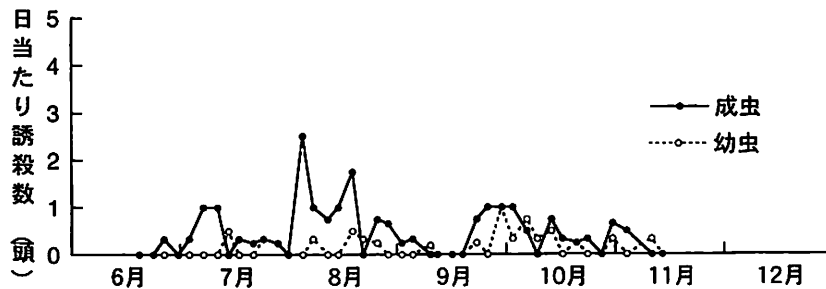


図1-4-3 ダイズ圃場に設置したフェロモントラップにおけるホソヘリカメムシ成・幼虫の誘殺消長

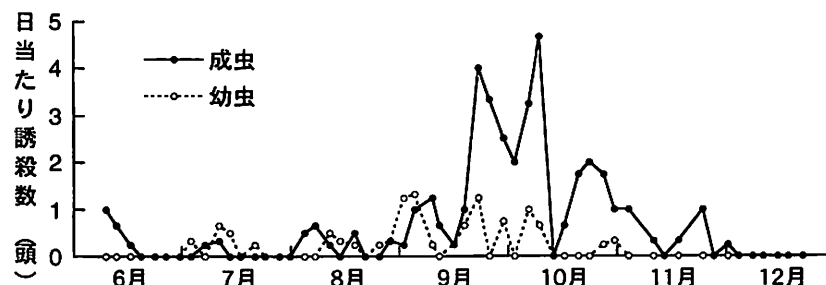


図1-4-4 温室脇に設置したフェロモントラップにおけるホソヘリカメムシ成・幼虫の誘殺消長

フェロモントラップによるホソヘリカメムシの誘殺消長を、図1-4-3 (ダイズ圃場脇) および図1-4-4 (温室脇) に示した。温室脇に設置したトラップでは、調査開始直後から、成虫の誘殺が認められた。トラップによる誘殺数は、ダイズ圃場脇よりも温室脇で多い傾向が認められた。誘殺数の増減パターンは、8月下旬～9月中旬と10月中～下旬を除き、2つのトラップで類似した傾向を示した。しかし、誘殺数のピークはトラップ間で異なり、ダイズ圃場脇で8月、温室脇で9月末～10月初めであった。その後、成・幼虫ともに誘殺数は減少し、幼虫は11月初めに、成虫は12月初めに誘殺が認められなくなった。

内藤ら<sup>(25)</sup>はホソヘリカメムシに対するオトリ作物としての早生ダイズや早播きダイズについて、有効な結果を得ることが出来なかった。本研究においても、ホソヘリカメムシが早生ダイズに顕著に誘引される傾向は認められず、オトリ作物としての効果は期待できなかった。菊地ら<sup>(12)</sup>は、イチモンジカメムシのオトリ作物として早生ダイズおよび早播きダイズを評価し、幼若虫の発育状況からこれらはオトリ作物としての特性をある程度備えているとした。しかし、Higuchi<sup>(7)</sup>によればイチモンジカメムシ成虫のダイズでの滞在時間は3～5日程度で、多くの圃場間を活発に移動している。また、本研究ではイチモンジカメムシがオトリ作物へ誘引される傾向は認められなかった。以上のことから、早生ダイズのオトリ作物としての効果はイチモンジカメムシに対しても低いと考えられる。

ジョージア州ではミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (LINNAEUS) や *Acrosternum hilare* (SAY)、*Euschistus servus* (SAY) などのカメムシ類は、ダイズの発育段階に合わせて飛来し、莢が発育し終わるR4から種子が発育し終わるR6の期間に飛来し始め、R6から種子の成熟初期のR7の期間に個体数が最も多くなる (Bundy and McPherson<sup>(1)</sup>)。ダイズ品種の発育状況とカメムシ類の飛来時期について本研究の結果とこれらのデータを比較すると、試験1で観察されたチャバネアオカメムシの分布の変化も、早生ダイズと中生および中晩生ダイズの莢および種子の発育段階の違いによって生じたものと考えられる。この分布の変化にあたって中生および中晩生ダイズへ飛来した個体が早生ダイズから移動するのであれば、キャベツを加害するコナガに対してセイヨウカラシナをオトリ作物としたSrinivasan and Moorthy<sup>(32)</sup>のように、オトリ作物 (早生ダイズ) 上へ薬剤散布を行うことにより、中生および中晩生ダイズへの被害を防ぐことも考えられる。しかし、イチモンジカメムシと同様にチャバネアオカメムシの寄主植物への滞在日数は雌雄ともに数日間と極めて短く (守屋<sup>(23)</sup>)、他の寄主植物との間で頻繁に個体が入替わっている可能性がある。また、本種は乾燥ダイズによって幼虫から成虫まで飼育できる (小滝ら<sup>(17)</sup>、志賀・守屋<sup>(29)</sup>) が、長期にわたる飼育は出来ないこと (守屋ら<sup>(24)</sup>、守屋<sup>(23)</sup>) や本研究で用いた試験圃場では幼若虫の発生がほとんどみられなかったことから、ダイズでは繁殖していないと考えられる。このため、薬剤を用いてオトリ作物上でチャバネアオカメムシを防除することにより収穫対象作物の被害を軽減することは考えにくい。以上のことから、早生ダイズはチャバネアオカメムシの初期の飛来個体に対するモニタリング作物としては利用できるが、オトリ作物としての利用は困難と考えられる。また、モニタリング作物として利用する場合に必要な栽培規模については検討が必要である。

クサギカメムシはインゲンマメやクズの莢や花穂、果実などに7～8月に見い出される (大竹<sup>(26)</sup>)。またインゲンマメやダイズに対する幼虫の加害 (柳・萩原<sup>(33)</sup>) やダイズ種子による発育 (藤家<sup>(4)</sup>、廉沢・三田<sup>(10)</sup>) も確認されている。本研究ではクサギカメムシ



は発生初期には中生および中晩生ダイズより早生ダイズに集中する傾向がみられた。また、幼若虫の発生が多いことから、圃場のダイズ上で発育していると考えられた。Mitchell et al. <sup>(19)</sup> は防除対象作物の生育期間を通じて、オトリ作物が存在していることの重要性を述べているが、本研究では早生ダイズが枯れ立ちになった9月になっても中生および中晩生ダイズでのクサギカメムシ密度の顕著な上昇は認められなかった。以上の点から、早生ダイズはクサギカメムシに対してはオトリ作物としての利用の可能性が示唆された。しかし、オトリ作物による被害回避効果を高める上では、害虫に対するオトリ作物の誘引能力が防除対象作物に比べて顕著に大きいことが重要であり、この点ではクサギカメムシに対するオトリ作物としての早生ダイズの効果には疑問が残る。

試験1および2のカメムシ類の被害の発生状況から、デントコーンはカメムシ類に対して障壁作物として有効に機能しなかったと考えられる。その一方で、試験1の障壁作物の内側におけるサヤムシ類による被害は薬剤による防除区とほぼ同程度に押さえられ、試験2においても障壁作物の外側に比べて内側の方がサヤムシ類による被害が少ない傾向が認められた。これらのことから、障壁作物の設置によりサヤムシ類の圃場への侵入を阻害する効果が期待できる。しかし、一般的な栽培体系では、カメムシ類の加害防止のために莢の伸長期や粒の肥大期に薬剤防除が行われ、それによってサヤムシ類も同時に防除される。したがって、障壁作物としてのデントコーンの利用はカメムシ類の発生量が少ない地域においてサヤムシ類の被害を抑制するのに適していると考えられる。

次に障壁作物の設置法についてみると、対象とする試験区の周囲を全て障壁作物で囲った試験1に比べて、隣接する試験区との境界の2方向だけに障壁作物を設置した試験2の方が被害率が高く、また防除区との差も大きかった。これは恐らく、圃場の周辺部から被害が発生し始めることが知られているコナガでは、キャベツの周辺をオトリ作物によって完全に包囲することにより、不完全に囲んだ場合よりも被害の抑制効果が高い (Mitchell et al. <sup>(19)</sup>) のと同様の現象であろう。すなわち、対象とする試験区の周囲全てを囲まなかった場合には、障壁作物が設置されていない側面からサヤムシ類が回り込むものと推察される。耕種的手法の効果は、一般的に、圃場規模によっても大きく影響される (Carpenter <sup>(2)</sup>、George et al. <sup>(5)</sup>)。したがって、サヤムシ類に対する障壁作物の効果についても設置規模の検討が必要と考えられる。

本研究においてダイズ圃場で観察されたカメムシ類の中で、ホソヘリカメムシ、イチモンジカメムシおよびアオクサカメムシの3種は日本におけるダイズの主要害虫とされている (菊地ら <sup>(12)</sup>)。その一方、チャバネアオカメムシとクサギカメムシは果樹を加害するカメムシ類の主要種とされ (長谷川・梅谷 <sup>(6)</sup>、大竹 <sup>(26)</sup>)、1970年代以降は全国的な大発生を繰り返し、果樹生産に大きな被害を及ぼしている (井上 <sup>(8)</sup>、森下ら <sup>(22)</sup>)。特にチャバネアオカメムシについては、ダイズへの突発的な飛来が観察されてはいたものの (菊地、私信)、その実態が報告された例はない。本研究に用いた試験圃場の周辺の道路にはチャバネアオカメムシにとって好適な植物であるサクラが街路樹として多数植え付けられている。しかし、サクラに飛来する個体は越冬成虫であり、試験圃場があるつくば市周辺では5月下旬には落果が始まり、チャバネアオカメムシはサクラから離脱してクワやキリなどに移動する。この間に性成熟を果たし、夏以降には主にスギやヒノキなどの球果上で増殖した後、越冬場所に移動することが知られている (志賀・守屋 <sup>(30)</sup>、守屋 <sup>(23)</sup>)。試験1で

早生ダイズに飛来が観察された時期が8月以降であり、7月下旬にはカメムシ類がまったく観察されなかったことから、周辺のサクラからの直接的な飛来は考えにくい。関東地方では、通常、針葉樹の球果は6月下旬～7月上旬に幼虫の成育にとって好適な餌になり、10月末ないし11月まで利用が可能とされている（志賀・守屋<sup>(30)</sup>）。試験1のダイズ圃場へのチャバネアオカメムシの飛来時期はこの好適な餌の利用時期と重なっている。また、試験2では飛来がほとんど観察されなかったことから、年による針葉樹球果の質的变化および量的変動がチャバネアオカメムシのダイズ圃場への飛来量に大きく影響すると考えられる。カメムシ類による前期（未熟種子）被害については試験1と試験2のいずれも薬剤による防除区で試験区に比べて低く抑えられ、薬剤の散布効果が認められた。しかし、試験1では防除区においてもチャバネアオカメムシが主要因と考えられる後期（成熟種子）被害が薬剤を散布しなかった試験区と同程度に発生した。このため、ダイズ圃場においてチャバネアオカメムシが発生した場合の被害実態、防除時期および防除効果については再検討が必要である。

フェロモントラップにおけるホソヘリカメムシの誘殺数とダイズ圃場内の生息数の増減のパターンに同調性は認められず、フェロモントラップによる誘殺消長がダイズ圃場における本カメムシの発生消長を反映しているとは考えにくかった。本フェロモントラップによってダイズ圃場における本カメムシの発生消長をモニタリングすることは困難であるが、ダイズ圃場へ飛来する前のトラップによる誘殺時期や量によって、ダイズ圃場での発生の早晩や発生量を予測できる可能性はある。

#### 4) 今後の課題

障壁作物はサヤムシ類の耕種的防除法として有効であるが、カメムシ類に対しては有効でないことが明らかとなった。よって、その利用はカメムシ類の発生量が少ない地域で可能であり、使用場面が限定される。また、実際のダイズ栽培体系での利用においては、障壁作物として利用する植物種や設置規模等、状況に応じた具体的な検討が必要である。一方、カメムシ類については、本研究で障壁作物以外に集合フェロモンの利用について検討した。しかし、本フェロモンは、応用面はもちろんのことフェロモンの機能といった基礎的な部分についても不明な点が多く、その利用に際しては様々な問題を明らかにしなければならない。このうち、応用面での利用法については、ダイズ300Aプロジェクト研究において引き続き検討する。

#### 引用文献

1. Bundy, C. S. and R. M. McPherson (2000) Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton-soybean ecosystem, *J. Econ. Entomol.*, 93, 697-706
2. Carpenter, S. R. (1990) Large scale perturbations: Opportunities for innovation, *Ecology*, 71, 1430-1440
3. Fehr, W. R. and C. E. Caviness (1977) "Stages of soybean development". Special Report 80. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station and Iowa State University, Ames, 11pp.

4. 藤家梓 (1978) 乾燥ダイズ種子によるクサギカメムシ幼虫の飼育. 関東病虫研報, 25, 119-120
5. George, T. L., L. C. McEwen and A. Fowler (1992) Effects of a carbaryl bait treatment on nontarget wildlife. Environ. Entomol., 21, 1239-1242
6. 長谷川仁・梅谷献二 (1974) 果樹におけるカメムシ類の多発被害. 全国アンケートによる昭和48年の実態を中心にして. 植物防疫, 28, 279-286
7. Higuchi, H. (1992) Population prevalence of occurrence and spatial distribution pattern of *Piezodorus hybneri* adults (Heteroptera: Pentatomidae) on soybeans. Appl. Entomol. Zool., 27, 363-369
8. 井上晃一 (1986) 昨年における果樹カメムシ類の大発生とその原因. 植物防疫, 40, 289-292
9. Jackson, D. M. and V. A. Sisson (1998) Potential of *Nicotiana kawakamii* (Solanaceae) as a trap crop for protecting flue-cured tobacco from damage by *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. J. Econ. Entomol., 91, 759-766
10. 廉沢敏弘・三田久男 (1981) ダイズ莢を加害するカメムシ類のマメ科植物種子による飼育. 中国農試報, E19, 75-97
11. 菊地淳志・内藤篤・松浦博一 (1995) イチモンジカメムシおよびホソヘリカメムシ卵の野外設置による卵寄生蜂の寄生率の向上. 農研センター研報, 24, 61-66
12. 菊地淳志・内藤篤・松浦博一 (1996) オトリ作物としてのササゲとダイズにおけるイチモンジカメムシの飛来と増殖. 関東病虫研報, 43, 191-193
13. 小林尚・菊地淳志 (1981a) ダイズの作期による子実虫害回避並びに収量安定化の可能性について. 関東病虫研報, 28, 89-90
14. 小林尚・菊地淳志 (1981b) ダイズの子実害虫類に対する効果的同時防除薬剤の探索ならびに防除機具の害虫防除効果比較. 関東病虫研報, 28, 91-92
15. 小林尚・菊地淳志 (1983) ダイズの作期による子実虫害回避並びに収量安定化の可能性について (続報). 関東病虫研報, 30, 133-134
16. 小林尚・菊地淳志・加藤肇 (1982) ダイズ子実害虫類および紫斑病の併殺同時防除. 関東病虫研報, 29, 140-141
17. 小滝豊美・畑公夫・軍司守俊・八木繁美 (1983) 数種食餌によるチャバネアオカメムシ (*Plautia stali* Scott) の飼育. 応動昆, 27, 63-68
18. Leal, W. S., H. Higuchi, N. Mizutani, H. Nakamori, T. Kadosawa and M. Ono (1995) Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae) : Conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue. J. Chem. Ecol., 21, 973-985
19. Mitchell, E. R., G. Hu and D. Johanowicz (2000) Management of diamond-back moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage using collard as a trap crop. HortScience, 35, 875-879
20. 水谷信夫・和田節・樋口博也・小野幹夫・W. S. Leal (1999) ホソヘリカメムシ

- 合成集合フェロモンがダイズ圃場における天敵卵寄生蜂カメムシタマゴトビコバチの密度および寄生率に及ぼす影響. 応動昆, 43, 195-202
21. 水谷信夫・守屋成一・本多健一郎 (2002) ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発生活長と合成フェロモントラップによる誘殺消長の差異. 関東病虫研報, 49, 105-107
  22. 森下正彦・榎本雅夫・小松英雄・中一晃・大橋弘和・島津康・増田吉彦 (2001) スギ花粉飛散数を利用したチャバネアオカメムシとツヤアオカメムシの発生量予測. 応動昆, 45, 143-148
  23. 守屋成一 (1995) チャバネアオカメムシの生態, 特に成虫の個体数変動と移動に関する研究. 沖縄農試特報, 5, 1-135
  24. 守屋成一・志賀正和・馬淵正人 (1985) チャバネアオカメムシの累代飼育法. 果樹試報, A12: 133-143
  25. 内藤篤・菊地淳志・松浦博一 (1986) ササゲとダイズにおけるホソヘリカメムシの飛来と増殖. 関東病虫研報, 33, 196-197
  26. 大竹昭郎 (1981) 果樹カメムシ類の餌植物の区分とその呼称. 植物防疫, 35, 39-41
  27. 刑部正博・本多健一郎 (2002) ダイズ畑におけるオトリ作物ならびに障壁作物の設置がカメムシ類およびサヤムシ類の発生と被害に及ぼす影響. 応動昆, 46, 233-241
  28. Ramert, B., S. Hellqvist, B. Ekbom and J. E. Banks (2001) Assessment of trap crops for *Lygus* spp. in lettuce. Int. J. Pest Management, 47: 273-276
  29. 志賀正和・守屋成一 (1984) チャバネアオカメムシの餌植物の利用. 飼育実験による考察. 果樹試報, A11, 107-121
  30. 志賀正和・守屋成一 (1989) チャバネアオカメムシの野外個体群における成虫体内諸器官の時間・空間的な変化. 果樹試報, A16, 133-168
  31. Smith, H. A., R. L. Koenig, H. J. McAuslane and R. McSorley (2000) Effect of silver reflective mulch and a summer squash trap crop on densities of immature *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on organic bean. J. Econ. Entomol., 93, 726-731
  32. Srinivasan, K. and P. N. K. Moorthy (1992) "The development and adoption of integrated pest management for major pests of cabbage using Indian mustard as a trap crop". Diamondback Moth and Other Cruciferous Pests. N. S. Talekar ed., Proc. 2nd Intl. Wkshp., Asian Veg. Res. and Dev. Ctr. Shunhua, Taiwan, pp. 10-14
  33. 柳武・萩原保身 (1980) クサギカメムシの生態. 植物防疫, 34, 315-321

## 5. スーパーノジュレーション大豆の不耕起狭畦栽培技術の確立

### 1) 目的

省力的栽培法として注目されている不耕起狭畦栽培では、根系発達と土壤窒素無機化が抑制されるため、土壤窒素が利用されにくい。このような栽培条件下で、根が小型ながら窒素固定能力の優れるスーパーノジュレーション（根粒超着生）大豆品種「作系4号（旧名 En-b0-1-2）」は、品種「エンレイ」と同等以上の収量を示すことができる。この増収効果を安定させ、いっそう明確にするためには、根粒超着生品種の短所である生育前期の緩慢な生育を補って、適正な生育量を確保する栽培技術を開発する必要がある。本課題では、こうした技術の確立によって、不耕起狭畦栽培における大豆の安定多収化を図る。

### 2) 方法

#### (1) 平成13年度

茨城県稲敷郡新利根町太田新田の現地試験圃場（泥炭土水田、山土客土、水稻－小麦－大豆－小麦跡）で、以下の処理区を設けて大豆を栽培し、生育、収量等を調査・検討した。品種は「作系4号」（「エンレイ」を元に育成した根粒超着生品種。作物研が育成。）、「エンレイ」（普通品種）、「En1282」（根粒非着生系統、エンレイの突然変異体。生物研が作出。）の3品種・系統を供試した。耕起・栽植法は耕起（慣行法、畦幅60cm）、不耕起（畦幅60cm）・密植、不耕起・狭畦（畦幅30cm）・密植の3水準とし、機械播種した。それぞれの耕起・栽植法の栽植密度（成熟期の実測値平均）は16.8、26.6、25.3本/m<sup>2</sup>であった。施肥法は標準（N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O：3-12-12（kg/10a）を基肥で施用）と窒素増肥（標準施肥に加え、N10kg/10aを硫酸で基肥施用）の2水準とした。以上、3×3×2処理を1区面積31.2m<sup>2</sup>の3反復、合計54区、総面積17aで実施した。なお、播種日は6月26日、耕起区は中耕培土を実施し、不耕起区は無中耕無培土とした。

#### (2) 平成14年度

前年圃場の近隣の新利根町現地試験圃場（水稻－小麦跡）で、以下の処理区を設けて大豆を栽培し、前年同様、生育、収量等を調査・検討した。前年と同じ3品種・系統を供試し、耕起・栽植法は耕起（畦幅60cm）、不耕起・狭畦（畦幅30cm）、不耕起・狭畦・密植の3水準とし、機械播種した。それぞれの耕起・栽植法の栽植密度（成熟期実測値）は16.3、18.8、26.1本/m<sup>2</sup>であった。施肥は前年と同じ標準と窒素増肥の2水準とし、以上、3×3×2処理を1区面積52.2m<sup>2</sup>の3反復、合計54区、総面積28aで実施した。なお、播種日は6月21日、耕起区は中耕培土を実施、不耕起区は無中耕無培土とした。

### 3) 結果

#### 平成13年度

##### (1) 開花期（8月7日）までの生育

「作系4号」の耕起区と不耕起・密植区では、開花期の地上部乾物重が平成12年の同一圃場における値より9～32%小さかった。しかし、不耕起・狭畦・密植区では「作系4号」で前年比3～4%増の生育量が確保された（図1-5-1）。根粒非着生系統「En1282」の標準施肥区の乾物重は、前年の同一圃場に比べ、64～136%大きかった。





耕起（慣行）区

（耕起・畦幅60cm・17本/m<sup>2</sup>・N 3 kg/10a）



不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区

（不耕起・畦幅30cm・26本/m<sup>2</sup>・N13kg/10a）

図1-5-1 「作系4号」の生育状況の栽培法による違い（平成13年開花期）

## （2）開花期以降の栄養生長

不耕起・狭畦・密植区における最大繁茂期の葉面積指数は、「作系4号」を含め、各品種・系統とも6.1～6.7に達し、十分な繁茂が得られたが、多くの処理区で過繁茂傾向になり、倒伏を生じた。

## （3）子実収量

不耕起・狭畦条件下では「作系4号」が「エンレイ」より収量が5～7%高く、特に「作系4号」の不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区は全処理の中で最高収量の349kg/10aを示した。ただし、その収量水準は前年（約500kg/10a）より低く、また、他の処理との差が小さかった。なお、不耕起・標準畦幅条件下では2品種間に差がなく、耕起条件下では「作系4号」が「エンレイ」より2～11%低かった。

新利根圃場より窒素肥沃度の低い千葉県香取郡神崎町の現地転換畑（川砂客土）で、耕起・狭畦・密植栽培によって、新利根と類似した試験を実施した。子実収量は新利根より品種間差が明確で、「作系4号」が「エンレイ」より15%多く、362kg/10aを示した。

平成12年に平成13年と同一の新利根圃場において、耕起法、栽植様式、施肥法の改善により、茎葉の生育量を増加させたところ、「作系4号」では開花期の単位面積当たり地上部乾物重の増加にしたがって収量も増加する傾向（ $r=0.94^{**}$ ）を示したが、「エンレイ」ではこの両者に相関関係はみられなかった。平成13年は倒伏などの影響で前年ほど明確ではなかったものの、前年と同様に「作系4号」では初期生育量を確保することによって多収が得られる傾向がみられた。

平成14年度

## （4）開花期（8月6日）までの生育

開花期の地上部乾物重は、不耕起・狭畦と不耕起・狭畦・密植条件下では、いずれの品種も窒素増肥区の方が標準施肥区より大きかった。その増加率は「エンレイ」で、27～33%、「作系4号」で68～94%、「En1282」で119～133%であった。これらに比べると、耕起条件下では窒素増肥による生育促進効果は小さかった。「作系4号」の不耕起・狭畦・窒素増肥区および不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区では、意図したように高水準（281～304kg/10a）の開花期乾物重が確保された。

## (5) 開花期以降の栄養生長

「作系4号」は生育後半に旺盛に生育するため、子実肥大期の不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区では地上部乾物重が同じ処理区の「エンレイ」を36%上回ったが、耕起区では開花期までの生育量が著しく小さいことが影響して、施肥条件にかかわらず「エンレイ」より30%劣った。

## (6) 子実収量

新利根圃場では「作系4号」の不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区の収量が最高値384kg/10aを示し、全般に不耕起条件下では「作系4号」の収量が「エンレイ」を上回る傾向にあった(平均9%)。また、「作系4号」の不耕起条件下においては、標準栽植密度と密植との間の収量差は明らかでなかった。一方、耕起区では「作系4号」の収量は「エンレイ」より平均18%劣った。

千葉県神崎町の現地転換畑で、耕起・狭畦・密植栽培によって、新利根と類似した試験を実施した結果、神崎圃場では「作系4号」の収量が「エンレイ」より31~48%高く、355~367kg/10aを示した。

新利根および神崎圃場における初期生育量と子実重の関係は、前2ヶ年と同様に「作系4号」では初期生育量が増加するにしたがって子実収量が増加する傾向が認められたが、収量の増加はやや頭打ちになった。

## 4) 考察

平成13年は播種期から開花期まで高温・寡雨で干ばつ傾向にあったため、根量が小さい傾向にある「作系4号」では、この影響を受けやすかったと考えられる。このため、耕起条件下では「作系4号」の開花期乾物重が顕著に小さかったが、不耕起条件下では「作系4号」の生育量がやや改善されている。これは、不耕起の方が耕起した場合より土壌水分が保持されやすいためと考えられる。また、耕起区では中耕培土により根が切断されるため、根量が小さい「作系4号」ではそれによる負の影響が大きい、不耕起区では無中耕無培土で根が切断されなかったことも、不耕起条件下での生育抑制の軽減につながったと考えられる。

平成13年の開花期乾物重は不耕起(標準畦幅)より不耕起・狭畦で大きかったが、これは同一栽植密度下では、狭畦の方が株間が広い、生育初期に個体間競争が生じにくかったためと考えられる。

平成13年の気象条件の特徴として、生育初期から気温が高かったことがあげられる。根粒非着生系統「En1282」の標準施肥区の開花期乾物重が同一圃場で栽培した平成12年に比べて著しく大きかったのは、高温が土壌窒素の無機化を促進し、土壌からの窒素の供給量が多かったためと考えられる。また、この土壌からの窒素供給が多かったことと、開花期以降約3週間の栄養生長が継続する時期に比較的高温と降雨に恵まれたため過繁茂傾向となったため、多くの処理区で倒伏が生じたと考えられる。

平成13年の子実収量は不耕起・狭畦条件下では「作系4号」が高い傾向を示し、特に「作系4号」の不耕起・狭畦・密植・窒素増肥区の収量は高く、前年と同様に「作系4号」では初期生育量を確保することによって多収が得られる傾向がみられた。なお、前年より収量水準が低く、処理間の差が小さかったが、これには過繁茂・倒伏が影響したと考えら

れる。

平成14年は開花期乾物重に及ぼす窒素増肥の効果が特に不耕起条件下で大きかった。平成14年は根粒非着生系統「En1282」の生育量から見て、13年に比べて土壌窒素の無機化は進まず、施肥の効果が現れやすかったと思われるが、特に不耕起で効果が顕著であったのは、透水性が低いために降雨で肥料が流亡しにくかったことが影響したと推察される。

「作系4号」の開花期乾物重に及ぼす不耕起の効果、および初期生育量を確保することによって多収が得られる傾向は、前2年と同様に平成14年においても認められた。しかし、平成12年ほど収量水準が高くならずに頭打ち傾向を示したのは、各品種とも10月1日の台風等でかなり倒伏したことが関与したと推察される。

以上、平成12～14年を通じて、スーパーノジュレーション品種「作系4号」では不耕起、狭畦、窒素基肥増肥の栽培技術が生育前期の生育量増加に有効なこと（図1-5-1）、および生育前期の茎葉の生育量を増加させると子実収量も増加することが示された。「作系4号」は慣行の耕起栽培では「エンレイ」より収量が少なかったが、不耕起狭畦等の適した栽培法を行えば、「エンレイ」以上の収量が得られた（図1-5-2）。大豆では生育前期の生育量の増大が必ずしも増収に結びつかないことが多いが、その一因として、茎葉が繁茂しても窒素の要求量が最も高まる生育後期（子実肥大期）において窒素供給が不足することが考えられる。供試圃場は根粒非着生系統「En1282」の収量からみて窒素肥沃度は高くないと考えられるが、このような土壌条件下で、生育後期の窒素固定能に優れる「作系4号」では、茎葉生育量の増加に伴い、生育後期にそれに見合う窒素が根粒窒素固定により供給されたと推察される。

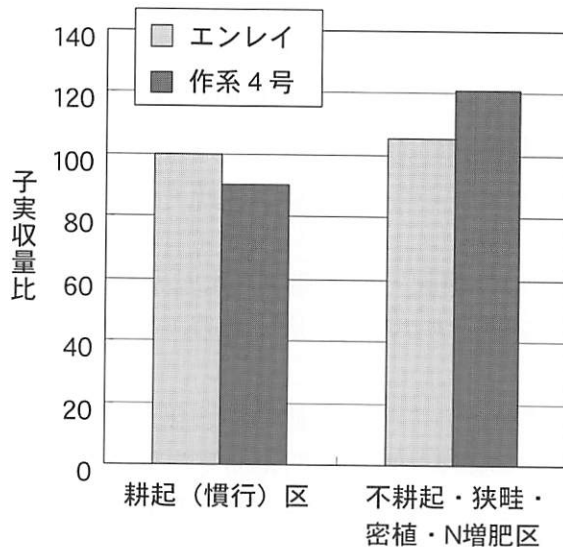


図1-5-2 子実収量比（平成13-14年の平均）

（「エンレイ」耕起（慣行）区の収量（303kg/10a）を100とした相対値）

## 5) 今後の課題

平成13、14年には、過繁茂・倒伏が「作系4号」の収量を制限した一要因であった。密植による増収効果は明瞭でなかったことから、短期的には栽植密度を標準程度にして過繁茂・倒伏を防ぐことが、長期的には倒伏に強い品種との交配による耐倒伏性向上を目指す

した品種改良が必要と考えられる。また、加工利用上の特性については、小規模な豆腐加工試験の結果において「作系4号」は良好な結果を得ているが、今後はさらに各種用途毎の加工適性等を明らかにして、実用栽培を視野に入れた取り組みを進めていく必要がある。

## 文 献

- 1) 高橋幹・有原文二・中山則和・国分牧衛・島田信二・高橋浩司・羽鹿牧太 (2003) 根粒超着生ダイズ品種「作系4号」の育成. 作物研報, 4, 17-28

## 6. 大豆栽培下における地力変動解明と収量安定化技術の確立

### 1) 目的

麦・大豆を水田の本作として水田利用率を高め、かつ生産者所得を確保する方針が打ち出された。しかし、水田において大豆栽培を繰り返すと、よく知られた連作障害とは別の形での収量停滞・低下が生じることが最近問題になっている。すなわち、水田から畑作に切り替えた初年の大豆作に限って比較した場合であっても、数年毎にこれが繰り返されるに従って、次第に生育量が小さくなり、収量が停滞あるいは低下するという傾向が生じている様にみられるのである。この収量停滞あるいは低下の原因を究明して、収量と品質を安定・向上させる必要がある。

想定し得る低収要因としては、圃場の排水不良、連作障害、地力の低下などがあげられる。しかし、排水性は転換畑化に伴って改善されると見込まれるところから、収量低下傾向を生じさせる要因から除外し得るであろう。またいわゆる連作障害は、次の大豆作までの間に水稲作が介在する作付け体系においては比較的抑制されると考えられる。

地力低下の中でも窒素地力の低下については、圃場における観察で大豆茎葉の生育量が低下していると報告されているところでもあり、収量低下の要因になっている可能性が示唆され、若干の解析事例も報告されている。しかし、十分な証拠は得られていないし、技術対策も示されていない。

窒素肥料の施用によって収量を上げることが可能だという報告は既にあるが、根粒の活性と施肥による窒素供給の間に強いトレードオフ関係があるところから、大豆による窒素固定を低下させるという代償を払うことになりかねないという課題や、生産コストの問題が残されている。

そこで本課題では、大豆の収量および品質と密接に関連している窒素栄養を主たる対象として取り上げ、長期の稲わら施用など圃場管理条件が転換畑の地力に及ぼす影響や大豆の収量などとの関係を解析する。また地力窒素を補完する手法として、被覆尿素肥料を利用することや初期生育促進のための少量局所施肥についても検討して、収量の安定向上技術を開発しようとする。

### 2) 研究方法

供試圃場：中央農業総合研究センターの試験圃場から、①B地区特ホ7-8圃場：稲わら施用に関する4処理（稲わら無施用（A：履歴なし、B：2000年現在で9年間無施用）、



稲わら連用（A：2000年現在で連用9年、B：同じく連用16年）を含む輪換水田。2000年まで水稲作、2001年に大豆畑に転換。②谷和原XI圃場：4種類の土壌（谷和原灰色低地土、石下灰色低地土、谷和原淡色黒ボク土および八郷赤黄色土）を人工的に搬入して造成した輪換水田圃場。前々作（2000年）は水稲。その後小麦－大豆作に移行。作物残渣は持ち出し、稲わら等有機物は無施用。③谷和原VB1圃場：水稲作4年－大豆作4年を順次繰り返す輪換水田圃場。毎年8区画のどれかが全ての作付ステージに相当するように作付を割当。作物残渣は持ち出し、稲わら等有機物は無施用。

土壌分析：窒素無機化培養実験については上記圃場作土から採取した土壌について、湿潤あるいは風乾土を湛水あるいは畑条件で、30℃4週間培養して生成する無機態窒素量を測定した。また全窒素、全炭素、Bray P II法による有効リン酸などの分析を行った。

供試大豆はタチナガハ。栽培試験はいずれも、畝幅65cm、株間15cm（2003年は20cm）、2粒播き。基本施肥量 窒素：リン酸：加里＝3：14：14、全面全層施肥。

肥効調節型肥料施肥処理：想定される地力窒素の減少を補う目的で、肥効調節型被覆尿素肥料（LP100とLPSS100を2：1に混合）を2002年は0、3または6 kgN/10a、2003年は同肥料を0、5または10kgN/10a、基肥として施用する区を、稲わら処理の異なる特ホ7－8圃場の4区それぞれの内に設けて、大豆栽培を実施した。

局所少量基肥処理：初期生育と根粒の活性を高める目的で、少量の肥料を局所に施用して栽培試験を行った。すなわち2003年の特ホ7－8圃場の上記全処理区を2分して、硫安（0.65kgN/10a）を播種列付近に施用する処理と、対照無施用処理を設けた。並行して1/10,000aのポットに観音台畑作土を充填し、大豆播種位置付近に硫安、被覆尿素30日型あるいは被覆硝安系肥料（ロング424、40日型）を施用してタチナガハを短期間栽培する試験を行った。

硫酸根含有肥料処理：3年間にわたって硫酸根を含有する硫安、過石、硫酸加里を施用する硫酸根区と、硫酸根を含有しない尿素、重焼リン、塩化加里を施用する無硫酸根区をVB1圃場内に設けて、大豆および水稲の栽培を行った。

土壌pH処理：2002年春に、VB1圃場の大豆作付処理区画内をさらに区分して、無硫酸根区については塩酸、軽量発泡ケイ酸カルシウム、炭酸カルシウムを施用または無施用、硫酸根区では硫黄粉末、硫酸カルシウム、炭酸カルシウムを施用または無施用とする処理によって、各々についてpHの異なる条件を作り大豆栽培を行った。

### 3) 結果

#### (1) B地区特ホ7－8圃場：

大豆の子実収量に対する稲わら施用の影響は概して小さく、有意な差ではなかった。畑にかえた初年の収量は、2年目以降の収量より明らかに高かった（表1-6-1）。大豆作3年目には、収穫期にかけて部分的に早く枯れ上がる株が散見され、いわゆる連作障害が生じたと考えられた。

表1-6-2に示したように、稲わら連用によって土壌から無機化する窒素量がやや増加しているが、差は大きくない。有効リン酸については、稲わら施用による増加は認められなかった。

肥効調節型肥料を基肥として施用した区では、2ヶ年の試験のいずれにおいても施肥量



表1-6-1 稲わら施用と畑年数が子実収量に及ぼす影響

処 理 区		(g m <sup>-2</sup> )		
		転換初年 (2001年)	2年目 (2002年)	3年目 (2003年)
稲わら施用区	A	421	172	225
	B	375	239	233
	平均	398	206	229
稲わら無施用区	A	398	208	196
	B	357	251	250
	平均	378	230	223
全平均		390	215	227

表1-6-2 稲わら処理が地力窒素などに及ぼす影響

処理区		湛水培養窒素mgNkg <sup>-1</sup>		T-C %	T-N %	Bray P II mgPkg <sup>-1</sup>
		2001年	2002年			
稲わら施用区	A	33.2	35.8	2.14	0.20	120
	B	44.0	45.8	2.26	0.22	126
稲わら無施用区	A	20.7	32.4	2.00	0.19	133
	B	24.2	32.9	2.05	0.20	130

表1-6-3 肥効調節型被覆尿素肥料の施用が子実収量に及ぼす影響

肥効調節型窒素施肥量*	(g m <sup>-2</sup> )			
	2002年		2003年	
	子実収量	同 比	子実収量	同 比
無 し	192	100%	194	100%
レベル1	221	115%	230	119%
レベル2	238	124%	254	131%

\*レベル1、2の施肥量は、2002年においては3および6、2003年には5および10kgN/10a

表1-6-4 少量局所施肥が子実収量に及ぼす影響

(g m <sup>-2</sup> )		
少量局所施肥*	子実収量	同 比
有 り	234	107%
無 し	219	100%

\*0.65kgN/10aを硫安で播種溝にそって条施肥

表1-6-5 少量局所施肥がダイズの初期生育に及ぼす影響

施肥処理	(ポット当り乾物g)											
	13日*		20日*		28日*		34日*			44日*		
	地上	根	地上	根	地上	根	地上	根	根粒	地上	根	根粒
無肥料	0.63	0.12	0.97	0.23	2.73	0.72	3.16	0.85	0.014	4.65	1.24	0.108
硫安L**	0.57	0.12	0.89	0.19	2.20	0.52	3.50	1.13	0.010	4.21	1.30	0.079
硫安H***	0.42	0.12	0.97	0.22	2.04	0.55	2.97	0.80	0.008	3.69	1.05	0.112
硫安P****	0.38	0.08	1.15	0.27	1.67	0.38	3.45	1.05	0.002	4.28	1.04	0.004
被覆尿素****	0.46	0.11	1.11	0.31	1.91	0.51	2.3	0.67	0.004	4.33	1.26	0.144
被覆硫安****	0.58	0.12	1.13	0.22	2.37	0.60	3.48	0.97	0.007	4.98	1.24	0.160

\*：播種後日数、\*\*：硫安42mgNをポット全体に混合、\*\*\*：硫安126mgNをポット全体に混合、

\*\*\*\*：それぞれの肥料を42mgNずつ種子付近に施用

にほぼ比例して、子実収量が増加した（表1-6-3）。もっとも、収量の増加幅は必ずしも大きくはないし、絶対的な収量水準も低い。

スターターとして極少量の硫安を基肥として局所に与えた試験で、小幅の収量増という結果が得られた（表1-6-4）。しかしこれは、有意な差ではない。並行して行ったポット試験では、硫安を施用した区、中でも施用量が多い区では、大豆の生育が却って低下している（表1-6-5）。硫安の代わりに被覆尿素あるいは被覆硫安系肥料を施用した場合には、硫安よりやや優れる結果になった。

#### (2) 谷和原XI圃場（4種類の土壌）

子実収量は、石下灰色低地土がやや高く、八郷赤黄色土がやや低かった。また、水田から畑に変えた初年と2年目は収量がやや高く、3年目には、一部にシスト線虫と見られる障害が生じて収量が低下した（表1-6-6）。表1-6-7に示したとおり、谷和原2土壌はやや有機物量が多いが、培養によって無機化する窒素量にはさほどの違いはなく、有効リン酸量については灰色低地土が高い。有効リン酸の少ない2土壌では、初期生育量がやや少ない傾向があると観察された。

#### (3) 谷和原VB1圃場（8年輪換圃場）

水稲作4年－大豆作4年を順次繰り返す輪換水田圃場において、畑作年数が大豆の収量に及ぼす影響を表1-6-8に示した。3年にわたって行われた栽培試験のうち、2ヵ年については畑作初年の収量が明らかに高く2001年においても初年目区の収量は2年目区に次いで収量が高かった。土壌分析値に対する輪換年数の影響は明らかでない（表1-6-9）。

硫酸根の施用は、収量をわずかに増加させると見られた（表1-6-10）。データは示さなかったが、他の圃場などでも、同様に硫酸根を施用すると収量がいづらか高まる傾向が認められた。硫酸根を含む資材である石膏を施用した場合にも7～8%増収するという結果が得られた（データ略）。

土壌pHの影響はさほど大きくはないが、中性に近いほうが増収となった（表1-6-11）。

#### 4) 考察

稲わら連用の効果は小さかった（表1-6-1）。この結果は、大豆の収量は地力窒素に大きく依存するといわれるような既往の知見と合致しないようにみられる。しかし本試験に関しては、稲わら連用処理は土壌の培養無機化窒素量に対して、さほど影響を及ぼしていない（表1-6-2）。このことから、本試験の結果は、地力窒素が大豆の収量に大きな影響をもたらすとの従来の知見と、必ずしも矛盾するものではないと言えよう。本試験処理における土壌培養無機化窒素量の差は、大きくても $20\text{mg kg}^{-1}$ 程度だった。1 $\text{m}^2$ 当り作土量を100kgと仮定すると、この窒素量は1 $\text{m}^2$ 当り2gに過ぎず、一方1 $\text{m}^2$ 当り大豆収量を仮に300gとした場合、子実に含まれる窒素量（60g程度）と比較すると非常に小さい。稲わら連用の効果が明瞭でなかった理由の一つとしてこのようなことが考えられるが、さらに詳しく検討する必要がある。

地力窒素と類似したパターンで有効化する肥効調節型被覆尿素を施用する試験は、想定された地力低下を補う施肥法であるが、着実に収量を増加させるとの結果を得た（表1-6-2）。既に述べたとおり、本試験の収量水準は低く、施肥による増収の程度も大きいものではないが、施肥窒素量と子実に含まれる窒素量を比較すると、見かけ上施肥窒素の

表1-6-6 4種の土壌における大豆の収量

土 壤	(g m <sup>-2</sup> )			
	転換初年 (2001年)	2年目 (2002年)	3年目 (2003年)	平 均
谷和原灰色低地土	376	417	277	357
石下灰色低地土	403	420	323	382
谷和原淡色黒ボク土	377	348	236	320
八郷赤黄色土	353	318	209	293
平 均	377	376	261	

表1-6-7 XI圃場の4種土壌の分析値

土壌の違い	全窒素 %	全炭素 %	培養無機化窒素 mg kg <sup>-1</sup>		ブレイPⅡ mgP kg <sup>-1</sup>
			湿潤土	風乾土	
谷和原灰色低地土	0.28	3.14	94	121	204
石下灰色低地土	0.20	1.94	125	142	159
谷和原淡色黒ボク土	0.28	2.88	145	156	38
八郷赤黄色土	0.16	1.61	139	109	43

表1-6-8 畑作年数が大豆収量に及ぼす影響

畑作年数	(g m <sup>-2</sup> )			
	2001年	2002年	2003年	平均
1年目	317	354	295	322
2年目	340	310	205	285
3年目	236	311	225	257
4年目	291	244	237	257

表1-6-9 輪換圃場の土壌特性

作付 年数	培養窒素量 mg kg <sup>-1</sup>			T-C %	T-N %	BrayPⅡ mgPkg <sup>-1</sup>
	2001年		2002年			
	畑作	水田作	畑作			
1年	19.6	24.6	13.1	2.31	0.201	116
2年	19.1	23.8	11.9	2.14	0.194	212
3年	17.3	19.3	15.7	2.33	0.211	183
4年	16.4	18.7	11.9	2.42	0.215	179

T-C, T-N, BrayPⅡは2003年6月採取サンプル

表1-6-10 硫酸根の施用が大豆収量に及ぼす影響

硫酸根施用	(g m <sup>-2</sup> )			
	2001年	2002年	2003年	平 均
無 し	285	297	238	273
有 り	307	313	243	288

表1-6-11 土壌pHが大豆収量に及ぼす影響

土壌pH	(g m <sup>-2</sup> )		
	2002年	2003年	平 均
低	301	206	254
中	299	215	257
高	315	245	280

4反復処理平均値

土壌pHは、2002年7月に低：4.87、中：5.48、高：6.45

2003年6月に低：5.62、中：6.05、高：6.75

40%が子実生産に寄与したことになり、この意味での施肥効率は高い。また肥料コストとの比較においても経済的に引きあう施肥である。本法は、生育量が小さくて収量水準が低い条件においては、着実に収量増を図ることができる施肥法だと考えられる。

硫安を少量局所に施肥する方法については、有意な増収結果は得られなかったが、ポット試験で、硫安の代わりに被覆尿素、被覆硝安系肥料を使った場合には、根粒の着生や生育量について、硫安施用の場合よりも良好な結果が得られた。少量の基肥を局所に施用する方法がうまく行けば、少ない施肥量で中期以後の生育量を確保することができると共に、従来の窒素施肥でありがちだった窒素固定活性の低下を避けることができる可能性も考えられよう。

土壤による違いもあるが、大豆収量は転換初年が高く、2年あるいは3年目以降はかなり収量が低下した（表1-6-1、6、9）。この変化は土壤の培養によって無機化する窒素の大小（表1-6-2、7、9）では説明できない。理由は明らかではないものの、広く認められる現象であるので、栽培計画立案にあたって活用すべき事柄である。

観察によると、大豆の主に初期生育の大小と土壤有効リン酸の大小との間には、対応関係が認められる。肥料三要素試験の結果によると、大豆は窒素やカリが欠除しても三要素施用区の90%程余りの収量が得られているが、リン酸が欠除した処理区の収量は50%程度まで低下していた（データ略）。このような試験結果もあわせ考えると、有効リン酸が少ない土壤条件では、リン酸の施用効果が大きいものと考えられる。

#### 5) 今後の課題

いわゆる地力窒素と大豆収量との関係については、明らかな試験結果を得る事ができず、収量低下傾向との関係は今後の課題として残された。肥効調節型肥料によって大豆収量の底上げを図ることができるとの結果は得られたが、本法の適用範囲を明らかにすることや、少量局所施肥の可能性などについては、今後さらに検討する必要がある。

## 第2章 ロングマット苗移植による 省力水稻栽培技術の確立

### 1. 水耕苗の生理的特性解明と高品質育苗技術の開発

#### 1) 目的

ロングマット水耕法を用いた育苗・移植栽培法は、種蒔きから田植までを大幅に簡略化・軽作業化するものであり、農業労働者の高齢化と後継者不足が進むわが国稲作においては、大規模経営にも適する省力化技術として期待される。この技術の特徴は、水耕で育苗する点であるが、水耕苗は従来の土付き苗と比べて形態や乾物特性が異なり、移植直後の状況も違っている。そこで、本試験では、水耕苗の生理的特性を解明することによって高品質化のための条件を明らかにするとともに、優れた苗を安定的に生産するための育苗技術を開発する。

#### 2) 研究方法

(1) 水耕苗と土付苗の形態的な違いを明らかにするとともに、その違いを生じた理由や、それが生理的な特性に及ぼす影響を検討した。また、水耕苗の活着性や、低温や冠水などの障害抵抗性について人工気象室やガラス室を用いて明らかにするとともに、実際の圃場条件下での初期生育特性などについても、土付苗を対照として比較・検討した。

(2) ロングマット苗の育苗方法について検討するため、温度条件の違いと苗の生育との関係について検討した。また、施肥法については、慣行の大塚A処方に、水稻播種プラント用肥料の健太郎を加えて、施肥法と苗の生育との関係について検討した。

(3) 現地農家で、どうしても苗がうまくできない地域があり、中央農研へ水を運んで比較試験を行ったりして、生育状況を詳細に調査・観察した。また、現地の水を分析し、苗の生育との関係を調査するとともに、水質の改善方法について検討した。

#### 3) 結果および考察

##### (1) ロングマット苗の形態的特性

ロングマット苗の外見を観察してまず気づくのは、土付苗に比べて葉が小さいことである。ロングマット苗では、最初の本葉の葉面積は土付苗の1/4程度で、次の葉も小型で短い葉になりやすい(写真2-1-1)。これには、育苗環境の違いが関与していると考えられる。土付苗では、種子を播いた後に覆土を行うが、水耕苗では覆土を行わない。発芽直後から芽が強い光などにさらされる水耕苗では、新しい葉の抽出・展開はすぐに終わり、次の葉をすぐに展開するため、葉が小型化するものと見られる。ただ、葉が小さく短いため葉身の展開速度が早いこと、水耕ではストレスがなく一般に生育が早いこと、ハウスの



写真2-1-1 ロングマット苗の草姿

加温を行うこと、以上のことにより生育速度が早く、土付苗では通常稚苗の葉令に達するのに約3週間かかるのが、水耕苗は約2週間と比較的短い期間ですむのではないかと見られる。

ところで、苗の重さは乾物生産量と密接な関係があり、乾物生産量は育苗期間中の光合成量と葉面積を掛け合わせたものである。水耕苗では生育期間が短く、葉も小さいため、苗の重さは通常の水付苗の60%程度に過ぎない(表2-1-1)。また、草丈の割に、葉身長が短く、第2葉と第3葉の葉身間の長さも間延びしやすく、茎が細く、見た目は軟弱徒長苗の感じが否めない(写真2-1-1)。このため、水付苗よりやや短い草丈に抑えた方が、しっかりした充実度の高いずんぐり苗に育つことが分かった。

## (2) 活着と初期生育特性

健苗について、星川は、「不良環境でも活着が早く、生育が旺盛で、次々と大きい分けつを出してくる苗」と言っている。苗の活着とか活着力とかは、具体的にどのようなことを指すのか。三本によれば、「活着力とは、移植した苗の新しい環境への適応力」であり、「新しい環境における生長回復力」であり、活着期(=移植によって一時的に停滞した生長が平均的な生長へ回復した時期)によって判断できると考えている。活着力を移植後に新しく伸びてきた根の長さで判断する方法もあるが、この方法では地上部重の大きい苗が有利となるし、葉令の異なる苗を直接比較できない。そこで、三本の方法に従って、移植後の葉令の展開様相からロングマット苗の活着や初期生育について、育苗日数の異なる水耕苗を用いて検討した(表2-1-2)。

活着日数は、普通の条件下では水付苗と殆ど同じで、差は認められず(図2-1-1)、その後の生育についても大きな差はなかった(データ略)。低温活着の指標の1つといわれる活着限界温度近傍での枯死葉長率(全葉身長に対する枯死した葉身長の割合)をみると、水耕苗の値がやや低い傾向で、水耕苗の低温活着力は水付苗に比べて劣らなかった(図2-1-2)。ただ、生長を総合的に表すと考えられる乾物生産については、若干水付苗



表2-1-1 ロングマット苗と土付苗の生育と出穂期

苗の種類	育苗日数	葉令	草丈 (cm)	地上部重 (g/100本)	充実度 (mg/cm)	出穂期
ロングマット苗	16	3.2	10.1	0.82	0.80	8月4日
土付苗	22	3.3	12.9	1.43	1.11	8月3日

1999年～02年の平均値。葉令は、不完全葉を第1葉とした。  
 充実度=地上部重/草丈。

表2-1-2 試験に供した苗の苗質

苗の種類	水耕苗	土付苗
育苗日数	13	21
葉令(葉)	3.1	4.2
草丈(cm)	8.6	13.8
地上部重(g/100本)	0.63	1.51
充実度*(mg/cm)	0.74	1.10
胚乳残存率(%)	34	12

\*:充実度=地上部重/草丈。値は、主な苗の平均値。  
 注) 苗は籾を残して、根を2cmで切り揃え、植付深さ2cmの条件で1株1本ずつ手植えた。

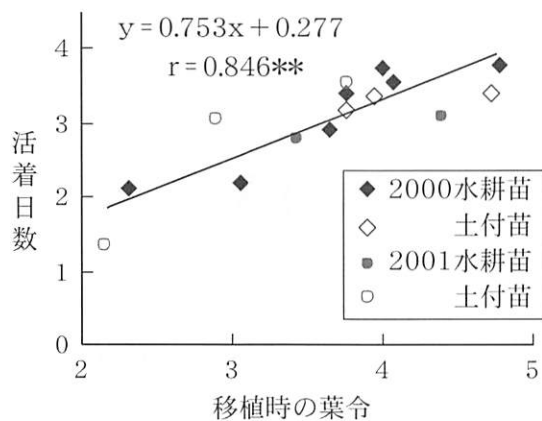


図2-1-1 葉令と活着日数の関係  
 (圃場試験、移植:2000年6月7日  
 2001年5月30日)

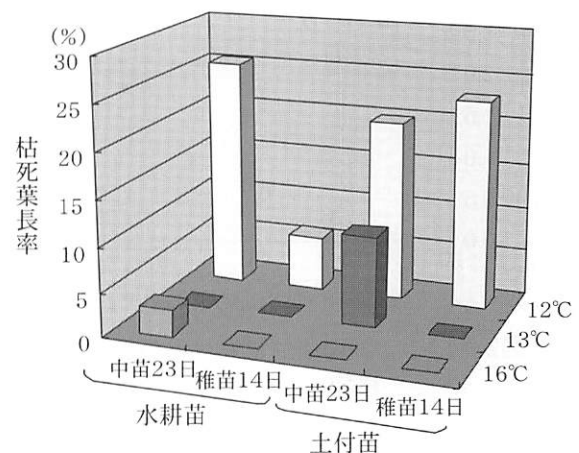


図2-1-2 移植後の温度と枯死葉長率  
 枯死葉長率: 全葉身長に対する枯れた葉の葉身長割合  
 (人工気象室) 図2-1-2 移植後の温度と枯死葉長率

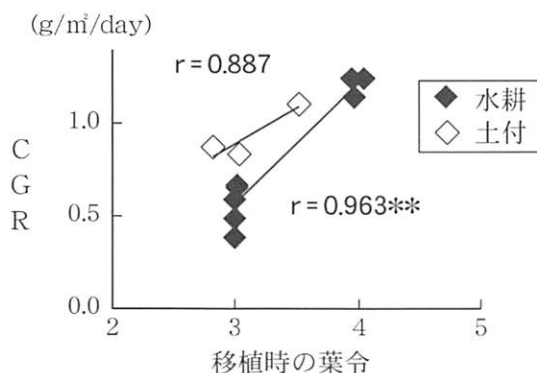


図2-1-3 低温下でのCGRの比較  
 CGRは、移植時と24日後の地上部重から算出。  
 (人工気象室:17-13°C)

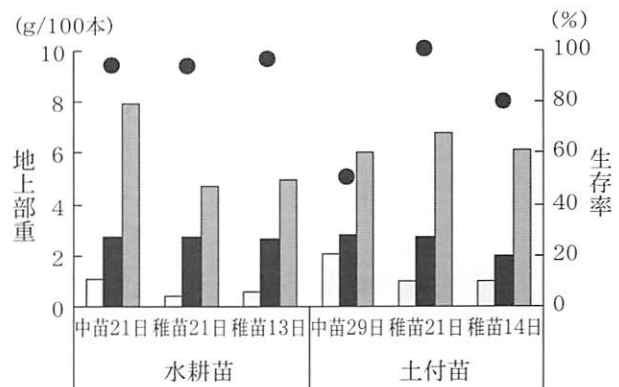


図2-1-4 冠水処理による苗の生存率  
 地上部重: □移植時 ■水没区 ▨対象区 ●生存率  
 苗は、移植後10日間完全に水没させ、その後は通常の管理。  
 その間、ガラス室(平均気温18°C)に置き、21日後に採取。

より劣る場合もあった（図2-1-3）。しかし、土付苗でも徒長した苗や深植では大きく劣る場合もあり、単に水耕苗と土付苗の違いというよりも、育苗条件や移植条件の違いの方が大きく活着力に関わってくることがわかった。

また、10日間完全に水没させて冠水抵抗性について検討した結果、ロングマット苗、土付苗とも、冠水抵抗性に差はなかった（図2-1-4）。また、4月から10月まで9回育苗した水耕苗と土付苗を（うち7回はロングマット田植機を使用して）圃場に植え付け、移植3週間後に乾物重を調べた。その結果、苗の乾物生産量は、移植後3週間の平均気温と密接な関係があり、ロングマット苗、土付苗とも同様の傾向で、差は認められなかった（図2-1-5）。ロングマット苗の乾物重が軽いにもかかわらず活着や冠水抵抗性に差がなく、実際に圃場に移植した場合の乾物生産も遜色なかったのは、水耕育苗ではストレスも少なく、土付苗に比べて生育期間も短く、苗の活力が高いためではないかと考えられる。

ただ、低温活着性については、寒冷地の試験では、ロングマット苗が劣るという結果もある。水耕苗の最適な生育とはどのようなものなのか、育苗方法も含めて、さらに詳しい検討が必要である。

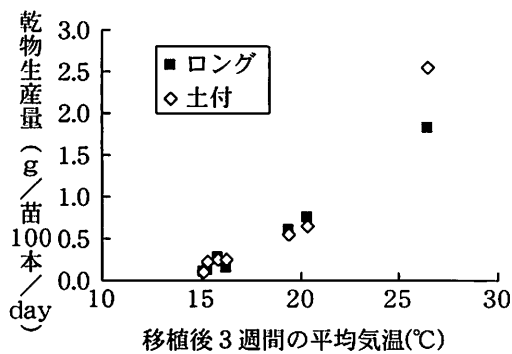


図2-1-5 圃場条件における気温と移植直後の乾物生産との関係

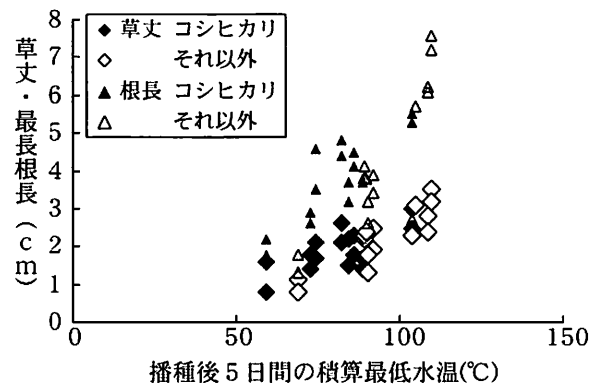


図2-1-6 播種後5日間の水温と苗の生育

### (3) 温度管理

苗作りにおいては、最初の出発点である苗を均一に育てることが重要である。このためには素早く均一に出芽を揃えることが大切で、充実度の高い良く塩水選した種もみを用い、低温下で十分吸水させて、30°C前後で一晩加温して催芽させた種もみを用いる。催芽程度によって出芽までの日数や苗の揃いは変わってくる。通常、土付苗では30度の育苗機に2～3日間入れて出芽を促進しているが、育苗ハウスをそこまで加温するには費用がかかる。このため、土付苗よりやや進んだ催芽程度とすることで、短期間で出芽が揃うようにする。しかし、種まき直後については、ロングマット苗でも、夜間など気温が低い時にはストーブでビニールハウスを加温し、逆に日射で水温が40°C以上に上がる場合には、育苗ベッドを寒冷紗などで覆って日よけを行い温度管理を行う。

温度管理によって土付苗の生育が違ってくるように、ロングマット苗でも温度管理は重要である。苗の生育は、最低水温の影響が大きく、播種から5日間で2～3cmの草丈にするには、積算温度で100度Cが必要である（図2-1-6）。さらに、10日間で積算最低水温が200度C近くになると10cm程度の草丈が得られ、最長根長もほぼ10cm、根数は5

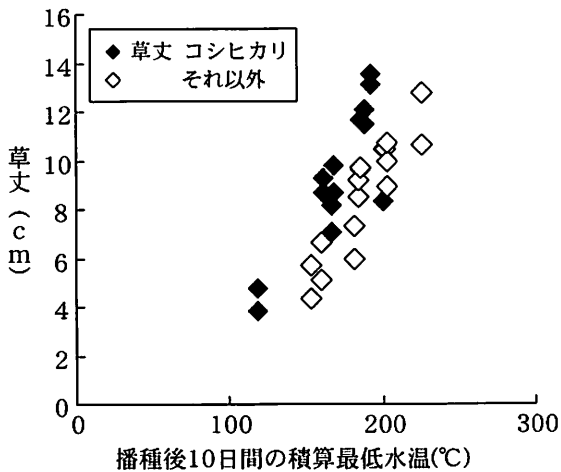


図2-1-7 播種後10日間の水温と草丈

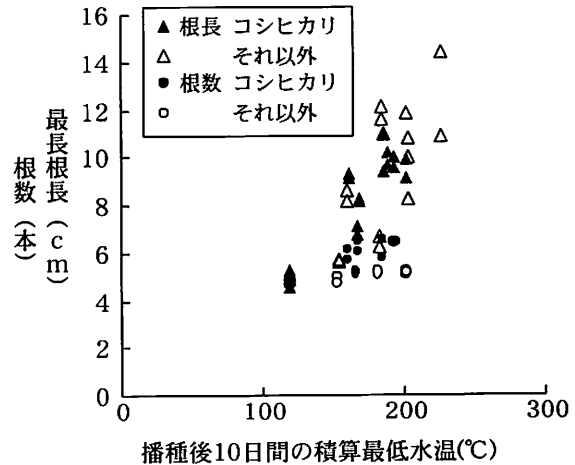


図2-1-8 播種後10日間の水温と根の生長

～7本となる(図2-1-7, 8)。この段階で移植が可能であるが、苗の硬化なども考慮すると、育苗期間は13～14日間は必要となる。

播種から出芽までの3日間程度を出芽期間、不完全葉が展開し第2葉が伸長中の5～6日間は緑化期間、さらに第2葉がほぼ展開し第3葉が抽出し始める5～6日間は硬化期間と呼ぶ。実際の育苗では、温度管理は、生育時期によって異なり、出芽期間は昼間30℃夜20度℃以上を保つように管理する。緑化期から硬化期へと生育が進むほど温度を下げて、苗の徒長を防止するとともに、外気にならして苗を硬くすることが大切である。そして、苗の巻取りを行う2～3日前には夜間でもハウスを開放して、田んぼに植えたときに対応できるようにする。

土付苗では近年、ベタ掛けの被覆資材を用いた平置き育苗が広がってきた。昼間も被覆内が高温にならず、夜も保冷効果のある育苗資材を使った省力的な育苗方法である。ロングマットでも、暖かくなってくればビニールハウスの開閉だけで、暖房施設を使わない無加温で苗が出来ないわけではない。しかし、まだ気温の低い3月から4月播種では、高さ60cm位の育苗ベンチの上は、苗箱を土に置いた場合より温度が低くなる。昼間はハウスを閉めて気温を高くできるが、高温-低温の繰り返しなどによって、種子の発芽率が落ちて出芽が不安定になりやすく、育苗期間も長くなる。また、低温では苗丈の伸びも悪く、移植できる草丈になるまでに4週間近く必要となる。更に、温度が低いほど根長は短くなるため、根張りが悪く巻取りが困難になる場合もある。育苗期間が長くなると、途中で病気が出たり、不織布が溶けたりする可能性も高い。加温しながら管理すれば、例えば病気が出ても、生育が早く進むので早く田植えができて、これらの危険も回避できる。寒い時期の育苗では、無加温育苗は行わない方がよい。安定的に計画的に育苗するには、初期の温度管理をしっかり行い、苗を短期間で仕上げるのが大切である。

なお、寒冷地などで要望の強い中苗育苗については、地域基幹研究で長野県が取り組んでおり、160g蒔き3～4週間育苗ということで問題なく育苗できることが実証されている。ただ、育苗期間が長くなり施設の回転数が減ること、播種量も減り同じ苗の量でも植え付け可能な面積は減少すること、病害対策が必須となること、植付時の苗の損傷もやや大きくなることなど、問題点も多い。現在の中苗育苗では徒長を抑えるため施肥時期を遅

くして、1回施肥法で育苗しており、活着や収量が土付苗に比べてやや劣る傾向であり、この点についての検討も必要である。

#### (4) 施肥

施肥に入る前に、水耕施設の基本設計の一つである育苗ベンチ数とタンクの大きさの関係について述べたい。水量について検討した結果、1ベンチ(=4ベッド)当たりの水量は、160リットル位が適当であり、タンクの容量は200リットル以上のものが必要である。これより水量が多いと、水や肥料が多く必要になるし、苗の葉色が薄くなる。逆に少ないと、肥料の吸収も早く水温の変動も大きく、水の減少も多いので1日でタンクが空になることもあるからである。通常は、3ベンチ当たり500リットルタンク1個を組として設置している事例が多く、ロングマットを大規模に導入している農家でも、管理が個別にできるように、同じハウス内に複数個のタンクを設置している場合が殆どである。

育苗は、最初は、水だけで行うが、出芽して苗が大きくなったら肥料を加える。肥料は、大塚A処方(大塚1号と大塚2号)に水稲用肥料を2割程度混ぜる培養液処方によって、慣行(大塚A処方)に比べて、草丈が高く、葉色の濃い苗が育苗できる(表2-1-3)。また、育苗中に1回または2回だけ施肥した場合でも、毎日肥料濃度を測って減少分を足す毎日EC管理(慣行)区に比べて、葉令や地上部重などの生育に殆ど差はなく、発根量など活着の面でも問題ない(表2-1-4)。育苗中に1回だけ施肥する方法なら、毎日の培養液管理は、蒸発や蒸散で減少した水を追加するだけで済み、管理作業が大幅に省力化される。施肥時期としては、草丈が2~3cm前後に達する(加温した条件下なら播種5

表2-1-3 培養液割合の違いによる水耕苗の生育 (EC管理法)

試 験 区 名	葉 令	草 丈 (cm)	根 数	最 長 根 長 (cm)	乾 物 重 (mg/個 体)		充 実 度 (mg/cm)	葉 色 (SPAD値)	
					地 上 部	根			
ロングマット苗	10:0(慣行)	3.5a	13.4d	5.8a	11.1a	8.8a	3.2a	0.66	26.6b
	9:1	3.6a	15.3c	6.0a	10.8a	8.1a	2.3a	0.53	27.6b
	8:2	3.6a	17.0ab	5.5a	9.5a	9.3a	2.3a	0.55	30.5a
	7:3	3.6a	17.7a	5.6a	10.5a	8.8a	2.4a	0.50	27.2b
土付苗		2.9b	15.9bc			9.0a		0.56	28.1b

試験区名のロングマット苗の後ろの数字は、大塚A処方:水稲用肥料の割合を示す。充実度=地上部重/草丈。SPAD値は、第3葉の中央部を測定。供試品種:あきたこまち、不完全葉=第1葉とした。同じ英小文字間には、tukey法(1%)により有意差なし。

表2-1-4 培養液の濃度管理方法の違いと水耕苗の生育および活着

試 験 区 名	葉 令	草 丈 (cm)	地 上 部 重 (mg/個 体)	葉 色 (SPAD値)	発 根 量 (mm/個 体)
ロングマット苗	1回施肥	3.2ab	14.0b	0.98bc	33.8a
	2回施肥	3.2abc	13.5b	0.95c	29.9b
	EC管理(慣行)	3.3a	14.8a	0.95c	25.2c
土 付 苗	あきたこまち	3.0c	14.3b	1.15ab	32.0ab
	ひとめぼれ	3.1bc	15.0a	1.20a	31.4b

1回施肥は、緑化時(播種5日目)に、水道水のEC+2.5dS/mになるように施肥。

2回施肥は、緑化時と9日目に、それぞれ水道水のEC+1.5、+1.0(dS/m)になるように施肥。

発根量: 初を残して剪根した苗を圃場に植付け、6日後に抜取り調査。発根量=発根数×発根長。

供試品種: あきたこまち、培養液の処方: 大塚A処方: 水稲用肥料=8:2。

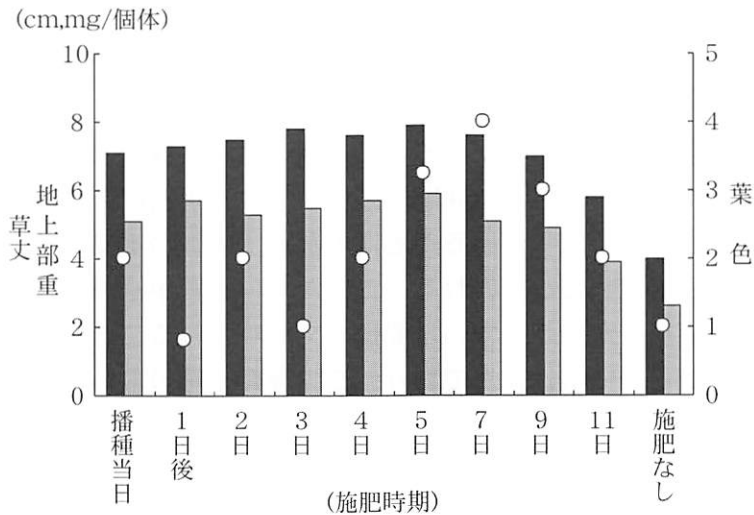


図2-1-9 施肥時期とロングマット苗の苗質

■草丈 □地上部重 ○葉色  
 1回施肥法 (EC+2.5) 葉色は、葉色板の値。  
 供試品種：キヌヒカリ

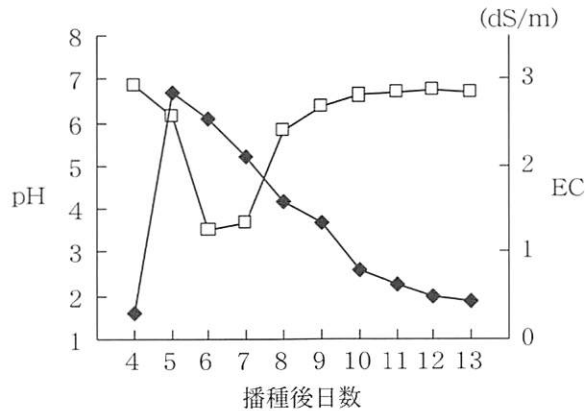


図2-1-10 1回施肥法におけるpH、ECの推移

□— pH ◆— EC  
 使用した水 pH：7.4 EC：0.39dS/m  
 播種5日後施肥

日目) 頃が妥当で、早い場合は葉色が淡く、遅い場合は草丈や地上部重が劣る (図2-1-9)。肥料は、はじめの水道水より+2.5dS/m高くなるように加える。これより肥料が少ないと、草丈が短く、白い根で根量は多くなる。逆に、肥料濃度が高いと、葉色は濃くなるが、根張りの悪い、褐色の根となるし、育苗が終わった溶液中に肥料分が多く残るので、施肥効率が悪く、廃液処理も問題となる。1回施肥による培養液管理を行った場合、pHはいったん3近くに下がった後7前後に上昇し、一方ECは、ほぼ直線的に減少し、育苗完了時には水道水よりやや高い程度の値となる (図2-1-10)。

施肥方法については、毎日肥料濃度を測って減少分を足す慣行に比べて、途中肥料を加える施肥法ではかなり省力化が図れるし、しかも葉色の濃い高品質苗が育苗できる。しかし、3種類の肥料を混合しており作業が複雑なこと、また、pHの変動が大きく、ベンチや養液ポンプの素材によっては悪影響を及ぼす可能性もあり、pH変動の少ない新しい肥



料の開発が望まれる。

### (5) 原水の水質

ある地域では何の問題もなく育苗しているのに、別の地域に行くと、葉色が淡いとか根張りが悪い、病気が出たなどと、色々な問題で苦労している事例があった。普通、水質の不良は目に見えるはっきりした症状が出ることは少なく、生育が不安定で思わしくないとか病気になりやすいなどの症状として表れる。このため、水質が原因とは分からずに、水耕栽培は難しいとか、病気にかかりやすいと間違っって判断されることも多かった。水には色々な金属などがイオンとして溶け込んでおり、この種類や量の違いによって、悪さをする場合がある。現地で苗の生育が良くなかった水には共通して、ECが高く、重炭酸濃度が高いため肥料を加えたあとの溶液pHが高く推移するということが、今回の結果ではいずれも認められた(表2-1-5)。

表2-1-5 水質とロングマット苗の生育

水の種類	雨 水	井戸水	水道水	水道水	井戸水	井戸水
pH	6.53	6.53	7.98	7.53	7.73	6.98
EC (dS/m)	0.05	0.15	0.26	<u>0.35</u>	<u>0.37</u>	<u>0.41</u>
重炭酸	11.0	28.1	140.6	57.2	141.1	96.8
NH <sub>4</sub> -N						
NO <sub>3</sub> -N	0.5	3.5	0.5	0.9	5.7	2.9
P			0.1			
K	0.9	0.6	2.0	6.2	2.1	3.1
Ca	3.0	9.9	21.2	19.2	<u>48.8</u>	<u>41.5</u>
Mg	1.2	5.3	4.2	8.3	10.0	16.5
Na	4.2	9.5	29.8	34.6	11.0	16.4
Cl	5.3	12.4	14.1	<u>63.4</u>	25.9	24.2
S	2.1	4.6	1.4	11.5	5.7	29.8
苗の生育	良	良	時に不良	良	やや不良	やや不良

単位はmg/L、重炭酸のみppm。空欄は測定したものの未検出。アンダーラインは水質基準を下回ったか上回ったもの。

ところで、水耕栽培で使う水には、井戸水と水道水、河川水、雨水等がある。この中で比較的安心して使うことが出来るのは、イオン濃度の低い雨水である。水道水も家庭用の水質基準から見て良質なものが多いが、その成分は取水源によって異なる。また、安価な井戸水は、場所や深さなどで水質が異なるし、水質のあまり良くない井戸水は、河川水と同様に、渇水期と豊水期で水質の変化が大きいことが報告されている。

水質の良否を判断する基準の一つに、pHとECがあり、これで大まかに判断できる。水耕栽培で生育が思わしくない場合は、一度水質について調べることが必要である。農家が自分で使う予定の水について問題ないか、簡易な育苗装置で確かめることができる。もし、水質に問題がある場合には、水質の良い雨水をためて、例え全量使わなくても半分の濃度に薄めて利用するなどの対策で巻取り可能な苗を育てることができる(表2-1-6)。

表2-1-6 水質の違いと水耕苗の生育

No	区名	葉令	草丈 (cm)	根長 (cm)	根数	葉色 SPAD値	特記事項
1	現地水	3.4	10.9	8.6	8.0	19.7	不織布分解
2	現地+硝酸補正毎日	3.4	9.8	6.0	9.0	15.7	も発生 不織布分解
3	現地水+雨水=1:1	3.2	10.1	8.4	6.8	21.1	
4	谷和原水	3.3	10.5	9.2	7.2	18.4	

現地の水は水質が劣り（表2-1-5 右から2番目）、谷和原水は良い。2は現地の水と貯めた雨水を1:1で混ぜて使った。

## 文 献

- 1) 北川寿ら（2001）：水稲のロングマット水耕育苗における省力的な培養液管理法。研究成果情報「総合農業」，平成12年度，412-413
- 2) 北川寿ら（2002）：ロングマット水耕苗の活着と初期生育。研究成果情報「共通基盤」，平成13年度，360-361

## 2. ロングマット苗田植機の移植精度向上技術の開発

### 1) 目的

水稲の育苗・移植の省力・軽作業化を図るため、育苗に土を使わない水耕によるロングマット苗の育苗・移植技術の開発を進めている。その中で欠株発生などの移植精度を慣行土付き苗における移植精度と比較すると、移植時の苗傷みや欠株が多く見られる。しかし、これまでの知見から欠株率が20%以内であれば収量も慣行土付き苗と遜色ないとされている。しかしながら、ロングマット苗の移植技術を広範に普及させるためには、これまでの土付き苗の移植精度に可能な限り近づけることが必要である。このようなことから本節では、欠株・損傷苗を減らすための対策技術として、育苗方法の改善や田植機の改良を中心とした技術開発を行い、移植精度を向上させることを目的とした。

### 2) 方法

(1) 育苗法の改善による移植精度の検討を行った。根がらみだけで形成されているロングマット苗の苗マット部分の剛性を土付き苗に近づけるため、素籾殻や粉碎籾殻を圧縮成型した籾殻を不織布に貼付したものを試作し、その後は慣行不織布のみの場合と同様に育苗した。出来上がったロングマット苗の苗マットの引っ張り強度、圧縮強度等の物性と移植精度を調査した。

- a) 供試苗：品種（コシヒカリ）
- b) 播種日：2001年5月7日、播種量：160g/箱相当、移植日：5月21日
- c) 苗条件：葉令、草丈、根長、根数、乾物重（表2-2-1）
- d) 供試圃場：中央農研谷和原水田30a、さげふり貫入深：8.1cm、耕深：15.2cm
- e) 田植機：試作乗用6条ロングマット田植機、苗押さえ（櫛形、フォーク形）
- f) 試験区：苗マットの素材（6）×田植機の苗押さえ（2）＝12区
- g) 調査項目：欠株率（各条100株、3反復）、損傷苗（各条26株、3反復）

(2) 田植機を改良し、移植精度の検討を行った。不織布のみの慣行育苗では苗マットが軟らかいため、苗載せ台の左右往復運動により苗マットの両端が歪むため欠株が出やすい。このため苗マットが歪まないように苗マットを押さえつける苗押さえを試作し、欠株や損傷苗の発生程度を調査した。さらに苗マットの剛性を高めるため田植機本体の改良を行い、苗押さえと組み合わせた場合の移植精度（作業速度と欠株、損傷苗、一株本数）を調査した。

- a) 苗マット素材：不織布のみ（対照区）、籾殻付不織布
- b) 供試苗：品種（コシヒカリ）
- c) 苗条件：葉令、草丈、最長根長、根数、苗マット強度
- d) 試圃場：谷和原水田15a、下振り貫入深:8.1cm、耕深:15.2cm、水深：-1~+1cm
- e) 植機：試作乗用4条ロングマット田植機、苗押さえ（櫛形、フォーク形）。
- f) 播種日：2002年5月14日、播種量：165g/箱相当、移植日：5月28日
- g) 試験区：移植時苗マット幅(3)×苗マット素材(2)×1株植付け本数(2)=12区
- h) 調査項目：（移植精度）欠株率、正常苗率
- i) その他、作業速度別の作業精度試験：2003年4月17日（谷和原水田圃場、30a）

### 3) 結果および考察

#### (1) 育苗法の改善

a) 苗の生育は草丈が8~10cmとやや小さめで、とくに不織布のみの対照区の苗は8cmと試験区中で最も小さかった。その他の試験区では籾殻の腐熟による肥料分の溶出が影響しているものと推察された。

苗マットの引っ張り強度は素材強度の弱い不織布を用いた素籾殻多U区が4.1kgf、その他のマットが8kgfと素籾殻多U区は1/2以下の強度であり、素材そのものの強度の差が現れた。

苗マットの圧縮強度はもみがらを貼付した区では素籾殻、粉碎籾殻および貼付量に差がなく圧縮前の90%程度であった。これは籾殻を貼付してない対照区の60%に比べ剛性が高まり、籾殻を貼付した効果が現れた（表2-2-1）。

b) 移植試験では櫛形、フォーク形の2種類の苗押さえを、試作乗用6条ロングマット田植機の苗載せ台に取り付けて試験を行った（図2-2-1）。

その結果、苗押さえ手段の違いでの欠株の発生状況をみると、移植直後、活着時にいずれのマット素材でも櫛形苗押さえがフォーク形苗押さえよりも欠株が少なく優っていた（図2-2-2、2-2-3）。このことは櫛形苗押さえが苗の根本近くのみを押さえつ

表2-2-1 苗の生育と苗マットの物性

苗マット素材	葉令	草丈 (cm)	根長 (cm)	根数	引っ張り強度(kgf)	圧縮強度 (%)
①素籾殻少区	3.4 (0.17)	9.4 (0.66)	8.1 (1.35)	6.4 (0.82)	9.48 (123)	89.3 (153)
②粉碎籾殻少区	3.4 (0.17)	10.0 (0.98)	8.3 (1.63)	5.7 (0.81)	9.58 (125)	90.4 (155)
③素籾殻多区	3.4 (0.15)	10.2 (0.79)	7.9 (1.15)	5.9 (0.64)	8.83 (115)	92.5 (159)
④素籾殻多U区	3.4 (0.21)	10.0 (0.77)	8.4 (0.91)	6.1 (0.76)	4.30 (56)	88.6 (152)
⑤素籾殻裏多区	3.5 (0.17)	8.3 (1.02)	7.3 (1.94)	5.4 (1.23)	8.68 (113)	91.1 (156)
⑥対照区 (不織布)	3.5 (0.14)	8.0 (0.70)	7.5 (0.81)	6.1 (0.72)	7.68 (100)	58.2 (100)

\*：籾殻少→80g,多→160g/箱相当,籾殻裏多区→③の籾殻付不織布を裏返しにして育苗（不織布の下側が籾殻）

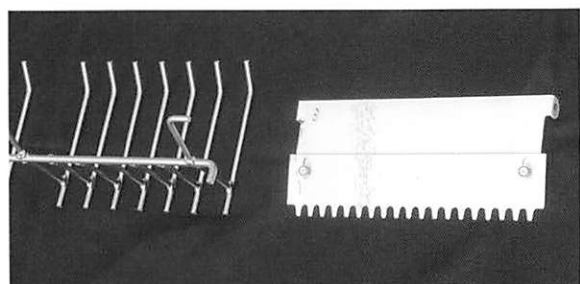


図2-2-1 苗押さえ(フォーク形:左、櫛形:右)

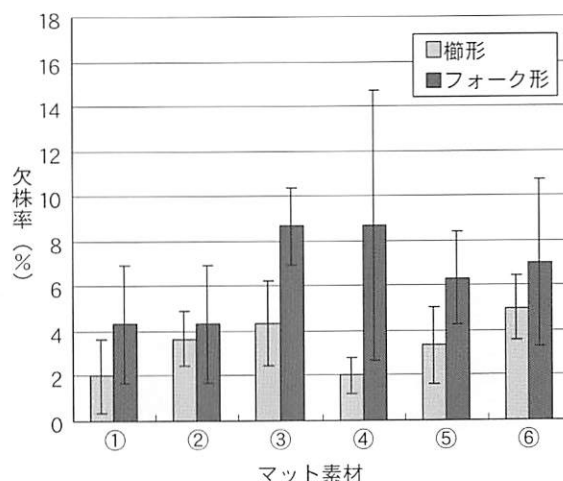


図2-2-2 移植時の欠株率  
マット素材は表2-2-1参照

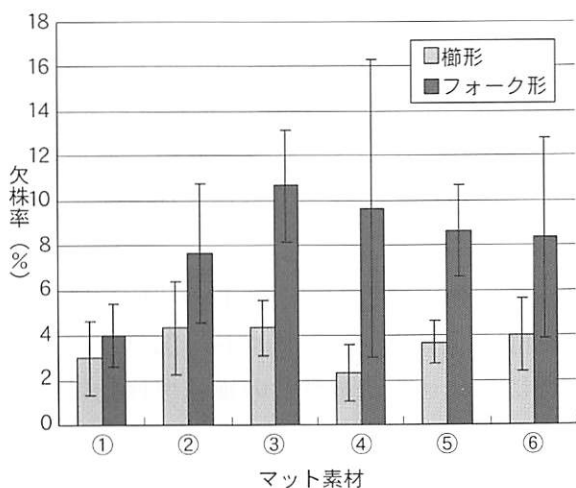


図2-2-3 活着時の欠株率

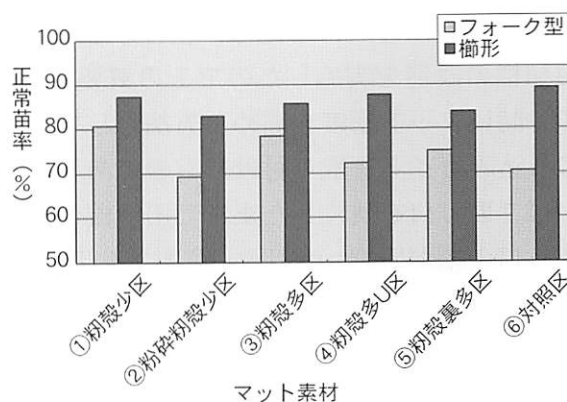


図2-2-4 苗押さえ・マット素材と正常苗率

けるのに対し、フォーク形苗押さえでは苗の中に一定間隔のフォークを差し込んでいるため、苗マットが歪んだ場合はフォークの抵抗で折れたり、倒れたりするなど掻き取り時の苗の姿勢が不安定となるためである。このことはこれまでの高速度ビデオ解析等で明らかとなっている。

c) 苗の損傷程度を苗押さえ別に見ると、正常苗の割合は籾殻の有無、貼付量に関係なく櫛形苗押さえが全ての試験区でフォークよりも高く、優れていることが明らかとなった(図2-2-4)。

以上のことから、苗押さえの手段としては櫛形の苗押さえが欠株の削減および正常苗率の向上ともに優れており、移植精度向上に対して有効であることが明らかとなった。

## (2) 田植機の改良

a) 移植精度向上には櫛形の苗押さえが有効であり、欠株を5%以下にすることが可能となり、栽培試験でも欠株率が20%程度までなら収量は土付き苗と遜色ないことが明らかとなっている<sup>3)</sup>。しかしながら、広く普及させるためには更なる移植精度の向上、と

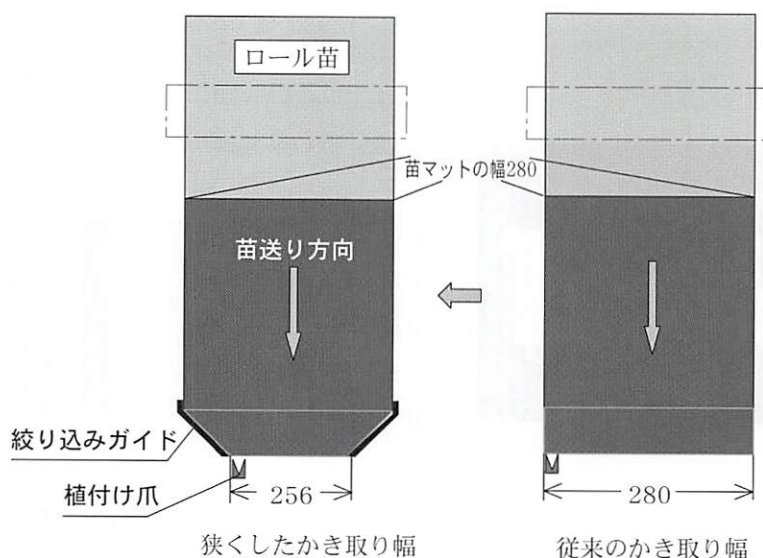


図2-2-5 植付け精度を安定向上させる田植機の改良

くに欠株率のさらなる削減が必要と考えられた。そこで、苗マットの密度を高め、土付きの苗マットに近づけるため、苗マットを掻き取る直前で圧縮して移植する方法を考案し、田植機の改造を実施したのでその概要を説明する（図2-2-5）。まず、苗マットの掻き取り時にマット密度を高める方法として苗マットの出口である掻き取り口を狭くするため絞り込みガイドを取り付けたものである。

掻き取り口を狭くしたままで田植機の植付け爪を作動させると、改造前の状態では掻き取り口の幅が280mmで設定されているため、植付け爪が絞り込みガイドの部分と接触してしまうことになる。そのため、掻き取り口の幅に合わせて苗載せ台の横往復移動量を連動させる必要がある。

このため、苗載せ台の横往復移動量を市販機より小さくするための改造が必要となった。具体的には、苗載せ台を駆動しているスパイラル状に切った横移動用シャフトの溝の全長を、掻き取り口の幅に合わせた移動量になるよう改造した改良型のロングマット田植機を試作した（図2-2-6、2-2-7）。

b) 苗移植時の苗マットの幅（苗載せ台の横移動量を3水準（280、266、254mm）、苗マット素材（籾殻付不織布、不織布のみ）と1株植付け本数（多、小）をかえた三元配置の要因実験を行い、欠株の発生を分析した。その結果、これら3つの要因とも主効果（1%水準）が認められた。

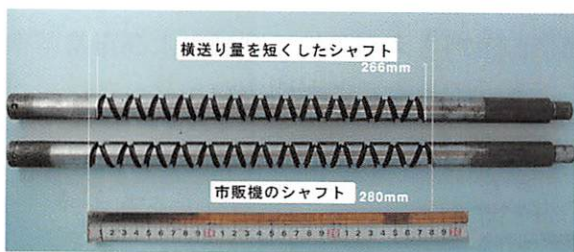


図2-2-6 横送り量改造試作シャフト（266mmの場合）



図2-2-7 試作改良型ロングマット田植機



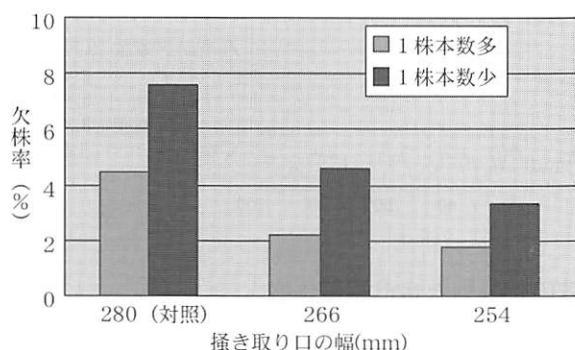


図2-2-8 挿き取り口の幅と欠株率  
(1株本数多:6.2本、少:5.4本)

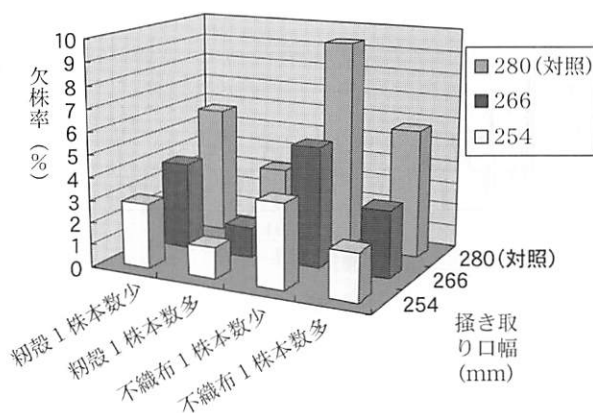


図2-2-9 マット素材・1株植付け本数と欠株率

表2-2-2 挿き取り口幅・マット素材と正常苗率 (%)

1株本数	マット素材	挿き取り口幅 (mm)		
		280(対照)	266	254
多	不織布	91.1	84.3	91.6
少	不織布	87.3	84.3	91.0
多	籾殻	83.8	82.4	90.5
少	籾殻	79.3	73.3	83.3

すなわち、挿き取り時の苗マットの幅では狭くするほど、苗マット素材では籾殻付きのマットの方が、また当然であるが苗挿き取り量（1株植付け本数）では多い方が欠株が少なくなることが明らかとなり、苗マット圧縮は欠株削減に極めて有効であることが明らかとなった（図2-2-8、2-2-9）。

c) 正常苗率について、挿き取り口での苗マットの圧縮による傷苗の発生が懸念されたが、全体的に80%以上と、これまで用いてきたフォーク形苗押さえでは最高でも70%台であったが、最低でも80%を確保できる見通しを得た。また、マットの素材別で見ると前述の試験同様に籾殻付き不織布よりも、これまで慣行として使用してきた不織布のみの場合、正常苗率が高く優れていることが明らかとなった（表2-2-2）。

d) 苗マットの絞り込みによる1株植付け本数の変動について調査した。田植機の改造前での欠株の発生は挿き取り口の両端で発生することが多くを占めていた。すなわち苗マットの両端（＝挿き取り口の両端）付近では苗マットの性状により歪みが回復しない場合があり、1株植付け本数が少なくなる傾向があった。

苗マットの絞り込み改造を行った田植機で苗の挿き取り量を2水準（多、少）設定し、路上で田植機を走行させて苗を挿き取り落下させ、1株植付け本数を連続200株調査した。その結果の一部を図2-2-10に示す。

この場合は挿き取り量が多（5.8本）であり、最も周期性が顕著に表れた場合の試験区であり、挿き取り回数は20回で1行程となっているが、自己相関係数を見るとその周期と同じ20株ごとに周期性が認められた。このことは挿き取り口の両端で1株植付け本数が改造前とは逆に多くなることを意味している。実用上は大きな問題はないが、今後さらなる1株植付け本数の安定化を目指す技術開発が必要と考える。

e) 移植精度は植付け速度（作業速度）によって変わるため、圃場での植付け試験を



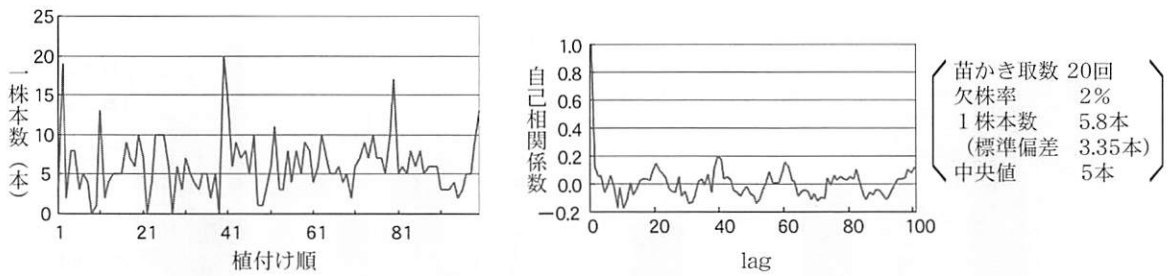


図2-2-10 1株植付け本数の時系列と自己相関係数

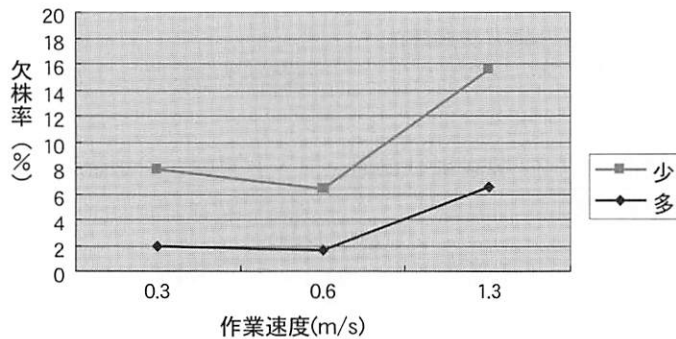


図2-2-11 作業速度と欠株率 (1株植付け本数, 多: 5.5本, 少: 4.1本)

行い欠株を調査した。その結果を図2-2-11に示すが、作業速度が毎秒1mを超えると欠株の発生が急激に増える傾向が認められた。なお、作業速度が1.3m/秒は供試田植機の限界最高速度であり、通常の移植作業ではほとんど使用されない領域である。また、1株植付け本数多(5.5本)はロングマット苗移植での標準的なものである。欠株の発生は圃場条件、とくに植代の硬さ、水深等にもよるが現場での作業実態から、毎秒1m未満の実用域での作業を行えばほとんど問題にならないと考えられる。

#### 4) まとめ

土付き苗よりも欠株が多く発生するロングマット苗の移植精度を向上させるため、育苗方法を検討した。苗マットに剛性を持たせ土付き苗の苗マット物性に近づけるため、不織布に糊殻を成型貼付した素材を育苗に供することで、欠株の削減効果が見られた。しかし、不織布のみの育苗に比べ苗が傷みやすい傾向がある。一方、田植機の改良では苗掻き取り時の苗マットの歪みを防ぐため、苗押さえ方法と田植機本体の改造を行った。苗押さえ方法としては櫛形の苗押さえが欠株削減に適していると同時に、損傷苗の発生を抑制し正常苗率の向上にも有効であることが明らかとなった。この櫛形苗押さえの利用により欠株率は5%程度に削減できた。さらに苗マットの絞り込み機構を組み込んだ田植機本体の改造との組み合わせにより、欠株率は2%台に削減することが可能となり、土付き苗の移植精度にほぼ近づくことが可能となった。

#### 文献

- 1) 小倉ら(2002): ロングマット水耕苗の移植精度向上技術の開発(第1報). 農業機械学会講演要旨, 201-202

- 2) 小倉ら (2003) : ロングマット水耕苗の移植精度向上技術の開発 (第2報). 農業機械学会講演要旨, 69-70
- 3) 北川寿ら (2003) : 水稻ロングマット水耕苗の欠株発生と収量. 研究成果情報「関東東海北陸農業」, 平成14年度, 50-51

### 3. ロングマット苗移植作業の労働負担

#### 1) 目的

ロングマット苗移植技術は慣行のマット苗移植技術に比べ苗の補給回数は約1/10、苗重量は約1/5であり、労働負担軽減効果の大きいことが期待されている。そこでロングマット苗の育苗や移植作業の軽減効果を、心拍数調査やOWAS法（作業姿勢調査）等により解明する。

#### 2) 研究方法

##### (1) 調査対象

この調査における作業現場の想定は、規模として水田面積1 ha以上の農家であり、作業をこれまでは慣行苗で三人一組で行っていたが、ロングマット苗技術に転換することにより基本的に一人作業だけで行える（苗巻き取り作業だけ二人一組作業）ことを目標としている。調査する作業の対象を播種準備から移植片づけまでの作業とし、具体的にはロングマット苗移植技術を導入しようと試みている現地生産者が2000年度において導入したロングマット苗移植体系技術による作業と、同じく現地農家がこれまで行ってきた慣行機械移植体系による作業を比較した。現地生産者が試みた作業技術は、ロングマット苗技術の普及化を試みている中央農業総合研究センター（当時は農業研究センター）、埼玉県農業総合研究センター（当時は埼玉県農業試験場）、長野県農業総合試験場の技術であるため、ロングマット苗による作業は研究機関の職員で調査した。慣行苗での作業については、現地生産者である茨城県新利根町営農法人と千葉県佐倉市角来地区農家で調査した。

##### (2) 調査手法

①作業エネルギー量の推定：ビデオを用いて作業者の作業動作やハンドリング重量を30秒毎に抽出した。作業中の動作はほぼ単純な動作（座る、立つ、10kgの荷物を持って歩く等）の組み合わせのため、作業中の各動作を人間工学基準数値式便覧（技法堂出版、1992）より照らし合わせた作業代謝率（RMR）で積算し推定した。一部の作業については同時に測定した作業心拍数および基礎心拍数と比較し算定した。

②作業姿勢：被験者の動作をビデオカメラで撮影し、その後に30秒毎にOWAS法に従って作業姿勢を分類し評価した。

##### (3) 作業内容

①播種準備作業：種籾脱芒、塩水選、浸種、催芽機への搬入と搬出についての作業は、ロングマット苗と慣行苗では同じ作業である。床土運搬、砕土、肥料混合については慣行苗、

養液準備についてはロングマット苗の作業である。現地生産者の作業については直接調査ができなかったため、方法について現地農家に聞き取り調査を行い文献に記された過去の作業調査と照らし合わせてからこれらの作業エネルギーを推測した。これらの作業は1) 種子等の20kg袋を持ち運ぶ (RMR3.8) 作業、2) 20kgの材料を機械等に投入し (RMR3.8)、処理が終わった後に取り出す作業 (5kgずつ扱うとした、RMR2.5)、3) 座りながらもしくは立ったまま機械を操作 (RMR0.5)、以上3種の組み合わせで行っている。

②播種作業：ロングマット苗の作業は、1) 種子 (5 kg) を育苗ハウスに持ち運び (RMR2.5)、2) ハウス内に設置された育苗ベットの可動式の播種機 (10kg) を載せ (RMR2.8)、3) 種子 (5 kg) を投入して (RMR2.5)、4) 播種機を動かし播種を行う (歩く、RMR1.6) 行程である。所要時間は6 m長のロール1巻き当たり4分である。慣行苗の作業は、土入れ・播種・灌水・覆土が一度にできるシステムを利用し、一輪車やフォークリフト等で苗箱を持ち上げ補助装置などを用いて作業を行い、できるだけ重量物を持ちながら歩かない工夫を施したが、床土などの重量物の持ち上げ作業の解消はできなかった。これらの作業は、1) フォークリフト、軽トラックの運転 (RMR1.3)、2) 機械へ土・種子などの重量物 (20kg) 投入 (RMR3.8)、3) 空の苗箱 (10箱5 kg) の運搬・投入 (RMR2.8)、4) 播種が終わった苗箱 (1箱5 kg) を2~4箱重ねて0~1 m運搬し一輪車や軽トラックに積み (2箱RMR2.8、4箱RMR3.8)、4) 歩きながら稼働機械の点検・清掃する (RMR2.0) で構成されている。一部の作業者には心拍計を取り付けその作業負担を調査した。

③育苗ハウスへの搬入：ロングマット苗は、育苗ハウス内で作業を行うためこの作業は行わない。作業は、1) 積まれた苗箱をフォークリフトや軽トラックで育苗ハウスまで運搬 (RMR1.3)、2) 苗箱 (1箱5 kg) を2~4枚重ねて0~10m歩きながら運搬し床に降ろす (2箱RMR2.8、4箱RMR3.8)、3) 苗箱を一枚ずつ床に並べる (左に同じ) で構成している。

④育苗ハウスの管理：現地生産者から聞き取り調査で作業内容を確認した、1) 毎日見回するため歩く (RMR2.0)、2) 機械などの操作 (立位RMR1.5)、3) 水道ホースで灌水 (RMR2.0、自動灌水装置があるところは省略)、4) ハウスまで自動車運転 (1件の生産者のみ) の構成で行っており、それにより作業エネルギーを推定した。一部の作業者には心拍計を取り付けその作業負担を調査した。

⑤ロングマット巻き取り：慣行苗では行わない。この巻き取り作業は二人一組で人力で巻き取っている。この作業は、他の作業でみられない動作のため、作業者 (研究機関職員) に心拍計を取り付け作業負担を測定すると共に、その作業者の基礎代謝量をトレッドミルとエルゴメータにて測定し、巻き取り時の作業エネルギーを推定した。作業の組み立てとして1) 苗を巻き取る、2) 巻き取った苗 (1巻10kg) を水抜きと貯蔵のため作業台と冷蔵庫に運ぶ構成である。所要時間は6 m長のロール1巻き当たり5~6分である。

⑥軽トラックへ苗の積み込み：それぞれの苗を移植のため軽トラックへ積み込み、圃場へ苗を運搬する作業である。ロングマット苗は1) 苗を持って歩く動作 (10kg運搬歩行) と2) 軽トラックの運転 (RMR1.3) のみである。慣行苗については③と同じ作業内容で1) ハウス内に置いてある苗 (1箱5 kg) を軽トラックに積み込み、2) 軽トラック運

転 (RMR1.3)、3) 圃場そばの道路などに苗を置く構成である。

⑦移植、苗補充、空き苗箱回収：移植は1) 田植機操作 (RMR1.3) だけである。苗補充は、1) 田植機に苗 (1箱5kg) を積み込む、2) 空き箱となった苗箱を回収する (歩行しながら軽作業RMR2.0)、3) 苗の補給時まで何もせず待機する (RMR1.0) の構成である。

### 3) 結果

#### (1) 作業エネルギー量の推定

被験者の心拍数と作業姿勢を中心に見た作業野帳より、作業労働負荷を推定しところ、中高年で体重60kgの男性で概算すると、ロングマット体系では1200kcal/ha・人・時間、平均RMR2.0である。慣行機械移植体系では2300~2400kcal/ha・人・時間、平均RMR1.6~1.8である。ここで小さい身体を持つ作業員や大きな筋力を出せない作業員 (女性や高齢者) の労働負担は、慣行体系での土を移動させる作業において前出した数値より大きくなると推定できる。ロングマット体系では、2人1組で行う巻き取り作業はゆとりの時間が少ないため、RMR3.0と比較的大きな算定値となった。この数値は勤務者の通勤時における歩行と同程度の労働強度である。休憩などのゆとりが若干必要である。(表2-3-1)

#### (2) 作業姿勢

姿勢評価をOWAS法に従って評価したところ、慣行体系で、苗出作業において最も危険であるAC4の姿勢が作業時間の1.7%出現した。また土を移動する多くの作業で、AC3とAC4の姿勢を合わせた比率が作業時間の5%以上となり、AC2以上の危険度の比率だと、31~49%となった。それに対しロングマット体系では、AC3とAC4の姿勢を合わせた比率が作業時間の1%未満であり、腰痛などの障害の発生する確率はきわめて低

表2-3-1 育苗~移植作業に延べ作業時間およびRMR

	数値は作業時間 (h/ha)、( ) 内はRMR		
	ロングマット苗移植作業 4ha規模10条田植機利用 巻き取り作業以外は1人作業	慣行移植作業 6ha規模 3人1組	慣行移植作業 9ha規模 3人1組
・種初脱芒	0.4 (0.7*)	0.4 (0.7*)	0.4 (0.7*)
・塩水選、浸種	1.6 (0.8*)	1.9 (0.8*)	1.9 (0.8*)
・催芽機への搬入、搬出	-	床土購入収納0.2 (1.3*)	床土購入自宅調製6.2 (0.6*)
・床土運搬、砕土、肥料混合	-	-	-
・養液準備	0.7 (2.0*)	-	-
・播種作業	1.3 (1.8)	床土持上極少2.4 (1.8+)	床土1t袋吊り下げ3.2 (1.9+)
・育苗ハウスへの搬入	-	一輪車運搬2.4 (2.2+)	軽トラ+フォークリフト1.8 (1.7+)
・育苗ハウス管理	0.8 (1.5*)	自動換気のみ2.7 (1.4*)	自動灌水/手動換気1.3 (1.7*)
・灌水、ビニール開閉	-	-	-
・ロングマット巻き取り	2人1組3.3(3.0x)→理想5.0(2.0)	-	-
・トラックへの苗の積み込み	0.8 (1.7)	軽トラ直接積込: 1.8 (1.7)	軽トラ直接積込: 1.8 (1.7)
・田植え (植え付け・回行)	125×80m水田 1.3 (1.3)	6条田植機2.5 (1.3)	10条田植機1.3 (1.3*)
・苗補充等	0.3 (3.7)	6条田植機6.7 (3.3)	10条田植機4.7 (3.3*)
・空箱回収	-	6条田植機5.0 (1.1*)	10条田植機3.5 (1.5*)
総作業時間、( )内は平均RMR	調査結果10.5 (2.0)	24.0 (1.8)	25.3 (1.6)
作業エネルギー量 (kcal)	1200	2400	2300

作業代謝率 (RMR) は、作業姿勢やハンドリング重量を時間別に抽出し、それぞれを文献より照らし合わせたRMR値を積算し、同時に測定した作業心拍数および基礎心拍数と比較し算定した。\*印は心拍数による調査なしに算定。印は腰痛経験者に軽作業を割り当てているため平均RMRに対して0.2~0.7のばらつきが出現。x印での二人のRMRはほぼ同じ。作業エネルギー量は40~60歳男性で算定。6条田植機は100×30m水田、10条田植機は125×80m水田での数値。慣行の苗補充は運転者と補助者2名作業、空箱回収は補助者2名による作業。

い。但し巻取や移植機への取り付けではAC2の姿勢が31～60%出現するため、何らかの対策は必要である。(表2-3-2)

表2-3-2 OWAS法によって評価した有害な作業姿勢が伴う作業

姿勢コード (度数%)		AC4	AC3	AC2	AC1	作業時間 (h/ha)	改善点
作業名		非常に有害 ただちに改善	有害 早期に改善	有害 近いうち改善	問題ない 改善不要		
播種	ロングマット苗	0.0	0.0	0.0	100.0	1.3	改善不要
	慣行移植	0.5	7.2	23.3	69.0	2.4-3.2	背部の前曲げ、下肢の中腰
巻き取り	ロングマット苗	0.0	0.1	59.1	40.4	3.3	背部の前曲げ
育苗ハウスへの搬入	慣行移植	1.5	25.4	21.7	51.4	1.8-2.4	背部の前曲げ、下肢の中腰
苗補充等	ロングマット苗	0.0	0.2	31.8	68.0	0.3	背部の前曲げ
	慣行移植	2.3	2.8	36.6	58.3	4.7-6.7	背部の前曲げ、下肢の中腰

注) OWAS法：腰痛などの障害防止とのための簡便な作業姿勢調査法、現地またはビデオ映像の目視により判定

### (3) 重量物のハンドリング

苗箱1箱に相当する5kg以上の重量物を保持する時間は、ロングマット苗移植作業では慣行移植作業の約40%に減少する。また、10kg以上の重量物を保持する作業時間は、ロングマット移植作業が若干多くなる。しかし、OWAS法によれば、腰痛等の障害を受けの危険は慣行移植作業より少ない(表2-3-3)。

表2-3-3 作業者の重量物ハンドリング時間

	単位：人・h/ha	
	ロングマット苗作業	慣行移植作業
無負荷	9.0(0.0)	19.4(0.1)
約5kg	0.5(0.0)	3.9(1.2)
約10kg	1.0(0.0)	0.5(0.2)
約20kg	0.0(0.0)	0.3(0.2)

( )内は作業時間のうちAC4、AC3となる作業時間

### 4) 考察

ロングマット移植技術は慣行移植技術に比べて大幅に作業時間や作業負荷量が減少することから、長期間育苗・移植作業を行う大規模経営体に推奨できる。特に土などの重量物の搬送作業が減少される効果があるため、高齢者や女性などの作業者にも推奨できると考えられる。なおロングマット苗の巻き取り作業(2人一組の人力作業)は、労働強度が高く(RMR:3.0)なり問題が残されている。対策として1)作業に休息を十分とる、2)機械化等の改善が必要である(その後、全自動の巻き取り機などが試作されたが、現地生産者で受け入れられた方法は、一人で巻き取れる巻き取り補助機の利用であった)。

### 文献

- 1) 佐々木豊ほか(2001)：ロングマット苗移植作業の労働負荷軽減効果。研究成果情報「総合研究」,平成12年度,264-265

#### 4. ロングマット苗水耕装置を利用した野菜苗等の省力的生産技術の開発

##### 1) 目的

稲栽培の省力化を目指し、ロングマット苗移植技術が開発された。しかし、その技術の導入のためには、水耕育苗装置が必要であり、新たな初期投資を生産者に求めることとなる。そこで、4月の稲育苗期間と競合しない期間に、ロングマット苗水耕装置を野菜苗等の栽培に汎用利用する技術開発を行う。

##### 2) 研究方法

###### (1) イチゴの育苗

近年、炭疽病等の病害回避・作業の軽労化から、空中採苗方式で親株から割型ポットを使って採苗する育苗方法が普及し始めている。この場合、通常ポリ鉢（径9～12cm）に鉢上げされ、育苗後にハウス内の本圃へ定植される。しかし、この方式では育苗ポットを調整し、育苗場所を確保する必要がある。そこで、割型ポットに空中採苗した子株をそのまま50穴のセルトレイに並べ、セルトレイを支持台にロングマット苗水耕装置を使って育苗する方法を検討する（図2-4-1、図2-4-2）。

###### (2) セル成型苗の育苗

野菜栽培の省力・低コスト化を目指し、野菜の機械化一貫体系確立のための技術開発が進められている。その場合、セル成型苗が定植作業の機械化に利用されている。一方、野

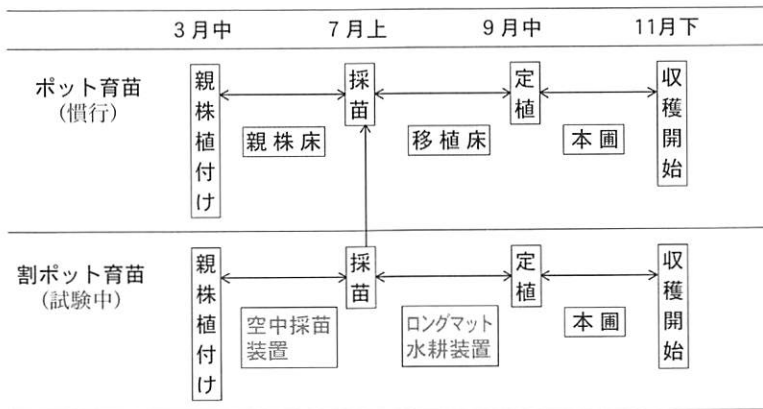


図2-4-1 ロングマット苗水耕装置を利用したイチゴの新育苗技術



図2-4-2 ロングマット苗水耕装置を利用したイチゴの育苗



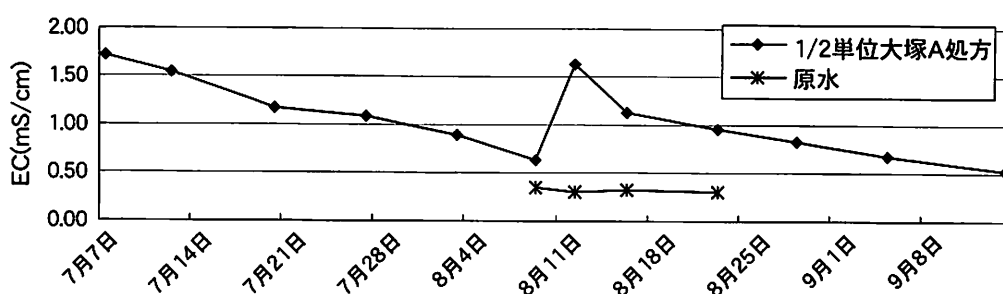


図2-4-3 培養液タンク中のECの変化

菜の定植・収穫作業の機械化のためには、生育の揃った苗の大量供給が重要とされている。そこで、ロングマット苗水耕装置を使ったセル成型苗の育苗方法について検討する。

### 3) 結果

#### (1) イチゴの育苗

培養液は、1/2単位の大塚A処方（100リットルの水に大塚1号75g、大塚2号50gを溶解）を使うと、1ヶ月程度の育苗期間であれば、1回程度作成するだけで生育に問題のない液肥濃度を確保することができた（図2-4-3）。また、培養液の給液条件は、1日当たりの給液回数を増やすよりも、1回当たりの給液時間が長い方が大苗となった。イチゴの場合、夏季高温時の育苗となるため、1日当たりの給液回数を増加させることで根域温度を下げようとしたが、給液回数を増加させても根域温度の冷却効果はみられなかった。また、50穴トレイへの移植株数について検討したところ、50穴トレイに50個の割型ポットを配置するよりも、半量25個の栽植密度で育苗する方が培養液の循環が良好で根腐れが起こらず、葉掻きや農薬散布等の管理作業の点からも適当と判断された。

ロングマット苗水耕装置を利用して空中採苗した割型ポットのままで2ヶ月程度の長期育苗をすると、「女峰」、「とちおとめ」のいずれの品種においても、慣行のポット育苗苗に比べて定植時の苗が徒長気味となり、定植後の生育が遅れた。また、収穫開始時期が遅れ、収穫量が減少した。しかし、定植前に冷蔵処理（10℃、2週間）することで、この生育の遅れや収量の減少は抑えられた。なお、冷蔵中に一時出庫し、暗黒処理で弱った苗を外気に一時的に曝す処理効果は特段見られなかった。また、地域総合研究の現地（新利根町）で育苗・採苗された苗を使って、花芽分化を促進するために生育後半に培養液（1/3単位の大塚A処方）から井水に変える処理について検討したが、花芽分化は促進されず、むしろ最終的な収量から判断すると定植直前まで培養液を使って育苗した方が増収となった。割型ポットに空中採苗する際の培地量は多いほど、定植後の生育が良好で、初期収量も多かった。一方、水耕ロングマット水耕装置による短期間育苗を行った場合、育苗期間が長いほど定植苗が大きくなり、花芽分化が促進され、収穫開始時期も早くなった（表2-4-1、図2-4-4）。

そこで、さらにロングマット水耕装置を使った最適育苗期間について検討した。その結果、8月19日採苗までは、育苗期間がさらに長くなるほど大苗となり、花芽分化も促進された。また、葉柄中の硝酸濃度も低く推移した（表2-4-2、表2-4-3）。

#### (2) セル成型苗の育苗

ロングマット水耕装置を利用して、キャベツ・レタス・ネギのセル成型苗（128穴のセ

表2-4-1 育苗方法の違いが定植時の苗品質などに及ぼす影響—2002年

品種	育苗方法	追加処理1	追加処理2	ポット重	クラウン径	最大葉長	開花日	収穫開始日
				g	cm	cm	月. 日	月. 日
女峰	ポット			358	0.91	18.8	11.13	12.19
女峰	割ポット			71	0.81	24.3	11.15	12.21
とちおとめ	ポット			400	1.04	20.3	11.11	12.16
とちおとめ	割ポット			70	0.77	26.3	11.18	12.25
とちおとめ	割ポット	冷蔵		63	0.90	27.1	11.09	12.16
とちおとめ	割ポット	冷蔵一時出し		63	0.87	28.7	11.08	12.18
とちおとめ	割ポット	新利根	水	61	0.90	18.4	11.13	12.18
とちおとめ	割ポット	新利根	培養液	62	0.85	20.5	11.15	12.19
とちおとめ	割ポット	育苗2週間		65	0.82	16.0	11.03	11.24
とちおとめ	割ポット	育苗1週間		60	0.70	12.7	10.28	11.28
とちおとめ	割ポット	育苗期間なし	培地量普通	45	0.61	8.3	11.07	12.19
とちおとめ	割ポット	育苗期間なし	培地量増量	58	0.64	10.3	11.08	12.15

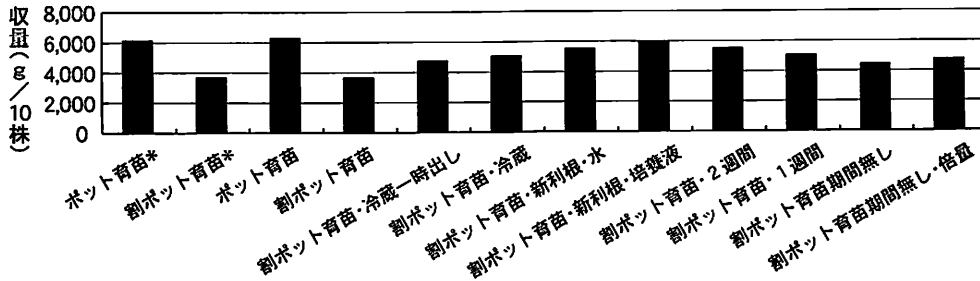


図2-4-4 育苗方法の違いがイチゴ収量に及ぼす影響 \*「女峰」、無印「とちおとめ」

表2-4-2 育苗方法の違いが定植時の苗品質などに及ぼす影響—2003年

品種	育苗方法	追加処理1	追加処理2	追加処理3	全重 (g)	根重 (g)	地上部/根部比	葉数 (枚)	最大葉長 (g)	クラウン径 (mm)
女峰	ポット				23.2	10.5	1.21	3.0	35.8	7.8
女峰	ポット	空中採苗			27.0	13.0	1.08	3.2	36.1	8.5
女峰	割ポット	7月3日採苗	15分2回給液		18.3	6.9	1.65	3.0	33.9	8.2
女峰	割ポット	7月3日採苗	15分5回給液		10.5	2.4	3.38	3.0	34.3	5.9
女峰	割ポット	7月3日採苗	15分11回給液		19.0	5.6	2.39	3.0	36.0	7.1
とちおとめ	ポット				23.8	11.9	1.01	3.0	31.3	7.2
とちおとめ	ポット	空中採苗			33.2	15.6	1.13	2.8	38.6	11.3
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	15分2回給液	密植	15.6	4.3	2.67	3.0	39.9	6.8
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	15分2回給液		11.5	2.7	3.22	3.0	38.6	5.5
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	15分5回給液	密植	13.0	3.5	2.68	2.6	38.4	6.8
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	30分2回給液		20.4	8.3	1.45	3.0	39.3	6.9
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	15分11回給液	密植	16.4	4.7	2.48	3.0	40.2	6.8
とちおとめ	割ポット	7月3日採苗	15分11回給液		15.0	3.2	3.64	3.0	42.3	7.0
とちおとめ	割ポット	8月19日採苗	15分2回給液		10.7	3.2	2.29	3.2	27.3	6.4
とちおとめ	割ポット	8月26日採苗	15分2回給液		9.5	3.0	2.20	3.2	21.0	7.1
とちおとめ	割ポット	9月2日採苗	15分2回給液		8.5	2.5	2.36	2.8	20.0	6.9
とちおとめ	割ポット	9月9日採苗	15分2回給液		4.8	1.5	2.32	2.8	12.8	5.3
とちおとめ	割ポット	9月16日採苗	無し		7.7	1.2	5.24	4.4	16.3	6.6

表2-4-3 葉柄中の硝酸濃度および花芽分化率に及ぼす育苗方法の影響

育苗方法		8月1日	8月9日	8月16日	8月22日	8月30日	9月5日	9月12日	花芽分化率*
ポット		1280	1630	1638	1626	1918	464	328	2
ポット	空中採苗	2476	3136	2176	2262	1758	960	366	0
割ポット	7月3日採苗	1886	884	1928	2410	1140	1032	136	1
割ポット	8月19日採苗					360	180	Lo	3
割ポット	8月26日採苗						Lo	Lo	5
割ポット	9月2日採苗						Lo	Lo	3
割ポット	9月9日採苗							Lo	1
割ポット	9月16日採苗								0

供試品種は「とちおとめ」

表中の硝酸濃度はppm

\*調査5株中で顎片形成時期に達していた株数

Loは検出限界以下を示す

ルトレイ)の育苗を試みた。その結果、1/4単位の大塚A処方を使って育苗した場合には、同一の液肥を頭上灌水して育苗した慣行のもの比べて生育が劣った。しかし、1/2単位の液肥を培養液として使用した場合には、生育に大きな違いは認められなかった(表2-4-4)。また、圃場に定植したキャベツの球重にも、育苗法の相違による大きな影響は認められなかった(図2-4-5)。ただし、慣行の育苗法では、余分の培養液は根鉢より速やかに排出されるため問題とならないが、ロングマット水耕装置で育苗した場合、特にキャベツおよびレタスにおいてセルトレイの底部穴より根が露出し、トレイ底部とベッドの間にルートマットが形成された。ロングマット水耕装置は1/100以下と言えどもベッドが傾斜しており、15分給液の場合にも、吐出口付近の奥と排出口のある手前とで、培養液の排出時間に30分程度のタイムラグが認められた(図2-4-6)。また、このことはセルトレイより露出する根量変化とも密接に一致した(図2-4-7)。しかし、このルートマットの形成は、トレイからの培養液の排出を促進するために支柱台を設置したり、給液時間を短く調節することで抑えられた。なお、このような処理による影響は地上部生育の差として現れなかった(図2-4-8)。しかし、タマネギの場合には、培養液給水時に支持台(この場合には波板を使用)を使用して過度に水深調整すると、定植時の苗の生育が抑えられる場合もあり、その場合には収穫時の収量が減少した(表2-4-5、図2-4-9)。

表2-4-4 数種葉菜類の定植時における生育状況

キャベツ	処理区	地上部重	最大葉長	葉数	グリーンメータ指数	
		(g)	(cm)	(枚)		
「金系201」 3月6日播種 4月11日調査	慣行	1.8	14.2	2.3	33.3	
	1/4	1.4	12.1	2.2	31.2	
	1/2	2.7	16.4	3.0	32.5	
レタス	処理区	地上部重	根重	最大葉長		
		(g)	(cm)	(cm)		
「シスコ」 3月6日播種 4月11日調査	慣行	2.5	0.7	14.0		
	1/4	2.5	0.6	13.0		
	1/2	3.9	0.6	16.7		
ネギ	処理区	地上部重	根重	最大葉長	最大径	葉数
		(g)	(g)	(cm)	(mm)	(枚)
「九条」 3月6日播種 4月23日調査	慣行	0.9	0.3	26.7	3.7	2.9
	1/4	0.9	0.4	23.3	4.0	2.9
	1/2	1.1	0.3	26.7	3.8	3.0

1/4および1/2は培養液濃度が大塚A処方1/4および1/2を示す

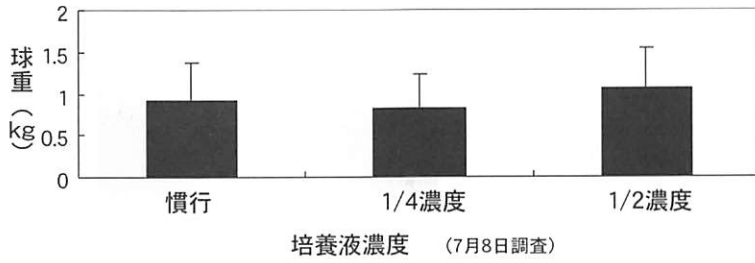


図2-4-5 キャベツの収穫調査結果

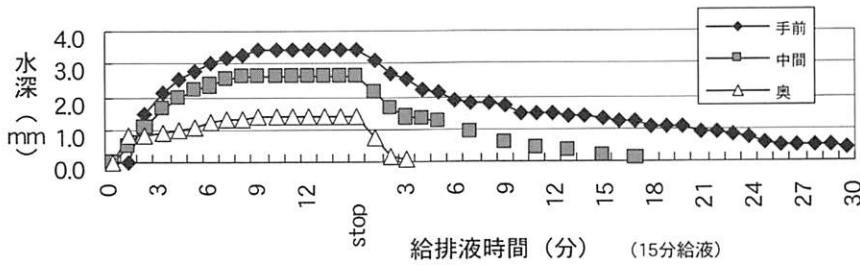


図2-4-6 培養液の給排液に伴う各ベッド箇所での水深変化

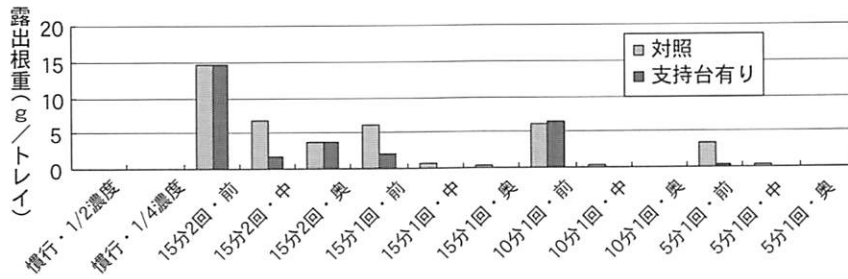


図2-4-7 培養液の給液条件がトレイからの露出根重に及ぼす影響

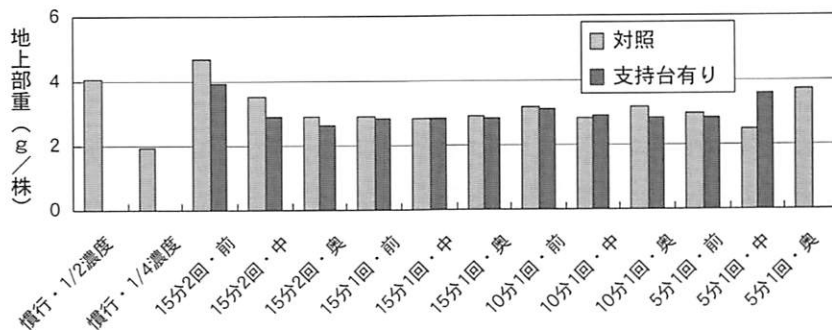


図2-4-8 培養液の給液条件がキャベツ苗生育に及ぼす影響

表2-4-9 養液給水時の水深調整が定植時のタマネギの生育量に及ぼす影響

	「ソニック」		「紅秀玉」	
	重量	最大径	重量	最大径
対照	2.3±0.6g	5.3±0.4mm	1.6±0.5g	4.3±0.3mm
波板1枚	2.5±0.3	5.2±0.4	1.9±0.6	4.5±0.7
波板2枚重ね	2.2±0.4	4.9±0.5		

給液時の水深：対照 30mm, 波板1枚 27mm, 波板2枚重ね 25mm

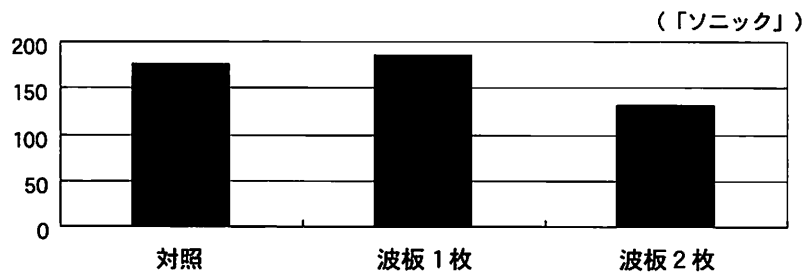


図2-4-9 育苗時の培養液給水水深が収穫時の球重に及ぼす影響

#### 4) 考察

ロングマット育苗装置として開発された本装置は、現在、野菜栽培で広く普及している養液栽培装置と比べて、極めて単純な構造であり、安価な装置である。イチゴ栽培で利用されている薄膜水耕 (NFT: Newtrient Film Technique) 装置あるいは、不織布を育苗ベッドに固定したり、水流を和らげるために細溝が切られた押さえ板を逆にしてチャンネルの排水溝間近に設置すれば、底面給水装置として花き類の育苗で利用されているエブ&フロー装置に極めて構造的に類似しており、同様な利用が考えられる。ただし、培養液のチャンネルが構造的に浅いことから、根域の発達する品目の栽培には基本的に適さない。また、ベッドがアルミ製であると耐久性は高いものの、根域の温度制御にやや難がある。このため、栽培期間の短い葉菜類の栽培や育苗装置としての利用に適している。そのため、本課題においては、現地の要望の強いイチゴに加え、新たなニーズが生じているセル成型苗の育苗装置としての利用の可能性を検討した。

空中採苗したイチゴの割型ポット育苗に当たっては、タンク水槽の温度を制御すれば、高温の影響を軽減できる可能性がある。しかし、投資効果を考慮して現状の装置転用に限定すれば、割型ポットの苗は根域が制限され、かつ培養液供給停止時に空中に露出するため、夏季高温時の長期間のイチゴ育苗には問題があり、慣行のポット栽培と同等の収量を確保することは難しい。ただし、利用期間を1ヶ月程度に限定すれば、ロングマット水耕装置の利用により空中採苗した割型ポットのまま育苗することで、育苗ポットの作成・新たな育苗スペースが不要になったり、作業姿勢の改善や自動灌水による管理作業の軽減、苗の軽量化による定植等の作業軽減効果が期待される。また、開花促進による収穫期間の前進化により、収穫期の拡大や早期化による高収益が期待できる。

また、葉菜類のセル成型苗の育苗については、現在、機械化収穫を前提とした場合に定植時における初期生育の斉一化が問題となっており、野菜や花の育苗で利用されているエブ&フロー方式の導入が検討されている。しかし、前述のように、本装置はその方式と類似した構造であり、慣行の管理法と変わらぬ葉菜類の苗生産が可能であった。標準セルトレイの縦幅はロングマット水耕装置のチャンネル幅より若干大きい。しかし、セルトレイとチャンネルとの間に支持台を設置することで、むしろ葉菜類の育苗で問題となるセルトレイの底穴より露出した根によるルートマット形成が抑えられ、根鉢形成への支障が見られなくなると思われる。

以上のように、水稻育苗用に開発されたロングマット水耕装置は野菜栽培にも広く利用することが可能である。その点からすれば、特に稲作と野菜の複合経営に導入されやすい技術と考えられる。そして、その好事例をロングマット水耕装置をイチゴ育苗装置として利活用されている新利根町太田新田営農組合に見ることができる。

## 第3章 高収益水田輪作技術体系の確立

### 1. 不耕起播種による大豆・麦の省力安定多収栽培技術の体系化

#### 1) 目的

関東東海地域は、約58万haの水田に、水稻が41.5万ha（対全国比25%）、麦5.8万ha（24%）、大豆2.3万ha（18%）作付けられるなど、土地利用型作物の面積が多い水田地帯である。また、労働市場の展開に伴う離農などを背景に農地の流動化が進展していることに加え、圃場基盤も整備された地域も多いことから、大規模な水田作経営や受託組織が広範に形成されてきている。

米政策改革が進められる中で、自給率向上や土地利用型農業の活性化に向けて、麦・大豆の本作化は、今日、急務の課題となっている。そして、その中核的担い手である大規模水田作経営や受託組織に対しては、一層の規模拡大と水田の高度利用、さらに、麦・大豆に関する収量・品質の高位安定化が強く期待されている。

しかし、それら大規模な水田作経営や受託組織においては、耕起・整地・施肥・播種など多くの作業行程を要する慣行の耕起栽培で麦収穫後に大豆を、また、大豆収穫後に麦を作付けていく場合、その後作となる麦・大豆の播種時期が遅延しやすいという問題がある。このような作業遅延は、麦では生育量の不足による減収を、また大豆では減収とともに、子実の小粒化や蛋白含量の低下などの品質低下を生じさせる。特に、大豆においては、耕起・整地を行う場合、降雨があるとそれら作業が行えないとともに、整地後に降雨があつて土壌が湿潤になるとトラクターが圃場に入れなくなる。大豆の播種時期は、降雨の影響を最も受け易く、そのため効率化が強く求められるのであるが、耕起・整地作業の存在は、必要労働時間を増加させるとともに、降雨による作業遅延リスクも拡大するという問題を常に内包しているのである。

そのため、本課題では、現地実証試験等を通じて、麦および大豆不耕起栽培における排水対策、施肥、雑草防除などの個々の技術改善を図り、水田輪作における麦・大豆の省力・低コスト不耕起栽培技術体系を確立する。

#### 2) 方法

(1) 農林水産省生産局農産振興課資料および統計情報部「作物統計」、「工芸作物生産費調査」、さらに水田作経営調査結果をもとに、大豆作技術の現状と慣行耕起栽培の問題点を整理した。

(2) 現地実証試験として、まず、新利根町南太田の転作1年目の水田（1ha）に不耕起狭畦区（畦幅30cm）、不耕起普通畦区（同60cm）および耕起慣行区（同60cm）を2



区制で設けた。狭畦と普通畦の両不耕起区は2001年秋の麦作付け時に耕起整地を行った後、不耕起条件で管理した圃場である。両不耕起区は汎用型不耕起播種機で、耕起慣行区はロータリーシーダでECP・チウラム粉衣剤およびメタラキシル粉衣剤を種子粉衣した大豆タチナガハを播種した。窒素、リン酸、カリ、各3、12、12kg/10aを、不耕起区では播種同時土壌表面散布、耕起区では播種前に散布し土壌に混和した。雑草防除は、耕起区では、播種後土壌処理（プロメトリン・メトラクロール水和剤）－中耕－中耕培土で、不耕起区では、播種前茎葉処理（グリホサートアンモニウム塩液剤）－播種後土壌処理（プロメトリン・メトラクロール水和剤）－生育期茎葉処理<sup>註1)</sup>（ペンタゾン液剤＋テプラロキシジム乳剤）によった。それぞれの管理作業の所要時間を計測するとともに各区7.2m<sup>2</sup>を3カ所について大豆収量および収穫時雑草量を調査した。大豆収量については、別途各区3カ所乗用管理機の走行路部分も調査した。加えて、播種量を削減した場合の収量への影響および種子粉衣剤試験を実施した。

次に、麦ワラ還元の有無、播種期、播種法（耕起－不耕起）、中耕培土の有無、畑作継続年数、代かき後年数を異にする新利根の現地実証経営圃場の17筆から7.2m<sup>2</sup>各3カ所を系統的にサンプリングし、大豆（品種：タチナガハ）の収量を調べた。

さらに、不耕起区内に、播種前茎葉処理剤（グリホサートアンモニウム塩液剤：G）の有無、播種後土壌処理剤（プロメトリン・メトラクロール水和剤：P）処理の有無および大豆畦幅30cm－60cm（S）の処理区を設け、播種後28日に30cmx30cm枠で各4カ所の雑草量を調べた。

### 3) 結果の概要

#### (1) 大豆作における技術対応の現状

大豆単収の動向について見ると（表3-1-1）、1955年に比べ増加傾向にはあるが、1995～2001年平均で175kg/10aと、200kgをまだ下回る状況にある。そして、変動係数も1955～75年に比べむしろより大きくなってきており、その意味で、単収の低位不安定という大豆作の基本的問題点は依然として残されている。また、田作大豆の生産状況を見ると、①作付体系では大豆連作が32%を占め、稲、麦と組み合わせた体系は30%に過ぎない、②1ha以上の団地化面積は52%程度であり、排水対策が実施されていない田作大豆面積も17%に達するなど、大豆作に関する水田での作付体系はその高度利用に関して不十分であるとともに、生産性向上にとって重要な条件となる団地化や排水対策という点でも課題が残されている。さらに、主な作業の実施状況を見ると、①「手播き・人力播種機」による播種作業が28%、また、「手刈り」が33%など、手作業を中心とする大豆作が1/3近い面積で実施されており、一方、コンバインによる収穫面積はまだ約5割という状況にある、②手取り除草が16%、中耕・培土実施が61%のうち乗用管理機を利用しないで行ったのが28%に達するなど、かなり手間のかかる栽培管理がなされている、③土壌改良資材の投入面積は55%程度にとどまっている、等の点が指摘できる。

#### (2) 大規模経営における慣行大豆耕起栽培の技術的課題

稲、麦、大豆を作付ける大規模経営において特に問題となる作物切替時期の作業競合の状況として、図3-1-1に、大規模水田作経営の水稲移植（5月上旬）～大豆管理（8月中下旬）の時期における作業の実施状況を整理した。その結果、①この時期は、水稲の移

表3-1-1 大豆の年代別単収の推移と水田での作付体系および技術対応の状況

年 代	昭和30年代	昭和40年代	昭和50年代	1985年～ 1994年	1995年～ 2001年
平均単収 (kg/10a)	126	132	146	161	175
(1955年を100)	(100)	(105)	(116)	(128)	(139)
単収の変動係数(%)	7.3	6.2	9.9	12.7	8.7
田作大豆の作付体系	大豆連作	32	施肥	土壌改良資材投入面積	55
	輪作での1年1作	35		基肥投入面積	93
	2年3作	20		追肥実施面積	23
	うち稲-麦-大豆	19	除草	除草剤散布	68
	1年2作	13		手取り除草	16
	うち麦-大豆	11	中耕・培土実施面積	61	
中耕・培土実施面積	52	うち乗用管理機を使用しなかった面積	28		
うち乗用管理機を使用しなかった面積	15	防除実施面積	82		
田作における排水対策	本暗渠施行済み	39	刈り取り方法	手刈り	33
	営農排水対策実施	78		ピンハーベスター・バインダー	12
	排水対策実施なし	17		コンバイン	53
播種作業	手播き・人力播種機	28	乾燥	個人乾燥	33
	動力播種機(耕起播種)	69		共同乾燥施設	39
	不耕起播種機	0.2		乾燥実施しない	28

資料：農林水産省統計情報部「作物統計」各年次および生産局農産振興課資料。

注) 変動係数=標準偏差÷平均×100。また、表の下欄の数字は、田作大豆面積および大豆作付面積に占めるそれぞれの作業方法等の実施面積の割合(%)を示したものである。

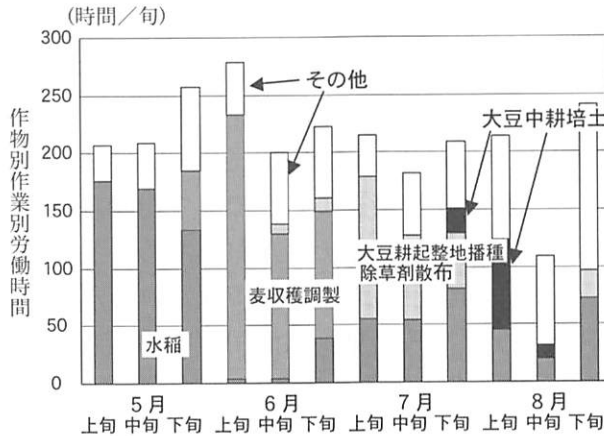


図3-1-1 大規模大豆作経営における麦収穫-大豆耕起播種時期の作業競合

注) 茨城県の大規模水田作経営(作付面積、水稲:10ha、麦類18ha、大豆18ha、労働力3名、オペレータ2名)の2002年の作業日誌をもとに作成。

植とその後の除草剤散布などの管理作業に続き、麦の収穫調製、大豆の耕起整地・播種・除草剤散布、中耕培土が連続し、この間の旬当たり労働時間は7月中旬を除き200時間を上回ること、②この経営の労働力は3名であるが、水稲移植時期を除くと機械作業が中心であることから実質的な労働力数を2.5人とすると、1人1日当たり実労働時間は概ね8時間となり、この経営では、この期間、作業競合によって労働ピークが連続して形成されていることを提示した。さらに、慣行の耕起栽培の問題点を把握するために工芸作物生産費調査の田作大豆300a以上層の作業別労働時間を整理し(表3-1-2)、中耕除草28.6%、管理19%と、この2つの作業で大豆作の労働時間の約半分を占めるなど、管理作業に多

表3-1-2 大豆作の作業別労働時間

(時間/10a、%)

作業名	時間数	割合
耕起および整地	0.89	9.0
基肥	0.31	3.1
播種	0.61	6.1
定植	0.03	0.3
追肥	0.13	1.3
中耕除草	2.86	28.6
管理	1.90	19.0
防除	0.58	5.9
刈取脱穀	1.72	17.2
乾燥	0.76	7.6
生産管理	0.20	2.0
計	9.99	100

資料) 農林水産省統計情報部「工芸作物等の生産費」平成12年産、田作大豆300a以上層

くの労働時間がかかっていること、そして、これら作業は、夏の暑い時期に行うため労働負荷も大きいことに加え、それらを2～3回実施するとすればそれに係る労働時間数はかなり多くなることから、大豆作の省力化という点で中耕培土作業の見直しは重要な課題となることを指摘した。

### (3) 大豆不耕起狭畦栽培のねらいと内容

大規模経営での慣行大豆耕起栽培の問題点等の克服を目的に、①耕起・整地作業がないこと、耕起していない固い圃場を播種機が走行することで播種作業が効率的に実施できることや、中耕培土栽培を行わないことで作業が省力化される、②不耕起栽培では土壌が固い状態に保たれるため、降雨後早期に作業が実施でき、播種遅延の危険性が緩和される、③苗立ちを安定的に確保しつつ狭畦で栽培することで、中耕除草作業を省略しても雑草を抑制することができる、④地表面が固い状態で保たれるため、多雨の時に慣行方式より早く地表面水を排出できる、⑤播種溝の土も硬い状態で保たれるため、大豆の転び型倒伏を防止する効果もたらされる、⑥ディスク駆動式汎用型不耕起播種機では前作の麦稈を排除しながら播種できるため、それらを土壌還元するなど有機物としての有効利用ができる、⑦作業時間の削減や規模拡大、さらに播種機の汎用利用などを通して大豆作のコストダウンが図れる、等の効果が期待できる大豆不耕起狭畦栽培技術を開発した<sup>注2)</sup>。

### (4) 不耕起狭畦栽培技術の内容と特徴

不耕起狭畦栽培の作業体系を、慣行耕起栽培と比較しつつ整理したものが図3-1-2である。ここでは、耕起整地を行わず不耕起状態の圃場にディスクで溝を切りそこに播種するとともに、同時に、畝幅を慣行の半分の30cmの狭畦にして大豆を栽培する。狭畦であるため、中耕培土は実施しない。したがって、この技術では、播種前から収穫時まで一貫して不耕起状態で大豆を栽培することとなる。技術の概要とその適用に当たっての留意点は以下の通りである。

まず、播種前の作業として、額縁明渠と弾丸暗渠を前作麦の時に実施するとともに、大豆作開始時には額縁明渠を掘り直し、枕地との境界部への明渠の増設、あるいは、枕地における弾丸暗渠の施工を行う。不耕起播種は、平らな田面に播種溝を作り播種するため、

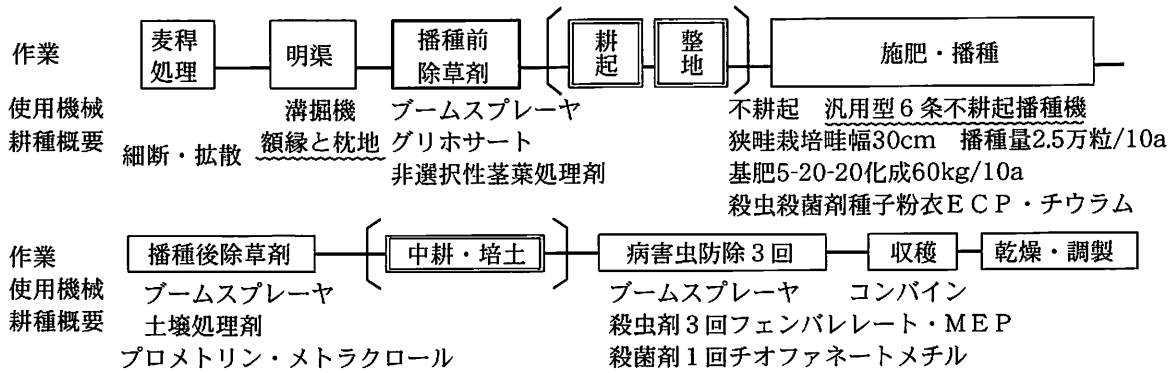


図3-1-2 大豆不耕起狭畦栽培と慣行耕起栽培の作業体系

(注) □は共通の作業。□は不耕起狭畦栽培のみの作業。□は耕起栽培のみの作業。

排水対策が不十分な場合は、溝に水がたまり湿害や茎疫病等が発生しやすくなる。枕地に排水対策を行うのは、タイヤの轍等で荒れた枕地にたまった水が播種溝に流れ込みそれら湿害等を起こすのを防ぐためである。さらに、高い刈り株や多量の麦稈は播種作業の支障になり、大豆の徒長や出芽不良の原因となるため、麦稈はフレールモア等を用いて細断・拡散する。また、耕起作業を実施しないことから、除草剤により播種前に繁茂している雑草を防除する。

播種作業においては、汎用型不耕起播種機を用いる。この機械では、アップカット方向に強制回転させる作溝ディスクを用いることで、前作物の残さを排除しつつ、排水性にすぐれ種子と土壤との接触が良好なY字型の播種溝が形成される。その後、ダブルディスクでY字溝に種を確実に誘導し、覆土・鎮圧を行う。作溝ディスク、ダブルディスクは各条が独立して取り付けられているため、田面の凹凸に対する追従性がよく不耕起圃場でも精度良く播種できるという特質がある。

播種量は、狭畦栽培による抑草効果を高めるため、苗立ち2万本/10aを目標に2万5千粒/10a程度播種する。なお、この本数は、関東の麦跡大豆を想定した時の栽植密度であり、栽植密度が高いのでタチナガハなど耐倒伏性の強い品種を使用することを想定したものである。また、施肥については、慣行の施肥量を播種と同時に施用し、さらに、播種後、大豆発芽以前に土壤処理除草剤を散布する。

防除や収穫・乾燥・調製作業については、慣行と同様である。なお、狭畦栽培は畦間が分かりづらいことからブームスプレーヤでの防除作業の際の踏みつけや巻き込みによる損傷等を起こしやすくなる。そのため、生育期除草剤の散布時に作業機の走行路を設定し、以後、その走行路を継続して利用するといった方式が有効である。

(5) 不耕起狭畦栽培大豆の収量および品質

大豆不耕起狭畦栽培の播種量の削減の妥当性を検討するために、1.8万粒/10aで播種した不耕起狭畦栽培の大豆を普通畦幅の耕起栽培、不耕起栽培のものと比較した。その結果によれば、不耕起30cm区の生育量は不耕起60cm畦や慣行の耕起60cm畦と同程度であり(データ省略)、播種量をより少なくしていくことも可能と判断された。

次に、大豆の出芽・苗立ちの状況を検討し、①播種後2週間の降水量は新利根66mmで湿潤な条件での出芽・苗立ちとなったが、圃場中央部では不耕起播種、耕起播種ともに苗立ちは良好であったこと、②枕地側では苗立ち率が低下する傾向があり、不耕起播種・

表3-1-3 圃場内と位置と大豆の出芽・苗立ちおよび収量

圃場内 の 位置	不 耕 起 播 種				耕起播種	
	水和剤粉衣		粒剤散布		苗立率 %	収量 kg/10a
	苗立率 %	収量 kg/10a	苗立率 %	収量 kg/10a		
道路側	75.0	347	89.7	307	89.4	298
中央部	87.2	326	96.2	298	92.0	302
排水路側	81.9	309	96.5	334	89.8	294

道路側、排水路側ともに枕地との境から5mの位置。  
不耕起播種、耕起播種ともに種子重の0.3%のチウラム・VCT剤を乾粉衣した。  
不耕起播種の水和剤粉衣にはチウラム・VCTに加え種子重の0.3%のメタラキシル水和剤を乾粉衣した。粒剤散布は播種後メタラキシル粒剤3kg/10aを土壌表面散布した。

表3-1-4 栽培方法別大豆の収量・品質

栽培法	収量 kg/10a	百粒重 g	蛋白 %
慣行耕起栽培	295	33.8	38.4
不耕起狭畦栽培	312	33.5	38.3

(注) 収量、百粒重はH11～13年の平均。蛋白はH12～13年の平均。ケルダール法で測定。

水和剤粉衣区で苗立率の低下程度が大きかったこと、③しかし、苗立率が最も低かった水和剤粉衣区の道路側でも75%以上の苗立ち率があり、枕地側の収量が中央部の収量に比べ一定して劣らなかったことから、枕地の境界の明渠は弾丸暗渠で代替できると考えられた(表3-1-3)。

また現地実証試験における大豆の収量を整理し、過去3ヶ年平均(蛋白は2ヶ年平均)において不耕起栽培が耕起栽培をやや上回っており、また、品質を示す百粒重や蛋白は同等水準であることを確認した(表3-1-4)。

さらに、麦ワラ還元の有無、播種期、播種法(耕起-不耕起)、中耕培土の有無、畑作継続年数、代かき後年数を説明変数とする大豆収量に関する変数増減法を適用し、播種法、播種期および畑作継続年数が選択され、このうち播種期および畑作継続年数の2変数が有意( $p=0.05$ )であることを明らかにした。この結果は、2002年度の場合、大豆収量は、播種日が1日遅れるごとに1.1kg/10a、畑作継続期間が1年増すごとに9.0kg/10a減少する関係が見られることを示しており(図3-1-3、表3-1-5)、収量を安定的に確保する上で、梅雨期においても適期播種を可能にする不耕起播種および水田輪作体系を採用することの優位性が確認された。

#### (6) 大豆不耕起狭畦栽培における雑草の発生と狭畦化による抑草効果

除草剤処理による雑草量の統計解析により、茎葉処理剤(G)、土壌処理剤(P)および畦幅(S)の主効果および相互作用項PSの効果は有意( $p=0.05$ )となり、畦幅の効果は茎葉処理剤と同程度であったが、土壌処理剤との間の交互作用も同程度の負の効果があることから、土壌処理剤の効果が高い場合には、畦幅の効果は期待できないが、土壌処理剤の効果が悪った場合に、補償的效果が期待できると判断された(表3-1-6)。

また、大豆収穫時の雑草量は、不耕起狭畦区<不耕起普通畦区<耕起慣行区の順であり、耕起慣行区では、転作1年目の2000年に比べ著しく雑草量が増大したのに対し、不耕起

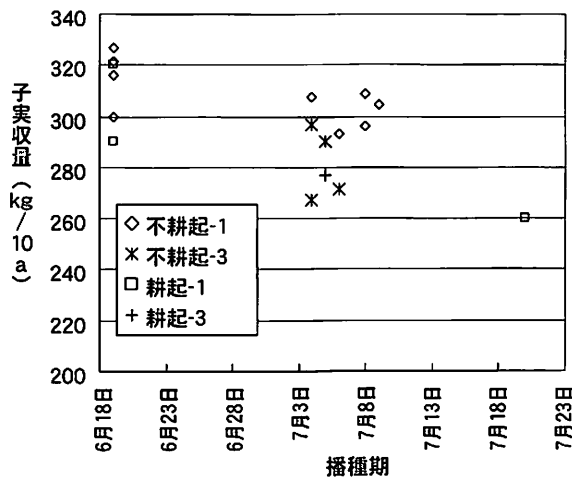


図3-1-3 '02年度太田新田地区転換畑における播種法、播種期および畑作継続年数と大豆収量：凡例中の末尾の数字は畑作継続年数を表す。

表3-1-5 播種法、播種期および畑作継続年数の大豆収量に対する効果

要因	自由度	平方和	平方平均	F値	有意確率	係数
モデル	3	4187.004	1395.668	9.421	0.0014	
播種法	1	611.503	611.503	4.128	0.0631	-14.1634
播種期	1	1635.998	1635.998	11.043	0.0055	-1.1390
畑作連続年数	1	1049.239	1049.239	7.082	0.0196	18.9582
誤差	13	1925.937	148.149			
全体	16	6112.941				

注) 播種法は、不耕起播種に0、耕起播種に1を与えて計算した。

表3-1-6 播種前後の除草剤処理および大豆畦幅の雑草量に対する効果

要因	自由度	平方和	平方平均	F値	有意確率	係数
モデル	8	77.0993	9.6374	25.1232	0.0002	
ブロック	1	0.4010	0.4010	1.0453	0.3406	-0.3166
茎葉処理剤 (G)	1	9.0532	9.0532	23.6002	0.0018	1.5044
土壌処理剤 (P)	1	47.8182	47.8182	124.6545	0.00001	3.4575
畦幅 (S)	1	8.6780	8.6780	22.6222	0.0021	1.4729
GP	1	1.6193	1.6193	4.2213	0.0790	-0.6363
PS	1	8.7692	8.7692	22.8600	0.0020	-1.4806
GS	1	0.6483	0.6483	1.6901	0.2348	-0.4026
GPS	1	0.1120	0.1120	0.2921	0.6056	0.1674
誤差	7	2.6852	0.3836			
全体	15	79.7846				

注) 茎葉処理剤および土壌処理剤は、それぞれ処理に0、無処理に1を、畦幅は30cmに0、60cmに1を与えて計算した。

区、特に不耕起狭畦区では年次間の差が小さかった (図3-1-4)。耕起慣行区では、ホソアオゲイトウの発生が多かった。なお、両不耕起区の雑草量は最大でも6g未満であり、この雑草量から推定される雑草重量群落比は1%程度と、雑草害による大豆収量への影響はほとんどないと判断された。このように、不耕起狭畦栽培では、大豆自体による雑草抑制から、雑草発生が多くなりがちな転換2年目においても雑草の増加を抑えることができることが確認された。



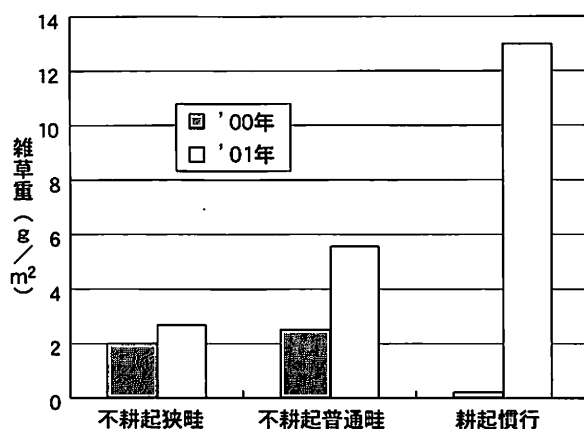


図3-1-4 大豆の不耕起播種栽培と耕起慣行栽培の収穫時雑草量  
雑草量は地上部風乾重

#### 4) 考察

我が国の大豆作技術に対しては、三つの異なる課題が指摘できる。第一は、排水対策が十分なされていないことや、連作となっていることなど、いわゆる基本技術の徹底という面に関する問題点である。これには、大豆作に対する技術指導が稲作部門等と比較すると十分ではないことや、水田においては転作対応としての大豆作となっていることの影響が大きいと思われる。

第二は、大豆作の多くの面積で、今日なお手作業による播種や収穫作業が実施されていることに示される零細かつ労作的な技術対応という問題である。基本的に大豆は、大規模に栽培しないと収益性は維持し得ない作物である。一方、1 haを超える規模になると手作業での耕作は困難となり、播種機、管理機、コンバインなど稲作との汎用利用が困難な機械の装備が求められる。そして、それらの操業度を維持しコスト削減を図るためにも、規模拡大は強く求められることになる。

すなわち、大豆作の技術的課題として、まず、現在確立されている技術的到達段階をいかに現実の営農場面に適用していくかが挙げられる。また、同時に、それら技術体系を用いる経営の育成を通じた家族労作的な大豆作からの脱却という点も、技術的課題の中に入れて考えていくべきである。

第三の技術的課題は、慣行耕起栽培技術の質的転換である。基幹男子労働力1人当たりの大豆耕作面積が数haを超えるような大規模経営においてもなお手取り除草など集約的な栽培管理が実施されており、それらが管理作業に係る時間数を多くしている。また、播種適期が梅雨の降雨の多い時期に当たるといふ我が国の大豆作の基本的な特質がある中で、その間に耕起、整地、播種、除草剤散布を効率的に実施しようとするれば降雨に伴うリスクが非常に大きくなる。特に、水田高度利用を志向する経営においては、作物切替時の作業競合が厳しくなり、一つの作業の遅れが波及的に次の作物の作業遂行にも影響を及ぼすなど、減収や品質低下の危険性を常に抱えることになる。

上述したように大豆は基本的に土地利用型の作物であり、そこでは省力的に作業が実施できることが不可避となる。したがって、省力化を一層図って行くことや、降雨等のリスクを極力回避していくこと、さらに、機械作業を中心に一連の作業をワンマンオペレーションで実施できる方向で技術体系としての改良を図っていく必要がある。そして、これら

の課題に対して不耕起栽培は、作業の省力化や適期作業遂行という点で特に効果を発揮していくと考えられる。

#### 注

注1) ベンタゾン液剤は、まだ大豆に対する農薬登録が行われていないが、現在、その登録に向けて精力的な取り組みがなされつつあること、また、この剤が使用可能となった段階での薬害や雑草制御効果、およびテプラロキシジム乳剤等との混用を含むその使用方法等を確認しておく必要があることから、ここでは圃場試験として本剤を用いている。

2) 本技術について詳しくは文献 [1] を参照。

#### 文 献

[1] 中央農業総合研究センター関東東海総合研究部総合研究第1チーム (2003) 汎用型不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培マニュアル. ver1. pp.1-21

## 2. ロングマット苗移植栽培技術の体系化

### 1) 目的

水稻の直播栽培は省力化技術として鋭意研究開発中であるが、生産現場へ広く普及するにはまだ問題を抱えている。一方、機械移植栽培は作業や収量の面で安定性が高く、将来も直播栽培と組み合わせた形で存続するものと考えられる。ただ、水稻の育苗・移植においては、苗箱の移動や運搬、田植機への苗補給など人手に頼る作業が多く、大規模農家ほど負担が大きくなっている。この問題を解決する新しい移植栽培法として、ロングマット苗移植栽培技術を開発中である。

本研究では、稲・麦・大豆輪作体系で大規模経営を行っている営農組合の現地圃場を活用し、ロングマット苗移植栽培のこれまでの研究で得られた育苗、移植等に関わる部分技術を体系化するとともに、新たに生じた問題について検討し、現地適応性の高い技術を確立する。

### 2) 研究方法

(1) 圃場として、稲・麦・大豆輪作体系で大規模経営を行っている太田新田営農組合の現地圃場 (2001年38a、02年113a、03年31a) を使用した。現地にビニールハウスを建設し、その中にロングマット水耕育苗装置を設置した。供試品種は、各年次ともあきたこまちを用い、4月中旬に催芽した種籾を播種し、2週間ほど自動水耕育苗し、ロングマット苗を育てた。その苗を01年は2人組みの鉄板を用いた手巻きで、02年以降は巻取り補助装置を用いて1人で巻き取って、ロングマット田植機に載せて移植した。ロングマット苗の生育や収量について、対照区として土付苗を01年と02年には用いて検討した。年次毎の検討の視点は、01年は、現地での育苗を初めて試みるとともに、苗押えの改良による移植精度向上について、02年は、巻取り補助装置を導入して、種まきから移植までのタイムスタディを実施し、作業時間を中心に、最終年度の03年には、田植機の改良に

よる欠株防止の効果について行った。

(2) 現地圃場だけでなく、谷和原水田圃場や他の現地農家圃場等も用いて試験を行った。また、新たに生じた問題として、苗の生育がどうしてもうまくいかない現地農家において、その原因が水にあることを明らかにするとともに、水質の改善方法について検討した(中身の詳細については、第2章の1. 水耕苗の生理的特性解明と高品質育苗技術の確立を参照のこと)。

### 3) 結果

#### (1) 現地でのロングマット育苗について

現地営農組合にロングマット育苗装置を試作して苗の育苗を行った。種子は温湯消毒した「あきたこまち」を、用水は営農組合でイチゴ栽培用に貯留した雨水(pH6.60, EC0.202mS/cm)を使った。用水中に藻類があったためか、養液が早く緑色となったが、問題なく育苗できた。育苗初期は、夜間ストーブを焚いたため最低気温20℃がほぼ保たれたが、育苗後半は苗を外気温に慣らす目的で夜間もハウスの裾を開放したため、最低気温5~12℃で気温・水温とも低い日が多く、各年時のロングマット苗とも草丈の短い、がっしりした苗となった(表3-2-1)。

表3-2-1 供試した苗の苗質

年度	苗の種類	葉令	草丈 (cm)	最長根長 (cm)	根数	地上部重 (g/100個体)	充実度 (g/cm)
01年	ロングマット苗	3.4	7.5	5.8	8.3	0.69	0.092
	土付苗	3.2	11.6	—	—	1.48	0.128
02年	ロングマット苗	3.3	8.7	8.8	6.3	0.87	0.100
	土付苗	3.7	12.5	—	—	2.52	0.202
03年	ロングマット苗	3.3	9.1	8.4	7.1	0.87	0.096

充実度=地上部重/草丈。不完全葉=1葉とした。

#### (2) 田植機の改良による移植精度向上

ロングマット苗では、土付苗と異なり、根がらみにより苗マットを形成しているため、苗載せ台の横往復移動により苗マットが変形しやすく、とくに搔き取り爪が苗マットの両端を搔き取る場合に空振りして欠株が発生しやすい特徴があった。そこで、苗の横の動きを抑えるため、苗押えを改良して現地試験を行った。2000年までは、苗押えとして土付苗に使われているものと類似した棒状の形をしたフォーク形苗押えを用いていたが、2001年より櫛形のものを用いた。櫛形苗押えでは、移植時に苗が折れたり切れたりする損傷が少なく、約8割が正常な苗となった。このため、田植え時から活着までにかけて苗が枯れてなくなることも少なく、活着後の欠株率は2000年に比べて低くなった。

さらに、2003年には、田植機の苗送り幅を少なくし、苗マットを圧縮して変形を抑えて田植えする横送り制限型田植機に改良することによって、移植時の欠株を少なくし、同時に活着後の欠株率も3%以下に抑えることができた(表3-2-2)。

#### (3) ロングマット苗の作業時間

2002年には、育苗装置を新たに2ベンチ増設して、合計4ベンチ80a分で作業時間を中心に試験を行った。その結果、播種作業に要した時間は10a当たり4分弱であった。巻

表3-2-2 田植機の改良と欠株率

年度	苗押えの種類	横送り制限	移植時苗割合(%)			欠株率(%)	
			正常	折れ	切れ	移植直後	活着後
00年	フォーク形	無し	55	21	24	—	17.6
01年	櫛形	無し	80	8	12	7.3	11.4
03年	櫛形	有り	88	4	9	1.6	2.5

取りは、従来の鉄板を用いた2人組作業では、(1) 苗の押し倒し、(2) 苗の上に鉄板を置き、苗を押さえる作業、(3) 一人が鉄板を引いて、それに合わせてもう一人が塩ビ製の巻取り用芯に苗を巻取っていく作業、(4) 巻いた苗がほどけないように苗カバーを付ける作業の4行程が必要であり、延べ25分かかった。しかし、新しく無段階変速をつけ操作性の向上した巻取補助装置を用いることで、(2)の作業が省略でき、しかも全く1人でもできるようになり、作業時間は今までの半分以下の10分弱でできることが実証された。田植えについては、圃場条件が悪くなかったため高速で田植えすることが出来ずに23分を要した。これとは別の圃場条件の良かった岩手農業研究センターの長辺250mの大区画圃場を用いた試験では、同じ田植機で10分弱であった。このように、巻取補助装置の導入により、種まきから田植えまで完全な1人作業体系が実証された(表3-2-3)。

表3-2-3 ロングマット苗の播種から移植までの10a当たり作業時間

播種		巻取		移植	
行程名		行程名	鉄板	行程名	(参考・岩手)
不織布敷き	1.7	巻取り準備	1.8	肥料補給	3.1
水循環	0.5	苗倒し	2.1	苗補給	2.6
種子入れ	0.7	鉄板置き	9.7	調整	3.0
種まき	0.8	巻取り	10.4	移植	9.4
		苗カバー	1.7	回行	3.1
				空走	1.6
計	3.7(分)	計	25.7	計	22.8
			9.9(分)		8.9(分)

巻取の鉄板は2人の組作業、巻取装置は1人作業、それ以外も1人作業  
移植の参考値は、岩手(45a圃場(長辺250m×短辺18m))での結果

#### (4) ロングマット苗の生育・収量

移植後のロングマット苗の生育については、初期の乾物重が小さいため、ややあと勝り的な生育相を示す場合が多いが、土付苗との差は殆どなかった。03年度は、省力化のために、田植え時に同時施用の除草剤(フェントラザミド・ベンスルフロンメチル・ダイムロン粒剤)1kg(/10a)を散布したが、薬害も認められず、特に問題なかった。出穂については、土付苗と殆ど同じか1~2日遅れることもあった。収量については、その年の気象条件などによって大きく異なったものの、ロングマット苗の収量は、土付苗との差は殆どなく、坪刈調査の結果では、600kgを上回る区も認められた。品質についても殆ど遜色ない結果であった(表3-2-4)。

さらに、収量については試験場内の圃場も用いて検討したところ、多少の欠株があっても、土付苗の欠株がない条件と比較して殆ど遜色なかった(表3-2-5)。

そこでさらに、コシヒカリを供試して、人為的にロングマット田植機の苗の掻き取り量

表3-2-4 現地試験における収量および収量構成要素 (2002年)

苗の種類	試験 区名	出穂期	倒伏	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	1穂 籾数	m <sup>2</sup> 当 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	玄米 千粒 重(g)	精玄 米重 (g/m <sup>2</sup> )	玄米 品質 *	全刈 収量** (kg/10a)
ロングマット苗	化成	7/24	0	472	78.5	370	78.8	19.6	572	1下	440
	緩効	7/24	0	445	85.7	382	80.1	20.1	612	1下	
土付苗	化成	7/22	0	416	83.5	346	86.2	20.5	612	1下	
	緩効	7/22	0	415	78.2	324	88.1	20.7	589	1中	

\*: 水戸食糧事務所土浦支所調査 (1上~3下)、倒伏程度は0 (無) ~ 4 (完全倒伏)。

\*\* : 全刈収量は、ロングマット苗区と土付き苗区をあわせた結果。

表3-2-5 ロングマット水耕苗の収量

	ロングマット 水耕苗	土付苗	差・比
出穂期	7月30日	7月29日	-1
収量 (kg)	581	576	100.8
欠株率 (%)	6.8	2.8	+4.0

'01年~'02年までのコシヒカリ 5月10日 (平均) K社製  
4条ロングマット田植機 (櫛形苗押) で移植した4区の平  
均値。差・比は土付苗を0または100とした時の値。  
欠株率は、坪刈地点の平均値。

を少なくして欠株が出やすい条件でも試験を行った。欠株と収量の関係をみると、欠株が少ない条件では収量の減少傾向は殆ど認められず、欠株率がかなり高くなると概して減収する関係が認められた。そこで、両者の関係を2次回帰曲線で近似して、ロングマット苗の減収程度を算出した。その結果、4年の試験結果のうち3年間については、欠株0%より大きい所で最大収量を示し、欠株の多少ある植付本数の少ない区が、欠株の全くない植付本数の多い区より、高い収量であった。また、概ね欠株率20%までなら、欠株のない慣行の土付苗と比較しても、収量は変わらなかった (収量比98.3~101.2%) (図3-2-1)。

#### 4) 考察

ロングマット水耕苗の育苗・移植技術について、現地圃場で行った3年間の試験によって、技術としての完成度も高くなり、良好な結果が得られた。それは、個々の要素技術の完成度が少しずつ高められて、体系化して組み立てられたことによるものであるが、特に巻取り補助装置の開発と田植機の改良によるところが大きい。

今まで巻取りは2人の組作業であったが、これが巻取り補助装置の登場により完全に1人で行えるようになった。鉄板などの重いものを何回も運ぶ作業を省略できたし、誰でも簡単に同じように巻取りできるようになった。種まきから田植えまでの1人作業体系が実現でき、育苗から移植までの作業時間は、土付苗の1/2~1/3の2時間弱と少なくすることができた。ただ、巻取り補助装置の登場によりこの作業は簡単になったが、そのことで逆に目立ってきた作業行程がある。それは、育苗装置の清掃行程である。育苗装置の導入にはまとまった初期投資が必要なことや、育苗期間が2週間と比較的短期間で移植できることを考えると、育苗施設を2回ないし3回使えば、より低コストでの苗生産が可能となる。ただ、実際の春作業を考えた場合には、1回目の育苗が完了し苗を巻き取って田植

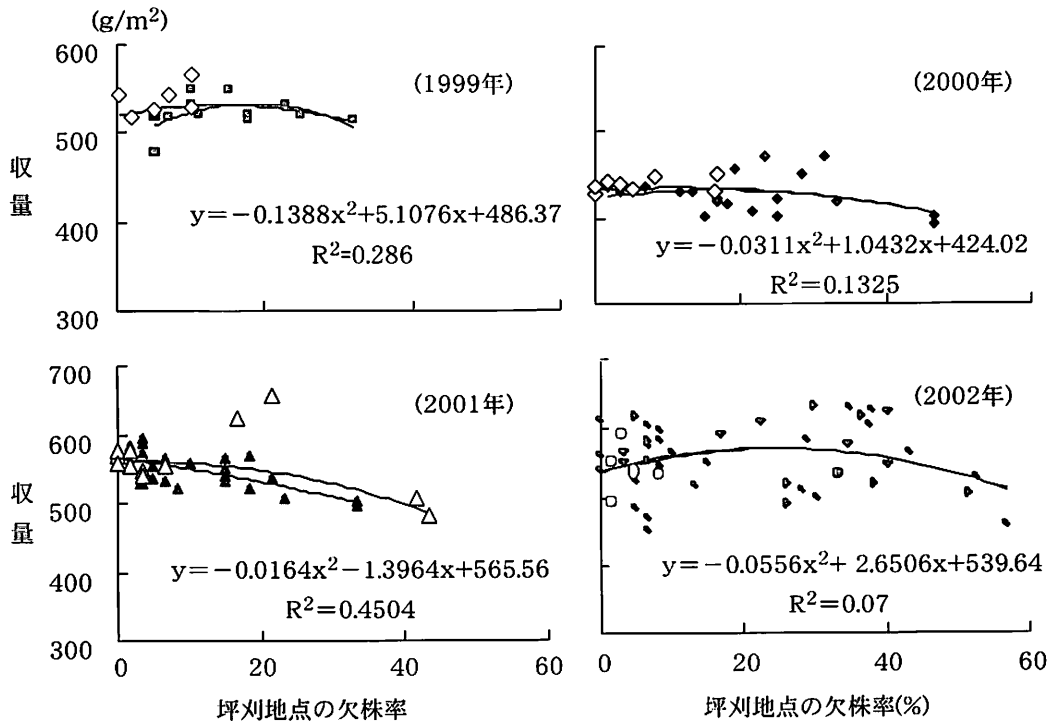


図3-2-1 坪刈地点の欠株率と収量との関係

黒抜きの点はロングマット苗、白抜きの点は土付苗、実線は、ロングマット苗の、点線は全体の2次回帰曲線、式はロングマット苗の2次回帰式を示す。  
 本田施肥（窒素kg/10a）：基肥2～4kg+穂肥3kg、栽植株数：19.1株/m<sup>2</sup>

えし、それと同時に次の播種準備、育苗装置の掃除・消毒・播種準備をすぐに行う必要がある。ビニールハウス内でのベンチやタンクの掃除・消毒・播種準備が、結構重労働であり、新たな作業ピークとなっている事例が見受けられる。清掃等について簡単な機械化を図るとともに、育苗装置の導入やビニールハウスの建設、水回りなどの配管を考える場合は、清掃がやりやすいように考慮して、設計・施工する必要がある。

田植機については、従来のロングマット田植機では、苗載せ台が一番端に行った時に欠株が出やすく、ほぼ横一列に大きな欠株が20株毎位に規則的に発生し、ロングマット苗を移植した圃場は一目でも区別可能な場合もあった。しかし、苗押えの改良と横送り制限型田植機にすることによって、欠株は減少し、慣行の土付苗と同程度の水準まで移植精度が高くなった。ただ、横送り制限型田植機は、土付苗が苗載せ台の絞り込んだ所に引っかかるため苗が降りず、そのままの土付苗では使用できない。苗押えだけ付け替えた田植機であるなら簡単に脱着可能であるが、横送り制限型田植機については中の部品交換が必要なため、現場で行うことは無理がある。このため、当面この田植機はロングマット専用の田植機と考えた方が良いと思われる。ただ、欠株と収量との関係の箇所でも述べたように、欠株が多少あっても収量的には殆ど変わらない場合もかなり有ると見られ、そうした地域では田植え直後の見た目さえ気にしなければ、専用の田植機にする必然性はない。

今後のロングマット田植機の改良方向としては、高品質米が安定的に生産できるように考えた場合には、一株植付本数の変動を少なくして、活着本数で2～3本植えの実現が望まれる。また、作業性を考えた場合は、簡単な操作で苗が載せられるし、田植え状況が確



認しやすいように苗載せ台をコンパクトにしたロングマット専用田植機の開発が期待される。

## 文 献

- 1) 北川寿ら (2003) : 水稲ロングマット水耕苗の欠株発生と収量. 研究成果情報「関東東海北陸農業」, 平成14年度, 50-51
- 2) 北川寿ら (2003) : 温湯消毒と巻取補助装置を組み入れたロングマット水耕苗の育苗・移植体系. 研究成果情報「共通基盤」, 平成14年度, 336-337

### 3. 水田輪作技術のシミュレーションによる作業技術的評価

#### 1) 目的

水田を中心とした土地利用型農業活性化対策が推進されるなか、麦・大豆・飼料作物等の生産を定着させるための水田農業振興策が施行されている。水田の高度利用をはかるためには個々の農家や営農体に適した作業体系を確立する必要があるが、これには、個々の営農現場に適した機械の組み合わせや機械装備等が提示できる営農支援システムの開発が重要である。この手法としてコンピュータによるシミュレーション手法を用いた体系化が有効であり、様々な作物の組み合わせや作付規模、機械装備等の条件の基での最適営農規模等の予測が可能となる。そこで、降水量データを基に作業可否を判断しながら負担面積が推定できるシミュレーションプログラムを作成し、水田輪作体系における最適営農規模等を明らかにしようとした。対象とした作業体系は、麦・大豆の不耕起播種による水田輪作二毛作とロングマット苗移植栽培を組合わせた高収益水田輪作技術体系であり、10～15ha規模のブロックローテーションによる水稲－水稲－麦・大豆－麦・大豆の4年6作体系を定着させるための作業技術条件等をシミュレーション手法により検証することを目的とした。ここでは開発したプログラムの内容と共に現地実証圃場試験データ等によるシミュレーション結果を報告する。

#### 2) 方法

##### (1) 農作業シミュレーションプログラムの開発

現場の営農者でも広く利用できることを前提にシミュレーションプログラムはインターネット上に公開することとした。開発するプログラムは作物生産にかかる作業時間等を解析するものであり、データ入力支援プログラムとして作業能率データベース等を整備して最新のデータがシミュレーションに利用できるようにした。シミュレーションプログラムはwebサーバに置き、プログラムはperl言語を用いて開発することとした。

##### (2) 農作業体系化シミュレーション

現地試験圃場における水稲移植と麦・大豆二毛作（不耕起播種）を組合わせた田畑輪換実証データを収集し、気象条件と不耕起栽培等での各種作業における作業可否条件等を解明し、作業シミュレーション実験より、水田輪作営農技術体系を確立するための作業技術的評価を実施することとした。

### 3) 結果および考察

#### (1) 農作業シミュレーションプログラムの開発

シミュレーションでは、稲・麦・大豆等の作物を組み合わせた作付体系における各作業の処理面積を日別に計算しながら負担面積を求めることを目的とした。最終作業における負担面積がシミュレーションを行う作付体系に適した作付規模となる。モデルは作業の進捗状態や機械の空き状態、降水量データなどで作業可否を判断しながら日処理面積を求めるものであるが、この計算処理過程において作業可否を判断する降水量の上限値の設定が重要となる。

降水量から作業可否を判断する基準については個々の作業毎に値を推定する必要があるが、この判断基準としては1987年に水田農業確立の技術指針として示された資料（農林水産省）<sup>5)</sup>があり、現在でも同省の「高性能機械導入基本方針等」の施策で利用されている。この資料では、作業可否の判断基準として当日、前日、前々日の作業可能降水量の上限値が示されている。しかし、試算の基礎としているデータは15年以前のものであり、現在の高性能な機械の作業可否の判断基準に合致していない面も大きいと考えられる。このためには、新たな基準を設定し直して作業可否を判断することが好ましいが、各作業毎に当日、前日、前々日の3つの上限値を試算するためには多くの調査と時間を要する。

そこで、本シミュレーションプログラムでは新たな作業可否の判断基準として、当日の作業可能降水量の上限値に一定の係数を乗じた値から前日および前々日の作業可能降水量の上限値を求める方法を検討した（以下では、それらの係数の組み合わせを降水量係数パターンと呼称する）。試算には栃木県K市営農組合において受託作業が行われている耕うん作業と水稲収穫作業のデータを用いた。

耕うん作業については、受託作業が行われた3カ年の4月下旬から6月中旬の、水稲収穫作業については9月上旬から10月下旬の作業データを、実際に作業を実施した日と実施出来なかった日に分けて、降水量から推定した作業可能日との関係を調査した。

これらの作業における作業可能降水量（ $P_u$ ）と実際に作業を実施した日数と降水量から推定した作業可能日数との差（ $D_d$ ）との関係を図3-3-1に示す。作業可能降水量の上限値を推定する上でどのような降水量係数が最適であるかについては、 $D_d$ が最小とな

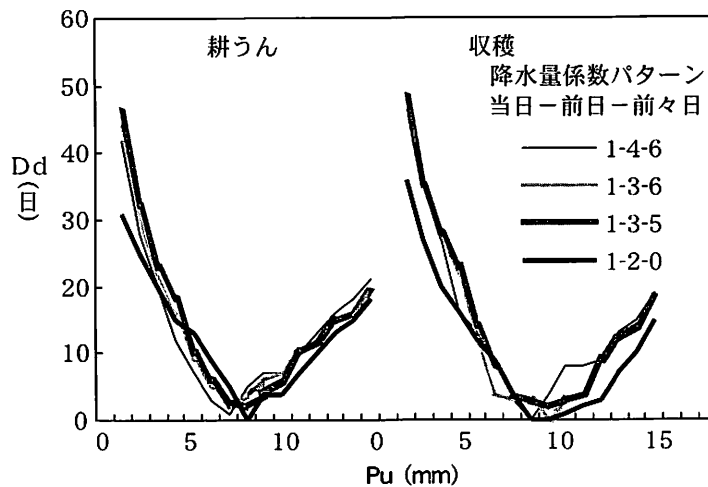


図3-3-1 作業可能降水量 ( $P_u$ ) と  $D_d$  との関係

$D_d$  = 作業実施日数 - 推定作業可能日数

るPuを中心とした5点のDdを累積した値を求め、その値が最小となる降水量係数パターンが好ましいと仮定した。なお各点間のピッチは1mmとした。5点とした理由は、降水量係数パターンを比較するためには、降水量が5mm程度の範囲の累積値で十分であると考えたためである。

結果を図3-3-2に示す。耕うん作業では降水量係数パターンを変えてもDdの変化は少なかったが、収穫作業においては降水量係数パターンが1-2-0時のDdの累積値が最も小さかった。各作業の降水量係数パターンを共通にすることが本シミュレーションプログラムの特徴でもあるため、ここでは降水量係数パターンを1-2-0として、各作業の作業可能降水量の上限値を推定することとした。

耕うん作業および水稻収穫作業について、降水量係数パターン1-2-0におけるPuとDdの2次多項式を求め、Ddが最小となるPuを作業可能降水量の上限値としたが、その結果、作業可能降水量の上限値は、耕うん作業では7.5mm、収穫作業では8.8mmと試算された。

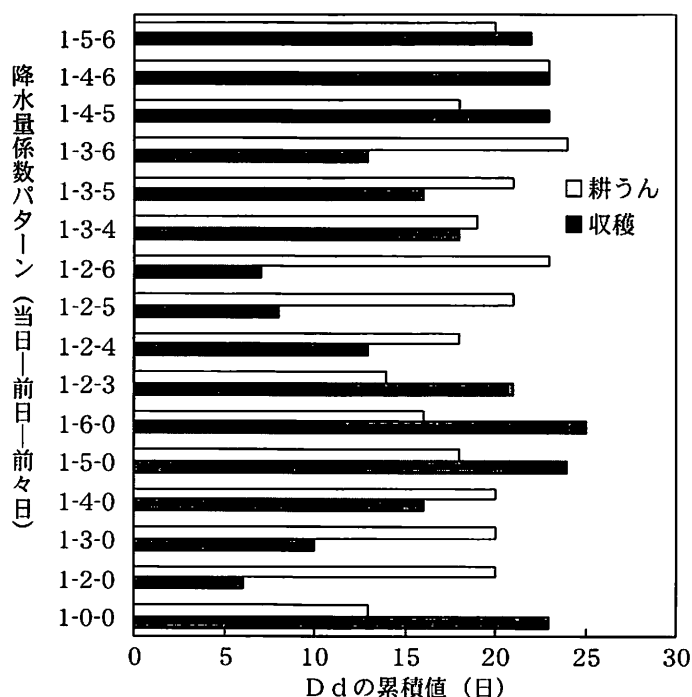


図3-3-2 Ddの累積値と降水量係数パターンとの関係

この他の作業について推定した値は、表3-3-1に示す通りである。表には前述した「水田農業確立の技術指針にして示された資料」のデータも示した。栃木県K市営農組合では、比較的、降水量が多い日でも作業が行われており、特に水稻移植作業と代かき作業については殆どどの日に作業が行われていた。この他の作業については、受託作業された日数が少なかったため、耕うん作業および水稻収穫作業ほどの精度は得られなかったが、一応の目安とすることができるものと考えられる。なお、不耕起播種作業は現地では実施されていない。この値は新利根で行われた作業を参考に算出した。

なお、これらの値は対象とする地域や作付作物等によって異なるものと考えられる。地域や作物に適した作業可能降水量の上限値については、上記の方法を参考にして、それぞ

表3-3-1 農作業シミュレーションプログラムにおける作業可能降水量の上限値  
(mm)

作業名	作業可能降水量の上限値		参考（技術指針に示された値）		
	当日	前日	当日	前日	前々日
耕うん	7.5	15.0	5	20	30
代かき	30.5	61.0	15	30	50
水稻移植	30.5	61.0	10	30	50
施肥播種	12.5	25.0	5	15	30
耕起播種	7.5	15.0	—	—	—
不耕起播種	10.5	21.0	—	—	—
粒剤散布（基肥施肥）	12.5	25.0	3	15	25
液剤散布（防除）	15.5	31.0	3	20	30
水稻収穫(収穫)	8.8	17.6	5	15	25
麦収穫	8.2	16.4	—	—	—
大豆収穫	7.8	15.6	—	—	—
その他作業	8.5	17.0	3	15	30

注) 技術指針は、「水田農業確立のための技術指針（農林水産省、昭和62年4月、P124-125.）」に示されている降水量上限値

れの値を解析することが好ましいといえよう。

開発したシミュレーションプログラムのフローチャートを図3-3-3に示す。

シミュレーションでは、作業数、体系数、シミュレーション年数のループ順に負担面積を求める。各作業の負担面積は作業開始日と終了日の間の作業可能面積を累積した値であり、1日の作業可能面積は、作業可否を当日および前日の日降水量から判断し、作業が可能な場合は未処理面積によって機械の作業可能時間を計算し、その値に圃場作業量と作業効率を乗じた値を計算結果として求める。なお、同じ機械を2台以上の使用する場合は、空き時間が大きい機械順に作業に用いる。

プログラムは手続き型プログラム言語であるperlを用いて開発した。システム構成図を図3-3-4に示す。データの入力操作はメインHTMLファイル(index.html)で行い、シミュレーションはcgi-binディレクトリにあるシミュレーションプログラム(taikeika.cgi)により実行する。シミュレーション結果は直接CRT画面に出力される。

シミュレーションに必要なデータは圃場条件、作付作物、機械装備などの基本データおよび個々の作業毎の機械利用台数、圃場作業量、作業可能期間等の作業データであるが、このシステムではこれらのデータをテンプレート形式のファイルに作成した。農作業シミュレーションプログラムの初期画面およびデータ入力用テンプレートを図3-3-5に示す。利用者はテンプレートのデータの一部を手直しすることで直接、シミュレーション用データとして利用できる。なお、このデータはインターネット上の画面に直接、貼り付けることで入力できる。

シミュレーションには特別な制約は設けていない。複数年に渡って連続してシミュレーションすることも可能であり、例えば麦等の越年して栽培する作物の場合では2年以上のシミュレーションが必要である。また、現行体系における負担面積等の年次間変動を推定する場合には10年以上のシミュレーションが必要であり、最適経営規模等の予測が可能となる。

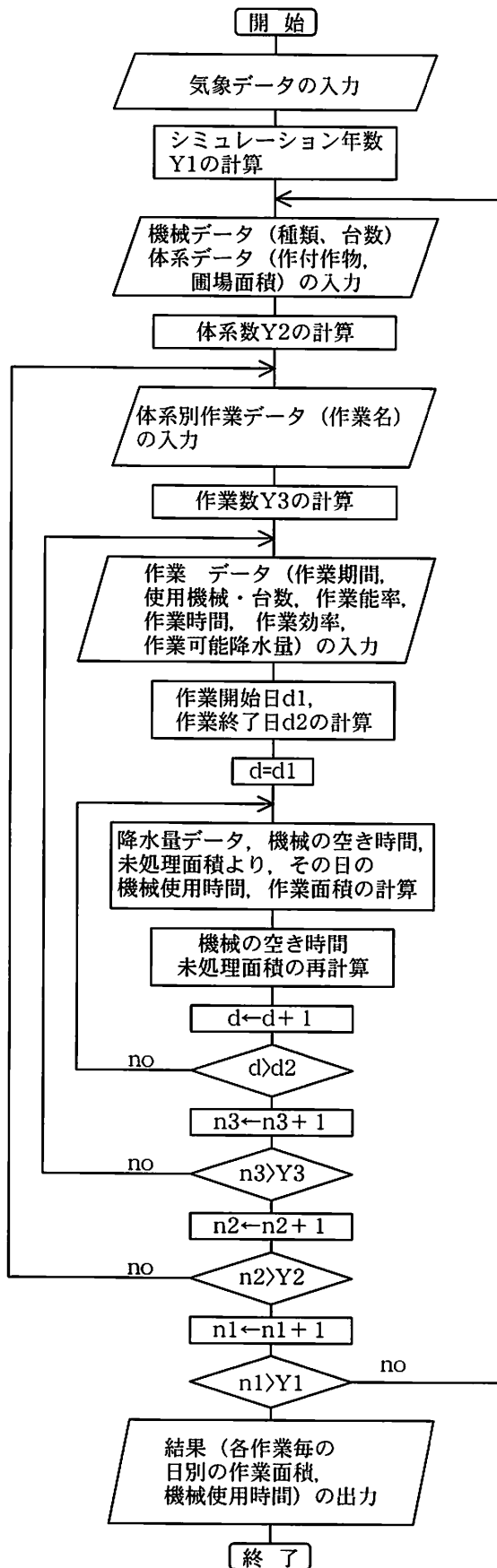


図3-3-3 農作業シミュレーションプログラムのフローチャート

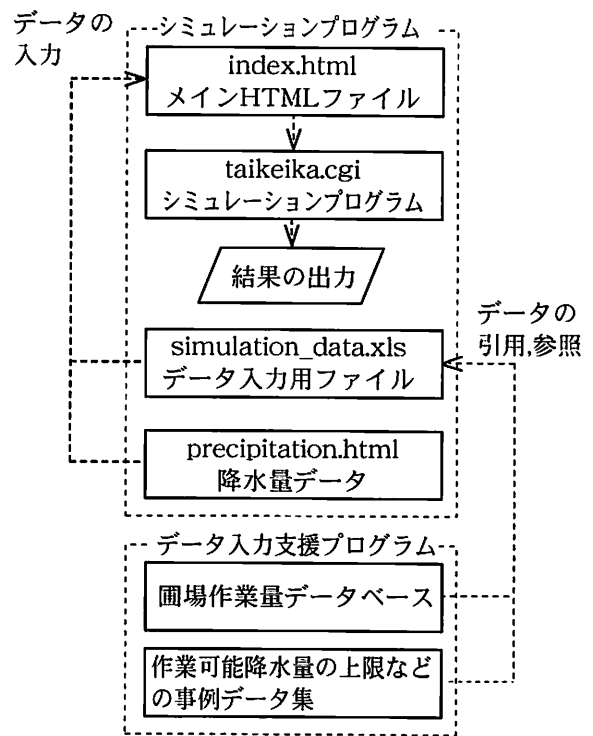
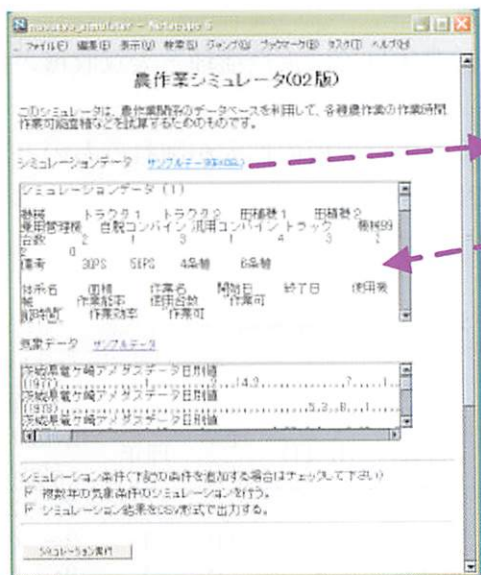


図3-3-4 システムの構成



農作業シミュレータ(02版)

シミュレーションデータ

機械	トラクタ1	トラクタ2	田植機1	田植機2	兼用管理機	自脱コンバイン	汎用コンバイン	トラック	機種99	
台数	2	1	3	1	4	3	2	2	0	
備考	30PS	50PS	4条植	6条植						
体系名	面積	作業名	開始日	終了日	使用機械	作業 能率	使用 台数	作業可 能時間	作業 効率	作業可 降水量
	ha					a/h		h/day	%	mm
水稲移植	30	耕うん	301	410	トラクタ1	15	2	10	70	7.5
		代かき	422	502	トラクタ2	25	1	10	70	7.5
		移植	425	505	トラクタ1	12	2	10	80	15
					トラクタ2	20	1	10	80	15
		雑草防除	425	515	田植機1	18	3	8	65	10
		防除1	615	625	田植機2	27	1	8	60	10
		防除2	715	805	兼用管理機	150	4	10	60	5
		防除3	715	805	兼用管理機	100	4	10	60	5
		収穫	805	815	兼用管理機	100	4	10	60	5
			905	915	自脱コンバイン	25	3	6	70	8.5
					汎用コンバイン	40	2	6	65	8.5
		羽運搬	905	915	トラック	50	2	8	80	99
水稲湛直	20	耕うん	301	425	トラクタ1	15	2	10	70	7.5
					トラクタ2	25	1	10	70	7.5

図3-3-5 農作業シミュレータおよびデータ入力用テンプレート

(HP:<http://pc140.narcc.affrc.go.jp/sakugi/taikeika/>)

サンプルデータはWebからダウンロードできる。また、データはWebのテキスト入力欄フォームにコピーすることで入力できる。

作業名が空欄の作業は、異なる複数の機械を使用するケースのデータ。

出力結果は、日別の作業量と機械利用時間でありCRT画面に直接、表示される。この画面をコピーする方法で、データはファイルに保存される。

## (2) 農作業体系化シミュレーション

### ア. 麦・大豆体系

シミュレーションプログラムを用いて麦・大豆体系における機械装備等を検証した。シミュレーションには茨城県東町の大豆コンバインを導入している4営農体のデータを用いた。調査は同一機種の大豆コンバイン(Y社GS320)を1台所有している営農集団を対象としたため、大豆収穫時の1日当りの圃場作業量は同じ値とした。その他の作業は機械の大きさによって圃場作業量が異なる。なお、作業可能期間が同じ作物の中で異なっているが、これは、営農体個々の水稲、ソバ等の他の作付作物や規模によって作業日程が異なるとして調査データをそのまま用いたためである。

調査した2002年については、全ての集団で作付面積分の作業を処理していたが、この規模で安定して麦・大豆生産できるかどうかを検証するため、1977年から2001年の25カ年の日降水量データを用いたシミュレーションを実施した。なお、使用した気象データのアメダス観測地点は、現地に近い茨城県竜ヶ崎市とした。

シミュレーション結果を表3-3-2に示す。

小麦・大豆体系は営農体Aのみのシミュレーションであるが、各作業の使用機械が1台の3haの作付では、小麦収穫が実施できない年が2年、大豆播種が実施できない年が1年出現した。

大麦・大豆体系については、営農体B(4ha作付、トラクタ1台、自脱コンバイン1台)および営農体C(15ha作付、トラクタ2台、汎用コンバイン2台)では、ほぼ作業が完結できたが、営農体D(17ha作付、トラクタ2台、自脱コンバイン2台)では大豆播種



および大豆収穫が実施できない年が2～3年出現した。

営農体Aでは小麦収穫と大豆播種の作業能力を、営農体Dでは大豆播種と大豆収穫の作業能力を向上させることが必要であるといえる。

営農体Bと営農体Cについては、現行の機械装備でも作付規模の拡大が図れるものと予想され、規模を徐々に増やしたシミュレーションでは、営農体Bでは6haの、営農体Cでは18ha程度の作付規模の拡大が可能であると考えられた。

表3-3-2 麦・大豆体系シミュレーション（茨城県東町）

体系 (面積)	作業	開始日 終了日	圃場 作業量 (ha/日)	作業可 能降水 量の上 限(mm)	機械 使用 台数	作業可 能時間 (h/日)	シミュレーション結果		
							未処 理率 (%)	未処 理年	処理面 積(最大 -最小)
営農体A 小麦・大豆 (3ha)	小麦収穫	611-615	2.0	8.2	1	6	2.7	2	3-2
	大豆播種	630-707	3.5	7.5	1	6	4.0	1	3-0
	大豆収穫	1104-1115	2.0	7.8	1	6	4.0	1	3-0
	小麦播種	1120-1124	3.0	7.5	1	6	-	-	3-3
営農体B 大麦・大豆 (4ha)	大麦収穫	526-530	3.0	8.2	1	6	-	-	4-4
	大豆播種	623-628	3.0	7.5	1	6	1.0	1	4-3
	大豆収穫	1104-1109	2.0	7.8	1	6	1.0	1	4-3
	大麦播種	1110-1117	3.0	7.5	1	6	-	-	4-4
営農体C 大麦・大豆 (15ha)	大麦収穫	527-604	2.5	8.2	2	6	-	-	15-15
	大豆播種	625-705	3.0	7.5	2	6	-	-	15-15
	大豆収穫	1101-1113	2.0	7.8	1	6	1.6	1	15-10
	大麦播種	1110-1120	3.0	7.5	2	6	-	-	15-15
営農体D 大麦・大豆 (17ha)	大麦収穫	527-606	2.0	8.2	2	6	-	-	17-17
	大豆播種	630-707	3.5	7.5	2	6	4.7	2	17-0
	大豆収穫	1104-1115	2.0	7.8	1	6	7.8	3	17-0
	大麦播種	1104-1119	3.0	7.5	2	6	-	-	17-17

注1) 供試機械：播種（麦・大豆）；ロータリシーダ、麦収穫；自脱コンバインまたは汎用コンバイン、大豆収穫；大豆コンバイン

2) 未処理率（年）：25年のシミュレーションで、作業が行えなかった割合（年数）

#### イ. 不耕起播種を軸とした稲・麦・大豆4年6作体系

シミュレーションで設定したブロックローテーションの模式図を図3-3-6に、作業条件を表3-3-3に示す。

ブロックローテーションでは、水稻-水稻-麦・大豆-麦・大豆を5～10ha規模の4ブロックに分けて輪作するとした。実際の営農現場では、各ブロックの4年間の作付体系は異なるが、開発したシミュレーションプログラムでは各ブロックの作付体系を変えることが出来ないため、ここでは1年目の作付体系を連続して実施することとした。

作業条件については作業開始日および終了日は概ね茨城県南部で実施されている耕種日

ブロック	1年目	2年目	3年目	4年目
1	水稻	水稻 麦	麦 大豆 麦	麦 大豆
2	麦 大豆	水稻	水稻 麦	麦 大豆 麦
3	麦 大豆 麦	麦 大豆	水稻	水稻 麦
4	水稻 麦	麦 大豆 麦	麦 大豆	水稻

図3-3-6 4年6年ブロックローテーションの模式図

表3-3-3 シミュレーション条件（4年6作体系）

体系	作業	開始日 終了日	圃場 作業量 (ha/日)	作業可能 降水量の 上限(mm)	作業可能 時間 (h/日)	最大作業 可能日数 (日)	機械1台 の最大負 担面積	備考
	水稲移植	416-425	1.5	30.5	6	10	15	
	水稲収穫	824-907	2.0	8.8	6	15	30	自脱コンバイン
水稲(あきたこまち)	水稲代かき	401-415	3.0	30.5	6	15	45	
	水稲移植	411-420	1.5	30.5	6	10	15	
-小麦	水稲収穫	819-902	2.0	8.8	6	15	30	自脱コンバイン
	小麦播種	1116-1125	3.0	10.5	6	10	30	不耕起播種
小麦-大豆	小麦収穫	608-622	2.0	8.2	6	15	30	自脱コンバイン
	大豆播種	701-710	3.5	10.5	6	10	35	不耕起播種
	大豆収穫	1029-1112	2.0	7.8	6	15	30	大豆コンバイン
小麦-大豆-小麦	小麦収穫	608-622	2.0	8.2	6	15	30	自脱コンバイン
	大豆播種	701-710	3.5	10.5	6	10	35	不耕起播種
	大豆収穫	1029-1112	2.0	7.8	6	15	30	大豆コンバイン
	小麦播種	1116-1125	3.0	10.5	6	10	30	不耕起播種

表3-3-4 シミュレーション結果（4年6作体系）

体系	作業	5ha		7.5ha		10ha		10ha		12.5ha		15ha	
		機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年	機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年	機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年	機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年	機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年	機械未処 使用理率 台数(%)	未処 理年
		水稲(コシヒカリ)	水稲代かき	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	水稲移植	1	-	1	-	1	-	1	-	1	0.2	1	2.8
	水稲収穫	1	-	1	-	1	-	1	-	1	0.2	1	2.8
水稲(あきたこまち)	水稲代かき	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	水稲移植	1	-	1	1.6	1	26.2	1	-	2	-	2	-
-小麦	水稲収穫	1	-	1	1.6	1	26.2	1	-	2	-	2	-
	小麦播種	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
小麦-大豆	小麦収穫	1	-	1	0.3	1	1.2	1	-	1	-	1	0.3
	大豆播種	1	-	1	0.3	1	1.2	1	-	2	-	2	0.3
	大豆収穫	1	-	1	0.3	1	1.2	1	-	1	0.2	1	1.1
小麦-大豆-小麦	小麦収穫	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	2	-
	大豆播種	1	2.4	1	7.5	1	13.6	1	2.4	2	4.8	2	9.5
	大豆収穫	1	2.4	1	9.1	1	18.4	1	2.4	1	5.0	1	9.5
	小麦播種	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	2	0.8

注1) 供試機械：トラクタ，田植機，自脱コンバイン，大豆コンバイン

2) 未処理率（年）：25年のシミュレーションで，作業が行えなかった面積割合（年数）

を参考にした。作業期間については現地営農集団や実証試験圃場等の作業日誌を参考にし、播種作業・水稲移植作業では10日程度、水稲代かき・収穫作業では15日程度とした。作業期間中の機械1台当たりの最大負担面積は15~45haになる。シミュレーションでは、各ブロックの作付規模を5~15haに、機械使用台数を1~2台に変えた時の面積処理割合等を計算した。なお、麦および大豆播種は不耕起播種で行うこととした。また、大豆コンバインは1台とした。

シミュレーション結果を表3-3-4に示す。

面積処理割合の推定では、前記した麦・大豆体系と同様に、1977年から2001年の25

カ年の日降水量データを用いたシミュレーションを実施した。1ブロックの作付規模を5haにした体系では機械1台でほぼ全ての作業が行え、設定した条件で20ha（4ブロックの合計）の作付体系が可能であることが推定された。1ブロックの作付規模を7.5haにした体系では、やや未処理率（シミュレーションで作業が100%行えなかった未処理面積割合）が増大したものの、その値は低く、30haの作付体系が可能であると推定された。1ブロックの作付規模を10haにした体系では、小麦・大豆体系における未処理率が多くなり、機械台数を増やすことが必要であると推定された。そこで、トラクタ、田植機、自脱コンバインをそれぞれ2台にしたシミュレーションを行ったが、その結果、ほぼ全ての作業が実施できることが推定された。この条件で1ブロックの作付規模を12.5haにしたシミュレーションを行ったが、若干の未処理面積が発生したものの、ほぼ全ての作業が実施できることが推定された。さらに1ブロックの作付規模を15haにしたシミュレーションでは、やや未処理率が多くなったものの、その値は10%以下であった。このことからトラクタ2台、田植機2台、自脱コンバイン2台、大豆コンバイン1台の機械装備により50~60haの作付体系が可能であると推定された。

以上のシミュレーションより不耕起播種を導入した水稻-水稻-麦・大豆-麦・大豆作体系ではトラクタ、田植機、自脱コンバイン、大豆コンバインを各1台とした機械装備により30haのブロックローテーションが行えることが推定され、同様にトラクタ、田植機、自脱コンバインを各2台、大豆コンバインを1台とした機械装備により50~60haのブロックローテーションが可能であると推定された。

#### 4) 今後の課題

水稻については移植体系とともに不耕起乾田直播体系も組み合わせた作業技術的評価を実施する予定であったが、後者については現地圃場実証データの収集が行えなかった。今後は、それらを組み合わせた50ha規模の水稻（ロングマツト）、水稻（乾直）、小麦・大豆（不耕起）の高収益水田輪作体系モデルを構築し、稲・麦・大豆4年6作を定着させるための作業技術条件を明らかにする必要がある。なお、本シミュレーションプログラムでは労力による制約要因を配慮していない点で実際の営農現場における作業体系と異なる。実際の作付規模を予測するためには機械と労務配置を考慮した解析が必要であり今後の課題としたい。また、作物生産システムを応用した負担面積や利益を最大にする最適化手法についても検討したい。

#### 参考・引用文献

- 1) 石束宣明 (1990) 農作業計画策定支援システムの開発. 農作業研究, 25 (3), 242-251
- 2) 小中俊雄 (1989) "農業システム工学". 線形計画法の応用, (社)新農林社, 119-122.
- 3) 宮崎寿郎ら (1997) 大区画圃場営農組合における機械化体系評価シミュレーション. 農作業研究, 32 (2), 95-105
- 4) 長沢教夫 (1994) 農作業計画へのファジィ理論導入に関する基礎研究 (第3報). 農作業研究, 29 (2), 90-96
- 5) 農林水産省 (1987) "水田農業確立のための技術指針". 水田農業における営農モデルの作成と利用, (財)全国農業改良普及協会, 100-156.

## 第4章 水田輪作営農の確立

### 1. 大規模水田輪作営農の確立のための農地利用システムの解明

#### 1) 目的

米の生産調整の強化や新たな麦・大豆政策の実施の下で、水田農業を巡る制度的要件が大きく変化しつつある。こうした与件変動の下で、麦・大豆等の土地利用型作物を導入した大規模水田輪作営農を確立するためには、農地流動化や担い手への農地集積の促進、ブロックローテーションの確立等に向けた地域の農地利用に関する総合的なシステムを構築する必要がある。本研究では、農地利用システムの成立条件および農地利用システムの構築や地域の農地利用政策のあり方が大規模水田輪作営農の確立に与える影響を解明する。

#### 2) 方法

(1) センサスデータ等の統計資料を用いた水田利用形態の変化等について、主に重回帰分析を用いて動向解析・要因解析を行い、大規模経営への水田の集積条件等を明らかにする。なお、分析対象（サンプル）は関東・東海管内の市町村、データは主に'90、'95、'00年の各センサスである。

(2) いくつかの先進事例を調査し、輪作営農の基盤となる転作団地（あるいはブロックローテーション）の形成、耕作主体の経営確立に着目して、主に転作を対象に農地利用システムの比較分析を行い、農地利用システムの成立条件および農地利用システムの構築が大規模水田作経営の確立に与える影響を定性的に明らかにする。調査対象地は、新利根町の他、茨城県の五霞町、下妻市、静岡県の大東町、福島のY村等である。

#### 3) 結果および考察

##### (1) 水田流動化・集積の要因解析

##### ア) 4つの水田流動化分析基本指標と動態要因解析のための説明変数

水田流動化の実態を把握する指標として、①「耕作放棄水田率」、②「転作組織化率」、③「借入水田率」、④「大規模経営への水田集積率（大規模集積率）」の4指標および、これら4つの分析指標の水準を規定する、あるいはその変動に影響を与える説明変数（今回の分析で有効であったもののみ）を表4-1-1に示した。

まず、4指標の相互の関係について図4-1-1に示した。

借入水田も耕作放棄水田とともに水田の管理が困難になった農家からオーバーフローしてくる水田ということでその発生メカニズムには共通性があると考えられる。しかし、「借入水田率」と「耕作放棄水田率」の2指標の相関係数は-0.09で、水田貸借が進んで

表4-1-1 分析基本指標と今回の分析で有意であった変数

変数名等	説 明	資 料
借入水田率（農家+事業体）	「水田のある農家以外の事業体」の借入地を含む借地面積率＝（水田の借地面積＋水田のある農家以外の事業体の借入水田面積）／（経営水田面積＋水田のある農家以外の事業体の経営水田面積）×100	'90,'95,'00年農業センサス
大規模集積率	5ha以上の農家および事業体の経営水田面積のシェア＝（5ha以上農家の経営水田面積＋事業体の水田面積）／（経営水田面積＋事業体の経営水田面積）×100	'90,'95,'00年農業センサス
転作組織化率	転作組織化に関わる転作助成金の加算対象面積の割合＝（高度水田営農推進助成対象面積＋水田営農確立助成対象面積）／生産調整対象面積×100	農産園芸局(平成8年度)
耕作放棄水田率（農家のみ）*	耕作放棄水田が経営水田面積と耕作放棄水田面積の合計面積に占める割合＝耕作放棄水田面積／（経営水田面積＋耕作放棄水田面積）×100	'95,'00年農業センサス
水田流動化率	借入水田と耕作放棄水田の合計面積が経営水田と耕作放棄の合計面積に占める割合	'95,'00年農業センサス
借地化率	借地化率＝借水田面積／（借入水田面積＋耕作放棄水田面積）×100	'95,'00年農業センサス
90-00借入水田率のポイント増減 田のある農家の減少率	2000年の借入水田率－1990年の借入水田率 （前期の田のある農家数－田のある農家数）／前期の田のある農家数	'90,'00農業センサス '90,'95,'00農業センサス
水稲以外の単一農家率	水稲以外の単一農家／総農家×100	'95,'00年農業センサス
自給農家率	自給農家／総農家×100	'95,'00年農業センサス
借入水田のある農家率	水田借入のある農家／田のある農家×100	'95,'00年農業センサス
5ha以上の農家率	経営耕地5ha以上の農家／総農家×100	'95,'00年農業センサス
販売700万円以上の農家率	販売金額700万円以上の農家／総農家×100	'95,'00年農業センサス
65歳以上の農業従事者の割合	65歳以上の農業従事者／農業従事者×100	'95,'00年農業センサス
生産組織（麦作）参加農家率対水田農家	麦生産組織（共同利用＋受託＋協業）／田のある農家×100	95年農業センサス
20a区画以上の水田割合	20a区画以上の水田の面積／市街化区域内水田を除いた水田×100	第3次土地利用基盤整備基本調査
不整形水田割合	不整形水田／市街化区域内水田を除いた水田×100	同上
稲作粗収益指数	全国を100とした市町村の米価格指数および単収指数を求め算出**	生産農業所得統計、作物統計、農村物価賃金統計

\*2000年センサスの耕作放棄については、自給農家分の耕作放棄地の地目別内訳のデータが未入手であった。そのため、販売農家の耕作放棄水田が耕作放棄地に占める割合をそのまま自給農家分の耕作放棄地にも適用して、個々の市町村の耕作放棄水田を推定した。

\*\*「稲作粗収益指数」は、農研センターの高橋明広が「水田の地域特性から見た類型区分」を主成分分析を用いて行った際に用いた変数の1つで、氏の算出方法に準じた。

いる市町村で不可避免的に耕作放棄も進展するといった関係性は認められない。

借入水田率と大規模集積率の間には高い正の相関がある。しかも、相関係数は5年ごとに高くなっていることに注目できる。転作組織化率と大規模集積率、転作組織化率と借入水田率にはそれぞれ0.37、0.36の弱い相関が認められる。このことは、転作対策を確立している市町村では、水田の水田貸借や大規模水田経営への水田集積が進展していることを伺わせている。

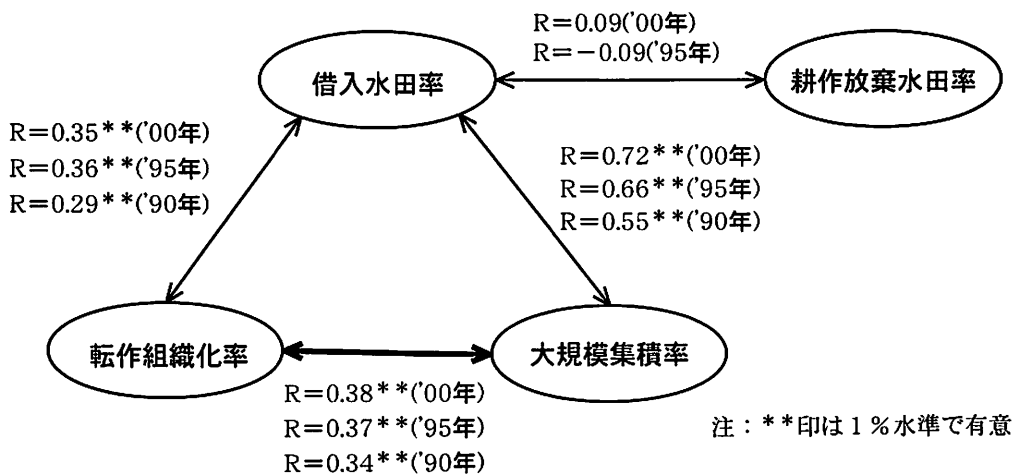


図4-1-1 基本指標の相互関係

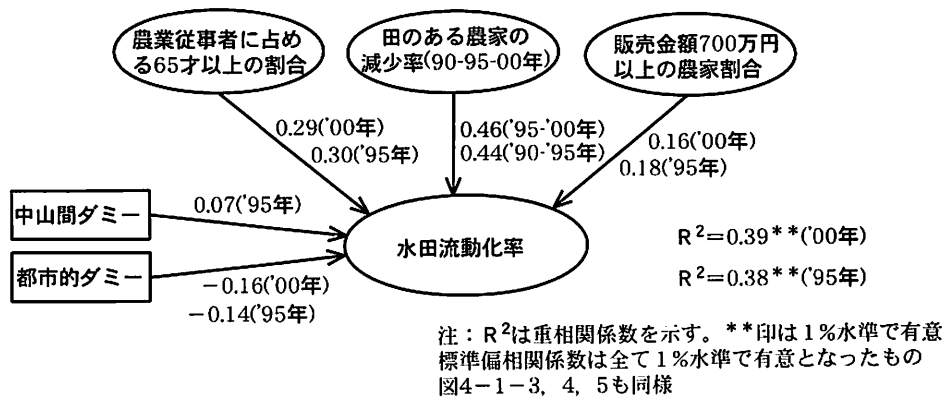


図4-1-2 水田流動化率に影響を与える変数

イ) 水田の流動化要因

高齢化等により自作できなくなった水田の総量を「流動化水田」とし、それを借入水田面積+耕作放棄水田面積で代表させた。さらにそれが全水田面積に占める割合を「流動化水田率」とし、それを規定する要因を重回帰分析により探った(図4-1-2)。

①「田のある農家の減少率」の寄与度が一番高い。二番目に影響力の高い変数として「農業従事者に占める65才以上の従事者の割合」が選択された。なお、この2変数の影響力は年次を変えてもほとんど変化がなかった。

②特徴的なのは、「販売金額700万円以上の農家割合」がプラスの関係を持つことである。これは「集約農業の進展=水田農業からの撤退」という関係性を示している。他地域との比較はしていないが、集約農業の進展が著しい関東東海地域の特徴と考えられる。

③影響力は小さいが都市的ダミーがマイナスに作用するのは、都市的地域は水田農業の動きが非常に停滞的であることが影響していると考えられる。一方、1995年にはプラスに働いた中山間ダミーが2000年では説明変数として採用されなかったことは、水田農家の後退が中山間と平坦地域で大きな差がなくなったことを意味している。



### ウ) 借地と耕作放棄の岐路

流動化水田は、耕作放棄水田と借入水田との合計である。水田を手放す側の論理からすれば、その発生理由は一つで捉えて良いが、その先、その流動化水田に借り手がつくか、つかないまま耕作放棄水田と化すか、その分岐点の分析が非常に重要となる。そこで、借入水田面積（借り手のついた水田）を流動化面積で除して「借地化率」なる目的変数を用意し、それに影響を与える変数を観測することにより、「分岐」の要因を明らかにしようとした（図4-1-3）。

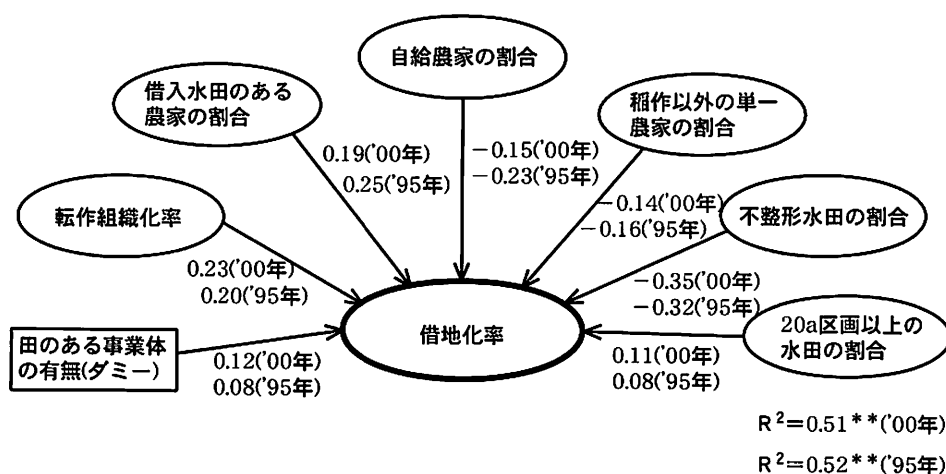


図4-1-3 借地化率に影響を与える変数

①水田基盤に関する変数「不整形水田の割合」がマイナス0.35でもっとも高い影響力を示した。また、「20a区画以上の水田割合」がプラスで、耕作放棄に向かうか借地に向かうかに水田基盤条件が大きく影響することが示されている。また、これらの影響は1995年より2000年にかけて強まっていることにも注目できる。

②「転作組織化率」がプラス影響を与える。転作組織化率は、地域の水田利用秩序の形成程度を反映する一つの指標としても使えるという判断の下に、転作団地化・組織化に関わる転作助成対象面積を基に作ったデータである。したがって、解析結果は、地域の水田利用秩序の確立が進むほど「借地化率」は高まることを意味しているといえる。

③地域の農家構成上の特徴を示す「自給農家の割合」、「稲作以外の単一農家の割合」がマイナスの影響を持つのは、予想通りの結果である。ただ、これらの影響力は、1995年から2000年にかけて低下している。

④「借入水田のある農家の割合」、「田のある事業体の有無」はプラスに働いて当然であるが、前者の影響力は弱まっているのに対し後者の影響力は高まっている。借り手が希薄な地域では、農家に代わる水田保管理主体として3セクや農協出資型法人等が期待されている所以である。

### エ) 近年の水田貸借と大規模層への農地集積

次に、借入水田面積率の変化（1990年－2000年の10年間）に影響を与える要因の分析を行った（図4-1-4）。

①「田のある農家の減少率」が高い影響力を持つのはいわば当然の結果である。

②他の変数は寄与率は小さいがダミー変数として入れた「田のある事業体の有無」が

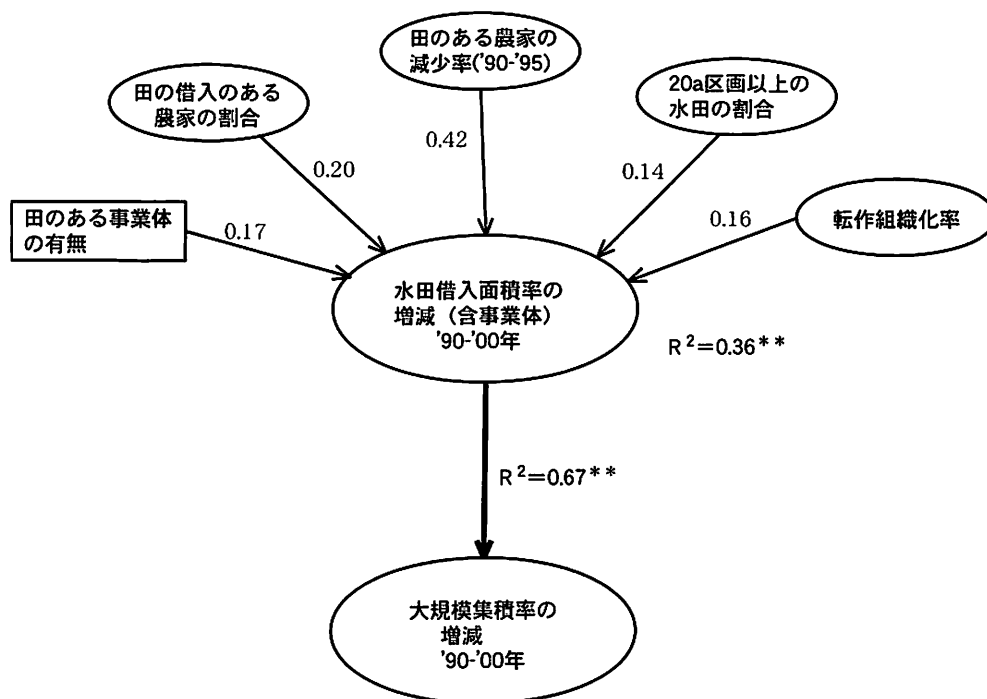


図4-1-4 '90年から'00年の10年間の水田借入面積率変化に関する変数と大規模集積率変動との関連

「水田借入のある農家の割合」と同程度の影響力を持つことが注目される。

③ここでも、「転作組織化率」が、プラスの影響力を持つ。

④「20a区画以上の水田割合」がプラスに影響するが、基盤条件に関して取り上げられた変数はこれのみで、「借地化率」や次にみる「耕作放棄率」に対する影響ほど大きな影響力はない。

この1990年から2000年にかけての「借入水田率」の変化が「大規模集積率」の変化に強く相関する。単独で決定係数0.67の高いプラス相関が得られた。なお、「大規模集積率」の変化に対しては、「借入水田率」の変化の影響が一方向的に大きくて、それ以外の変数を入れたがあまり有効な結果を得なかった。ちなみに、手持ちの変数の中で、「借入水田率」とセットになった上で「大規模集積率」に影響を与えた変数は「耕作放棄率」であったが、耕作放棄が低くなれば大規模集積が進展するというのでは因果関係が逆さまであって、「耕作放棄率」は大規模集積の進展を説明する変数としては不適切であるといえる。

#### オ) 耕作放棄の要因

2000年の耕作放棄率（静態データ）に関係する変数を探索した（図4-1-5）。

①5年間の変化にしたが、「田のある農家の減少率」がやはり高い影響力を持つ。

②もっとも強い影響力を示したのが「不整形水田の割合」であった。この他、稲作農業継続の困難性を示す「中山間」ダミー（プラス）、「水稻の粗収益指数」（マイナス）、「稲以外の単一農家の割合」（プラス）が取り上げられた。

③「大規模集積率の変化」および「転作組織化率」がマイナスの影響力を持つのは、大規模経営への水田の集積や転作対応如何で耕作放棄の進展を抑制できることを示しているといえる。

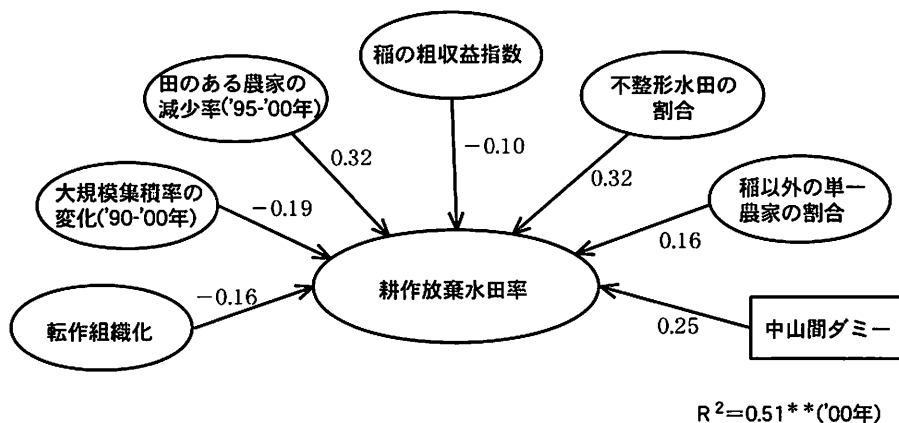


図4-1-5 耕作放棄水田率に影響を与える変数

表4-1-2 水田輪作確立に向けた自治体（地区）の取組

	利根川下流域 新利根町 根本地区	利根・鬼怒川中流域 下妻市 高道祖地区	下妻市 豊加美地区	五霞町	先達事例 袋井市	大東町 千浜地区	参考 福島県Y村
転作団地化の状況	大規模転作団地（もっかのところ固定）	地区を単位とした大規模ブロックローテーション（団地規模100ha弱）	個別の転作（バラ転）	ブロックローテーションはごく僅かの事例にとどまる	約半数の集落でブロックローテーション	飼料作（15ha）は固定団地、小麦38haはローテーション（ただし、畑期間は複数年）	固定団地（国認定：7カ所33ha、県認定12カ所16ha）があるのみで、ローテーションはなし
転作の耕作主体の形成状況	5戸の生産組合	地区内で生産部会を形成する10戸の担い手農家	大豆生産部会（4戸）他に、地区内で転作受託を行う別の個別大規模経営もある	転作の担い手は作業受託を主とする米麦生産組織（13組織）	30戸程度の大規模担い手農家が、転作団地の7～8割を耕作。	小麦はD農産（農業生産法人）、飼料作はD農産から畜産農家へ耕作委託	個別対応
大規模経営等担い手への集積状況	14年度産小麦は40ha、15年度に向けて70ha播種予定。	転作団地の大半を10戸の担い手農家（営農組合）が耕作、団地を分割した上で個別に作業を行う。	大豆生産部会（4戸）で、麦44ha、大豆23haを耕作	本が水稲の作業受託組織であるため、転作についても2作業委託方式としている。	集落の転作団地は大規模農家に一括して受託契約される。大規模農家1戸につき平均で9～10haの転作団地を受託	地区の143haの水田全てがD農産に集積（一括利用権設定）	集積型の認定は23ha
主な転作作物	小麦	小麦、麦後大豆はごく僅か	小麦-大豆	小麦	小麦-大豆	小麦、飼料作	そば（村指定）
水稲収量水準	8.5-9 俵	8-8.5 俵		8-8.5 俵	7-8 俵（コシヒカリ：2戸の大規模農家）	7.5-8 俵（コシヒカリ：大東農産）	10 俵超（コシヒカリ）
自治体独自の助成制度	転作実施2.2万円、超過達成1.9万円、特別推進作物1.3万円	3ha以上の転作団地に対する助成：0.75万円、転作目標を達成した集落に0.1万円、転作目標達成者に0.25万円（高道祖は独自の互助制度でさらに1万円）		転作実施者に0.65万円、麦作付け者に0.5万円	転作実施者に1万円 ★14年度から廃止	特になし	県の認定団地は2haで1万円の加算、超過達成分には10aにつき村単独の6,000円の加算と互助制（JAみどり管内）による4.1万円の加算
耕作受託委託の取り分け（事実上の耕作者の借付の場合）	全てプールした上で、地主に8.6万円 全てプールした上で、耕作者に3.76万円	耕作助成金は全額地主 耕作者が地主に地代3千円を支払う。	助成金は一旦は全額地主 地主から耕作者（大豆生産部会）に、2万円の委託料金	2作業委託方式につき、生産物も奨励金も全て地主取り、担い手には作業委託料金	助成金は一旦は全額地主 耕作委託の場合、地主から耕作者に1.4万円の委託料金	143haの水田の経営権はD農産にあるために、転作助成金は全てD農産に帰属。畜産農家は生産物だけ。水田地代は1万円。	転作実施者に対する支援は多いが、実耕作者に対する格別な支援はない（担い手集積型でも全額地主取り）

(2) 農地利用システムの比較分析（表4-1-2）

ア) 大規模水田輪作営農が確立された事例

文字通りの大規模水田輪作営農が確立されている事例が静岡県の大東町T区にあるD農産である。D農産は、30年以上続いた集落協業を地区レベルで統合再編することによって実現した143ha規模の水田を一手に引き受けて経営する大規模経営である。社会的側面から見た土地利用上の特徴は、ア) 所有（地権者組織）と経営（D農産）の完全分離、イ) 一地区一農場制農業の確立の2点を上げることができる。その上で、技術的側面から見た

土地利用上の特徴として、ア) 直播の大幅導入 (55ha)、ラジコンヘリ防除、汎用コンバイン収穫などの大規模稲作技術の確立、イ) 畑期間複数年の田畑輪換などをあげることができる。さらに経営的特徴として、ア) 青壮年専従労働力の確保、イ) 低コスト生産技術と地代抑制による高収益、高所得の実現、などがあげられる。

イ) 比較分析 (各事例に即した大規模水田輪作営農確立のための問題点の析出)

①先進事例として調査した袋井市では、土地利用型大規模経営が集落のブロックローテーション団地を一括して受託する。経営耕地が10ha超の大規模経営では、2～3集落の転作団地を受託している場合が多く、土地利用調整は地区を単位に行われている。ブロックローテーションが行われていること、耕作主体が大規模経営であることなどから、属地的に見れば大規模輪作営農は確立されているが、大規模農家の転作団地以外の経営耕地(借地)は分散状況下であり、経営主体の側から見れば、D農産のような農場制的農業とはなっていない。なお、近年、転作団地の受託耕作者に対する転作委託料金を1.4万円に引き上げるとともに、これまで転作実施者(地権者)に支払われていた市独自の1万円の助成がカットされるなど、耕作者優遇を強める方向にある。

②下妻高道祖地区は地区を単位とした大規模なブロックローテーションを実施するとともに、その耕作も10名の担い手が担っている。ただし、市独自の助成金も含めてかつての減反補償的な助成金の運用が継続しており、耕作者は、委託料金を受け取るどころか、小作料金を支払っている。また、地主の転作助成金受け取りが大きいことが、利用権設定による農地流動化の妨げになっていることが現地でも指摘されており、水田貸借ではヤミ小作が横行している。このような条件下で、担い手農家は、袋井市のような大規模借地型専業経営にまでは発展していない。担い手経営の農地集積と発展を促すためにも地権者優遇から耕作者優遇の農地システムに転換する必要がある。

③下妻市豊加美地区では、12年度からの「集積型」により、経営耕地10ha前後(転作受託を除く)の4戸の大規模経営が共同で転作の受託拡大を行っている。担い手の経営形態は袋井市の事例に近いが、受託する転作地が団地ではなくバラ転になっているところに大きな違いがある。また、高道祖地区と同一自治体にあるが、平成12年以降の転作制度の下での転作受託であることから、委託料金2万円を耕作者側が受け取るなど耕作者が優遇されている。しかし、バラ転ということもあって大豆の収量水準は2俵前後と助成金(プラス1万円)目当ての捨て作りの域を脱していない。

④五霞町は、水稻の作業受託組織が「集積型：2作業集積」を利用して転作の作業受託を開始した事例である。作業受託であるために、生産物は地主に帰属し、担い手組織は作業委託料金を受け取る。担い手組織は作柄についてのリスクを負わないが、助成金「集積型」が減額されれば麦転作そのものが、直ぐに崩壊しかねないもっとも不安定な形態である。

⑤新利根町根本地区は、転作の達成と団地化を強力に推進するために町の独自助成により地主に対する多額の助成をおこなっている。しかし、こうした多額の助成は水田農業の構造政策推進上の妨げになるし、いずれは行政施策上の問題となることから、暫定的な助成の減額が課題となる。そのためには、助成削減開始以前に現地において収益性の高い転作営農を確立しておく必要がある。また、土地改良後の暫定的な団地形成から本格的なローテーションへ如何に移行させるかも大きな課題である。その際、集落を土地利用調整の

単位とせず、土地改良実施水田を調整の範囲として、その上でポンプ揚水による水系(10ブロック)に考慮したブロックローテーションを組んだ高道祖の土地利用調整方式が参考になる。

⑥福島県Y村の事例は、水田輪作営農確立に向けたものではないが、優良米単作地帯として自体を超えた特異的な地域調整が行われていることから地域輪作営農の反証として紹介する。Y村は、盆地平坦部で米作指向が著しく強いことから、生産調整の3割弱を同一農協管内の他自治体で代行してもらっている。ただし調整はあくまでも個人ベースで、ある農家が水田10aについて4.1万円を支払えば全て米を作って良いことになっている。4.1万円は他町村において生産調整個人割り当てを超過した農家(多くは中山間地の農家で保安全管理等)に対し、超過分の追加助成金として渡される。Y村の米は平成14年度でも60kg当たり16,000円程度で売れている。10a当たりの収量は600kg程度なので、粗収益は16万と見積られる。この場合、転作率3割で米の減収4万8千円であるので、4万1千円支払っても米だけ作る方が確かに有利である。しかし、計算上は米価が変わらなくても米の収量が512kg以下、あるいは米の収量がかわらなくても米価が13,667円以下では有利性は発揮できない。したがって、転作を行わず(故に国の助成金も受け取れず)、水稻作付け農家の自己負担により生産調整を他の農家に肩代わりさせるといった調整手法は、米の収益性が極めて高い限られた地域でしか行うことはできない。

#### 4) 総合考察

(1)「転作組織化率」については、十分説明力のある結果が得られなかった。それは、転作の組織化に深く関連していると考えられる地域の水田利用施策の有り様を説明変数として組み込んでいないためと考えられる。したがって、本分析では、むしろ「転作組織化率」そのものをローカルな水田利用施策を体現する代替変数として位置づけた上で、他の3指標を説明する説明変数として用いることが有効であった。すなわち、転作の組織化を図ること、言い換えれば地域における水田利用システムを確立することが、耕作放棄を阻止し、水田流動化を借地の方向に誘導するとともに大規模経営への水田集積を促進する上で、極めて重要であることが統計的にも確認されたといえる。

(2)地域輪作を目指した集团的農地利用(団地化やローテーション)は、稲作の収益性(収量×米価)が相対的に低く調整のための費用もかからない地域ほど形成が進んでいるといえる。そうした地域では団地化やローテーションにより転作作物の収益性も上昇することから、地域的な農地利用システムは一層盤石なものとなっている。他方、米収益が高く転作作物収益とのギャップが大きい地域ほど、米作への依存度や執着が強いために、集团的農地利用(団地化やローテーション)の形成は簡単には進まない。そうした地域で集团的農地利用を確立するためには、地権者および転作実施者の双方に厚い助成を行う必要が生じ、水田利用の集团的調整のための費用は上昇する。しかし、転作作物収益上昇と団地化やローテーションの形成が一体のものである以上、①高い調整費用(自治体の独自助成の上乗せ)を支払ってもまずは団地化を敢行し、②その上で大規模団地の有利性を発揮した高収益安定転作を実現し、③暫時助成を減額していくという手順を踏む必要がある。①の段階を達成した新利根根本地区では、②の段階の高収益安定転作の実現が次の課題となっている。特に、平成16年からの新たな制度下では、転作作物の一定の品質を確保す

ることができるか否かが、助成金の加算部分の獲得も含めて転作の収益性に著しく影響するため、当該の営農集団における高品質安定生産技術の確立が急務となっている。

### 5) 今後の課題

米依存度の高いところでは、「断固米を作る」という農家が多数を占めることも予想される。その場合、地域輪作の確立に向けた集団的土地利用を実現するには高い誘導経費がかかる上に、転作作物の高い収益力の確立も必要となる。他方、そうした地域のごく一部には、転作に関わる助成金や稲作所得基盤確保対策が受けられなくても米だけ作った方がよいとする農業者や地域が出てくる可能性もある。しかもこの場合、社会的なコスト負担はかえって低くすむ可能性もある。大規模水田輪作営農の確立は、大規模水田作経営の経営安定や経営成長を図っていく上で重要ではあるが、全国のすべての水田でそれを目指す必要があるのか否か、社会的なコスト勘定という視点で評価し直すことも重要である。

## 2. 麦—大豆不耕起栽培の経営的評価と普及の現状

### 1) 目的

不耕起栽培では、不耕起播種機の装備が新たに必要となるため、大豆作の規模が小さく規模拡大への要請も少ない経営ではこの技術の経済的利点は十分表われてこない。したがって、この技術の導入においては、規模拡大による収益向上や蒔き遅れた場合に比較した適期播種による増収効果が播種機導入に伴う費用を回収し得るかがその経済性を大きく左右する。そのため、慣行耕起栽培の問題点を改善する新技術である大豆不耕起狭畦栽培および麦の不耕起栽培の経営評価を実施し、その導入条件を明らかにする。また、技術普及の現状を整理する。

### 2) 方法

現地実証経営の作業日誌や会計データ、さらに現地実証試験結果から、新技術の労働時間、生産費等を分析する。また、技術的特徴に対応した導入効果を提示する。さらに、線形計画法を用いて、投資コストを回収し得る収益増加の水準を把握し、新技術の導入条件を明らかにする。最後に、大豆不耕起栽培の普及状況を整理する。

### 3) 結果および考察

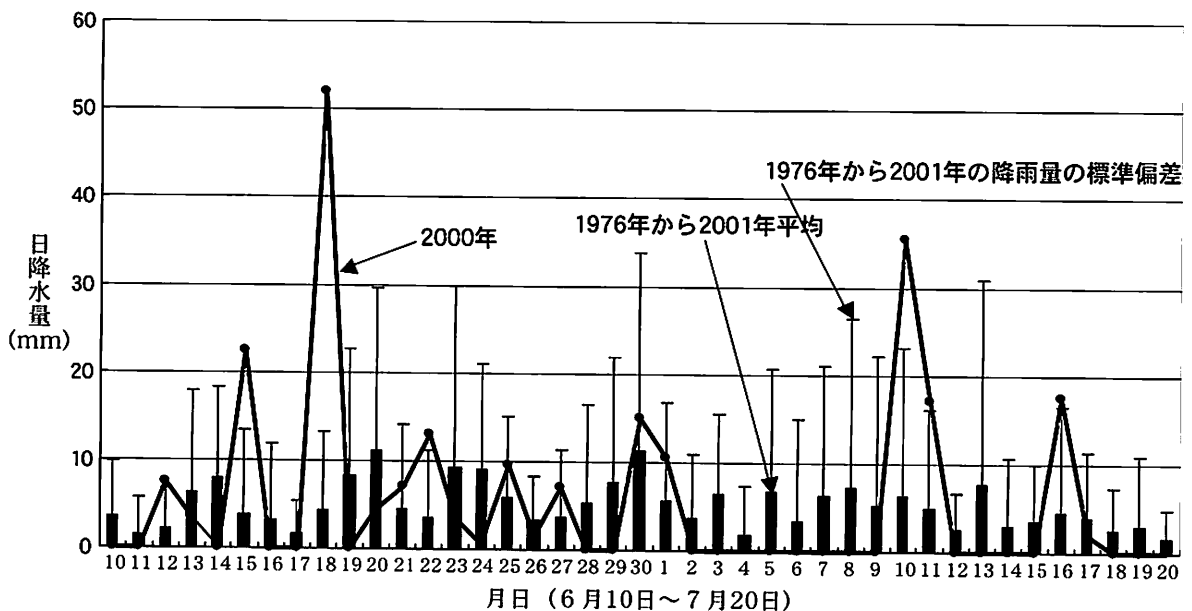
#### (1) 大豆不耕起狭畦栽培の省力性と作業リスク回避効果

大豆作に係る労働時間を整理した結果、現地実証経営の2001年の耕起栽培の実績値に比べ、不耕起栽培は10a当たり1.64時間少ないことが確認された(表4-2-1)。これは、①耕起整地や中耕培土を実施しないためそれらに要する時間がなくなるとともに、②地耐力の高い状態で播種を行うため作業能率も高い、といった作業体系としての特質によるものである。

また、不耕起栽培の目的の一つは適期播種にあるが、この点を確認するために、現地実証地に隣接する龍ヶ崎市のアメダスデータをもとに、1976年～2002年における大豆播種

表4-2-1 大豆の作業別労働時間

	(時間/10a)	
	慣行耕起栽培	不耕起栽培
麦稈散布		0.19
排水溝整備		0.06
耕起・整地	0.96	
施肥	0.43	0.68
播種	0.62	
播種後除草剤	0.13	0.13
中耕培土	0.56	
畦畔除草	0.74	0.74
防除	0.36	0.36
収穫・運搬	0.50	0.50
乾燥機排出	0.98	0.98
合計	5.28	3.64



播種作業の実施状況 (2002年) :

耕起栽培 (現地実証経営の場合) : 降雨のため耕起播種実施できず。7月上旬から不耕起播種機で播種作業を実施  
 不耕起狭畦栽培 (現地実証圃場) : 播種作業実施 (播種日 : 6月20日、21日、24日)

図4-2-1 大豆播種時期の降雨の状況 (茨城県龍ヶ崎市のアメダスデータ)

時期の降雨状況を整理した (図4-2-1)。その結果、①この時期は梅雨の時期でもあり、平均すると5~10mm程度の日降水量があること、②特に、2002年度は6月に断続的な降雨が続いたため、図の脚注に示すように現地実証経営の耕起播種作業は実施できず、7月中旬に不耕起播種機を用いて播種作業を実施するに至ったが、実証試験圃場での不耕起播種作業は降雨の合間に実施することが可能であった。一般に耕起栽培では前日の日降水量が5mmを超えると播種が困難となると言われているが、不耕起播種の場合には、これまでの現地試験や導入経営への聞取調査では、前日20mm程度の降雨があっても播種作業が可能となっており、土壌条件や降雨パターンにより作業可能性の程度は異なるが、適期播種による蒔き遅れの防止やそれに伴う減収回避にとって、不耕起状態で播種することはかなり有効であると言える。



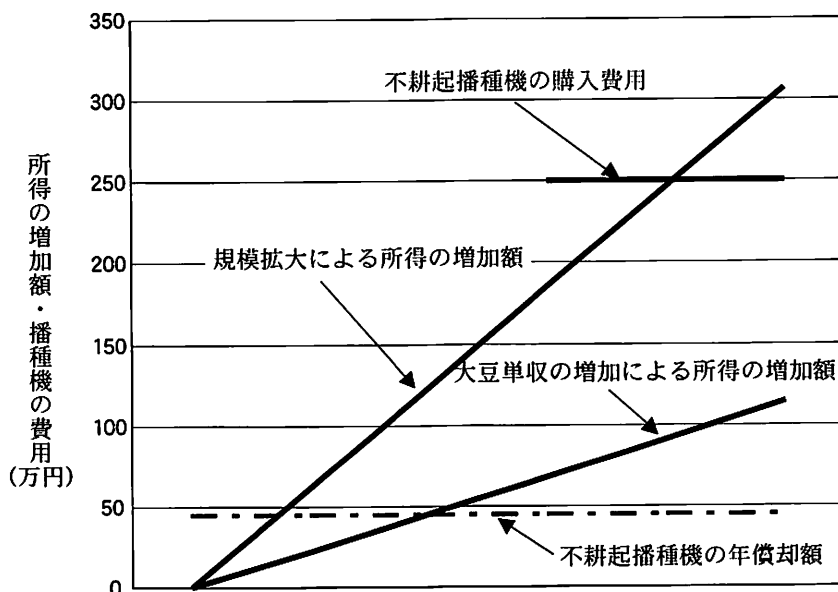
(2) 不耕起機播種機装備に係る経済性と規模拡大効果

大豆の栽培方法別の生産費を表4-2-2に整理したが、除草剤や播種機に係る費用増加から、費用合計では上記のように不耕起栽培が耕起栽培をやや上回る結果となった。

この費用増加については、不耕起播種機を新たに装備しなければならないことの影響が大きい。そのため、大豆作の規模が小さく規模拡大への要請も少ない経営では、この技術の経済的利点は十分表われてこない。したがって、不耕起栽培の導入においては、規模拡大による収益向上や蒔き遅れた場合に比較した適期播種による増収効果が播種機導入に伴

表4-2-2 大豆の生産費の比較

	(円/10a)	
	耕起栽培	不耕起栽培
播種費	2,094	2,513
肥料費	4,860	4,860
農業薬剤費	5,982	7,782
光熱材料費	3,223	3,223
諸材料費	109	109
土地改良および水利費	1,041	1,041
賃借料および料金	0	0
修繕費	6,303	6,303
建物償却費	612	612
農機具償却費	3,392	4,475
物件税および公課諸負担	763	763
労働費	8,443	5,826
費用合計	36,822	37,507



経営面積	現状 (40ha)	41 h a	42 h a	43 h a	44 h a	45 h a
大豆増収量	現状 (193kg)	5 k g	10 k g	15 k g	20 k g	25 k g

図4-2-2 規模拡大と大豆収量増加による所得の増加額

(注) 表中のグラフは、現地実証経営データをもとに、線形計画法を用いて、経営面積が現状の40haから45haへと拡大した場合と、大豆の収量が5kg/10aから25kg/10aまで増加した場合(基準は40haの面積で、この段階での大豆単収は193kg/10a)について、所得を最大にする部門構成のもとでの農業所得の増加の程度を計算したものである。なお、不耕起播種機の価格は250万円/台、残存価額10%、耐用年数5年、年償却額45万円である。

う費用を回収し得るかが、その経済性を大きく左右する。そこで、この点を確認するために、現地実証経営を素材に線形計画法を用いて分析した(図4-2-2)。その結果、狭畦栽培が可能な6条の不耕起播種機の年償却額45万円に相当する収益増加のためには、約1haの面積拡大か、あるいは、10kg/10aの大豆の増収が必要となることが明らかとなった。

### (3) 麦の不耕起栽培の労働時間、単収、生産費

麦の不耕起栽培における労働時間、単収、生産費を、慣行の耕起栽培と比較しつつ、整理した。それによれば、耕起・整地作業を実施しない分、労働時間(表4-2-3)およびそれに担当する生産費(表4-2-4)が少なく、一方、単収については慣行耕起栽培とほぼ同等の水準を確保している(図4-2-3)ことが明らかとなった。関東においては、大豆収穫後の麦の播種時期である11月は比較的降雨は少なく、そのため大豆におけるような適期作業という側面での効果は必ずしも強く認識されないが、規模拡大が進むにつれて必要となる作業時間数は当然増加することから、大面積の麦大豆作の安定的な栽培という

表4-2-3 麦の労働時間の比較

作業	(時間/10a)	
	耕起栽培	不耕起栽培
土壌改良	0.15	
耕起	0.45	
整地	0.66	
基肥・播種	0.46	0.39
除草剤散布	0.13	0.13
畦畔除草	0.41	0.41
追肥	0.04	0.04
麦踏	0.21	0.21
収穫	0.28	0.28
籾運搬	0.28	0.28
合計	3.06	1.73

表4-2-4 麦の生産費の比較

費目	(円/10a)	
	耕起栽培	不耕起栽培
播種費	5,673	6,808
肥料費	3,725	3,725
農業薬剤費	2,680	2,680
光熱材料費	2,991	2,991
諸材料費	101	101
土地改良および水利費	1,003	1,003
賃借料および料金	9,500	9,500
修繕費	5,886	5,886
建物償却費	612	612
農機具償却費	4,218	5,301
物件税および公課諸負担	763	763
労働費	4,896	2,763
費用合計	42,048	42,133

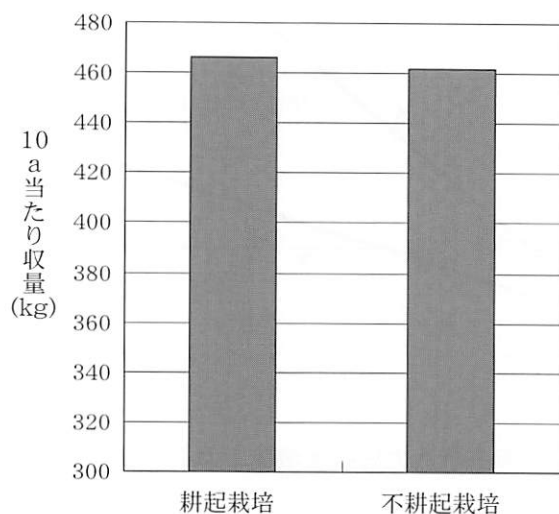


図4-2-3 小麦の収量

(注) 現地実証試験結果。品種は農林61号。

点で不耕起栽培による省力効果の意義は大きいと言える。

#### (4) 大豆不耕起栽培普及の現状と課題

汎用型不耕起播種機を用いた大豆の不耕起栽培はすでに営農現場に普及しつつあり、例えば、千葉県長南町の長南東部営農組合では約60ha、茨城県新利根町の太田新田営農組合では約20ha、さらに、埼玉県熊谷市では約15haの大豆作が不耕起栽培で実施されている（2003年度）。また、この他にも、各地の大豆作経営や受託組織、あるいは現地実証圃場で本技術が試みられつつある。特に、2003年度は、大豆の播種時期に降雨が続いたことから、播種適期を逸する経営も多かった。そのため、上記の不耕起栽培を実施している3事例では適期播種によって一定の生育量が確保できたが、降雨のため圃場に入れず播種が8月にずれ込んだ茨城県のある経営では大豆収量がほとんど見込めない状況に至った。そのため、この経営では、不耕起栽培技術に対して強い期待を示している。

#### 4) 今後の課題

本節では、新技術としての大豆、麦不耕起栽培の経営的視点からの評価を行ったが、このうち、大豆不耕起狭畦栽培の適用性を提示していくためには、例えば適期播種に関わる効果について、土壌タイプや降雨パターン毎に把握していくことなどが求められる。このような技術的側面について、地域条件、土壌条件、品種間格差等を考慮しつつデータの蓄積を図るとともに、それらを踏まえた営農現場の実態に即した技術評価を実施していく必要がある。さらに、現地実証経営の他、上述した千葉県長南町等における不耕起栽培を導入した事例に対する実態調査も併せて実施し、異なる経営環境条件下における新技術の定着条件を解明していくことが求められる。

### 3. ロングマット苗移植栽培技術の経営的評価と普及条件

#### 1) 目的

水田作経営を取り巻く経済環境は、年々厳しさを増しており、それに対しては様々な経営的対応が考えられる。生産調整を前提とした場合、土地利用型経営では、普通作物の麦・大豆を導入した稲・麦・大豆による高収益輪作営農の確立もその一つと考えられる。この実現に向けて、水稲の乾田直播栽培や、麦・大豆の品種改良および不耕起播種等々の様々な技術開発が行われてきた。その中で、ロングマット水耕苗育苗・移植技術（以下、ロングマット技術と称す）は、水稲の育苗から移植までの労働時間の短縮、労働負荷の軽減、作業の効率化等々を図る技術である。また、この技術は、従来の移植栽培技術の下で生じている労働問題等の解決をその枠組で可能にする点で、高収益輪作営農のための主軸となる技術である。本研究では、ロングマット技術の特性、導入効果、導入実態等の分析を通じて、この技術が水田作経営に定着するための条件を明らかにする。

#### 2) 方法

##### (1) ロングマット技術の特性の把握と生産費の分析

育苗および移植作業のタイムスタディを基に労働時間を把握し、箱育苗の稚苗（以下、箱

苗と称す)とロングマット苗の作業能率の比較分析を行う。この結果を踏まえて、育苗の生産費ならびに稲作生産全体の生産費を試算し、箱苗とロングマット苗の生産費の比較分析を行う。

#### (2) 数理計画モデルによるロングマット技術の導入効果の分析

茨城県新利根町の太田新田営農組合の労働時間および収支データを基に経営モデルを作成し、次の二つのシナリオを想定した上で、ロングマット苗移植栽培の導入面積等のシミュレーション分析を行う。第一は、ある一定の経営面積の下で、どの程度の育苗コストであれば、ロングマット技術が導入されるかという点である。第二は、規模拡大の可能性を仮定した場合、現状の育苗コストの下で、どの程度まで経営面積の拡大が可能になるか、また、その時の最適な作付構成はどうかという点である。

#### (3) ロングマット技術の導入実態の把握

ロングマット技術は、1998年頃から経営への導入が始まり、近年では、関東を中心に徐々に導入経営・面積が増えている。しかし、それでも面的な広がりをもって普及している段階に至っていない。今後、この技術の定着を図るには、先進事例の取り組みの把握を基に技術導入のための課題および方策を明らかにすることが必要である。そのため、ロングマット技術を導入し、継続利用している経営(7事例)を対象に、ロングマット技術の導入過程の実態や経営の特徴を調査・分析する。なお、データのうち千葉県(4事例)は、実態調査等によるが、茨城県(1事例)および埼玉県(2事例)については、既存資料を整理したものである。

#### (4) ロングマット技術の評価

ロングマット技術の定着・普及のためには、この技術の利用経験がない農業者が、この技術をどのように評価し、導入に向けて何が阻害要因と考えているのかを明らかにする必要がある。そこで、ロングマット苗移植の実演会(2003年5～6月に実施)に来集した農業者を対象にしたアンケート調査を実施し、その結果に基づき、ロングマット技術の評価と経営の特徴や導入意向との関連を分析し、技術の定着・普及に向けた課題を明らかにする。

### 3) 結果

#### (1) ロングマット技術の特性の把握と生産費の分析

ロングマット技術は従来の箱苗による移植栽培の代替として導入される。そこで、箱苗との比較分析により、ロングマット技術の特性や、この技術を利用した場合に農作業および生産費等がどのように変化するかを明らかにする。

ロングマット苗移植の作業効率の特徴としては、次の3点が指摘できる(表4-3-1)。第一に、箱苗移植の10a当たり作業時間が46分であるのに対して、ロングマット苗移植のそれは約半分の19分である。つまり、ロングマット苗移植は、箱苗移植よりも大幅に作業時間を短縮することができる。第二に、ロングマット苗移植の作業効率の向上は、オペレーターのその他作業、特に苗補給作業が不要になる点と補助作業の省力化によって達成されている。第三に、上記の二つの結果は、異なる年次および圃場においても、類似した結果をもたらしている。

ロングマット苗の10a当たり育苗コストの特徴は、次の3点が指摘できる(表4-3-2)<sup>1)</sup>。

表4-3-1 ロングマット苗移植の作業効率

栽培方式		箱苗移植	ロングマット苗移植		
年度		平成12	平成12	平成11	平成10
対象圃場		協和町 ○経営圃場	中央農研 谷和原圃場	太田新田営農組合 15圃場	太田新田営農組合 15-1圃場
圃場(移植)面積		3,558m <sup>2</sup>	3,038m <sup>2</sup>	8,900m <sup>2</sup>	3,069m <sup>2</sup>
田植機		6条乗用側条施肥 高速田植機	6条高速田植機	10条マルチステージ 高速田植機	6条高速田植機
作業者		オペレーター1人、補助1人	オペレーター1人、補助1人	オペレーター1人、補助2人	オペレーター1人、補助1人
作業効率	オペレーター	植付け 42分58秒 [54] (26)	30分34秒 [63] (53)	50分43秒 [56] (38)	51分 3秒 [87] (79)
	その他	36分52秒 [46] (22)	17分44秒 [37] (30)	39分32秒 [54] (29)	7分36秒 [13] (12)
	小計	79分58秒[100] (48) (植付速度1.0m/秒)	48分18秒[100] (83) (植付速度1.0m/秒)	90分15秒[100] (67) (植付速度0.8m/秒)	58分39秒[100] (91) (植付速度0.5m/秒)
	補助	86分15秒 (52)	9分51秒 (17)	45分20秒 (33)	6分10秒 (9)
延べ労働時間		166分 5秒 (100)	58分19秒 (100)	135分35秒 (100)	64分49秒 (100)
10a当たり作業時間	オペレーター	植付け 11分56秒	10分 3秒	5分42秒	16分38秒
	その他	10分14秒	5分50秒	4分26秒	2分29秒
	補助	23分58秒	3分15秒	5分 6秒	2分 1秒
	小計	46分 8秒	19分 8秒	15分14秒	21分 8秒

注1) 各年次、各圃場におけるタイムスタディにより作成。

2) ロングマット苗移植の平成11年は、他と比べて、移植面積、田植機、作業者等が大きくなるため留意が必要である。また、オペレーターのその他の作業時間には、調整・打合せおよび空走の時間の16分4秒が含まれており、これが、この作業時間を多くしている要因の一つになっている。

表4-3-2 育苗コストの比較

(単位：円/10a)

費目	箱苗	ロングマット苗		
	育苗施設 1回転	育苗施設 1回転	育苗施設 2回転	育苗施設 費用半額
種	1,897	2,168	2,168	2,168
変				
農	-	20	20	20
肥	86	84	84	84
床	2,200	-	-	-
動				
不	-	221	221	221
織				
光	100	100	100	100
熱				
動				
力	100	100	100	100
費				
苗	349	-	-	-
箱				
費	1,947	1,067	1,067	1,067
働				
費	1,947	1,067	1,067	1,067
小	6,579	3,660	3,660	3,660
計				
播	263	51	25	51
種				
機				
械	263	51	25	51
育	344	-	-	-
苗				
機	344	-	-	-
育				
苗	944	1,389	695	1,389
ハ				
ウ				
ス	944	1,389	695	1,389
定				
育				
苗				
ハ				
ウ				
ス				
ピ				
ニ				
ー				
ル				
設				
施				
設				
一				
式				
代				
地				
費	132	195	98	195
小	1,683	7,630	3,944	4,632
計				
10a	8,261	11,290	7,604	8,292
当				
た				
り				
育				
苗				
コ				
ス				
ト				
1				
箱				
相				
当				
た				
り				
(				
円	413	564	380	415

注1) 面積規模は水稲作付面積10ha、ハウス用地面積130m<sup>2</sup>、育苗ハウス面積106.9m<sup>2</sup>と仮定した。

2) 箱苗は1箱当たり0.5a相当とし、育苗ハウス1棟で530箱(2.65ha相当)を育苗できると仮定した。

3) ロングマット苗は1ベッド当たり5a相当、1ベンチ当たり4ベッドとし、育苗ハウス1棟で9ベンチ(1.8ha相当、2回転の場合3.6ha相当)が設置可能と仮定した。

4) 育苗施設費半額は、育苗ベンチとその付随器具および設置費用を半額と仮定して計算した。

5) 「農村物価統計」および「農畜産業用固定資産評価標準」のデータを利用。ただし、ロングマット苗特有の費目に関する価格および使用量は中央農研関東東海総合研究部第2チーム資料を利用した。

第一に、ロングマット苗の育苗コストは、床土、苗箱、育苗機に関する費用が不要となり、また、省力化によって労働費が減少する。他方、施設消毒用の農薬、不織布、育苗ベンチに関する費用が新たに加わる。第二に、ロングマット苗の育苗コストは箱苗と比べると固定費の割合が高い。そのためロングマット苗の育苗施設を一回転しか利用しない場合、箱苗の育苗コストよりもロングマット苗の方が高くなる。しかし、ロングマット苗の育苗施設を二回転利用（ロングマット苗の育苗期間は15日程度であるため、稚苗相当の苗を前提とすれば二回転が可能）すれば、箱苗の育苗コストよりもロングマット苗の方が低くなる。第三に、育苗施設の導入費用が現行の半額になるならば、育苗施設を一回転しか利用しなくても、箱苗の場合と同水準の育苗コストが達成できる。

育苗施設の二回転利用を前提に試算した育苗コストを基に、ロングマット技術を利用した時の稲作の生産費は、10a当たり73,100円となり、箱苗の場合の76,240円を下回る結果となった（表4-3-3）。

表4-3-3 栽培方法別の10a当たり生産費の比較

費目	(単位：円)	
	箱苗	ロングマット苗 (育苗施設2回転)
育苗関係費用	8,261	7,604
肥料費	3,981	1,733
農業薬剤費	4,955	5,200
光熱動力費	4,825	4,825
その他諸材料費	96	96
土地改良および水利費	12,100	12,100
物件税および公課諸負担	2,984	2,984
賃借料および料金	459	459
建物・農機具減価償却費	21,735	22,014
建物・農機具修繕費	5,065	5,065
生産管理費	339	339
労働費	11,440	10,681
費用合計	76,240	73,100
支払利子	-	-
支払地代	53,700	53,700
支払利子地代算入生産費	129,940	126,800
自己資本利子	4,476	4,476
自作地地代	-	-
利子地代全算入生産費	134,416	131,276

注1) 箱苗は土田志郎氏作成（太田新田営農組合の平成10年度実績）より引用・加工した。

2) 栽培方法に関連しない費目は同一金額とし、育苗関係費用は表4-3-2を参照した。

3) 労働費は、箱苗が移植栽培の11.15時間から育苗時間を控除した10.4時間、ロングマット苗がそこから田植・補植・苗運搬に相当する時間を控除した後に、タイムスタディ結果の移植時間0.35時間を加えた9.71時間とした。

4) 減価償却費は、太田新田営農組合の数値を使用。ただし、育苗施設に関わる金額を控除するとともに、ロングマット苗用田植機の価格は加工費を含めて20%増で計算した。

以上の分析結果より、ロングマット技術は、従来の箱苗による移植技術よりも、補助作業を中心に労働時間が短縮され、移植の作業効率を向上させることができる。しかし、育苗コストを試算すると、現行の費用は、育苗施設の一回転の利用を前提にした場合、箱苗

の育苗コストを大きく上回り、ロングマット技術を箱苗に代替させる誘因は低くなる。ロングマット技術を導入するには、育苗施設を二回転以上利用できるか、あるいはより低価格の建設資材の利用や助成金の利用によって、育苗施設の費用を現行の半分以下にする必要がある。

(2) 数理計画モデルによるロングマット技術の導入効果の分析<sup>2)</sup>

ロングマット技術の普及に向けては、この技術の導入によって経営がどのように変化し得るのかを明らかにしておく必要がある。そこで、数理計画モデルによるシミュレーション分析により、ロングマット苗の育苗コストおよび経営面積の変化に応じた最適な作付構成を明らかにする。

表4-3-4は、1戸当たり経営面積が11ha（事例経営は3戸共同で、経営面積が33ha）とその約2倍の20haの二つのケースを仮定し、ロングマット苗の育苗コストを変化させた時の最適な水稲の栽培方法別面積の結果である。この表から、次の2点が明らかになった。第一に、水稲作付規模が7.37ha（経営面積11ha）の経営では、一箱当たり育苗コストが450円未満であれば、ロングマット苗を導入することが合理的となる。他方、育苗コストが450円以上になれば、ロングマット技術は導入されない。第二に、同じ労働力で水稲作付規模が13.4ha（経営面積20ha）の経営では、一箱当たり育苗コストが995円未満であれば、ロングマット苗を導入することが合理的となる。また、育苗コストが920円未満であれば、ロングマット苗の作付面積は箱苗のそれを上回る。他方、育苗コストが995円以上になれば、ロングマット技術は導入されない。

表4-3-4 ロングマット苗の育苗コストに対応した水稲作付面積

面積規模	ロングマット苗の育苗 コスト (円/箱相当)	水稲栽培方法別作付面積 (ha, %)					
		箱 苗		ロングマット苗		直 播	
経営面積	<350	—	(—)	7.37	(100)	—	(—)
11.00ha	350~420	1.52	(21)	5.85	(79)	—	(—)
水稲作付	420~450	3.25	(44)	4.11	(56)	—	(—)
7.37ha	450≤	7.37	(100)	—	(—)	—	(—)
経営面積	<660	2.58	(19)	10.58	(79)	0.24	(2)
20.00ha	660~760	5.69	(42)	7.46	(56)	0.24	(2)
水稲作付	760~920	6.43	(48)	6.97	(52)	—	(—)
13.40ha	920~995	9.34	(70)	4.06	(30)	—	(—)
	995≤	11.86	(89)	—	(—)	1.54	(11)

注) 本表は、ロングマット技術を用いた水稲栽培プロセスの利益係数を変化させ、それに対応した最適な作付計画を求めることで、ロングマット技術の導入可能性を試算したものである。なお、労働力、経営面積等の前提を1戸当たりの数値に変えて計算。転作率は33%に、また、イチゴ、いちじく、みそ加工は現状値に固定した(表4-3-5、図4-3-1も同じ)。

表4-3-5は、現行の農産物価格および生産費を前提に、箱苗移植、ロングマット苗移植、不耕起乾田直播をそれぞれ組み合わせた時の限界規模を示した結果である。この表より、箱苗移植のみでは、15haが水稲作付面積の上限になるのに対して、箱苗移植とロングマット苗移植の組合せでは、18.1haが水稲作付面積の上限になる。つまり、箱苗移植にロングマット苗移植を組み合わせることで、水稲作付面積の限界を3ha上昇させることができる。さらに、箱苗およびロングマット苗移植に不耕起乾田直播も組み合わせ



表4-3-5 水稻栽培方法の組合せによる規模限界

水稻の栽培方法	(単位: ha)			
	箱苗のみ	箱苗+ロングマット苗	箱苗+直播	箱苗+ロングマット苗+直播
経営面積	22.3	27.0	31.8	34.0
水稻作付面積	15.0	18.1	21.3	22.8
箱苗移植	15.0	—	10.3	1.9
ロングマット苗移植	—	18.1	—	10.4
直播栽培	—	—	11.3	10.5
小麦作付面積	7.3	8.9	10.5	11.2
大麦作付面積	2.7	3.2	1.6	2.0
大豆作付面積	7.3	8.9	10.5	11.2
イチゴ作付面積	4.3	2.2	0.0	0.0

注1) 表中の数字は、地代を支払えば制約なく面積拡大が可能という前提の下で、表頭の水稲栽培方法を組み合わせた場合に、収益が最大となる作物およびその面積を示したものである。

2) 水田の33%は転作物を作付けるものと仮定している。

3) 直播は不耕起乾田直播である。

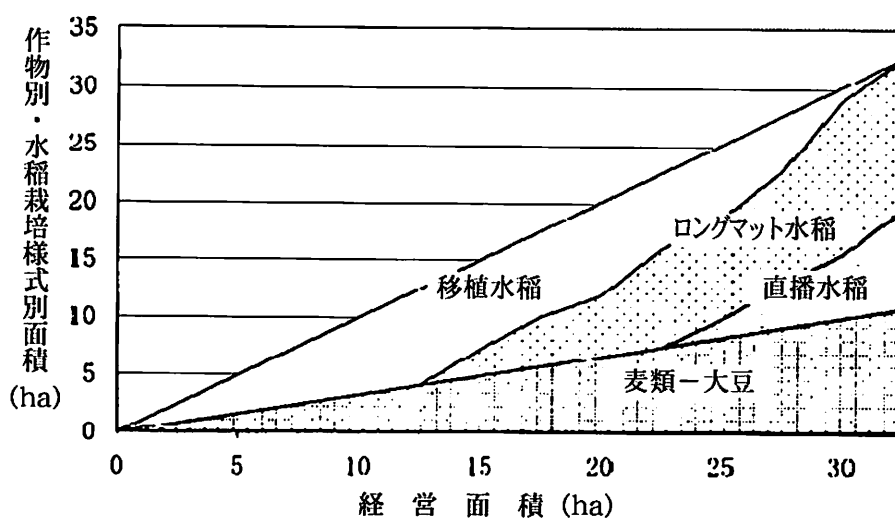


図4-3-1 規模拡大に対応した合理的な水稲栽培方式の組合せ

注) 横軸の経営面積下で収益を最大化する作物および水稲栽培方式を組み合わせたものである。なお、転作は、麦-大豆二毛作およびイチゴで対応することとし、また、水田の33%は転作物を作付けるという仮定を置いている。

ると、水稻作付面積の上限は22.8haにまで拡大する。以上のように、ロングマット技術は、水稻作付面積の上限を上昇させる働きがある。

次に、経営面積の水準に応じた合理的な水稲栽培方法の組合せを分析したものが図4-3-1である。この図から、次の2点が指摘できる。第一に、ロングマット苗移植は、1戸当たり経営面積が12.5haから導入され始め、20ha以上でそれが中心となる。第二に、1戸当たり経営面積が25haを上回ると、ロングマット苗移植と直播栽培とを組み合わせることが合理的となる。

以上の分析結果より、経営面積によって、ロングマット技術の導入が合理的になる育苗

コストの水準が異なり、経営面積が小さいほど、育苗コストを小さくする必要がある。現行の育苗コスト水準では、12.5ha以上の規模の経営でなければ、導入される可能性が低い。そのため、その規模以下の経営にも導入を促すには、育苗施設の高度利用や育苗施設に関する費用を低減させる必要がある。他方、ロングマット技術を導入すれば、その省力効果によって経営面積の拡大が可能になる。そのため、規模拡大による経営発展策を志向する経営には有効な技術になる。

### (3) ロングマット技術の導入実態の把握

ロングマット技術の導入は、近年、関東を中心に広がりつつある。しかし、ロングマット技術の導入は、いまだ一部の経営にとどまっているのが現状である。そのため、今後、ロングマット技術の広範な普及を図るには、ロングマット技術が経営にどのように導入されていくのかを分析し、また、その技術を継続的に利用している経営の特徴を明らかにする必要がある。そこで、ロングマット技術を早くから導入している経営を対象に、ロングマット技術の導入経過、経営の特徴、ロングマット技術に対する期待とその後の評価を分析する。

表4-3-6は、事例経営におけるロングマット苗の作付面積と育苗ベッドの推移であり、その特徴として次の3点が指摘できる。第一は、田植面積はG法人を除いて導入初年目に15~60aの小規模であり、2年目以降に拡大している。第二に、1998・99年の最も早い時期に導入した経営（A~D経営、以下、先駆者経営と称す）と、2001年に若干遅れて導入した経営（E、F経営、以下、早期追随者経営と称す）では、拡大のテンポに相違がみられる。つまり、前者は導入後3年目に1ha以上の拡大をみせるが、後者は導入後2年目に1ha以上の規模になる。第三に、育苗ベッド数も、導入初年目に少なく、2年目以降に徐々に拡大する。

表4-3-6 ロングマット水耕苗の作付面積とベッド数の推移

経営	導入形態	作付面積 (a)					育苗ベッド数 (ベッド)				
		98年	99年	00年	01年	02年	98年	99年	00年	01年	02年
A経営	3戸共同	42					0				
B経営			90	200	250	520		12	36	60	96
C経営											
D経営	個別		42	90	700	500		0	16	112	120
E経営	個別				30	120				6	22
F経営	個別				20	480				8	58
G法人	個別				300	360				32	48

資料) 実態調査 (2002年実施)、「水稲ロングマット水耕苗育苗・移植技術現地検討会資料」2002年

表4-3-7は、ロングマット苗とその育苗施設および田植機の導入形態の推移であり、その特徴は、次の2点が指摘できる。第一に、ロングマット苗とその育苗施設の導入形態の推移は、先駆者経営と早期追随者経営で相違がみられる。つまり、前者は、導入初年目に、中央農業総合研究センターや県の試験研究機関からロングマット苗の提供を受け、2年目以降に、小規模な育苗施設を自作し、ロングマット苗の自家栽培に切り替えている。他方、後者は、導入初年目から、ロングマット苗の小規模な育苗施設を自作し、ロングマット苗の自家栽培を行っている。第二に、すべての事例経営では、導入当初にロングマッ

表4-3-7 ロングマット技術の導入形態の推移

経営	ロングマット苗					水耕育苗施設 (ベンチ)					ロングマット苗用田植機				
	98年	99年	00年	01年	02年	98年	99年	00年	01年	02年	98年	99年	00年	01年	02年
Hグループ	農研	自家	自家	自家	自家	なし	自作	購入	購入	購入	借用	借用	改造	購入	
D経営		農研	自家	自家	自家		なし	自作	自作	自作		借用	改造	購入	購入
E経営				自家	自家					購入				借用	購入
F経営				D <sup>4)</sup>	自家					自作	自作			借用	改造
G法人				自家	自家					自作	自作			借用	購入

資料) 表4-3-6に同じ

注1) Hグループの1998年の取り組みはA経営のみの取り組みであり、1999年以降はA、B、C経営による取り組みとなる。

2) 「ロングマット苗」欄の「自家」は自家栽培、「農研」は中央農業総合研究センターおよび県の試験研究機関からの提供、「D」はD経営からの提供を示す。

3) 「ロングマット用田植機」の「購入」はロングマット用田植機を購入、「改造」は既存の田植機をロングマット用に改造、「購入⇒改造」は通常の田植機を購入して、ロングマット用に改造したことを示す。

4) F経営は、導入当初から育苗施設を自作して、自家栽培に取り組んだが、01年の自家栽培は全て失敗したため、急遽、D経営からの提供を受けた。

表4-3-8 ロングマット技術の利用継続経営の特徴

経営	経営の特徴				導入の目的	導入した効果	
	水稲規模	労働力	育苗	備考			
B経営	...	...	1人	ハウス/稚苗	・田植作業のワンマン化	・目的通りの効果の発現	
C経営	...	...	1人	ハウス/稚苗	・田植作業のワンマン化	・目的通りの効果の発現	
E経営	5ha	1ha	1人	ハウス/稚苗	・育苗箱の洗浄の減少 ・田植作業のワンマン化	・目的通りの効果の発現	
D経営	20ha	5ha	2人	苗代/中苗	二毛作	・二毛作地帯において苗箱運搬の軽労化 ・田植・苗箱運搬の作業能率向上	・目的通りの効果の発現 ・田植オペレーターの増員(1人→2人)
F経営	7.2ha	4.8ha	2人	苗代/中苗	二毛作 野菜作	・二毛作地帯における重労働からの解放	・目的通りの効果の発現 ・雨天および夜間時に育苗作業が可能 <sup>2)</sup>
A経営	13ha	1.6ha	3人	ハウス/稚苗	直播主体	・湛水直播の代替技術 ・育苗・田植作業の省力化	・目的通りの効果発現 ・電気代、床土などのランニングコストが低減 ・早期出荷にも対応可能
G法人	23.5ha	3.6ha	6人	ハウス/稚苗	労働力雇用 床土購入 苗販売	・田植作業労働力の軽減 ・育苗コスト(床土代・労働費)の軽減	・目的通りの効果の発現 ・軽減した田植作業の労働力を他の作業に利用

資料) 表4-3-6に同じ

注1) 「導入した効果」欄の「目的通りの効果の発現」は、右記の導入目的が効果としてみられたことを示す。

2) F経営は苗代育苗を行っており、これはロングマット技術の導入効果というよりも、ハウス育苗による導入効果と考えられる。

3) 「水稲規模」は水稲の作付面積、「LM」はそのうちロングマット苗を利用した面積である。

ト苗用の田植機を、中央農業総合研究センターや県の試験研究機関から借用している。その後、ロングマット苗の作付面積の拡大に伴い、既存の田植機の改造やロングマット用田植機の購入という方法で、ロングマット苗に対応する田植機を自己所有している。

次に、ロングマット技術の導入目的とその効果を検討すると、次の特徴が見いだせる(表4-3-8)。すべての事例経営では、ロングマット技術によるハンドリング作業の軽労化あるいは省力化という導入目的が共通している。他方、経営の特徴に即した導入目的も認められる。つまり、労働力1人の経営(B、C、E経営)は、田植のワンマン・オペレーション化の可能性、米麦二毛作を行う経営(D、F経営)は、春季農繁期の作業能率の向上、直播主体のA経営は、自然条件により直播が困難な圃場への対応、企業的なG法人は、育苗～移植の経費削減や省力化による余剰労働力を他の作業へ活用できる可能性などが導入目的になっている。以上のようにロングマット技術の導入目的は、省力・軽労化という共通した目的がある一方で、各々の経営条件を反映した導入目的も確認できる。しかし、ロングマット技術の導入効果は、いずれの導入目的についても各経営で実感されていることが明らかである。

以上の分析結果より、現状においてロングマット技術を利用継続している経営は、その技術を導入した時期により、先駆者経営と早期追随者経営の二つに大別できるが、両者の間にはロングマット技術の導入経過の進捗度合に若干の相違がみられる。つまり、早期追随者経営では、先駆者経営が経験した導入のステップよりも、それが1年ほど早まっている。これは、早期追随者経営にとって先駆者経営の存在が大きく、先駆者経営の導入経験が参考になっているためと考えられる。また、事例経営の特徴に反映したロングマット技術の導入目的が認められた。そして、それに対応した効果を経営者は確認しており、それがロングマット技術の利用の継続を促す要因となっていると考えられる。

#### (4) ロングマット技術の評価

ロングマット技術の普及に向けては、ロングマット技術を利用した経験がない多くの人々が、この技術をどのように評価し、何を導入の阻害要因と考えているのかを明らかにすることが必要である。そこで、ロングマット技術のメリットに対する評価をアンケート調査により確認し、また、導入時における問題点を分析する。その際、経営条件が評価にどのように影響しているのかという視点から分析することで、どのような条件の経営に導入の可能性が高いのかを検討する。

まず、調査対象者全体のロングマット技術に対する評価を図4-3-2に示す。この図から、次の3点が指摘できる。第一に、関心事項の中で割合が高い項目は、「ハンドリング作業の省力化」、「床土が不要」、「苗の軽量化」である。これらの項目は、ロングマット技術の基本的な開発目的であり、調査対象者にとっても十分関心が高い特徴であることが裏付けられる。第二に、育苗ハウスも含めた「水耕施設が必要」である点が、導入時に問題となってくると考えられており、費用に関する関心も高い。第三に、これまで欠株率の高さが導入の阻害要因の一つであると認識されていたが、本調査結果では15%と低い。この結果の要因には、次の三つが考えられる。一つ目は、田植機の改良によって欠株率が問題ない水準まで低下したという考え方である。二つ目は、調査対象者の多くが欠株率を問題にしていなかったという考え方である。三つ目は、実演会直後の圃場が欠株の状況の判断材料であり、その後の浮き苗等の影響を受け、欠株の状況がより明らかになる生育後の

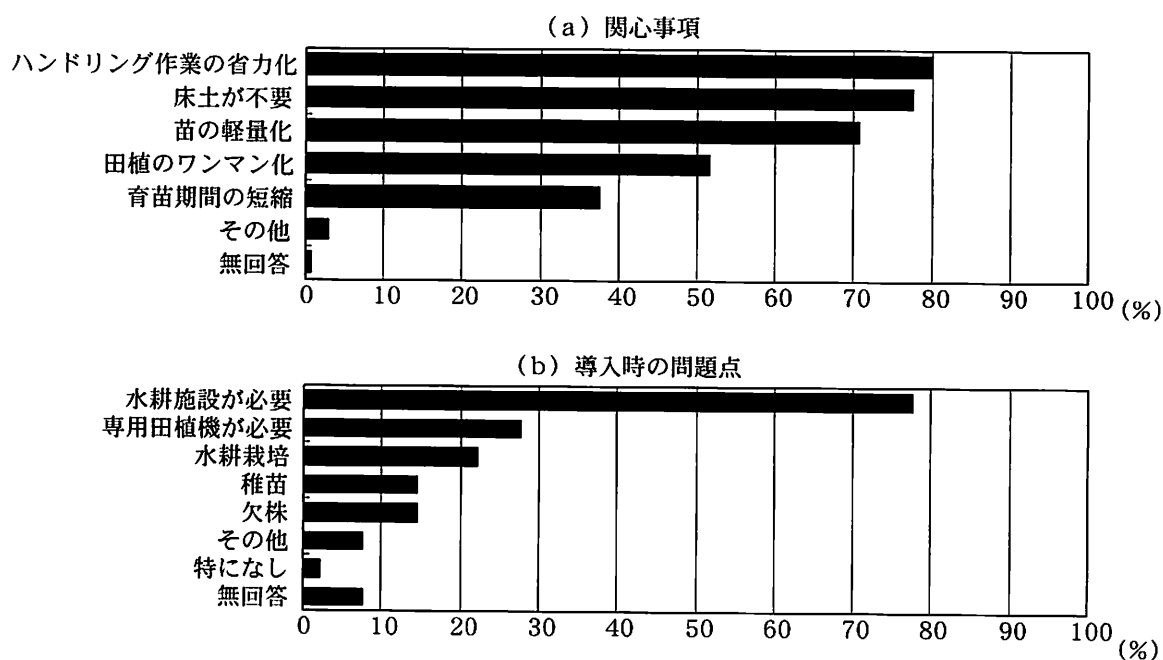


図4-3-2 ロングマット技術に関する評価

資料) アンケート調査 (2003年5~6月実施)

注) サンプル数は130人、複数回答である。

圃場でなかったことが影響しているという考え方である。そのうち、本稿では三番目が要因になっていると考えられる。なぜなら、実演圃場提供者のロングマット技術を導入した後の感想から、欠株が多い点が指摘されているからである。

次に、経営の特徴別によるロングマット技術に対する評価をみると、次の4点の特徴が挙げられる(表4-3-9)。第一に、田植作業人数によって、ロングマット技術に対する関心事項に相違がある。特に作業の省力化やワンマン化に関わる点について、人数が少な

表4-3-9 経営の特徴別のロングマット技術の評価

	(単位：%)										
	関心事項					導入時の問題点					
	作業の省力化	床土が不要	苗の軽量化	田植のワンマン化	育苗期間の短縮	水耕施設	専用田植機	水耕栽培	稚苗	欠株	
全体	80	78	71	52	38	78	28	22	15	15	
田植作業人数											
1人	90	80	70	80	40	90	30	10	20	10	
2~3人	82	83	68	53	39	83	25	22	13	13	
4人以上	71	79	79	50	38	74	38	21	21	18	
年齢											
49歳以下	76	76	64	45	29	86	33	17	12	12	
50~59歳	81	79	63	49	35	77	21	23	19	16	
60歳以上	82	78	84	60	49	71	29	27	13	16	
一人当たり田植作業面積											
1ha未満	71	82	76	58	47	82	33	18	20	18	
1-3ha未満	88	90	69	43	33	81	21	26	10	10	
3ha以上	83	70	61	65	35	83	35	22	17	13	
経営問題											
労働問題	78	82	75	62	40	78	28	14	15	11	
費用問題	89	85	78	67	56	93	37	19	19	30	
作業競合	89	84	74	58	21	84	26	26	16	16	

資料) 図4-2-2に同じ

い階層で高い。第二に、ロングマット技術への関心は高年齢階層ほど高く、特に「苗の軽量化」や「田植のワンマン化」といった項目での評価が高い。第三に、一人当たりの田植作業面積が3ha以上の経営は、「田植のワンマン化」が他の階層と比較して高い。第四に、田植作業での重労働や労働力不足といった労働問題あるいは資材費や雇用費が多いといった費用問題を抱えている経営では、全体的にロングマット技術に対する関心が高いため、導入の可能性が高い。

以上の分析結果より、ロングマット技術の未導入者も、その技術の導入によるメリットに対して多くの人が関心を抱いており、潜在的な導入の可能性を秘めている。特に、年齢や作業規模等による労働問題や、費用の削減を意識している経営では、その傾向が顕著に表れている。他方、この技術の導入に向けては、「水耕施設が必要」になる点が、経営の特徴に関係なく、最も大きな問題になっていることが認められた。つまり、ロングマット苗の育苗施設をいかに低い費用で整備できるかが、導入に向けた大きな課題になると考えられる。

#### 4) 考察

##### (1) ロングマット技術の育苗コスト水準からみた導入の可能性

ロングマット技術は、従来の箱苗移植よりも省力的な技術である。そのため、この技術は、経営面積の規模限界を押し上げる効果を持っており、規模拡大に応じて箱苗移植に代替していく可能性が高いと考えられる。また、このような点は、規模拡大を通じた経営発展方策として有効になることが分析結果から得られている。したがって、今後の水田作経営における規模拡大に対応するための技術的手段として、ロングマット技術が位置づくと考えられる。

現行の育苗コスト水準が564円であることを考えるならば、経営面積が20ha規模の経営では、基本的にロングマット技術の導入が経済的に有利である。しかし、経営面積が10ha規模の経営を想定するならば、育苗施設の二回転以上の利用か、あるいは育苗施設の導入経費の節減が、導入のための前提条件となる。つまり、一苗箱当たり450円未満の育苗コスト水準の達成が、技術普及に当たっての一つの目標になると考えられる。

##### (2) ロングマット技術の導入実態および評価からみた定着に向けた課題

ロングマット技術を導入する経営は、着実に広がりつつあるが、それでも、まだ一部の経営のみが導入しているに過ぎない。また、導入した経営をみても、ロングマット苗の作付面積は、全水稲作付面積の一部のみにとどまっている。この要因の一つは、ロングマット苗の作付面積に対応した育苗施設が必要になり、その施設を整備するために多額の費用が必要になることが考えられる。つまり、多額の費用を要する育苗施設の整備が、導入経営数の増加およびロングマット苗の作付面積の拡大に向けて、最も深刻な阻害要因になっていると考えられる。したがって、育苗施設をいかに容易に整備することができるかということが、ロングマット技術の普及に向けて必要である。そのため、育苗施設に関わる導入費用をどこまで削減できるかが、今後の普及に向けた大きな課題になると考えられる。

ロングマット技術を継続利用する経営は、いくつかの特徴を有しており、また、ロングマット技術に対する評価も経営の特徴によって相違があった。今後、早期にロングマット技術の導入を期待できる経営は、比較的経営面積が大きく労働力が1人しか確保できない、

複合化に対応する労働力が確保できない、米麦二毛作地帯において春季作業の労働力が十分確保できないなどの労働力問題を抱えている経営や、積極的にコスト削減を志向する経営が考えられる。つまり、未だ普及の初期段階にあるロングマット技術の普及対象としては、このような経営をターゲットにしていくことが有効になると考えられる。

#### 5) 今後の課題

本研究では、ロングマット技術に関して、技術的な特性、経営への導入条件、定着に向けた課題等が明らかになった。しかし、現時点において、ロングマット技術の普及は、未だ初期段階である。今後、ロングマット技術の導入や定着、および普及の促進には、技術情報のコミュニケーションのあり方がきわめて重要な要素になってくると考えられる。したがって、技術情報の提供を行うにあたり、どのような種類の情報を、どのようなチャネルを利用して、どのような方法によって行うことによって、普及・定着を促進させることができるのか、という普及の促進に向けた情報のコミュニケーションの影響や役割、およびその体制のあり方を解明する必要がある。

さらに、技術の広範な普及に際して、関係機関の技術導入に向けた体制整備が重要になると考えられる。例えば、育苗施設に関わる導入費用を削減するために、建設資材の低コスト化に向けた取り組みや、経済的支援の整備などが一つの方策になる。また、試行期間には、ロングマット技術の研究開発に携わった研究機関が深く関与していた。しかし、導入する経営が増加すれば、それら機関の対応にも限界が生じるものと予想できる。そのため、各地域において対応を可能にする支援体制づくりが必要になると言える。

#### 文 献

- [1] 梅本雅 (2000) ロングマット苗移植技術の特徴と導入効果. 農林経済, 92825, 2-7
- [2] 梅本雅 (2001) ロングマット水耕苗移植技術の経営的效果と導入条件. 農業技術, 56 (11), 481-486

### 4. 高収益水田輪作営農の定着条件

#### 1) 目的

専門的な土地利用型農業経営の今後の展開方向は、垂直的多角化、水平的多角化、規模拡大という3つの基本的な戦略方向に整理できる。このうち、垂直的多角化は、例えば稲作を基幹部門とすると、販売単価の向上を図るために白米での消費者への直接販売や小売店・食堂等との取引きなどの経営対応を意味している。また、水平的多角化は、栽培する作物や部門の数を増加させることで、労働配分の平準化や所得増大、中間生産物の有効利用、農地の高度利用、さらに部門間のシナジー（相乗）効果の発現等を図ることを目的としており、農地の集積が容易に進まない地域や二世世代以上の労働力条件下にある家族経営、さらに雇用型の法人経営で、これら戦略が追求されることが多い。一方、規模拡大は、基幹部門の面積拡大によって所得の増大やコストダウン（大量購入等による資材単価の引き下げ等も含む）など、規模の経済性および企業規模の経済性を追求しようとする戦略であ



る。

これら戦略は、それぞれ必ずしも単独に実施されるものではなく、複数の戦略が組合される場合も多い。また、どのような戦略が採用されるかは、経営条件（現在の経営規模、労働力の保有状況、資本力など）、地域条件、あるいは経営者の資質や個性にも影響される。しかし、関東東海の平坦水田地帯においては、農地流動化の進展や圃場基盤の整備から、第3に示した規模拡大という方向は、今後のこの地域の水田作経営の基本的な戦略となっていくと考えられる。そのため、以下では、このような戦略対応の基本型とも言える規模拡大を通じた水田輪作営農体系の展開可能性について、現地実証試験の結果をもとに明らかにする。

## 2) 方法

現地実証経営の作業日誌および会計記録データと、実証試験結果をもとに、水稻ロングマット苗移植-水稻乾田直播-麦・大豆不耕起栽培による4年6作水田輪作体系の収益性等に関するシミュレーション分析を行った。

## 3) 結果および考察

### (1) 水田輪作体系のねらい

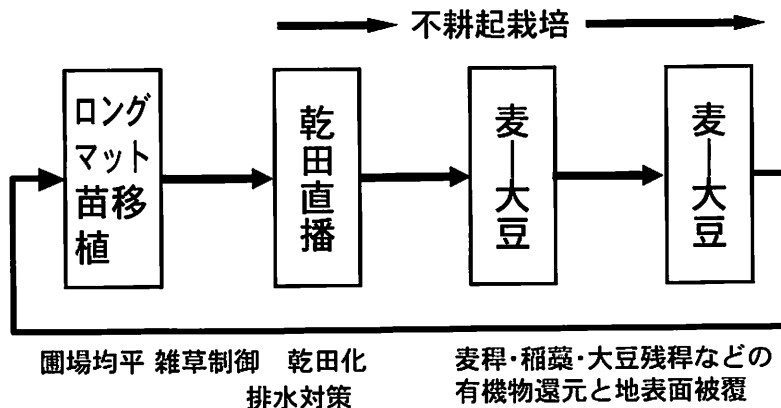


図4-4-1 想定する作付体系

関東平坦水田地帯の水田の耕作を担う水田作経営に適した作付体系として、図4-4-1に示すような水稻ロングマット苗移植、水稻不耕起乾田直播、麦と大豆の不耕起栽培という新技術を組み込んだ4年6作の輪作体系を設定した。このような新技術による輪作体系を設定した理由は、以下の通りである。

まず、作物選択と関わっては、

①水稻単作では特定時期に作業が集中し規模も制約されることから、労働配分の平準化を図る上でも麦や大豆を導入することが有効である

②麦-大豆2毛作体系を採用することで水田利用の高度化が図れる

③現在の米の需給状況、および産地としての米の販売戦略から見ても、水田において30~50%の面積は畑作物を作付けていくことが望ましい。しかも、それらは、大面積の作業が省力的に栽培でき、また、一定の需要が見込める作物である必要がある

④食料・農業・農村基本計画が目標としている食料自給率の向上に資する作物および技術が求められている、などの点がある。

また、技術の適用に関連しては、

⑤稲、麦、大豆といった土地利用型の作物においては、可能な限り規模拡大を進め、低コストを図っていくことが経営展開の基本であり、所与の機械施設装備への投資を抑えつつ面積拡大を図るには、省力化が可能な技術を導入する必要がある

⑥規模拡大を進めていくと、作物の切替時期に作業の競合が生じるとともに、降雨等のリスクも大きくなることから、後作大豆や麦の播種遅延などから収量、品質の低下が生じやすい。そのため、省力的でより適期に作業が可能な不耕起栽培が有利となる

⑦規模拡大過程では労働力面での制約が大きくなることから、補助作業の省略など作業に必要となる組作業人数に係る制約が少ない方式が求められる

⑧大規模になるにつれて作業者の労働負荷が特に問題となることから作業の軽労化を可能とする技術が不可欠となる、といった点を考慮した。

さらに、輪作とすること、さらに、そこでの作付順序の選択については、

⑨水田輪作体系を採ることで、連作障害の回避、土壌構造の改善、雑草発生の抑制など効果が期待でき、また、水田の高度利用が図れる

⑩麦、大豆の栽培は、畑期間が長くなるにつれて収量低下、雑草発生量の増加等の問題が生じることから、輪換効果が維持でき、それら問題を回避できる畑期間2年（麦、大豆4作）が望ましい

⑪畑雑草への対策や、水稻栽培に当たっての漏水防止、圃場の均平化等を図るために、麦大豆の後には、代かき作業を前提とする移植栽培水稻（省力化等を目的にロングマット苗移植技術を導入）を作付ける

⑫移植水稻の次には、排水面で麦大豆作に好適な土壌条件を確保することを目的に、代かきを実施しない不耕起乾田直播栽培による水稻作付けを行う

⑬乾田直播水稻の収穫後には、土壌改良資材の投入等を目的に圃場への耕起（プラウ耕）および整地作業を実施するが、それ以降は、麦稈、大豆稈等有機物の還元、麦稈等の地表被覆による雑草制御、排水対策、作業の省力化、適期遂行等を目的に麦大豆不耕起栽培を実施する

等の点を考慮し、上記の作付体系を設定した。

## (2) 新技術導入による水田輪作体系の収益性向上効果

### ア) 分析方法

新技術、特に体系化技術の普及に当たっては、その導入が経営全体にどのような効果をもたらすかを事前に提示するとともに、その経済性や作業可能性等の検証を図っていく必要がある。また、そのような技術体系としての解析を進める中から新たな技術的改善点を見出し、それを総合研究として再び体系化試験の中に組み込んでいくこと、さらに、政策変更や価格条件の変化を与件として与え、そのような新たな経営環境条件の下でも新技術を導入した経営運営が成立し得るかどうかを判断するには、数学モデルとして経営それ自体を再現し、上記の諸点に対するシミュレーションを実施していくことが有効である。そのため、ここでは、線形計画法という手法を用いて分析を実施した。

### イ) 計算の前提

線形計画法を用いて新技術の評価を実施する上では、①現実を的確に再現できるモデルを構築すること、②新たな技術導入や経営改善策の効果が評価できるようプロセスが設定されていること、③政策条件の変化や経営運営（作目選択や新技術の導入など）に当たっての経営者の判断項目が反映できるモデルにしておくこと、④研究としてモデルの構造にオリジナリティを持つものであること、⑤シミュレーションを実施する場合にはそのシナリオ設定において展望性を発揮できるようにすること、等の諸点に留意する必要がある。

以上の問題意識の下で、ここでは、前提となる営農モデルとして現地実証経営を念頭に置き、かつ、当経営の会計記録や作業日誌のデータ、さらに現地圃場における新技術の実証試験結果等を用いてモデルを設定した。

計算の前提およびモデルの内容は、以下の通りである。

①労働力は、男性4名、女性2名とし、雇用労働力は、現地実証経営の2001年の実績値を上限として設定した。

②経営面積は、現状から、地代（関東平均22,185円/10a）を支払うことでさらなる規模拡大が可能と仮定した。

③育苗ハウスは、現有施設（ハウス5棟）を上限とし、水稻の育苗およびいちごのハウス面積は現状値を最大とした。また、ロングマット育苗施設は、現在設置されている1ハウス、4ベンチが利用可能とし、さらに固定費を負担すれば施設の増設は可能とした。

④モデルにおける営農プロセスとしては、作物は、水稻、麦、大豆、いちご、味噌加工を、また、水稻の品種は、あきたこまち、コシヒカリ、ミルキークイーン、キヌヒカリ、ゆめひたちを、大麦はカシムムギ、大豆はタチナガハとした。また、栽培方法は、水稻は、不耕起乾田直播栽培、土付き苗移植栽培、ロングマット水耕苗移植栽培の3種類を、大豆は、耕起普通畦栽培、不耕起狭畦栽培、麦は、耕起栽培と不耕起栽培を設定した。なお、いちごについては、ロングマット育苗施設を利用した割ポット苗利用方式による施設の汎用利用および育苗作業の省力化の効果の評価も検討したが、データの制約から、今回は現地実証経営の実績値をそのまま用いることとした。また、味噌加工については、問題の単純化を図るために、現状値に固定した。

⑤作付体系は、水稻移植栽培－水稻乾田直播－麦大豆栽培という4年6作を前提とした。但し、作付体系としてのプロセスは設定していない。なお、麦と大豆は2毛作されるという前提をおいた。また、作期分散や買入制約から現地実証経営が大麦と小麦の2種類の麦を常に作付けていることや、問題を簡略化するために、大麦と小麦は同面積作付けするという仮定をおいた。

⑥計算に用いたデータは、各作物、品種、栽培方法別の単価、単収、生産費、および作物、栽培方法、作業別の労働時間に係るデータであり、表計算ソフトであるマイクロソフトエクセルを用いて、個々の原データを入力あるいは修正すると、自動的にそれに関連する利益係数や労働時間等が集計され、連動して単体表のデータが作成・修正されるようなフォーマットを作成し、それを用いて各種のシミュレーションを実施した。

⑦利益係数は、営農組合の実績値を参考としたが、問題は単価であり、稲作経営安定対策、大豆作経営安定対策、麦作経営安定対策の施行により、その内容は極めて複雑となっている。そのため、ここでは、生産者実受取価格を算出し、それらを販売単価として用いた。また、単収については、現地実証経営の実績値をベースとしつつ、栽培方法、あるい

は播種期の遅れなどを考慮し、試験データも採用しながら各ケースの単収を決定した。このような単価×単収から10 a 当たり収入を求め、さらに、生産調整に係る抛却や助成金を加除し、そこからそれぞれの栽培方法等に応じた費用（変動費）を差し引き、利益係数を設定した。

⑧制約式としては、労働力数の他、ハウス面積や作業別労働時間等を制約条件とした。まず、上限となる労働時間については、先の労働力数に、日照時間等も考慮した時期別の可能労働時間数を設定した。なお、ロングマット苗移植は、育苗、移植過程における軽労化を可能とする技術であること、さらにこのような労働負荷は、大規模経営では作目選択上の大きな判断要素となると考えられることから、作業毎に、筋的労働の強度を示す作業代謝率（RMR）、作業姿勢による負荷を示すOWASの判定値を加え（これらについては、中央農業総合研究センター作業技術研究部佐々木豊氏作成のデータを用いた。詳しくは、本書の第2章第3節参照）、労働負荷値を「作業時間数×作業代謝率×OWASによる判定値」として総合化した数値として設定した。そして、それら負荷値を用いて労働時間をウエイト付け（ここではRMR×OWASの値が最大2を超えないようにした）して試算を行うことで、労働負荷を考慮したシミュレーションを実施した。

⑦生産調整対策への対応については、新たな米政策改革大綱の制定という状況を踏まえ、町から提示される転作割当て（転作率）に添って転作を実施するのではなく、水稻作付10 a に対する全国とも補償として4,000円＋需給調整米需要開発基金への1,500円の抛却と、麦－大豆作付けに対する4.6万円／10 a の助成（対象事例は土地利用集積型に該当し、また、当該地域では町からの助成もあることから先述したように助成金の額は非常に多いが、ここでは、一般的な地域を念頭に置きつつ、また、今後の助成金の方向性も考慮して、現行の約半額の4.6万円を設定した）を前提に、農業者がそれら金額や労働配分面からみた麦大豆作の経済性を自ら考慮して作目選択を行うこととした。

⑧計算は、中央農業総合研究センター大石亘氏作成のXLPを用いた。

#### ウ) 分析の視点

このような前提を置きつつ、ここでは、省力技術を組み込んだ水田輪作体系の経済効果を把握するために、①地代を支払って規模拡大可能とした場合に、それら技術の導入によりどれだけの面積の耕作が可能となるか、②その最大規模（収益を最大化するという点での経済的な最適規模）において所得はどれだけ期待できるか、③最大規模において新技術はどれだけ採用され、部門構成（作物別面積）はどうなるか、さらに、④規模拡大に伴い農業者が作業の軽労化効果を評価する（計算上は労働制約において労働負荷係数によるウエイト付けを行った労働時間を用いて分析）と仮定した場合に軽労化技術であるロングマット苗移植はどの程度採用されるかといった視点を中心にシミュレーション分析を行った。

#### エ) 分析結果

シミュレーションは、様々なケースについて実施したが、上記視点に対応する分析結果を要約的に示すと図4-4-2の通りである。この図が示すことは、

①現地実証経営の現状規模を約40haとして、慣行技術と言える水稻土付き苗移植と麦大豆耕起栽培のみで規模拡大を進めたとしても62haで限界となる。

②大豆の播き遅れが生じ7月中旬播種となると所得が大きく減少するのに対して、麦大

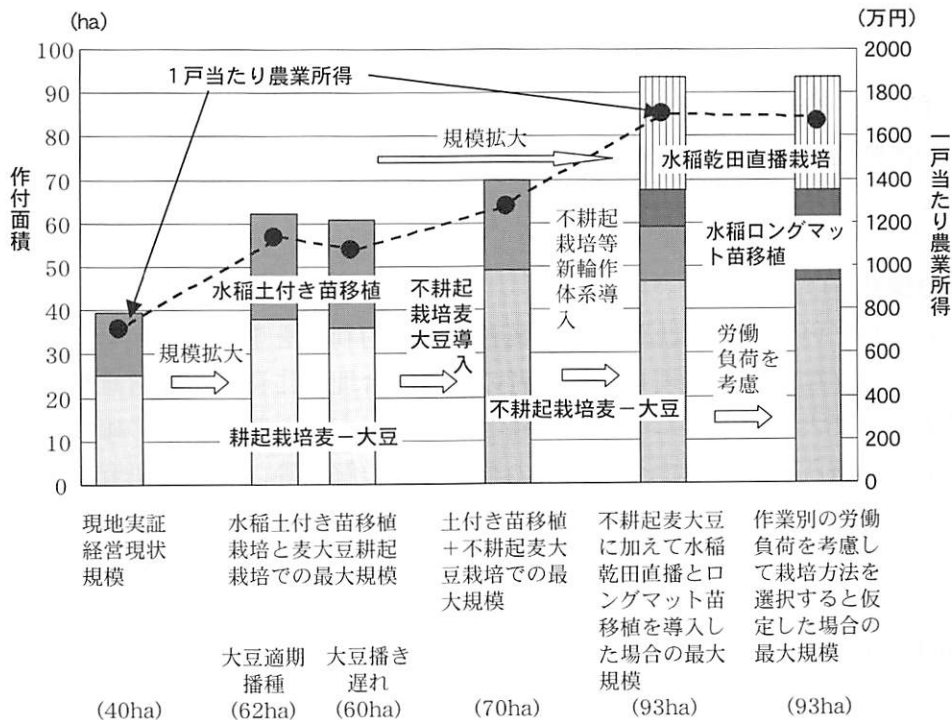


図4-4-2 水稲ロングマット苗移植-水稲乾田直播-麦・大豆不耕起栽培による4年6作水田輪作体系の経営的効果

(注) 現地実証経営 (3戸の共同経営) 記録および実証試験データをもとに線形計画法を用いて試算。計算の前提については文中を参照。なお、農業所得は経営の総所得額を3戸で除して算出している。

豆不耕起栽培の導入を前提とすると、適期播種から単収が向上し、所得増大が可能となる。

③土付き苗移植+麦大豆耕起栽培体系の中に麦・大豆不耕起栽培を導入することで、最大70ha、したがって8haのさらなる面積拡大が可能となり、蒔き遅れによる大豆減収を想定した場合 (耕起栽培での最大規模) に比べ約270万円の所得増加が期待できる。

④慣行技術 (土付き苗移植および麦大豆耕起栽培) に加え、水稲不耕起乾田直播、ロングマット苗移植、麦大豆不耕起栽培を導入することで、最大規模は93ha (延べ作付面積139ha) となる。

⑤そこでの農業所得は、1戸当たり換算で現状の2.3倍の1,600万円に達する (なお、麦大豆作については約2.2万円/10aの地代を支払い、同時に4.6万円/10aの助成金を受け取っていることに留意する必要がある。これら助成金と地代の差額となる収入は、1戸当たり換算して約370万円である。したがって、この金額を除く1,230万円が、作物生産からの収入<sup>注1)</sup>となる)。

⑥最大規模での部門構成と新技術の採用面積は、図の右から2番目のグラフに示すように、水稲47ha (土付き苗移植13ha、ロングマット苗移植9ha、直播25ha)、不耕起栽培麦-大豆46haと、新技術が大きく採用されるようになる。

⑦以上の計算は、通常行われる作業別労働時間数を直接制約条件に設定して試算したものであるが、規模が拡大する程、農業者にとって作業の軽労化は重要な意義を持つてくる。そのため、労働制約式において、前提条件の項で述べた労働負荷ウエイト付き労働時間を用いて計算を行った結果を図の右側のグラフに示したが、省力効果と併せて、ここでは軽

労化効果がより評価されるため、土付き苗移植に換わってロングマット苗移植が全て採用されるようになる<sup>注2)</sup>。

以上の結果は、新技術を導入した輪作体系は、水田作経営の収益性向上に有効であり、今後農地の流動化が進むとすれば、新たな米政策改革大綱の推進の下でも水田作経営の中に麦大豆を定着させ、水田の高度利用に寄与し得ることを示すものである。

#### 4) 今後の課題

現在進められている米政策改革は、農業者の主体的判断を重視している。この点で、経営環境に係る様々な情報を整理し、経営者の判断の合理化に資する経営意思決定支援システムの構築や、麦大豆の市場ニーズの把握とそれに対応した栽培技術の確立、さらに、水田輪作体系等を核とする産地づくり戦略の策定方法の解明等について研究を実施していく必要がある。

また、稲-麦-大豆に関する水田輪作体系のより一層の低コスト化や環境保全型農業への要請に応じていくために、除草剤散布や施肥など個々の栽培管理作業の省略可能性の検討や耕種的防除の適用、そして、これら新技術の適用範囲の明確化やその普及定着条件の解明が求められる。そして、それら技術的改善を踏まえ、より収益性・生産性が高く、品質も優れた生産物を提供しするとともに、水田農業の担い手育成および水田地帯の地域戦略の構築に寄与できる水田輪作営農体系を確立していくことが今後の課題である。

#### 注

- 1) 但し、稲作・大豆作経営安定対策の補てん金や麦作経営安定資金、大豆交付金定額助成などの政策的助成は含まれている。
- 2) なお、省力的なロングマット苗移植が採用されるのに、土付き苗移植を含んだケースと最大規模が変わらないのは、労働負荷に対応して実質的に作業毎の必要労働時間数は増加するという設定を行っているからである。

## 研究成果および研究発表一覧

中課題	研究成果のタイトル等	著者名	公表媒体の内容等		
			年・月	雑誌名等	巻(号), 頁
1	火山灰土壌におけるリン酸施用による小麦子実蛋白質含量の抑制	渡邊好昭、金子成延、中村信吾、蝶野真喜子、本多一郎	2002.12.12	雑誌日本作物学会関東支部会	17,48-49
1	火山灰土壌におけるリン酸の収量と子実蛋白質含量への影響	渡邊好昭、金子成延、中村信吾、蝶野真喜子、安倍史高	2003.12	日本作物学会関東支部会	18,18-19
1	小麦の高品質化栽培法	渡邊好昭	2002.07	食糧月報	7 (7) ,6-11
1	高生産性水田の管理技術、高生産性水田農業と基盤整備	藤森新作	2001.1	農業土木学会選書	16、19-44
1	大区画圃場整備に適した新しい整地均平工法	藤森新作	2001.6	農業および園芸	76巻5号、678-684
1	土壌硬化剤マグホワイトの農業土木的な利用技術	藤森新作、小堀茂次	2001.4	ARIC情報	第62号、54-60
1	新しい土壌硬化剤マグホワイト	藤森新作	2001.9	ラジオたんぱ第一放送	
1	新しい土壌硬化剤「マグホワイト」	藤森新作	2001.11	農業技術	56巻11号、511-515
1	土に混ぜて「あぜ」の強度アップ、軽焼マグネシアを主原料にした土壌硬化剤を開発	藤森新作	2001.11	現代農業	11月号、180-181
1	環境に優しい土壌硬化剤の開発	藤森新作	2002.3	平成12年度研究成果選シリーズ	29-30
1	マグネシア質を主成分とする環境に優しい土壌硬化剤の利用技術	藤森新作・小堀茂次	2001.11	農業土木学会関東支部大会講演要旨集	45-46
1	自然圧パイプラインによる地下かんがい方式	藤森新作	2002.2	機械化農業	3009号、4-7
1	自然圧パイプラインシステムによる地下灌漑試験	谷本 岳・井村英樹 北川 巖・藤森新作	2002	農工研技報	200号、pp.43-51
1	低圧パイプラインシステムによるかんがい技術	谷本 岳・藤森新作 他	2002.6	平成13年度農業工学関係成果情報	
1	自然圧パイプラインシステムの実用性について	藤森新作・小野寺恒雄他	2001.11	農業土木学会関東支部大会講演要旨集	63-64
1	地下かんがい圃場における地下水位と土壌水分の変動	谷本 岳・藤森新作 井村英樹	2001.8	農業土木学会大会講演要旨集	
1	弾丸暗渠を組み合わせた無勾配暗渠排水試験 (I) - 降雨時における排水特性 -	谷本 岳・若杉晃介 藤森新作・小野寺恒雄・浅利達朗	2003.7	平成15年度農業土木学会大会講演要旨集	702-703
1	弾丸暗渠を組み合わせた無勾配暗渠排水試験 (II) - 無勾配暗渠の動水勾配 -	小野寺恒雄・谷本岳 若杉晃介・藤森新作 浅利達朗	2003.7	平成15年度農業土木学会大会講演要旨集	704-705



1	地下灌漑システム「FOEAS」の開発	小野寺恒雄・藤森新作・谷本 岳・若杉晃介	2003.1	平成15年度農業土木学会東北支部講演要旨集	
1	多目的水田を実現する低コスト地下灌漑システム「FOEAS」	藤森新作	2003.12	農業技術大系作物編	第8巻追録24号
1	低コストで水田の大区画化と畑作物栽培を可能とする反転均平工法	藤森新作	2001.6	ラジオたんぱ第一放送	
1	田面の緩傾斜化による排水および灌水の迅速化技術	若杉晃介・藤森新作 谷本 岳他	2001.8	平成13年度農業土木学会大会講演要旨集	21-26
1	暗渠排水装置	藤森新作・小野寺恒雄	2002.5.16	特願2002-101700	
1	地下灌漑システム	藤森新作・小野寺恒雄	2003.2.13	特願2003-35021	
1	地下灌漑システムにおける用水供給装置暗渠排水装置	藤森新作・小野寺恒雄	2003.2.13	特願2003-35027	
1	地下灌漑用暗渠装置およびその形成方法	藤森新作・小野寺恒雄	2003.2.13	特願2003-35031	
1	暗渠埋設溝およびトレンチャー	藤森新作・小野寺恒雄	2003.3.26	特願2003-84465	
1	弾丸暗渠形成装置および方法並びに通水溝形成装置	藤森新作・小野寺恒雄	2003.12.8	特願2003-409288	
1	環境改善セメント組成物	藤森新作・小堀茂次	2002.2.25	特願2002-28408	
1	抑草マルチング組成物	藤森新作・小堀茂次	2002.11.21	特願2002-337759	
1	水田圃場漏水防止作業機	藤森新作・田辺義男	2003.5.13	特願2003-134252	
1	圃場傾斜化素早く排水			日本農業新聞	2001.5.17
1	ほ場の傾斜化で大豆、麦収量増へ			日本農業新聞	2001.5.23
1	本作へ田んぼリニューアル(下)			全国農業新聞	2001.8
1	ダイズ畑におけるオトリ作物ならびに障壁作物の設置がカメムシ類およびサヤムシ類の発生と被害に及ぼす効果	刑部正博・本多健一郎	2002	日本応用動物昆虫学会誌	46,233-241
1	ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発生活長と合成フェロモントラップによる誘殺消長の差異	水谷信夫・守屋成一・本多健一郎	2002	関東東山病害虫研究会報	49,105-107
1	ホソヘリカメムシ合成集合フェロモントラップの形状の検討	守屋成一・水谷信夫	2003	関東東山病害虫研究会	50
1	ホソヘリカメムシ合成集合フェロモントラップに捕獲されるホソヘリカメムシと他種昆虫に及ぼすトラップ色の影響	西本佳子・水谷信夫 守屋成一	2003	九州病害虫研究会報	49,92-95
1	Examination of the form of synthetic aggregation pheromone traps and daily flight activity of the bean bug, Riptortus clavatus (Thunberg), attracted by the synthetic pheromone	Seiichi Moriya and Nobuo Mizutani	2004	Korea-Japan joint conference on applied entomology and zoology, 2003	

1	ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発生活長と合成フェロモントラップによる誘殺消長との差異	水谷信夫・守屋成一 本多健一郎	2002	関東東山病 害虫研究会 第49回研究 発表会講演	
1	合成集合フェロモンを誘引源とする水 盤トラップにおけるホソヘリカメムシ の捕獲効率	守屋成一・水谷信夫	2002	第46回日本 応用動物昆 虫学会大会 講演	
1	ホソヘリカメムシ合成集合フェロモン トラップの形状の検討	守屋成一・水谷信夫	2003	関東東山病 害虫研究会 第50回研究 発表会	
1	合成集合フェロモンへ飛来するホソヘ リカメムシ成虫の日周活動	守屋成一・水谷信夫	2003	第47回日本 応用動物昆 虫学会大会 講演	
1	合成集合フェロモントラップに捕獲さ れるホソヘリカメムシと他種昆虫に及 ぼすトラップ色の影響	西本佳子・水谷信夫 守屋成一	2003	第68回九州 病害虫研究 会講演	
1	防除の実際 大豆, 大豆の虫害対策		0	日本農業新 聞2003年2 月27日	
1	根粒超着生ダイズ ーその特徴と実用 化に向けての課題ー	高橋幹、中山則和、 金榮厚、野原努、有 原丈二	2003.4	日本作物学 会紀事	72 (別1) ,330- 331
1	根粒超着生ダイズ品種「作系4号」の 育成	高橋幹、有原丈二、 中山則和、国分牧衛、 島田信二、羽鹿牧太、 高橋浩司	2003.2	作物研究所 研究報告	4,17-28
1	根粒超着生ダイズ品種の実用性の検討	高橋幹	2004.3	農業技術	59 (3) ,印刷中
1	根粒10倍 “スーパー大豆”		2003.4	日本農業新 聞	4月16日第1面
1	スーパー大豆「作系4号」		2004.1	日本農業新 聞	1月1日第19面
1	Development of the elite super- nodulating soybean line and research on its physiological char- acteristics in Japan	高橋幹	2003.10	日韓共同研 究「根粒超 着生大豆の 優良系統育 成とその生 理的特性解 明」講演会	
1	窒素固定能力に優れた根粒超着生ダイ ズ品種「作系4号」	高橋幹	2003.11	くろっぶニ ュース	11,2
3	不耕起無中耕無培土栽培大豆における 狭畦化と除草剤による抑草効果	中山壮一、浜口秀生、 渋谷雄二、小野信一	2001.04	雑草研究	46 (別) ,72-73
3	不耕起無中耕無培土栽培ダイズにおけ る麦稈被覆、ダイズ畦幅および除草剤 の体系処理による抑草効果	中山壮一、浜口秀生	2003.04	雑草研究	48 (別) ,236- 237
3	狭畦栽培	中山壮一	印刷中	農業技術大 系 作物編	ダイズ 追捕
3	大豆不耕起栽培における技術的課題	中山壮一	2003.08	第5回東北 雑草研究会	
3	もう移植には負けない!!ーーー播種時 の接触施肥により不耕起乾田直播水稲 の高収量を実現	総合研究第1チーム	2002.01	中央農業総 合研究セン ターニュー ス	3,3

3	ロングマット水耕装置の汎用利用技術	東尾久雄	2003.7	平成15年度 専門技術員 研修「専門 研修」水稲 ロングマッ ト水耕苗の 育苗・移植 技術資料	35-41
3	ロングマット水耕装置の汎用利用技術	東尾久雄	2003.6	水稲ロング マット水耕 苗の育苗・ 移植技術実 演会資料	15-18
3	ロングマット水耕装置を利用した野菜 苗生産技術の開発	東尾久雄・廣兼久子 佐藤文生・徳田進一 浦上敦子	2004.04	園芸学会雑 誌	73 (別1)
3	インターネットを利用した農作業シミュレーションプログラムの開発	金谷 豊, 梅田直円, 長坂善禎, 飯嶋 渡		農作業研究 (投稿中)	
3	小麦移植と大豆狭畦栽培(狭条間播種) による水田輪作体系の試み	金谷豊, 梅田直円, 長坂善禎	2002	農業機械学 会第61回 (平成14年 度)年次大 会講演要旨	197-198
3	大豆コンバインを基幹とする麦大豆輪 作技術シミュレーション	金谷豊, 飯島渡, 梅 田直円, 長坂善禎	2003	農作業研究	38 (別号1), 37-38.
3	水田農業の新たな展開と検討すべき論 点	梅本 雅	2001.12	関東東海農 業経営研究	92,1-10
3	水田作経営の現状と経営対応—地域別 経営モデルによる分析	梅本 雅	2001.03	農業経営研 究	38 (4) ,62
3	大豆生産をめぐる環境変化と本作化の 条件	梅本 雅	2001.1	農林経済	9387,2-9
3	麦・大豆本作化に向けた経営的課題と 条件	梅本 雅	2001.07	公庫月報	608,10-13
3	ロングマット水耕苗移植技術の経営的 効果と導入条件	梅本 雅	2001.11	農業技術	56 (11) ,1-6
3	水田農業経営確立による自給率向上の 可能性	梅本 雅	2002.01	農業および 園芸	77 (1) ,204- 211
3	不耕起栽培	浜口秀生	2002.2	農林水産研 究文献解題	No.27, 254- 263
3	水稲直播栽培技術普及の現状と特徴	梅本雅	2002.3	関東東海農 業経営研究	93,45-55
3	消費ニーズに対応した国産大豆生産振 興の課題と条件—豆腐・納豆に対する 購買行動実験と大豆作経営実態調査結 果を素材として—	梅本雅, 山本淳子, 大浦裕二	2002.6.16	日本フード システム学 会大会 2002年度 (報告要旨)	*,86
3	新たな生産調整と稲作経営安定対策— 稲作の姿を変えるか—	梅本雅	2002.12	農林統計調 査	52 (12) ,11-15

3	第2章 品目別コスト分析 第1節 米・麦・大豆	梅本雅	2003.01	農産物のコスト分析 主要農産物の経営的、 総合的コストの徹底分析 (流通システム研究センター)	11-29
3	第10章 マメ類の経営・経済的分析 第1節 水田作経営におけるマメ類の 経営・経済的分析	梅本雅	2003.03	中央農業総合研究センター総合農 業研究叢書	44,627-635
3	市場ニーズに対応した国産大豆生産振 興の課題と条件	梅本 雅・山本淳子 大浦裕二	印刷中	フードシ ステム研究	10 (3)
3	稲・麦・大豆の低コスト・省力輪作体 系	梅本雅	2003.3	水田高度利 用における 低コスト・ 省力機械化 一貫体系の 現状と課題 (新稲作研究 会・中央農 業総合研究 センター)	29-47
3	汎用型不耕起播種機による大豆不耕起 狭畦栽培マニュアル	浜口秀生・中山壮一 梅本 雅	印刷中	中央農業総 合研究セン ター研究資 料	
3	大豆作の技術的課題と大豆不耕起狭畦 栽培技術の経営的評価	梅本雅	印刷中	関東東海農 業経営研究	94
3	ディスク駆動式汎用型不耕起播種機に よる大豆不耕起狭畦栽培	梅本雅	2004.2	機械化農業	3033,13-17
3	大豆不耕起狭畦栽培技術の経済的効果	梅本雅	2003.1	農林経済	9563,2-7
3	Development of Rice Cultivation Technology and Economic Effects of New Technology	Masaki UMEMOTO	2003	Farming Japan	37 (6) ,10-16
3	水稲の乾田直播、麦・大豆不耕起栽培 を中軸とした大豆の新栽培システム	梅本雅・島田信二	2003.11	北から南か ら	321,6-10
3	ディスク駆動式汎用型不耕起播種機に よる大豆不耕起狭畦栽培技術の開発	梅本雅	印刷中	機械化農業	
3	稲-麦-大豆を基幹とする水田輪作営 農体系の経営的評価の方法と今後の研 究課題	梅本雅	印刷中	ファーミン グシステム 研究	4
3	ディスク駆動式汎用型不耕起播種機に よる大豆不耕起狭畦栽培技術	浜口秀生、中山壮一、 梅本雅	2003.03	主要研究成 果(技術・ 普及)	
3	大豆生産底上げを 省力低コスト化探 る			日本農業新 聞	2003.9.24
3	大豆不耕起栽培で省力化			日本農業新 聞	2004.1.13
3	土壌フィルターを用いたロングマット 苗の根の伸長阻害防止	北川寿、小倉昭男、 白土宏之、屋代幹雄、 宮坂篤	2002.8	研究成果情 報	共通基盤,平 13,328-329
3	ロングマット水耕苗の活着と初期生育	北川寿、小倉昭男、 白土宏之、屋代幹雄	2002.8	研究成果情 報	共通基盤,平 13,360-361

3	移植時の水管理条件とロングマット水耕苗の生育・収量について	北川寿、小倉昭男、 屋代幹雄	2001.09	日本作物学 会紀事	70(別2), 107- 108
3	水稲ロングマット水耕苗の移植栽培における植付本数と収量との関係	北川寿、小倉昭男、 屋代幹雄	2001.12	日本作物学 会関東支部 会報	16, 24-25
3	短い育苗日数軽く運搬も楽に	北川寿	2001.12	農業機械化 広報	380,8-11
3	ロングマット苗の安定育苗・移植技術の開発	北川寿	2001.08	平成13年 度関東地域 直播稲作推 進会議現地 検討会資料	7月8日
3	水稲の省力移植技術について	北川寿	2002.03	平成13年度 東海地域稲 作構造確立 検討会資料	3月15日
3	良質米生産のための水稲育苗最新技術 水稲育苗シリーズNo.2	北川寿	2002.01	日本農業新 聞	1.19, 4-5
3	温湯消毒と巻取補助装置を組入れたロ ングマット水耕苗の育苗・移植体系	北川寿、小倉昭男、 白土宏之、梅本雅、 屋代幹雄(東北研)、 宮坂篤、佐々木豊、 森田弘彦(九州研)、 田坂幸平(九州研)	2003.6	主要研究成 果1) (普及)	共通基盤,平 14,336-337
3	水稲ロングマット水耕苗の欠株発生と 収量	北川 寿、小倉昭男、 白土宏之、屋代幹雄 (東北農研)	2003.6	主要研究成 果(参考)	関東東海北陸 農業Ⅱ,平 14,50-51
3	水稲ロングマット水耕苗と土付苗の活 着特性の比較	北川寿、小倉昭男、 白土宏之、屋代幹雄	2002.04	日本作物学 会紀事	71(別1), 160-161
3	水稲ロングマット水耕苗と土付苗の低 温活着の比較	北川寿、小倉昭男、 白土宏之	2002.08	日本作物学 会紀事	71(別2), 202-203
3	ロングマット水耕苗の移植精度向上技 術の開発(第1報) 苗マットの素材と田植機の苗押さえ 方法による移植精度	小倉昭男、北川寿、 白土宏之	2002.09	第61回農 業機械学会 年次大会講 演要旨	201-202
3	農家の奥さんから喜びの声も届いた水 稲ロングマット水耕苗育苗・移植技術 の現地検討会	北川寿	2003.02	中央農研ニ ュース	7,p6
3	ロングマット水耕苗による新しい田植 え技術	北川寿、小倉昭男、 白土宏之	2003.01	NARCホー ムページ	
3	ロングマット水耕苗による新しい田植 え技術	北川寿、小倉昭男、 白土宏之	2002.12	NARCパン フレット	
3	21世紀型の農業 水耕栽培の稲苗岩瀬 で移植実演		2001.05	茨城新聞	5.16,
3	水稲ロングマット水耕苗 育苗・移植 技術をマニュアル化		2001.05	日本農業新 聞	5.23,
3	苗箱減らし軽労化		2001.05	日本農業新 聞	5.29,-4
3	農業技術戦略		2002.01	全国農業新 聞	1.1
3	水稲ロングマット本格普及へ		2002.12	日本農業新 聞	12.10
3	ロングマット水耕苗		2002.12	しんほう	12.16,-7
3	中央農研水稲ロングマットで現地検 注目の技術 03農業へ期待高まる		2002.12	農機新聞	12.17,-4
3			2003.01	日本農民新 聞	1.3,10合併号- 10

3	軽くてきれいで快適な水稲ロングマット水耕苗の普及へ	2003.01	全国農業新聞	1.10 -4
3	田植え準備・作業楽々	2003.01	日本農業新聞	1.13
3	育苗から田植え大幅省力化	2003.01	農機新聞	1.28
3	水稲育苗シリーズNo.3 基本技術病害編	2003.02	日本農業新聞	2.26
3	ロングマット稲作普及へ	2003.3		3.7
3	田植え作業軽く、早く	2003.05	岩手日報	5.14
3	苗補給や運搬の軽減に期待	2003.05	岩手日々新聞	5.14
3	省力化と軽労化実現	2003.05	胆江日々新聞	5.14
3	ロール苗田植えに期待	2003.05	日本農業新聞(北東北版)	5.16
3	水稲栽培を省力化ロール布地で育苗、田植え	2003.05	岳麗新聞社	5.24
3	ロングマット水耕苗の田植え	2003.05	日刊	5.24
3	水耕で育苗、田植え省力化「ロングマット」県内初導入	2003.05	静岡新聞	5.27
3	田植え 様変わりNo.1	2003.06	日本農業新聞	6.3
3	ロングマット水耕苗6日、農研機構が実演	2003.06	日刊工業新聞	6.2
3	マットで田植え楽々	2003.06	茨城新聞	6.7
3	マットで苗を水耕栽培 田植えらくらく 農研機構が新手法	2003.06	日本経済新聞	6.7
3	ロングマットで1人で田植えを	2003.06	毎日新聞	6.7
3	“らくらく田植え”に注目	2003.06	産経新聞	6.7
3	無人田植えシステム	2003.06	日経産業	6.8
3	水稲ロングマットで実演 夢の田植え	2003.06	日本農業新聞	6.10
3	中央農研水稲ロングマットの実演会	2003.06	農機新聞	6.17
3	もうすぐ田植えもロボット時代到来	2003.06	全国農業新聞	6.20
3	水稲ロングマット水耕苗の移植試験	2003.07	全国農業新聞	7.4
3	ロングマット苗補給なしで30アール田植え	2003.07	商経アドバイス	7.14
3	全国農業コンクール	2003.07	毎日新聞(地域のニュース)	7.22
3	水稲ロングマット水耕苗の育苗・移植技術実演会 軽くてきれい、省力・軽労・低コスト化を実現	2003.07	今月の農業7月号	
3	冷夏でも高収量 ロングマット懇話会開く	2003.12	農村ニュース	12.15
3	70周年記念講演会から 新たな農業技術を開く研究開発2	2003.12	農機新聞	12.16 -11
3	軽量ロングマット水耕苗でらくらく田植え	2003.12	農業共済新聞	12.17 4
3	ロングマット苗移植 冷夏でも高い収量 懇話会で稲作農家が報告	2003.12	農村ニュース	12.22 5
3	ロングマット苗の移植	2002.12	NHK	12.4
3	省力化 新しい形の田植え	2003.05	岩手放送	5.14

4	水稲ロングマット水耕苗の育苗・移植技術の導入過程	松本浩一	投稿中	関東東海農業経営研究	
4	体系化技術の導入意向の規定要因—水稲ロングマット水耕苗育苗・移植技術を対象にして—	松本浩一・山本淳子 関野幸二	投稿中	農業経営研究	
4	関東東海地域における水田流動化の規定要因	平野信之	2003.6	米麦改良協会	米麦改良6月号
4	農地流動化進展地域における農地管理の課題	平野信之	2002.12	日本農業経済学会	2002年度日本農業経済学会論文集
4	農地流動化と農地管理	平野信之	2002.6	農林統計協会	農林統計調査52巻6号
4	水田農業の構造変化	平野信之	2001.12	関東東海農業経営研究名等	92



## おわりに

本書は、地域総合研究「麦・大豆不耕起播種および水稲のロングマット苗移植を主軸とする高収益水田輪作営農体系の確立」の研究成果を取りまとめたものである。この研究は、平成5年から10年にかけて農林水産省農業研究センター（当時）において実施された地域先導技術総合研究「大規模低コスト水田営農活性化技術の確立」、および平成10年度からの「水稲の直播およびロングマット苗移植を主軸とする高収益水田輪作営農体系の確立」というプロジェクトを引き継ぐものであり、いずれも茨城県新利根町を現地実証地と設定して研究が行われた。その後、予算上の組み替えにより、平成13年度からは『食料自給率向上のための21世紀の土地利用型農業確立を目指した品種育成と安定生産技術の総合的開発（21世紀プロ）7系 土地利用型農業経営における高度輪作体系の確立』のなかで、また、最終年の平成15年度には、交付金プロジェクトの地域総合研究として実施された。

本研究は今年度が最終年度であり、現在その取り纏めを進めているところであるが、これまでに一定の成果が現れてきたこと、また、研究年度内の成果の公表を目標としたことから、年度内刊行の作業上限界となる2003年12月を期限に原稿の取り纏めを行った。そのため、本研究の今年度の成果の一部は含まれていない。これらについては、別途、平成15年度試験研究成績書として取り纏めを図る予定である。

平成6年から今日にかけて、個々の研究課題は異なるが、その基本方向としては水田高度輪作体系の確立に向けて試験研究が進められてきた。我が国の水田農業は、米政策改革という新たな制度のもとで、地域の水田農業の確立がまさに急務の課題となってきている。本書がそれら営農現場での取り組みの支援となれば幸いである。

なお、本書の取り纏めは、中央農業総合研究センター関東東海総合研究部総合研究第1チームが担当した。

## 総説誌「ファーミングシステム研究」について

1. 趣旨：多数分野の専門的成果を最大限に活用した新しい農業技術の総合的な展開に関連した内容を持ち、中央農業総合研究センターおよび農業関係試験研究機関の研究活動に基づくもので、総合研究の推進に有益と認められるものを収録する総説誌として刊行する。
2. 内容：総合研究に関連した、総説、シンポジウム論文、技術解説、海外事情、書評、その他編集委員会が認めたもの（技術原稿の他に編集委員会が依頼する原稿もある）。共通基盤試験研究推進会議の各部会における重要研究問題の検討結果などのように共通の認識として共有しておいた方がよいと判断される内容も含む。
3. 他の出版物との関係：総合研究の中で推進された研究結果の中で、専門の学会に発表できる個別の成果は、できる限り専門分野の学会誌に投稿する。中央農業総合研究センターおよび農業関係試験研究機関における総合研究の研究成果について、一般に活用しやすく集大成した論文となったものについては、これまでと同様に「総合農業研究叢書」として刊行する（従来どおり、複数の著者の論文を編集した特集論文も可とする）。

所 長 高屋武彦 Takehiko Takaya (*Director General*)

### 編 集 委 員 会 *Editorial committee*

委 員 長 高屋武彦 Takehiko Takaya (*Editor-in chief*)

副委員長 富樫辰志 Tatsushi Togashi (*Deputy Editor-in chief*)

### 編集委員 *Editor*

松葉捷也	Katsuya Matsuba	西尾 隆	Takashi Nishio
梅川 学	Manabu Umekawa	宇杉富雄	Tomio Usugi
平野信之	Nobuyuki Hirano	矢野栄二	Eiji Yano
山本博通	Hirofumi Yamamoto	小林 恭	Kyo Kobayashi
高柳 繁	Shigeru Takayanagi	佐藤和憲	Kazunori Sato

### 事務局

#### *Editorial Secretariat*

前田栄一 Eiichi Maeda

## ファーミングシステム研究 No.5

平成16年3月30日発行

発行：独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構  
中央農業総合研究センター

所長 高屋 武彦

住所：〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

電話：029 (838) 8981 (情報資料課)

印 刷：アサヒビジネス株式会社

本誌に掲載された著作物を転載・複製・翻訳される場合は  
中央農業総合研究センターの許可を得てください。



