

ファーミングシステム研究

No.7 (2005)

目次

重粘土転換畑における排水性改善を基盤とした 畑作物・野菜の安定生産

はじめに	1
第1章 転換畑輪作技術構築のための基盤的技術の開発	
1. 暗きよシステムの改善による排水技術の確立	6
1) 本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムの排水特性	6
2) 本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムによる土壌物理性改善効果	13
3) 浅層暗きよの施工作業方法と碎土性の効果	21
2. 転換畑圃場における灌漑技術	31
3. 有機質資材の施用による耐水性団粒の生成促進	39
第2章 キャベツ作における高収益で安定した転換畑輪作技術の確立	
1. 重粘土における野菜作の作業効率向上技術の開発	46
1) 碎土性を向上させる耕うん同時畝立て作業技術の開発	46
2) クローラ運搬車による汎用利用技術の開発	53
3) 施肥量削減のための施肥作業技術の開発	60
4) セル成型苗用灌水技術の開発	67
2. 重粘土転換畑のためのキャベツ品種の選定	75
3. キャベツの施肥量削減技術の開発	79
4. 気象要因・土壌条件に基づくキャベツの生育予測技術の開発	85
5. 畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立	93
1) 営農試験地における土壌物理性と暗きよ排水特性	93
2) 営農試験地における開発技術の導入と作業体系	100

第3章	ダイズ作における安定生産技術の開発	
1.	低湿重粘土におけるダイズの安定出芽・生育のための土壌管理技術の開発	109
1)	ダイズ種子の吸水特性および吸水・出芽に適した土壌環境条件の解明	109
2)	湿害回避のためのダイズ用耕うん同時畝立て播種作業技術の開発	113
2.	被覆尿素を利用した転換初期におけるダイズの湿害回避技術の開発	123
3.	ダイズ作における地力の評価と地力維持管理技術	130
4.	ダイズ営農試験地における導入技術の実証と評価	135
1)	営農試験地における導入技術の実証と効果	135
2)	ダイズ営農試験地の概要と導入耕うん技術の評価	142
第4章	導入輪作作物の病害虫発生実態の解明	
1.	導入輪作作物における病害発生実態の解明	146
2.	導入輪作作物における害虫の発生実態の解明	150
第5章	畑・野菜作導入のための転換畑輪作技術の経営評価と導入条件	
1.	高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標策定	157
2.	転作団地の形成に向けた土地利用調整と支援方策	161
	地域総合実施課題および地域総合関係者	171
	研究成果および研究発表一覧	173
	おわりに	184

はじめに

1. 研究目的

北陸地域の耕地の90%は水田で、水稲を基幹とする水田農業が営まれ、経営の大規模化や圃場整備が進んでいる。しかし、水稲作を巡る情勢は厳しさを増しており、水稲以外の野菜等の高収益作物導入とダイズ等の輪作技術の確立により、周年就労による経営の安定化と水田の高度利用を図ることが必要である。

一方、北陸には水田の割合が高く、しかも重粘土壌が広く分布しているため、転作作物として、野菜やダイズを栽培する場合は、湿害等が重要な問題となっている。

また、北陸地域のダイズ作に関しては、近年作付面積が増加しているが、面積だけではなく、反収、品質を向上させることが重要な課題である。

本研究では、汎用水田における輪作技術を確立するため、多雪で低湿重粘土が広く分布する日本海側の気象的・土壌的条件に対応した、用排水制御技術と土壌特性改善技術の開発を行うとともに、土地利用型野菜（キャベツ）品種の選定・評価を行う。さらに、転換畑に導入されるダイズ・野菜等の畑作物の生産安定化、並びに作業の効率化・軽労化の視点から機械化作業技術の改善を行うとともに、これらの技術を総合的に組み立てた輪作技術を開発する。また、ダイズ作では湿害を回避するための耕うんや施肥技術の開発を行うとともに地力変動についても検討を行う。一方、野菜の収穫時期を予測する技術の開発と野菜・ダイズの病害虫発生実態の解明も行う。さらに、これらの開発技術を農家に持ち込み実証を行うとともに、開発された高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標を策定し、新技術体系定着のための土地利用調整支援方策を解明する。

2. 研究内容

1) 転換畑輪作技術構築のための基盤的技術の開発

【研究目的】

重粘土転換畑圃場において早期畑地化を図るため、効率的な用排水制御技術を開発する。また、重粘土壌の土壌物理性を早期に改善するため、団粒化を促進する技術を開発する。

【研究内容】

本暗きよと浅層暗きよを組み合わせ早期に排水性を改善するとともに、浅層暗きよを用いた地下灌漑技術を開発する。また、土壌の団粒化に有効性が示唆されているリグニン含有資材等の土壌物理性改善効果を解明し、圃場レベルでの土壌特性改善技術を開発する。

【達成目標】

排水性の改善については、降雨後の地下水位が地表面から40～50cmまで低下するのに要する日数を2～3日とし、透水係数 10^{-4} cm/s以上を目標とする。土壌の団粒化促進技術については、団粒化に有効なリグニン資材を明らかにし、圃場レベルで効果を実証することを目標とする。

2) キャベツ作における高収益で安定した転換畑輪作技術の確立

【研究目的】

安定生産を目指した合理的農作業技術体系のための個別作業技術を開発する。さらに、重粘土転換畑におけるオオムギ・ダイズ体系の収益性を増加させるため、新しい輪作体系の策定に必要な

導入作物の選定・評価を行う。また、導入輪作作物（キャベツ）の生育予測技術を開発するとともに、土壌肥沃度に適応した施肥技術の開発による施肥量の低減化を図る。これらの野菜に関する技術を組み込んだ転換畑輪作技術を確立する。

【研究内容】

重粘土圃場での効率的な碎土率向上技術の開発を行い、野菜作の管理作業の合理化、低コスト灌水技術を中心とした軽労化を図るとともに、少施肥のための局所可変施肥作業技術を開発する。さらに、浅根性葉茎菜類を主体とした品種の選定と評価を行う。また、日本海側での野菜産地育成のため、野菜の生産可能量とその変動を推定する手法を開発する。土壌肥沃度の簡易な診断・推定手法の検討を行うとともに、施肥法がキャベツ・土壌に及ぼす影響の解明を行い、キャベツの施肥量削減を図る。排水性改善、耕うん同時畝立てやクローラ運搬車汎用利用等の技術を組み入れながら、低コストで安定生産を目指したダイズ・オオムギ・キャベツを基幹とした輪作体系を開発し、営農試験地を設定して実証する。

【達成目標】

碎土率向上技術は、野菜作において2 cm以下の土塊の割合が安定的に80%を確保できることを目標とする。キャベツ品種の選定・評価については、10月下旬～11月下旬出荷のキャベツの作型で、1球重1.2kg以上、出荷率80%以上で、耐湿性等の強い品種の選定を目標とする。また、野菜の生産可能量の推定については、夏播き秋冬季穫り作型におけるキャベツの生産可能量の推定式を作成することを目標とする。さらに、作物の収量変動などによる土壌肥沃度の簡易な診断・推定手法を開発するとともに、キャベツの最少施肥量策定、可変施肥機械作業技術により、施肥量を30%削減することを目標とする。輪作技術の確立については、オオムギ350kg/10a、ダイズ250kg/10a、キャベツ4,000kg/10a以上の出荷量を目標とする。

3) ダイズ作における安定生産技術の開発

【研究目的】

ダイズについては転換初期の生育促進技術を開発するとともに、湿害回避のための、耕うん作業技術と施肥技術を開発する。さらに地力維持増進による安定生産技術を開発するとともに、農家圃場へ実証を行う。

【研究内容】

ダイズでは、重粘土に適した耕うんによる湿害回避技術を開発する。さらに土壌水分と根粒着生および生育との関連を解明し、施肥による湿害回避を図る。また、ダイズの窒素循環解明に基づいた地力維持方策を明らかにし、作付け体系下における適正な有機物施用法を検討する。ダイズに関する現地実証圃場を設け、開発される技術の実証を行う。

【達成目標】

ダイズでは湿害を回避した耕うん方法や施肥方法が開発され、ダイズの発芽や初期生育を安定化し、ダイズ収量を安定的に増加する。さらに、安定収量性確保のための窒素地力維持方策が開発される。開発技術については、農家への技術の普及を図ることを目標とする。

4) 導入輪作作物の病虫害発生実態の解明

【研究目的】

導入輪作作物の病虫害発生実態の解明による防除技術を開発する。

【研究内容】

転換畑に導入したオオムギ、キャベツ、ダイズの病害発生実態を解明するとともに、ダイズについて、ネキリムシ類の発生実態の把握とウコンノメイガの被害解析を行う。

【達成目標】

輪作作物の病害の発生実態の解明により、防除技術の効果的適用法を開発するとともに、ダイズの害虫の発生実態や被害実態の解明により、効果的防除対策開発の基礎資料とする。

5) 畑・野菜作導入のための転換畑輪作技術の経営評価と導入条件

【研究目的】

開発された高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標を策定するとともに、新技術体系定着のための土地利用調整支援方策を解明する。

【研究内容】

開発された新技術と作付体系について、営農試験地の経営体をもとにした経営シミュレーションにより経営的評価を行い、経営体に求められる営農指標を策定する。また、新技術体系の定着条件を解明するとともに、担い手育成を考慮した土地利用調整支援方策を解明する。

【達成目標】

開発される新技術と作付体系について、営農試験地経営体をもとに経営的評価が行われ、さらに経営体として求められる営農指標が策定される。また、開発される新技術体系の定着条件と土地利用調整支援方策が解明される。

3. 成果の普及方策

現地推進検討会、刈羽農業総括検討会、JA上越大豆生産者検討会、普及センター検討会等を通じて開発技術の評価を受けるとともに、営農試験地の試験圃を農政事務所、農業改良普及センター、市町村機関等の研修用の展示圃等として活用し、管内への普及の足がかりとする。また、浅層暗きよの導入には、転作関連事業の中に組み入れることを県や農政局等の行政部局に要請する。作業機については、農家での実演や実証を行い、メーカーとの協力関係を強化して普及を図る。

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（北陸研究センター）

2) 外部評価委員（事後評価時）

伊藤道秋（新潟大学農学部 フィールド科学教育研究センター 教授）
岡本正憲（JA新潟中央会 農業対策部 部長）

3) 現地検討会

平成9～13年までは新潟県刈羽郡西山町の現地で、平成14～15年は、新潟県上越市の現地で実施した。

5. 研究担当者（○はとりまとめ・執筆者）

第1章 転換畑輪作技術構築のための基盤的技術の開発

1. 暗きょシステムの改善による排水技術の確立
 - 1) 本暗きょに浅層暗きょを組み合わせた暗きょ排水システムの排水特性
○足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫^{*1}・伊藤公一^{*2}・高木強治^{*3}
 - 2) 本暗きょに浅層暗きょを組み合わせた暗きょ排水システムによる土壌物理性改善効果
○足立一日出・吉田修一郎・細川 寿・松崎守夫^{*1}・伊藤公一^{*2}・高木強治^{*3}
 - 3) 浅層暗きょの施工作业方法と碎土性の効果
○細川 寿・足立一日出・松崎守夫^{*1}・吉田修一郎・高橋智紀・伊藤公一^{*2}
2. 転換畑圃場における灌漑技術
○足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・伊藤公一^{*2}・松崎守夫^{*1}・高木強治^{*3}
3. 有機質資材の施用による耐水性団粒の生成促進
○高橋智紀・松崎守夫^{*1}・細川 寿

第2章 キャベツ作における高収益で安定した転換畑輪作技術の確立

1. 重粘土転換畑における野菜作の作業効率向上技術の開発
 - 1) 碎土性を向上させる耕うん同時畝立て作業技術の開発
○細川 寿・足立一日出・松崎守夫^{*1}・伊藤公一^{*2}
 - 2) クローラ運搬車による汎用利用技術の開発
○細川 寿・松崎守夫^{*1}・高橋智紀・伊藤公一^{*2}
 - 3) 施肥量削減のための施肥作業技術の開発
○細川 寿・松崎守夫^{*1}・高橋智紀
 - 4) セル成型苗用灌水技術の開発
○細川 寿・松崎守夫・伊藤公一^{*2}
2. 重粘土転換畑のためのキャベツ品種の選定
○松崎守夫^{*1}・細川 寿・伊藤公一^{*2}
3. キャベツの施肥量削減技術の開発
○松崎守夫^{*1}・亀川健一・細川 寿・高橋智紀・伊藤公一^{*2}
4. 気象要因・土壌条件に基づくキャベツの生育予測技術の開発
○川方俊和^{*4}・横山宏太郎
5. 畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立
 - 1) 営農試験地における土壌物理性と暗きょ排水特性
○吉田修一郎・足立一日出・伊藤公一^{*2}・細川 寿・松崎守夫^{*1}・高木強治
 - 2) 営農試験地における開発技術の導入と作業体系
○細川 寿・塩谷幸治・足立一日出・松崎守夫^{*1}・吉田修一郎・高橋智紀・伊藤公一^{*2}

第3章 ダイズ作における安定生産技術の開発

1. 低湿重粘土におけるダイズの安定出芽・生育のための土壌管理技術の開発
 - 1) ダイズ種子の吸水特性および吸水・出芽に適した土壌環境条件の解明
○高橋智紀・細川 寿・松崎守夫^{*1}
 - 2) 湿害回避のためのダイズ用耕うん同時畝立て播種作業技術の開発

- 細川 寿・高橋智紀・松崎守夫^{*1}・足立一日出
- 2. 被覆尿素を利用した転換初期におけるダイズの湿害回避技術の開発
 - 松崎守夫^{*1}・高橋智紀・細川 寿
- 3. ダイズ作における地力の評価と地力維持管理技術
 - 松崎守夫^{*1}・高橋智紀・細川 寿
- 4. ダイズ営農試験地における導入技術の実証と評価
 - 1) 営農試験地における導入技術の実証と効果
 - 細川 寿・高橋智紀・松崎守夫^{*1}・塩谷幸治
 - 2) ダイズ営農試験地の概要と導入耕うん技術の評価
 - 塩谷幸治

第4章 導入輪作作物の病虫害発生実態の解明

- 1. 導入輪作作物における病害発生実態の解明
 - 森脇丈治・荒井治喜^{*5}・平八重一之・中島敏彦^{*4}
- 2. 導入輪作作物における害虫の発生実態の解明
 - 樋口博也

第5章 畑・野菜作導入のための転換畑輪作技術の経営評価と導入条件

- 1. 高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標策定
 - 塩谷幸治
- 2. 転作団地の形成に向けた土地利用調整と支援方策
 - 土田志郎

執筆者の所属 (2005. 1. 1 現在)

- 無印 現 中央農業総合研究センター 北陸研究センター
- ※1 現 中央農業総合研究センター (つくば)
- ※2 元 東北農業研究センター
- ※3 現 農業工学研究所
- ※4 現 東北農業研究センター
- ※5 現 九州沖縄農業研究センター

第1章 転換畑輪作技術構築のための基盤的技術の開発

1. 暗きよシステムの改善による排水技術の確立

1) 本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムの排水特性

a はしがき

北陸地域は降水量が多く、耕地の約90%を水田が占め、しかも、細粒質グライ低地土などの重粘土水田が広く分布する。長期に連続して水稲が作付けられた水田では、畑転換直後の排水は本暗きよのみでは不十分で、野菜を含む畑作物を安定的に栽培するためには迅速な排水性の改善が必要である。そこで、通常施工されている本暗きよ（暗きよ管を通常の深さ70cm前後に施工された暗きよを呼ぶ）の中間に、本暗きよに平行して深さ40cm程度に浅い暗きよ（浅層暗きよと呼ぶ）を施工して排水性を強化する技術を開発した。ここでは、本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムの排水特性^{1), 2)} について取りまとめた。

b 試験方法

a) 排水システムの概要

排水条件としては、既にほ場整備（暗きよ排水）事業によって本暗きよが施工されているものとしている。そして、地表排水のために、圃場の畦畔に沿って深さ約30cm前後の排水小溝をコの字型に配置する。地下排水のために、深さ約70cmに埋設されている既存の本暗きよに加えて、その本暗きよと本暗きよの中間に本暗きよと平行して、深さ40cmにφ50mmの暗きよ管（浅層暗きよ）を施工し、排水能力を強化する。また、深さ30cm前後に本暗きよおよび浅層暗きよと直交して2～5m間隔に弾丸暗きよを施工する。なお、本暗きよと浅層暗きよの配置の概要を図1-1-1)-1に示す。

b) 試験圃場の概要

試験は、場内の4つの圃場を用いて、1997～2001年の5年間行った。4つの圃場のうち3筆

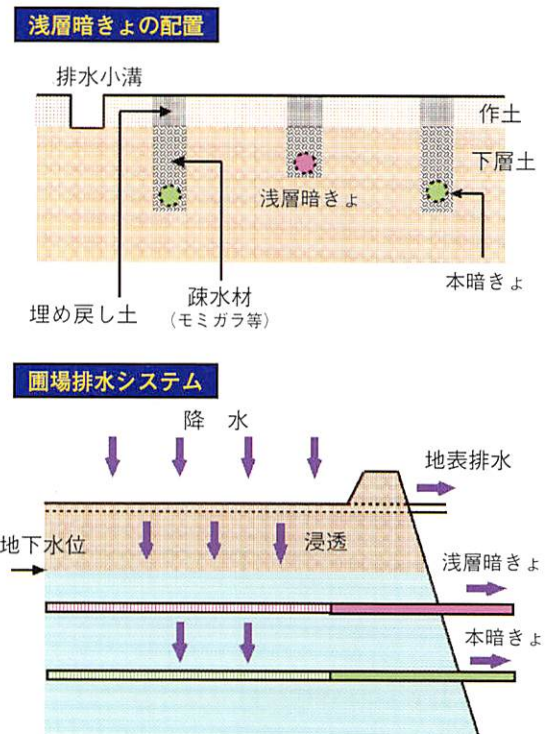


図1-1-1)-1 本暗きよと浅層暗きよの断面図

は100m×20m区画で、前作まで10年以上にわたって水稲が作付けられていた。一方、残りの1筆は100m×30m区画で、試験開始時には既に水稲1作を挟んでダイズを中心に転作が3年間行われていた。長期水田であった3筆は、①本暗きよの中間に、トレンチャーで幅15cm、深さ約40cmの溝を切り、φ50mmの暗きよ管（コルゲート管）を敷設し、その上に掘削した土壌を埋め戻した区（以降、トレンチ区と呼ぶ。1997年5月中旬施工）、②掘削を行わず弾丸の後に直接φ50mmの暗きよ管（シートパイプ）を引込みながら深さ約40cmに敷設した区（引込み区と呼ぶ。1997年5月中旬施工）、③浅層暗きよを施工せず、本暗きよのみの区（対照区と呼ぶ）とした。加えて、転作後の目標として、④既に転作が行われ、干ばつなど乾燥の影響を受けて亀裂が下層におよび、土壌の構造が発達し、本暗きよの排水性が良好な圃場³⁾にも、本暗きよの中間に、トレンチャーで幅15cm、深さ約40cmの溝を切りφ50mmの暗きよ管（コルゲート管）を敷設し、その上に掘削した土壌を埋め戻し、調査に供した（構造発達区と呼ぶ。1997年6月中旬施工）。なお、場内に施工した浅層暗きよには全て疎水材は用いていない。また、各区とも、地表の排水小溝および弾丸暗きよの施工は同一条件で施工した。

各区の土性は、構造発達区の作土でLiC、下層土でLiC、その他の3区は全てHCである（文献2）本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムによる土壌物理性改善効果（参照）。そのため、容積100cm³のコアーで測定された観測期間中の飽和透水係数は、耕起された作土で10⁻¹~10⁻²cm/sオーダーであるが、亀裂等の大きな間隙を含まない下層土では10⁻⁷~10⁻⁸cm/sのオーダーであった。

各区は2分割し、転作直後、1区画はダイズから、もう1区画はキャベツから栽培を開始した。そのため、毎年表1-1-1)-1のように作物が作付けられ、各区、同時に2つの作物が植えられている時期がある。なお、引込み区のデータの欠測等から、以下ではトレンチ区、対照区および構造発達区の結果について取りまとめた。

表1-1-1)-1 各区の作付け状況

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(月)
...	裸地				←		ダイズ		→	←	オオムギ	...
...	オオムギ				→	裸地	←	キャベツ	→	裸地	...	

c) 測定項目

測定項目は、雨量、本暗きよ排水量、浅層暗きよ排水量、圃場中央、本暗きよと浅層暗きよの中間（対照区は本暗きよの中間）の地下水位と土壤水分である。雨量は0.5mm 1パルスの転倒式雨量計で、本暗きよ排水量と浅層暗きよ排水量は、各区それぞれ1カ所に集め、0.1m³ 1パルスの電磁式積算体積計、三角堰と水圧式水位計で、地下水位は、先端約20cmに穴を開けたφ50~60mmの塩ビパイプを、深さ70cm前後に埋設し、管内に生じた水面を水圧式水位計で、土壤水分はテンシオメータと圧力計で測定した。なお、暗きよ排水量は正時ごとの1時間積算値を面積で除した単位暗きよ排水量（mm/h）で表している。

c 試験結果

各年の同じ時期で、しかも大きな降雨を対象に、浅層暗きよ施工後、畑地転換後の暗きよ排水量の経年的な変化や浅層暗きよと本暗きよの役割を検討した。解析に用いた大きな降雨の特徴を表

1-1-1)-2に示す。

表1-1-1)-2 解析に用いた降雨の特徴

降雨発生 年.月.日	雨量 (mm)			日雨量 年順位	対象図
	1時間	6時間	日		
1997. 7. 17	16.5	43.0	63.5	2	図 8、9
1997. 9. 14	9.0	40.0	74.0	1	図 2、3
1998. 9. 16	21.5	88.5	116.5	2	図 3
1999. 9. 15	18.0	67.5	136.5	1	図 3
2000. 9. 10	27.5	50.0	52.5	3	図 3
2001. 8. 12	55.0	115.5	116.5	1	図 3、8、9
2001. 9. 11	8.5	25.5	53.5	2	図 2

a) 暗きょ排水特性

(a) 大きな降雨時の暗きょ排水事例

試験開始直後（転換直後）の1997年秋と、試験最終年度（転換5年目）の2001年秋で、降雨強度の分布と総降雨量が似通った2つの降雨に対するトレンチ区、対照区、構造発達区の暗きょ排水量の経時変化を図1-1-1)-2に示した。トレンチ区と構造発達区の暗きょ排水量は同時刻の本暗きょと浅層暗きょの合計の値で示した（以降、特に断らない限りトレンチ区と構造発達区の暗きょ排水量は本暗きょ排水量と浅層暗きょ排水量の合計を、対照区のそれは本暗きょ排水量である）。転換初年目の結果（図1-1-1)-2左）では、暗きょ排水量のピーク値は構造発達区で4.5mm/hと最も大きく、次いで、トレンチ区の3mm/hであった。一方、対照区のそれは0.7mm/hで、降雨に対する本暗きょからの急激な増加は認められず、ゆっくりとした排水となっている。転換初年目では、本暗きょと弾丸暗きょだけの対照区では、暗きょからの排水性は極端に悪い。一方、トレンチ区では転換初年目にも係わらず、浅層暗きょの施工によって、暗きょ排水量のピーク値および48時間の積算暗きょ排水量は、構造発達区のそれらの65%および89%の値を示した。転換後5年目の結果（図1-1-1)-2右）では、暗きょ排水量のピーク値は、トレンチ区で4.3mm/hと最も大きく、次いで、構造発達区3mm/h、対照区2mm/hの順であった。転換直後に比べて、トレンチ区と対照区で暗きょ排水量が大きく増加している。

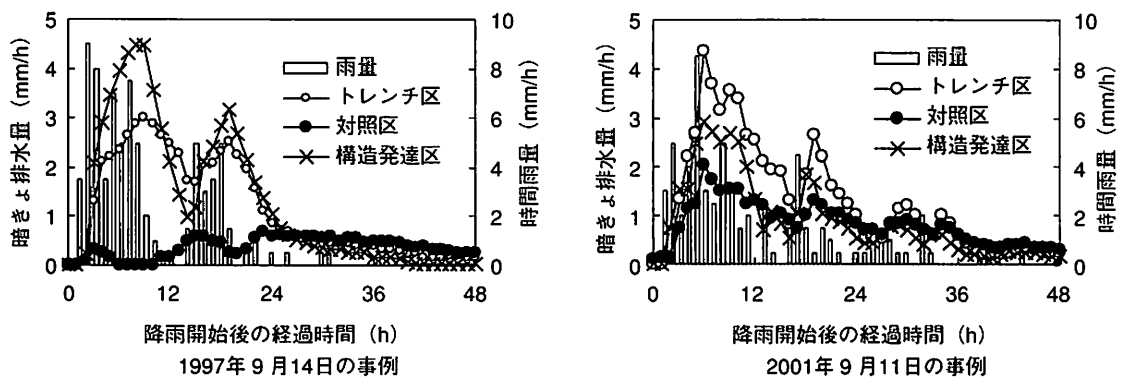


図1-1-1)-2 雨量と暗きょ排水量

(b) 浅層暗きよと本暗きよの1時間最大排水量の経年変化

図1-1-1)-3は、各区の1時間最大本暗きよ排水量と1時間最大浅層暗きよ排水量の経年変化を示している。得られた結果をまとめると以下の通りである。①構造発達区では、本暗きよからの排水量が5年間を通して常に浅層暗きよよりも多く、本暗きよは5年間で2.4mm/hから3.5mm/h前後に若干増加している。一方、浅層暗きよは施工後2mm/h前後で推移している。②トレンチ区では浅層暗きよ施工後3年間は浅層暗きよからの排水量が本暗きよからの排水量よりも多く、その後、値は逆転している。当初0.5mm/h程度であった本暗きよからの排水量も4、5年後には3mm/hに近づいている。浅層暗きよの排水量は、施工直後約2.8mm/hであったが、翌年低下し、その後は2mm/h前後で推移している。一方、③対照区の本暗きよ排水量は、畑転換直後の2年間は0.7mm/h前後であったが、3年目には2mm/h、4年目には約3mm/h以上へと急激に増加した。しかし、5年目には2mm/hと低下している。

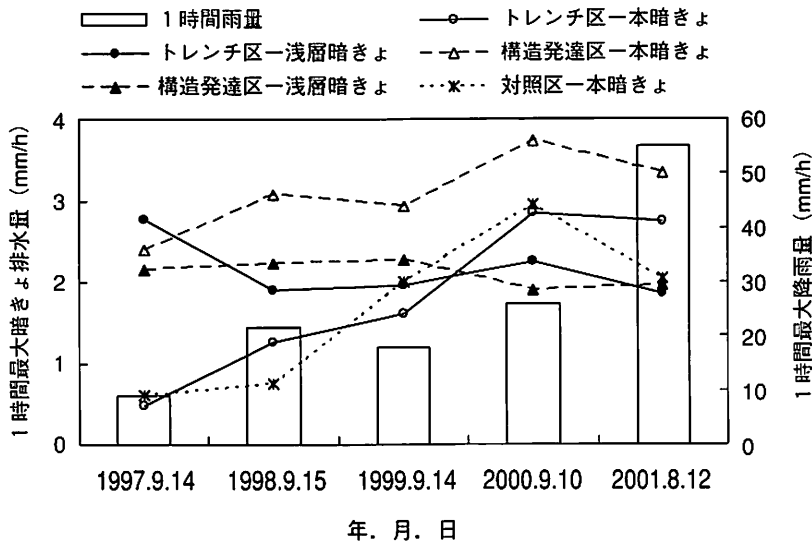


図1-1-1)-3 各暗きよの1時間最大排水量の経年変化

b) 地下水位の変化

(a) 地下水位の長期変化⁴⁾

図1-1-1)-4～7は、圃場中央暗きよ中間で測定したダイズ栽培期間中の地下水位（毎日0時の値）の変化を示したものである。構造発達区では1997年しか測定できなかった。また、1999年は、全ての圃場で地下水位の測定を行っていない。1997年（図1-1-1)-4）の結果からは、既に転作後4年が経過していた構造発達区の地下水位が田面下30cm以下で推移しているのに対して、転作直後のトレンチ区、対照区の地下水位は、圃場による違いは顕著ではないが、大きな降雨後には田面下20cm前後へと上昇していることが分かる。降水量の多かった1998年（図1-1-1)-5）のトレンチ区と対照区の地下水位は、連続下天が続く7月下旬と9月中旬で低下するものの、その他は、田面下30cm前後の高い位置で推移している。最も降水量の少なかった2000年（図1-1-1)-6）のそれは、7月に30～40cm前後で推移するものの、その他は、40cm以下で推移し、特に、8月中旬から9月中旬にかけては、2圃場とも70cm以下となっている。なお、10月以降の地下水位は、トレンチ区で低く、対照区で高く推移した。2001年（図1-1-1)-7）の地下水位は、トレンチ区で低く、対照区で高いという、測定した4年間で処理の違いが最も顕著に表れた。

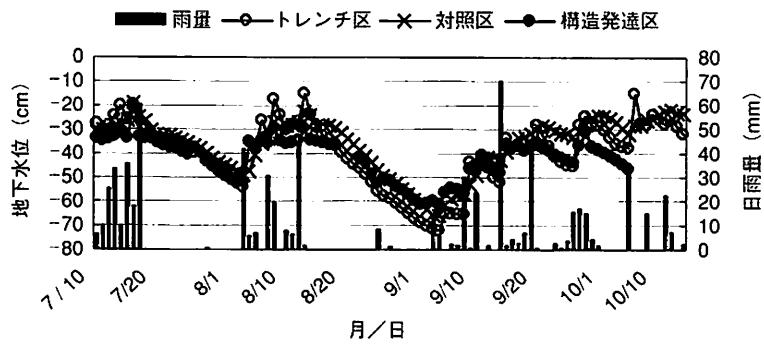


図1-1-1)-4 地下水位 (1997年)

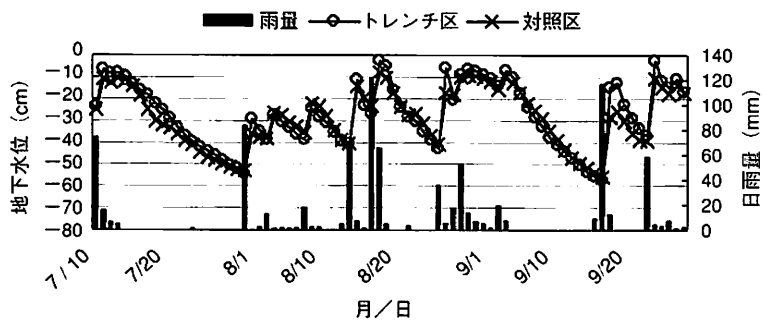


図1-1-1)-5 地下水位 (1998年)

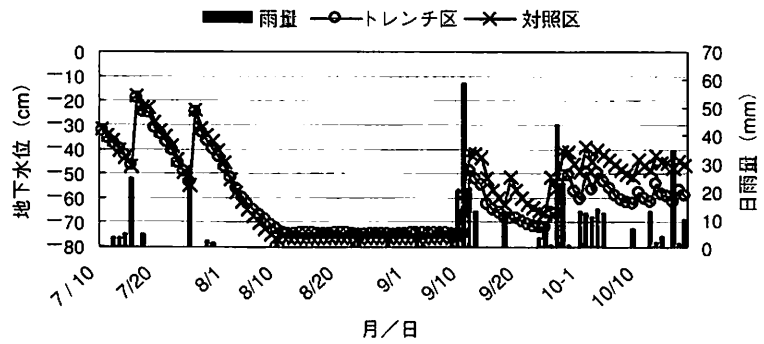


図1-1-1)-6 地下水位 (2000年)

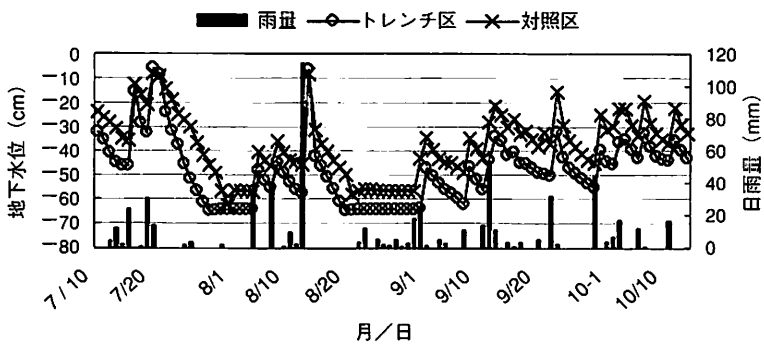


図1-1-1)-7 地下水位 (2001年)

(b) 降雨後の地下水位の低下

図1-1-1)-8には、トレンチ区と対照区の転換直後1997年7月17日の大きな降雨（3日雨量114mm）後と転換5年目2001年8月13日の大きな降雨（3日雨量125.5mm）後の地下水位の低下状況を示した。ともにダイズが栽培されている時の結果である。転換直後のトレンチ区と対照区の地下水位は、大きな降雨の後にも係わらず、田面下20cm以下と、地表面に達しなかった。加えて、降雨後5日が経過しても40cm以下に低下しなかった。一方、転換5年目の地下水位は、トレンチ区、対照区ともに降雨後には地表面にまで達していた。更に、トレンチ区では、降雨終了24時間後には既に40cm以下に低下した。加えて、5日後には60cm以下に低下している。一方、対照区では、3日後にようやく40cm以下に低下した。

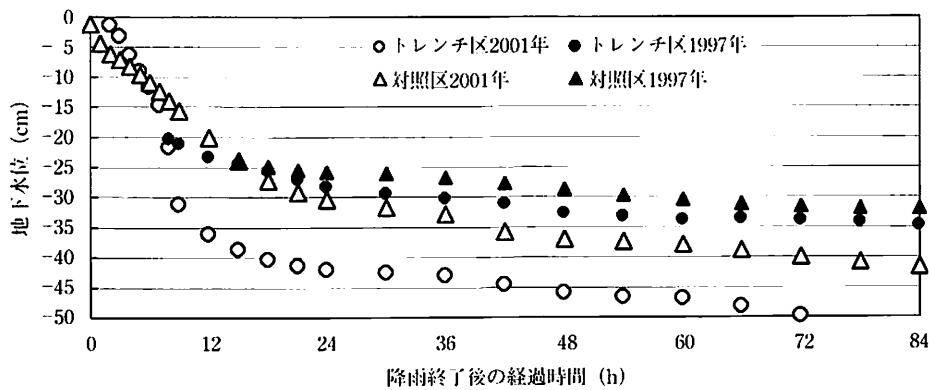


図1-1-1)-8 大きな降雨後の地下水位の変化

c) 降雨後の土壌水分の変化

地下水位の低下に加えて、作物生育と直接関係する作土の余剰水の迅速な排除も重要である。ここでは、前述の地下水位と同じ降雨後を対象に、トレンチ区と対照区の深さ10cmの土壌水分（pF）（ダイズ栽培）の変化を図1-1-1)-9に示した。転換直後（1997年）の対照区では、降雨後36時間にならないうち既に飽和に近い状態に推移している。一方、トレンチ区のそれは、12時間程度であった。大きな間隙の水が排除される（pF1.5以上になる）時間はトレンチ区で約2日後、対照区で約3日後と考えられる。一方、転換5年目（2001年）の対照区では、土壌が飽和に近い状態が半日から1日程度、pF1.5以上になるのに約2日かかっている。トレンチ区では降雨終了後速やかに粗間隙からの排水が進み、2日以内にpF1.5以上となっている。

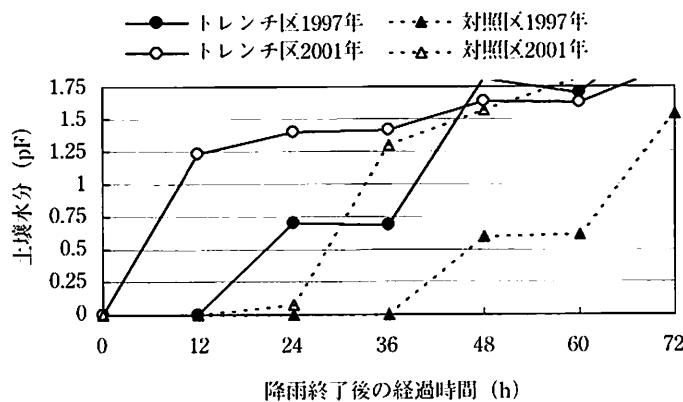


図1-1-1)-9 大きな降雨後の土壌水分の変化（深さ10cm）

d 考察

転換初期には本暗きょだけでは排水性は極端に悪く、浅層暗きょを施工することによって、構造が発達した転換畑のそれに近い暗きょ排水量が得られた。これらは、亀裂などの存在しない透水性が極端に小さい下層土を持った圃場では、田淵⁵⁾が報告している耕盤の発達した水田での作土の水の流れと同様に、降った雨は耕うんされた作土を横流れし、施工直後の浅層暗きょの埋め戻し部を通過して暗きょへと流れたものと考えられる。その後、5年後にはトレンチ区は構造発達区と同等の排水性が得られた。本暗きょだけの対照区も排水性が改善されるものの、最大暗きょ排水量はトレンチ区の半分程度であった(図1-1-1)-2)。

一般に、暗きょ排水は地下水位を低下させ、作物生育の環境を改善させる。汎用圃場の目標値として降雨後2～3日の地下水位を、地表面下40～50cmに低下させるとしている⁶⁾。しかし、転換直後で下層土に亀裂等の土壤構造が発達していないトレンチ区と対照区では、その飽和透水係数は 10^{-7} ～ 10^{-8} cm/sオーダと極端に小さく、降雨後の地下水位の迅速な低下は期待できない(図1-1-1)-8)。しかし、浅層暗きょの施工されたトレンチ区では、降雨によって土壌中にもたらされた水は、耕起された作土を横流れし、浅層暗きょから排除されたものと考えられ(図1-1-1)-3)、浅層暗きょは作土の余剰水の迅速な排除に貢献した(図1-1-1)-9)。転作後の年数の経過とともに、トレンチ区では、浅層暗きょに加えて、本暗きょからの排水量も増加し、転作後4年目には本暗きょからの1時間最大排水量が浅層暗きょの1時間最大排水量よりも多くなった(図1-1-1)-3)。また、作土の土壌水分の変化(図1-1-1)-9)に加えて、降雨後の地下水位も急激に低下している(図1-1-1)-8)。すなわち、これらは、重粘土転換畑では、転作が進むと、下層土への亀裂が発達し⁷⁾、水みち的な間隙が本暗きょに接続し、作土の残留水の迅速な排除に加えて、地下水位の低下をも進める(図1-1-1)-4～7)重要な役割を果たしているものと考えられる⁸⁾。なお、本暗きょのみの対照区においても転換5年後の地下水位は、降雨後3日で田面下40cmに低下しており、汎用農地の目標値に達している。

e 引用文献

- 1) 足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫(2002)重粘土転換畑における本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた暗渠排水システムの排水特性. 農業土木学会論文集, 220, 35-41,
- 2) 足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫・伊藤公一・高木強治(2002)本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた排水システムの暗渠排水特性. 共通基盤研究成果情報 平成13年度, 366-367
- 3) 足立一日出・吉田修一郎・高木強治・伊藤公一(1998)重粘土汎用圃場における粗間隙量の変化と暗渠流出水量. 農業土木学会論文集, 198, 169-174
- 4) 足立一日出・吉田修一郎・細川 寿(2003)重粘土転換畑における大豆-大麦-キャベツ作付け体系下の土壌物理性の変化. 農業土木学会論文集, 227, 139-148
- 5) 田淵俊雄(1984)粘土質水田の排水改良. 土壌の物理性, 50, 3-6
- 6) 農林水産省構造改善局(2000)土地改良事業計画設計基準計画「暗きょ排水」. 37
- 7) 中野啓三(1978)低湿重粘土水田の畑転換に伴う土壌物理性の推移. 北陸農試報, 21, 63-93
- 8) 多田 敦(1984)重粘土水田の土層改良. 土壌の物理性, 50, 6-9

(○足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫・伊藤公一・高木強治)

2) 本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムによる 土壌物理性改善効果

a はしがき

現在、米の生産過剰と食料自給率の低下などから、水田におけるダイズ、ムギなどの栽培面積の拡大が進められている。しかし、北陸地域においては、秋の長雨、冬期間の積雪など年間を通して降水量が多く、しかも、細粒質グライ低地土などの排水条件の悪い重粘土が広く分布する。そのため、重粘土水田において畑作物を栽培する場合、排水性、通気性などの土壌物理性の改善が重要な課題であると言われている。

土壌の物理性は気象条件、排水条件、転換後年数や営農作業などで異なる。転換初期は好適な水分条件が得にくいいため、過湿状態になりやすく、耕うん碎土の作業精度の低下や作物生育へ悪影響を及ぼす。また、転換後の畑地化の遅延によって畑作物の収量は低水準に抑制される。そのため、既存の本暗きよに加えて浅層暗きよを施工することによって、圃場の排水性を改善する技術を開発した¹⁾。ここでは、浅層暗きよの施工による土壌物理性の改善効果について取りまとめた²⁾。

b 試験方法

a) 調査圃場の概要

調査圃場は、新潟県頸城平野に位置する北陸研究センター内の4つの転換畑を用いた（以降、引込み区、トレンチ区、対照区、構造発達区と呼ぶ。各区の条件は、1-1-1)を参照)。前述1-1-1)の1時間最大暗きよ排水量からみた地下排水の条件は、構造発達区が最も良く、対照区が最も悪い。なお、浅層暗きよを施工した引込み区とトレンチ区は構造発達区と対照区の間位置づけられる。引込み区、トレンチ区、対照区相互の地下水位を比較すると、引込み区が最も低く、対照区が最も高い²⁾。なお、各区の土壌の粒径組成を図1-1-2)-1に示す。土性は構造発達区でLiC、その他の区はHCである。各区の作付け体系はダイズ-オオムギ-キャベツの二年三作である(1-1-1)を参照)。

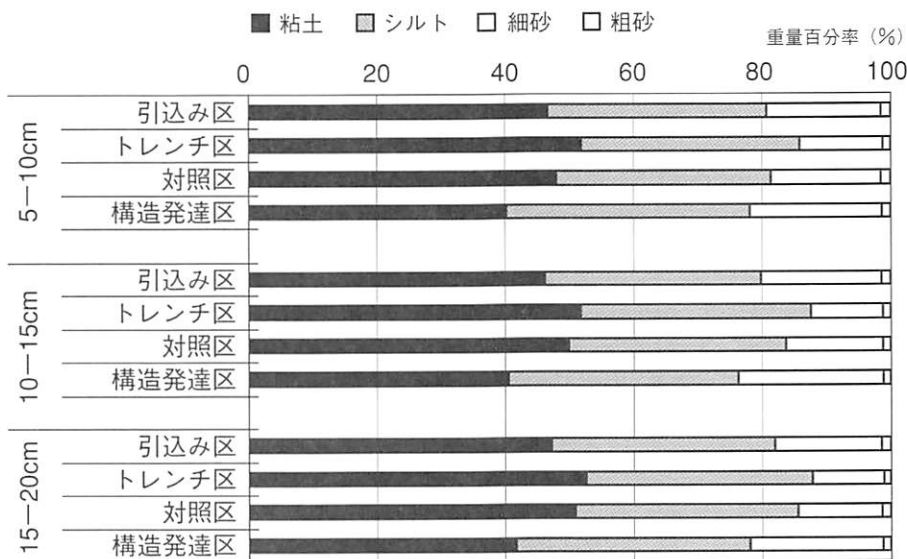


図1-1-2)-1 調査圃場の土壌の粒径組成 (大豆後)

b) 調査時期と調査項目

土壌調査は1998年～2001年の各作物の切り替え期の耕うん直前に行った。ダイズは、5月下旬～6月上旬にキャベツ後の畝を耕うんしながら同時播種され、10月上、中旬に収穫される。この間1～2回の中耕・培土が行われた。ダイズ後の土壌調査は収穫後の10月中旬に行った（ダイズ後）。ダイズ収穫後、10月下旬にはオオムギの耕うん・播種が行われる。オオムギは、翌年6月上、中旬に収穫され、土壌調査は収穫後に行った（オオムギ後）。オオムギ収穫後は、麦桿鋤込みと土壌の鎮圧が行われる。その後、7月下旬キャベツの耕うん・畝立てが行われる直前に土壌調査を行った（鎮圧後）。キャベツは、7月下旬に耕うん・畝立て、定植が行われ、11月に収穫される。キャベツ後の調査は、一冬経過後の5月中、下旬に行った（キャベツ後）。なお、期間中の耕うん碎土は、すべてアップカッターロータリーで行った。また、各圃場は2分割して作物をずらして栽培しているため、2年3作ではあるものの、毎年、各圃場、同じ時期（作物）に土壌調査を行っている。

土壌調査は、用・排水路や農道等の周辺の影響が少ないと考えられる圃場中央の暗きよと暗きよの中間で行った。調査では、各作物の作土（耕うん層）とその直下の下層土で、地表面から5cm間隔に100cm³の採土管による不攪乱土および攪乱土を採取した。なお、不攪乱土は、同じ深さにおいて3個採取した。採取した不攪乱土をもとに、乾燥密度、粗間隙量、pF1.5（-3.1kPa）含水比、飽和透水係数などを測定し、3個の平均値を各深さの値とした。4圃場のうち、トレンチ区と構造発達区では、1998年と2000年のダイズ後の土壌で、飽和、pF1.5（-3.1kPa）、pF2.0（-9.8kPa）、pF3.0（-98kPa）の体積含水率を測定し、各pF間の体積含水率の差から間隙量を求めた。なお、飽和は毛管飽和によって、pF1.5は砂柱法、pF2.0とpF3.0は加圧板法によって測定した。

また、各深さの攪乱土を用いて液性限界、塑性限界などの測定を行った。加えて、山中式土壌硬度計を用いて、土壌断面を地表面から深さ5cm間隔で土壌硬度を測定した。土壌硬度は、同じ深さで6点測定し、その平均値を各深さの値とした。なお、土壌調査時の作土（耕うん層）の深さを表1-1-2)-1に示した。

なお、とりまとめは、4年間の引込み区、トレンチ区および対照区の結果の平均を栽培作物（時期）別に整理した。なお、オオムギ後の結果の一部は、3年間（1999～2001年）の平均値である。

表1-1-2)-1 作土の深さ (cm)

圃場	キャベツ後 (年)				オオムギ後 (年)				鎮圧後 (年)				ダイズ後 (年)			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
引込み区	17	18.5	20	20	13	12	16	18	9.5	—	—	11	19	20	20	20
トレンチ区	19.5	20	22	17	12	13	16	15	10	—	—	11	15	19	20	15
対照区	16.5	19	19.5	20	10	11	17	15	8.5	—	—	14	15	18	20	17
構造発達区	18	18	19	20	—	12.5	20	17	11	—	—	—	19	20	20	17

c 試験結果

a) 土壌水分環境

圃場の土壌水分環境と関連する項目として、粗間隙量 (pF1.5 (-3.1kPa) で排水される間隙量)、pF1.5 (-3.1kPa) 含水比、間隙分布および飽和透水係数を取り上げた。

(a) 粗間隙量

図1-1-2)-2は、作物別に区ごとの粗間隙量の垂直分布を示している。作土の粗間隙量は、ダイズ後で最も多く、次いで、キャベツ後、オオムギ後の順で、鎮圧後が最も少なかった。また、各時期とも土層の上部ほど粗間隙量が多く、下部ほど少なかった。キャベツ後では区ごとの違いは見られないが、その他は、対照区で粗間隙量が少ない傾向が認められる。特に、オオムギ後の5~15cm、ダイズ後の10~20cmでは明瞭な違いが認められる。すなわち、構造発達区、引込み区、トレンチ区で多く、対照区が最も少ない。

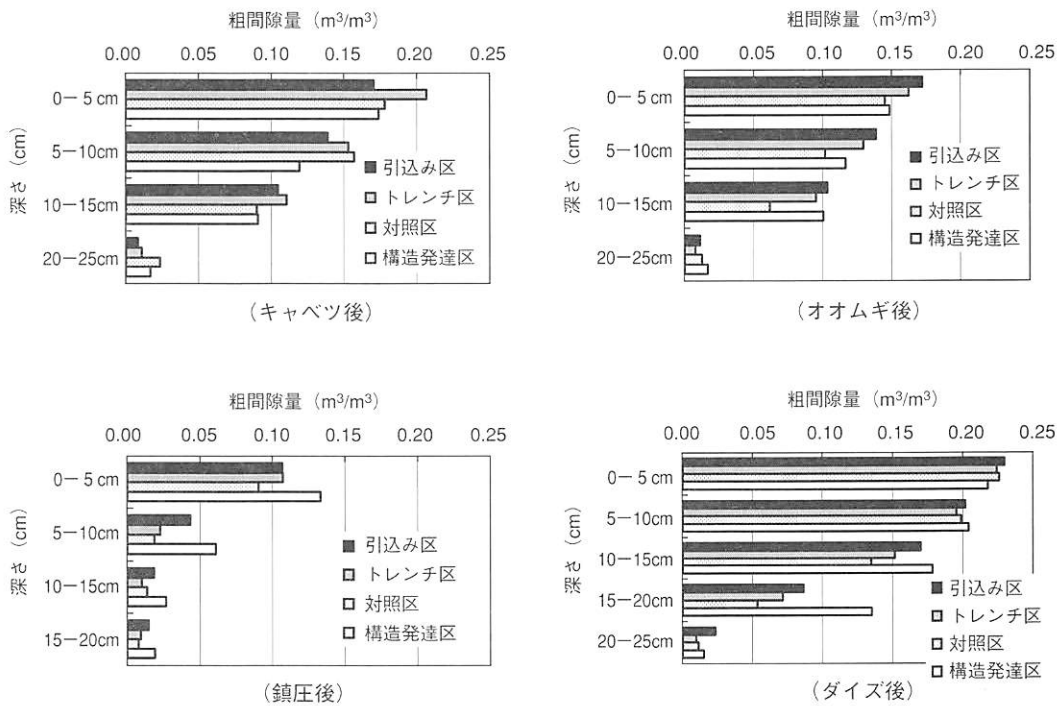


図1-1-2)-2 粗間隙量の分布

(b) pF1.5 (-3.1kPa) 含水比

作物別の作土のpF1.5含水比は、ダイズ後で最も小さく、次いで、キャベツ後、オオムギ後の順で、鎮圧後で最も大きかった (図1-1-2)-3)。全ての時期において土層の上部ほど小さく、下部ほど大きい傾向が読み取れる。各時期とも、全ての深さにおいて構造発達区で小さく、対照区で大きい傾向がみられる。特に、オオムギ後、ダイズ後の深さ20~25cm、鎮圧後の15~20cmの結果は、構造発達区で最も小さく、次いで、引込み区、トレンチ区の順で、対照区が最も大きい傾向が明瞭に認められる。

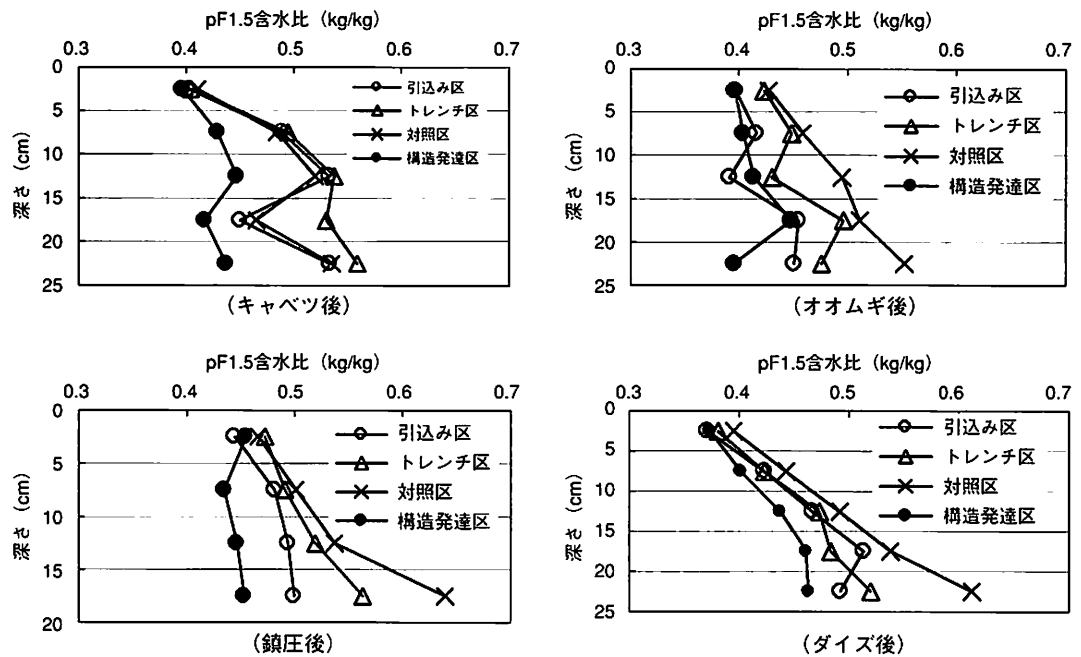


図1-1-2)-3 pF1.5含水比の分布

(c) 間隙分布

図1-1-2)-4は、トレンチ区と構造発達区の深さ別の各pFに対応した間隙量の分布を示している。飽和～pF1.5の間隙量は、前述の粗間隙量を表している。1998年におけるトレンチ区と構造発達区の粗間隙量は、土層の上部ほど多く、2000年には各深さとも増加している。飽和～pF1.5の値は、構造発達区がトレンチ区よりも大きい傾向がみられた。一方、pF1.5～pF3.0の間隙量はトレンチ区で $0.05\text{m}^3/\text{m}^3$ 程度と少なく、2年間で大きな変化が認められない。構造発達区の値は $0.06\text{m}^3/\text{m}^3$ 程度であった。また、pF3.0以上の間隙量は、トレンチ区、構造発達区とも下部ほど多く、その値は2年間で減少している。pF3.0以上の間隙量は2年間とも測定された全ての深さで構造発達区がトレンチ区よりも小さい。

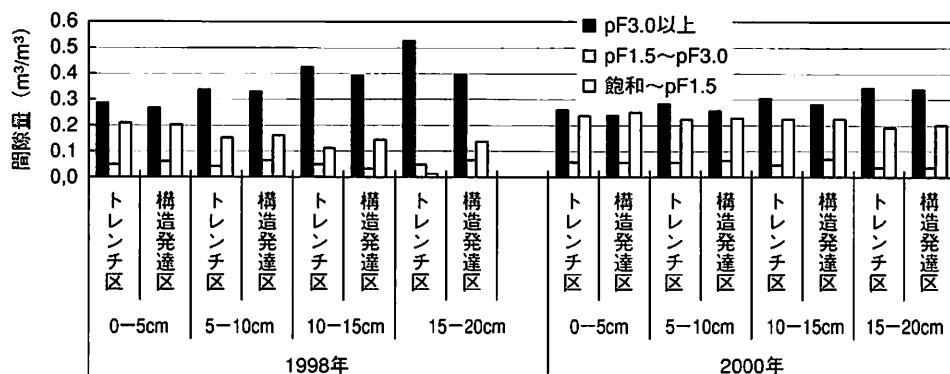


図1-1-2)-4 間隙量分布 (ダイズ後)

(d) 飽和透水係数

飽和透水係数は大きな間隙の量、分布、連続性に左右される。ここでは、pF1.5の粗間隙量と飽和透水係数との関係を両対数紙上で整理した。すなわち、4年間のトレンチ区と対照区のデータ

を用いて、粗間隙量と透水係数の関係を、キャベツ後、鎮圧後、ダイズ後の時期別にプロットした(図1-1-2)-5)。トレンチ区と対照区では、同じ粗間隙量の場合、キャベツ後の透水係数が最も大きく、粗間隙量が多い範囲(作土)では、ダイズ後の透水係数が鎮圧後のそれよりも大きく、粗間隙量が少ない範囲(下層土)では、鎮圧後の透水係数がダイズ後のそれよりも大きかった。

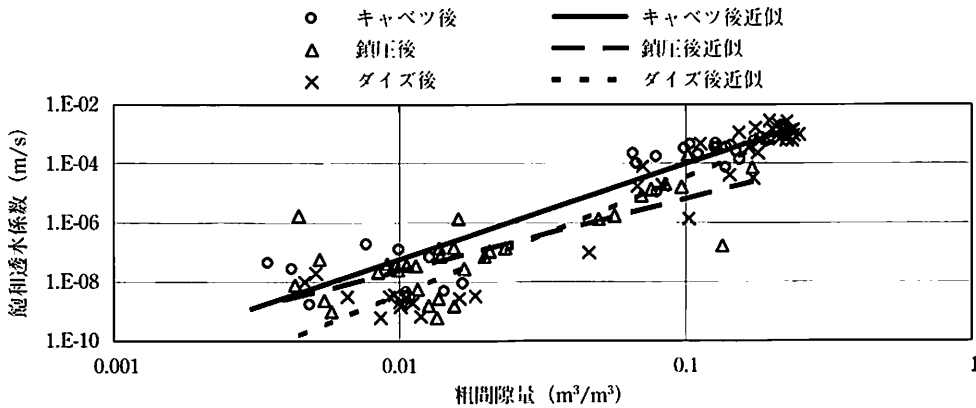


図1-1-2)-5 粗間隙量と飽和透水係数

b) 土壌硬度と乾燥密度

(a) 土壌硬度

作土の土壌硬度は、鎮圧後が最も大きく、次いで、オオムギ後、キャベツ後の順で大きく、ダイズ後で最も小さい傾向がみられる(図1-1-2)-6)。区で比較すると、作土では時期によって異なり、ダイズ後では構造発達区が最も小さく、キャベツ後、オオムギ後、鎮圧後では構造発達区が最も大きい傾向がみられる。その他は似通った値を示している。一方、深さ20cm以下の下層土では、構造発達区で大きく、対照区で小さい傾向がみられる。

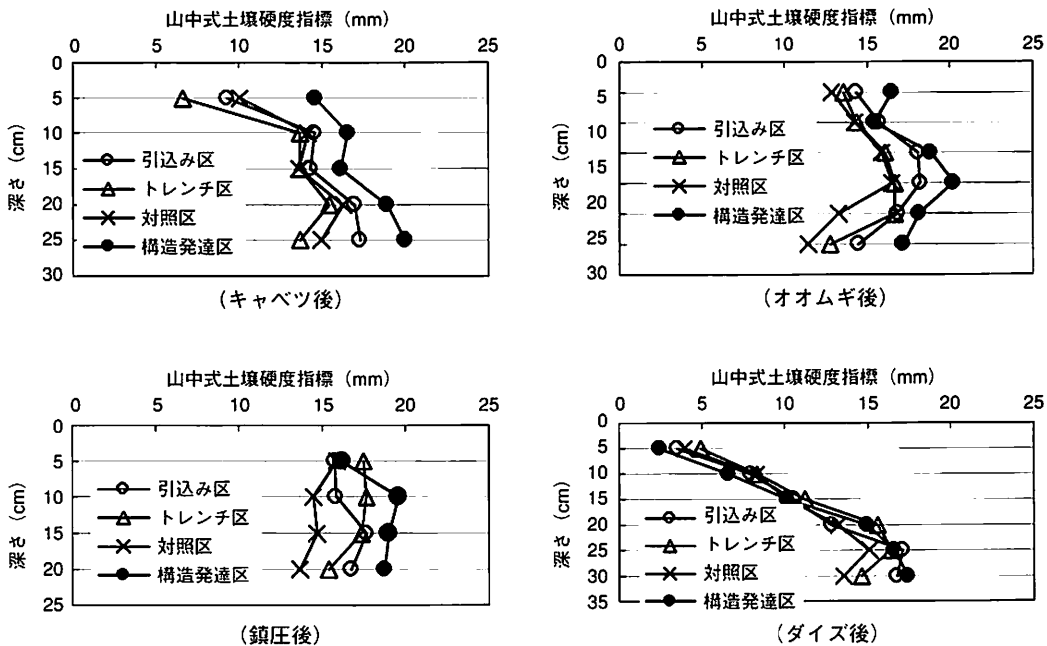


図1-1-2)-6 土壌硬度の分布

(b) 乾燥密度

作上の乾燥密度も、土壌硬度と同様に、鎮圧後の結果が最も大きく、次いで、オオムギ後、キャベツ後の順で、ダイズ後の結果が最も小さい (図1-1-2)-7)。乾燥密度は、鎮圧後の結果を除けば、耕うんされた作土で小さく、下層土で大きい傾向が認められる。区ごとに見ると、オオムギ後、ダイズ後の深さ20~25cm、鎮圧後の深さ15~20cmで、構造発達区で最も大きく、対照区で最も小さい顕著な違いが見られる。

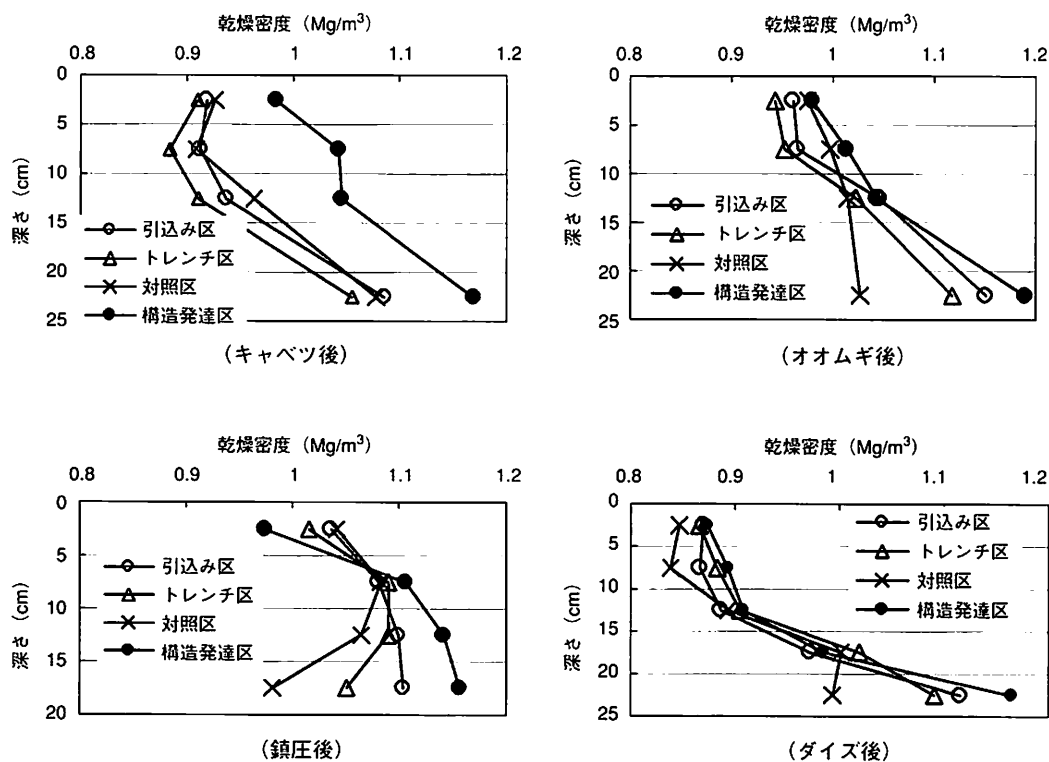


図1-1-2)-7 乾燥密度の分布

c) コンシステンシー

図1-1-2)-8には、作物別の各区の液性限界を示した。表層ほど液性限界の値は小さく、下部ほど大きな傾向が認められる。また、他の作物に比べてダイズ後の値が小さい傾向がみられるが明瞭ではない。塑性限界、塑性指数についても同様な結果であった。区の違いで見ると、全層に渡って構造発達区が小さく、次いで、引込み区、トレンチ区の順で、対照区で大きい傾向が読みとれる。特に、20~25cmの深さではその傾向が顕著である。なお、塑性限界、塑性指数も同様の傾向を示していた。

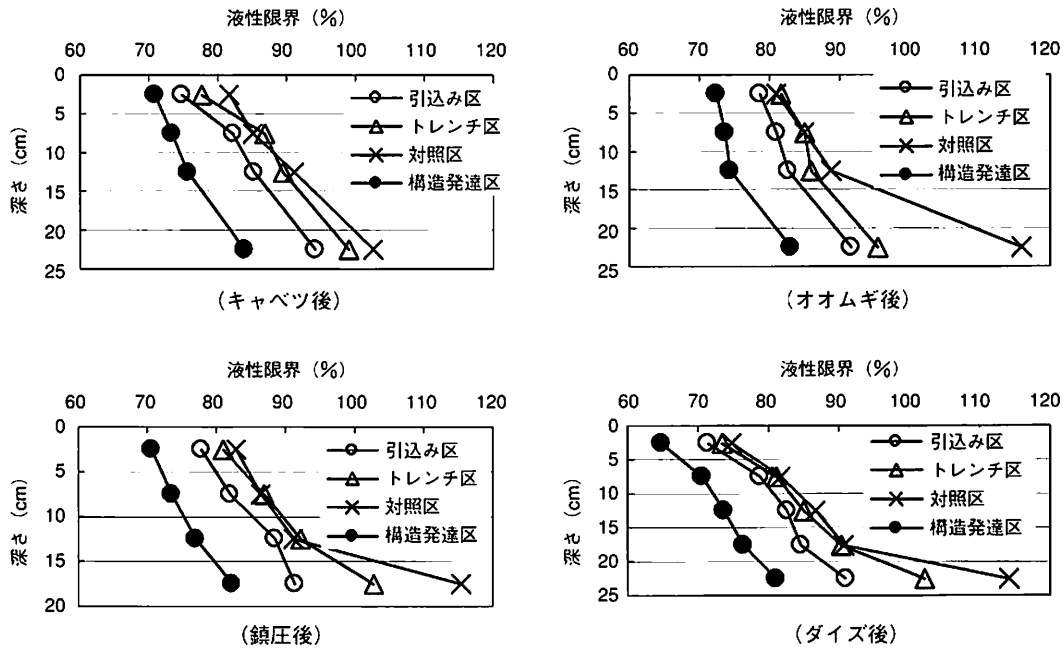


図1-1-2)-8 液性限界の分布

d 考察

a) 浅層暗きょ施工による土壌物理性への影響

作物別の土壌物理性の大小関係は、作物によって畝立て栽培、中耕培土や鎮圧などが行われているため、同じ深さでの厳密な比較は難しい。分散分析の結果から、作上の土壌物理性の多くは、年次間で有意差が認められ、一方、下層土の土壌物理性の多くは圃場の違いによる影響が認められている²⁾。すなわち、耕うんされた作土は毎年の気象条件等の影響を大きく受けるが、下層土では、気象条件よりも排水条件などの圃場の違いの影響を大きく受けているものと考えられる。そこで、以下では得られた結果のうち下層土に着目して排水性との関係を考察する。

下層土の物理性のうち、液性限界、塑性限界は、作物によらず、構造発達区で小さく、次いで、引込み区、トレンチ区の順で、対照区が最も大きい。これらコンシステンシーは、粘土含量が小さい場合や、土壌の乾燥過程に伴って含水比が低下することが知られている。すなわち、液性限界が最も小さい構造発達区は、粘土含量が小さいことと、転換後の経過年数が長く、乾燥履歴が最も長かったためと考えられる。一方、転換後の乾燥履歴や粘土含量が似通った引込み区、トレンチ区および対照区の違いは、浅層暗きょ施工による排水性改善効果と考えられる。

下層土の粗間隙量の区による大小関係は、作物によって大きくばらついている。これらの結果は、下層土の粗間隙量が2～3% (0.02～0.03m³/m³) 前後と極端に小さく、採土時の影響の方が大きかったためと考えられる。

下層土の乾燥密度は、構造発達区で最も大きく、次いで、引込み区、トレンチ区の順で、対照区が最も小さい。構造発達区の下層土の乾燥密度は、長期に渡る乾燥履歴の結果、乾燥過程に伴う土壌の収縮によって大きい。一方、転作後の経過年数が同じ、引込み区、トレンチ区で浅層暗きょ施工に伴う排水性改善の結果、大きく、排水条件の悪い対照区で小さかったものと考えられた。

下層土のpF1.5含水比も栽培作物によらずに区による似通った傾向がみられる。すなわち、構

造発達区で小さく、次いで、引込み区、トレンチ区、対照区で大きい傾向がみられる。pF1.5含水比は、粗間隙量と乾燥密度に左右される。粗間隙量が多いほど、乾燥密度が大きいほど、pF1.5含水比は小さくなる。前述の通り下層土の粗間隙量の値が小さく、区による大小関係はばらついている。そのため、下層土のpF1.5含水比は乾燥密度との関係が大きいと考えられる。すなわち、長期間の乾燥履歴を持つ構造発達区では、乾燥収縮に伴う乾燥密度の増加によってpF1.5含水比は小さく、乾燥履歴が同じ3区では、排水条件の最も悪い対照区の乾燥密度が最も小さかった結果、pF1.5含水比は大きくなったものと推察される。

下層土の土壤硬度は、構造発達区で大きく、次いで、引込み区、トレンチ区の順で、対照区で最も小さい。土壤の硬度は、土壤の乾燥密度が大きいほど、含水比が小さいほど大きい。構造発達区では、長期間に渡る乾燥履歴によって、乾燥密度は大きく、pF1.5含水比は小さい。その結果、土壤硬度は最も大きい。一方、乾燥履歴が同じ3区では、排水条件の悪い対照区で、乾燥密度が小さく、pF1.5含水比が大きいと、土壤硬度も小さくなっている。浅層暗きよが施工された二つの区では、排水改善効果のため、乾燥密度、pF1.5含水比とも両者の中間に位置し、土壤硬度も中間の値であった。

浅層暗きよを施工することによって下層土の排水条件が改善され、液性限界や塑性限界の含水比の減少、土壤の乾燥収縮に伴い、乾燥密度、土壤硬度の増大、pF1.5含水比の減少をもたらしたものである。

b) 土壤物理性の目標値

土壤の排水性や通気性は、土壤の間隙分布に大きく左右される。一般に、転換畑の目標値として、粗間隙量10% ($0.1\text{m}^3/\text{m}^3$) 以上(地力増進法の地力増進基本指針の普通畑)が必要とされている³⁾。また、根群の伸長に好適な気相の割合は通常15% ($0.15\text{m}^3/\text{m}^3$) 以上、根の活動が十分に行われるには20~25% ($0.2\sim 0.25\text{m}^3/\text{m}^3$) が必要としている⁴⁾。通気性と関連して遅沢ら⁵⁾は、土壤の相対ガス拡散係数0.02以上が必要であるとしている。これらは主に作物の生育と直接関連した目標値である。その他、地下排水の目標値の一つとして飽和透水係数 10^{-6}m/s 以上をあげている⁶⁾。

調査圃場において、地下排水の目標である土壤の飽和透水係数 10^{-6}m/s 以上(農土学会、1979)を確保するためには、図1-1-2)-5から、 $0.05\text{m}^3/\text{m}^3$ 以上の粗間隙量が必要といえる。一方、本研究と同一の圃場での調査結果を基に、相対ガス拡散係数は気相率と明瞭な関係にあることを示し、時期(作物)別に当てはめ式を提示している⁷⁾。それによると、相対ガス拡散係数0.02以上⁴⁾を確保するためには、ダイズで $0.2\sim 0.25\text{m}^3/\text{m}^3$ 、キャベツで $0.15\sim 0.2\text{m}^3/\text{m}^3$ 、オオムギで $0.15\text{m}^3/\text{m}^3$ 前後の気相率の確保が必要となる。地力増進法の粗間隙量の目標値 $0.1\text{m}^3/\text{m}^3$ は、重粘土の場合、透水性は保証されても、通気性を抑制する可能性が危惧される。降水量の多い北陸地域で、pF1.5~pF3.0の間隙率が小さいこと(図1-1-2)-4)から、重粘土の排水性と通気性の目標値は、重力水の排除された後の粗間隙量で $0.15\sim 0.2\text{m}^3/\text{m}^3$ 以上が必要であろう。なお、キャベツ後の0~10cm、オオムギ後の0~5cm、ダイズ後の0~15cmでは、ほぼ $0.15\text{m}^3/\text{m}^3$ 以上は達成されたが、それ以下の深さでは、浅層暗きよ施工区で多いものの、 $0.15\sim 0.2\text{m}^3/\text{m}^3$ には達していない。深さ20~25cmの下層土の粗間隙量は4年間(転換後の5年間)を通して $0.02\text{m}^3/\text{m}^3$ 程度で殆ど変化していない。

保水性の目標値として地力増進法では易有効水分保持能(pF1.8~pF2.7) 20mm/40cm以上とされている³⁾。調査圃場では、pF1.5と3.0の間隙量は約 $0.05\sim 0.06\text{m}^3/\text{m}^3$ (0~20cm)程度しかなく(図1-1-2)-4)、畑地化によっても大きく増加することも期待できない。そのため、下層土の排水条件を確保した上で、できるだけ作土を厚くすることが必要であろう。

機械の走行性を判定基準でみると、地力増進基本指針、水田土壌の場合、山中式指標硬度（土壌硬度）の下限值14mm（トラクター作業時の地耐力）³⁾としている。排水条件の最も悪い対照区の深さ30cmにおいて、オオムギ後やダイズ収穫時（オオムギの耕うん・播種）の土壌硬度が目標値に達していないが、浅層暗きよを施工したその他の区、時期においては作土直下の下層土でその目標値に達していた。

e 引用文献

- 1) 足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫（2002）重粘土転換畑における本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた暗渠排水システムの排水特性．農業土木学会論文集，220，35-41
- 2) 足立一日出・吉田修一郎・細川 寿（2003）重粘土転換畑における大豆一大麦一キャベツ作付け体系下の土壌物理性の変化．農業土木学会論文集，227，139-148
- 3) 地力問題研究会編（1985）“地力増進法解説”．地球社，61-66
- 4) 多田 敦・河野英一・駒村正治（1979）畑地転換計画と土壌．農土誌，47(5)，55-62
- 5) 遅沢省子・小財 伸・久保田徹（1990）「根生育非制限有効水分域」による熊本県主要畑土壌の物理的評価．土壌の物理性，60，6-14
- 6) 農業土木学会（1979）汎用耕地化のための技術指針．農業土木学会
- 7) 足立一日出・吉田修一郎・細川 寿（2001）重粘土転換畑における土壌のガス拡散係数と通気係数．農土論集，215，49-55

（○足立一日出・吉田修一郎・細川 寿・松崎守夫・伊藤公一・高木強治）

3) 浅層暗きよの施工作業方法と碎土性の効果

a はしがき

水稻の生産調整が取り組まれているが、水田の約30%は畑作への転換が困難な重粘な土壌とされている。特に北陸地域では重粘土が広く分布しているとともに、農地に占める水田の割合が約90%と非常に高い。また降水量についても2800mm/年以上と全国平均の2倍近くである。

一方、重粘土水田を転換する場合、速やかに排水を行い、地下水位を低下させ土壌水分を低くすることが、作物栽培には有効である。しかも、土壌水分を低下させることにより耕うん時の土塊が小さくなるため、その後の作物の発芽率を高めたり、生育を促進させる等の効果が発現される。

速やかに排水を行うために、基盤整備された圃場では、暗きよが埋設されているが、重粘土の場合、水田から転換した直後には暗きよからの排水量が少なく、転換直後の作付け作物の生育不良が認められるなど、通常の暗きよのみではその効果が十分発揮されていない場合がある。

そこで、圃場整備事業で施工される深さ約70cmの本暗きよに加えて、本暗きよの中間・平行に深さ約40cmの浅い位置に暗きよ（以下浅層暗きよ）を施工して排水性を向上させる方法について、その場合の施工作業方法について検討するとともに、その効果を、畑作物・野菜等の初期生育に影響の大きい耕うん時の碎土性と作物の収量から検討した。

b 試験方法

a) 浅層暗きよ施工作业

本暗きよと本暗きよの中間の浅い位置（40cm）に、浅層暗きよ（図1-1-3)-1）を施工する場合の3種類の施工作业方法の作業能率や作業時の問題点などの作業特性を測定した。

浅層暗きよの施工作业方法としては、①バケット式オーガトレンチャにより溝を掘り、コルゲートパイプを埋設する方法（図1-1-3)-2）、②地面を掘り返さず超湿地ブルトーザでけん引しながら施工する方法¹⁾（図1-1-3)-3）、③細溝型オーガトレンチャにより、作溝後コルゲートパイプを埋設する方法（図1-1-3)-4）の3種類について検討した。供試した作業機の主要諸元を表1-1-3)-1）に示す。

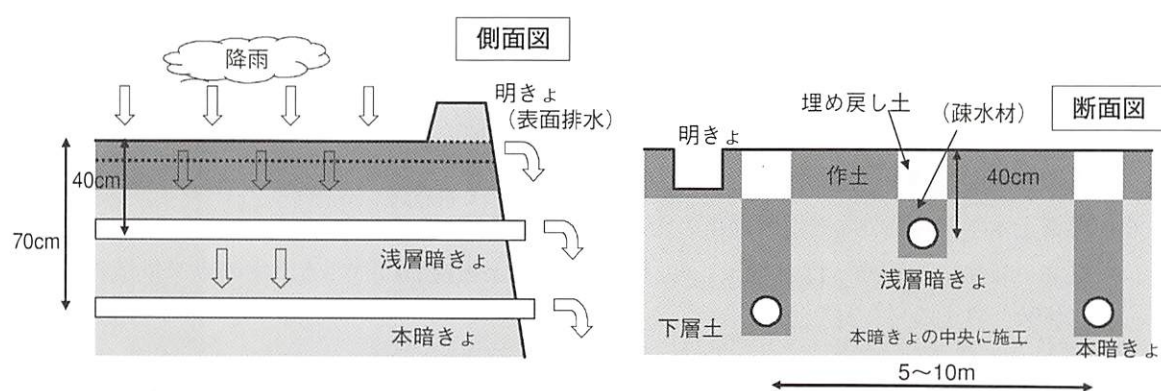


図1-1-3)-1 浅層暗きよ施工位置



付着した土を除去しながらの作業

溝掘りとコルゲート埋設の同時作業

図1-1-3)-2 バケット式オーガトレンチャによる浅層暗きよ施工作业



施工開始部分のチゼルとの接続



超湿地ブルドーザによる牽引作業



シートパイプ組み立て治具

図1-1-3)-3 引き込み式浅層暗きょ施工作业



溝掘り作業



コルゲートパイプ埋設

図1-1-3)-4 細溝型オーガトレンチャによる浅層暗きょ施工作业

表1-1-3)-1 各作業機の主要諸元

作業機種類	細溝型 オーガトレンチャ		バケット型 オーガトレンチャ		引き込み式用 湿地ブルドーザ	
	型 式	M社OM-601C	S社TH-771E	型 式	M社D3Cserise II 湿地仕様車	
全 長 (mm)		1488	2120	全 長 (mm)	4030	
全 幅 (mm)		1307	1800	全 幅 (mm)	3105	
全 高 (mm)		1880	1980	全 高 (mm)	2700	
重 量 (kg)		300	237	重 量 (kg)	7350	
作業深さ (mm)		410~600	Max750	クロ=ラ幅 (mm)	635	
作業速度 (m/s)		0.083~0.42	0.056~0.083	出 力 (kW)	55	
適応馬力 (kW)		33.1以上	18.4~29.4			
オフセット量 (mm)		右450固定	0 (中央)			
作 業 幅 (mm)		200 (地底) ~400 (地表)	135			

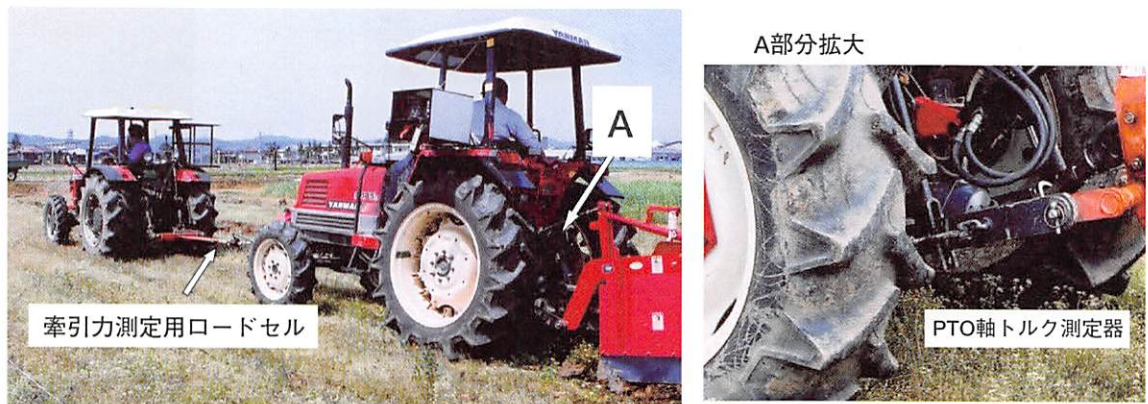


図1-1-3)-5 所要動力の測定

b) 浅層暗きょ施工作業の所要動力、作業能率

施工作業①と③のオーガトレンチャによる作業時の所要動力について測定した。また、比較として通常の明きょ施工に使用される溝掘機についても測定した。作業時の所要動力は、トラクタPTO軸所要動力と走行に要する動力を測定した。PTO軸所要動力は、トラクタPTO軸トルクとトラクタエンジン回転数から算出した。走行に要する動力は、PTO軸だけを回転させ、走行部分は中立にしたトラクタに被測定作業機を取り付け、そのトラクタを別のトラクタで牽引し、ロードセルで測定した牽引力と作業速度から走行に要する動力を算出した。所要動力測定状況を図1-1-3)-5に示す。

作業①と②については、過去5年以上水稻を作付けた後の重粘土転換畑圃場で1996年5月に浅層暗きょを施工した。この圃場を、浅層暗きょ施工圃場とし、碎土率と作物収量を測定した。

作業③の作業能率、作業①と③の所要動力については、塑性限界36~42%、液性限界72~117% (表層から深さ約50cmまで) の圃場で測定を実施した。

また①と③の作業時に必要なコルゲートパイプ埋設作業、掘り出した土の埋め戻し作業方法についても検討した。

c) 浅層暗きよ施工圃場の碎土率

本暗きよが施工されている圃場で、浅層暗きよを施工した圃場（浅層暗きよ区）と無施工の圃場（対照区）の、アップカッターロータリによる耕うん時の碎土率を測定した。碎土率測定圃場の条件を表1-1-3)-2に示す。

浅層暗きよは、1996年5月に施工し、疎水材は投入せず、弾丸暗きよは本暗きよに直交して30～40cmの深さで4m間隔に施工を行った。作物の作付けは図1-1-3)-6上に示すように、ダイズ→オオムギ→キャベツの2年3作物体系で行い、経年変化を明らかにするため、耕うんピッチがほぼ等しい10月下旬のオオムギ播種作業時の碎土率を比較した。同じ圃場位置での比較を行うため、1996年、1998年、2000年の2年毎のオオムギ耕うん作業時の碎土率を測定した。

また浅層暗きよ区と対照区の施工直後の5月下旬のダイズ播種時、8月上旬のキャベツ定植時、10月下旬のオオムギ播種時のアップカッターロータリによる耕うん作業時の碎土率と土壌含水比を測定し、浅層暗きよの効果の発現時期について検討した。各作物毎の耕うん作業条件は一定とした。

碎土率の測定は、30cm×30cmの面積で耕うん土壌を採取し、4、3、2、1cmの篩いで順番に篩った後、全サンプル重に対する2cm以下の土塊の重量割合を碎土率とした。また、その時の土壌含水比は、碎土率測定箇所の耕うん前の土壌含水比もしくは、各篩い毎の水分測定用土壌サンプルと各篩い上重量の比例配分により算出した。

表1-1-3)-2 浅層暗きよ区と対照区の圃場条件

	浅層暗きよ区	対照区
本暗きよ位置	5m間隔	
深さ	60～70cm	
浅層暗きよ位置	通常暗きよの中間平行	無し
深さ	40cm	
弾丸暗きよ位置	通常暗きよに直交・2m間隔	
深さ	30～40cm	
土性	HC	
圃場形状	100m×20m (20a)	
前作	転換前年まで10年以上水稻	

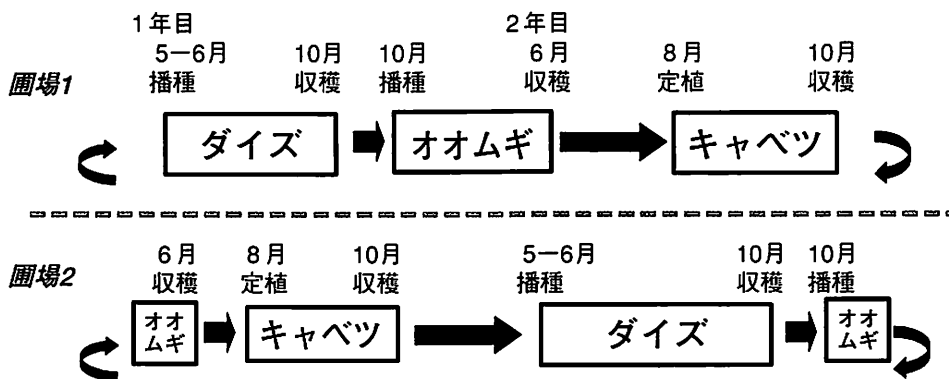


図1-1-3)-6 碎土率、収量測定圃場の作付け体系

d) 浅層暗きょ施工圃場の収量

表1-1-3)-2に示す浅層暗きょ施工圃場、対照区圃場を長辺方向に2分割し、図1-1-3)-6の作付けを1年ずらして1試験区に2種類の作物を5年間連続して作付けを行い、各作物の収量等を測定した。ダイズについては、‘エンレイ’を供試し、5月下旬から6月上旬の間に播種を行い、10月上旬から中旬に収穫を行った。キャベツについては、年度により品種が異なるが、‘YR征将’や‘YR泰山’を供試し、定植約4週間前に播種して育苗したセル成型苗を8月上旬～中旬に移植し、10月から11月の間に収量調査を行った。オオムギについては、‘ミノリムギ’を供試し、10月下旬に播種し、翌年6月上旬に収穫を行った。

ダイズ、オオムギについては坪刈り収量、キャベツについては、1kg以上（多雨年は800g以上）のキャベツの収量で示した。

c 結果および考察

a) 浅層暗きょ施工作業

施工作業②の引き込み式浅層暗きょは、ポリエチレン製のシートパイプを引き出しながらシート形状から円筒形状に組み立て、そのパイプを引き込みながら作業を行った。施工の最初には、パイプを組み立てる治具と引き込みはじめのモールドレーナ部分を施工深さ約40cmに設置するための、幅約50cm、長さ約100cm、深さ約50cmのピットを掘る必要があった。施工の作業速度は、約55kWのブルドーザで約0.43m/sであり、施工の最後にブルドーザが停止すると同時に、シートパイプが切断された。これは、重粘土壌のため、パイプと土壌との摩擦が大きく、特に作業機が停止すると同時に動摩擦から静止摩擦になり、抵抗が増加したためと考えられた。

作業①のバケット式オーガトレンチャによる浅層暗きょ施工作業速度は、0.054～0.079m/sであり、引き込み式の1/5～1/8の遅い速度であった。また掘削した土を強制的に排出する構造となっていないため、粘質土壌では、土の排出を人力で補助する必要が認められた。

作業③の細溝型オーガトレンチャの走行速度は、作業①のバケット式オーガトレンチャとほぼ同じ0.07m/s程度度であったが、土を排出する回転板が装着されており、スムーズな排出が行われた。

作業①と③のトレンチャによる作業では、土を掘り上げた後コルゲートパイプを埋設し、再度土を戻して鎮圧する作業が必要であった。作業①のバケット式では作業しながらパイプを埋設できる装置を使用することにより、同時作業が可能であるが、③の細溝型では、装置がないため2人組作業による人力作業が必要であった。また土の埋め戻し作業は、人力では作業負担が大きいため、トラクタ3P装着のリアグレーダー（図1-1-3)-7）等の利用が有効と考えられた。



図1-1-3)-7 浅層暗きょ埋め戻し作業（左：リヤグレーダー、右：人力）

b) 浅層暗きょ施工作業の所要動力、作業能率

作業③の細溝型のオーガトレンチャと作業①のバケット式オーガトレンチャで、浅層暗きょを施工した場合の所要動力測定結果と測定時土壌条件を図1-1-3)-8に示す。両作業機とも、作業深さ、走行速度の増加につれて所要動力は増加するが、同じ作業速度では、バケット式に比べ細溝型のオーガトレンチャの所要動力が大きくなった。バケット式の耕うん溝の幅が、底面、地表面ともに約13cmであるのに対し、細溝型は、底面約15cm、地表面約35cm（深さ40-45cm）と広いため、所要動力が大きくなった。また、明きょ用の溝堀機は、同じ作業深さ（20cm）では、溝断面が細溝型オーガトレンチャよりさらに広いため、所要動力が増加した。また牽引に要する所要動力は、全作業機ともに1kW以下であり、スリップ発生等の問題は認められたなかった。

3種類の浅層暗きょ施工作業の特徴を項目別に比較すると表1-1-3)-3のようになる。施工面積が大規模でまとまった面積を施工する場合は、作業②の引き込み式の施工方法が、作業時間の面から有利であると考えられた。比較的小規模で営農レベルで施工し、施工時の労力と時間に余裕がある場合は、細溝型のオーガトレンチャによる作業が有効と考えられた。バケット式のオーガトレンチャについては、その中間的な条件に適応すると考えられが、作業機の汎用性が低いことではコスト的に不利であるが、埋め戻しの土の量が少ない点では効果がある。最も施工コストの低い細溝型オーガトレンチャでも、8000円/10a・年（コルゲートパイプ使用、10a-1~2本、効果5年間の場合）の施工費が必要となるため、できるだけ10a当たりの収益が高くなる野菜等の作物を導入する必要があると判断した。

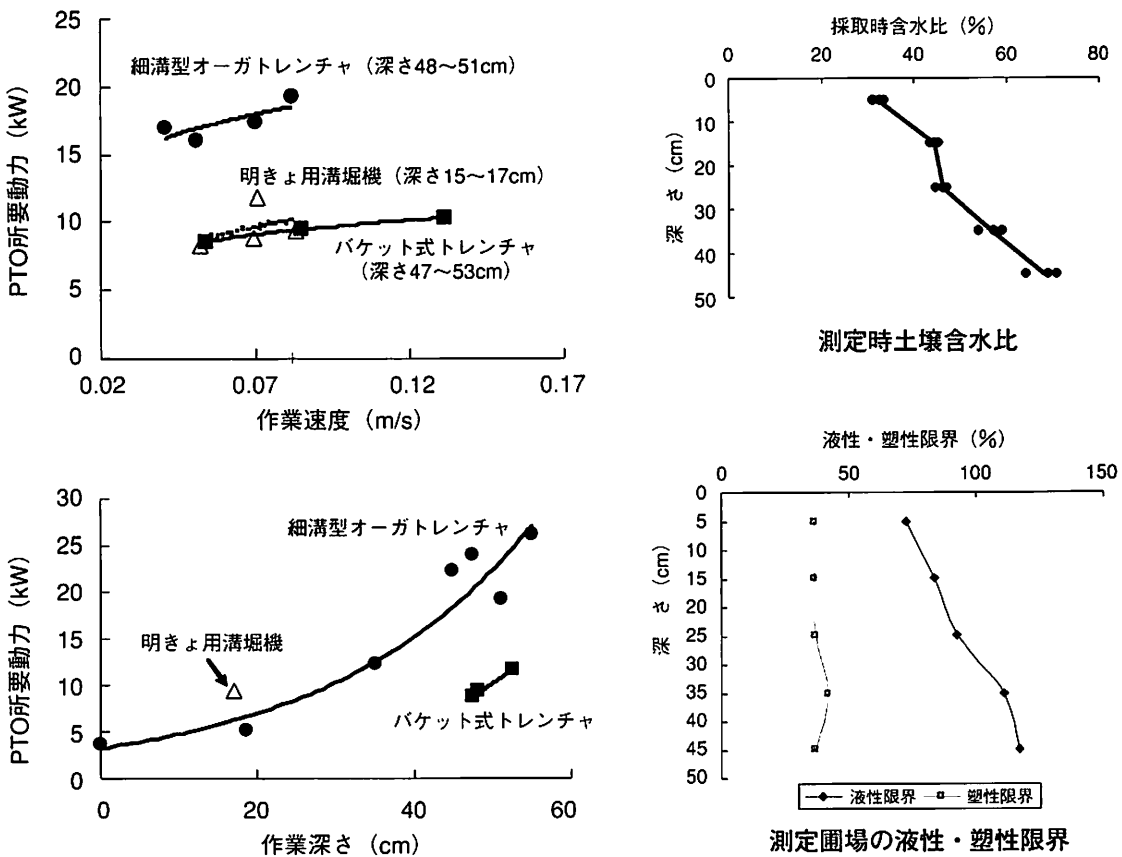


図1-1-3)-8 各トレンチャのPTO軸所要動力

表1-1-3)-3 施工作業の特徴

浅層暗きよの種類	①トレンチ式	②引き込み式	③トレンチ式
使用作業機 (走行)	バケット型 オーガトレンチャ (トラクタ)	チゼル (超湿地ブルドーザ)	細溝型 オーガトレンチャ (トラクタ)
作業機価格	中	高	低
作業機汎用性	無 (ゴボウ等)	通常土木作業	有 (明渠)
使用パイプ	コルゲート管	シートパイプ	コルゲート管
パイプ保管スペース	大	極小	大
作業速度	やや低	高	低
掘り返し	有	無	有
疎水材選択	可能	無	可能
施工時トラブル	粘質土排出性	摩擦によるパイプ切断	無
動力 (PTO)	中	不要	大
動力 (牽引)	極小	大	極小
施工断面	13cm×45cm	パイプのみ	18~35cm×45cm
埋め戻し	必要 (土：少ない)	不要	必要 (土：多い)
施工作業者	個人	専門業者	個人

c) 浅層暗きよ施工作業時の碎土率

浅層暗きよ施工区と対照区のオオムギ播種時の碎土率は、同じ年度でも、浅層暗きよを施工した土壤の含水比が低くなり、碎土率が高くなった。さらに転換からの年数が経過することにより、同じ土壤含水比でも碎土率が高くなった (図1-1-3)-9)。これらは、転換年数が進み、土壤が畑地化された結果、碎土性が向上したことを示している。また、最初の2年間での畑地化が速く進み、その後の変化は緩やかであったことが推察された。

浅層暗きよ施工1年目の施工区と対照区で、施工直後の5月下旬、8月上旬、10月下旬のアップカッターロータリによる耕うん作業時の土壤含水比と碎土率の関係は、施工直後のダイズ播種時は、浅層暗きよの施工の有無による碎土率、土壤含水比の差は認められなかった。しかし、8月のキャベツ作付け時と10月のオオムギ播種時の碎土率では、浅層暗きよが施工された圃場では、土壤含水比が低下したり碎土率が向上し、両試験区の間有意 (1%) な差が認められた。浅層暗きよを施工することにより、梅雨時の排水促進やその後の乾燥による亀裂の発生等の構造の発達で、土壤の乾燥が進み碎土率が向上したと思われる。

d) 収量

オオムギ、ダイズ、キャベツの収量は、年次間での変動が大きいものの、ほとんど全ての年次と作物において浅層暗きよ施工区が多くなった (表1-1-3)-4)。転換初年目のダイズについても浅層暗きよ区の収量が増加していることから、梅雨時からの生育期間中に圃場の排水条件が良好になったと考えられた。また5年間をとおして、浅層暗きよを施工することにより、排水性、土壤物理性^{2), 3)} が改善され、作物の生育が良好になったと考えられた。

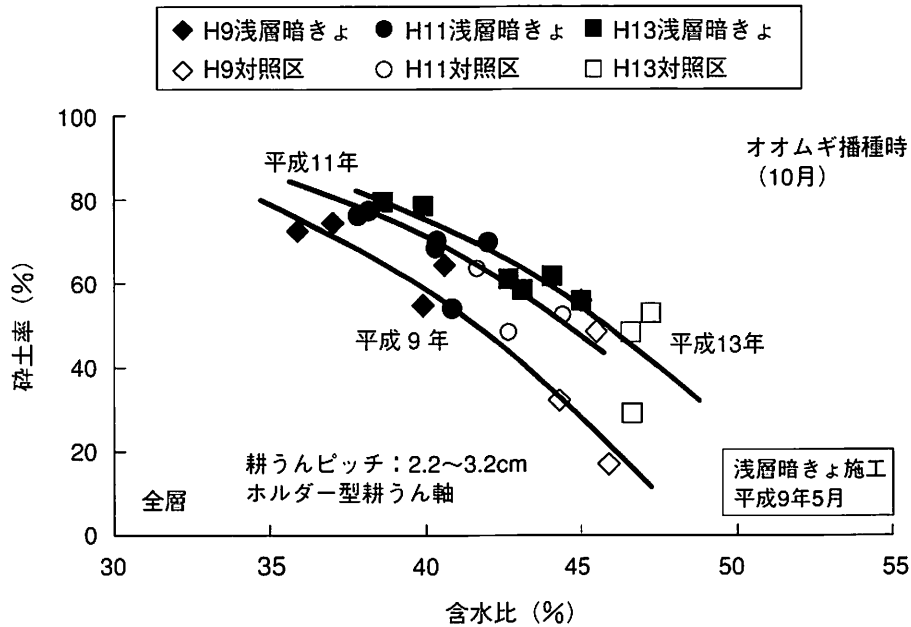


図1-1-3)-9 浅層暗きよ施工後の土壌含水比と碎土率

表1-1-3)-4 浅層暗きよ施工圃場の収量

収量 (kg/10a)	オオムギ		ダイズ		キャベツ			
	浅層暗きよ	対照	浅層暗きよ	対照	浅層暗きよ	対照		
1996年			166	(126)	132	3784	(184)	2062
1997年	491	(148)	332	(94)	233	*851	(218)	390
1998年	319	(156)	204	(133)	136	3504	(108)	3244
1999年	361	(130)	278	(176)	103	3350	(147)	2285
2000年	330	(84)	393	(148)	254	5088	(198)	2569
平均	375	(124)	302	(131)	172	3932	(155)	2540

() 内は対照に対する浅層暗きよ施工区の収量比 *97年キャベツは多雨年

d 摘要

本暗きよと本暗きよの中間に、本暗きよと平行して40cmの深さの浅い位置に施工する浅層暗きよの施工方法と、碎土性や収量に及ぼす影響を検討した。

浅層暗きよの施工は、大面積で施工する場合は、引き込み式の浅層暗きよ施工が作業能率や埋め戻し作業が不要になることから有利であるが、専用機械を搬送する等のコストが必要となる。比較的小面積を営農レベルで施工する場合は、細溝型のオーガトレンチャを使用すると、作業機の汎用性や作業コストの面から有利である。トラクタは30~40PS程度で0.08m/sの作業能率で作業ができるが、埋め戻し等の作業能率を向上させるためには、リヤグレーダー等を準備しておく必要がある。

浅層暗きよを施工することにより、土壌含水比が低下して碎土率が向上するだけでなく、しだいに畑地化が進行し、施工3年日以降では、同じ土壌含水比でも、碎土率が向上した。また、施工初

年目の効果は、5月に施工を行うと8月の耕うん作業時には土壤水分が低下して碎土率が向上し、施工後早い時期から効果が認められた。

浅層暗きよを施工した圃場では、ダイズ、キャベツ、オオムギの収量は、ほとんどの年次で増加した。またその効果は5年間継続した。

浅層暗きよの施工には、作業機やコルゲートパイプ等の材料費、人件費が必要であるため、なるべく増収効果が高く、収益増加が見込める野菜作等に適用していくことが重要と考えられた。

e 参考文献

- 1) 津田 豊 (1989) “シートパイプ暗渠” 農山漁村文化協会
- 2) 足立一日出ほか (2003) 重粘土転換畑における大豆-大麦-キャベツ作付け体系下の土壤物理性の変化. 農業土木学会論文集, 227, 139-148
- 3) 足立一日出ほか (2002) 重粘土転換畑における本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた暗渠排水システムの排水特性. 農業土木学会論文集, 220, 35-41

(○細川 寿・足立一日出・松崎守夫・吉田修一郎・高橋智紀・伊藤公一)

2. 転換畑圃場における灌漑技術

a はしがき

重粘土転換畑圃場においては、土壌の通気性や根群域の適切な気相率を確保するため、排水性の改善が最も重要な課題である。しかし、土壌構造が未発達の状態では、その有効水分領域における保水量は少なく、加えて、転換後の乾燥収縮に伴って、作土直下の乾燥密度は増大し、不飽和透水係数の低下を招き、下層土から作土に向かった水の供給速度が低下する。その結果、干ばつの影響も受けやすくなる。そのため、発芽・苗立ち、定植等の初期生育時や干ばつ時には、土壌の通気性や気相率などを考慮した灌漑が必要になる。一般に、転換畑では畝間灌漑等の地表灌漑が行われることが多く、地表灌漑に用いられる大量の水によって土壌構造の破壊を招き、その後の排水性や通気性などに悪影響を及ぼしている。そのため、ここでは浅層暗きよを利用した地下灌漑技術等の可能性を検討するとともに、灌漑に伴う土壌水分および土中空気の変化を明らかにし、畑作物に適した土壌管理を行う上での基礎資料を得る。加えて、多孔ホースを利用した散水灌漑技術についてもその適用について検討する。

b 試験方法

a) 試験圃場と土壌の概要

地下灌漑試験（平成9～12年）に用いた圃場は、30m×100m区画で、試験開始時には転換後4年目（水稲1年含む）の転換畑である。試験圃場は、5m間隔で深さ約70cmに既存の本暗きよ（通常暗きよ）が施工されており、本研究の開始時（平成9年）には、トレンチャーによって本暗きよと本暗きよの間に深さ約40cm、幅15cmの溝を掘り、φ50mmのコルゲート有孔パイプを敷設した（浅層暗きよ）。なお、圃場は二分割され、キャベツとダイズが栽培されている。主として、定植時の土壌水分が重要であるキャベツを中心に灌漑を検討した。試験開始時における土壌の物理性を表1-2-1に示した。土性はLiCで、深さ20cm前後に、乾燥密度1.12で山中式硬度指標20mmの緻密な層が認められ、その飽和透水係数も 10^{-5} cm/sオーダーと小さいが、幅3mm程度の亀裂が明瞭に認められ、それらは、深さ50～60cmにまで達している。

多孔ホースによる散水灌漑試験（平成13年）を行った圃場は、20m×100m区画で、平成9年に初めて水田から畑転換された。なお、圃場は二分割し、キャベツとダイズが栽培されており、灌漑試験はキャベツを対象に行った。

表1-2-1 土壌の物理性

深さ cm	乾燥密度 g/cm ³	飽和透水係数 cm/s	三相分布 (%)			pFの範囲別体積水分率 (%)		
			固相	液相	気相	～pF1.5	pF1.5～3.0	pF3.0～
5～10	1.00	3.2×10^{-3}	37.3	47.4	15.3	10.7	8.5	43.6
20～25	1.12	1.4×10^{-5}	43.2	50.6	6.2	3.7	5.6	47.5
45～50	0.93	1.0×10^{-4}	32.7	65.4	1.9	1.0	9.8	56.5

b) 地下灌漑（平成9～12年）

用水路側の地表面に設けた浅層暗きよの立ち上がりから自然圧で給水する灌漑方法を検討した。なお、粘土質の転換畑では、作上まで灌漑を行うと、過湿となり、その後、排水が必要¹⁾になるとされており、灌漑終了後に暗きよを開放し過剰な水の排除を行った。調査項目は、給水強度（給水口周辺からの吹き上げや給水口からの溢れをみながら、適切な給水強度を調査する）、給水後の土壌水分の変化、灌漑水量、灌漑効率、灌漑時間、暗きよ開放後の暗きよ排水量と土壌水分などである。なお、調査に当たっては、以下の三点に着目した。

(a) 面的な水の流れ

灌漑は、迅速に、しかも均一に灌漑されなければならない。そこで、用水路側の給水栓より浅層暗きよの立ち上がりを通して灌漑した場合、灌漑開始後の用水路側と排水路側の本暗きよ直上、浅層暗きよ直上および暗きよ中間の土壌水分を深さごと、経時的に測定することによって、面的な水の流れを評価する。

(b) 畝形状と水の流れ

排水改善を目的に、畝幅120cm、畝の耕起深さ約20cmの普通畝、約28cmの深畝、約15cmの浅畝の3種類の異なる形状の畝が試験に供された。そこで、地下灌漑試験は3種類畝を対象に、地下灌漑時の圃場中央、畝中央の土壌水分（各畝の天端から10、15、20、25、30cmの深さ）と酸素濃度（深さ10、20、30cm、浅畝は10、20cmのみ）の変化を調査し、地下灌漑に対する畝形状との関係について検討した。

(c) 畝の有無（キャベツとダイズ）と水の流れ

調査圃場は二区に分け、その一つはキャベツが、もう一方はダイズが栽培されている。そこで、両区一緒に、用水路側に設けられた二カ所の浅層暗きよ立ち上がりより灌漑を行うこととした。地下灌漑時の圃場中央、キャベツ畝中央の土壌水分（各畝の天端から10、20、30cmの深さ）とダイズ10cmの深さの土壌水分の変化を調査した。

c) 多孔ホース散水灌漑（平成13年）

市販の多孔ホースを用いて、散水灌漑の特性を調査した。なお、用いた多孔ホースは、内径38mm、散水孔列数12、散水孔間隔4cm、長さ100mのM社製の製品である。多孔ホースは、水田灌漑用の給水管に接続し、5列並んだ中央の畝の上に設置して使用した。測定項目は、給水圧、給水量および10m間隔で各畝の上に設置した量水弁で受けた散水量分布である。

c 試験結果

a) 地下灌漑（平成9～12年）

(a) 面的な水の流れ

9月1日8時45分地下灌漑を開始し、8時間の灌漑後、16時45分地下灌漑を終了した。地下灌漑終了後、17時に暗きよを開放し、排水した。灌漑の強度は、土壌からの水の吹き上がりや給水栓からの漏れなどを考慮すると、浅層暗きよ1本あたり（支配面積は5m×100m）、約1ℓ/sが適当であった。

図1-2-1、2は、地下灌漑開始後の排水路側と用水路側の土壌水分（pF）の変化を示した。灌漑開始前の土壌水分は、深さ10cmでpF2.4～2.8、深さ30cmでpF2.0～2.6であった。灌漑開始後、用水路側より排水路側の方が早く水が移動している。まず、浅層暗きよ直上30cmの土壌水分が低下し、次いで中間30cm、暗きよ直上30cmへと土壌水分の低下が進行している。また、用水路側にお

いても同様の変化が生じているが、排水路側よりも土壌水分の低下は遅れている。一旦飽和にまで低下した深さ30cmのpFも、排水開始後1日後には1.5~2.2へと上昇した。土壌水のサクシヨンの変化から、水の流れを推測すると、浅層暗きよから灌漑された水は、暗きよ中間を横流れして本暗きよへと移動している。しかしながら、本灌漑試験においては、畝深さ10cmの土壌水分の変化は認められなかった。なお、8時間で灌漑された水量は28.4m³となった。また、灌漑終了後に排水された水量は10.9m³であり、灌漑水量の61.8%が土壌に吸水されたことになる。

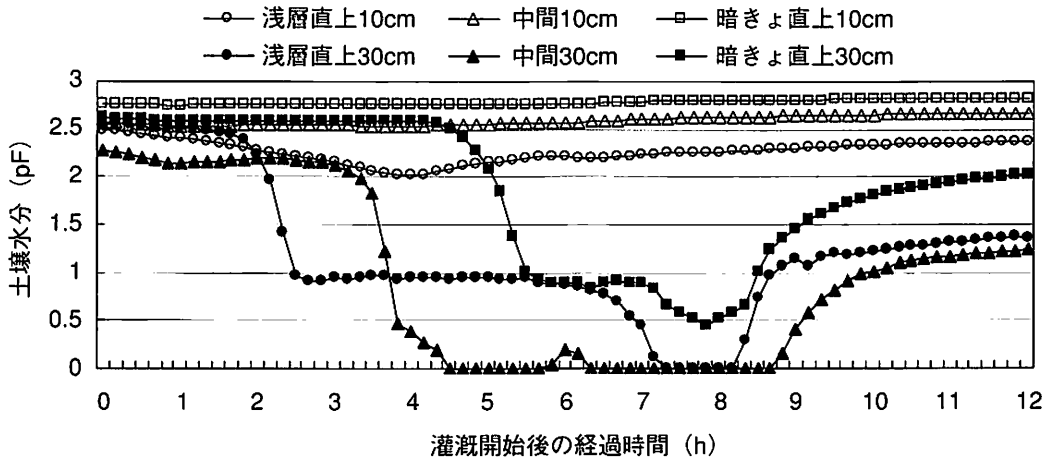


図1-2-1 灌漑開始後の排水路側土壌水分の変化 (平成9年)

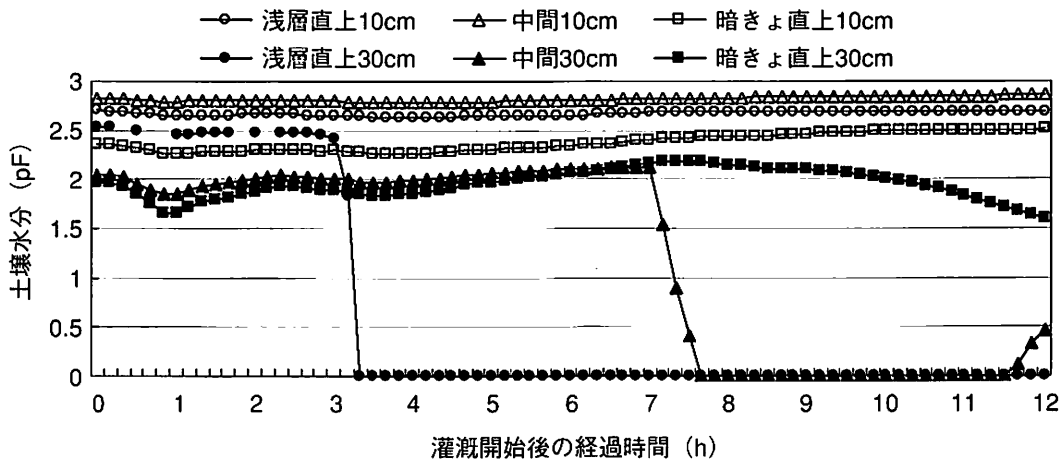


図1-2-2 灌漑開始後の用水路側土壌水分の変化 (平成9年)

(b) 畝形状と水の流れ

地下灌漑は、9月14日8時45分に開始し、16時45分に終了した。水分の毛管上昇を期待し、浅層暗きよおよび本暗きよは、共に灌漑終了後も閉鎖した。その後、翌15日の8時に暗きよを開放し、過剰水を排水した。

図1-2-3は、灌漑開始後の各畝ごとの土壌水分 (pF) の変化を示した。灌漑開始前の土壌水分は、深さ10cmでpF2.5~2.7、深さ25cmでpF1.8~2.2であった。普通畝の深さ25cmの土壌水分のpF値は、pF2.0前後から、灌漑開始7時間後に低下を開始し、灌漑終了後も低下し、灌漑終了8時間後に

はpF1.3に低下した。そして、暗きよ開放後2～3時間後にはpF1.6前後に上昇した。しかし、畝深さ10cmの土壤水分には変化が見られなかった。浅畝も普通畝と同様な傾向を示したが、深さ25cmの土壤水分は普通畝よりもゆっくりと低下した。一方、深畝は、深さ25cmにおいても土壤水分の低下は認められなかった。深畝では25cmは耕起層にあたり、大きな間隙の存在によって、毛管上昇が見られなかったものと考えられる。なお、約8時間の総灌漑量は31.36m³、暗きよ開放後の本暗きよからの排水量は2.8m³、浅層暗きよからの排水量は0.3m³であった。すなわち、灌漑水量の約90%が土壤に吸水されたことになる。

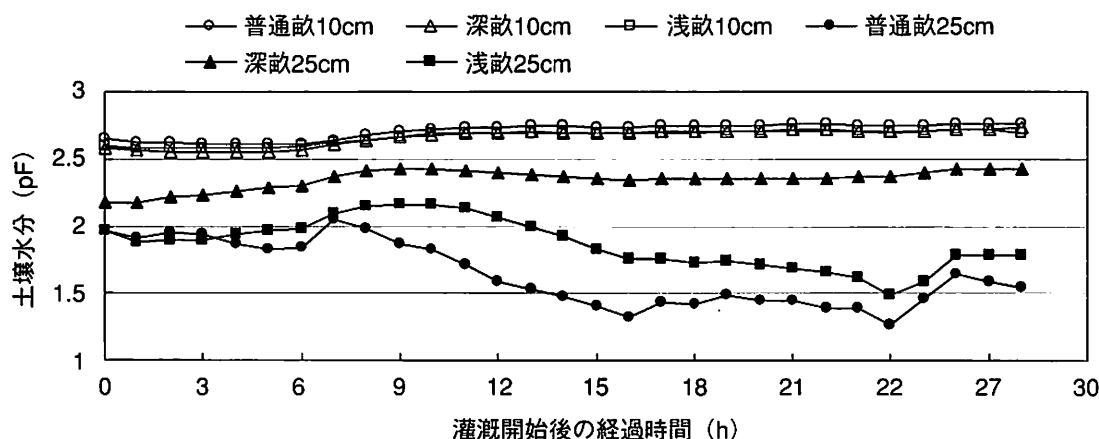


図1-2-3 畝の形状と地下灌漑後の土壤水分の変化 (平成10年)

図1-2-4は灌漑開始後の土中酸素濃度の変化について示した。普通畝では、土壤水分の増加と共に深さ30cmの酸素濃度の低下が認められるが、暗きよ開放後、1～2時間で急激に酸素濃度は増加している。この様に、灌漑によって低下した酸素濃度は、暗きよより余分な水を排除することによって短時間に回復させることが可能である。なお、浅畝の20cmの土中酸素濃度は、低下し始めるが、灌漑終了と同時に灌漑前の値に増加している。すなわち、土壤水分と土中酸素濃度から判断すると、灌漑時には、深さ20cmで、部分的な水の流れが生じ、酸素濃度が減少するが、灌漑終了後、水は下方(25cm)に移動し、20cmの酸素濃度の上昇と下方(25cm)の土壤水分の上昇が起こったものと考えられる。

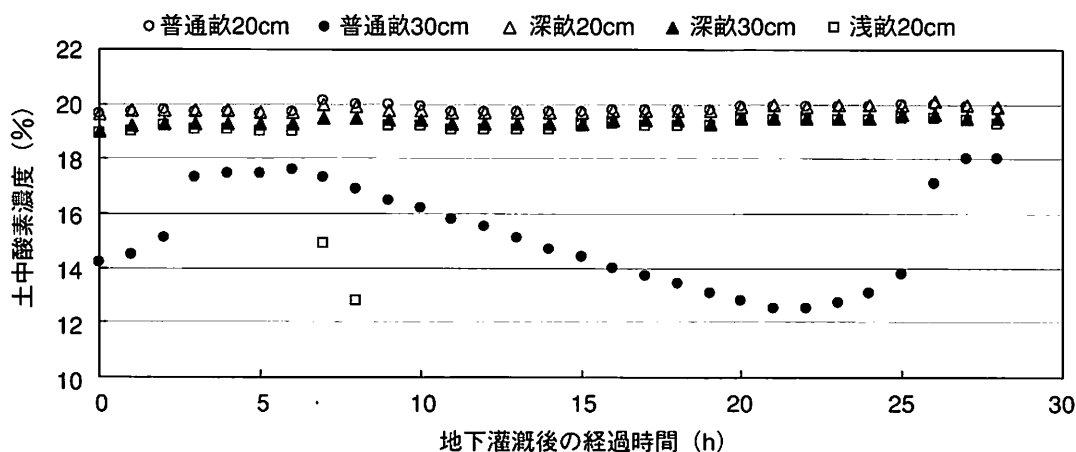


図1-2-4 畝形状と地下灌漑時の土中酸素濃度 (平成10年)

(c) 畝の有無（キャベツとダイズ）と水の流れ

8月14日の早朝すべての暗きょ排水出口を閉め、8時より地下灌漑を開始した。地下灌漑は、19時（開始後11時間）で一旦停止した（1回目の灌漑）。全ての暗きょを閉めた状態を保った。キャベツ移植直後で、しかも長期間の乾燥が続いていたため、その後、8月16日9時（開始後49時間）より地下灌漑を再開した。地下灌漑は17時（開始後57時間）で終了した（2回目の灌漑）。8月17日17時（開始後81時間）、浅層暗きょを、また、8月18日17時（開始後105時間）には本暗きょを開放した。

図1-2-5は地下灌漑開始（8月14日8時）後のダイズ10cm（播種直後の田面を基準）、キャベツ普通畝10、20、30cmの土壤水分（pF）の変化を示したものである。灌漑前の土壤水分は、ダイズ10cmでpF2.5であったが、キャベツでは、定植時に散水しながら定植を行ったため、pF2.0前後であった。キャベツでは、灌漑開始後6時間前後で30cmの深さで飽水状態となっているが、20cm、10cmの深さの土壤水分はpF1.5に低下するが1回目の灌漑ではそれ以上の低下は認められなかった。1回目の灌漑を停止したことによって、pF1.0前後に上昇している深さ30cmの飽水状態の水は上方や下方に移動したものと考えられる。一方、ダイズ10cmの土壤水分は灌漑によってpF1.5前後に低下したが、1回目の灌漑ではこれ以上の低下は認められなかった。2回目の灌漑を開始することによって、ダイズ10cmとキャベツ30cmの土壤水分は飽水状態となっているが、キャベツ10cm、20cmの土壤水分は低下するものの飽水状態には至らなかった。

1回目の地下灌漑水量は、2カ所の給水口を合計すると187.25m³（30a、62.4mm）、2回目のそれは158m³（52.7mm）であった。前者で給水強度は0.95ℓ/s（1本の浅層暗きょ当たり）、後者で1.1ℓ/sであった。暗きょ開放後の排水量は浅層暗きょ1.92mm、本暗きょ0.566mmであった。

同じ灌漑条件下でダイズでは10cmの深さにまで水が到達し、キャベツでは10cm、20cmの土壤水分の低下が認められるものの、畝の存在によって水が到達しにくかったものと考えられた。

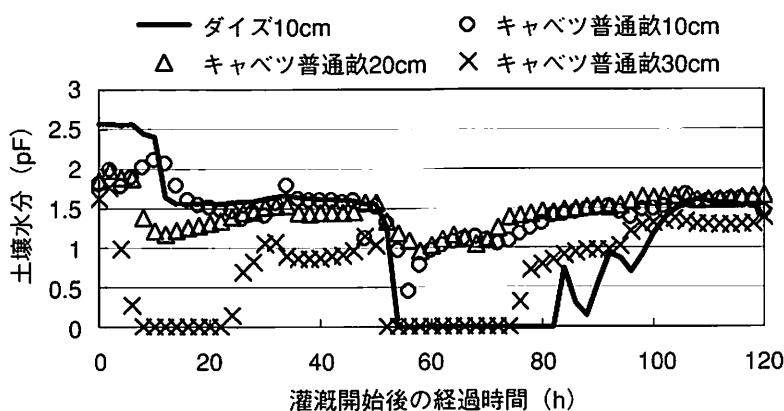


図1-2-5 地下灌漑後の土壤水分の変化（平成12年）

b) 多孔パイプ散水灌漑

多孔パイプ散水灌漑の試験は、2回行った。試験1は約35分間灌漑し、その平面分布を求めた（平均風速4m/s北風）。試験2は1時間の灌漑であった（平均風速2.4m/s北風）。なお、給水圧と給水量（流量）には、ほぼ直線関係が認められる（図1-2-6）。キャベツの5筋の畝をカバーするため、約8mの散水幅を得るためには、給水圧は約120kPaが適当であった。この時、給水量は約2.2ℓ/sであり、10mmの灌漑を行うためには約1時間の灌漑が必要になる。

図1-2-7には試験1（35分）と試験2（1時間）の結果を示した。ともに、南側の畝で散水量が多い結果が認められる。図1-2-8は結果の場所による変動係数を示した。散水ホースは風による影響が大きく、長辺方向のバラツキよりも、南北方向のバラツキが大きい。多孔パイプによる散水灌漑は風の少ない時間帯を選んで行う必要がある。

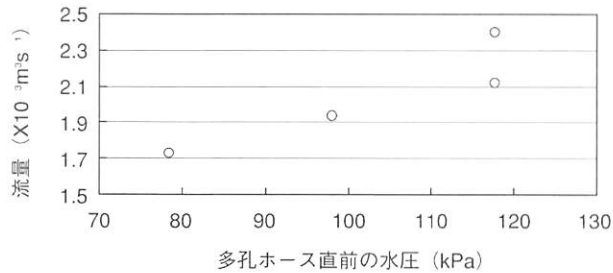


図1-2-6 多孔ホースの水圧と散水流量

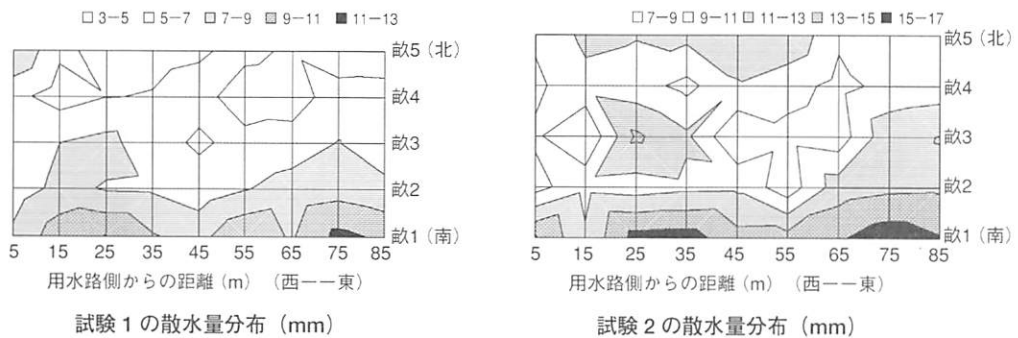


図1-2-7 多孔ホースによる散水灌漑

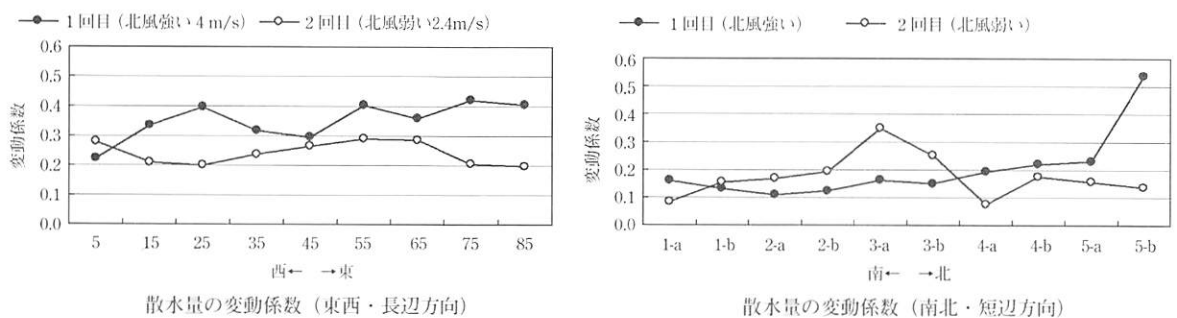


図1-2-8 多孔ホースによる散水量の変動係数

d 考察

浅層暗きよを用いた地下灌漑では、灌漑開始後、用水路側より排水路側の方が早く水が移動している。そして、浅層暗きよの水は暗きよ中間、本暗きよへと移動した。しかし、キャベツの畝の表面の土壤水分を増加させるには長時間で大量の水を必要とした。すなわち、一般に排水路側は用水路側に比較し、排水条件が良く、土壤構造も発達し、透水性がよい。その結果、地下灌漑に伴う水

の移動が早く生じている。浅層暗きよに灌漑した水は、下層に発達した亀裂を伝って、上方よりも横方向に容易に移動し本暗きよに達しているものと思われる。その結果、浅い浅層暗きよに灌漑したにもかかわらず、浅層暗きよよりも下方が水で満たされる。その結果、長時間で多量の水を要するものと考えられた。一般的に、地下灌漑は、作土の透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度で、暗きよ埋設深以下の土壌の透水係数が 10^{-6}cm/s 以下の圃場に適する²⁾とされ、表層土壌の透水性が良好で、しかも、給水位置直下に難透水層が存在する。本暗きよにまで発達した亀裂は、排水性の改善には有効に働くが、浅層暗きよからの地下灌漑を困難にしている。更に、畝の存在が地下灌漑を困難にしている。図1-2-9、10は室内において、土壌を詰め約40cmの土柱を作り、下端を水面に埋没させた状態で、土柱への水の毛管上昇の様子を調べた結果である。図1-2-9は土塊の大きさを変えた実験であり、図1-2-10は初期の土壤水分を変えて行った実験結果である。これらの結果から、毛管上昇による水の移動は高さ20cm前後までしか期待できないことが分かった。すなわち、畝の高さが20cm以上になると、畝の表面にまで灌漑するとすれば、畝間にまで水をためなければならない。また、毛管上昇の程度は、土塊の径が小さいほど、初期の土壤水分が高いほど、水が上方にまで移動することが分かる。

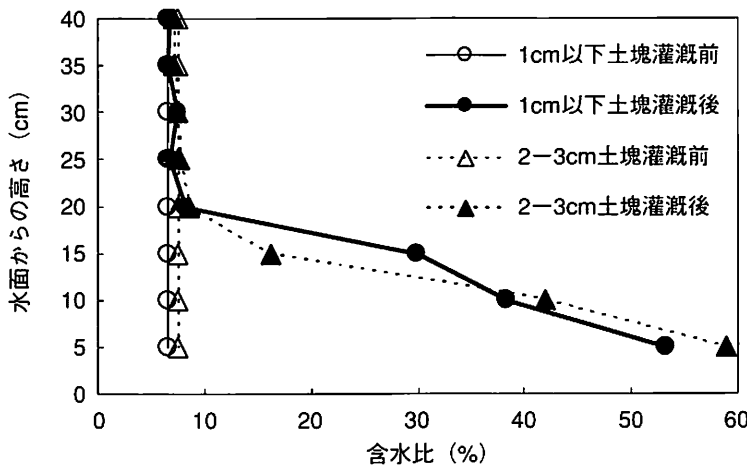


図1-2-9 毛管上昇7日後の土壤水分分布

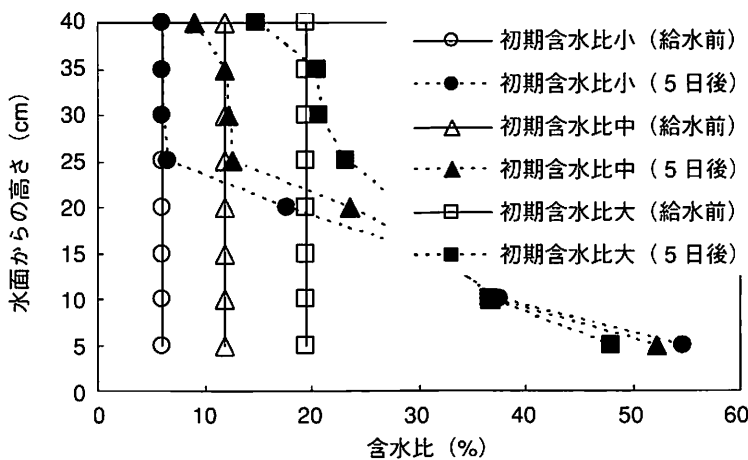


図1-2-10 初期含水比と毛管上昇

一般に、畝栽培が行われる畑作物の灌漑方法として畝間灌漑が行われることが多い。しかし、畝間灌漑においても、前述の通り、畝表面までの毛管上昇は難しい。毛管上昇が困難な土壌の灌漑方法として、多孔ホースによる散水灌漑を検討した。多孔ホースによる散水灌漑の場合、作土のみを灌漑し、少量・多頻度灌漑が可能である。しかし、多孔ホースやポンプ（用水路が開水路の場合）等の機器が必要になると共に、風の影響を無視することができない。また、面積が広くなると、多孔ホースの圧力低下による、灌漑のブロックローテーションなども検討を要する。

e 引用文献

- 1) 福本昌人・深山一弥・小川茂男（1992）粘土質転換畑における地下灌漑の適用性．土壤の物理性, 64, 11～20
- 2) 農林水産省構造改善局計画部資源課（1990）地下かんがいの手引き

(○足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・伊藤公一・松崎守夫・高木強治)

3. 有機質資材の施用による耐水性団粒の生成促進

a はしがき

転換畑の土壤物理性の改善では第一に排水性の促進が重要であるが、次の段階として、耐水性団粒の生成による土壤構造の安定化がもとめられる。構造が発達した土壤は排水性、耕うん特性、保水性、および通気性に優れるが、土壤水分が高まると土壤水の表面張力に由来する土壤の凝集力が低下し、土壤構造は不安定化する⁸⁾。このことから、土壤構造を安定に保つためには、表面張力以外の凝集力として作用する有機物や鉄・アルミニウムの酸化物といった「セメント物質」の働きが重要視されてきた。水中で維持される団粒構造を耐水性団粒といい、このような高水分条件で安定な土壤構造の指標として一般的に用いられる⁸⁾。

有機物が耐水性団粒が生成する際の「セメント物質」としては微生物の代謝産物である polysaccharide がその骨格であるとされている。しかし近年では polysaccharide によって結合された土壤構造を維持する物質としてフェノール性化合物が重要であることが明らかになりつつある¹⁾。フェノール性化合物は polysaccharide と結合することで、微生物による polysaccharide の分解を妨げ、団粒構造を長期的に維持する¹⁾。土壤中のフェノールの給源は主に植物遺体中のリグニン画分に由来し⁹⁾、微生物によって生合成されたものの割合は少ない。このような知見から土壤の団粒生成を促進するためには施用する有機物の質に関する研究が重要であると思われるが、「土壤の団粒生成促進技術を目的とした有機質資材の選定」という視点からフェノール性化合物の寄与を検討した例はない。

本研究では、まずフェノール性化合物による団粒生成促進効果を確認し、次に有機質資材のリグニン含量、他の有機成分含量、および物理的な形状と団粒生成能との関係を明らかにする。最後に上記の結果として選定された有機質資材を圃場に施用し、団粒生成促進効果を確認する。

b 試験方法

a) フェノール性化合物による耐水性団粒生成促進能の検証

北陸研究センター内の連用水田の作上（細粒質斑鉄型グライ低地土、強粘質）から採取した土壤を風乾し、種々のフェノール性化合物または糖類を $10\mu\text{mol/g}$ 添加し、含水比43%、30℃の条件で30日間畑培養した。多糖類およびタンニン酸についてはそれぞれの重合度を考慮し、単糖あるいはベンゼン環一つを単位としたモル数に換算した。培養後の試料は風乾し、水中篩分法⁴⁾によって耐水性団粒の平均直径をもとめた。

b) 耐水性団粒生成促進能の高い有機質資材の検索

上に述べた土壤10gに12種の様々な有機質資材0.1gを加え、含水比43%、30℃の条件で60日畑培養した。有機質資材は粉碎して2mmのふるいを通したもの（粗粉碎区）と0.1mmのふるいを通したもの（微粉碎区）の2種類を用いた。培養終了後、濁度および耐水性団粒の測定を行った。濁度は以下のように測定した。あらかじめ200mlの蒸留水を加えた310ml容のふた付きポリビンに土壤10gを加え、体積250mlの標線まで蒸留水を加えた。手で5回倒置し、静置後2分24秒後に5cmの深さからシルト以下画分の懸濁液を5ml採取し、525nmの吸光度を測定した⁵⁾。耐水性団粒については、残りの懸濁液を振幅幅8cmの往復振とう機で90往復/minの速度で5min振とうした後

中篩分法で1 mm以上の団粒の割合をもとめた。

添加した有機質資材の構成要素は大崎¹¹⁾の方法によって分画した。

c) 圃場における実証試験

2000～2004年において、もみ殻1 t/10aをダイズまたはキャベツを作付する転換畑圃場（以下、それぞれ、ダイズ栽培区、キャベツ栽培区）に耕うん直前に散布した。収穫期以降に跡地土壌を採取し、濁度・4 mm以下の土塊割合・水中篩分後の1 mm以上の耐水性団粒割合を測定した。また収穫期に地上部をサンプリングし、収量調査を行った。試験圃場および作業時期の概要は表1-3-1のとおりである。

表1-3-1 もみ殻施用試験の概要

	大豆栽培区				キャベツ栽培区		
	2000年	2001年	2002年	2003年	2001年	2002年	2003年
施用・耕うん日	5月29日	6月4日	5月29日	5月29日	8月7日	8月4日	8月4日
跡地土壌採取日	11月13日	10月8日	11月6日	10月5日	10月5日	11月6日	10月20日
ほ場	北陸セ 転換初年目	北陸セ 転換2年目	北陸セ 転換初年目	北陸セ 転換2年目	西山現地	北陸セ	北陸セ
反復数	8	8	3	3	2	2	2

c 結果と考察

a) フェノール性化合物による耐水性団粒生成促進能の検証

フェノール性化合物の種類により耐水性団粒生成促進能は異なり、耐水性団粒の平均直径は0.8～1.7倍の範囲で分布した（図1-3-1）。ほとんどのフェノール性化合物で団粒生成は促進される傾向であり、特にクマル酸において団粒生成促進能は高かった。フェノール性化合物の化学構造と団粒生成促進能の間には単純な法則性を見つけることは出来なかった。糖類に関しては、多糖類のうち分解性が低いセルロースの効果は低かったが、セルロースに比べ相対的に分解性が高いでんぷんで大きな効果があり、単糖類・オリゴ糖類は生成を抑制した（図1-3-1）。

Martens and Frankenberger¹⁰⁾によると土壌への単糖類の添加は一時的に微生物活動を活性化させ、耐水性団粒の生成を促進するが、このようにして生成された耐水性団粒は速やかに分解されてしまう。さらにMartens⁹⁾は耐水性団粒中にはフェノール性化合物が多く含まれ、これが土壌有機物の微生物による分解を抑制し、団粒構造の維持に寄与しているとしている。我々の結果はこれらの知見を支持するものであり、フェノール性化合物が団粒構造の維持・生成促進に効果的に働くことが確認されたといえる。最も効果が高かったクマル酸は稲わらと麦わら中に最も多く存在しているフェノール性化合物であり⁶⁾、作物残査を団粒生成促進資材として活用できる可能性を示唆する。

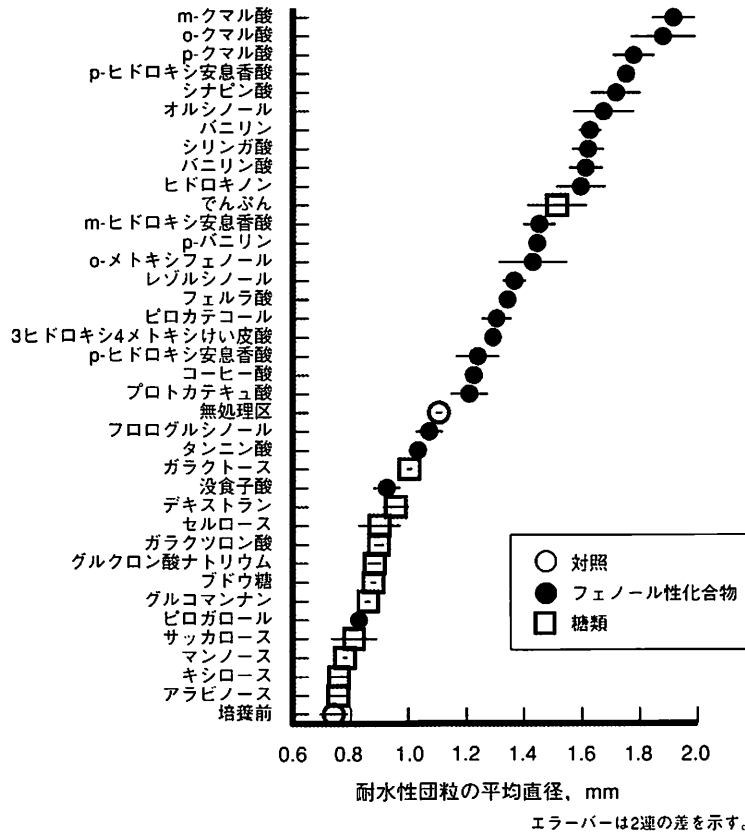


図1-3-1 フェノール性化合物および糖類の耐水性団粒生成促進機能の比較

b) 耐水性団粒生成促進能の高い有機質資材の検索

添加した各資材の構成要素を表1-3-2に示した。ほとんどの資材で合計は100%に近い数字となったが、鶏糞たい肥、カニライムでは合計値が低くなった。これは用いた分画方法が植物体の分画を目的としたものであるためと考えられた。

表1-3-2 有機質資材の主な構成要素の割合

	タンパク質	脂質	糖・でんぷん	ヘミセルロース	セルロース	リグニン	灰分	合計
牛糞たい肥	10.9	0.3	1.3	6.0	33.2	33.6	7.0	92.3
鶏糞たい肥	21.6	1.7	2.1	5.6	2.9	14.1	5.0	52.9
豚糞たい肥	17.5	1.0	1.1	4.0	22.0	35.5	4.4	85.5
カニライム	27.0	0.5	0.4	6.9	18.9	11.4	3.8	68.8
パークたい肥	4.5	3.3	1.5	trace	31.4	49.9	6.3	96.9
ビートモス	4.0	1.0	3.1	3.3	8.3	54.9	17.3	91.9
オガクズ	0.7	1.1	3.3	12.7	45.7	30.6	11.5	105.5
伐採材	2.5	1.2	2.2	15.5	46.9	22.4	2.7	93.5
菜種カス	40.2	2.4	13.4	17.2	24.2	21.6	7.8	126.8
もみ殻	2.4	2.3	2.4	14.5	35.1	22.9	10.5	90.2
稲わら	2.8	1.1	7.5	23.0	33.1	11.4	2.0	80.9
麦わら	2.0	0.4	5.5	30.7	33.0	15.8	2.3	89.7

*単位は%

資材を添加することにより畑培養後の1mm以上の耐水性団粒の割合は高まり、濁度は減少した(図1-3-2)。両者には高い相関関係が認められ、濁度を耐水性団粒割合を代替する指標として利用

できると考えた。また、微粉碎区のほうが、粗粉碎区に比べ、耐水性団粒の生成が促進される傾向だった(図1-3-2)。

次に表1-3-2でもとめた各構成要素の耐水性団粒の生成への寄与度を推定した。各構成要素の含有率に偏りがあるために、各構成要素の含有率を平均値0、分散1へと標準化し、耐水性団粒割合を従属変数として重回帰分析を行い、このときの各要素の係数を寄与度とした(表1-3-3)。資材を微粉碎した区ではヘミセルロース・リグニン・タンパク質で正の寄与が有意に認められた。ワックス・セルロースについては有意ではないが、寄与度はマイナスだった。微生物による糖類の易分解性は一般的に、糖・でんぷん>ヘミセルロース>セルロースの順であるとされている²⁾。土壌構造をつなぐ polysaccharide は微生物の代謝産物由来であることから¹²⁾、難分解性の糖類は団粒生成促進には不利であると考えられる。また、前述したようにグルコースのような易分解性の炭水化物は耐水性団粒を一時的に増加させるが、このような団粒は長期間維持されず分解されてしまう¹⁰⁾ことが知られている。これらの知見を考えあわせると耐水性団粒の生成には適した分解速度をもつ炭水化物が存在することになる。表1-3-3で得られた結果は、分解性の高い糖・でんぷんや難分解性のセルロースは耐水性団粒の生成・維持への貢献が小さく、ヘミセルロース程度の分解特性を持つ成分が団粒生成に最も効果的であることを示している。

リグニンは高い寄与度を示したが、一般的にリグニンはセルロースよりも分解性が低く²⁾、リグニンの寄与を微生物代謝のエネルギー源という理由からは説明できない。Martens⁹⁾によって指摘されているように、リグニンを構成しているフェノール性化合物が分解過程で放出され、こうしたフェノール性化合物が団粒構造の安定化に働いたと考えられる。

粗粉碎区での各構成要素の寄与度の傾向は微粉碎区のそれと一致したが、いずれの成分においても有意ではなかった。粗粉碎区では微粉碎区に比べ、耐水性団粒の生成が抑制されている(図1-3-2)ことから、粗粉碎区では、微粉碎区に比べ資材の分解が抑制され、その結果化学的な組成の影響が明確にならなかったと考えた。有機質資材の粒径と分解特性との関係についての知見は少ないが、粉碎処理による資材の破断面の増加が、微生物による資材の代謝速度を高めることが指摘されている³⁾。すなわち、粉碎によって資材の比表面積が増加したため、微生物が資材にアクセスしやすくなり、このことが資材の代謝速度を速め、資材の化学組成の団粒生成への寄与率を明確にしたと考えられる。

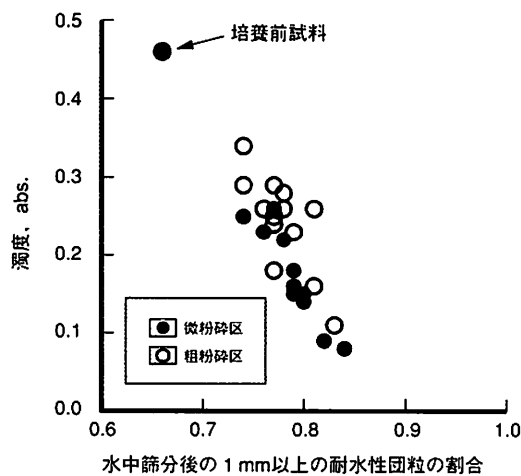


図1-3-2 濁度と耐水性団粒の関係

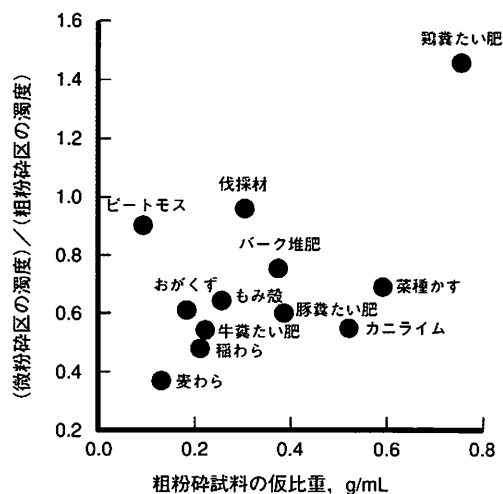


図1-3-3 資材の仮比重と粉碎の効果の関係

粉碎程度が団粒生成に及ぼす影響を各資材で比較するため、微粉碎区と粗粉碎区の濁度の比をとると、ピートモスを除き、仮比重が小さな資材においては微粉碎によって耐水性団粒の生成が促進される傾向だった(図1-3-3)。仮比重が小さな資材は、資材の粒子間あるいは粒子内部に多くの孔隙を含んでいることを意味する。このような孔隙が粉碎処理によって減少することが団粒生成促進に働く理由は明らかではないが、微粉碎によって(1)構造中の孔隙が減少し、資材と土壌との接触率が高まることで微生物による資材へのアクセスがより容易になった、あるいは(2)難分解性の画分に覆われていた易分解性の画分が表れ、微生物による分解を容易にした、等の理由が考えられた。いずれにせよ詳細は明らかではなく、この点については今後の課題である。

以上から、耐水性団粒の生成促進に効果的な資材とは、ヘミセルロース・リグニン・タンパク質含量が高く、資材の粒径が小さいことが、重要な条件であると結論した。この観点から資材を選択すると、ヘミセルロース・リグニン含量が多く、セルロース含量が少ないこと(表1-3-2)、物理的にも粒径が小さいこと、からもみ殻が耐水性団粒生成に有効と判断し、圃場試験に用いた。

表1-3-3 有機質資材の構成要素の耐水性団粒生成への寄与度

	濁度				耐水性団粒			
	<0.1mmに粉碎 (p, %)		<2mmに粉碎 (p, %)		<0.1mmに粉碎 (p, %)		<2mmに粉碎 (p, %)	
タンパク質	-0.60	3.9*	-0.35	31	0.62	1.4*	0.00	100
ワックス	0.97	6.9	-0.13	83	-0.50	18	-0.18	74
糖・でんぷん	-0.63	19	-0.21	73	0.39	28	0.94	13
ヘミセルロース	-0.99	2.9*	-0.41	41	0.83	2.1*	-0.48	28
セルロース	0.52	11	0.51	23	-0.14	51.0	-0.17	61
リグニン	-0.99	3.0*	-0.24	63	0.78	2.7*	-0.27	53
灰分	0.03	88	0.32	27	0.05	75	-0.50	6.8
相関係数	0.93		0.86		0.96		0.90	
危険率 (%)	4.80		23.0		1.50		12.0	

#各データを正規化し重回帰分析を行った際の係数。濁度は負、耐水性団粒は正の値で寄与を示す。

*は5%の危険率で有意差があることを示す。

c) 圃場における実証試験

ダイズ栽培区においては4年間中、2002年を除いてもみ殻施用による耐水性団粒の生成促進効果が認められた(表1-3-4)。2000年、2001年においては4mm以下の土塊割合が高かった。これは、団粒生成により降雨等で不安定化する土塊が減少し、収穫期まで残存する土塊の割合が多いためだと考えた。キャベツ栽培区では2001年の西山現地圃場においてのみ、10%以下の危険率でもみ殻施用区の濁度が低かった。キャベツ栽培でもみ殻施用の効果が明確でないのは、もみ殻施用から採取までの期間が短いこと、生育時期の大半が秋期から冬期にかけての地温が低い時期であること、等の理由によりもみ殻の分解の進行が十分でないことが原因だと思われる。

2001年にダイズ栽培区において、もみ殻施用を中断した試験区を設けたところ、前年施用の効果は翌年の収穫期には認められなかった(表1-3-4)。施用は毎年継続する必要がある。

もみ殻施用は作物生育に負の影響を及ぼさなかった。1t/10aのもみ殻施用は土壌窒素無機化量を1kg/10a抑制するが(データ省略)、もみ殻施用による収量に有意な減少は生じず、むしろダイ

ズ栽培区では4年中3年で収量は向上する傾向だった(表1-3-4)。2002年には、室内試験において最も団粒生成に効果が高かった菜種かすの施用を行ったが、この場合には初期生育が悪く、収量は減収した。これは新鮮有機物から発生した有害な有機成分の影響だと考えられた⁷⁾。

2003年にもみ殻施用を0.5t/10aとした区を設けた。濁度・耐水性団粒ともに対照区と1t/10a施用区の中間の値となり、施用量が多いほど団粒生成は促進される傾向だった(表1-3-4)。団粒生成能および地上部生育の視点からは、もみ殻施用の上限は明らかにはできなかった。

表1-3-4 ほ場における籾殻施用による耐水性団粒生成促進能の実証結果

		大豆栽培区				キャベツ栽培区	
		<4mmの土塊割合	濁度	耐水性団粒	収量	濁度	平均重量
		%	abs.	%	kg/10a	abs.	g/個
2000年	対照	85.7	1.032	59.6	386		
	籾殻 1 t/10a	86.5 **	0.869 **	59.3	384		
2001年	対照	41.4			377	0.531	
	籾殻 1 t/10a	52.4 **			401	0.322 +	
	前年施用	39.7			354		
2002年	対照	53.7	2.08	68.4	286	1.88	1710
	籾殻 1 t/10a	36.5	2.04	70.1	268	1.95	1900
	菜種かす0.5t/10a	42.0	1.68	65.1	214 +	1.53	1430
2003年	対照	4.5	0.987	#1.14	236	0.169	1720
	籾殻0.5t/10a	8.4	0.914 +	#1.29	294	0.179	1610
	籾殻 1 t/10a	6.0	0.703 *	#1.32	266	0.128	1580

#は平均直径。単位はmm。

+, *は対照に比べMann-Whitney検定でそれぞれ10, 5%の危険率で有意差があることを示す。

d 摘要

転換畑圃場において団粒生成を促進するため、団粒化に効果があるとされているリグニン含有資材の検索および圃場での実証を行った。リグニンの分解過程で生じる耐水性団粒の維持に貢献すると考えられているフェノール性化合物を土壤に添加したところ、耐水性団粒の平均直径は増加した。12種類の有機質資材を用いて団粒生成促進能と有機成分組成の関係を検討すると、ヘミセルロース・リグニン・タンパク質において有意な寄与が認められた。ヘミセルロースは無機化による微生物活性代謝のエネルギー源であるのに対し、難分解性のリグニンの寄与が大きいことは上述の団粒維持作用が働いたためであると考察した。また、粒径が小さく物理的に微生物が資材にアクセスしやすいことも団粒生成に対する寄与が大きかった。これらの結果から、もみ殻が団粒生成に効果的な資材であると判断した。2000年から2003年の実証圃場では2002年を除き、ダイズ栽培区ではもみ殻施用による跡地上壤の4mm以下の土塊の増加あるいは濁度の低下が有意に認められた。施用を中断すると施用効果は消失し、施用量が0.5t/10aの場合よりも1t/10aの効果の方が大きかった。以上から、もみ殻1t/10aを連年施用することが耐水性団粒の生成に有効であると結論した。

e 引用文献

- 1) 阿江教治・遅沢省子・久保田徹 (1987) フェノール性化合物の土壌団粒形成能. 土肥誌, 58, 233-236
- 2) Cahyani, V.R., Watanabe, A., Asakawa, S., and Kimura, M. (2002) Succession of microbiota estimated by phospholipid fatty acid analysis and changes in organic constituents during the composting process of rice straw. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 48, 735-743.
- 3) 板橋 直・山田和義・木村龍介 (2002) 有機質肥料中窒素の無機化に対する粒子サイズの影響. 土肥誌, 73, 411-415
- 4) Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. (1986) Aggregate stability and size distribution, Method of soil analysis part 1 -physical and mineralogical methods. Wisconsin, American Society of Agronomy, 425-442
- 5) Kretzschmar, R., Hesterberg, D., and Sticher, H. (1997) Effects of adsorbed humic acid on surface charge and flocculation of kaolinite. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 101-108
- 6) 草野 秀・小川和夫 (1974) 作物体中に含まれるフェノール性酸について. 土肥誌, 45, 29-36
- 7) MacRae, R.J. and Mehuys, G.R. (1985) The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. *Adv. Soil Sci.*, 3, 71-94
- 8) Marshall, T.J. and Holmes, J. W. (1979) "Soil structure". *Soil Physics*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 186-208
- 9) Martens, D.A. (2002) Relationship between plant phenolic acids released during soil mineralization and aggregate stabilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1857-1867
- 10) Martens, D.A. and Frankenberger Jr., W.T. (1992) Decomposition of bacterial polymers in soil and their influence on soil structure. *Biol. Fert. Soils*, 13, 165-173
- 11) 大崎 満 (1990) 植物体有機成分の粗分画と定量. 植物栄養分析法, 博友社, 204-214
- 12) Tisdall, J.M. and Oades, J.M. (1982) organic matter and water-stable aggregation in soils. *J. Soil Sci.*, 33, 141-163

(○高橋智紀・松崎守夫・細川 寿)

第2章 キャベツ作における高収益で安定した転換畑輪作技術の確立

1. 重粘土における野菜作の作業効率向上技術の開発

1) 碎土性を向上させる耕うん同時畝立て作業技術の開発

a はしがき

北陸地域では、耕地面積に占める水田の割合が約90%以上と非常に多く、コシヒカリに代表される水田地帯である。しかし水稲の生産調整が進められ、畑作への転換が拡大されてきたが、北陸の水田の約50%は、畑作への転換が困難な重粘な土壌であり、さらに北陸地域は、全国平均の約2倍近くの降水量のため、水稲以外の作物栽培を困難にしている。

一方ここ数年、ダイズ・ムギ等が、主たる転作作物として取り組まれているが、収益性や地産地消の考えからは、野菜も重要な転作作物である。ダイズ・ムギでも容易でない水田転作圃場で野菜を栽培する場合、この重粘な土壌特性と多量な降水量は、耕うん時の碎土性の低下や作物への湿害をもたらす大きな要因となっている。

畑地化の進んでいない重粘土では、深く耕うんすると含水比が高いため、極端に碎土率が低下する。しかし、転換畑の土壌改善や作物の根域の拡大には、深耕が重要である¹⁾。一方転換畑での野菜栽培は湿害回避の面から、畝立てなどの対策が必要である。これらのことを考慮し、重粘土壌において、耕うんと畝成型を同時に行い、しかも深耕でありながら、碎土率の低下や所要動力の増加にならず、湿害等の回避や増収効果も期待できる耕うん同時畝立て作業機を開発した。

b 開発した作業機の構造

作業機は、重粘土での耕うんと畝立てを別行程で行った場合の作業途中の降雨リスクを回避するために、耕うんと畝立てを同時に行うことができるような構造にした。そのため、重粘土でもダウンカットに比べて同じ走行速度で碎土率が高いアップカットロータリ^{2,3)}の耕うん軸を市販のフランジからホルダー型に改良を行った(図2-1-1)-1)。耕うん爪の種類はなた爪を使用し、畝中央部に土が移動しやすいように、爪先の屈曲部方向を全て畝中央に揃えて取り付け、また溝部に相当する部分には、ロータリ後方に培土板を取り付けた。

野菜用の畝の栽培様式は、新潟県の耕種基準、実際の農家の栽培様式等に合わせて、120cm～135cmの畝立て(1畝2条移植)が行えるように、耕うん幅150cmのアップカットロータリを、ロータリ中央に畝中心ができるよう爪を配列した(図2-1-1)-2左)。また大型のロータリ(耕うん幅200cm)でも同じ形状の畝立てができるように爪の配列を約40cmオフセットして取り付け、一方作業で畝立てができるような作業機も試作した(図2-1-1)-2右)

さらに、1回の耕うんで、畝の部分は深耕、畝間の部分は浅耕できるように、2種類の長さの耕うん爪を取り付けた。作物が生育する畝部分は標準の長さの爪（回転半径約26cm）を取り付け、約3cmほど深耕して根域の拡大を図り、畝間の部分は標準より短い長さの爪（回転半径約19cm）を取り付けて浅耕できるようにした（図2-1-1)-3左、中央）。さらにロータリチェーンケース前方には、耕深を深くできるように、円盤型ディスクを取り付け、チェーンケースが抵抗にならないように溝を作成した（図2-1-1)-3右）。ロータリの形状は、耕うん幅150cmで、幅166cm、高さ105cm、長さ198cm、重量360kgであった。耕うん幅200cmのオフセット型では、幅217cm、高さ104cm、長さ205cm、重量635kgであった。

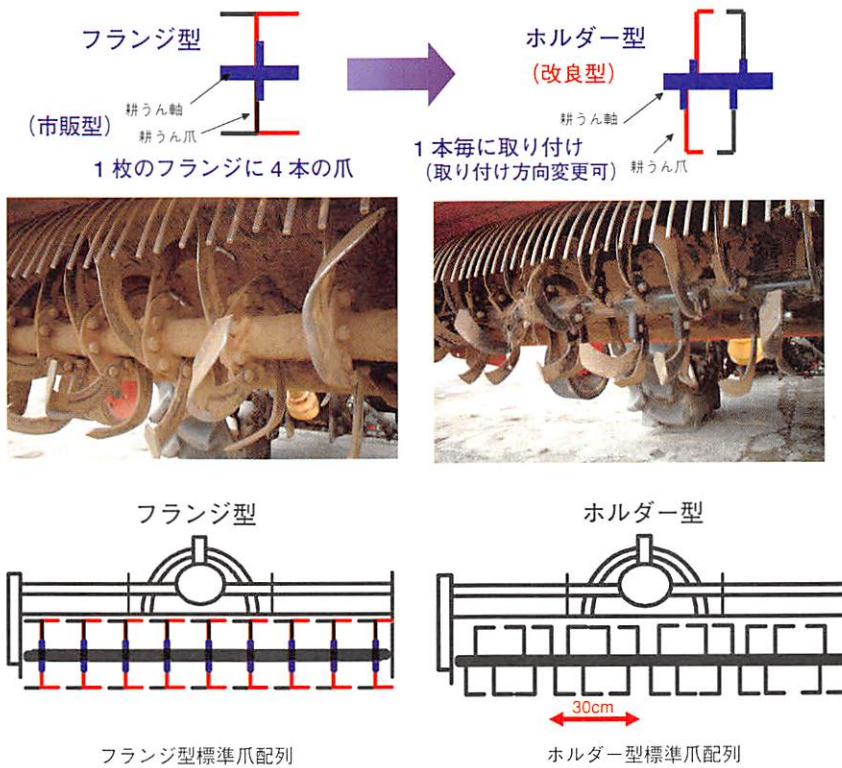


図2-1-1)-1 耕うん爪取り付け方法



図2-1-1)-2 耕うん同時畝立て作業機

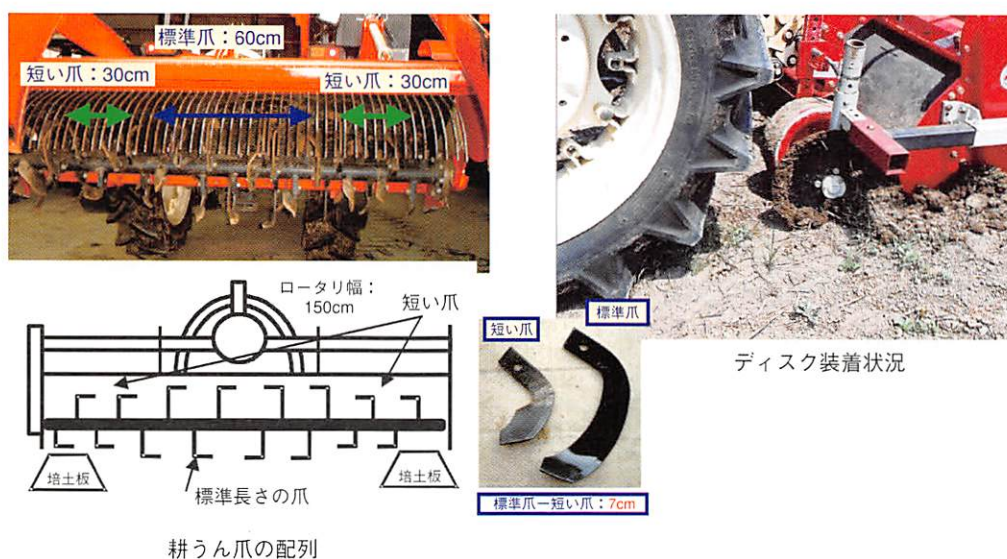


図2-1-1)-3 耕うん爪の配列とディスク装着状況

c 試験方法

a) 耕うん軸を改良した場合の碎土率と所要動力

耕うん軸の耕うん爪取り付け方式をフランジ型からホルダー型にした場合の耕うん後の土壤碎土率と耕うん軸所要動力を2種類の圃場条件（圃場1：水稻あと、含水比55～60%、圃場2：大豆あと、含水比約40%）で測定した。碎土率は30cm×30cmの面積を耕うん深さ（約20cm）まで採取し、1、2、3、4 cmの篩いを用いて分別し、2 cm以下の土塊径の重量割合を碎土率とした。また碎土率は、耕うん後の土壤すべての深さまでの全層碎土率と、播種や移植部分との関係が深い表面から5 cmまでの表層碎土率を測定した。土壤含水比は各土塊径毎の水分サンプルの土壤含水比と重量割合から、全体の含水比を算出した。さらに碎土率測定時の走行速度とPTO回転数の比を測定し、耕うんピッチとした。フランジ型では1カ所を通過する爪は2本、ホルダー型では約1本であるが、耕うんピッチは、本数は除いて計算した。

所要動力は、ユニバーサルジョイントに歪ゲージとテレメータを取り付けてトルクを測定し、エンジン回転数からPTO回転数を換算して算出した。

b) 耕うんと畝立てを同時に行った場合の碎土率

爪の長さが全て同じ改良型アップカットロータリの耕うん爪の曲がりの方向を畝中心に揃えて取り付け、耕うんと同時に畝立てを行った場合の碎土率、アップカット耕うん後にロータリカルチを取り付けた乗用管理機で畝立てを行う2工程作業で行った場合の碎土率、畝立てしない爪配列でアップカット耕うんを行った場合の碎土率を測定した。土壤含水比は a)と同様に測定した。

c) 耕うん爪の長さを変えた場合の耕うん特性

1回の耕うんで深耕（畝部分）と浅耕（畝間部分）を行い、かつ爪の曲がりをすべて畝中央にそろえて取り付け、耕うん同時畝立てを行った場合（深畝）の畝形状および碎土率や所要動力等の耕うん特性を測定した。比較として、すべて同じ長さの爪で耕うん同時畝立てを行った場合（普通畝）と、畝部分を浅耕、畝間部分を深耕した畝下浅耕方式（浅畝）の畝（図2-1-1)-4）を作成した。耕深は、深畝は約15cm、普通畝と浅畝は約12cmとした。碎土率、所要動力の測定は a)と同様の方法で行った。

d) 耕うん爪の長さを変えた場合の畝内部の状態

3種類の畝立て方法について、8月上旬移植、10月以降収穫の秋穫りキャベツを栽培し、土壌水分と土中酸素濃度を測定した。土壌水分は、深さ10、20、30cmの水分ポテンシャルを測定した。土中酸素濃度計は、測定用のセンサを10、20cmの深さに埋設し、土壌中の酸素濃度を測定した。各測定データは、午前0時の値を1日の代表値として使用した。

e) 畝下深耕方式の畝間走行性

畝下を深耕し、畝間を浅耕した深畝と、同じ長さの爪で耕うん同時畝立てを行った普通畝の畝間の走行性を評価する指標として、矩形板沈下量を測定した。矩形板の形状は25×100mmのものを使用した。

f) 耕うん爪の長さを変えた畝のキャベツの収量

3種類の畝に対して、1998年と1999年について、8月上旬に移植し、11月上旬の同じ日に一斉に収穫した場合の、1kg以上の結球重の割合（収穫率）、キャベツ収量、1個当たりの平均球重を測定した。ただし、1998年については、9月以降の降雨が平年に比べて非常に多い年であったことから、全体の生育が不良であるため、1kg以上のキャベツが少なく、畝立て方法による収量の比較ができないことから、800g以上の結球重の割合、収量と平均球重を測定した。供試したキャベツ品種は‘YR征将’、管理作業は新潟県の標準栽培指針に準じて実施した。

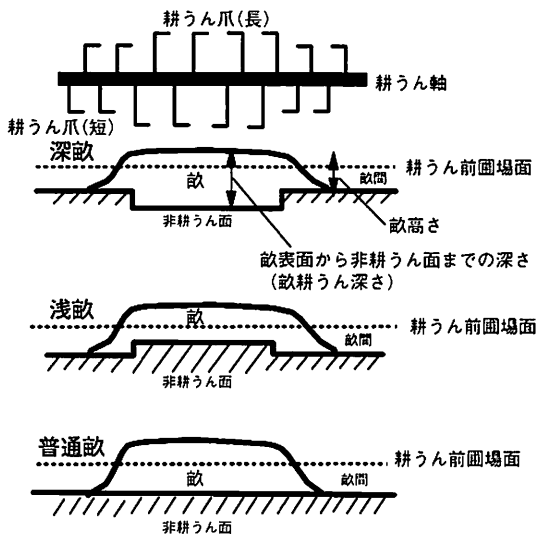


図2-1-1)-4 畝立ての種類

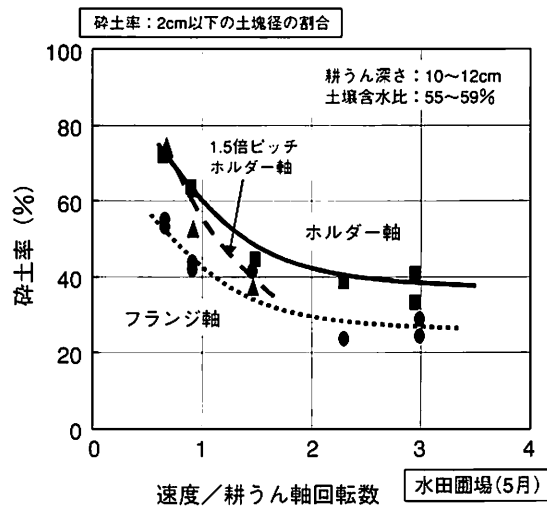


図2-1-1)-5 耕うん軸と碎土率

d 試験結果および考察

a) 耕うん軸を改良した場合の碎土率と所要動力

フランジ型とホルダー型のアップカットロータリで、土壌含水比が50%以上の土壌を耕うんした場合の碎土率は、ホルダー型がフランジ型に比べ、約10%高くなった (図2-1-1)-5)。しかし、土壌含水比が低い場合は両者の差はほとんど認められなかった。また、耕うん軸が異なる場合の所要動力は、土壌含水比に関係なくほぼ同じであった。ホルダー型の軸による耕うんは、同じ土壌断面で縦方向に切断する箇所が4倍になることから、衝撃等で碎土されにくい土壌水分の高い条件で、碎土率が向上すると考えられた。

b) 耕うんと畝立てを同時に行った場合の碎土率

耕うんと畝立てを同時に行った場合と別工程で行った場合の全層碎土率は、ロータリカルチによる碎土効果がないため、両者はほぼ同じであった。しかし表層5cmでは、耕うん同時畝立ての場合では、アップカットの効果により表層に細かい土が集まり、耕うん後のロータリカルチでは、下層の粗い土塊が表層に移動するために、図2-1-1)-6に示すように、同時作業の碎土率が約20%高くなった。

c) 耕うん爪の長さを変えた場合の耕うん特性

表2-1-1)-1に、各畝立て方法ごとの畝形状、作土層の深さおよび所要動力を示す。3種類の耕うん同時畝立て方法ともに、できあがった畝の外観形状はほぼ同じであり、畝高さ約20cmであった。作土層の深さ（畝耕うん深さ）は、普通畝が19~24cmに対して深畝は約30cmと深くなり、逆に浅畝は約15cmと浅くなった。碎土率は、全層、表層5cmともに、深畝と標準畝が浅畝より高くなった（図2-1-1)-7左）。通常深耕することにより、高い含水比の土壌を耕うんするため、碎土率が低下するが、本方式の畝下深耕では、畝間部分に相当する浅い部分の細かい土を畝上層に集めている（図2-1-1)-7右）ため、全体として碎土率は低下しなかったと考えられる。さらに、深畝と普通畝は耕うん断面積がほぼ同じであるため、所要動力も同じであったが、浅畝は耕うん断面が小さく、所要動力も少なくなった（表2-1-1)-1）。

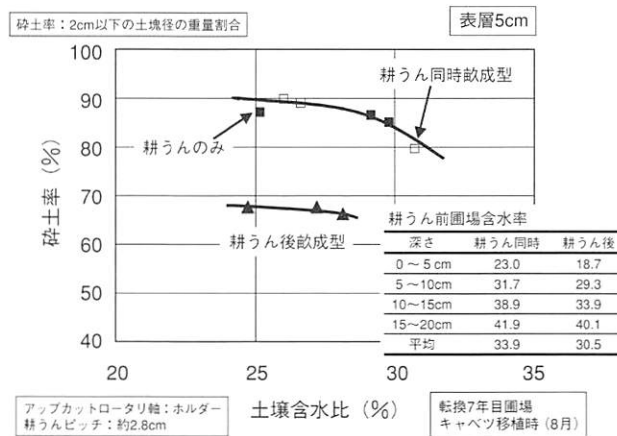


図2-1-1)-6 耕うん同時畝立ての碎土率

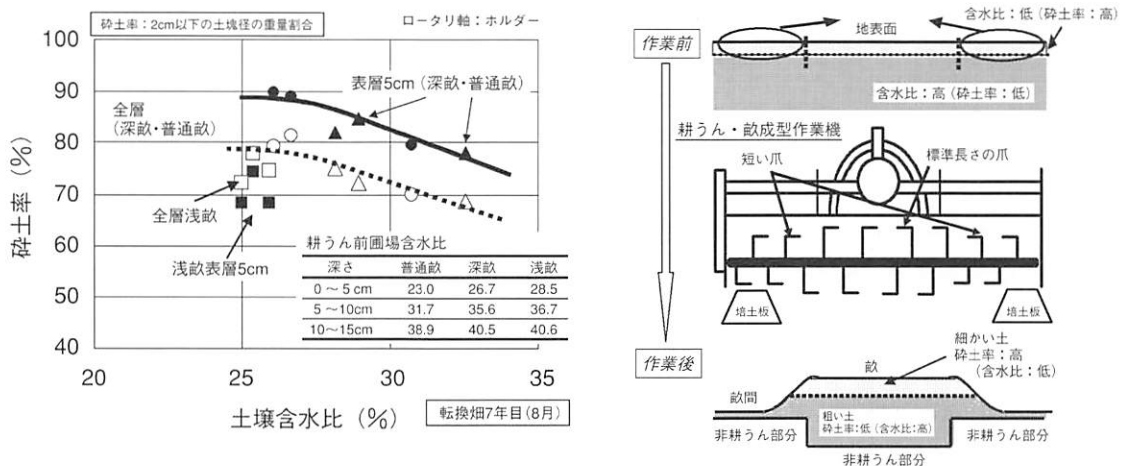


図2-1-1)-7 重粘土用耕うん畝立て作業方法と碎土率

表2-1-1)-1 畝立て方法と畝形状と所要動力

	深畝	普通畝	浅畝
畝高さ (cm)	18~21	18~21	17~21
畝耕うん深さ (cm)	28~30	19~24	15~16
所要動力 (kW)	31~32	33~34	18~20

d) 畝部分の耕深が異なる畝立て栽培の畝内部の状態

耕うん爪の長さの異なるロータリで同時畝立てを行い、キャベツを栽培した場合の深さ10cmの位置における土壌水分ポテンシャル (pF) の差は小さかった。しかし、深さが20cm、30cmの位置では、降雨後でも深畝のpFの値が低下せず、土壌水分が低くなった (図2-1-1)-8)。また、図2-1-1)-9に示すように、土壌中の酸素濃度も同様に推移し、深さ20cmでは降雨後の酸素濃度が高く推移した。

畝下を深く耕うんすることにより、降雨が非耕うん部分に到達して滞水するまでの許容できる孔隙量が大きくなると同時に、作付けしているキャベツ作が夏季から秋季の蒸発散の多い時期の栽培であることから、降雨が非耕うん部分に到達する前に土壌水分が蒸発し、深い位置の水分が低下すると考えられた (図2-1-1)-10)。

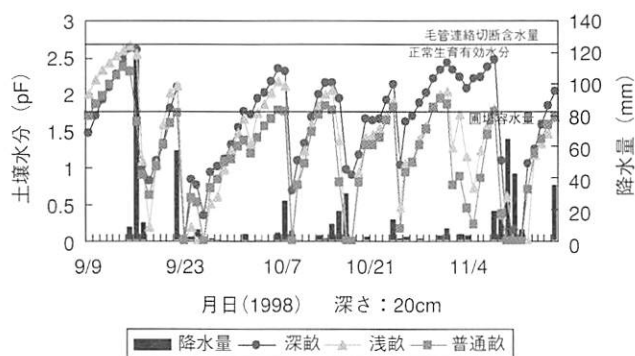


図2-1-1)-8 キャベツ栽培時の土壌水分

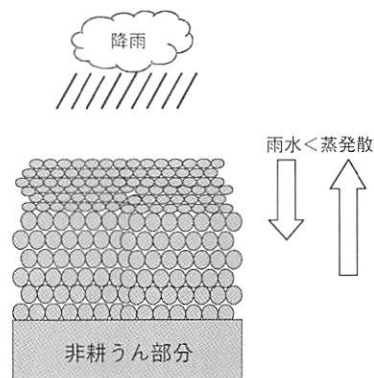


図2-1-1)-10 深畝の水分の流れ

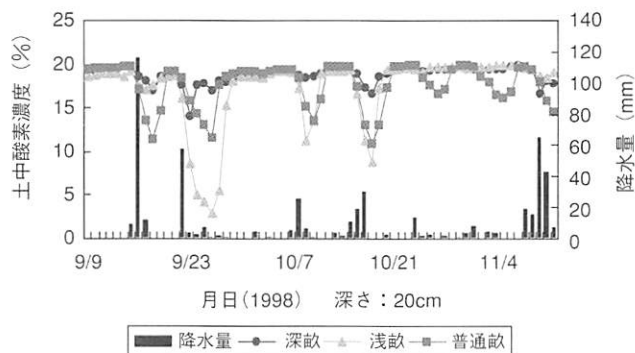


図2-1-1)-9 キャベツ栽培時の土中酸素濃度

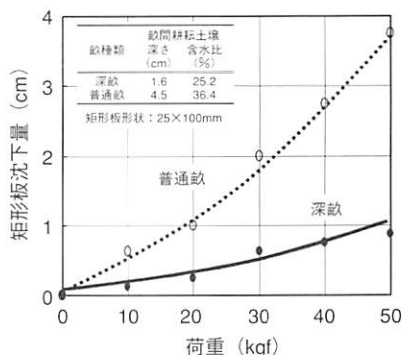


図2-1-1)-11 畝立て方法と矩形板沈下量

e) 畝下深耕方式の畝間の走行性

測定時の畝間の耕うん土壌深さは、深畝1.6cm、普通畝4.5cmであり、土壌含水比は深畝約25%、普通畝約36%であった。矩形板の沈下量は、深畝が普通畝より小さく(図2-1-1)-11)、土壌水分も低いことから、畝間を耕うんしていない深畝の方が、降雨後でも走行性が優れていると考えられた。

f) 耕うん爪の長さを変えた場合のキャベツの収量

1998年と1999年のキャベツ収量を表2-1-1)-2に示す。1999年は通常の気象年、1998年は異常多雨年であったが、両年ともに深畝が普通畝に比べてキャベツの収量が約10%程度増加した。浅畝は普通畝よりも収量が少なくなった。また収穫率、平均球重についても同様な傾向を示し、深畝が他の畝立てよりもキャベツの生育に有効であった。キャベツ生育期間中の深畝の土壌水分が、適正水分の範囲(圃場生育量～正常生育有効水分)である期間が長く、また土壌中の酸素濃度が常に高いことから、収量増加につながったと判断した。

表2-1-1)-2 畝立て方法とキャベツ収量

	深畝	普通畝	浅畝
収量	5730	5050	4350
(kg/10a)	(1950)	(1760)	(735)
収穫率	82.1	76.1	68.8
(%)	(59.5)	(54.4)	(24.5)
平均球重(g/個)	1676	1594	1506

作物・品種：キャベツ・YR征将
移植日：99/08/05,06 (98/08/18,19)
収穫日(一斉)：99/11/05 (98/11/05)
平均球重：1球1kg以上対象(99)

e 摘要

アップカッターロータリの耕うん軸の爪取り付け方法をホルダー型に改良し、畝下部分は標準の爪を畝間に相当する部分は短くした爪を、耕うん爪の曲がりの方向を畝中心にそろえて取り付け、しかも慣行より3cm程度深く耕うんすることにより、碎土性が高い状態で耕うんと同時に畝を作ることができた。この作業機による畝は、慣行に比べて畝表面に細かい土を集めることができたことに加え、所要動力を増加させることなく畝下の作土層を深く耕うんすることができた。そのため、降雨後でも土壌水分が低く維持され、しかも土中酸素濃度も高く推移するために、キャベツの収量を約10%増加させることができた。

f 参考文献

- 1) 北陸農業試験場編(1988) 転換畑作生産技術マニュアルー北陸における水田の利用技術と営農. 23-65
- 2) 森本國夫ら(1983) レーキ付きアップカッター・ロータリの作業性能. 農業機械学会誌, 45(3), 375-378
- 3) 金谷 豊ら(1989) 重粘土壌の耕うん方法に関する研究(第2報)ー水田と転換畑における碎土率向上技術ー. 農機誌, 51(1), 45-53

- 4) 細川 寿 (2001) 重粘上に適した耕うん同時畝立て作業機. 農業および園芸, 76 (9), 999-1006
- 5) 中野啓三 (1978) 低湿重粘土水田の畑転換に伴う土壌物理性の推移. 北陸農試報告, 21, 63-94
- 6) 日本土壌肥料学会編 (1979) 水田転作—出畑の高度利用—, 博友社, 65-98

(○細川 寿・足立一日出・松崎守夫・伊藤公一)

2) クローラ運搬車による汎用利用技術の開発

a はしがき

全国的に水稲の生産調整が行われているが、特に北陸地域では重粘土水田が広く分布しており、畑作物を栽培する場合、排水性不良や土性に起因する走行性の低下が問題である。転換作物として野菜を栽培する場合、灌水、薬剤散布等数次に及ぶ圃場内作業について、走行性を低下させずに機械化を図ることが重要である。一方、キャベツ等の重量野菜の栽培作業で最も負荷の大きい作業は収穫作業であり、転換畑の長辺方向が100m以上の長い基盤整備された圃場では、特に搬出作業が問題となる。そこで野菜収穫時の搬出作業に利用効果の大きいクローラ運搬車に搭載して使用できる移植前除草剤散布作業、移植後灌水作業、生育中の薬剤散布作業、畝間除草剤散布作業等の各種管理作業用アタッチメントを開発し、走行性や作業能率の向上、作業機の汎用利用による低コスト化等について検討した。

b 汎用利用作業機の構造

a) ベース車輻

汎用利用作業機のベースとしては、重粘土でも走行性が低下しにくいと考えられるクローラ運搬車を取り上げた。使用したクローラ運搬車は、輪距が100~175cmに調節でき、畝をまたいで走行する高床式で、最低地上高が65cmの構造を有している。キャベツの搬出に使用する場合は、荷台に10kg入りのキャベツ段ボールを約48箱搭載することが可能である (図2-1-2)-1)。主要諸元を表2-1-2)-1に示す。

b) 移植前除草剤散布、防除装置

移植前の除草剤散布と防除作業は、運搬車の荷物落下防止用金具を取り付ける穴を利用し、試作したブーム取り付け用の金具を差し込んで、薬剤散布用のブームを取り付ける構造である (図2-1-2)-2)。荷台には300リットルタンクと動力噴霧機を搭載し、タンクは荷台上で動かないように移動防止金具で固定した。ブームは最長7.2mの3分割式で、圃場形状等により散布幅を調節し、また手で折りたたみ格納する構造とした。折りたたみは上方にクロスさせる方式 (図2-1-2)-3)と機体側面に折りたたむ方式 (図2-1-2)-4)とした。また散布高さの調節は、固定金具のピンの位置を差し替えることにより調整できるようにした。動力噴霧機の吐出口を3方向に分岐し、コックを介して左右のブームと中央のブームに接続した。ブームのベース金具やタンクの移動防止金具の着脱は、ネジを使用せず、穴あき丸リベットピンとRピンで固定する方式とした (図2-1-2)-5)。

c) 移植後灌水装置

移植後の灌水装置は、300リットルタンクと植付条までの誘導パイプ、止水用コックと逆Y字型の吐出口を取り付けた構造である(図2-1-2)-6)。吐出口を2カ所にし、1行程で1畝2条植えの作物に灌水できるようにした。吐出口の逆Y字型の部分を回転させることにより、灌水幅を調節することができるようにした。また誘導パイプ等の部品は、塩ビパイプを使用し、タンク側の誘導パイプと吐出側のパイプをチューブで接続し、移植列の位置に応じて灌水位置を人力で調整しながら作業を行う構造とした(図2-1-2)-6)。さらに、移植前除草剤散布と灌水は作業が競合するため、除草剤散布用の動力噴霧機と灌水用の誘導パイプを同時に搭載できるようにした(図2-1-2)-5)。

d) 畝間除草剤散布置置

畝間への除草剤散布は、カバー付きノズルを畝間位置に装着し、タンクと動力噴霧機を搭載して同時に2列の畝間に散布作業が行えるようにした。散布ノズルの高さを溝底部から一定の高さにするため、ガイド用の車輪を取り付けた。ノズルの取り付け位置は、運搬車前方にノズルを取り付け、バックで走行して散布する構造(図2-1-2)-7)と散布ノズルの長さを極力短くし、運搬車と作業者の間に散布ノズルを取り付け、作業者が前進しながら散布可能な構造(図2-1-2)-8)の2種類を試作した。両作業機とも旋回時は、ワイヤーでノズルを持ち上げて行った。



図2-1-2)-1 動力クローラ運搬車

表2-1-2)-1 運搬車主要諸元

機体寸法	全長	2260
	全幅	1300~2050
	(mm)全高	1050
重量(kg)		295
荷台寸法	全長	1560
	(mm)全幅	1150~1900
最低地上高(mm)		650
最大積載量(kg)		500
クローラ幅(mm)		110, 180
トレッド(mm)		1000~1750
エンジン(PS)		3.0(Max4.0)
走行速度(km/h)		4.0前/3.2後



図2-1-2)-2 荷物落下防止フレーム



図2-1-2)-3 散布作業機(boom上方格納時)



図2-1-2)-4 ブーム側面格納時

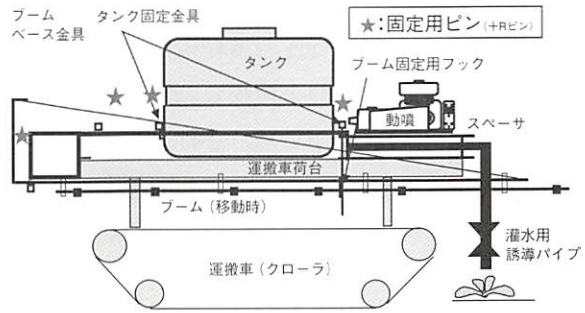


図2-1-2)-5 フレームの取り付けと固定用ピン位置



図2-1-2)-6 灌水装置



図2-1-2)-7 畝間除草剤散布装置(後進作業)

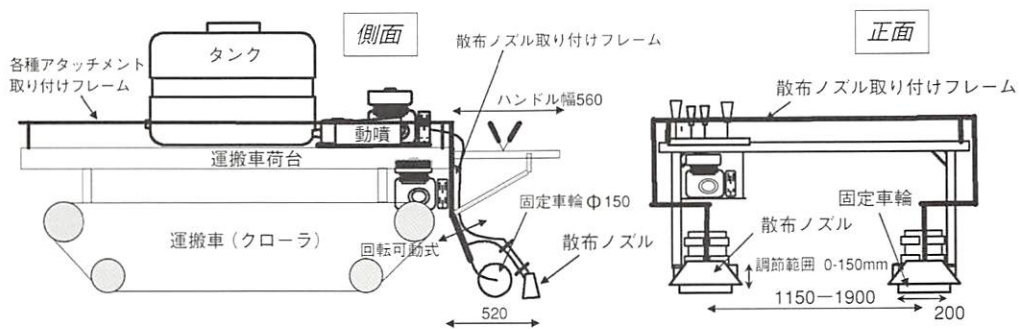
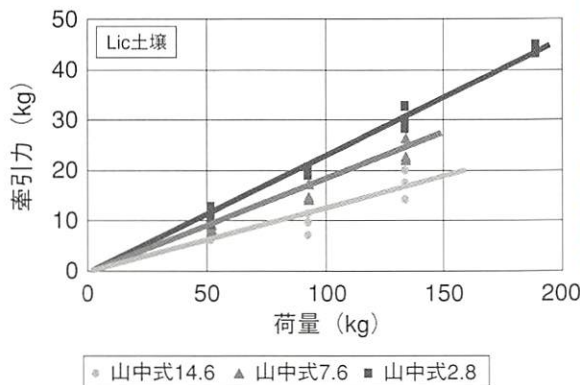


図2-1-2)-8 畝間除草剤散布装置(前進作業)



手押し作業台車

図2-1-2)-9 手押し作業台車の牽引力

c 試験方法

a) 手押し作業台車の走行性と各種走行方式の接地圧

転換畑の野菜栽培で比較的小規模な栽培面積の場合、収穫物の搬出には車輪式の手押し作業台車を使用するが多い。そのため、手押し作業台車にキャベツの積載を行った時の搬出に要する力（作業者が台車を押す力）を測定した。測定時の圃場の条件は、山中式土壤硬度計で測定した。さらに、手押し作業台車、クローラ幅の異なる運搬車、乗用管理機（ホイール式）の、積載時と無積載時の接地圧を算出・比較した。

b) クローラ運搬車の特性

湛水状態の圃場で走行した時のクローラ運搬車の状態を観察するとともに、圃場旋回時の状況、必要な枕時の長さ等を測定した。さらに、クローラ運搬車で分散した圃場へ対応するための移動方法等についても検討した。

c) 移植前除草剤散布作業・防除作業

移植前の除草剤散布や病害虫防除薬剤の薬剤散布を行った場合の作業性や作業能率を測定するとともに慣行作業等との比較を行った。また、圃場での旋回時や格納時のノズルの収納方法について、上方にした場合と側方にした場合の比較を行った。さらに、使用するノズルの形状と動力噴霧機の吐出量の関係を検討した。

d) 移植後灌水作業

灌水作業の作業能率、取り扱い性を測定するとともに、300リットルタンクを満水にして灌水した場合のタンク残量と灌水量の関係を測定した。さらに、8月上旬に移植し、直後に灌水装置で1日1回のみ灌水、2日連続灌水、株毎灌水（0.05～0.3リットル/株）、無灌水の場合の苗の活着率を測定した。

d) 除草剤散布作業

畝間除草剤散布作業機の構造と走行性、作業能率等を測定した。さらに運搬車に装着するノズルの取り付け位置と作業性を検討するとともに、ノズルが畝間部分を安定して走行するための車輪の形状等についても検討を加えた。

d 試験結果および考察

a) 手押し作業台車の走行性と各種走行方式の接地圧

重粘土で降雨直後に相当する支持強度（山中式土壤硬度計で2.8）では、積載重（キャベツ12箱）と車重を含めて約170kgfの荷重が加わると、その時の搬出に要する力は400N程度となり、長辺方向に長い転換畑では、長い距離を400N（40kg）の力で押す必要があるため、作業負荷が大きくなり、圃場条件によっては、搬出困難になる可能性が認められた（図2-1-2)-9）。

また、手押し作業台車、クローラ運搬車、乗用管理機の積載・無積載時の接地圧を比較すると、特に積載時にクローラ運搬車の接地圧が小さくなり、沈下量の大きい重粘土の搬出作業に適していることが確認できた（表2-1-2)-2）。

表2-1-2)-2 作業機の種類と接地圧

作業機	自重 (kg)	積載重 (kg)	クローラ・ 車輪幅 (mm)	接地長・ 直径 (mm)	接地圧 (kPa)	
					無積載時 25/50mm沈下	積載時 25/50mm沈下
クローラ運搬車	365	480	110	840	20	45
			180		12	27
手押し収穫台車	52	120	30	φ 500	20/14	65/47
乗用管理機	616	500	100	φ 680	53/42	97/77

b) クローラ運搬車の圃場特性

クローラ運搬車の接地圧のデータ（表2-1-2)-2）が示すように、降雨直後の湛水圃場でもクローラ運搬車は、十分に走行することが可能であった（図2-1-2)-10）。またベース運搬車は輪距が可変であるため、異なる畝幅に対応することが可能であった。

圃場内の旋回に要する枕地長さは、畝幅120cmの場合、2.5から3m以下であった。クローラ運搬車のクローラの接地長さは約90cmであるため、枕地長さは、畝幅（＝輪距）により決定される。農道ターンの場合、旋回場所に砂利が多いと駆動輪とクローラの間石が挟まり走行出来なくなる場合があるため、石が入らないように緩やかに旋回が必要である。クローラ幅は、110mmと180mmの場合でも走行性に大きな差は認められず、キャベツの葉が繁茂した状態での走行を考慮すると、110mmの方が、キャベツ葉への土の付着等が少なく効果的であった。

複数圃場で作業する場合、特に自走で作業効率が低下する距離の離れた圃場への移動には、運搬車をトラック等で搬送する必要がある。普通車トラックで搬送する場合は、車重や外形寸法は問題ないが、軽トラックの場合は、市販機の中で最も小型のタイプの高床式クローラ運搬車をベース車輻にすると、横方向に積載することが可能であった（図2-1-2)-11）。

c) 移植前除草剤散布、防除作業装置

移植前除草剤散布、生育中の防除作業は、1人による作業が可能であり、圃場内の作業能率も約0.2h/10a、薬剤等の準備を含めても0.5h/10a程度で作業が可能であった（図2-1-2)-12、13）。慣行人力の散布では、2人でブームを持ち、1人が圃場端でホースを調節する作業を行った場合の1.5～2.0h/10aに比べ大幅に短くなった。

ブームベース金具とタンク固定金具等の取付け取外しに要する作業時間は、慣行ネジ式に比べて1/2以下の10min程度であり、工具も不要であるため、容易に着脱が可能と考えられた（表2-1-2)-3）。またノズルの噴口は約30cm間隔に取り付けられているため、防除作業で最大散布幅約7.2mの時の噴口の数は、25個である。そのため、吐出量の少ないノズル噴板を使用した場合の必要な動力噴霧機の常用吸水量は、約15リットル/minであった。さらにノズルの折りたたみ方向は、上方に収納する場合は散布作業時のブームを固定する必要はないが、側方の場合、ネジによる固定が必要であった。また格納庫等へ収容する場合は、上方では、間口の長い格納庫に収容するかブームを外して収納する必要があるが、側方の場合、奥行き長い格納庫が必要となった。これらのことから圃場作業面からは、上方の格納が有効と判断した。

d) 移植後灌水作業

タンク残量と灌水量の関係は、残量が少なくなるほど圧力が低下して灌水量も少なくなり、その

変動幅は、約25%程度であった。また、左右の吐出口にも5～10%程度の吐出量の差が認められた(図2-1-2)-14)。移植後の灌水作業能率は、120cm 2条植の場合、100m長さの圃場で、一往復で300リットル灌水し、水の補給を行った場合、タンクへの給水(用水が近くにありエンジンポンプで吸水)を含めて、約1.5h/10a(灌水量:約1,100リットル/10a)であった。背負いの散布機のノズルを外した人力散布(8h/10a以上)等と比べると、大幅に作業時間は短縮され、灌水量は多くなった。

圃場全面への灌水や畝間灌漑では、畝間が柔らかくなることによる走行性の低下や、肥料の流亡、畝間雑草の発生等が懸念されるが、移植列のみの灌水では、水が効率的に利用できると考えられた。また、用水の利用権がない場合や、排水が不良な圃場では、効果の高い方法と判断した。

灌水量と活着率の関係では、8月上旬の高温、無降雨の条件でも、2日連続灌水を行うと、約85%の活着率が得られた。株毎灌水の場合は、移植後1日のみの灌水のため、活着率が低下したとものおもわれた(表2-1-2)-4)。



図2-1-2)-10 灌水時の走行状態

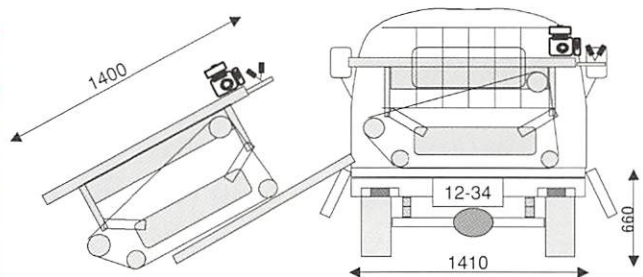


図2-1-2)-11 軽トラックへの積載



図2-1-2)-12 移植前除草剤散布



図2-1-2)-13 薬剤散布作業

表2-1-2)-3 ブーム着脱時間(単位min)

部品名	簡易型(ピン式)		慣行(ネジ式)	
	取付け	取外し	取付け	取外し
タンク固定金具	1.2	0.5	6.7	4.5
ブーム固定用フック	0.7		2.0	1.3
ブームベース金具	1.8	0.7	5.3	2.5
Rピン	1.5	1.0	—	—
ブーム2本	1.5	1.0	1.3	1.3
合計	6.7	3.2	15.3	9.7

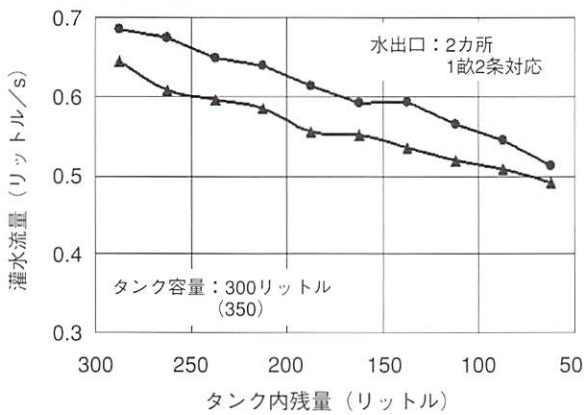


図2-1-2)-14 タンク内残量と灌水流量

表2-1-2)-4 灌水量と活着率

キャベツ灌水処理	活着率 (%)
移植後条2日	84.6
移植直後条1日	55.0
移植直後0.3リットル/株	60.0
移植直後0.2リットル/株	45.0
移植直後0.1リットル/株	30.0
移植直後0.05リットル/株	50.0
無灌水	11.1

作畝日: 1999/8/3-4
 移植日: 1999/8/5-6
 灌水量 (条): 0.8リットル/m・回
 1日に1回のみ灌水
 最高気温: 8/10まで33~36℃
 地表面温度: 50℃以上



図2-1-2)-15 畝間除草剤散布作業

e) 畝間除草剤散布作業

畝間除草剤散布ノズルを作業機前方に取り付け、後進しながら作業を行う方式は、作業者の後方歩行の負担が増加し、2列同時作業でも人力作業と同程度の作業能率となった。前進方向に作業できるように取り付けた作業機 (図2-1-2)-15) では、作業者の歩行負担が軽減され、作業能率が向上した。また、慣行作業は背負い等の動力散布機による作業であるため、液剤を含めた作業機を背中に背負い作業をする必要があるが、本機では背負う必要がないため、作業負担が軽減された。

散布高さを一定にするため、細幅の大径車輪を2個取り付た自在車輪にした場合 (図2-1-2)-16) は、畝間に大きな土塊等がある場合に、走行が安定せずキャベツの葉に薬剤が飛散したり、畝のり面に乗り上げる場合があった。そのため、車輪を幅広の小径、固定車輪にすることにより、直進走行性が安定した。さらに、畝間が広がっているところに対応させるため、1列に2本の散布ノズルを取り付け (ダブル自在車輪)、それぞれ、畝のり面と底面の境目に車輪を走行させるようにした (図2-1-2)-17) 結果、地面の凹凸により想定位置 (畝底面と畝のり面の境目) を車輪が走行せず、安定散布はできなかった。

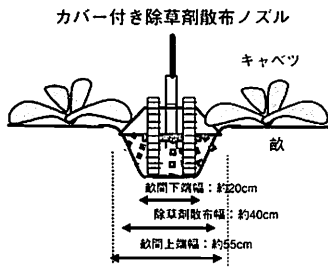


図2-1-2)-16 細幅自在車輪

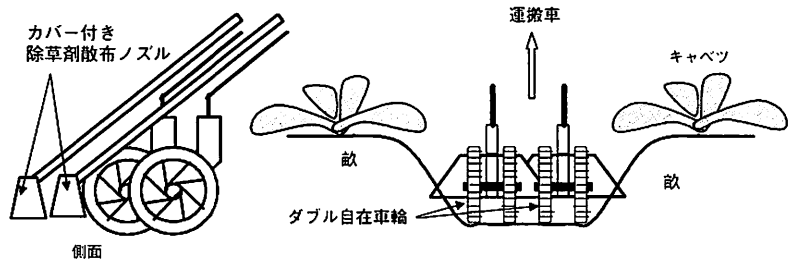


図2-1-2)-17 ダブル自在車輪による幅広溝への適応

e 摘要

重粘土転換畑において、走行性が低下する秋季以降の野菜収穫に効果の高いクローラ運搬車の汎用利用を図る各種アタッチメントを開発した。移植前除草剤散布や生育途中の薬剤散布、畝間除草剤散布、移植後灌水作業用のアタッチメントを装着することにより、すべての作業で作業能率が向上した。薬剤散布作業用の部品を含めすべての部品を、穴あきリベットピンとRピンで固定する構造であり、工具が不要で簡単に取り付け取り外しが可能であった。乗用管理機をベースとしないため、低コストで各種管理作業を行う汎用利用技術を開発することができた。

f. 参考文献

- 1) 細川 寿ほか (2000) 野菜管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用. 北陸農業の新技術, 30-33

(○細川 寿・松崎守夫・高橋智紀・伊藤公一)

3) 施肥量削減のための施肥作業技術の開発

a はしがき

キャベツ作における施肥量は、キャベツの吸収量に比べて非常に多いのが特徴である。そのため、環境への負荷低減に配慮しつつ、肥料コストを低くするためには、窒素の利用率を高くすることが重要である。慣行の施肥作業方法は圃場全面に肥料を散布し、耕うんにより全層に混和する場合が多く、施肥窒素の利用効率を下げの一因となっていたが、これまでに施肥量を少なくするための取り組みとして、畝立てと同時に畝内に条施肥を行う方法^{1,2,3)}が検討されている。生育初期のキャベツの個体が小さい時期では、必要な窒素量は少ないため、追肥や緩効性肥料の施用により、生育後半の個体が大きくなる時期に窒素を吸収させることが有効であり、特に肥料の流忙やコストを考慮すると、追肥が重要である。

北陸地域の重粘土転換畑におけるキャベツの栽培方法としては、土壌が重粘で排水が不良であることから、畝立て後に移植し、中耕培土作業は行わないことが多い。また畝の形状は120cmから135cm程度の2条植であるため、追肥は畝中央に列状に施用している。しかし追肥時期には、畝表

面がキャベツに覆われている場合が多く、人力で葉をよけながら追肥作業を行うため、作業能率が低いのが現状である。

そこでまず、機械作業を前提とした施肥方法、可変施肥⁴⁾とキャベツ収量の関係について検討した。さらに、基肥としてキャベツ移植苗に近い位置に、条あるいは株毎に肥料を施肥する移植同時施肥作業機を試作し、その効果を検討するとともに、2条植えキャベツの畝中央の葉の下に連続的に追肥を行う作業技術について検討したので報告する。

b 試験方法

a) 基肥の施用方法

① 1畝2条植のキャベツ移植苗‘YR征将’に、基肥としてキャベツ移植後の畝中央(条間)に施肥した場合と株毎施肥(条施用)を行った場合(図2-1-3)-1)について、収量・収穫率を測定した。また、株毎施肥については、苗中心から半径6cmと9cmの位置に同心円状に施肥(図2-1-3)-2)を行った場合について収量、収穫率を測定した。施肥量は、標準(180kg/10a)、0、標準の1/2、3/4、1+1/4とした。

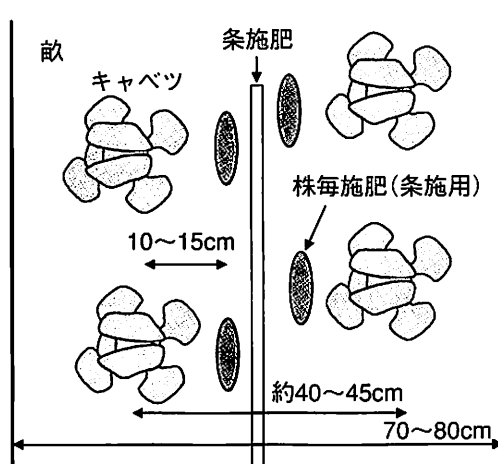


図2-1-3)-1 条施肥と株毎施肥(条施用)

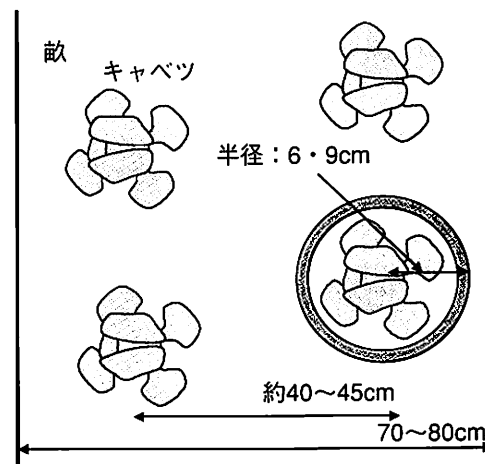


図2-1-3)-2 同心円状の株毎施肥

② 長辺100mの水田転換畑において、排水良好部分(排水側)と排水不良部分(用水側)における施肥量(標準、無施用、標準の1/2、3/4、1+1/4)、施肥方法(条施肥、株毎施肥(条施用))とキャベツ収量の関係を測定した。また条施肥、全面全層施肥を行った圃場の深さ10cmの電気伝導度(EC)についても測定を行った。

①②の試験区ともキャベツの栽植様式は、畝幅130cm、株間37cmの2列植で、肥料は硝化抑制剤入化成肥料(N-P₂O₅-K₂O=14-10-12%)を使用し、標準施肥量を180kg/10aとした。測定項目の収量、収穫率は、1kg/個以上のキャベツの合計重量と個数割合で示した。

b) 追肥の施用効果

基肥(硝化抑制剤入り化成肥料180kg/10a:N-P₂O₅-K₂O=14-10-12%)を標準(180kg/10a)、標準の3/4、1/2、1/4、0(無施用)施用し、追肥(普通化成肥料40kg/10a:N-P₂O₅-K₂O=12-0-12%)を畝の中央に施用した場合のキャベツ収量と収穫率を測定した。試験圃場は、排水の良好な圃場と普通の圃場で実施した。調査内容と栽植様式は a)と同じである。

c) 移植同時条施肥作業機

セル成型苗用の半自動移植機に、モータ繰り出し式の施肥装置と植え付け爪横までの誘導パイプを取り付けた。肥料ホッパの容量は約36リットルで、施肥の繰り出し量は12Vモータの速度を抵抗式のスPEEDコントローラで調整する構造とした(図2-1-3)-3、4)。本作業機による施肥状況や作業精度等を測定するとともに、圃場の位置や排水条件の異なる圃場に応じて施肥量を変える可変施肥同時移植作業を行った場合のキャベツ収量を調査した。

d) 移植同時株毎施肥機

セル成型苗用半自動移植機の苗供給ホッパを間欠回転させるクランクとワンウェイクラッチを利用し、移植苗位置と同期して肥料繰り出しロールを回転させる移植同時株毎施肥機を試作した(図2-1-3)-5、6)。また試作機による施肥量、施肥位置(移植苗の片側、両側施用)がキャベツ収量に及ぼす影響について調査した。

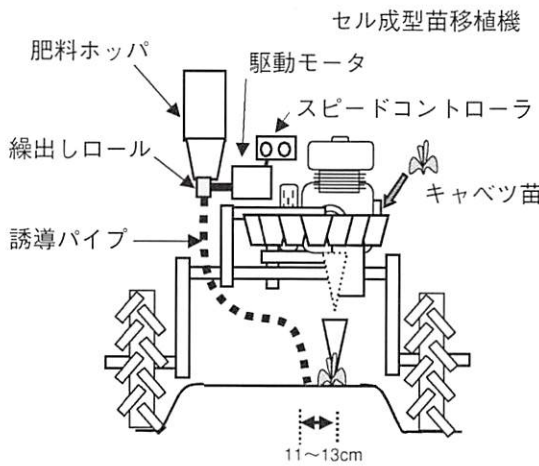


図2-1-3)-3 移植同時条施肥作業機

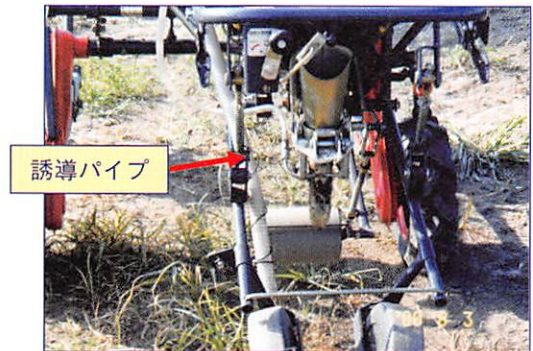


図2-1-3)-4 植え付け爪+施肥部



図2-1-3)-5 移植同時株毎施肥作業機

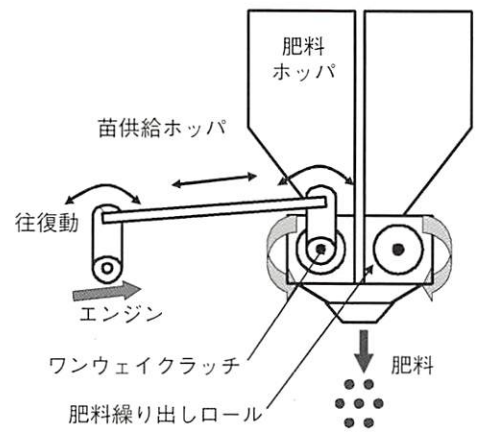


図2-1-3)-6 肥料繰り出し機構

e) 追肥作業機

追肥作業機は、施肥ホッパ（容量約36リットル）、上下可動式の肥料出口部オープナ等で構成したユニットをクローラ型運搬車や手押し作業台車に搭載する構造とし、肥料の繰り出しは接地駆動輪で行う方式とした（図2-1-3)-7、表2-1-3)-1）。

肥料出口部オープナ固定パイプを2個のベアリングで支持し、電動シリンダにより手動スイッチで昇降させて施肥深さを調整できるようにした。回転時や圃場・畝の出入り時に肥料繰り出し用接地輪が損傷を受けることを防ぐため、昇降レバーにより、地表面から約230mm上昇できるようにした（図2-1-3)-8）。

試作した追肥作業機の施肥位置・施肥状態、作業能率を測定するとともに、台車としてクローラ運搬車や手押し作業台車（図2-1-3)-9）に搭載して連続的に追肥作業を行った場合の作業特性等を調査した。

表2-1-3)-1 追肥作業機の仕様

高さ (mm) ※可動部を除く	1110
形状 幅 (mm)	900
奥行 (mm) ※荷台から	710
重量 (kg) ※取付け金具を含む	27
肥料ホッパ容量 (リットル)	36
施肥深さ調節範囲 (mm)	
電動シリンダ	200
ピン交換	100
施肥高さ範囲 ※地表面から	140～440
電動シリンダ使用電圧・電流	12V・4～6A
装着台車: Y社製クローラ運搬車NC13, 荷台高さ: 823mm	

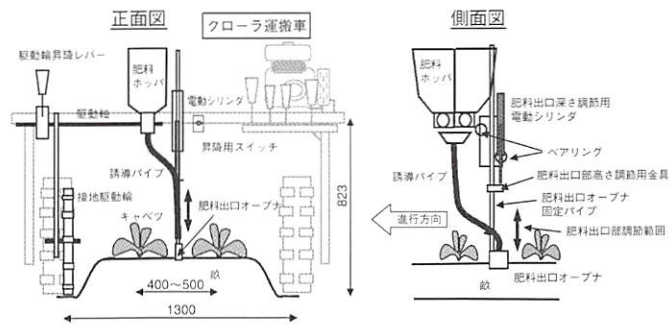


図2-1-3)-7 追肥作業機の構造（クローラ運搬車装着）

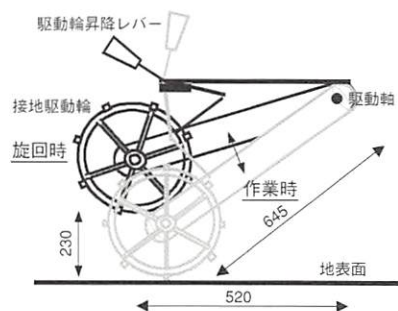


図2-1-3)-8 接地駆動



図2-1-3)-9 追肥作業機の構造（手押し台車装着）

c 試験結果および考察

a) 基肥の施用方法

条施肥や株毎施肥（条施用）を行った場合のキャベツの収量は、両施用方法ともに施肥量を標準の3/4まで少なくとも慣行の全面全層施肥とほぼ同じになった（図2-1-3)-10）。また、株毎施肥（条施用）の方が条施肥に比べ、施肥量を少なくした場合の収量の減少が少なくなった。同心円状に株毎施肥をした場合には、条施肥に比べ施肥量を少なくしても収量の減少は少なく、さらに明確な差が認められた（図2-1-3)-11）。しかし、施肥位置がキャベツに近い6cm位置の施肥では、苗の枯死等が認められた。

排水が良好な圃場で、施肥量を1/2にした場合は、収量の減少はわずかであったが、排水が不良な圃場では、施肥量を1/2にすると収量が大幅に低下した(図2-1-3)-12、13)。排水が不良な圃場では、キャベツの生育が悪くなるため、施肥量を少なくするとさらに収量が低下すると考えられた。

移植前の施肥以降、条施用のECは、全面全層施肥に比べ常に高く推移したが、移植後1ヶ月以降次第に減少した。これらから、移植後1ヶ月程度の時期までに追肥を施用することが重要と判断した(図2-1-3)-14)。

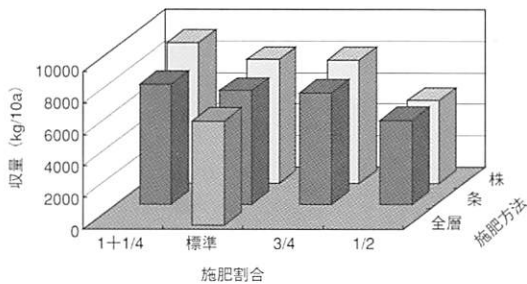


図2-1-3)-10 条施肥・株毎施肥(条施用)とキャベツ収量

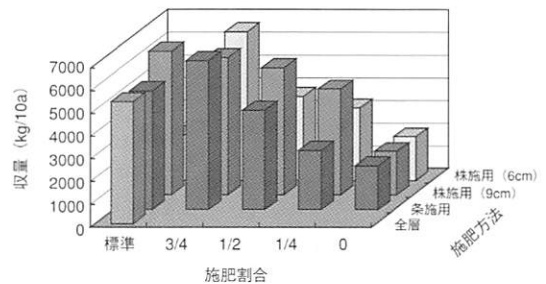


図2-1-3)-11 株毎施肥方法とキャベツ収量

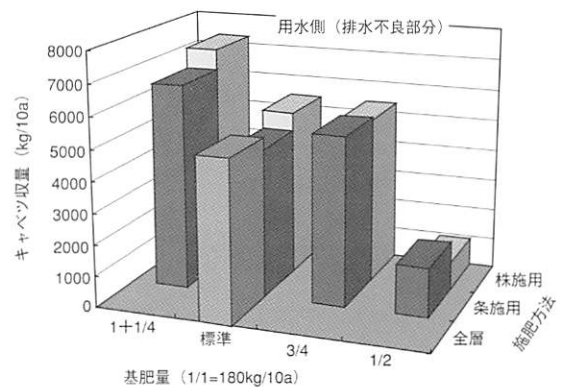
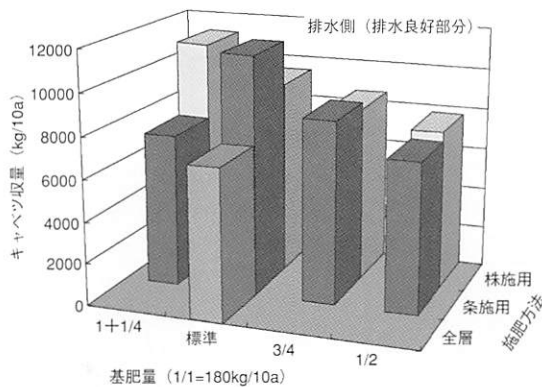


図2-1-3)-12 排水条件・施肥量、施肥方法とキャベツ収量(左:排水良好、右:排水不良)

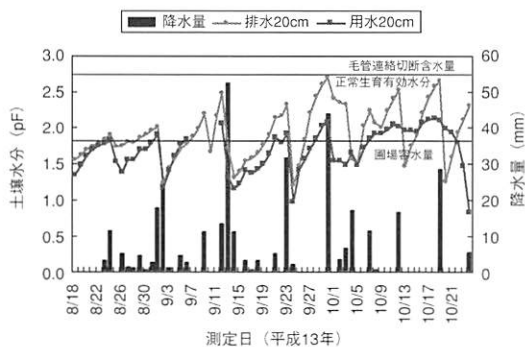


図2-1-3)-13 圃場内位置と土壌水分

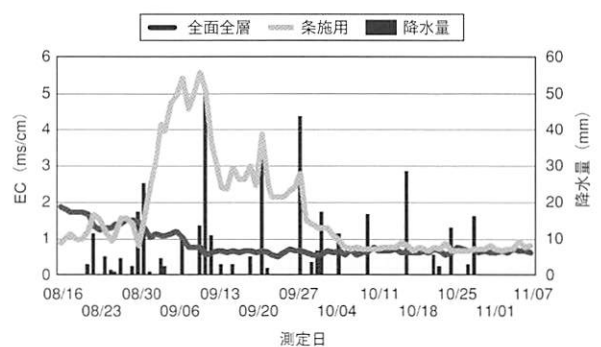


図2-1-3)-14 施肥方法と土壌中EC

b) 追肥の施用方法の検討

基肥として硝化抑制剤入化成肥料 (N-P₂O₅-K₂O=14-10-12%) を180kg/10a施用し、追肥を施用しない場合のキャベツ収量は、追肥した試験区に比べて大幅に低くなった。また、同じ窒素量を施用する場合でも、基肥と追肥に分けて施用した方が、収量が増加した (図2-1-3)-15)。さらに、圃場の排水状態に関係なく、追肥を行うことにより、基肥の量を少なくしても収量の低下は小さくなった。排水が良好な圃場では、基肥を標準の1/4に、排水が普通の圃場では基肥を標準の1/2にしても追肥作業を行うことにより、収量の減少は小さいと判断した (図2-1-3)-15)。

c) 移植同時条施肥機

条施用の施肥同時移植機の肥料繰り出し量は、120kgから230kg/10a (標準180kg/10a) で、施肥位置は株横約12cm、散布幅は約5cmであった (図2-1-3)-16)。また、ホッパに搭載できる肥料の量が約37kgであるため、長辺100m区画の圃場では、2往復毎の肥料補給が必要であった。

施肥量を排水不良部分は標準の約110%、排水の良好な部分は約65%と少なくなるように可変施肥を行った結果、平均の施肥量の削減割合は約15%で収量の低下はほとんど認められなかった (図2-1-3)-17)。

d) 移植同時株毎施肥機

株毎施肥同時移植機では、移植キャベツの株横に施肥することが可能であったが (図2-1-3)-18)、機構的な制限から、肥料繰り出しロールの開度を最大にしても施肥量は9.6g/株 (40kg/10a-N:5.6kg/10a) となって標準の22%と少なくなり、さらに増加させる必要が認められた。基肥の施肥位置を移植苗の両側と片側にした場合のキャベツ収量を測定した結果、両側施用の収量がやや高くなった (表2-1-3)-2)。

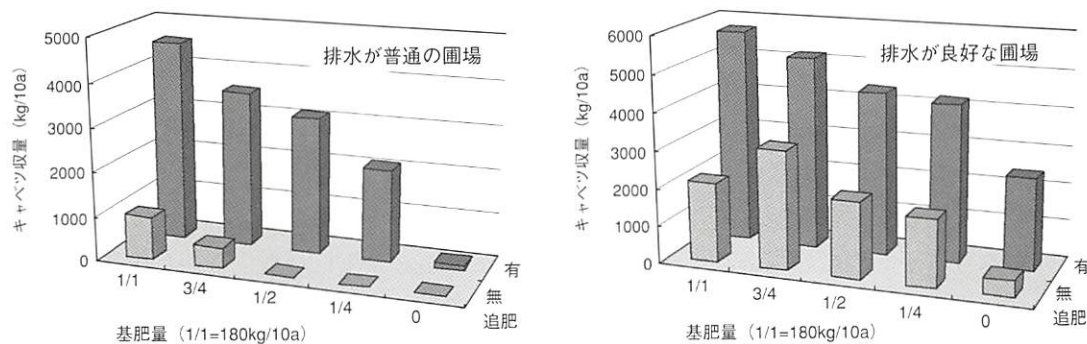


図2-1-3)-15 施肥の有無とキャベツ収量 (左：排水普通、右：排水良好)



図2-1-3)-16 移植同時条施肥機の施肥位置

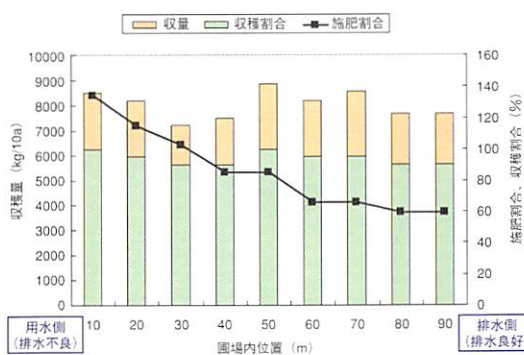


図2-1-3)-17 可変施肥とキャベツ収量



図2-1-3)-18
移植同時株毎施肥機の施肥位置

表2-1-3)-2 株毎施肥の方法とキャベツ収量

基肥	追肥	収量 (kg/10a)			収穫率 (%)		
		条片側	株片側	株両側	条片側	株片側	株両側
ジシアン隣加安 (14-10-12%)	無	—	3203	4432	—	58.3	83.3
	有	—	6403	6468	—	93.3	93.3
キャベツ配合 (14-10-12%)	無	2675	3654	3767	52.8	61.1	61.1
	有	5645	6583	6770	91.7	91.7	98.3

2002/8/7：移植（基肥約40kg/10a）、9/10追肥（15-0-15%）
（‘YR泰山’）追肥量：40kg/10a（14-0-17%） 10/28：収穫（1kg以上）

e) 追肥作業機

肥料出口部オープン先端は、土を掘り、キャベツの葉を分けるためにくさび状にし、オープナの前方底面は、土が詰まらないように板で覆うことにより、肥料出口部のつまりや、キャベツ苗の損傷が少なくなり、連続作業が可能となった（図2-1-3)-19）。

追肥の施肥深さは、電動シリンダの調整により、畝表面から2～3cm下に調整することができるため、地表面より上になった場合の肥料やけど、深く（約5cm以上）入った場合の土移動による苗損傷を防止することが可能であった。

追肥作業時のキャベツの最大葉長は約300mm、葉の重なるの最大は170mmであったが、葉の重なりが100mm程度までは、葉をよけながらスムーズに作業可能であった。晴天で葉が萎れた状態ではさらに葉の重なりが大きい状態でも作業可能であった。

旋回時や圃場・畝の出入り時には、昇降レバーの操作により、肥料繰り出し用接地輪を地表面から上昇させるとともに、肥料出口部分を電動シリンダで上昇させることが必要であった。施肥ホッパへの肥料の投入量は約37kgであるため、1回の投入で約9aの施肥が可能であった。

追肥の人力作業能率は、2.0～2.5h/10aであるが、本作業機は、クローラ搭載の場合、約0.3m/sで走行しながら作業できるため、肥料補給と旋回等の時間を含めて約1.0h/10a程度で作業を行うことが可能であった（表2-1-3)-3）。

本ユニットで追肥が可能な畝高さは、140～340mm程度であり、他の野菜についても1畝2条植えで葉の重なり等が同程度の場合は、同様に追肥作業が可能と考えられた。手押し作業台車に装着した場合は、直進させるためにバランスを取りながら作業をする必要性が認められた。

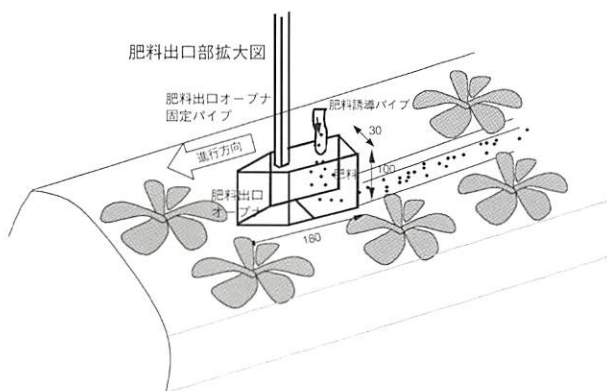


図2-1-3)-19 肥料出口部オープン

表2-1-3)-3 圃場作物条件と追肥作業

栽植様式	1畝2条植 条間：420～500mm 株間：350～400mm
圃場・作物条件	畝形状 畝幅：約1300mm 畝高さ：180～250mm
キャベツ品種	YR泰山
栽培状況	移植日：2003/08/05 追肥日：2003/09/05
キャベツ形状	最大葉長：約300mm 葉の重なり：最大170mm
土壌条件	細粒質斑鉄型グライ低地土 液性限界：76～85% 塑性限界：37～41%
追肥作業	施肥量 約42kg/10a（約55g/m）
施肥位置	畝中央、深さ：約3cm
施肥作業速度	約0.27～0.3m/s
施肥作業能率	約0.8～1.0h/10a

d 摘要

キャベツ移植苗に対し、基肥として条施肥、あるいは株毎施肥を行うことにより、施肥量を削減することが可能であった。しかし、重粘土の排水不良な圃場では、施肥量を削減すると収量の低下がみられた。そのため、排水が良好で生育の良い部分を中心に施肥量を削減する方法をとることにより、約15%の施肥量削減が可能となった。基肥の施肥作業方法としては、移植機に施肥部品を装着して移植同時施肥作業を行う方法が、作業の省力化と施肥位置のズレを少なくするのに有効と考えられた。しかし、移植同時株毎施肥は、作業時の施肥量が少なく、施肥機構の改良が必要であった。

追肥は、施肥量削減に有効な手段であり、基肥を標準の25～50%まで減少しても、追肥を標準量施用することにより、全体の施肥量の削減量は、20～40%となるが、収量の低下はわずかであった。施肥作業方法として、クローラ運搬車等に搭載し、肥料出口部分が上下に調節できる追肥作業機を使用すると、キャベツの葉で覆われた畝中央部分でも、連続的に追肥を行うことが可能であった。

e 参考文献

- 1) 水野英之 (1998) 畝内条施肥機の開発. 愛知県農試研報, 30, 153-156
- 2) 草川知行ほか (1999) 条施肥畦立て機を利用したキャベツの減化学肥料栽培技術. 千葉県農試研報, 40, 1-8
- 3) 小野寺政行ほか (2000) キャベツの作条施肥による窒素3割減肥技術. 日本土壤肥料学雑誌, 71 (5), 714-717
- 4) 石田茂樹ほか (1998) 個体毎の作物生育量に対応するスポット可変施肥機. 平成10年度研究成果情報
- 5) 山本健司ほか (1988) 野菜栽培管理ビークルと着脱が容易な作業機. 平成10年研究成果情報
- 6) 長崎裕司ほか (1998) ニンジン用間引き機、播種機及び追肥機の開発. 四国農試報, 62, 17-19

(○細川 寿・松崎守夫・高橋智紀)

4) セル成型苗用灌水技術の開発

a はしがき

キャベツの産地化が進んでいる地域では、移植用セル成型苗¹⁾の大規模育苗が行われているが、転換畑等で産地化されていない小さな生産地域では小規模な育苗が行われており、コストと労力の負担をできるだけ少なくすることが重要である。そこで、水稲育苗用ハウス等を利用した低コスト・省力で均一灌水が可能なセル成型苗用灌水技術について検討した。対象とする作型は、梅雨後期から夏期の灌水回数が多い時期に育苗し、夏季に移植する秋穫りキャベツとし、均一な灌水方法の検討を行うとともに、省力化を図るための自動灌水方法について検討した。

b 灌水装置の構造

間口約6.4m、長さ約18mのハウス内に、育苗トレイ（30cm×60cm）が6列並べられるように育苗台を設置した。育苗台はW150cm×D45cm×H75cmの大きさのパイプ製の台を2m間隔で並べて設置し、上端にはパイプを固定させる切り欠きを入れた角材を取り付けた。切り欠きにはφ19mmのパイプを設置して育苗トレイを並べる構造とした。それぞれの育苗台には50箱（15m）×2列の育苗トレイを設置し、各トレイ列の間は作業者が通れる幅の通路を設けた。ハウス内の構造を図2-1-4)-1に示す。

灌水チューブは、育苗台に灌水チューブを取り付ける場合は、台の中央に角材を約90mmの高さに取り付け、固定用のバンドで取り付けた。上方から散水する場合は、ハウス部材からマイカ線によりパイプ等をつり下げて灌水チューブを取り付けた。

灌水チューブは、電磁弁を介して水道水に接続した。さらに、電磁弁を開閉させるために、手動やタイマーでON-OFFを行うための制御盤と自動灌水のためのパソコンを接続し、切り替えられようにした。また配管途中に圧力計を接続し、灌水時の圧力を測定した。制御盤には、タイマーやリレー等でディレイ回路等のシーケンス制御を組み込み、灌水開始時刻、灌水時間、間欠灌水等が設定できるようにした。パソコンは、電磁弁を制御するためのリレー付きACスイッチ回路ボードを拡張スロットに挿入した。

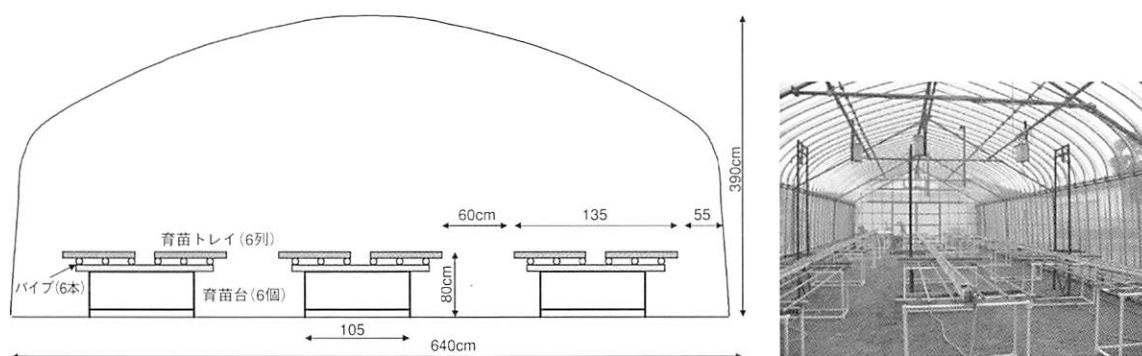


図2-1-4)-1 ハウス内育苗台レイアウト

c 試験方法

a) 均一灌水方法

灌水方法としては、上からの散水や底面吸水などの方法があるが、ここでは、育苗に不慣れな人でも取り組みやすいように、上からの散水方法を検討した。上からの散水方法としては、自走式台車にブームノズルを取り付け、レール上を走行させる装置、あるいはスプリンクラや散水チューブ等が考えられるが、低コストでしかも育苗列毎（長方形状）に散水可能なチューブによる均一灌水方法について検討した。

散水チューブは、一般の水道水の圧力や流量で使用でき、低コスト（70円/m以下）な3種類（チューブ両側に散水するタイプ：2種類、片側に散水するタイプ：1種類、表2-1-4)-1）を供試して推奨使用圧力の上限で灌水分布を測定し、最も均一に灌水できるチューブを選定した。

次に選定したチューブについて、①育苗トレイと同じ高さから上向き散水、②育苗トレイ上方約1.35mから下向き散水、③育苗トレイ上方約0.9mから上向き散水の3種類の設置位置・灌水方向で

使用した場合の灌水量の分布を測定した(表2-1-4)-2)。

最も灌水分布が均一になる散水チューブとチューブの設置方法により、3種類の水圧(0.059、0.098、0.14MPa)に対する灌水分布を測定した。さらに、散水チューブの本数を約6cmの間隔で平行に2本設置した場合の灌水分布、連続灌水と間欠灌水(送水時間:2、5、7、9、11秒、止水時間:3秒)を行ったときの灌水分布についても測定した。試験条件を表2-1-4)-2に示す。

灌水量分布の測定は、キャベツの育苗に使用される128穴(8×16セル-30×60cm)のセルトレイの各セル下部に採水ピン(遠沈管:直径28mm)を置き、苗のない状態で測定した(図2-1-4)-2)。灌水分布は、チューブから直角方向に約180cmまで測定した。また、育苗途中の苗がある状態(草高10~12cm、本葉数3~5枚)で灌水試験を行い、灌水前後の苗の重量増加による灌水分布についても測定した。灌水分布は、1トレイ全て(128セル)の変動係数を測定するとともに、トレイ短辺方向の8セル分を平均してチューブからの距離と灌水量の関係を測定した。

b) 育苗台、灌水レイアウト、灌水装置の構成

高さ約70cmの育苗台を使用した場合と、ブロックを使用した場合(図2-1-4)-3)の育苗の作業性や設置・撤去の作業性について検討した。さらに、育苗箱数が増加したときの、灌水方法についても検討した。

表2-1-4)-1 供試散水チューブの仕様

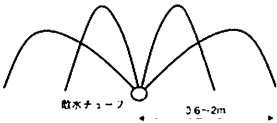
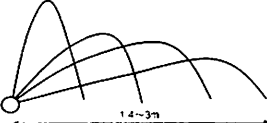
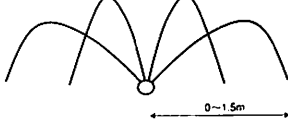
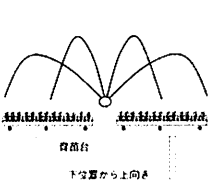
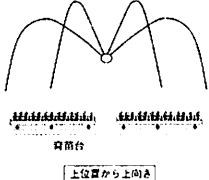
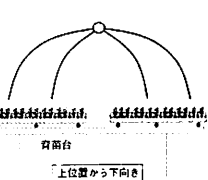
型式	E社-M型	E社-KW型	S社-M型
散水状態断面			
散水水圧 (MPa)	0.005~0.06	0.02~0.06	0.02~0.04
散水孔間隔	22mm	22mm	
散水孔数	4 (スリット孔)	4 (丸穴)	

表2-1-4)-2 試験条件

散水チューブの種類	E社-M型、E社-KW型、S社-M型
水圧 (MPa)	0.059、0.098、0.14
設置位置・灌水方向	  
散水チューブの本数	1本、2本
間欠灌水	送水時間:2、5、7、9、11秒—止水時間:2秒

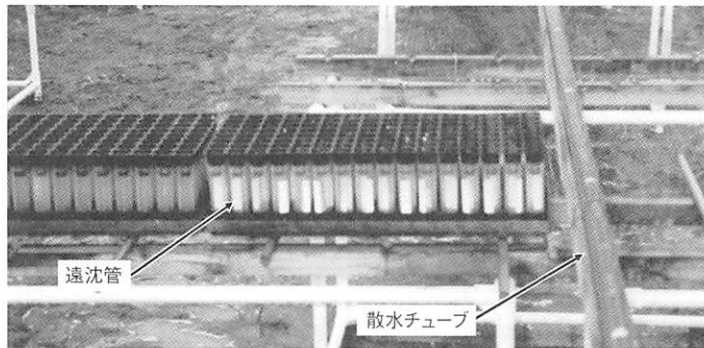


図 2-1-4)-2 灌水分布測定方法

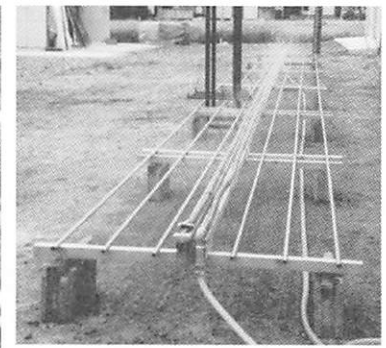


図 2-1-4)-3 地面に近い育苗台

c) 蒸発散速度

キャベツのセル成形苗の育苗トレイをハウス屋根部材からロードセルにより吊り下げ、蒸発散速度（重量変化）を測定した。播種後約 2 週間の苗を同時に 2 個測定し、天候・日射量・日照時間や季節・時刻と蒸発散速度の関係を測定した。

蒸発散量測定時の育苗箱重量を安定的に測定するため、ハウス屋根部材からロードセルを吊り下げて測定した場合と、地面からフレームを組んで測定した場合の、風に対する育苗箱重量の変動を測定した。

d) 自動灌水装置の構成と灌水制御方法

夏季のセル成型苗育苗では、晴天時の 1 日の灌水回数が 2～3 回と多く、労力が必要となるため、自動灌水の検討を行った。まず育苗トレイ重量の経時的変化を測定し、そのデータをパソコンに取り込むとともに、蒸発散速度に応じて電磁弁を開閉して散水チューブから灌水する自動灌水装置を試作した。一定の時間に一定量を灌水する定時定量灌水制御方法と、苗の蒸発散量を推定しながら灌水する蒸発散速度推定制御方法の 2 種類の自動灌水方法により、キャベツの育苗を行い、育苗トレイの重量変化から制御方法の効果を検討した。

d 試験結果および考察

a) 均一灌水方法

3 種類の散水チューブの分布をトレイ短辺方向の 8 セル分を平均してチューブからの距離毎に灌水量分布を測定した結果、E 社-M 型の散水チューブが最も均一であった（図 2-1-4)-4）。そのため、E 社-M 型を対象に、灌水圧力、灌水方法等の試験を実施した。

水道水圧力が 0.14MPa では、灌水量の変動が大きくなったが、0.06 と 0.1MPa では変動が少なくなった。水道水の圧力は最大で約 0.14MPa であり、仕様書による推奨圧力は 0.06MPa であるため、0.06～0.1MPa 程度の圧力で灌水するのが良いと判断した（図 2-1-4)-5）。

E 社-M 型の散水チューブを対象に 0.1MPa の圧力で使用した場合の、散水チューブの位置と散水方向を検討した結果、散水の方向を上向きにした方が下向きの場合より均一な灌水分布となった。また散水チューブの設置位置が育苗トレイと同じ高さでも、育苗台から 0.9m の高い位置からの灌水でも灌水分布に大きな差は認められなかった（図 2-1-4)-6）。

セルトレイ上方から上向きの灌水は、高い位置に角材等を固定する必要があること、ハウスの屋根が高いことなどの条件が必要であるが、育苗台に灌水チューブがないため、セルトレイの取扱いの作業性は良くなると考えられた。育苗台と同じ高さから上向きの灌水を行う方法は、育苗台に角

材等を固定するだけで済み、設置が容易であった。

散水チューブの種類や使用圧力、設置方法を最も灌水が均一になる条件にした場合でも、チューブに近い部分は灌水量が少なくなってしまう。そこで灌水を停止した時に、散水チューブからの水がチューブの近くまで灌水されることに着目し、灌水を間欠的に行う方法を検討した。さらにチューブ本数を1本から平行に2本にした時の灌水分布を測定した(図2-1-4)-7)。

送水7秒、止水3秒の間欠灌水で、チューブ本数を1本にした場合の変動係数は57%であったが、2本にすると37%になり、本数を増加させることにより均一に灌水された。さらに、散水チューブ2本で送水の時間を変えた場合の灌水分布は、送水時間が短くなると散水チューブ近くの灌水量が多くなり、送水時間が長くなると散水チューブから遠い距離の灌水量が多くなった。連続灌水では1トレイの変動係数が57%であるのに対し、7秒送水-3秒止水の間欠灌水を行うと変動係数は37%、5秒送水3秒止水にすると27%になり、間欠灌水により、均一化することができた。(図2-1-4)-8)。

実際に苗がある場合の灌水分布の変化は、トレイ底面からの排水や、葉による水の捕捉や拡散があるため、苗がない場合よりさらに均一に灌水されていた(図2-1-4)-9)。

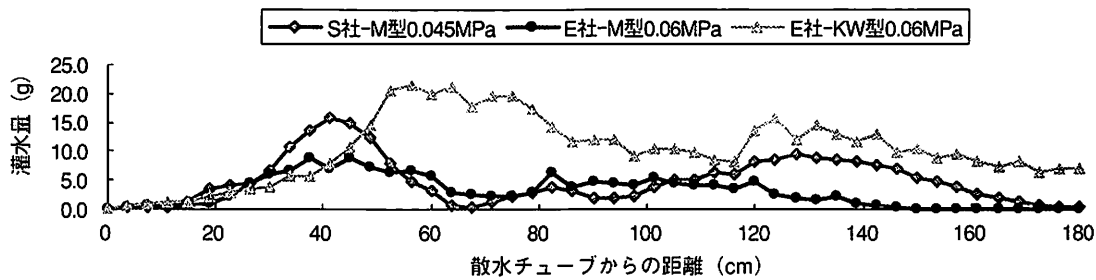


図2-1-4)-4 灌水チューブの種類と灌水分布

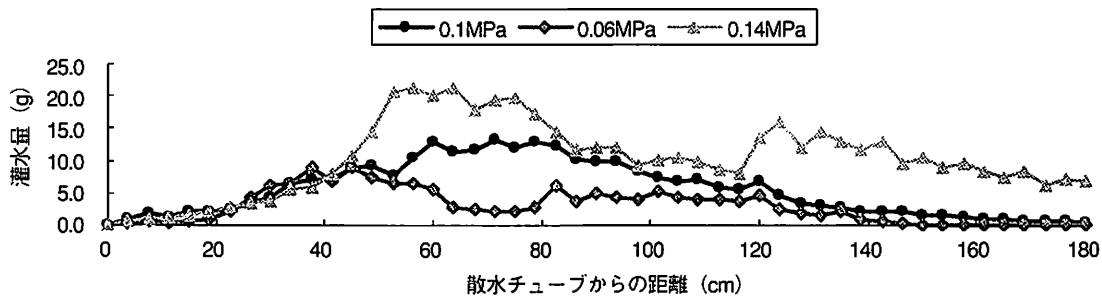


図2-1-4)-5 使用水圧と灌水分布

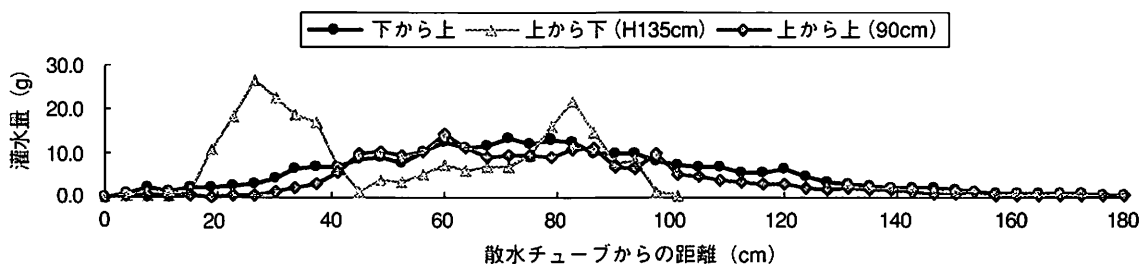


図2-1-4)-6 灌水位置・方向と灌水分布

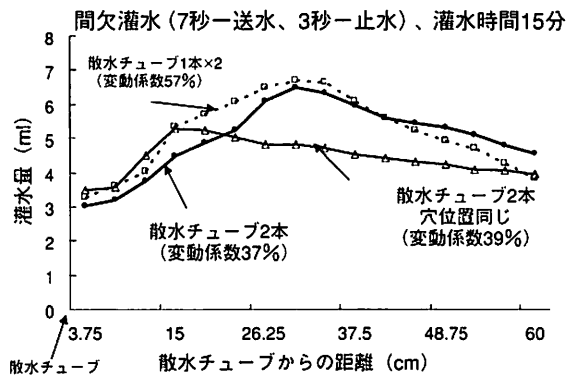
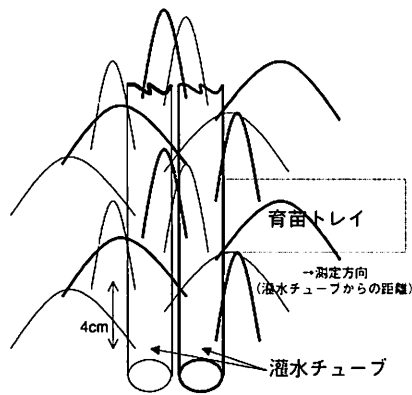


図2-1-4)-7 散水チューブ本数と灌水分布

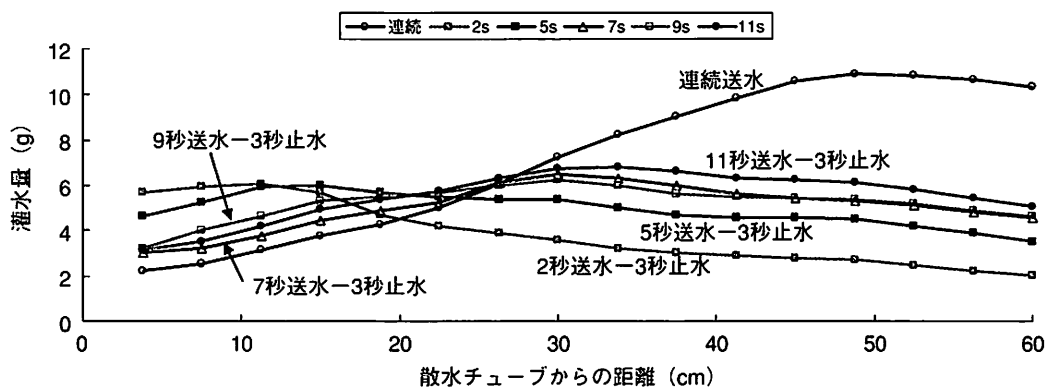


図2-1-4)-8 間欠灌水と灌水分布

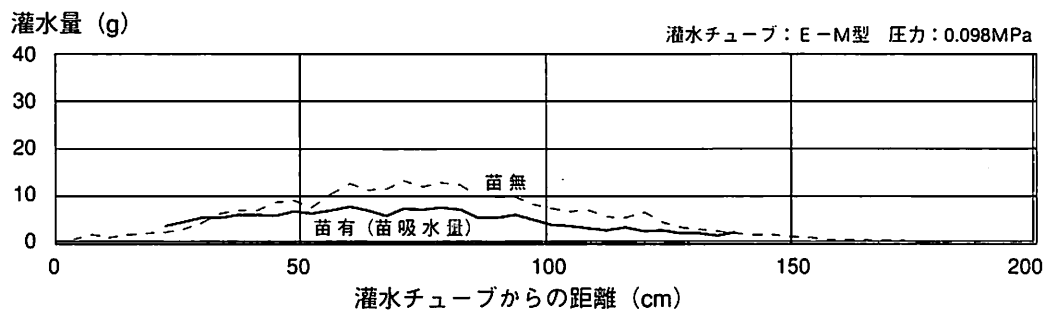


図2-1-4)-9 苗の有無と灌水分布

b) 育苗台、灌水レイアウト、灌水装置の構成

育苗台を利用した灌水装置は、作業位置が約80cmであるためトレイを扱う作業性が向上したが、材料費や格納時のスペースが必要であった。ブロックを利用した育苗台は、苗の高さが約30cmと低いため、作業性は低下するが、コストや格納時のスペースからは有効と考えられた。

水道の水量と圧力で灌水可能なトレイ数は、灌水チューブを2本とした時に約200トレイ(約20a)分であった。そのため、1回の育苗がさらに多くなる場合は、灌水場所を方向切替弁等で替えながら行うことが必要である。

c) 蒸発散速度

育苗箱の蒸発散速度は、7月～8月の夏季で日射量約25MJ/m²・日照時間10h以上の晴の場合、トレイ1箱当たり、9時～14時頃までは約100g/h、14～17時までは約50g/hであった。日射量が14MJ/m²・日照時間2～5h程度の曇りの時は、10～17時まで約50g/hであった。日射量約10～12MJ/m²・日照時間約1hの降雨の時は、9～17時まで約30g/hであった(図2-1-4)-10、表2-1-4)-3)。

ハウス屋根部材からロードセルを吊り下げて、育苗トレイ重量を測定すると、ハウス側面の換気口が開いている状態では、風速10m/s以上でハウスの屋根の揺れが大きくなり、育苗箱重量の変動(上下動)が大きくなるだけでなく、測定育苗箱が周辺の育苗箱等に乗り上げる場合が認められた。育苗箱の重量を地面からのフレーム台に吊り下げて測定した場合は、風の影響をほとんど受けず、安定して測定が可能であった(図2-1-4)-11)。

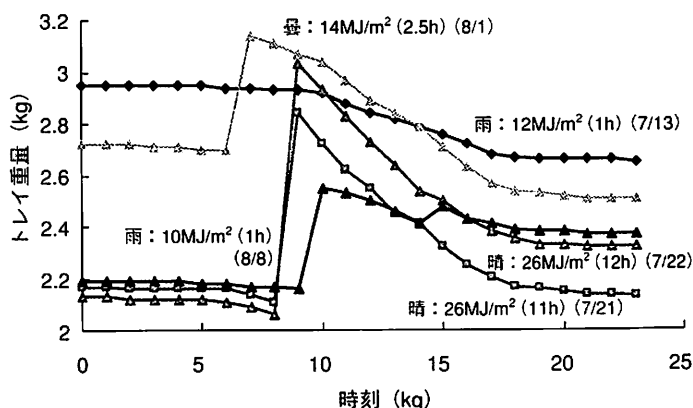


表2-1-4)-3 キャベツ蒸発散量

天候: 日射量 (日照時間)	蒸発散量 (g/h)	
	9～14時	14～17時
晴: 25MJ/m ² (10h)	100	50
曇: 14MJ/m ² (2～5h)	30	50
雨: 10～12MJ/m ² (1h)	30	30

図2-1-4)-10 天候別の育苗トレイの蒸発散速度

d) 自動灌水装置の構成と灌水制御方法

セル成型苗の一般的な灌水方法は、灌水回数2～3回/日、最大灌水量300cc/回、夕方は灌水せず、夜間に水分が少ない状態が良いとされている。そこで、8、11、14時の1日3回育苗重量を測定し、一定重量(ここでは、4.8kg)まで乾燥した時に灌水を開始し、300cc(+0.3kg)まで灌水する定時定量灌水制御を行った。その結果、天候により蒸発散速度が一定でないため、夕方の育苗箱重量の変動が大きくなった(図2-1-4)-12)。そこで最初に、夕方に維持したい育苗箱重量(ここでは、4.7kg)を決め、日中2回10～11時と13～14時の蒸発散速度を測定し、7～14時の蒸発散速度測定時間外に、蒸発散速度に応じて+300cc(+0.3kg)を上限として、灌水を行う蒸発散速度推定制御を行った。この制御では、午前の蒸発散速度が小さい場合は、灌水過多を防止するため、午前中の灌水を停止した。また午後の蒸発散速度から、夕方までの蒸発散量を推定して灌水量を調節した。その結果、夕方の育苗重量は、設定重量+0.2kg以内でほぼ一定となった(図2-1-4)-13)。

育苗に伴うキャベツ苗の重量変化は、図2-1-4)-14に示すように1トレイで約200g増加する。そのため育苗が進むに従い、苗の生長による蒸散量の増加とキャベツ苗重の増加分を考慮する必要がある。実際の自動灌水作業では、夕方の萎れ等が日立つ場合は、灌水終了時の目安重量を少しずつ大きくする程度の調整で自動灌水が可能であった。

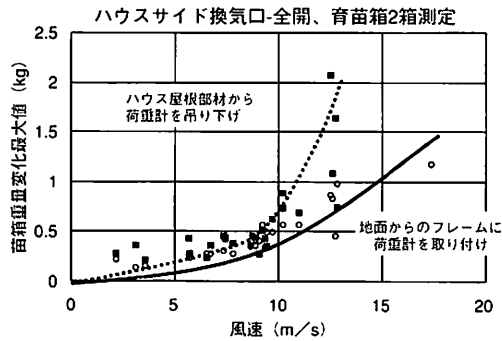


図2-1-4)-11 風速と育苗箱重量の変動

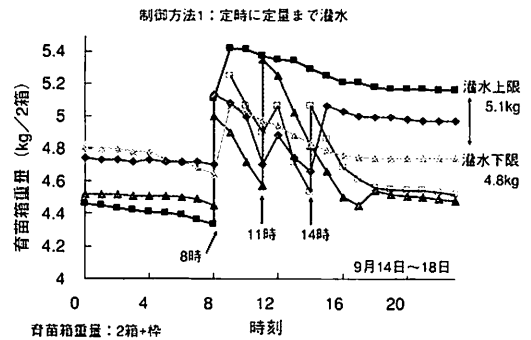


図2-1-4)-12 定時定量灌水制御

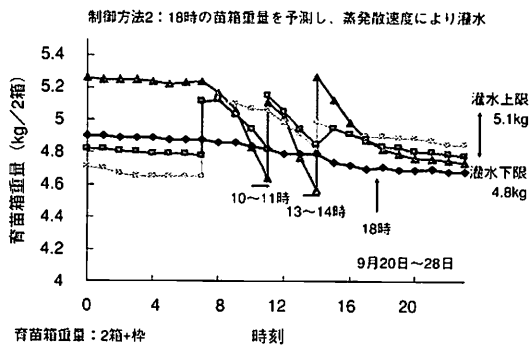


図2-1-4)-13 蒸発散速度推定制御

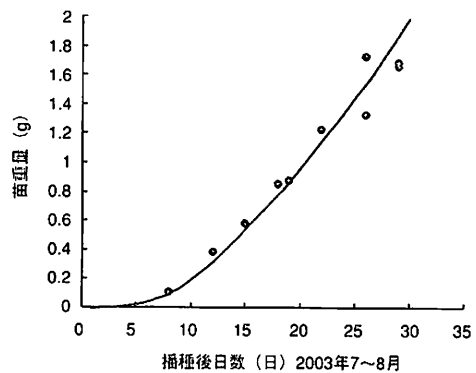


図2-1-4)-14 播種からのキャベツ苗重変化

e 摘要

灌水回数の多い夏季に低コストで均一灌水を行う方法について検討した。E社M型の灌水チューブを2本、育苗台の上に設置し、圧力約0.06~0.1MPaで5~9秒送水-3秒止水する間欠灌水を行うと、チューブに近い部分まで均一に灌水することが可能であった。また、育苗トレイの蒸発散速度を測定し、夕方までの乾燥速度を推定して灌水する自動制御方法を行うと、夕方の灌水過多を防止することができた。育苗時の灌水は、トレイの周辺部分が早く乾燥したり、部分的に灌水量が少ないところがあるため、蒸発散速度を測定していない間に見回りをを行い手灌水を行うことが重要である。

f 参考文献

- 1) 吉岡 宏 (1996) セル成型苗生産と機械定植技術の開発. 研究ジャーナル, 19 (8)
- 2) 野菜・茶業試験場 (1999) セル成型育苗管理マニュアル

(○細川 寿・松崎守夫・伊藤公一)

2. 重粘土転換畑のためのキャベツ品種の選定

a はしがき

転換畑輪作体系で高い収益を確保するためには、野菜等の高収益作物を導入する必要がある。本研究では、ダイズ、オオムギ、キャベツ体系の確立を目指しているが、夏まきキャベツはこの体系に組み入れることが可能であるとともに、北陸市場における地場産の流通量も多い⁶⁾。

日本種苗協会が出版している「野菜品種名鑑」によれば、キャベツの市販品種は500以上登録されているが、それらの品種は「サクセション」などの類別によって、いくつかのグループに分類されている⁸⁾。各都道府県が栽培可能としているキャベツの作型⁹⁾は夏まきが多かったが、それらの作型を品種に着目して集計すると、全国で栽培可能とされている割合が高い品種は、「サクセション」、「寒玉」、「サワー型」、「秋蒔極早生」、「コペンハーゲン・マーケット」と多くの類別にまたがっていた(表2-2-1)。

北陸地方で栽培可能とされている作型も夏まきが多かったが、それらの作型のほとんどが「サクセション」、「寒玉」、「他」に属する品種であった(表2-2-2)。北陸地方では、全国と異なり、類別が「他」の品種が栽培可能とされていたが、それらの品種は夏まき作型に適した品種の系統であり、かつ北陸地方の種苗会社の品種であった。また、類別が「サワー型」、「コペンハーゲン・マーケット」の品種は栽培可能とされていなかったが、「サワー型」の品種には葉が柔らかく、甘みがあり、京浜市場で好まれる春系品種¹²⁾が多く含まれ、「コペンハーゲン・マーケット」は、生食用に適し、歯切れの良い食感を持つボール系品種である¹¹⁾。

重粘土転換畑は排水性が非常に劣るため、品種選定は耐湿性にも着目して行う必要がある。ここでは、品種の類別に着目し、既に北陸地方で栽培可能とされている「サクセション」、「寒玉」、「他」、および市場性が高いが北陸地方の夏まき作型で栽培可能とされていない「サワー型」、「コペンハーゲン・マーケット」の品種を、転換1～3年目の浅層暗きょ敷設圃場、無敷設圃場において栽培し、北陸地方の夏まき作型に適する類別があるかどうかを検討した。

表2-2-1 キャベツの推奨作型(505作型)に高い比率を占める品種

品 種 名	金系201号	秋徳	アーリーボール	おきな	金春	松波	YR青春	YR泰山
占有比率(%)	7.1	5.0	3.8	3.6	3.4	3.2	2.2	2.2
類 別								
サクセション								○
寒玉		○		○		○		
サワー型					○		○	
秋蒔極早生	○							
コペンハーゲン・マーケット			○					
作 型								
平地夏早まき初秋どり		○		○				○
平地夏まき冬どり			○		○	○		
平地・暖地夏おそまき冬どり					○			
平地・暖地秋早まき翌春早どり	○							
平地秋遅まき翌春～夏どり								
平地早春まき初夏どり	○	○		○			○	
冷涼地春まき夏どり	○	○	○	○			○	
冷涼地初夏まき夏秋どり		○	○	○			○	○
早晚性	早	早	早	早	早	中	早	中
球形	扁円	扁円	円	扁円	扁円	扁円	円	扁円
球の大きさ	中	中	小	中	中	中	小中	中
萎黄病抵抗性		○		○		○		○
発表年	1965	1978	1974	1978	1976	1978	1983	1976

* 作型数は野菜の種別別作型一覧(野菜・茶業試験場研究資料8)より集計
品種特性は平成5年版野菜品種名鑑(日本種苗協会)より抜粋

表2-2-2 北陸地方において夏まき作型で推奨されているキャベツ品種

サクセション(11)	柳生(2)、YR征将(2)、越の里(2)、YR泰山(1)、将軍(1)、YR早どり錦秋(1)、早生秋宝(1)、輝吉(1)
寒玉(11)	秋徳(2)、松波(2)、湖月(2)、おきな(1)、晩夏蒔四月穫(1)、乾杯(1)、豊光2号(1)
秋蒔極早生(1)	金系201号(1)
他(6)	やひこ(2)、越のひかり(1)、YR苗場(1)、YR夏晴(1)、いろどり(1)

* () 内の数字は、作型数の合計、輝吉はサクセション・寒玉いずれにも含まれるため、寒玉の集計にも用いた。

b 試験方法

いくつかの類別の品種を供試し、圃場試験を行った。供試圃場は畑転換1～3年目における浅層暗きよ無敷設圃場(対照区)、引き込み式浅層暗きよ敷設圃場(引き込み区)、トレンチ式浅層暗きよ敷設圃場(トレンチ区)であり、キャベツは7月上旬に播種、8月上旬に移植し、11月以降に収穫した。耕種概要は高畝2条植え、栽植密度4,166株/m²であり、施肥量はN:P₂O₅:K₂O=30:18:16g/m²とし、基肥は全面全層施用した。収穫調査は約1週間間隔で数回行い、750g以上の全結球の重量を収量とした。

c 試験結果

供試圃場の中で最も湿害が少なかったトレンチ区の収量を示した(表2-2-3)。1997年は天候不順のため、移植期が8月下旬まで遅れたが、それにも関わらず、「おきな」、「湖月」以外は、他の年度と遜色ない収量を示した。1998年は生育中期に多雨となり、収量も低くなった。1999年は8月上旬の降水量が少なかったため、移植後灌水したにも関わらず、活着が8月下旬までずれ込み、収量も低い水準にとどまった。

3年間の圃場試験では、北陸地方の公立場所で品種比較に用いられることが多い「YR征将」を基準品種とし、いくつかの類別の品種を供試した。供試した品種のうち、「寒玉」の「湖月」、「おきな」、「秋蒔極早生」の「金系201号」は、途中で検討を中止した。これは1997年には定植遅れによって、「寒玉」の品種のみが著しく減収し、1999年の「金系201号」では、結球の形が本来の作型で得られるものと大きく異なったためである。

「サワー型」の品種としては「春雷500」、「金春」を供試したが、「金春」は全国でも広く推奨されており(表2-2-1)、同一年次では「春雷500」より「金春」の収量がやや高かった。「コペンハーゲン・マーケット」の品種としては、「グリーンボール」、「アーリーボール」を供試したが、「アーリーボール」の方が高い収量を示した。

浅層暗きよ処理が、「サクセション」の「YR征将」、「サワー型」の「金春」、「コペンハーゲン・マーケット」の「アーリーボール」、「他」の「越のひかり」に及ぼす影響を示した(図2-2-1)。いずれの品種も引き込み区、トレンチ区の収量が、対照区より高い値を示した。データは示さなかったが、対照区では収穫率も低かった。

表2-2-3 圃場試験における収量 (kg/10a)

品 種	類 別	1997	1998	1999	平均
征将	サクセション	4021	2665	3260	3315
湖月	寒玉	464			464
おきな	寒玉	2648			2648
春雷500	サワー型	3846	2328		3087
金春	サワー型		2988	3119	3054
金系201	秋蒔極早生			3348	3348
グリーンボール	コペンハーゲン・マーケット		2589	1916	2253
アーリーボール	コペンハーゲン・マーケット		3009	2868	2938
越のひかり	他		4069	3926	3997

*コルゲートパイプの浅層暗渠を設置した畑転換1～3年目圃場における結果。

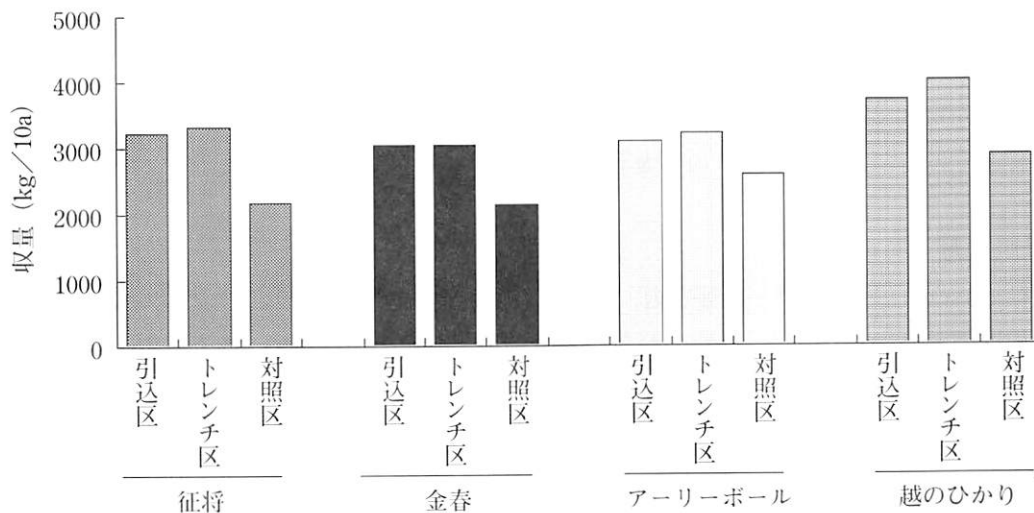


図2-2-1 浅層暗きよが供試品種に及ぼす影響

金春は2年間、他の3品種は3年間の平均値。

d 考察

キャベツは、地下水位が20～30cm以下になると生育収量が低下し^{3,7)}、耐湿性は中位である^{3,5,10)}。高い地下水位は、キャベツの生育後期に大きく影響し、小玉、くず玉を増加させ、収量を減少させる⁷⁾。また、キャベツと種 (species) が同じ植物であるカリフラワーの結果であるが、転換初年目圃場では、葉の萎凋、アントシアン、出葉停止、奇形葉発生がみられ、大きく減収する⁴⁾ことが報告されている。

各品種は、浅層暗きよを敷設していない対照区で大きく減収した。対照区における減収は、主に収穫率の低下に由来したが、このことは、地下水位が高い場合にはキャベツの小玉、くず玉が多くなるという結果⁷⁾と一致した。また、データは示さなかったが、転換初年目である1997年には、生育中期に葉身がほとんどない奇形葉も観察され、これも湿害の影響⁴⁾と考えられた。

今回検討した品種のうち、「サワー型」の「金春」、「コペンハーゲン・マーケット」の「アーリーボール」は、北陸地方の夏まき作型では推奨されていないが、他の品種と比べ生育が劣ることはなく、北陸地方の重粘土転換畑にも導入可能であった。収量の平均値は両品種ともほぼ同程度であったが、「アーリーボール」は結球重がやや小さいため、「金春」の方が高い収量を得やすいである

う。‘YR青春’も全国で広く推奨されている「サワー型」品種であり、1997年には営農試験地（西山）で栽培されたが、営農試験地の夏まき作型では裂球が多いという欠点があった。‘越のひかり’は最も高い収量を示したが、結球径が大きく、ダンボール出荷にやや難があった。また、この課題では検討しなかったが、「サクセッション」の‘YR泰山’は新潟県の下越地方などで栽培されており、次章においても供試したが、‘金春’とほぼ同程度の収量性を示した。

e 摘要

- 1) 北陸地方の重粘土転換畑で、類別、耐湿性に着目してキャベツ品種を比較した。生食用としての評価が高い「サワー型」、「コペンハーゲン・マーケット」の品種は、北陸地方の夏まき作型で栽培可能とされていなかったが、それらの品種も他の品種と同等の収量性を示した。
- 2) 重粘土転換畑の転換初期圃場では、奇形葉の発生、収穫率の低下による減収が見られたが、浅層暗きよの敷設によって、湿害による減収は軽減された。耐湿性品種を見いだすために、浅層暗きよの有無による収量の変化を検討したが、耐湿性の高い品種は見出せなかった。
- 3) 今回、安定して収量を確保できた品種は‘YR征将’、‘金春’、‘アーリーボール’、‘越のひかり’であり、特に「サワー型」の‘金春’が有望と言える。

f 引用文献

- 1) 福地信彦 (1996) 作型と品種選択. 農業技術体系 野菜編7 基礎編, 農山漁村文化協会, 67-74
- 2) 福地信彦 (1996) 用途, 経営のねらいと品種選択. 農業技術体系 野菜編7 基礎編, 農山漁村文化協会, 75-78
- 3) 橋爪 厚・武市義雄・岡部達雄・田中喜市・木川義昭・勝木田博人・山岸 淳・鶴岡正雄・鈴木幸三郎・飯島 桂・青柳森一 (1975) 水田転換畑における導入作物の選定ならびに栽培法に関する研究. 千葉農試特報, 6, 1-78
- 4) 籠橋 悟・川西英之・小島昌弘・東 駿次・松村安治 (1970) そ菜類の水田と畑における生育比較. 東海近畿農試研報, 20, 1-14
- 5) 川出武夫・小島昌弘・木下隆雄・穂積清之・東 駿次 (1970) 土壤水分の差異とそ菜の生育に関する研究 第1報 土壤水分の差異が秋冬作そ菜類の生育に及ぼす影響. 東海近畿農試研報, 20, 15-40
- 6) 松崎守夫 (2001) 北陸地域の中央卸売市場における野菜の主な産地の出荷時期と作型. 北陸農業研究資料, 43, 1-63
- 7) 中島征志郎・石橋祐二・松原徳行・陣野久好 (1983) 転換畑の地下水水位が作物の生育および土壤の理化学性に及ぼす影響. 長崎総農林試研報 (農業部門), 11, 35-73
- 8) 日本種苗協会 (1993) 野菜品種名鑑. 日本種苗協会, 40-59
- 9) 野菜・茶業試験場 (1998) 野菜の種類別作型一覧. 野菜・茶業試験場研究資料, 8, 128-137
- 10) 但野利秋・切本清和・青山 功・田中 明 (1979) 耐湿性の作物種間差—比較植物栄養に関する研究. 土肥誌, 50, 261-269
- 11) 辻本達男・山本昌司 (1996) キャベツ品種の発展と分類. 農業技術体系 野菜編7 基礎編. 農山漁村文化協会, 59-66

(○松崎守夫・細川 寿・伊藤公一)

3. キャベツの施肥量削減技術の開発

a はしがき

慣行のキャベツの施肥法は、肥料を基肥と追肥に分施し、基肥を全面全層で施用するものである。しかし、近年、被覆肥料によって追肥を省略する基肥全量施用法^{5,6)}、基肥を畝内部に条施肥して施肥量を削減する方法^{2,4,5,6)}が各地で検討されている。北陸の慣行施肥量は30kgN/10aであるが、キャベツの施肥量削減についての報告はない。ここでは、北陸地方の重粘土転換畑において、キャベツの施肥量を削減する施肥法について検討した。

b 試験方法

a) 肥料の種類の影響

トレンチ式浅層暗きよを施工した場内圃場において、2001年に試験を行った。栽培法は前節に準じ、品種は‘金春’を供試した。硝化抑制剤入り肥料、40日タイプの被覆肥料について、通常区(30kgN/10a)、30%削減区(20kgN/10a)を設け、それらの肥料全量を基肥として全面施用した。慣行施肥法は通常の化成肥料20kgN/10aを基肥として全面全層施用し、NK化成肥料10kgN/10aを追肥(9月中旬)として条間に施用した。また、窒素利用率を算出するために、無肥料区も設け、各処理区は2反復設置した。生育途中約1ヶ月毎に各区2株を抜き取り、乾物重、窒素濃度を測定し、窒素吸収量を算出した。収量調査は11月中旬より、ほぼ1週間毎に収穫可能な結球を採取し、その合計重量を収量とした。なお、2001年には、移植直後から、約2週間毎に畝中央部の土壌を採取し、土壌ECを測定した。

b) 基肥と追肥の分肥、基肥の施用方法の影響

a)と同じ圃場において、2002~2003年に試験を行い、2002年は‘金春’、2003年は‘金春’と‘泰山’を供試した。基肥の施用方法としては、2002年は全面全層施肥と株元施肥を、2003年は株元施肥と条施肥を比較した。なお、株元施肥はキャベツの株から10cm離れた土壌表面に5kgN/10aずつ肥料を施用し、条施肥は畝中央部(株から約20cm)の土壌表面に肥料を施用した(図2-3-1)。それぞれの基肥施用法について、基肥と追肥の分肥割合を検討し、2002年は20+0(基肥20kgN/10a+追肥10kgN/10a)、15+5、10+10、5+15について、2003年は20+0、10+10、5+15について検討した。両年とも、慣行施肥法と、生育収量や窒素濃度等の調査方法は2001年と同様とした。

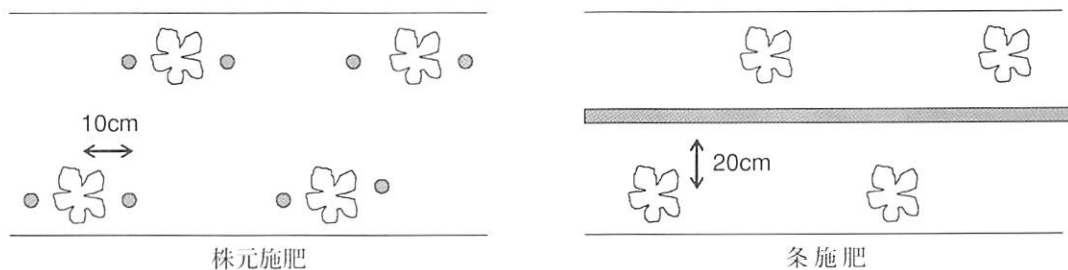


図 2-3-1 基肥の施用方法

株元施肥は、10kgN/10aを施用した場合の施肥位置。
なお、追肥も条肥と同じ位置に施用した。

c 試験結果

a) 肥料の種類が収量に及ぼす影響

慣行の窒素施用量では、硝化抑制剤入り肥料、および被覆肥料を基肥に全量施用しても、L玉収量（ここでは、1200g以上の結球をL玉とみなした）や、全結球収量が減少することはなかった（表2-3-1）。しかし、窒素施肥量を30%削減すると、収量は著しく減少した。施肥量を削減した場合の収量は、硝化抑制剤入り肥料よりも被覆肥料の方が高い傾向を示した。

b) 基肥の施用方法、基肥と追肥の分施が収量に及ぼす影響

2002年に、全面全層施肥と株元施肥、基肥と追肥の分施の効果を検討した（図2-3-2）。窒素施用量を30%削減し、基肥全量を全面全層施肥した場合、収量は著しく減少した。しかし、基肥の全面全層施肥体系においても、基肥量を少なくし、追肥量を多くすることで、収量は増加する傾向を示した。株元施肥では、基肥量、追肥量に関わらず、標準施肥量とほぼ同等の収量を示した。15+5の収量は若干少なくなったが、この原因は不明であった。

2003年には株元施肥と条施肥の効果を比較したが、これらの施肥法では、収量は追肥量の影響をほとんど受けず、いずれの処理でも、慣行施肥法並の収量を示したため、データは省略した。しかし、条施肥よりも株元施肥の効果の方がやや優り、その差は初期生育において顕著であった。2002年は硝化抑制剤入り肥料、2003年は通常の化成肥料によって施肥量30%削減について検討したが、この両年の結果が肥料の種類によって大きく異なることはなかった。

表2-3-1 肥料の種類、施肥量がキャベツ（金春）の収量に及ぼす影響（2001年）

	20+10	30+0		20+0	
	慣行施肥	硝化抑制剤	被覆肥料	硝化抑制剤	被覆肥料
L玉収量	3908	4219	4015	2325	3081
収量	4727	5440	5262	3442	4057

* L玉収量はL玉（1200g以上の結球）収量、収量は全結球（750g以上の結球）収量。

基肥窒素+追肥窒素施用量。

標準施肥は、基肥20gN/m²全面施用+追肥10gN/m²条施用。

硝化抑制剤は硝化抑制剤入り肥料、被覆肥料は40日タイプの被覆肥料。

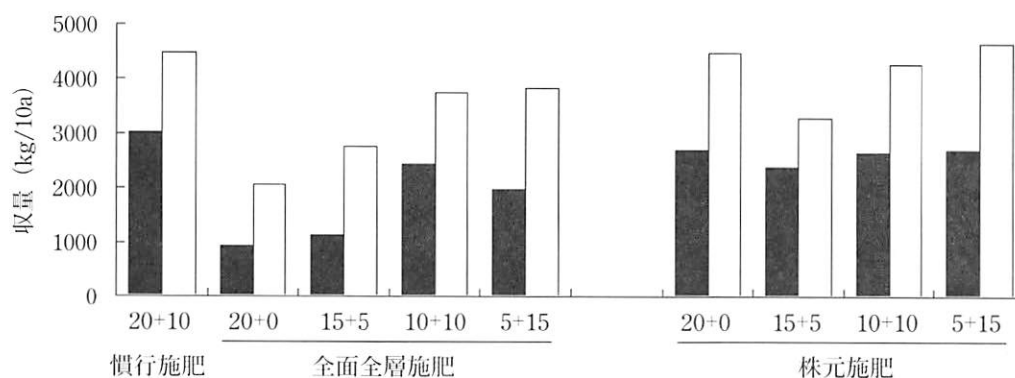


図2-3-2 基肥の施用方法、基肥+追肥体系が夏まきキャベツに及ぼす影響（2002年）

■：L玉（1200g以上の結球）、□：全結球（750g以上の結球）。

慣行施肥は基肥20kgN/10a全面全層施用+追肥10kgN/10a条施用であり、品種は金春を供試した。

横軸は基肥窒素施用量+追肥窒素施用量（kgN/10a）であり、追肥は条施用した。

慣行施肥以外は硝化抑制剤入り肥料を用いた。

c) 施肥が土壤EC、キャベツの窒素吸収に及ぼす影響

2001年の試験において、土壤EC、キャベツの窒素吸収量を測定した(図2-3-3)。土壤ECは、基肥を全面全層施用した場合はわずかしこ増加しなかったが、追肥によって明らかに増加した。追肥した位置から採取した土壤について土壤ECを測定したため、値の増加が著しかったと考えられたが、土壤ECは追肥施用後1ヶ月以上高い水準に維持された。キャベツの窒素吸収量は、基肥を全面全層施用することによって増加し、その増加は9月下旬にはほぼ停止したが、追肥した場合は、10月に入っても増加し続けた。

図2-3-4に30%施肥量削減と基肥の株元施肥、および基肥と追肥の分施がキャベツの収量、窒素利用率に及ぼす影響を示した。こうした施肥処理では、複数年度を通して収量や窒素利用率が安定していた。収量は施肥量を30%削減し、その全量を基肥に全面全層施用した場合に低下したが、その低下は基肥を株元に施用することによって抑えられた。しかし、さらに基肥と追肥に分施した場合には、増収はみられなかった。窒素利用率は施肥量を30%削減することによって低下したが、基肥の株元施肥によって慣行施肥法並に回復し、基肥と追肥の分施によってさらに向上した。

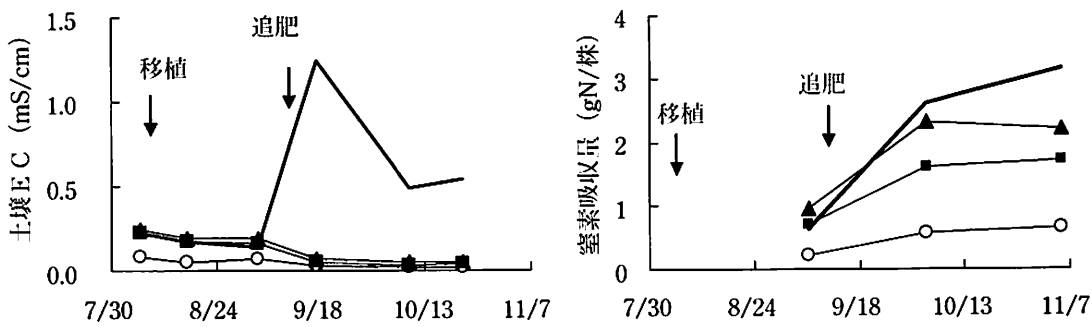


図2-3-3 施肥が土壤EC、夏まきキャベツに及ぼす影響(2001年)

○: 無肥量区、▲: 全面全層(基肥30kgN/10aのみ)、■: 全面全層(基肥20kgN/10aのみ)
 * 実線は慣行施肥(基肥20kgN/10a全面全層施用、追肥10kgN/10a条施用)
 土壤ECは条間から採取した土壤について測定、供試品種は金春。

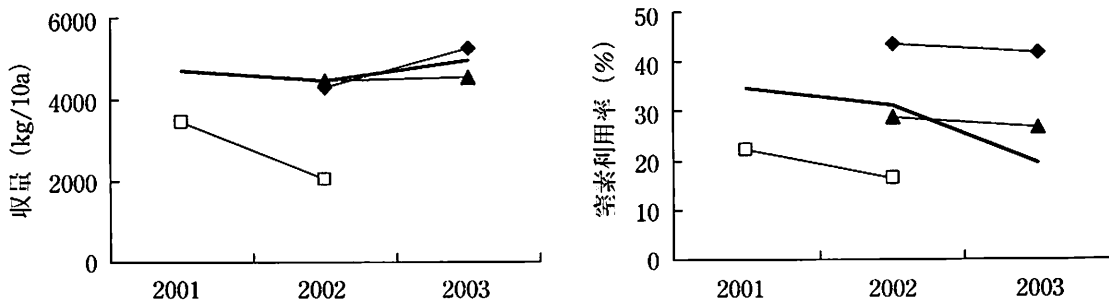


図2-3-4 施肥量、施肥方法が夏まきキャベツに及ぼす影響(2001~2003年)

□: 全面全層20+0、▲: 株元20+0、◆: 株元10+10
 * 実線は慣行施肥(基肥20kgN/10a全面全層施用、追肥10kgN/10a条施用)
 供試品種は金春、収量は750g以上の結球についての値である。

d 考察

a) キャベツに対する窒素施用量、施用方法、施用時期の影響

キャベツの施肥量削減方策については多くの報告があり^{2,3,4,5,6)}、いずれも畝内に肥料を条施肥することによって、施肥量20~30%削減を可能にしている。被覆肥料による施肥量削減についての報告もある^{5,6)}が、それらは被覆尿素と条施肥を組み合わせることで、施肥量削減を実現している。

今回の結果でも、施肥量を30%削減した場合、被覆尿素的基肥全面施用では明らかに減収した(表2-3-1)が、基肥の株元施肥、条施肥では、ほぼ標準施肥と同程度の収量が得られた(図2-3-2)。これらの結果から、基肥として株元施肥や条施肥等の局所施肥を行えば、30%程度施肥量を削減した場合でも、減収しないものと思われる。

畑作物に対しては種々の施肥法があるが、既報^{2,3,4,5,6)}では株直下の土中に条施肥することが多く、今回のように、株から10~20cm離れた位置の土壌表面に施肥した報告はない。しかし、この表面施肥法でも、やり方によっては減収しないことが立証された。条施肥で初期生育が劣ったが、株元施肥は株から10cm、条施肥は株から20cmの位置に施肥したため、条施肥の効果が劣ったことは施肥位置の影響と考えられた。

キャベツに対する窒素供給の影響は、外葉生長期、結球始期に著しいが、葉球が肥大する時期に窒素供給が切れても収量には影響しない¹⁾。北陸地方の夏まき作型では、外葉生長期は8月、結球始期は9月上中旬となるため、外葉生長期は基肥、結球始期は9月上旬の追肥で対応できる。近年、追肥を省略した基肥全量施用が広まってきているものの、基肥+追肥体系はキャベツの栄養生理と良く合致した施肥法であり、キャベツの窒素吸収を確保する上で効果的な方法と考えられる。

b) 基肥の施用方法、基肥と追肥の分施が窒素利用率に及ぼす影響

施肥量20~30%削減と基肥の条施用(間土施肥)によって標準施肥並の収量が確保され、窒素利用率はさらに向上することが報告されている^{2,4,5)}。ここでは、施肥量30%削減、基肥の株元施肥、基肥と追肥の分施の影響を分けて検討した結果、施肥量30%削減によって収量、窒素利用率が低下するが、その場合でも、基肥を株元に施肥することによって収量、窒素利用率は慣行施肥並に回復し、基肥と追肥の分施を行うことによって、窒素利用率はさらに向上することが明らかとなった。この結果が重粘土転換畑以外の土壌でも適用できるかどうかは未検討であるが、以上の施肥処理が夏まきキャベツに及ぼす影響をほぼ明らかにすることができた。

施肥量と窒素利用率から計算すると、施肥窒素のうち、キャベツに吸収されない窒素は、慣行施肥で21.5kgN/10a、全面全層20+0で16.1kgN/10a、株元20+0で14.4kgN/10a、株元10+10で11.5kgN/10aとなった。すなわち、基肥の株元施肥、基肥と追肥の分施を併用し、収量が頭打ちになった場合でも、基肥と追肥の分施は、キャベツに吸収されない施肥窒素を減少させ、環境負荷を軽減すると考えられた。

c) 基肥の施用方法、基肥と追肥の分施の効果と気象条件

今回、既往の報告^{2,3,5,6)}と同様に局所施肥の効果がみられたが、試験条件は既報とは大きく異なっていた。北陸地方における夏まきキャベツの生育期間は千葉²⁾、愛知⁷⁾とほぼ同様であるが、愛知の夏まきキャベツ生育期間の降水量が446~520mm程度⁷⁾、千葉では525mmであるのに対し、高田では933mmと多く(図2-3-5)、この多雨条件は施肥窒素の流亡を助長するものと考えられた。今回の試験条件でも基肥の株元施肥、基肥と追肥の分施の効果がみられたことは、夏まきキャベツに対して、これらの施肥法が多くの場合で有効なことを示唆する。

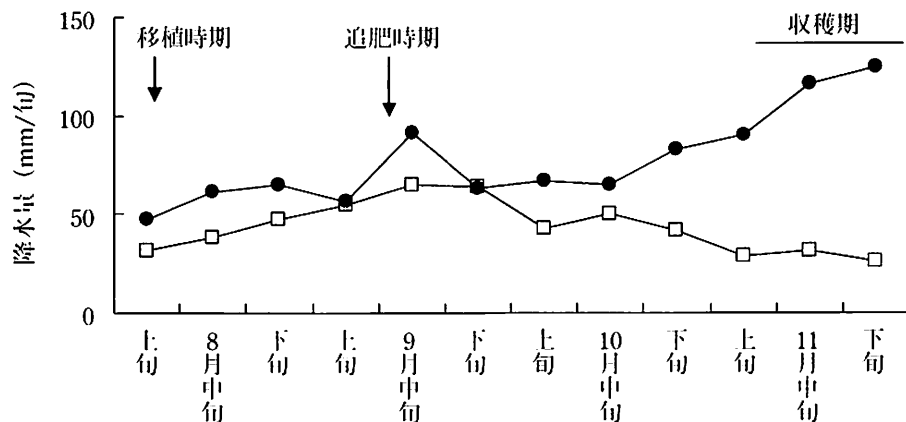


図2-3-5 夏まきキャベツ生育期間の降水量

□：千葉、●：高田、図中の但し書きは高田のキャベツ栽培時期。

*高田は1961年～2002年、千葉は1966～2002年について集計。

データは農林水産省技術会議農学情報資源システム (AGROPEDIA) による

e 摘要

- 1) 北陸地方の重粘土転換畑で、夏まきキャベツの施肥量を削減するために、被覆肥料、基肥の局所施肥（株元施肥、条施肥）、基肥と追肥の分施を検討した。
- 2) 施肥量を30%削減した場合、被覆肥料、硝化抑制剤入り肥料によって、その減収を回避することはできなかった。
- 3) 基肥の株元施肥、条施肥によって、施肥量30%削減の影響はほぼ回避できたが、株元施肥の効果の方がやや安定していた。これは、株元施肥の施肥位置がキャベツにやや近いためと考えられた。
- 4) 追肥の効果は、基肥を全面全層施肥した場合に収量を増加させ、基肥を局所施肥した場合には、窒素利用率を向上させた。従って、基肥と追肥の分施は、収量を増加させない場合にも、環境負荷を軽減する効果があると考えられた。
- 5) 北陸地方の夏まきキャベツでは、生育期間の降水量が多いため、施肥窒素が流亡しやすい条件にある。今回、そのような条件で基肥の株元施肥、基肥と追肥の分施の効果がみられたことは、これらの施肥法が多くの場面で効果を示すことを示唆する。

f 引用文献

- 1) 岩田正利・歌田明子 (1968) 窒素供給期間の差異が数種野菜の生育・収量に及ぼす影響. 園芸学会雑誌, 37, 57-66
- 2) 草川知行・吉井幸子・高崎 強 (1999) 条施肥畦立て機を利用したキャベツの減化学肥料栽培技術. 千葉農試研報, 40, 1-8
- 3) 小川良雄・酒井 一 (1986) 畑地からの窒素の流出制御 —環境保全・省資源的施肥への提言—. 農及園, 61, 15-20
- 4) 小野寺政行・三木直倫・赤司和隆 (2000) キャベツの作条施肥による窒素3割減肥技術. 上肥誌, 71, 714-717
- 5) 大川浩司・林 悟朗 (1998) 機械利用によるうね内条施肥法がキャベツの生育斉一性と肥料

の利用率に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 30, 157-162.

- 6) 進藤勇人・佐藤福男・金田吉弘 (2001) 寒冷地における肥効調節型肥料を用いた夏どりキャベツの全量局所施肥栽培. 土肥誌, 72, 803-806
- 7) 白井一則・井上恒久 (1999) 被覆尿素の施肥位置が秋冬作キャベツ (年明け採り) の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 31, 121-130

(○松崎守夫・亀川健一・細川 寿・高橋智紀・伊藤公一)

4. 気象要因・土壌条件に基づくキャベツの生育予測技術の開発

a はしがき

北陸地域では水稲を基幹とする水田農業が営まれているが、水田の高度利用を図るため、水田を畑に転換し、水稲以外の野菜等の高収益作物を導入する輪作技術が要望されている。転換畑において野菜等の作物を導入するためには、定植時期、収穫時期を適切に判断していく必要があり、このためには、生育予測は有効な方法である。しかしながら、北陸地域を含めた本州日本海側の気象条件は秋冬季を中心とした多雨・寡日照等の特徴があり、太平洋側に比べ野菜生産量が少なく、野菜産地育成のための生育予測手法が開発されていない。このため、転換畑に導入される夏まき、秋冬穫りキャベツの生育予測モデルを作成し、安定した転換畑輪作技術の確立に資することが必要である。生育予測には、従来、積算気温が使われているが、de Wit *et al.*¹⁾ が提案した気象要素を変数とする発育速度（DVR）を積算する方法が使われることも多い。これまで、堀江²⁾ が水稲に、鮫島・岩切³⁾ が大豆に発育速度（DVR）のモデルを適用して以来、いくつかの報告がなされているが、転換畑におけるキャベツの適用例は見あたらない。また、川方・岡田⁴⁾ は非線形最小二乗法で5つの発育速度式のパラメータを計算しているが、初期値の選択や関数形の選択によって得られる発育速度が異なるという問題を指摘している。ここでは、新潟県西山町営農試験地の転換畑において気象観測、並びに作付けされたキャベツの生育調査を行い、さらに、気温並びに気温と土壌水分張力の多項式で表した発育速度を求める計算を提案し、営農試験地の転換畑におけるキャベツの収穫期推定に適用した。

b 試験方法

a) 西山町営農試験地における気象観測

キャベツが栽培されている圃場の気象環境を明らかにし、キャベツの生育との関連、既存気象観測点のデータとの関連を検討するため、新潟県刈羽郡西山町の営農試験地において気象観測を継続的に行った。観測は1998年7月から2002年12月まで行ったが、キャベツの栽培期間以外では観測を中止した期間もある。観測要素は気温、湿度、全日日射量、降水量である。気温・湿度のセンサは百葉箱内に設置した。日射計、降水量計はそれぞれ架台の上に設置した。現地の状況を図2-4-1に示す。データはデータロガーにより10分間隔で収録したものを時別値、日別値、半旬値などに整理した。図2-4-2に観測期間を通じての日最高気温・日最低気温の推移を示す。



図2-4-1 西山町営農試験地における気象観測

右の百葉箱内に温湿度センサとデータロガーが入っている。中央に日射系、左に降水量計。

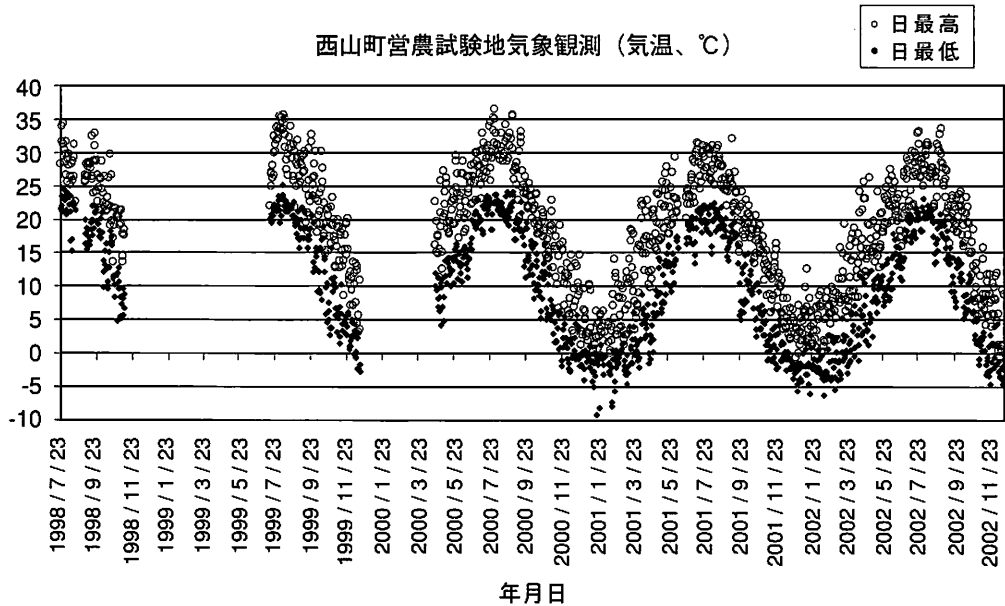


図2-4-2 西山町営農試験地における日最高気温と日最低気温

b) キャベツの生育調査

西山町営農試験地の転換畑において1999年、2000年、2001年の7月下旬から8月中旬にかけてキャベツ（品種‘YR征将’）が計6組定植され、それぞれの組について、収穫日を調査した。定植日から2週間毎に5株抜き取り生体重、乾物重、葉面積等の調査を行い、収穫期前後では1週間毎に、結球重、結球体積に対する結球重の比である結球緊度を調査した。収穫は結球の表面が適度に固くなり、結球緊度が $0.55\sim 0.7\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ になる時期が推奨されているため、1週間間隔の結球緊度の値を補間して、結球緊度が $0.6\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ になる日を収穫日と定めた。

c) 生育予測モデル

生育予測モデルとして、発育速度（DeVelopment Rate、略称DVR）モデルを用いた。このモデルは、播種日または定植日から気象要素の関数である発育速度（DVR）を積算していき、1を越えた時に、ある発育ステージに到達したことを表すモデルである。転換畑キャベツの収穫日を予測する発育速度のモデルは、（定植日+1）日目から収穫日までの発育速度（DVR）の積算値が1になる次の式で表した。

$$\sum_{j=1}^{h_i} \text{DVR}_{i,j} = 1 \quad (1)$$

ここで、 $\text{DVR}_{i,j}$ は*i*組、*j*日目の発育速度（1/日）、 h_i は*i*組の収穫までの日数である。

初めに、気温の多項式で発育速度（DVR）を表した。

$$\text{DVR}_{i,j} = x(1) + x(2)T_{i,j} + x(3)T_{i,j}^2 + \dots + x(n+1)T_{i,j}^n \quad (2)$$

ここで、 $T_{i,j}$ は*i*組、*j*日目の日平均気温（℃）、 $x(i)$ 、 $(i=1\dots n)$ は係数である。

次に、転換畑に導入されたキャベツの生育は土壤水分の影響を強く受けることが推察されたため、気温に土壤水分張力を加えた2変数の多項式で発育速度（DVR）を表した。

$$DVR_{i,j} = x(1) + x(2)T_{i,j} + \dots + x(m+1)T_{i,j}^m + x(m+2)P_{i,j} + \dots + x(m+n+1)P_{i,j}^n \quad (3)$$

ここで、 $P_{i,j}$ は*i*組、*j*日目の土壤水分張力（pF）である。

(2)式、(3)式の発育速度（DVR）の各係数は、発育速度の積算値と1との残差二乗和を最小にする値を求めれば良い。発育速度の積算値は各係数に対して線形であるため、線形最小二乗法で計算することができる。残差二乗和を各係数で微分し0とする連立一次方程式を解くことで各係数を求めることができるが、より数値計算の信頼性を高めるため、線形最小二乗法の一つであり、小柳⁹⁾により作成された修正グラム-シュミット法で(2)式、(3)式の発育速度の各係数を計算した。

入力値は、各組の（定植日+1）日目から収穫日までの気温と土壤水分張力である。気温は、営農試験地で観測した日平均気温を用いた。営農試験地の土壤水分張力（深さ20cm）は北陸研究センター水田整備研究室により観測されたが、この観測値には欠測期間があり、特に、1999年は定植日前では観測されたが、定植後は欠測であった。入力すべき土壤水分張力（pF）を得るために、降水量から土壤水分張力を推定するタンクモデルを作成した。このモデルは、①降水量、土壤水分量、流出量のみで収支からなる、②土壤水分量は最大土壤水分量（pF=0）を越えない、③流出量は最小土壤水分量（pF=3）以上の土壤水分量に比例する、④土壤水分量と土壤水分張力は比例関係にあると仮定した簡易なモデルである。モデル内のパラメータは無降水日が続く期間のpFの増加速度の観測値と計算値が近くなること、pFが0になる日の観測した回数と計算した回数が近くなるように求めた。

(2)式、(3)式の発育速度の次数は、予測誤差を最小にするものを選択した。予測誤差とは、一組を欠測として除いた残りの組から発育速度を計算し、そのモデルで欠測した組を予測した場合の残差の標準偏差である。

d) 北陸研究センターにおける検証試験

北陸研究センター内で、2002年6月11日から8月20日まで2週間毎にキャベツ（品種‘YR征将’）を定植し、収穫日を調査した。同時に、土壤水分張力を観測した。育苗期間の積算気温が450℃になるように播種日を定め、ガラス温室内で育苗した。石灰散布、耕うん、基肥施肥、作畝（畝間0.6m）を行い、その後、株間0.4mでキャベツを定植した。結球が10cmを越えてから1週間毎に5株の結球緊度を測定し収穫日を定めた。土壤水分張力は、株間、畝間、裸地の深さ20cmにテンシオメータを設置し、株間の日平均の土壤水分張力を用いた。気温は気象観測露場の日平均気温を用いた。

c 試験結果

a) 西山町営農試験地における気象観測

近隣のアメダス観測点である「柏崎」および「長岡」のデータと比較した。営農試験地（以後「西山」とする）から見ると柏崎は南西に約10km、長岡は東に約20kmに位置する。用いたデータは1998年7月～11月（降水量は9月まで）、1999年7月～11月、2000年7月～9月で、気温は313日分、降水量は273日分である。

まず気温については日平均・最高・最低気温を、降水量は日降水量を相互に比較した。西山と柏崎、長岡との相関はどの要素も高かったので、西山の値を目的変数、柏崎または長岡の値を説明変数として短回帰による回帰式を作成した。ただし、気温は全データを使用した。降水量では2地点ともゼロの日を除外して、残り126日分のデータを用いた。表2-4-1に、回帰直線の傾き、切片、 R^2 を示す。気温では R^2 が非常に大きい。降水量は地点による違いが大きい要素であるが、 R^2 はかなり大きかった。西山のこれらの要素を柏崎または長岡から推定する場合の精度は高いと考えられる。

この結果を長期間の平均値に対しても適用し、柏崎と長岡の半旬準平年値から西山の半旬準平年値を推定した。方法は柏崎・長岡の準平年値から上記の回帰式により西山の値を求め、両者の平均を西山の推定準平年値とした。ただしここでは半旬は通年半旬を用いた。

図2-4-3にキャベツの栽培期間について各年の半旬平均気温と、推定準平年値を、また図2-4-4に半旬降水量と推定準平年値を示す。5年間の気温の経過をみると、8月前半までは準平年値よりも高めの年が多いが、それ以降は変動が大きく、準平年値との差が 5°C 以上の年も多い。また降水量は年々の変動も、半旬ごとの変動も大きい。

なお、柏崎と長岡のアメダスデータならびに準平年値は、気象庁により提供され、農林水産省農学情報資源システム共通基礎データベースに収録されたデータをダウンロードして用いた。

表2-4-1 西山を目的変数、柏崎・長岡を説明変数とする回帰式の傾きと切片および R^2

要素	地点	傾き	切片	R2
日平均気温	柏崎	0.9975	-0.7398	0.9783
	長岡	0.9365	0.4913	0.9747
日最高気温	柏崎	0.9939	-0.0789	0.9625
	長岡	0.8866	2.4667	0.9701
日最低気温	柏崎	1.0327	-1.6333	0.9706
	長岡	1.004	-1.5431	0.9608
降水量	柏崎	0.9081	0	0.8302
	長岡	0.9941	0	0.8513

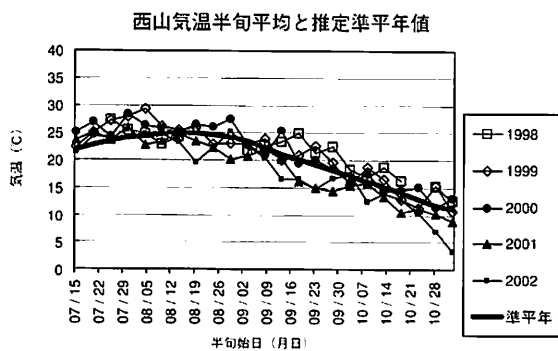


図2-4-3 西山町営農試験地における半旬平均気温と推定した準平年値

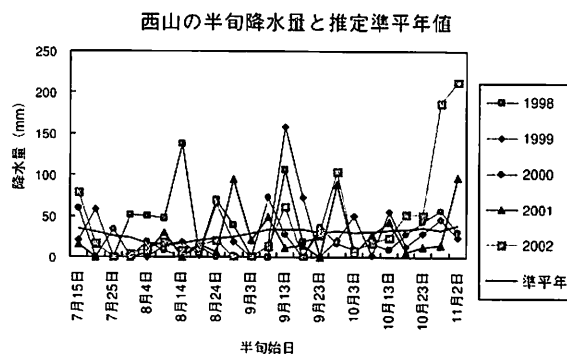


図2-4-4 西山町営農試験地における半旬降水量と推定した準平年値

b) キャベツの生育調査

営農試験地において調査した定植から収穫日までの日数を表2-4-2に示す。収穫までの日数は、2000年は83日、81日と長く、2001年は59日、59日と短いことが特徴である。1999年、2000年の夏季は高温傾向であり、特に、2000年の8月は降水量が少なく、土壌が乾燥したために、発育が遅延し、収穫までの日数が長くなったと思われる。2001年は気温、降水量ともに平年並みであり、好適な環境が形成されたため、発育が促進され、収穫までの日数が短くなったと思われる。

表2-4-2 西山町営農試験地におけるキャベツの定植日、収穫日、収穫までの日数

	定植日	収穫日	日数
西山 (1)	1999年 8 月12日	1999年10月27日	76
西山 (2)	1999年 8 月17日	1999年10月29日	73
西山 (3)	2000年 8 月 4 日	2000年10月26日	83
西山 (4)	2000年 8 月 9 日	2000年10月29日	81
西山 (5)	2001年 7 月21日	2001年 9 月25日	59
西山 (6)	2001年 8 月 7 日	2001年10月 5 日	59

c) 生育予測モデル

初めに、気温が変数の多項式で表した発育速度を計算した。1999年、2000年の4組の定植から収穫日までの気温から計算した発育速度は、3次式で予測誤差が0.044の値で最小になり、気温に対して山形を示した(図2-4-5)。これはキャベツの生育適温が20℃くらいであることと一致している。1999年、2000年、2001年の6組の定植から収穫日までの気温から計算した発育速度は、2次式で予測誤差が最小になり、気温に対して山形を示したが低温側で急激な変化が見られた(図2-4-5)。この原因として、キャベツの発育は気温以外に土壌水分条件も関係していることが推察される。2000年8月は降水量が少なく生育初期の土壌が乾燥したことが収穫までの日数が長い原因の一つとして、また、2001年は全般に降水量が平年並みで土壌水分が適度であり収穫までの日数が短い原因の一つと考えられるからである。

次に、気温と土壌水分張力の2変数多項式で表した発育速度を計算した。降水量から土壌水分張力を推定するタンクモデルは、その推移をおおよそ再現することができたため、入力する土壌水分張力はモデルの推定値とした(図2-4-6)。1999年、2000年、2001年の6組の定植から収穫日までの気温と土壌水分張力から計算した発育速度は、気温が2次、土壌水分張力が2次で予測誤差が0.0066の値で最小になり、収穫日の予測精度が高くなった。発育速度は気温に対して山形になり、土壌水分張力に対しても山形を示した(図2-4-7)。このことは、転換畑におけるキャベツの発育速度は、土壌水分が乾燥状態あるいは過湿状態では小さく、土壌水分が適度な状態において大きくなることを意味している。夏季に定植する場合には、土壌が乾燥しないように1週間程灌水することが栽培指針として推奨されている。さらに、定植後、表層土壌水分が乾燥した場合、葉の萎れや枯れが見られ生育が停滞することが観察された。また、1998年の営農試験地においては、キャベツの定植直後にあたる8月の降水量が平年に比べて極めて多く、土壌が過湿状態となり、除草剤や肥料養分の流亡により結球が遅れたことが観察されている。発育速度が土壌水分張力に対して山形を示すことは、これらの栽培指針や観察結果とよく合っている。この発育速度式を用いて、定植日を7月下旬から8月下旬まで変えた場合の収穫日までの日数を計算した(図2-4-8)。但し、発育速度が

負の場合は0として計算した。収穫までの推定日数は、2000年、1999年、2001年の順に短くなり観測結果とよく合うこと、営農試験地では8月中旬頃が定植適期であることが推察された。従って、転換畑に作付けされたキャベツの生育予測として、気温と土壤水分張力の2変数多項式で表した発育速度のモデルが有望であることが示された。

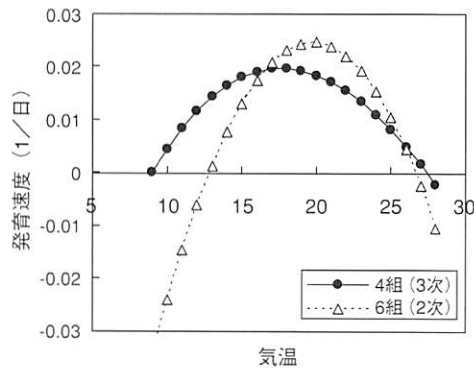


図2-4-5 気温が変数の多項式で表した発育速度

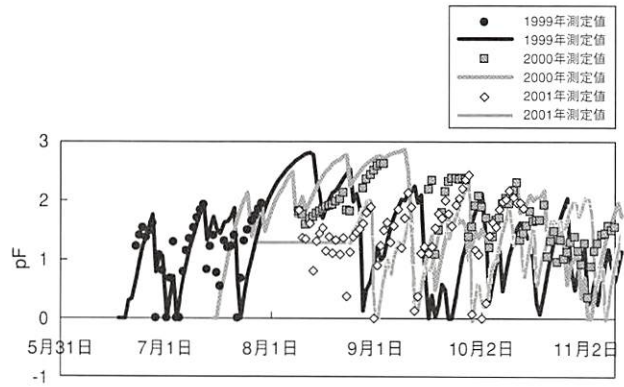


図2-4-6 西山町営農試験地における土壤水分張力 (pF) の推移

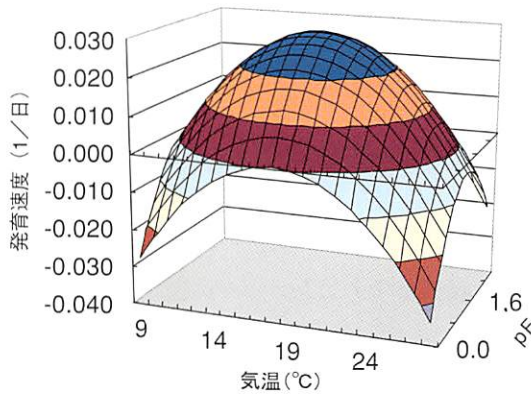


図2-4-7 気温と土壤水分張力の2変数多項式で表した発育速度

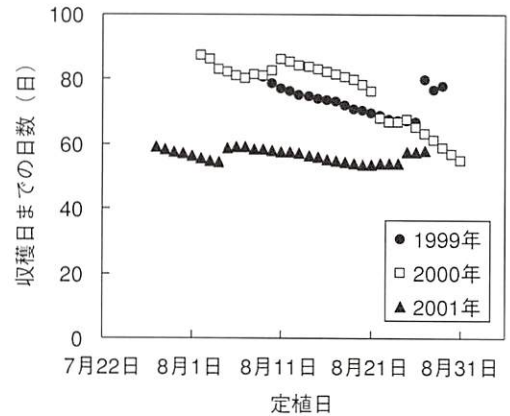


図2-4-8 定植日を変えた場合の収穫日までの推定日数

d) 北陸研究センターにおける検証試験

2002年の北陸における気象の特徴は、7月、8月が平年に比べ高温で、10月、11月が冬型気圧配置のため、低温、多雨であった。キャベツを作付けした圃場の土壤水分張力 (pF) は、7月中旬までは梅雨のため低く、その後9月上旬までは少雨のため高くなり、10月下旬以降は多雨のため低く推移した。キャベツの生育は、定植時期により違いが見られ、7月23日、8月5日に定植した場合は、収穫に適する状態 (結球緊度0.7) 時には結球重が1kgに達したが、早い時期に定植した場合、特に、6月11日、6月25日に定植した場合は、収穫に適する状態であるにもかかわらず、結球重は600g前後であり1kgに満たなかった。

北陸研究センターで観測した気温と土壤水分張力から発育速度を計算したが、気温、土壤水分張力を変数に選ばず、定数値となった。これは、作期移動試験にも関わらず、収穫までの日数にそれ

ほど変化がなかったためと思われる。営農試験地の転換畑から得られた発育速度式を用いて収穫までの日数を推定し、実測日数を比較した（図2-4-9）。7月23日、8月6日に定植した場合はよく適合しているが、特に6月11日、6月25日に定植した場合は適合していない。この早い作期は、結球重が小さい時期に収穫に適する結球緊度に達し、営農試験地のキャベツとは生育の仕方が異なったため、営農試験地の発育モデルで推定することができなかったと思われる。

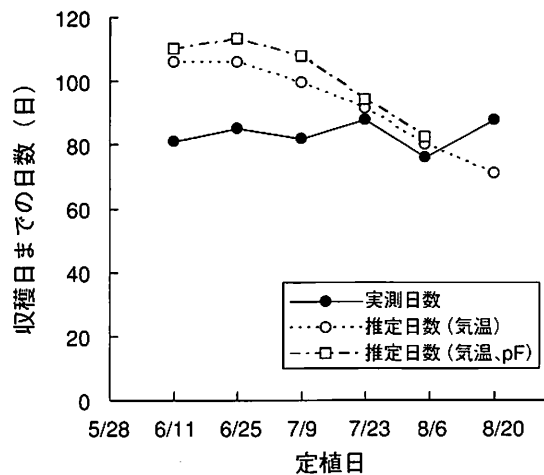


図2-4-9 北陸研究センター内キャベツの収穫までの日数と推定日数

d 考察

これまで発育速度の計算には、ある関数式を仮定して非線形最小二乗法で解く方法が行われてきた。しかしながら、非線形最小二乗法は、係数に初期値を与える必要があり、関数式が複雑になると収束値が異なるという問題がある。多項式で発育速度を表す本手法は、初期値を与える必要がなく解は一意である。また、計算アルゴリズムが比較的容易であり、係数を含んだ関数式で発育速度を表したいという要望に応えることができる。多項式で発育速度を表す本手法は、今後より汎用性のあるものに改良していく必要がある。

土壌水分張力は、転換畑で測定されていけば問題ないが、測定されていない場合は、推定する必要がある。ここでは、降水量から土壌水分張力を推定する簡易なタンクモデルを提案し、モデル内のパラメータは営農試験地の転換畑の観測値と計算値が合うように定めた。しかしながら、土壌の物理特性が異なれば、モデル内のパラメータは当然異なるし、モデル自体の見直しも必要になるかもしれない。対象地域を広げた転換畑のキャベツの生育予測を行うには、土壌物理特性の分布を把握すること、土壌水分のモデルとモデル内のパラメータの選択が必要になる。

北陸研究センター内のキャベツの作期移動試験に、本手法で得た営農試験地のキャベツの発育速度式を適用したところ、定植日が梅雨時期に当たる場合、収穫までの推定日数と実測日数にずれが生じた。これは結球緊度で収穫日を判断していることが理由の一つと思われる。市場においては結球重が価値判断になるため、今後は結球重で収穫日を判定することも検討していく必要がある。

e 摘要

北陸地域において水田の高度利用を行い、転換畑に野菜等の作物を導入するためには、定植時期、収穫時期を適切に判断する生育予測手法が必要である。新潟県西山町営農試験地において、気

象観測を実施し、3カ年間、作付けされたキャベツ（品種‘YR征将’）の定植日と収穫日を調査した。気温と土壤水分張力の2変数多項式で表した発育速度を線形最小二乗法で計算する手法を開発した。発育速度は気温と土壤水分張力の両方に対して山形を示し、収穫日の推定精度が高くなった。収穫までの推定日数は、2000年、1999年、2001年の順に短くなり観測結果とよく合うこと、営農試験地では8月中旬頃が定植適期であることが推察された。転換畑におけるキャベツの生育予測には、気温と土壤水分張力の2変数多項式で表した発育速度のモデルが有望であることが示された。

e 引用文献

- 1) de Wit, C. T., Brouwer, R. and Penning de Vries, F. W. T. (1970) The simulation of photosynthetic systems. Proc. of the IBP/PP Technical Meeting, PUDOC, Wageningen, 47-60
- 2) 堀江 武 (1987) 水稻生育の気象的予測モデル. 近畿作物・育種研究, 32, 83-90
- 3) 鮫島良次・岩切 敏 (1987) 気象と大豆の生育動態に関する研究 (1), 開花までの期間における発育速度と日長・気温の関係. 農業気象, 42, 375-380
- 4) 川方俊和・岡田益己 (1989) 発育指数を用いた水稻の幼穂形成始期と出穂期の推定. 農業気象, 45, 137-142
- 5) 小柳義夫 (1989) “15最小二乗法と最適化”. Fortran77による数値計算ソフトウェア. 丸善株式会社, 221-246

(○川方俊和・横山宏太郎)

5. 畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立

1) 営農試験地における土壌物理性と暗きょ排水特性

a はしがき

重粘土転換畑においては、転換直後の排水不良による湿害や劣悪な作業性の改善が重要な課題である。近年、圃場整備事業により、地域の排水システムの改良や暗きょの設置が進められている。しかし、特に排水条件の悪い北陸地域の重粘土水田においては、営農的な排水改善への取り組みが不可欠である。本課題は、既設の通常暗きょに、浅層暗きょを組み合わせた営農的な排水改善技術（技術の詳細については第1章参照）の現場適用性を実証するため、新潟県西山町の粘土質水田において、浅層暗きょを施工し、その後の土壌物理性ならびに排水性の改善効果を水田工学的観点から調査したものである。

b 方法

a) 試験圃場の概要

試験圃場の概要を図2-5-1)-1に示した。試験圃場は、長辺80m短辺25mの20aの圃場6区画（地番は下流側から1014から1019）からなる。下流側3区画は、1997年5月に浅層暗きょを施工後、キャベツ→エダマメ→オオムギの2年3作、上流側3区画は、1997年8月に浅層暗きょを施工後、オオムギ→エダマメ→キャベツの2年3作で作付を行った。管理内容と、各時期の圃場の状態については表2-5-1)-1にまとめた。浅層暗きょは、既設の10m間隔の本暗きょ（素焼き土管、深さ約80cm）に平行して、その中間に10m間隔で15cm幅のトレンチャーを用いて施工した。深さは40cmとし、管は内径50mmプラスチック多孔管を用いた。地表面までモミガラを充填した後、トラクターで埋め戻した。圃場短辺と暗きょ間隔の関係から、各圃場の浅層暗きょ本数は、2～3本である。浅層暗きょの末端は、圃場ごとに集水せず個々に排水路へ排水するようになっている。

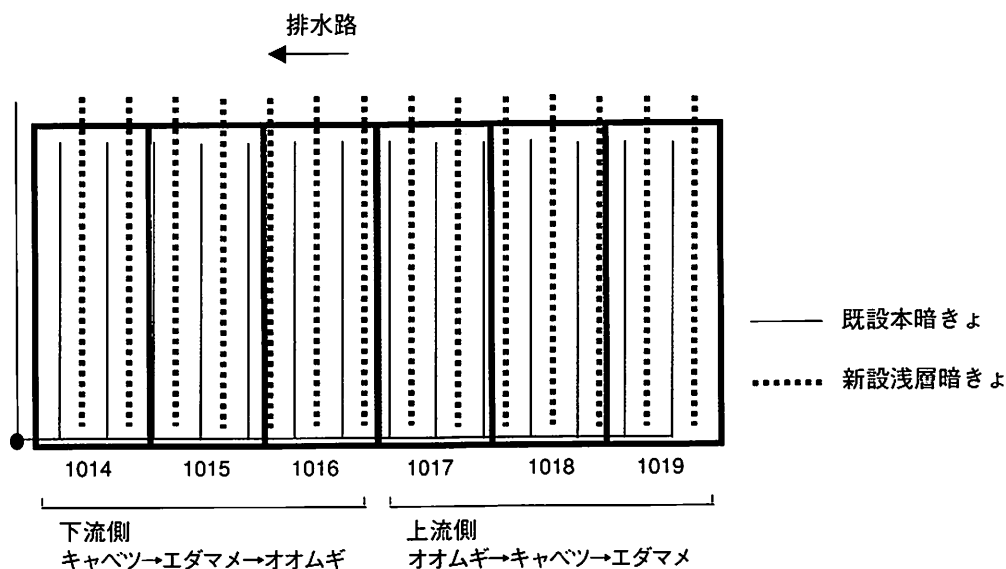


図2-5-1)-1 西山町営農試験地現地実証圃場の概要

表2-5-1)-1 圃場の作付・管理

年	月	上流側 (1017~1019) 経時観測は1018	下流側 (1014~1016) 経時観測は1015、土壌調査は1016	
1997	5			
	6		土壌調査・浅層暗渠施工	
	7			
	8		耕起・作畝 定植	
	9	浅層暗きょ施工		
	10	耕起・播種	収穫	
	11			
	1998	4		
5			耕起・作畝・マルチ 定植	
6		収穫 整地		
7				
8		耕起・作畝 定植	収穫	
9			マルチ撤去・土壌調査	
10		収穫	耕起・播種	
11				
1999	4			
	5	耕起・作畝・マルチ 定植	土壌調査	
	6		収穫	
	7		整地	
	8	収穫	弾丸暗きょ 耕起・作畝 定植	
	9			
	10	明きょ掘削 耕起播種		
	11		収穫	
	2000	4		耕起・作畝・マルチ 定植
		5		
		6	収穫 整地	
7				
8		弾丸暗きょ 耕起・作畝 定植	収穫 土壌調査	
9				
10				
11		収穫	耕起播種	
12				
2001		4	耕起・作畝・マルチ 定植	
		5		
		6		収穫
	7			
	8	収穫	耕起・作畝 定植	
	9			

オオムギ作付期間
 キャベツ作付期間
 エダマメ作付期間

b) 調査内容・測定項目

(a) 営農試験地における転換後の土壌物理性の変化

現地圃場6区画のうち、下流側から3番目の区画(地番1016)について、経年変化を追った。調査では、圃場中央部において試孔を掘削し、断面の記録および攪乱・不攪乱土壌試料の採取を行った。採取した攪乱試料については、粒径組成およびコンシステンシーの測定に供した。また、不攪乱試料については、三相分布、保水特性、飽和透水係数を測定した。

(b) 営農試験地における暗きょ排水特性

これら調査圃場に施工された浅層暗きょからの排水量を1997年から2001年にわたり測定した。1997年については、測定機器が不足していたため、降雨時の手測によって1014~1016圃場において数回測定した。また、1999年以降は、電磁流量計(愛知時計SU50)を用いて1015圃場、1018圃場の暗きょのうち、一本を経時的に測定した。なお、本暗きょについては、図2-5-1)-1に示したように、圃場6区画分の吸水渠を1カ所に集水して、排水路へ流下させる配置となっていたため、排水特性の評価は不可能と判断し、測定を行わなかった。地下水位については、1998年以降、1015圃場もしくは1018圃場の中央に設置した水圧計により測定した。測定機器は、1015、1018圃場のうち、当該年度、オオムギ作、キャベツ作となる圃場に設置した。雨量については、調査圃場端に設置した雨量計によって測定した。

c 調査結果と考察

a) 転換後の土壌物理性の変化

図2-5-1)-2に調査圃場の土壌の粒度分布を示した。粘土含量は、中央農業総合研究センター北陸研究センター内の圃場に比べ低い(第1章参照)ものの、土性区分ではLiCに分類され、いわゆる重粘土に含まれる。図2-5-1)-3に土壌硬度の変化を示した。位置は地表面からの深さで表してある。なお、水準測量による測定点の地表面のレベルの変動は2cm以内である。最も硬い層は、転換初年度には深さ15cm付近にあったのに対し、転換2年目以降には深さ25cm付近となった。また、2000年度の畝間と畝直下を比較すると、畝間においては、表面が最も硬くなっていることがわかる。図2-5-1)-4は土壌の乾燥密度の変化を見たものである。表層においては、転換後やや低下する傾向が見られるが、15~20cm層においては、ほとんど変化がない。むしろ微増傾向がある。一方、図2-5-1)-5、図2-5-1)-6に示した-10kPa(pF2.0)、-100kPa(pF3.0)での保水量を比較すると、いずれも転換後に、徐々に低下する傾向が見られる。ただし、pF3.0含水比の変化は、15~20cm層では明瞭ではなく、転換による変化は作土下端ではさほど進んでいないことを物語っている。図2-5-1)-7には飽和透水係数の変化を示した。作土の飽和透水係数は転換後増加し、その後は落ち着いている。一方、15~20cm層では、転換後一旦減少し、その後徐々に増加している。いずれにしても、水田状態に比べ、0~20cm層の透水性は、高まっており、この層位では不透水層の形成は見られなかった。すなわち、暗きょ疎水材層への浸透を阻害するような層は形成されていない。図2-5-1)-8には未風乾土(生土)の液性限界の変化を示した。5~10cm層では、徐々に液性限界は減少している。水田時に多量に抱え込んでいた水分が、畑作により徐々に減少することを示している。一方、15~20cmでも減少傾向にあるが、2000年度については増加している。この原因は不明であるが、採取位置に問題があった可能性もある。

以上から、畑転換後の土壌は、水田時に抱え込んだ多量の水を放出し、収縮を起こしつつも、透水に必要な粗間隙を発達させていることがうかがえる。また、透水係数を除くと、このような変化

は転換直後に急激に起こるのではなく、年数の経過とともに徐々に進んでいる。

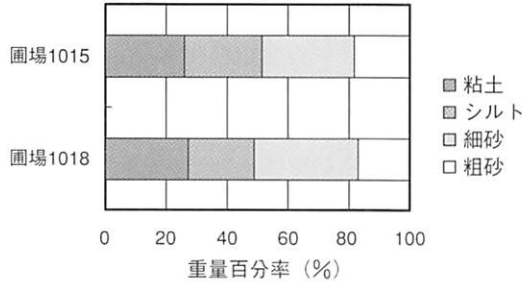


図2-5-1)-2 調査圃場の土壌 (10-15cm) の粒度分布

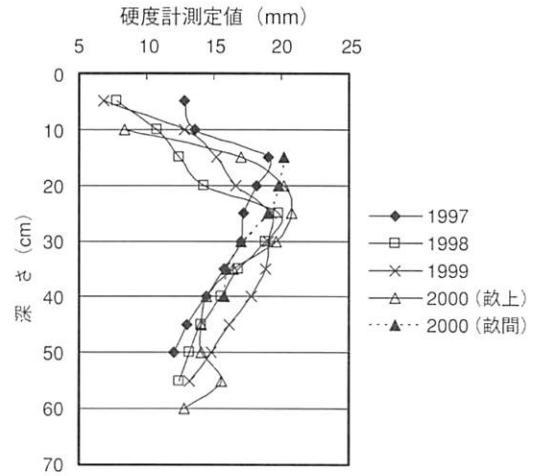


図2-5-1)-3 土壌硬度の鉛直分布

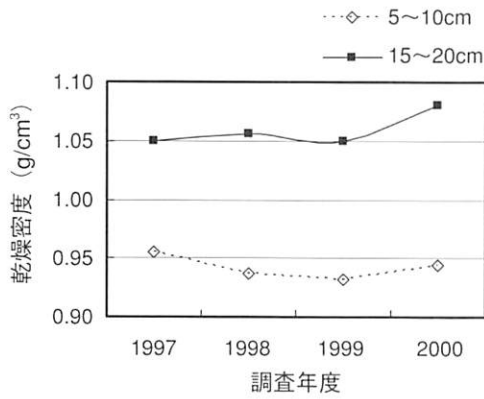


図2-5-1)-4 乾燥密度の経年変化 (1016圃場)

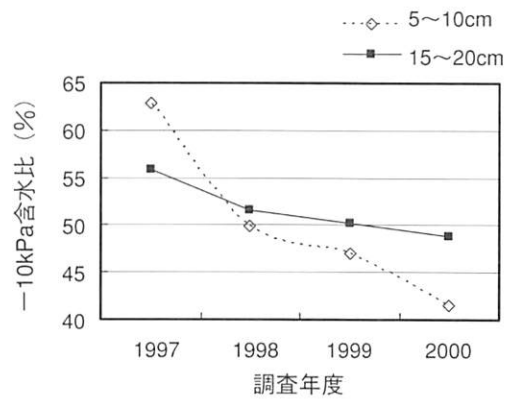


図2-5-1)-5 -10kPa (pF2.0) 含水比の経年変化 (1016圃場)

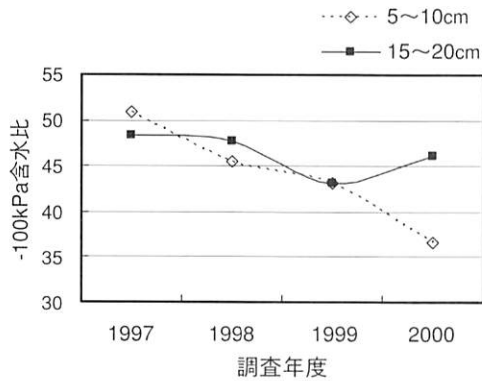


図2-5-1)-6 -100kPa (pF3) 含水比の経年変化 (1016圃場)

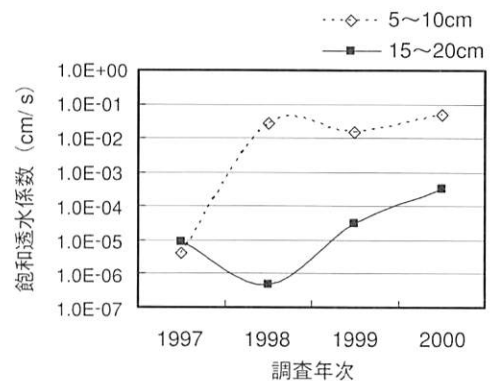


図2-5-1)-7 飽和透水係数の経年変化 (1016圃場)

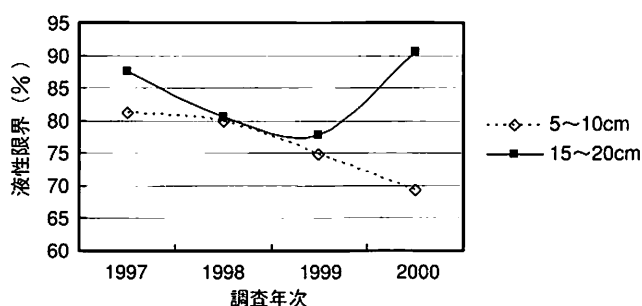


図2-5-1)-8 液性限界の経年変化 (1016圃場)

b) 暗きょ排水特性

(a) 圃場の管理と浅層暗きょ排水量

圃場の状態に応じた時期別の暗きょ排水速度の最大観測値を図2-5-1)-9に示した。施工直後の1997年の浅層暗きょの排水能力は、初夏の乾燥が続いた6月と降雨が連続した9～11月で大きく異なり、それぞれ一圃場当たり、4 mm/hと2 mm/hであった(1015圃場)。一般に転換畑での暗きょ排水は、50mm/dayが目標値とされている。施工直後の6月では、本暗きょからの排水を加えなくても、浅層暗きょからの排水量だけで目標が達成される。しかし、観測値が日排水量ではなく瞬時値であることを考えると、10月以降では浅層暗きょだけではやや不十分と言える。目標をクリアするためには、本暗きょも十分機能していることが必要である。10月以降、排水能力が低下したのは、降雨の影響により土壌の透水性が低下したためと考えられる。施工後2年目の1998年における排水能力は、オオムギ栽培期間中(4～5月)で3.5mm/h、キャベツ栽培期間中(8～10月)で、1 mm/hであった(1018圃場)。この間、キャベツ栽培のための耕うん・畝立てを行う前に、麦稈処理のための耕起、整地、鎮圧を行ったことが、大幅に排水速度が低下した原因である。図2-5-1)-10、図2-5-1)-11には、日雨量および日暗きょ排水量データを用いて整理した連続雨量と連続暗きょ排水量との関係を示した。これらのプロットの傾きは、おおむね全降雨に対する暗きょからの排水率を表す。1998年の1018圃場(図2-5-1)-10)を見ると、整地前のオオムギ栽培期間に、50%程度の排水率だったのが、整地後は20%以下に低下し、キャベツ作においても、同程度の排水率となっている。1999年の1015圃場においては、このような整地の影響を避けるため、整地だけではなくキャベツ栽培の直前に心土破碎も加えた。図2-5-1)-9で排水能力の変化を見ると、整地後は1.7mm/hであったのが、心土破碎後のキャベツ栽培期間中には3.5mm/hと高い水準となった。この心土破碎の効果は、次年度のエダマメ作、オオムギ作においても持続した。図2-5-1)-11をみても、整地後に低下した排水率が、心土破碎後のキャベツ作においては回復し、オオムギ作期間中のラインに近いライン(排水率で40～50%程度)まで回復していることがわかる。一方、2000年度にオオムギ、キャベツ作となった1018圃場においても、整地後とキャベツ作前に弾丸暗きょを施工するとともに明渠を掘削した。その結果、1015圃場と同様、キャベツ作期間の排水能力は大幅に高まり、3.6mm/hという高い水準になった。また、図2-5-1)-11で排水率を見ても、整地後に低下した排水率が、キャベツ作においては非常に高くなったのがわかる。ただし、排水率が100%を越えているのは、明渠に集まった水が弾丸を通じて暗きょへ流入したことが影響している。

いずれにしても、暗きょの排水能力は、秋期の湿潤な条件や、「整地」のような管理によって低下する。これらを回避するためには、心土破碎、弾丸暗きょなどの補助的な排水技術が有効であることが示された。

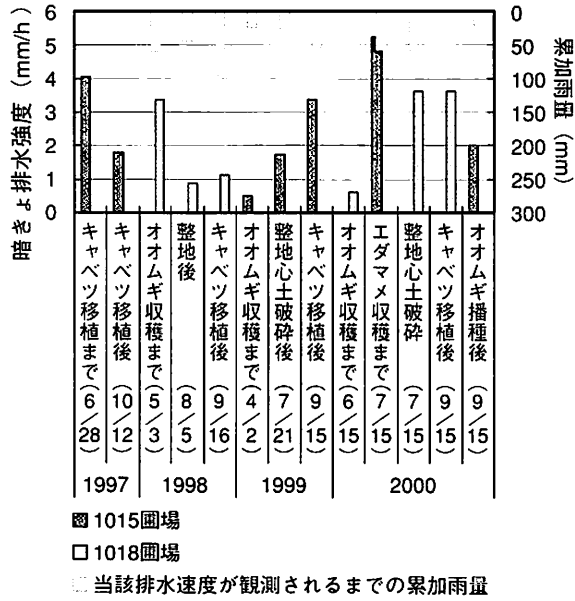


図2-5-1)-9 各時期（圃場状態）における浅層暗きょ排水速度観測値の最大値
 1997年については手測（10Lの容器を満たすのに要する時間から換算）、対応する累加雨量は不明、1998年以降は、毎正時に測定した1時間当たりの暗きょ排水量の最大値で示した。

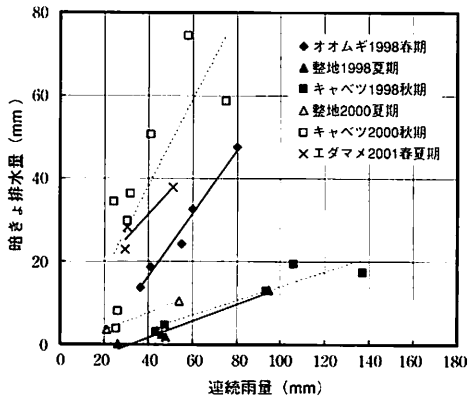


図2-5-1)-10 連続雨量とそれに対応する暗きょ排水総量の関係（1018圃場）

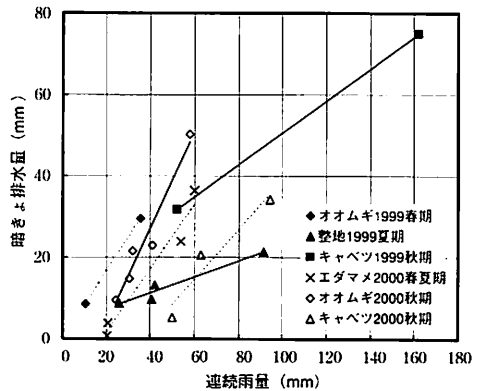


図2-5-1)-11 連続雨量とそれに対応する暗きょ排水総量の関係（1015圃場）

(b) 降雨後の地下水位の低下

図2-5-1)-12には、1998年から2001年の地下水位の変動を示した。測定は、1015圃場と1018圃場のうちその年にキャベツ作に当たる方の圃場中央で行った。欠測期間については、降水量、地下水位とも、図中に何も記していない。転換2年目の1998年には、降雨が連続した6月下旬から7月中旬にかけ、地下水位は、地表面近くまで上昇することもあったが、その後は低下した。9月以降、地下水位は、おおむね20~50cmの間を降雨に応じて変動した。1999年の梅雨期にも、地下水位は、地表面近くまで上昇し、40cmを下回ることは無かった。しかし、キャベツ作期間中（8~10月）は、地下水位は低めに推移し、降雨時には20cm程度となっても、無降雨期間には70cmまで低下した。しかし、10月下旬以降には降雨も連続し、15~40cmの間を変動した。2000年は、梅雨期は欠測であるが、キャベツ作期間中（8~10月）の地下水位の大まかな変動は、1999年とそれほど変わらない。2001年は測定期間が10月中旬までではあるが、秋期の地下水位は2000年よりも低く、期

間を通じて35cm以下であった。図2-5-1)-13は、キャベツ作期間中における大きな降雨後の地下水位の低下について年度を追って比較したものである。降雨後2～3日後の地下水位は、1998年には30cm前後、1999年、2000年では40cm程度、2001年には50cm程度と、徐々に改善されている。この傾向は、低下速度で比較しても同様である。一般に降雨後2～3日後の転換畑の目標値地下水位は、40～50cmとされているが、転換3年目でこの目標に達したと言える。

すなわち、前項で暗きよの能力が経年的に徐々に高まっていることを示したが、このことに連動して地下水位も徐々に低下していることが確認された。浅層暗きよの深度は40cm程度であるので、浅層暗きよからの排水が、直接地下水位の低下につながっているかどうかは疑問である。しかし、比較的移動しやすい水が、浅層暗きよによって速やかに抜けることは確かである。その結果、深部への水の供給が速やかに減少するため、浅層暗きよより下部での排水が進みやすくなったものと推察される。

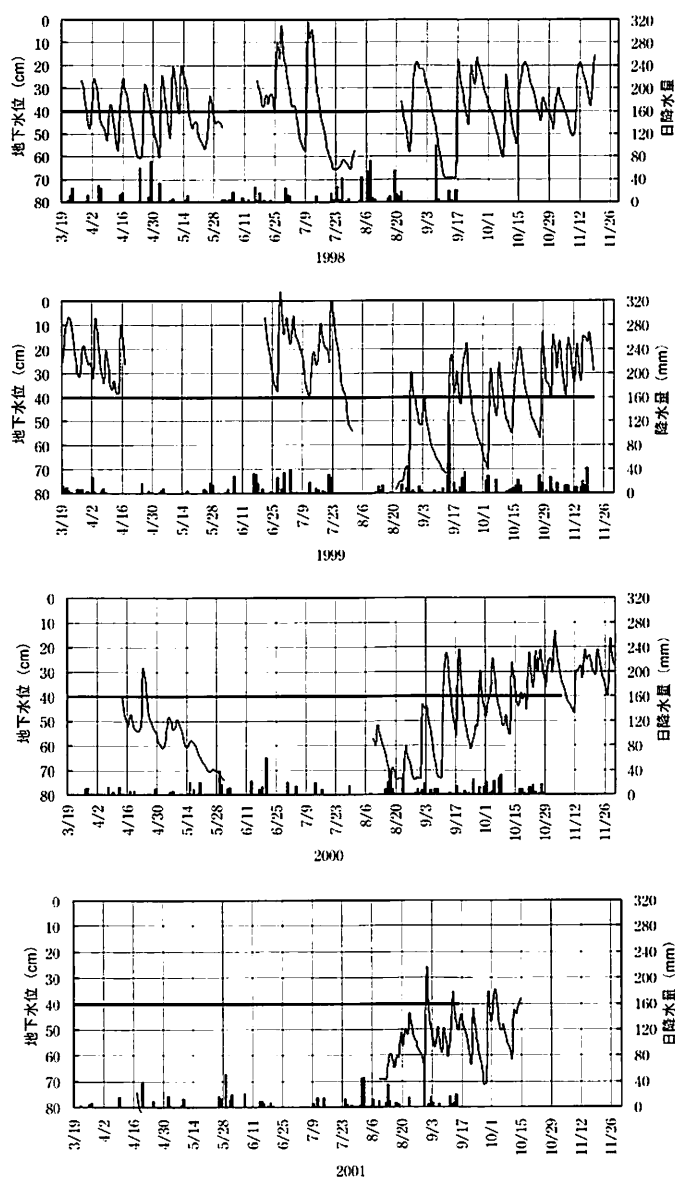


図2-5-1)-12 調査期間中の地下水位の変化
(キャベツ作：1998年と2000年は1018圃場、1999年と2001年は1015圃場)

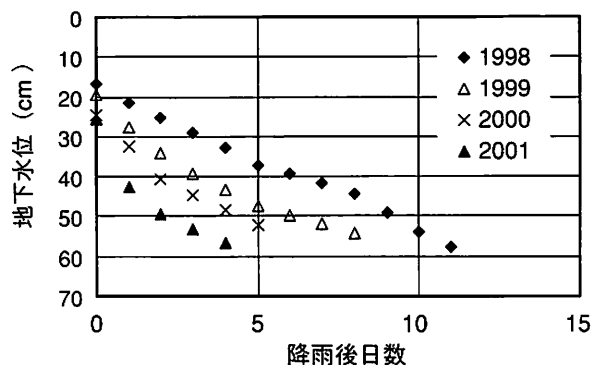


図2-5-1)-13 降雨後の地下水位の低下
(キャベツ作：1998年と2000年は1018圃場、1999年と2001年は1015圃場)

d まとめ

西山町調査圃場においては、転換直後には、土壌物理性、暗きよの排水能力ともに十分ではなかったが、時間の経過に伴い、徐々に排水条件が改善した。また、整地などの営農管理により、暗きよの効果が低下することがあるが、心土破碎・弾丸暗きよ等によりその影響を回避できた。本試験により、浅層暗きよは、重粘土転換畑の排水改善においてその機能を十分に果たすことが確認された。しかし、土壌の透水性、通水性が低下する転換直後の秋冬期においては、浅層暗きよのみに排水性の改善を期待するのではなく、土壌の条件に依存しない技術である地表排水を確実に行うことが、重要であることが示唆された。

(○吉田修一郎、足立一口出、伊藤公一、細川 寿、松崎守夫、高木強治)

2) 営農試験地における開発技術の導入と作業体系

a はしがき

転換畑で野菜を栽培する場合、特に北陸地域では重粘土水田が広く分布しているため、排水不良、碎土性や走行性の低下が問題である。そこで、これらの問題を解決するための個別技術を開発し、営農試験地農家に導入して低コストで省力的な作業体系の組み立てと実証を行い、その効果を検討した。具体的には、排水性を改善し収量増加を図るための浅層暗きよの施工、収量増加と作業能率向上を図る耕うん同時畝成型作業機、走行性改善と作業能率向上を低コストで実現するクローラ運搬車の汎用利用技術等を導入した体系をキャベツ作を対象に検討した。

なお、それぞれの個別技術の詳細については、第1章-1、第2章-1に記述している。

b 営農試験地の概要

地域総合営農試験地は、新潟県刈羽郡西山町の南部に位置する平地にある。土壌は大部分がグレイ土で排水が悪く、積雪も見られるため秋冬期の降水量が多く、年間降水量は約2800mmである。町平均の農家1戸当たりの耕地面積は1ha以下と小さく、これまでムギ、ダイズ、野菜等の転換

畑作物栽培にあまり取り組んでいない地域である。

営農試験地担当農家であるF経営は、平成2年に設立された法人経営で、水稲作を中心に、オオムギ、エダマメ、もち加工等を行う大規模水田作経営である。作付け水稲品種の主要なものは、‘五百万石’（酒米）、‘コシヒカリ’、‘どんとこい’（移植、直播）、‘こがねもち’（もち米）である。平成10年のF経営の経営耕地面積は約38haで大半が借地である。水稲約30ha、オオムギ60a、エダマメ60a、キャベツ60aの他、もち加工等を行っている。平成11、12年も作付状況はほぼ同じである。野菜類の栽培経験については、過去にニンジン等を試みたことはあるが、それ以外はほとんどなく、キャベツ栽培を平成9年から開始した。法人経営の農作業従事職員は6名である。稲作用主要資本装備は、トラクタ4台、田植機5条植2台、コンバイン5条刈り2台、乾燥機2台で、水稲およびオオムギの乾燥調製は法人内で行っている。キャベツの出荷先は契約に基づく生協が中心で、一部学校給食や近隣市場出荷もある。

実証試験は、法人の所有する約20a（80m×25m）6枚の1.2haを長期転換畑圃場として、2年3作（ダイズ（エダマメ）－オオムギ－キャベツ）体系を導入して行った。初年目の栽培作物は、6枚の圃場の内、3枚にダイズ（エダマメ）、残りの3枚にキャベツを作付けた。試験圃場の形状を図2-5-2)-1に、作付け体系を図2-5-2)-2に示す。

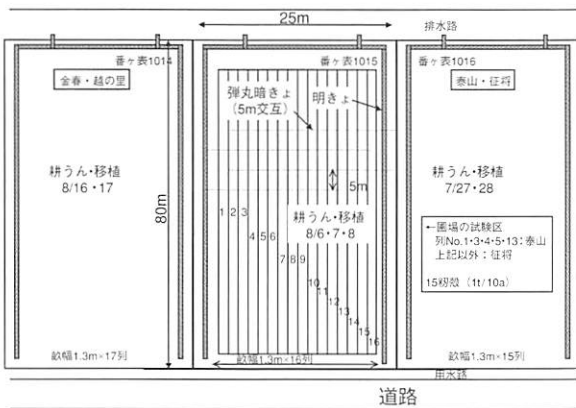


図2-5-2)-1 営農試験地圃場（キャベツ用3枚）

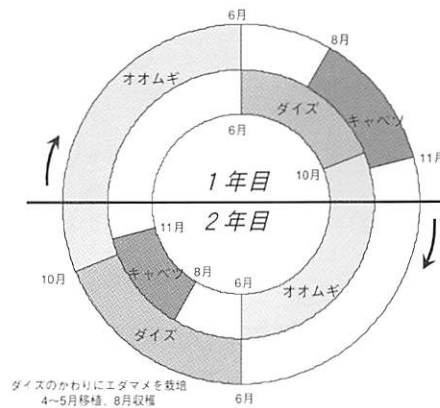


図2-5-2)-2 2年3作の作付け体系

c 慣行作業体系

キャベツの重粘土を対象とした標準慣行作業体系は確立されておらず、一般のキャベツ栽培体系のなかでも比較的小規模な作業技術を慣行として実施した。特に新技術の比較となる慣行作業として、耕うんから畝立てまでの作業体系は、ダウンカット耕うん後管理機による畝成型作業とした。管理作業の内、移植後の灌水は背負散布機、移植前除草剤散布・防除等は動力噴霧機＋ホース＋多孔噴頭、畝間除草は背負草刈り機＋背負散布機、収穫作業は手押し作業台車を使用した。移植は、半自動移植機を使用した。

オオムギ等のキャベツ以外の作目は、慣行、新技術ともに同じ作業方法で行った。

d 新技術作業体系

a) 浅層暗きよ

浅層暗きよは、各60aの作付けに合わせ、キャベツを作付けする前までに施工した。施工は、バ

ケット型トレンチャーで約45cmの深さに溝をほり、コルゲートパイプを埋設した。営農試験地は米の販売を行っているため、十分な籾殻が準備でき、トレンチ内の地表面まで籾殻を投入して足で踏み固め（図2-5-2)-3）、その上から、バックホーを使って掘り出した土を埋め戻した。

b) 重粘土用耕うん同時畝立て作業機

アップカットロータリの耕うん軸をホルダー型にし、耕うん爪の曲がりの方向を全て畝中心に土が移動するようにそろえて取り付けました。畝間に相当する部分の爪を短く、畝下に相当する部分の爪を標準にし、耕うんと畝立てを同時に行うだけでなく、所要動力の増加を防いで作土層を深くした。営農試験地農家のトラクタは、50PSのセミクローラ型トラクタで車輪外側の最大幅が広く、150cm幅ロータリの中心に畝立てする作業機を使用すると、すでに作った畝を潰すため、耕うん幅200cmで、オフセットして畝を立てる作業機を装着し、一方向走行で作業を行った（図2-5-2)-4）。



図2-5-2)-3 浅層暗きょ施行時の籾殻投入



図2-5-2)-4 オフセット型耕うん同時畝立て作業

c) クローラ運搬車の汎用利用技術、管理作業技術

畝立て後の移植前除草剤散布と生育途中の薬剤散布、畝間への除草剤散布にクローラ運搬車にアタッチメントを取り付けて作業を行った。

灌水作業については、7月後半から8月にかけて移植後に無降雨で高温が続く場合、灌水すべき累計面積が増加し、相当面積の灌水が必要となる。その場合、クローラの汎用利用による灌水では、オペレータ1名が占有され、同一のクローラ運搬車利用による移植前除草剤散布作業、移植作業等と作業競合する可能性があるため、灌水作業を散水チューブを利用することを体系の中に組み入れた。

しかし、灌水用の水を確保する方法として、用水路に水がなく離れた場所から搬送する必要がある場合は、クローラ運搬車による灌水を行い、近くのため池から圃場近くの用水まで送水できる場合は、散水チューブによる灌水を行った。散水チューブは、図2-5-2)-5に示すように、20a当たり、3本をセットして行き、口径40～50mmの灌漑用ポンプを使用した。

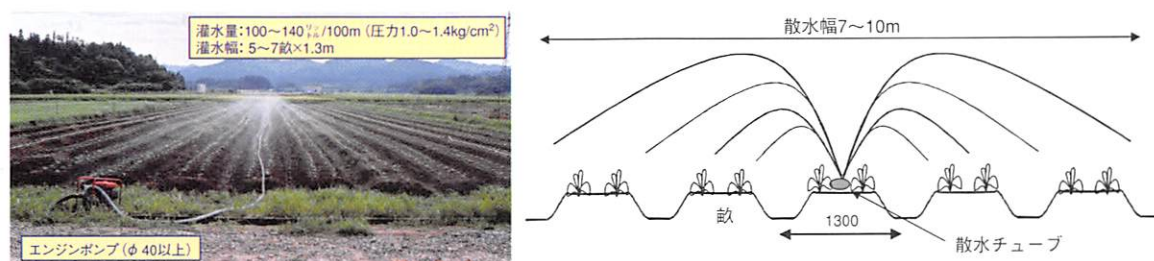


図2-5-2)-5 散水チューブによる移植後灌水（1本で5列灌水）

e 新技術体系の効果

慣行体系と新技術体系の各作業時間を表2-5-1)-1に示す。

新技術体系の作業時間のうち、浅層暗きよは転換初年目のみ施工し、施工時期もキャベツ作までの作業に余裕がある時に実施するため、合計作業時間から除いた。

以下に説明する開発技術を組み合わせることにより、慣行作業体系に比べて20~30h/10a、作業時間を短縮することができた。

a) 浅層暗きよ

浅層暗きよ施工作業は順調であったが、溝掘り作業に40PSのホイールトラクタにより作業を行ったため、車輪が沈み、一時的に走行できなくなる圃場部分があった。浅層暗きよの施工による土壌物理性の変化等については、次項で詳細に記載されているのでここでは省略する。

b) 重粘土用耕うん同時畝立て作業機

耕うん後そのままの状態の圃場と、耕うん後鎮圧をした圃場で、含水比と碎土率を比較すると、鎮圧をした方が、含水比が低く碎土率が高くなった(図2-5-2)-6)。このことから、本作業機で耕うんと畝成型を同時に行うことにより、別行程作業で急な降雨による畝立て作業遅延や碎土率の低下が回避できると判断された。秋穫りキャベツでは、夕立がある8月(20mm以上2~3日/月、表2-5-2)-2)に耕うん畝立てを行う必要がある。営農試験地圃場でも、別工程作業の耕うん後の夕立により、畝立てができず、移植が1週間以上遅れた場合があった。本作業機を体系に組み入れることにより、耕うん十作畝の作業時間が、慣行の5~6h/10aから、新体系では1~2h/10aとなり、高能率化と降雨リスクの回避が図られた。

耕うん同時畝立てを行った営農試験地圃場の土壌貫入抵抗は、図2-5-2)-7示すように、深さ5cmのところには固い層があったが耕うんによる耕盤は確認されなかった。移植前の碎土率は、これまでの基礎試験と同様に、畝下を深耕することによる碎土率の低下は認められず、普通の長さの爪による耕うん同時畝立てと同じ碎土率であった(図2-5-2)-8)。また、北陸研究センター内の圃場における碎土率と比較すると、土壌含水比は高いが碎土率が高くなり、営農試験地土壌の方が、碎土性が高いと考えられた(図2-5-2)-9)。また所要動力も同様に土壌含水比は高いが、動力は小さくなった(図2-5-2)-10)。しかし、連続作業では、土壌水分が高いためアップカットロータリのレーキの部分に土が詰まった。そのため、畝中央部分に相当する位置のレーキを取り外して作業を行ったが、レーキを取り外しても観察で確認できるほどの碎土率の低下は認められず、その後の作業は中断無く連続的に作業を行うことが可能であった。

表2-5-2)-1 キャベツ慣行作業体系と新技術作業体系

作業名	慣行作業体系	新技術作業体系	作業能率の変化	備考
浅層暗きよ	—	バケット式オーガトレンチャ等		1年目のみ
明きよ	溝堀機	溝堀機		
弾丸暗きよ	サブソイラ	サブソイラ		
育苗管理(灌水)	ホース+散水ノズル	ホース+散水ノズル		
土壌処理剤散布	散粒器	散粒器		
石灰散布	ライムソー	ライムソー		
肥料散布	ライムソー	ライムソー		
耕うん	ロータリ	重粘土耕うん同時畝成型機	6.9→2.2h/10a	
作畝	畝成型器			
移植前除草剤散布	動噴+ホース	クローラ運搬車+ブーム	3.4→0.5h/10a	
移植	移植機	移植機		
移植後灌水	圃場湛水 散水チューブ	圃場湛水 散水チューブ		
株間除草	人力	人力		
畝間除草剤散布	背負散布機	クローラ運搬車+散布ノズル 背負散布機	8.0→3.0h/10a	2回合計
防除	動噴+ホース	クローラ運搬車+ブームノズル	8.0→2.5h/10a	4回合計
収穫・箱詰	手押し作業台車等	クローラ運搬車等	58.6→48.6h/10a	
合計作業時間(h/10a)	134	106	134→106h/10a	

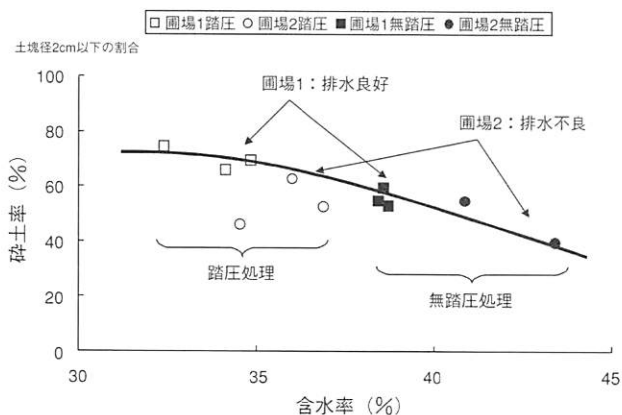


図2-5-2)-6 踏圧の有無と碎土率

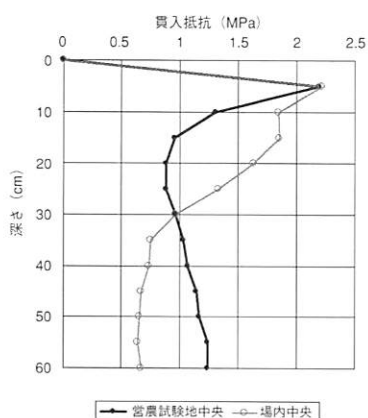


図2-5-2)-7 営農試験地の貫入抵抗

表2-5-2)-2 新潟3地点の8月の降水量

日降水量	高田	長岡	新津
20mm以上	3.0	2.5	2.4
30mm以上	1.7	1.5	1.4
50mm以上	0.92	0.65	0.54
100mm以上	0.04	0.08	0.15

単位は日、地点はいずれも新潟
高田：所在地、長岡：現地試験圃場、新津：キャベツ産地
過去25年間平均 8/1～8/31期間中

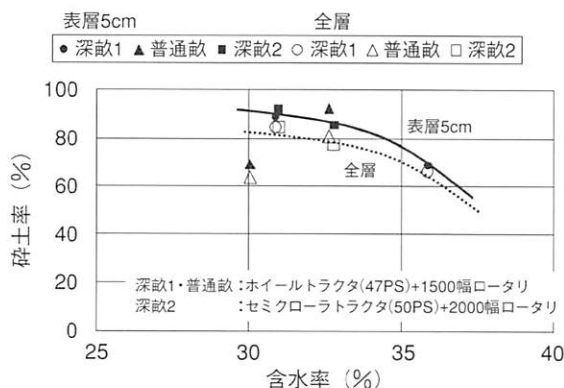


図2-5-2)-8 営農試験地における畝立て方法と碎土率

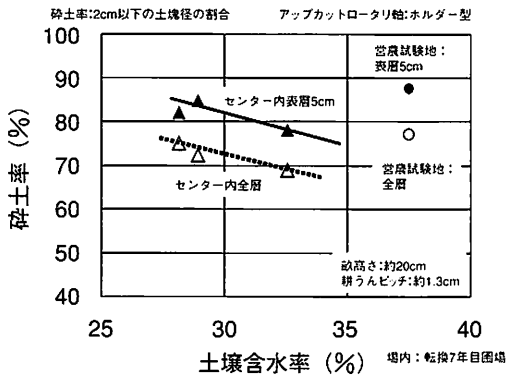


図2-5-2)-9 営農試験地の砕土率

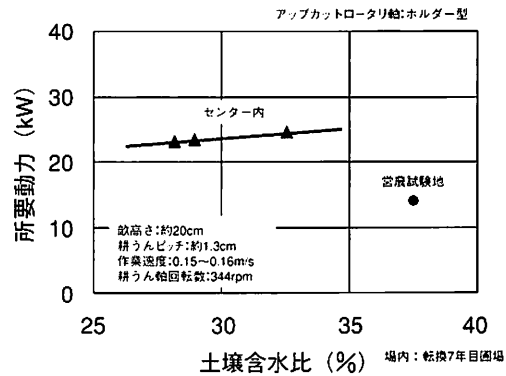


図2-5-2)-10 営農試験地の耕うん時所要動力

c) クローラ運搬車の汎用利用技術、管理作業技術

移植前除草剤散布、防除等の薬剤散布は、希釈に清水が必要であるため、500リットルのタンクに水道水を運搬して使用した。防除作業能率は、慣行で2h/10a・人から、本装置により、0.2h/10a・人（圃場内作業）で作業することができた。装置は、量産品のパイプ等の部材を使用し、材料費等で運搬車本体の1/10程度の価格であった。また移植後の灌水作業や畝間除草剤散布作業も部品交換により可能となった。

移植後の灌水は、移植面積が少ない場合は、クローラ運搬車による作業が可能であり、また多少のゴミ等は問題なく作業可能であった。しかし、移植面積が多くなった場合や、他の作業（営農試験地ではエダマメの収穫）と競合する場合は、散水チューブが有効であると判断した。設置に要する時間は、約1h/20a・2人程度で、灌水量は入り口水圧約0.12MPaで約130リットル/min・100mであった。1回の灌水を約1時間程度行うことにより、セル苗根部までの灌水が可能となった。しかし、風による灌水位置の変動や水の確保、ゴミが多い場合のチューブ穴の目づまりが問題であった。ゴミ除去のため、管路途中にフィルターを入れると、水圧・流量が減少し、散布幅が狭くなった。

移植作業は、収穫時期を分散させるため、7月下旬、8月上旬、8月中旬の3回にわけて実施した。そのため、必要な灌水チューブ本数は、3本（20a分）で、移動しながら灌水を行った。

圃場状態の良い晴天時においては、収穫から調製・選別・箱詰までの作業を、圃場又は圃場付近で同時並行的に実施できた。作業手順は、包丁で根部を切断して収穫し、外葉剥ぎ、切り口の整形等の調製をした後に出荷用段ボール箱に、箱詰・出荷する方法である。

収穫時の搬出作業に、慣行の人力手押し台車を使用すると、重粘土での搬出可能個数は、圃場条件が良い場合は、5～10箱/回であるが、圃場条件が低下すると5箱以下になった。さらに搬出時は、車体の片側を押すため、進行方向の左右バランスが崩れた。また、降雨直後等の土壤硬度が低下する状態では、手押し作業台車では搬出不能となり、人力によるコンテナ運び出しとなった。

実証試験現地農家でも、新潟県内の既存産地と同様、契約単価（L玉100円/個）を契約先（生協）と実現している。そのため、降雨等の天候が悪い場合でも収穫する必要がある。10月から11月にかけての降雨状況を考慮すると、現実には、3日に2日は圃場条件が悪く、重粘土転換畑では4輪の手押し作業台車が走行できない状況になる。降雨の影響で、晴天時のように、圃場で収穫物を直接段ボール箱詰できないことに加え、前日や収穫作業中の降雨の影響で圃場条件が悪くなると

収穫物搬出作業が問題となり、収穫から出荷の作業能率が大きく低下した。しかし、クローラ運搬車を導入すると、降雨や圃場条件に関係なく、コンテナ30箱以上を一度に搬出することが可能になり、作業能率向上効果が大きくなった。

d) 生育・収量。収穫作業等

営農試験地のキャベツ生育状況を図2-5-2)-11に示す。生育前半は、雑草が多く畝間除草剤散布等を実施した。キャベツが生育するに従い、雑草を抑えることができたが、長期転換畑は、前作からキャベツまでの間に除草を行うことも重要と考えられた。

営農試験地のキャベツ収穫率は最大で約80%であり、既存キャベツ産地である新潟県新津市のキャベツ産地とほぼ同様の収穫率であった。品種により湿害によるべと病等が発生し、未収穫キャベツの割合が多くなったと考えられた。また北陸重粘土の場合は、収穫が一斉に揃うことが難しく、数回にわたって収穫する必要が認められた(表2-5-2)-3)。



図2-5-2)-11 キャベツ生育状況

表2-5-2)-3 営農試験地における収穫率と未収穫要因

列No.	品種	全株数	欠株等割合 (%)	収穫割合 (%)		未収穫割合 (%)	未収穫内訳 (%)				備考
				1回目	全体		M以下	病気	虫害	裂球	
1	YR泰山	373	0.7	57.1	69.2	30.8	28.2	0.8	1.7	0.0	移植時灌水不良
2	YR征将	360	1.4	24.2	27.1	72.9	11.1	61.8	0.0	0.0	べと病
3	YR泰山	375	2.3	76.6	81.4	18.6	10.1	3.4	2.0	3.1	
4	YR泰山	303	0.9	73.8		26.2					
5	YR泰山	389	1.2	77.9		22.1					
新津	YR泰山	165		59~88							

e) 導入技術の経営評価

新技術を導入することにより、収量増効果（収穫率64→85%）と作業時間短縮（134→106h/10a）による面積拡大効果（171a→200a）とにより、所得が増加した。浅層暗きよと重粘土耕うん同時畝立て作業機による収量増加効果、クローラ運搬車の汎用利用と同時畝立て作業機等による作業能率向上により面積拡大効果が得られ、大規模水田作経営を対象とした試算では、所得の増加が認められた（図2-5-2）-12）。経営評価については、第5章-1に詳しく記述されている。

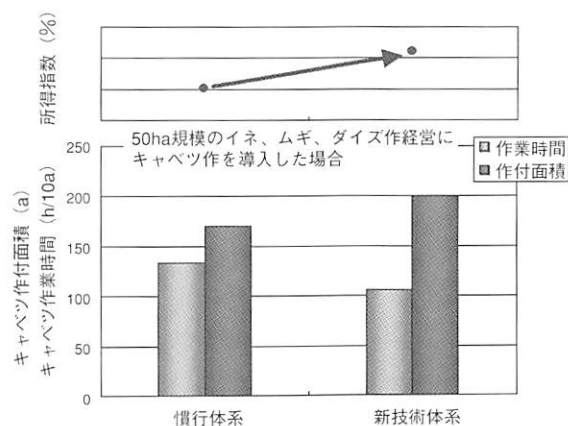


図2-5-2)-12 新技術導入の効果

f) 摘要

排水不良の重粘土転換畑において、重粘土転換畑の本暗きよの中間に浅層暗きよを施工し、畝下深耕型の耕うん同時畝立て作業機と搬出や薬剤散布等の汎用作業が行えるクローラ運搬車を導入する作業体系を開発し、営農試験地に導入、実証を行った。

本暗きよの中間の位置に本暗きよと平行して深さ約40cmに浅層暗きよを敷設することにより、転換初期の排水性が改善された。さらに、アップカッターロータリの耕うん軸を改良し、畝の部分標準の爪、畝間には約7cm短い爪を畝中心に土が移動するように取り付けることにより、畝下深耕型の耕うんと畝立てを一工程で行うことができた。これにより、別工程作業に比べて作業時間が短縮されるとともに、畝内の土壌水分が低下し、キャベツ収量が約10%増加した。また、クローラ運搬車に除草剤や防除等の薬剤散布用のブームノズル、畝間除草剤散布装置等を取り付けることにより、搬出作業と管理作業の高能率化を図ることができた。

これらの新技術を導入することにより、浅層暗きよと重粘土耕うん同時畝立て作業機による収量増加効果、クローラ運搬車の汎用利用と耕うん同時畝立て作業機等の作業能率向上による面積拡大効果等が得られ、大規模水田作経営を対象とした試算では所得が増加した。

g) 参考文献

- 1) 足立一日出ほか (2003) 重粘土転換畑における大豆-大麦-キャベツ作付け体系下の土壌物理性の変化. 農業土木学会論文集, 227, 139-148
- 2) 足立一日出ほか (2002) 重粘土転換畑における本暗きよに浅層暗きよを組み合わせた暗きよ排水システムの排水特性. 農業土木学会論文集, 220, 35-41
- 3) 細川 寿 (2002) 北陸多雪地帯重粘土水田における畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技

術の確立. 農機誌, 64 (5), 9-13

- 4) 塩谷幸治 (2003) 野菜を組み込んだ高度輪作営農システムに関する経営評価. 北陸研究センター農業経営研究, 2, 53-75

(○細川 寿・塩谷幸治・足立一日出・松崎守夫・吉田修一郎・高橋智紀・伊藤公一)

第3章 ダイズ作における 安定生産技術の開発

1. 低湿重粘土におけるダイズの安定出芽・生育のための 土壌管理技術の開発

1) ダイズ種子の吸水特性および吸水・出芽に適した土壌環境条件の解明

a はしがき

北陸地域におけるダイズの播種時期は5月下旬から6月上旬が一般的である。しかし、この時期の北陸地域は降水量が少なく、土壌が強く乾燥するため、播種後のダイズ種子が十分に吸水することは難しい。吸水不良は苗立ちの遅延および欠株の増加の原因となるため、安定的なダイズ生産の観点から解決すべき問題である。

この論文の目的は、土壌水分・平均土塊径・土壌の鎮圧強度の3因子がダイズの吸水・発芽に与える影響について検討し、ダイズがスムーズに吸水・出芽するために必要な播種床環境に関する知見を得ることである。

b 試験方法

1) 実験室内における播種床試験

北陸研究センター内の転換畑圃場から耕うん後に採取した土塊を0～5、5～10、10～20mmにふるい分け、出芽試験に供試した。供試した土壌の土壌型は細粒質斑鉄型グライ低地上、粘土含量は38%、主な粘土鉱物はスメクタイトである⁴⁾。

15×10×5 cmのポリプロピレン製の密封容器の中に乾土あたり380gとなるようにそれぞれの大きさの土塊を詰め、水分ポテンシャルが、-0.01、-0.1、-0.36MPaとなるように水分を調整し、ふたをして2日間静置することで土壌水分の均一化を図った。その後、7.9mm以上のダイズ種子‘エンレイ’8粒を深さ1.5cmに播種し、平坦な板を上塊上に載せ、0、4.0、14kPaの圧密を30秒加えた後、板の沈下量から、鎮圧後の播種床の三相分布をもとめた。密閉容器は水分の蒸発を抑えるためにふたをし、ダイズの播種時期の作土の日平均地温に相当する22℃の条件で発芽させた。出芽速度に応じて1、3、5、7日後に種子を取り出し、根長と含水比を求めた。得られたデータは下の式に当てはめ、吸水曲線を定量化した。Wは種子の含水比、tは時間(d)、a、b、cはパラメータである。

$$W=a(1-e^{-bt})+c \quad (\text{式3-1-1})$$

ダイズの水分特性曲線を作成するために、様々な濃度のポリエチレングリコールを用い、水分

ポテンシャルが0～-10MPaとなる水溶液³⁾を作成し、密閉容器中で、ダイズ種子を吸水させた。定期的サンプルを採取し、吸水量を測定後、軽くつぶし、サイクロメーターを用いてすみやかに水分ポテンシャルを測定した。

2) ほ場における播種床の水分環境の変化

2003年5月27日に耕うんを行った際、播種機の鎮圧ローラーによって鎮圧した区としない区を設け、各区について耕うん後の含水比の変化を求めた。播種位置に相当する深さ5cmから表面までの土壌を採取し、経時的に含水比を測定した。耕うん直後に採取した土壌から水分特性曲線を作成し、含水比から圃場の水分ポテンシャルの変化を推定した。鎮圧ローラーによる鎮圧強度は6kPaであった。

c 結果と考察

発芽に要するダイズの含水比

ダイズの出芽に必要な含水比は130%付近であり(図3-1-1)-1)、これは水分ポテンシャルに換算すると-1.4MPaに相当した(図3-1-1)-2)。Kim and Minor²⁾が4品種を用いて得た発芽に達する水分ポテンシャルは-0.6～-1.5MPaであり、我々が得た数値はこれに一致した。発芽に達する水分ポテンシャルはダイズの品種によってわずかな違いがあるが、-1.4MPa付近がおおよその目安であると考えた。

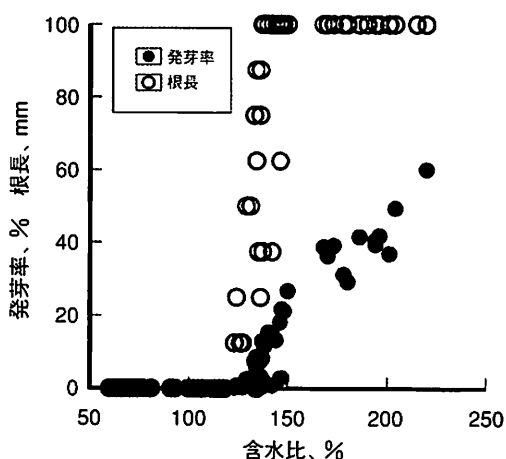


図3-1-1)-1 吸水・発芽過程のダイズ種子の含水比の変化

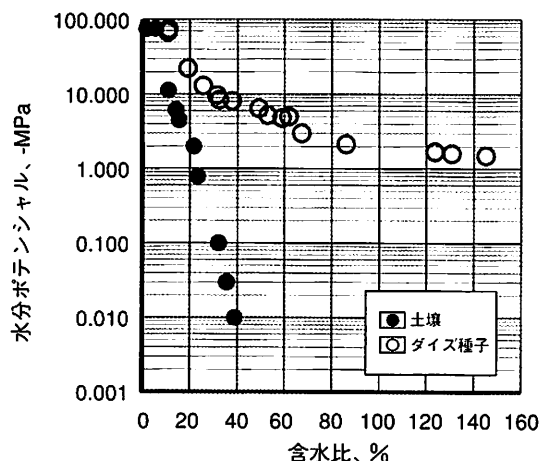


図3-1-1)-2 供試土壌とダイズ種子の水分特性曲線

播種床環境が種子の吸水に及ぼす影響

発芽に対する播種床の土壌含水比・平均土塊径・鎮圧強度の影響を検討した。吸水過程の含水比の変化を式3-1-1)-1に当てはめたところ、決定係数は0.96～0.99990となり、吸水過程の含水比の変化は式3-1-1)-1によく従った。式3-1-1)-1から含水比130%に達する日数を求め、各処理区を比較すると、3因子の中で最も吸水に対して寄与が大きいものは含水比であり、平均土塊径が次いだ(表3-1-1)-1)。鎮圧強度が高まるほど土壌の孔隙は減少したが(データ省略)、ダイズの吸水速度への影響は判然としなかった(表3-1-1)-1)。この結果は鎮圧が土壌粒子と種子との接触率を高める効果は吸水速度に影響しないことを示唆する。平均土塊径が大きいほど吸水時の8連の種子の含

水比の変動係数の和が大きくなり（土塊の小さい方からそれぞれ30300、46700、61500）、大きな土塊では吸水速度がばらつく傾向だった。ただし統計的な有意差は認められなかった。

表3-1-1)-1 播種床の土壌環境が大豆種子の吸水速度に与える影響

水分ポテンシャル		-0.01MPa				-0.1MPa				-0.34MPa			
平均土塊径 mm	鎮圧強度 kPa	パラメータ			T	パラメータ			T	パラメータ			T
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
2.5	0	2.19	-0.8	0.14	0.92	1.79	-0.7	0.19	1.48	1.71	-0.3	0.22	3.47
	4	1.95	-1.3	0.14	0.72	2.36	-0.3	0.21	2.31	2.74	-0.1	0.22	3.64
	14	1.84	-1.3	0.14	0.76	3.27	-0.2	0.23	2.38	2.17	-0.2	0.21	3.51
7.5	0	1.99	-0.8	0.14	1.04	1.73	-0.4	0.16	2.71	1.48	-0.4	0.18	3.79
	4	1.91	-1	0.14	0.90	1.92	-0.3	0.17	3.01	1.63	-0.3	0.17	3.86
	14	1.87	-1.1	0.14	0.85	1.89	-0.3	0.17	2.75	1.78	-0.3	0.18	3.72
15	0	1.82	-0.9	0.14	1.12	1.43	-0.5	0.15	3.56	1.69	-0.3	0.19	4.20
	4	1.65	-1.5	0.14	0.84	1.53	-0.4	0.14	3.42	1.54	-0.3	0.17	4.46
	14	1.72	-1.1	0.14	1.01	1.42	-0.6	0.14	2.84	1.63	-0.3	0.17	4.52

Tは含水比130%に達するまでの日数、パラメータについては本文を参照。

耕うん後のほ場の乾燥速度

耕うん後、土壌の乾燥は進み5日後には土壌の水分ポテンシャルは-1MPa以下に乾燥した（図3-1-1)-3）。耕うん前の降水から7日以上経過しても耕うん直後の含水比は30%以上であったことから、耕うんが土壌の乾燥を加速したものと考えられた。鎮圧区の乾燥速度は非鎮圧区に比べて遅くなり、乾燥速度の時定数は20%小さかった（図3-1-1)-3）。

図3-1-1)-1で求めた発芽に要する水分ポテンシャル、-1.4MPaは土壌含水比で20%に相当した（図3-1-1)-2）。この値と土壌の図3-1-1)-3から計算すると非鎮圧区では2.8日で種子の吸水が不可能になるのに対し、鎮圧区では4.3日まで吸水が可能であると推定された。土壌の水分ポテンシャルがダイズの水分ポテンシャルを下回るとダイズ種子から土壌へと水が移動してしまい、吸水から乾燥へと水の流れが変化すると考えられる。スムーズな苗立ちを得るためには土壌水分ポテンシャルが-1.4MPaを下回る前に含水比130%以上に吸水が行われ、根が水分供給のために下方へ伸長していることが重要であると考えられた。

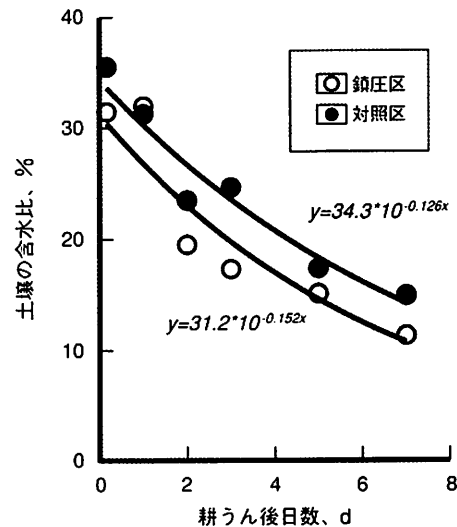


図3-1-1)-3 耕うん後の土壌の乾燥速度

スムーズな吸水のための播種床環境

平均土塊径が吸水速度に与える影響は含水比に比べ小さく（表3-1-1)-1）、ダイズの吸水を促進するには、第一に土壌の含水比に着目する必要があると思われる。耕うん後、土壌の乾燥は加速す

ることから、耕うんから播種までを一行程で行う耕うん同時播種体系はダイズ種子のスムーズな吸水に有効であると考えられる。また、土壌の鎮圧は耕うん後の土壌の乾燥速度を抑えるという点で重要である。密閉容器内の実験では鎮圧処理の効果は認められなかったが、ほ場においては鎮圧処理が土壌の乾燥速度を抑えたことから、鎮圧による発芽促進効果は、土壌と種子の接触率を高めるためではなく、むしろ土壌乾燥を抑制することが原因であると考えられた。

砕土率は高い方が吸水には有利であるが、これは同一含水比を比較した場合であり、吸水速度に大きく影響を与えるのはむしろ含水比であった。一般的に土壌が乾燥すると砕土率は高まる（金谷・倉田、1989）。しかしながら、土壌の過度な乾燥は種子の吸水の妨げとなるため、砕土率の向上は苗立ちの必要十分条件とはなっていない。砕土率の向上は、「同一含水比の条件での砕土率の向上」という前提条件の上で出芽に有利に働くといえる。他方で、砕土率の向上は播種深度の精度を高めるという効果があり、土壌の乾燥が表層から進行することを考えると播種深度の精度を高めることは、種子周辺の土壌含水比を一定にそろえるの観点からも有効であると考えられる。しかし、土塊径に関する今回の試験は、室内において播種深さを一定にそろえた上での試験であり、この点に関する検討はしなかった。

d 摘要

北陸地域における播種床の過乾燥によるダイズの出芽遅延または不良の問題を解決することを目的とし、室内試験からダイズの出芽に要する吸水量とそのときの水分ポテンシャルを求め、さらに播種床の含水比、平均土塊径、鎮圧強度がダイズの出芽速度に与える影響について検討した。また、耕うん・播種後の圃場で土塊の乾燥速度を測定した。発芽に必要なダイズの出芽量は含水比で130%、水分ポテンシャルで -1.4MPa だった。吸水速度には土壌の含水比が最も寄与し、平均土塊径がこれに次ぎ、室内試験では鎮圧による吸水促進効果は認められなかった。2003年の北陸研究センターの事例では耕うん後の土塊は急速に乾燥し、耕うん後2.8日、鎮圧した区では4.3日で土壌の水分ポテンシャルは -1.4MPa を下回った。以上から耕うん同時播種・鎮圧の作業体系は種子の吸水に有利であることが示された。

e 引用文献

- 1) 金谷 豊・倉田 勇 (1989) 重粘土水田及びその転換畑における耕うん方法に関する研究. 北陸農研報, 31, 29-78
- 2) Kim, Y.W., Minor, H.C. (1981) Responses of soybean to water stress during germination II. Water uptake and osmotic potential of soybeans during germination. Korean J. Crop Sci., 2, 157-166
- 3) Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. (1973) The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol., 51, 514-916
- 4) 中野啓三 (1983) 土壌改良資材施用による重粘土転換畑土壌の改良. 北陸農研報, 25, 87-108

(○高橋智紀・細川 寿・松崎守夫)

2) 湿害回避のためのダイズ用耕うん同時畝立て播種作業技術の開発

a はしがき

新潟、富山のダイズ作付け面積は、平成10年以降、全国の中でも常に上位を占めており、主要なダイズ生産県である。しかし北陸地域の耕地面積に占める水田の割合は約90%と、全国の約54%に対して非常に高く、ダイズの作付けの多くは水田転換畑で行われているのが実態である。しかも北陸には、重粘土水田が広く分布しているため、多くのダイズは、排水が不良な重粘土水田の転作物として栽培されている。そのため、湿害等の発生により、苗立が安定せず、初期生育が不良になる場合があり、10a当たりの収量は九州等に比べて低く、また品質でも全国の下位に位置づけられており、生産の安定化と高品質化が強く求められている。

そこで、ダイズの湿害回避を目的に、最初の耕うん播種作業時から畝立てを行いながら播種を行う同時作業機を開発した。特に高水分の重粘土壌では複数工程作業では土壌の練り返しや降雨による作業遅延などの降雨リスクが発生する。そのため、同時作業によるこれらの問題点の解決を図るとともに作業能率を向上させるために、改良型アップカットロータリを使用して一工程で耕うんと畝立て、施肥・播種を行う作業技術を開発した。

b 開発した作業機の構造

作業機は、耕うん軸をホルダー型に改良したアップカットロータリ（図3-1-2)-1)を使用した。開発機の主要諸元は、表3-1-2)-1)に示すように、ロータリの耕うん幅は約160cm、爪本数は36本である。アップカットロータリの耕うん爪の曲がりの方向を、土を移動したい方向に揃えて取り付けることにより、耕うんと同時に畝を作ることが可能である。耕うん爪の取り付け方法は、新潟県の一般的な耕種基準のダイズ条間が75cmであるため、耕うんと同時に75cmの畝を2条作る配列と150cmの畝を1条作る配列（図3-1-2)-2)とした。

畝の形を整えるとともに、さらに高い畝を作るためにロータリ後方に培土板を取り付けた。取り付け位置は、ロータリの整地板下側（図3-1-2)-3)にして、後方に培土板が延長しないようにし、播種機を取り付けスペースを確保した。培土板の固定については、垂直方向の高さと取り付け角度をネジにより調節可能な構造とした。

ロータリ後方にハンドルで高さが調節できる取り付けバーを設け、取り付けヒッチを介して2条の播種機を取り付けた（図3-1-2)-4)。播種機は回転目皿式、ベルト繰り出し式両方とも装着可能であるが、試験では回転目皿式を使用し、施肥や薬剤散布も同時に行える構造とした。

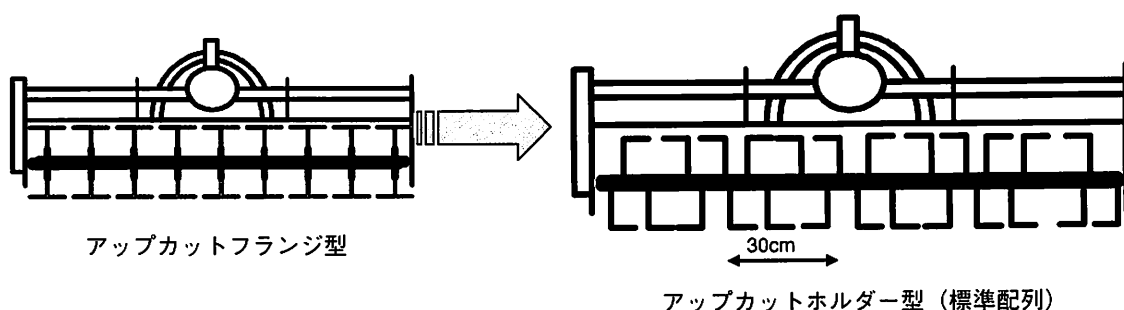


図3-1-2)-1 改良型アップカットロータリの爪取り付け方式と標準爪配列

表3-1-2)-1 ダイズ耕うん同時畝立て施肥播種機の主要緒元

ロータリ部			施肥播種部			ロータリ+播種機 (作業時)		
形状	高さ (mm)	870	形状	高さ (mm)	1270	形状	高さ (mm)	1270
	幅 (mm)	1700		幅 (mm)	1820		幅 (mm)	1820
	長さ (mm)	1290		長さ (mm)	1410		長さ (mm)	2315
重量 (kg)	367.4		重量 (kg)	155.4		重量 (kg)	522.8	
爪本数 (本)	36		播種方式	目皿式				
爪回転半径 (mm)	240		肥料ホッパ容量 (リットル)	18				

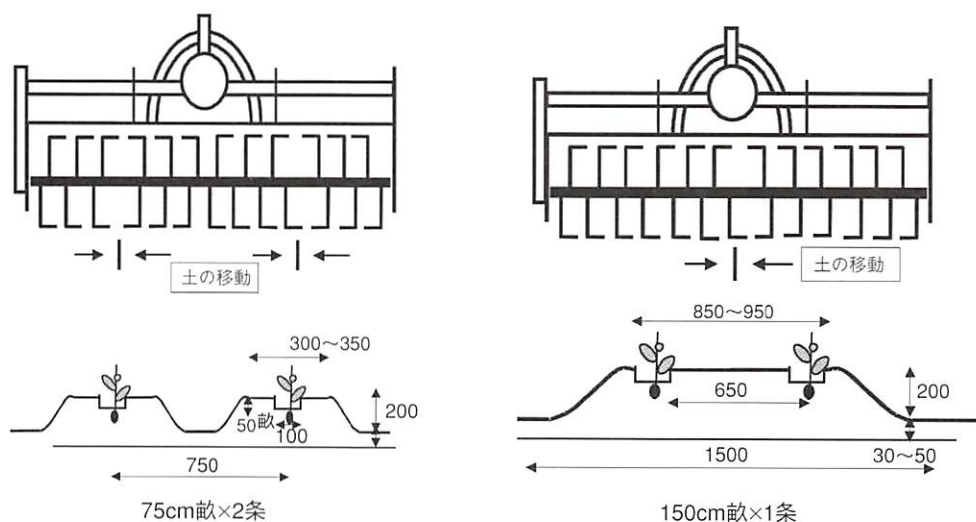


図3-1-2)-2 供試アップカットロータリの種類爪配列



図3-1-2)-3 培土板の取り付け位置



図3-1-2)-4 耕うん同時畝立て作業機の構成



図3-1-2)-9 耕うん同時畝立ての作業状況

c 試験方法

a) 耕うん同時畝立て作業時の碎土率と所要動力

開発したアップカットロータリで、畝立てを行う場合、ロータリ後部の整地板を少し上げて作業をする必要があるが、整地板の上げ下げの状態と碎土率および所要動力との関連が不明である。そこで、ホルダー型アップカットロータリで整地板を下げて慣行の耕うんを行った場合、耕うんのみで整地板を上げた場合、75cm 畝×2 条の耕うん同時畝立てを行った場合、150cm 畝×1 条の耕うん同時畝立てを行った場合の碎土率と所要動力を測定した。

碎土率は、耕うんのみではロータリ中央、耕うん同時畝立ては畝部分のそれぞれ表層 5 cm とそれ以下の全耕うん部分について測定した。さらに耕うん同時畝立ての場合は畝間部分の全層碎土率を測定した。碎土率は30cm×30cmの面積の土壌を、1、2、3、4 cmの篩を使って分け、全重量に対する 2 cm以下の土塊の重量割合を碎土率として算出した。また、各篩毎の上壤の水分サンプルを採取して各土塊の重量毎に比例配分し、耕うん時の平均土壌含水比とした。

所要動力は、トラクタPTO出力軸にトルク測定用ピックアップを挿入して測定した。さらに燃料ポンプの拍動からエンジン回転数を測定する検出器を使用してトラクタエンジン回転数を測定した。両測定値から、トラクタ所要動力を算出した。

碎土率、所要動力の測定は、トラクタのPTO回転数は一定にし、走行速度を変えて行った。また碎土率を比較する際の耕うんピッチは、1回転当たりの爪本数を1本として計算した。

b) 耕うん同時畝立て施肥・播種作業状況、畝形状

耕うん同時畝立て作業を行った場合の作業状況や作業時の特徴については、培土板の損傷や発生する枕地の長さ等をもとに検討を行った。さらに、爪配列を75cm 畝×2 条の耕うん同時畝立てタイプにした場合の、PTO回転数と畝形状の関係を測定した。また、畝の高さ、畝間の耕うん深さ、畝部の耕うん深さ等から畝形状を測定した。さらに、培土板を装着した場合の畝形状や雑草が多い場合についても測定・検討した。

c) 畝立てダイズ栽培時の地下水位、土壌水分、土中酸素濃度

慣行栽培と畝立て栽培のダイズ生育期間の地下水位、土壌水分、土中酸素濃度を測定した。

地下水位は、圃場面に直径約 5 cmの穴を深さ50cm程度まであけ、塩ビ製の穴あきパイプを埋設し、その中に水位センサを挿入して測定した。測定値は、耕うん播種作業後の地表面を 0 cmとして表した。

土壌水分は、地表面から 5 cmの深さはTDR土壌水分計を使用して測定し、深さ10、20、30cmについては、水分ポテンシャルを測定した。測定圃場は、基盤整備が終わり暗きよが施工された圃場および基盤整備をしていない暗きよ未整備圃場とした。

土壌中酸素濃度は、深さ10cmと20cmの位置に土中酸素濃度測定センサを埋設して測定し、平均値で示した。測定値はいずれも午前 0 時の値を 1 日の代表値として用いた。

d) ダイズ生育時の乾物重と主莖長

ダイズ生育時の乾物重については、7月上旬から9月中旬まで、主莖長については7月中旬から8月中旬までの間測定した。また測定圃場は暗きよが整備された圃場と未整備の圃場の両方について実施した。

e) 畝立てダイズの中耕培土作業とダイズ倒伏程度

畝立てダイズに中耕培土を行った場合の作業性について、75cm 畝と150畝とで比較検討した。さらに、畝立ての有無と収穫時の倒伏の程度について、ダイズ調査基準により測定した。

f) ダイズ収量等

ダイズ（品種‘エンレイ’）の慣行栽培および75cmと150cmの畝立て栽培を2002年および2003年に行い、それぞれの坪刈り収量、実収量、莢数、百粒重、分枝数、最下着莢高等を測定した。また大粒（7.9mm以上）、中粒（7.3mm）、小粒（5.5mm）の割合を測定するとともに、しわ粒の割合についても測定した。しわ粒の判別基準については、平成15年の検査員により分類されたダイズサンプルを基に判定した。

d 試験結果および考察

a) 耕うん同時畝立ての碎土率と所要動力

改良型アップカッターロータリで平らに耕うんする爪配列で、整地板を下げた慣行の状態と上げた状態、75cm畝立ての爪配列（整地板を上げた状態）の全層の碎土率を比較した結果、慣行の平らに耕うんする爪配列で整地板を上げると、下げた状態に比べて碎土率は、約20%低下した（図3-1-2)-5左）。しかし畝立ての爪配列にすると、整地板を上げた状態でも碎土率の低下は少なくなった（図3-1-2)-5左）。同じ条件で、表層5cmの碎土率を比較した結果、平らに耕うんして整地板を上げた状態は碎土率が低下したが、畝立ての碎土率の低下はほとんど認められなかった（図3-1-2)-5右）。

畝の形状と碎土率の関係では、全層碎土率でも150cmの幅で畝立てを行うと、碎土率の低下はほとんど認められなかった（図3-1-2)-6左）。表層の碎土率は、75cm、150cm、慣行耕うんのいずれもほぼ同じ碎土率であった（図3-1-2)-6右）。

一方、畝部分と畝間部分の碎土率を比較すると、畝間部分は畝部分に比べて約20%碎土率が低下した（図3-1-2)-7）。しかし、耕うんした後の土の量は、畝の部分が畝間の5倍程度あり、全体の割合としては畝間の粗い土塊の量は少なかった。

耕うん同時畝立ての所要動力は、慣行耕うんに比べて少なくなった。同じ畝立てでは、75cm畝が150cm畝に比べて所要動力が低下した。また、耕うん時の土壌含水比が高く、作業速度が速いほど、慣行耕うんに対する畝立ての所要動力は低下した（図3-1-2)-8）。土壌含水比が40%程度の比較的乾いた圃場では、作業速度0.3m/s程度で約17kW（23PS）、含水比60%程度の湿った圃場では、作業速度0.25m/sで約17kW（23PS）であった。

耕うん土壌全体では、75cm畝立てを行うことにより碎土率が低下したが、表層5cmの播種部分については、碎土率の低下は認められず、苗立ち率低下等への影響は少ないと考えられた。しかし耕うん同時畝立てでは、畝間や下層に碎土の粗い土塊が集まり、全体の碎土率が低下するために所要動力が低下すると考えられた。また、耕うん同時畝立て75cm畝2条の場合は、150cm畝1条に対して、同じ耕うん幅で溝の数が2倍になるため、耕うん土壌が外に排出されやすくなり、碎土率低下部分が増加し、所要動力が少なくなると考えられた。

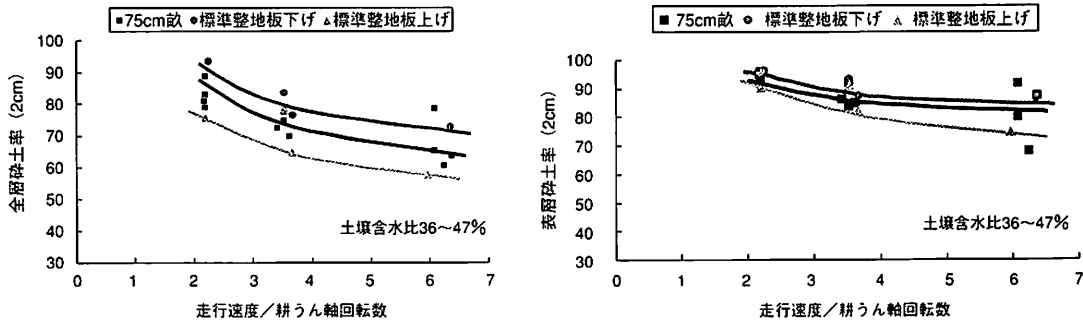


図3-1-2)-5 整地板の状態と砕土率 (左：全層、右：表層5cm)

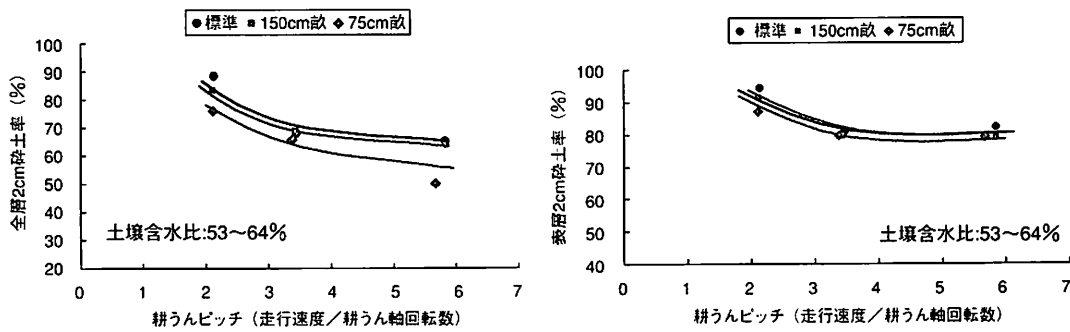


図3-1-2)-6 耕うん同時畝立て作業時の砕土率 (左：全層、右：表層5cm)

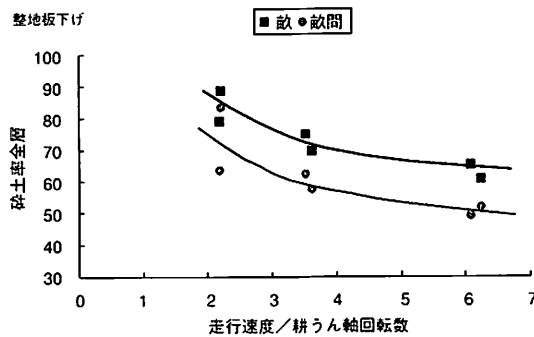


図3-1-2)-7 畝と畝間の砕土率

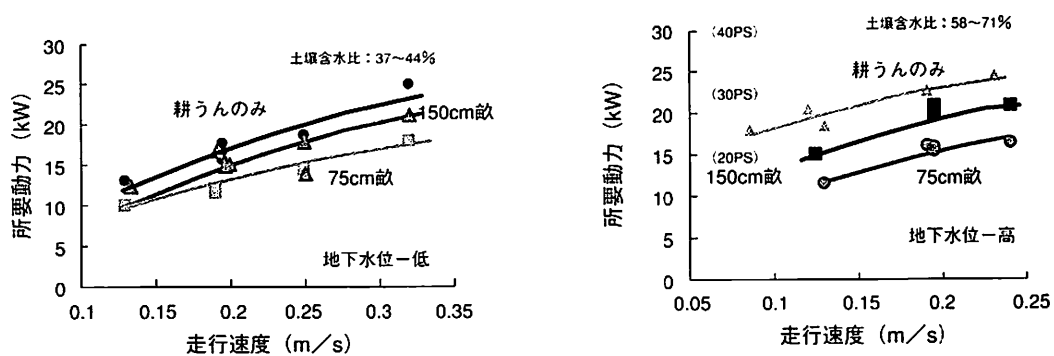


図3-1-2)-8 耕うん同時畝立て作業時の所要動力 (2002、左：暗きよ無し、右：暗きよ有り)

b) 耕うん同時畝立ての施肥・播種作業状況、畝形状

75cm畝×2条の耕うん同時畝立て播種は、75cm間隔で往復作業が可能であったが、150cmの耕うん同時畝立て播種では、畝上面の幅が図3-1-2)-2に示すように85~95cmであるため、安定して75cm間隔で播種することが困難であり、65cmの播種間隔となった。そのため、往復作業を行うと、条間が1列毎に65cmと85cmになった。

培土板の取り付け位置を整地板下にしたことにより、播種機とロータリの距離が接近し、作業時の枕地の距離は、約3~3.5m程度であった。そのため、枕地も耕うん畝立てする場合は、2回作業を行うことで全面播種が可能であった。畝立て作業時の状態を図3-1-2)-9に示す。

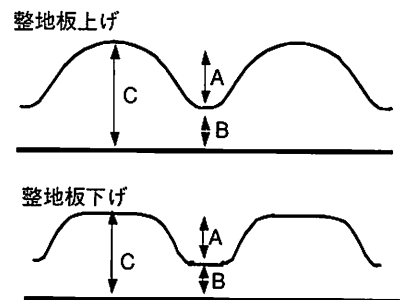
トラクタのPTO軸回転数を高くすることにより、耕うん爪の周速度が速くなるため、畝耕うん深さが高くなった。しかし、培土板が無い状態では、畝間部分に、8~10cmの土が残るため、畝の高さとしては回転数に関係なくほぼ同じであった。作業時は、整地板を下げて畝上面を平らにし、播種機が走行しやすくなるようにして作業を行うため、培土板の無い場合の畝高さは11cm程度であったが、培土板を取り付けることにより、畝間に土がほとんど残らず、整地板を下げて約20cmの高い畝を作ることが可能であった(表3-1-2)-2)。

爪の配列を平らに耕うんするように取り付け、培土板のみで畝立てを行った場合は、連作等で圃場に草丈約30cm程度の雑草があると、培土板に草が絡まり連続作業ができなかったが、爪を畝立て配列にすると連続作業が可能となった。

表3-1-2)-2 整地板状態・培土板有無・PTO回転数と畝形状

整地板	培土板	PTO 回転数	畝高さ (cm)		耕うん後深さ (cm)	
			A	B	C	畝間
上げ	無	540	18	8	25	
上げ	無	762	18	10	28	
上げ	無	944	19	10	31.5	
下げ	無	944	11	9	20	
下げ	有	944	22	1	23.5	

走行速度：0.16m/s



c) 畝立てダイズ栽培時の地下水位、土壤水分、土中酸素濃度

地下水位は、暗きよの整備された圃場、未整備の圃場ともに、畝立て栽培の地下水位が低く推移した。地下水位の差は、耕うん時に畝を作ることにより畝表面の位置の差が約5cmになることとほぼ一致した(図3-1-2)-10)。

地表面から深さ5cmの土壤水分(体積含水率)は、暗きよ整備圃場では排水が良いため、降雨の多い梅雨時期に畝立て栽培が慣行に比べて低下して推移した(図3-1-2)-11左)。暗きよ未整備圃場では、排水が不良なため、生育期間すべてを通して畝立ての土壤水分が低く推移した(図3-1-2)-11右)。深さ10cm(pF)では、暗きよ未整備圃場の降雨後の水分ポテンシャルに差が認められ、畝立ての土壤水分が低く推移する傾向が認められた(図3-1-2)-12左)。しかし、深さ20cmと30cmでは差が認められなかった。また、75cm畝と150cm畝とも慣行に比べ水分が低く推移したが、畝形状による差は認められなかった(図3-1-2)-12右)。

空気中の酸素濃度は約20%であるため、土中と地表面が空隙でつながっていれば常に土壌中で消

費される酸素が補給され、土壌中の酸素濃度は20%になると考えられる。しかし、実際には、地下への浸透より大きい降雨があると、土壌中の空隙が水で満たされ酸素が供給されなくなり酸素濃度が低下する。慣行耕うんのみの場合では、降雨直後の酸素濃度は、最大5%以下まで低下した。一方畝立て栽培のダイズでは、迅速な排水と畝側面から酸素の供給が促され酸素濃度の回復が早くなったと考えられた(図3-1-2)-13)。さらに150cm畝に比べ75cm畝は同じ栽培面積で畝側面の数が2倍であるため、酸素濃度回復がさらに早くなったと推察される。

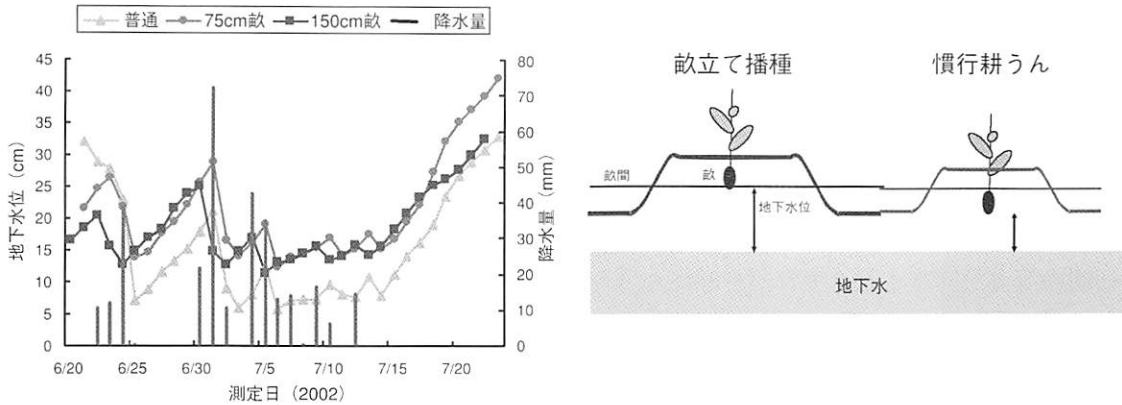


図3-1-2)-10 畝立てダイズの地下水位

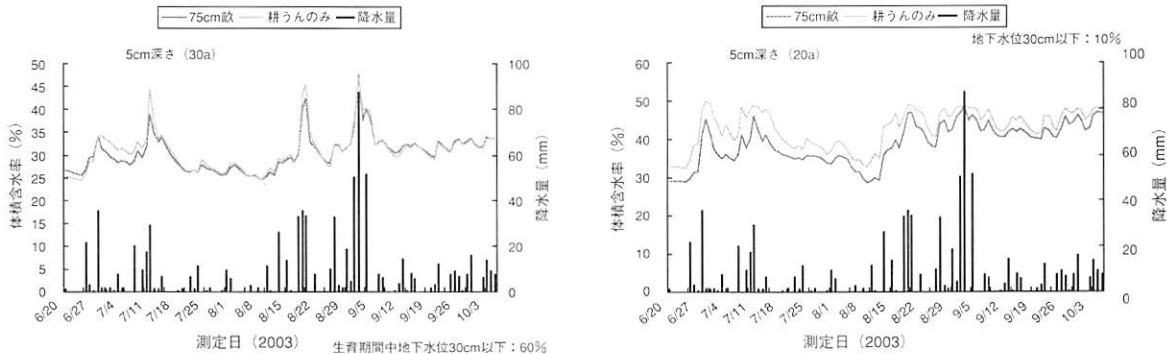


図3-1-2)-11 深さ5cmの体積含水率(左:暗きよ有り、右:暗きよ無し)

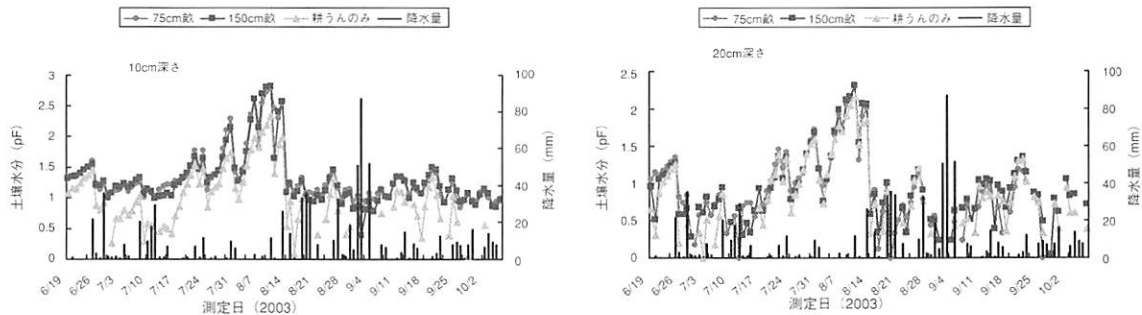


図3-1-2)-12 深さ10、20cmの土壌水分(pF)(暗きよのない圃場)

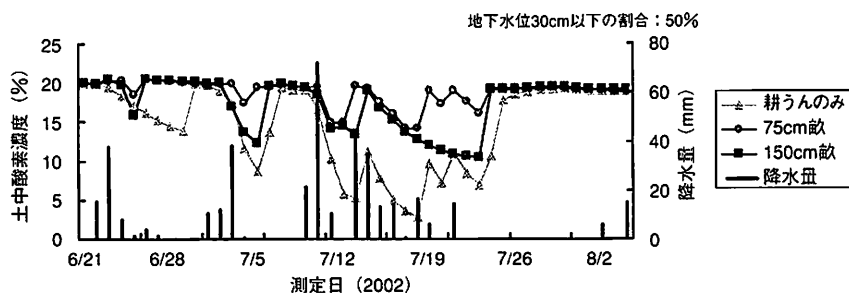


図3-1-2)-13 暗きよ整備圃場の土中酸素濃度 (深さ10cmと20cmの平均)

d) ダイズ生育時の乾物重と主茎長

ダイズ生育時の乾物重は、生育につれて絶対値が大きくなるため、慣行栽培を100として畝立ての比率を計算すると、生育初期ほどその差が大きくなっていることが認められた (図3-1-2)-14)。主茎長も同様に生育前半でその差が大きい (図3-1-2)-15) ことから、畝立て栽培を行うことにより初期の湿害が回避され、生育が良好になったと考えられた。

g) 畝立てダイズの中耕培土作業とダイズ倒伏程度

畝立てダイズでは、慣行での1回日の排水を良くする (溝を作る) 中耕培土作業を、播種時に行っているのと同様であるため、畝立ての1回日の中耕培土作業は、除草効果の中耕作業と倒伏防止の培土作業になるといえる。

中耕培土作業の作業性については、75cmの畝立て栽培では、慣行の2回日以降の中耕培土と同様に作業が可能であった。しかし、150cm畝では、1列おきに溝の高さが異なり、条間も異なるため、3連や2連 (間隔150cm) の中耕培土機による作業では、作業機の上下高さ調節範囲を広くするなどの作業機設定が必要であった。

ダイズの倒伏程度は、培土作業を行わない場合で、倒伏程度が大きくなる場合が認められたが、収穫作業は従来と同様に行うことができた (表3-1-2)-3)。

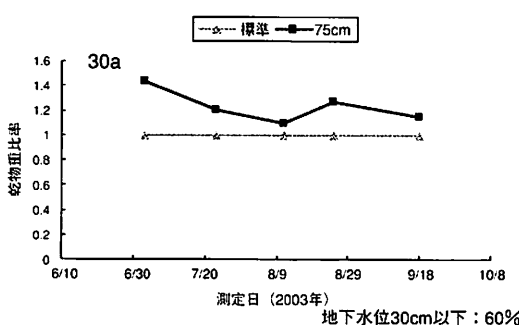


図3-1-2)-14 ダイズ乾物重の変化 (暗きよ整備圃場)

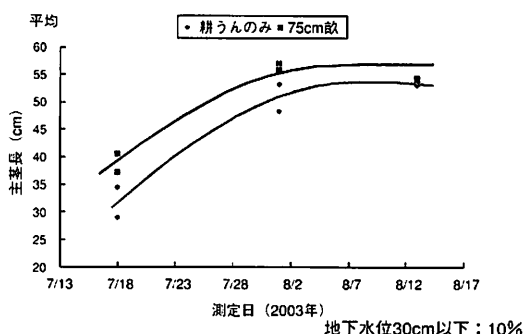


図3-1-2)-15 ダイズ主茎長の変化 (暗きよ未整備圃場)

表3-1-2)-3 中耕培土の有無と倒伏程度

	暗きよ有	暗きよ無1	暗きよ無2	
	培土	培土	無培土	培土
標準	少~中	無~少	中	中
75cm畝	少~中	少	少~中	—
150cm畝	少~中	無~少	多	中

倒伏程度: 大豆調査基準 (1975)
 無: 9°以下、少: 10~19°
 中: 20~39°、多: 40~59°、甚: 60°以上
 暗きよ有: 基盤整備済、
 暗きよ無: 未整備水田
 水分 暗きよ無2 > 暗きよ無1 > 暗きよ有

f) ダイズ収量

ダイズ収量は、2002年の坪刈り調査では、畝立て栽培ダイズが7～14%増加した(表3-1-2)-4)。また2003年のコンバインによる全刈り収量の調査でも、畝立て栽培ダイズが7～23%収量が増加した(表3-1-2)-5)。その要因としては、作物側からは、梅雨後期に相当する時期の分枝数が増加し、それに伴い莢数が増加したためと推察された。

生育環境からは、畝立てダイズは、特に梅雨時期を中心に、地下水位が高く、土壌水分が低く、土中酸素濃度が高く推移した。畝立て栽培は湿害が回避できて初期の生育が順調に行われることにより、後半の生育が良くなることや、酸素濃度が高くなり根粒活性が高くなった⁴⁾ことが、収量に大きく影響したと推察された。

表3-1-2)- 4 2002年のダイズ収量 (坪刈り調査)

地下水位	耕うん方法	主茎長 (cm)	分枝数 (N/m ²)	子実重 (g/m ²)	莢数 (N/m ²)	百粒重 (g)	最下着莢高 (cm)
低	耕うんのみ	69.0	51.0	353	755	28.0	13.6
	75cm畝	71.5	47.9	378	786	29.6	15.5
	150cm畝	72.3	45.7	401	851 *	31.5 *	15.4
高	耕うんのみ	57.7	54.1	348	734	28.6	12.2
	75cm畝	66.1	65.4	375	800	28.7	18
	150cm畝	60.6	67.3 *	389	864	28.7	14.5

* は標準区との間に Mann-Whitney 検定によって 5% の危険率で有意差あり。
 V5: 主茎の第4複葉まで完全展開 (7/4)、R1: 主茎上で1花開花したとき (7/23)
 地下水位-高: 生育期間中の地下水位30cm以下の割合約50%、低: 約35%

表3-1-2)- 5 2003年のダイズ収量 (コンバインによる全刈り調査)

圃場名	処理	実収量 (kg/10a)	子実重 (kg/10a)	莢数 (/10a)	百粒重 (g)	分枝数 (本/m ²)	大粒割合 (%)	収穫期の窒素吸収量 根粒由来	根由来
A	標準	236	317	668	28.9	57.2	43.4	12.6	5.9
	75cm畝	278	398 *	742	32.0 *	53.7	70.9	15.5	5.5
B	標準	207	292	519	31.1	33.9	54.9	11.9	5.7
	75cm畝	255	331 *	537	35.1 **	56.5 *	75.3	16.1	9.7
C	標準	254	301	560	34.0	44.8	69.4	9.6	3.9
	75cm畝	271～301	375 *	606	35.7	68.3 **	65.7～70.1	13.0	7.7

圃場名は生育期間中の地下水位30cm以下の割合 A: 60% (暗渠有り)、B: 10% (暗渠無し)、C: 20% (暗渠無し)
 実収量はコンバイン刈り取り収量/刈り取り面積、子実重は坪刈り収量、大粒は7.9mm以上、
 ** : 各圃場毎の標準との比較で 5%、1%で有意 2003年 (品種: 'エンレイ')

表3-1-2)- 6 畝立て栽培としわ粒割合

圃場名	処理	しわ粒割合 (%)		
		粒径7.9mm以上	7.3～7.9mm	5.5～7.3mm
A	標準	10.2	19.6	10.7
	75cm畝	5.0	13.1	6.8
B	標準	16.1	24.7	1.9
	75cm畝	9.9	13.0	14.2
C	標準	28.4	33.8	19.5
	75cm畝	12.6	25.5	12.4

しわ粒: しわ粒重/全重

e 摘要

ダイズの畝立て栽培では、これまで1列おきに排水溝を作る方法¹⁾、ダウンカットを利用して整形板で畝を立てる方法²⁾や一度耕うんした後、播種機と培土板で畝を作りながら播種する方式³⁾が検討されている。ここでは、碎土性が高く作業能率も高いアップカットロータリを改良して、耕うんと同時に畝立て、施肥播種を行うことができる作業機を開発した。

その効果・特徴としては、耕うん土壌全体の碎土率は若干劣るものの播種部分の碎土率の低下はなく、連続的に作業が可能である。作業速度は、圃場条件にもよるが、0.2~0.3m/s程度まで作業可能である。所要動力は、畝立ての方が少なくなり、30PS~50PS程度のトラクタで作業可能であった。

地下水位や土壌水分が低下して湿害の発生を抑制し、土中酸素濃度も常に高く推移し、根粒の活性が良くなった。さらに、生育前半の乾物重や主茎長が大きくなり、7~23%程度ダイズ収量が増加した。分枝数や百粒重の値が増加し、大粒の割合が増加するとともに、しわ粒の割合が減少した。

f 参考文献

- 1) 片岡一男 (1988) 低湿地帯における大豆の成畦播種栽培. 水田農業の基礎技術—転換畑研究の主要成果情報—, 52-53
- 2) 上村幸正ほか (1993) 麦後大豆の一工程畦立播種栽培法. 日本作物学会四国支部報, 30, 1-6
- 3) 富山県農業技術センター (2003) 高品質大豆安定他州栽培技術の確立, 新21世紀プロ2系平成14年度試験研究成績書, 111-114

(○細川 寿・高橋智紀・松崎守夫・足立 日出)

2. 被覆尿素を利用した転換初期におけるダイズの湿害回避技術の開発

a はしがき

北陸地方におけるダイズ作では、梅雨による湿害、盛夏期の乾燥害、登熟期の雨害が、高品質ダイズの安定生産を図る上で問題となっている。近年、北陸地方では転換畑ダイズの増加が著しいが、重粘土転換畑は排水性が劣るため、梅雨による湿害が発生している。北陸地方の梅雨は6月下旬～7月中旬であるが、この期間はダイズの栄養生長期の大部分を占め（図3-2-1）、かつ、花芽分化期など、ダイズが湿害を受けやすい生育ステージ^{2,7)}を含む。

ダイズの湿害回避方策としては、明きよ・暗きよによる排水性促進、高畝栽培、窒素施用方法の改善が考えられる。しかし、窒素施用では、通常の化成肥料によって一時に多量の窒素を与えると、根粒の働きが抑えられ、窒素固定量が減少する懸念がある。わずかずつ窒素が溶出する被覆尿素は、根粒の働きを抑えることなく、ダイズに窒素を供給できるので、ダイズの湿害回避に効果的と考えられる。ここでは、北陸地方の重粘土転換畑におけるダイズの湿害様相を明らかにするとともに、被覆尿素による湿害軽減技術についても検討した。

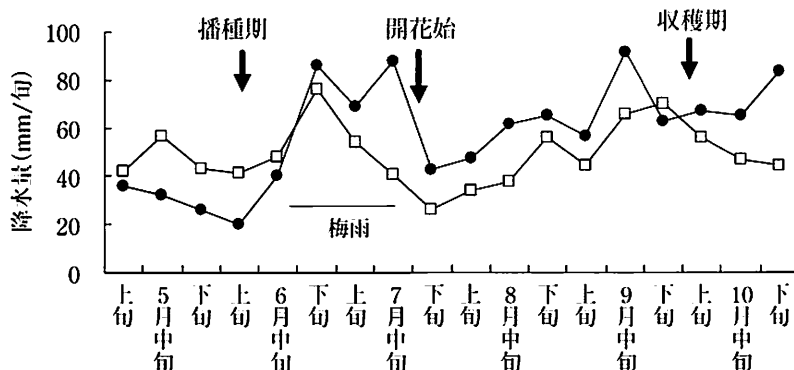


図3-2-1 ダイズ生育期間の降水量 (1961~2002)

□：水戸、●：高田、図中の但し書きは高田の梅雨、ダイズ生育時期。

* 1961年～2002年の42年間について集計

データは農林水産技術会議農学情報資源システム (AGROPEDIA) による

b 試験方法

a) 湿潤処理がダイズの生育収量に及ぼす影響

梅雨時の湿潤条件がダイズの生育収量に及ぼす影響を検討するため、2002年場内圃場において6月下旬～7月中旬に湿潤処理を行う圃場（湿潤区）と、行わない圃場（通常区）を設けた。湿潤処理は、6m幅の圃場外周に設けた明きよの表面まで湛水した。ダイズは6月上旬に75×9cmで播種し、基肥窒素は2kgN/10a施用した。

7月中旬から2週間毎に、約0.4m²内のダイズを主茎基部で切断し、地上部の乾物重、窒素濃度を測定し、窒素含量を算出した。また、それらの個体の主茎切断面から出液を採取し、硝酸態、アミド態、ウレイド態窒素濃度を測定した。各サンプリング期間における窒素含量増加分に、出液中の窒素に占める硝酸態・アミド態、ウレイド態窒素の比率を乗算し、それらの値を、硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量とした¹⁰⁾。硝酸態・アミド態窒素は、根が吸収する地力・肥料窒素に由来し、ウレイド態窒素は主に根粒の窒素固定に由来するとされている。また、

1.5m²2 反復について坪刈りを行い、収量調査を行った。

2001年場内圃場、2002年営農試験地でも同様の試験を行ったが、2001年場内圃場の湿潤処理は、湛水深が地下30cmであり、比較的軽微な処理であった。2002年営農試験地では人為的な湿潤処理は行わず、暗きょ敷設圃場を通常区、暗きょ無敷設圃場を湿潤区とした。2001年場内圃場、2002年営農試験地は畑転換初年目、2002年場内圃場は転換2年目に当たる。

b) 被覆尿素がダイズに及ぼす影響

a) の圃場において、被覆尿素を施用しない対照区、被覆尿素10kgN/10aを全面全層施肥する区を設けた。被覆尿素は40日、70日、100日、100日S、140日タイプを供試した。耕種概要、調査方法は a) と同一である。

c) 被覆尿素的施用方法

被覆尿素的施用方法、施用量を検討した。2003年営農試験地（転換2年目）の暗きょ敷設圃場、無敷設圃場において、100日タイプ5、10kgN/10aを条肥、全面全層施肥した。a) と同様の調査を行い、収量調査用サンプルから中庸な10個体を選んで、節毎の莢数を調査した。

c 試験結果

a) 湿潤処理の影響

2002年場内圃場では、梅雨時（6月下旬～7月中旬）の湿潤処理によって、地上部の窒素濃度が処理期間中（開花始以前）に減少し、乾物重が処理終了後に減少した（図3-2-2）。湿潤処理が各サンプリング期間の硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量に及ぼす影響では、湿潤処理は硝酸態・アミド態窒素吸収量に大きな影響を示さなかったが、最繁期を中心とする時期のウレイド態窒素集積量を大きく減少させた（図3-2-3）。

データは示さなかったが、他の試験圃場でも、湿潤処理によって最繁期のウレイド態窒素集積量は減少した。しかし、乾物重、収量に対する影響は年度、圃場によって異なった。2001年場内圃場では湿潤処理が軽微であったこともあり、乾物重、収量が湿潤処理によって低下することはなかったが、2002年営農試験地では、通常区、湿潤区とも、2002年場内圃場湿潤区並に乾物重、収量が低下し、湿害が発生したものと考えられた。以下、乾物重、収量が低下した圃場を湿害圃場、湿潤処理の影響を受けなかった圃場を通常圃場とみなした。2002年に比べ、2001年場内圃場では、硝酸態・アミド態窒素吸収量が多く、2001年場内圃場では、湿害が発生しなかっただけでなく、地力・肥料窒素が明らかに多く集積されていた。

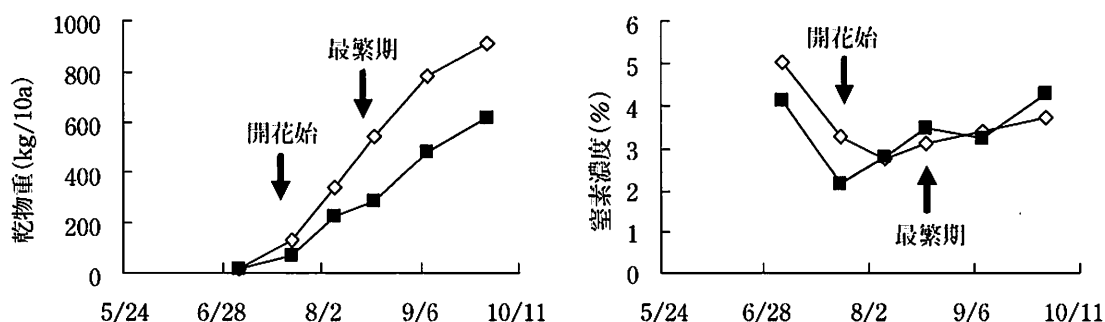


図3-2-2 ダイズの乾物重、窒素濃度の推移（2002年場内圃場）

◇：通常区，■：湿潤区，湿潤区は梅雨期間(6/20～7/20)に明きょ湛水。

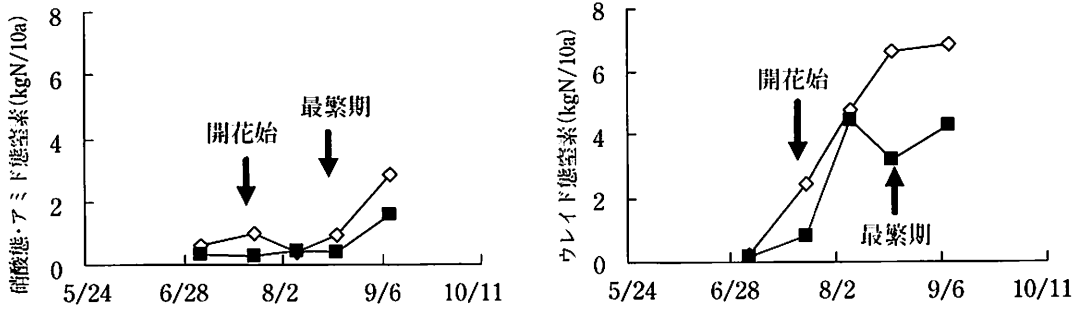


図3-2-3 各サンプリング期間における硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量 (2002年場内圃場)

◇：通常区，■：湿潤区，湿潤区は梅雨期間(6/20～7/20)に明きよ湛水。

b) 被覆尿素の影響

2002年場内圃場の結果では、被覆尿素の窒素溶出量は、40日、70日、100日タイプでは開花始以前に、100日S、140日タイプでは開花始以後に多かった(図3-2-4)。被覆尿素が窒素吸収量・集積量に及ぼす影響はそれらの値の積算値で示したが、積算値では硝酸態・アミド態窒素吸収量の年次変動が著しかったため、2002年場内圃場のみの結果を示した(図3-2-5)。硝酸態・アミド態窒素吸収量の積算値は湿潤処理によって減少し、被覆尿素によって増加する傾向を示した。ウレイド態窒素集積量の積算値は湿潤区で大きく減少し、被覆尿素による増加は主に湿潤区で見られた。溶出タイプでは70日タイプの効果が著しく、その効果は通常区でも見られた。

収量、莢数は、年度の影響を余り受けなかったため、通常圃場、湿害圃場の平均で示した(図3-2-6)。収量、莢数も、ウレイド態窒素集積量の積算値とほぼ同様の傾向を示し、湿害圃場で減少し、被覆尿素の効果は主に湿害圃場で見られた。湿害圃場における被覆尿素の効果は、莢数では溶出タイプによって異なることはなかったが、収量では40日、100日タイプで著しかった。この場合、40日、100日タイプの増収効果は、主に百粒重の増加に由来した。

収量・収量構成要素について、通常圃場、湿害圃場を処理とする分散分析も行った(表3-2-1)。表中の被覆尿素の効果は、被覆尿素施用区から対照区の値を減算した値である。対照区では、湿害圃場の収量、粒数が有意に減少し、莢数、百粒重も減少する傾向を示した。被覆尿素の効果は、収量では有意ではなかったものの、収量構成要素では有意差がみられた。粒数、莢数に対する効果は湿害圃場で有意に高く、一莢粒数、百粒重に対する効果は通常圃場で有意に高かった。

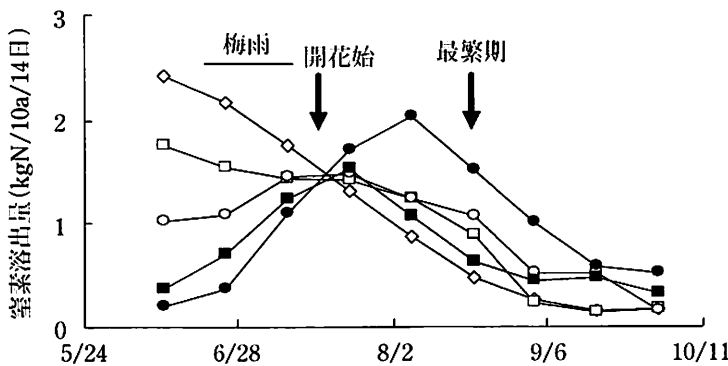


図3-2-4 被覆尿素溶出量の移動平均(2002年場内圃場)

◇：40日，□：70日，○：100日，●：100HS，■：140日。

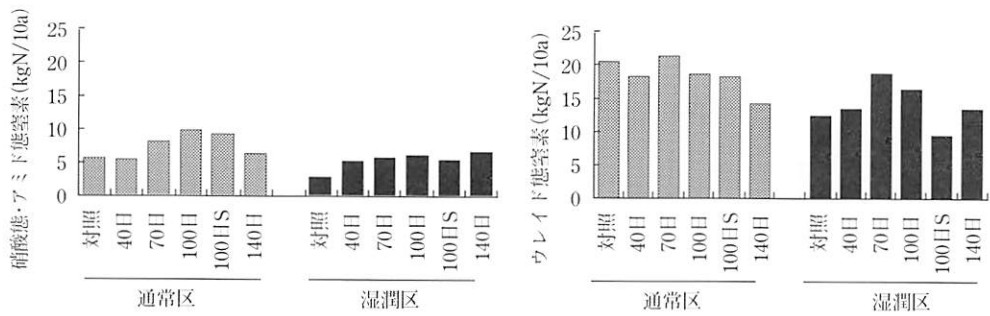


図3-2-5 被覆尿素が硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量の積算値に及ぼす影響 (2002年場内圃場)

湿潤区は梅雨期間(6/20~7/20)に明きよ湛水。

硝酸態・アミド態窒素、ウレイド態窒素集積量は各サンプリング期間の積算値について示した。

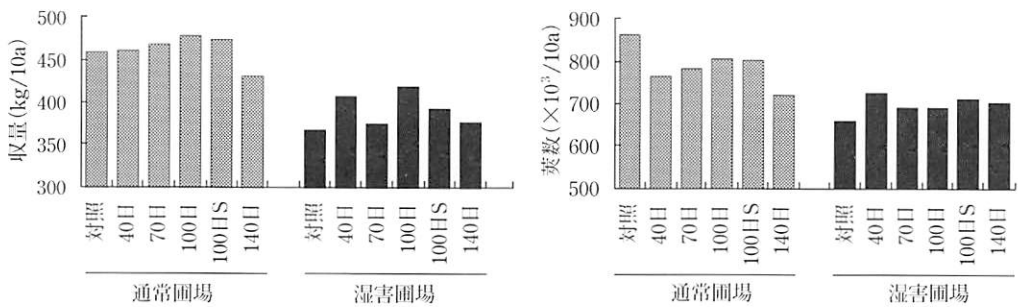


図3-2-6 被覆尿素が収量、莢数に及ぼす影響

通常区は2001年場内圃場と2002年場内圃場通常区の平均。

湿潤区は2002年営農試験地と2002年場内圃場湿潤区の平均。

表3-2-1 湿害の有無、被覆尿素が収量・収量構成要素に及ぼす影響

	対照区		被覆尿素の効果	
	通常圃場	湿害圃場	通常圃場	湿害圃場
(サンプル数)	(3)	(3)	(15)	(15)
収量 (kg/10a)	** 462	371	2	26
粒数 (×10 ³ /10a)	* 1468	1228	* -51	81
莢数 (×10 ³ /10a)	866	662	** -86	48
一莢粒数	1.71	1.86	** 0.14	0.00
百粒重 (g)	31.5	30.2	** 1.3	0.1

*は5%、**は1%で有意差あり。

対照区は絶対値、被覆尿素の効果は、対照区に対する増加分の平均値。

通常圃場は2001年場内圃場と2002年場内圃場通常区、

湿害圃場は2002年営農試験地と2002年場内圃場湿潤区。

c) 被覆尿素的施用方法与施用效果の发现机制

2003年は登熟後期に降雨が多く、特に営農試験地の湿潤区(暗きよ無敷設圃場)では、梅雨時だけでなく生育後期まで圃場が滞水した。それを反映してか、2003年営農試験地の百粒重は小さくなり、収量も低い水準にとどまった。しかし、莢数に対する被覆尿素的の効果は見られ、条肥5kgN/10a施用区で面積当たり莢数が増加した(データ省略)。

いずれの圃場でも、条肥 5 kgN/10a 施川区で株当たり莢数が増加したが、その増加は主に分枝に着生する莢に由来した。分枝莢数は、第3単位分枝（第2葉基部から発生する分枝）などで多く、下位の分枝が莢数確保に寄与していることがうかがわれた（図3-2-7）。

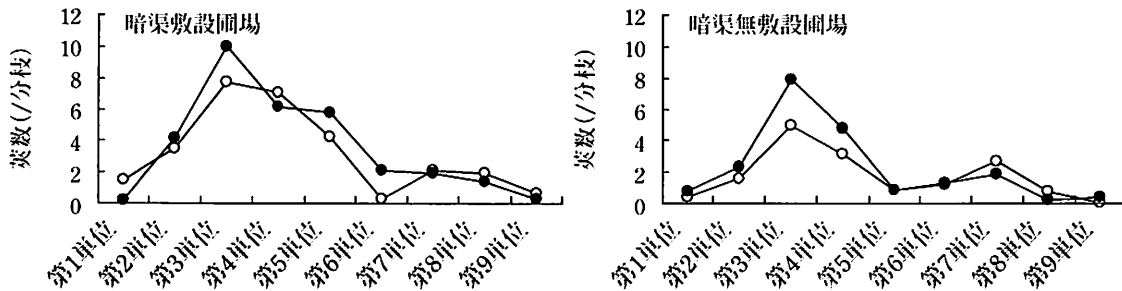


図3-2-7 被覆尿素が分枝莢数に及ぼす影響（2003年営農試験地）

○：被覆尿素無施川区、●：被覆尿素（100日タイプ）5 kgN/10a 条施川区。
第1単位分枝は初生葉、第2単位分枝は第1葉葉腋から発生する分枝。

d 考察

a) ダイズの湿害様相

湿潤処理がダイズに及ぼす影響は生育時期によって異なる。一般に開花始以前の花芽分化期などでは栄養生長量、莢数が減少し、開花期には落花数が増え、登熟期には百粒重の増加が阻害されるが、収量に対する湿潤処理の影響は花芽分化期が最も著しい^{2,7)}。北陸地方では、ダイズの花芽分化期が梅雨期間中となり、また、ダイズが多く作付されている重粘土転換畑は排水性が不良なため、梅雨時の多雨は湿害に結びつきやすい。

2002年場内圃場では湿潤処理の影響が著しく、ウレイド態窒素集積量の積算値、収量、莢数が減少した。2002年営農試験地（転換初年日圃場）では人為的な湿潤処理を行わなかったが、やはりウレイド態窒素集積量積算値、収量などは減少しており、北陸地方の重粘土転換畑の転換初期圃場では、人為的な湿潤処理を行わなくても、湿害が発生しやすいことが示された。

湿害圃場では収量、莢数、百粒重が低下したが、収量低下に最も影響したのは莢数であった（表3-2-1）。この結果は、花芽分化期（梅雨時）の湿潤条件はダイズの栄養生長量、莢数を減少させ、収量を減少させる^{2,7)}との報告と良く一致しており、北陸地方の梅雨による湿潤条件は、莢数の減少を通して収量を減少させると言えよう。

b) ダイズに対する被覆尿素の効果

ダイズの湿害は窒素供給によって軽減される^{8,9)}が、基肥窒素を増肥した場合、根粒活性が阻害されることにより、ダイズの窒素吸収量と集積量の合計は必ずしも増加しない。しかし、被覆尿素はわずかつつ溶出するため、根粒活性を阻害せず、湿害軽減に効果を示す可能性がある。ダイズに対する被覆尿素施用効果についてはいくつかの報告がある^{1,5,6,10)}が、それらは湿害軽減の視点では行われていない。また、それらの報告の多くは追肥施用の結果を検討しており^{1,6,10)}、被覆尿素の基肥施用についての報告は少ない¹⁰⁾。

表3-2-1で示したように、ダイズの収量構成要素は湿害圃場で減少したが、被覆尿素は、湿害圃場の粒数、莢数、収量を増加させ、通常圃場の…莢粒数、百粒重を増加させる傾向があった。表3-2-2では、粒数は莢数と、収量は粒数、莢数、百粒重と有意な正の相関を示した。収量は、特に

粒数（莢数）と密接な関係を示しており、百粒重よりも莢数に大きく影響されたと見えよう。すなわち、湿害による減収が被覆尿素によって軽減されたことは、主に莢数増加の効果と言える。

被覆尿素によって湿害ダイズの莢数が増加する場合、その増加は分枝、特に第3単位分枝（第2葉葉腋から発生した分枝）など下位の分枝で著しく（図3-2-7）、分枝莢数増加は、主に分枝発生率の増加に由来した。ダイズの収量性には下位節からの分枝発生が大きく寄与するが、分枝発生は環境条件に影響されやすい⁴⁾。ダイズの出葉、節間伸長、分枝発生には同伸的な関係が認められ、第3単位分枝が出現する時期は、第6単位（第6葉）の出現期にほぼ一致し、第6単位の節間長がある程度以上長くなると、第3単位の分枝発生はほとんどみられなくなる¹⁾。2003年の結果では、10～12単位まで出葉して開花始（梅雨明け）となったため、これらの下位分枝が出現する時期はちょうど梅雨時に相当した。ダイズに分枝発生は炭水化物の供給に影響される⁴⁾が、湿害時の窒素供給は光合成速度を回復させる⁸⁾。2003年の結果では、梅雨時の湿害によってダイズの窒素濃度が減少しており、光合成能力も低下した可能性があるが、被覆尿素からの窒素供給によって光合成能力が増加して、分枝発生率がある程度回復したものと考えられた。

表3-2-2 収量・収量構成要素間の相関係数

	収量	粒数	莢数	一莢粒数
粒数	0.93 **			
莢数	0.82 **	0.86 **		
一莢粒数	-0.39 **	-0.38 **	-0.80 **	
百粒重	0.71 **	0.41 **	0.41 **	-0.24 *

*36点から算出

c) 溶出タイプによる効果の相違

収量構成要素に対する被覆尿素の効果については、溶出タイプを処理とする分散分析を行ったが、有意差は検出されなかった。しかし、図3-2-5、6に示したように、湿害圃場における効果は溶出タイプによって異なる傾向があり、収量（百粒重）は40日、100日タイプで、ウレイド態窒素集積量の積算値は70日タイプで増加する傾向を示し、これらは、いずれも開花始以前（梅雨時期）に溶出量が多い被覆尿素であった。ウレイド態窒素集積量の積算値に対する70日タイプの効果は湿潤区で著しかったため、この増加も、湿害軽減効果に起因すると考えられた。

収量（百粒重）は40日、100日タイプの施用によって増加したが、百粒重の増加はむしろ通常圃場で著しかった（表3-2-1）ため、この増加は、湿害軽減効果の影響とは言えなかった。栄養生長期における窒素供給は収量構成要素を増加させるが、開花始以降の窒素供給は収量構成要素の増加にはほとんど寄与しない³⁾。従って、この収量（百粒重）の増加は、湿害軽減効果の影響とは言えないものの、やはり、開花始以前の窒素供給の影響によると考えられた。

e) 摘要

- 1) 北陸地方の重粘土転換畑の転換初期圃場は、排水性が不良なため、梅雨時の多雨によって湿潤条件になりやすい。梅雨時に湿潤条件に遭遇したダイズは、乾物重、ウレイド態窒素集積量、収量、莢数、百粒重が低下する。
- 2) 湿害軽減方策の一つとして窒素供給があり、ここでは、根粒の活性を阻害しにくいと考えられ

る被覆尿素を供試した。被覆尿素は、湿害を受けたダイズのウレイド態窒素集積量、収量、莢数を増加させる傾向があった。

- 3) 湿害を受けたダイズに対する被覆尿素の減収軽減効果は、主に莢数増加に由来した。莢数が増加する場合、分枝、特に下位分枝に着生する莢数が増加し、その増加は分枝発生率に大きく影響された。下位分枝が発生する時期は梅雨時であるため、その時期における被覆尿素からの窒素供給が、湿害を軽減し、分枝発生に寄与したものと考えられた。
- 4) 被覆尿素の効果は溶出タイプによっても異なった。ウレイド態窒素集積量は70日タイプで増加し、百粒重は40日、100日タイプで増加したが、これらのタイプはいずれも開花始以前（梅雨）に溶出量が多い被覆尿素であった。

f 引用文献

- 1) 荒垣憲一・藤井 弘・中西政則 (1985) 大豆に対する培上期におけるコーティング肥料の追肥効果. 山形農試研報, 20, 83-94
- 2) 福井重郎 (1965) 土壤水分から見た大豆の生理生態学的研究. 農事試研報, 9, 1-68
- 3) 藤本暁夫・Achamad Choliludin Suriadnata・西尾 隆・金森哲夫 (1988) 窒素供給時期と大豆の収量形成. 北農, 55 (6), 41-49
- 4) 大泉久一 (1962) 大豆の分枝発生機構並びにその栽培学的意義に関する研究. 東北農試研報, 25, 1-95
- 5) 世古晴美・曳野亥三夫・二見敬三・佐村 薫・吉倉淳一郎 (1984) 転換畑における大豆の安定多収栽培 第1報 窒素施肥法について. 兵庫県農業総合センター研究報告, 32, 75-81
- 6) 酒井孝雄 (1987) 大豆に対する緩効性窒素肥料の追肥技術. 福島農試研報, 26, 33-41
- 7) 杉本秀樹・雨宮 昭・佐藤 享・竹之内篤 (1988) 水田転換畑における大豆の過湿障害 第1報 土壌の過湿処理が子実収量に及ぼす影響. 日作紀, 57, 71-76
- 8) 杉本秀樹・佐藤 享・西原定照・成松克史 (1989) 水田転換畑における大豆の過湿障害 第3報 尿素的葉面散布による湿害の軽減. 日作紀, 58, 605-610
- 9) 杉本秀樹・佐藤 享 (1993) 水田転換畑における大豆の過湿障害 第5報 窒素追肥による湿害の軽減. 日作紀, 62, 47-52
- 10) 高橋能彦 (1996) 水田転換畑における大豆に対する深層施肥法の開発と安定多収効果の解析. 新潟農試研報, 41, 53-104
- 11) 鳥越洋一・進士 宏・栗原 浩 (1980) 大豆の発育形態と収量成立に関する研究 第1報 主茎の節間伸長と分枝の発育との関係. 日作紀, 50, 191-198

(○松崎守夫・高橋智紀・細川 寿)

3. ダイズ作における地力の評価と地力維持管理技術

a はしがき

ダイズの窒素吸収は土壌から無機化する窒素（地力窒素）に大きく依存しており、ダイズの収量を安定させるためには、地力窒素を維持することが必要である。一般に畑転換にともなって地力窒素は減耗する³⁾が、北陸地方の重粘土転換畑で地力窒素の減耗が起こるかどうか、また、その減耗によってダイズの収量が低下するかどうかは不明である。ここでは、それらの点を検討するとともに、有機物施用による地力窒素維持技術についても検討した。

b 試験方法

a) 重粘土転換畑の地力、ダイズに影響する要因

北陸地方の重粘土転換畑では、排水不良によって作物の生育が制限され、転換年数の経過に伴って土壌の物理性⁵⁾、ダイズの収量^{2,6)}が変化することが報告されている。これら地力、ダイズ収量に影響する可能性のある要因を既往の文献から整理した。

b) 転換年次、水分条件などが地力、ダイズに及ぼす影響

前章で供試した場内圃場、営農試験地の通常区、湿潤区のデータを用い、水分条件、転換年次が地力窒素、ダイズに及ぼす影響を検討した。地力窒素については、ダイズ作付前に採取した作土の窒素無機化量を測定した。培養前土壌、および30℃、含水率30%の条件で12週間畑培養した土壌の無機態窒素（硝酸態、アンモニア態）を測定し、培養後の無機態窒素から、培養前の無機態窒素を減算したものを土壌の窒素無機化量とした。培養中の積算温度は2500℃であり、ダイズの生育期間としては播種から最繁期ごろまでに相当する。硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量、収量は前章と同様の方法で測定し、硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量は生育期間の積算値で示した。

c) 有機物施用が地力、ダイズに及ぼす影響

場内圃場を2001年に畑転換し、2001年～2003年にダイズを栽培した。有機物無施用区（対照区）とともに、1t/10a、2t/10a施用区を設けた。有機物は完熟した稲わら堆肥であり、毎年作付直前に施用した。ダイズは6月上旬に播種し、基肥窒素は2kgN/10a施用した。調査方法はa)と同様である。

c 試験結果

a) 重粘土転換畑の地力窒素、ダイズに影響する要因

既往の文献から、重粘土転換畑の地力窒素の変動に及ぼす要因を整理した（図3-3-1）。重粘土転換畑では、作土の下に排水不良なグライ層があるが、畑転換に伴い、この層に亀裂が入り、排水性が向上し、地下水位の低下、気相率向上などの変化が起こる⁵⁾。気相率の増加による根粒活性の向上¹⁾、地下水位の低下によるダイズの根域拡大や、転換年次の経過に伴う碎土率の向上²⁾による出芽数や苗立ち数の増加などが考えられるが、これらの土壌物理性の変化はダイズの地力窒素吸収量や窒素固定量を増加させる方向に働く。

畑転換に伴い、土壌の窒素代謝も変化する⁶⁾。畑地化が進むに伴い、土壌中の窒素の無機化が促進され、有機化が抑制される。そのため、次第に土壌から無機化する窒素の量が多くなるが、この

ことは、土壌中の易分解性窒素の減少につながる。従って、畑転換による窒素無機化の促進によって次第に窒素無機化量は増加するものの、ある程度窒素無機化量が増加した後は、易分解性窒素が減少し、窒素無機化量も減少する方向へ動くことになる。また、畑地化に伴い、硝化作用も促進されるため、土壌中のアンモニア態窒素は、流亡しやすい硝酸態窒素に変化していく。さらに、重粘上転換畑の転換初期では、硝酸態窒素は脱窒することが多い⁷⁾ので、土壌中の無機態窒素は流亡、脱窒によって失われることになり、このことも土壌中の無機態窒素を減少させる方向に働く。土壌中の地力窒素は、このようにして減耗すると考えられるが、有機物施用によって土壌中の易分解性窒素、無機態窒素量は維持回復される可能性がある。すなわち、有機物施用は、土壌からの窒素供給量を増加させ、ダイズの生育収量を増加させる可能性がある。

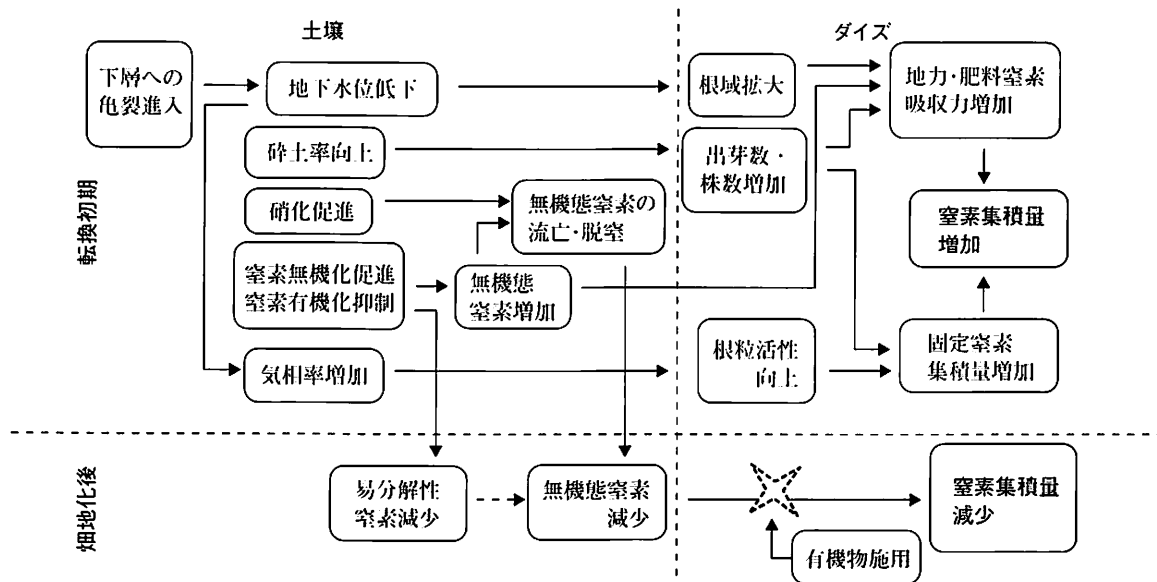


図3-3-1 畑転換、およびその後における重粘土壤・ダイズの変化

b) 転換年次、水分条件が地力、ダイズに及ぼす影響

水分条件の異なる圃場における、土壌の窒素無機化量、ダイズの収量の推移を示した(図3-3-2)。湿潤処理は、場内圃場では梅雨時の明きよ湛水の有無、営農試験地では暗きよ敷設の有無である。いずれの圃場の通常区でも、転換年次の経過に伴い、窒素無機化量が減少する傾向を示したが、湿潤区では窒素無機化量の減少はみられなかった。それに対し、収量は湿潤区で低い傾向を示した。なお、2003年の収量が低かったことは、転換年次の経過に伴う地力窒素の減耗により減収したと解釈することもできるが、2003年は登熟期の降水量が多く、圃場に滞水することもあったため、気象条件の影響によって減収したと考えられた。

場内圃場における、土壌の窒素無機化量、およびダイズの硝酸態・アミド態窒素吸収量(地力、肥料に由来)、ウレイド態窒素集積量(主に固定窒素に由来)の推移を示した(図3-3-3)。なお、2002年の硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量は、最終測定が早かったため、実際の集積量より低い値となった可能性がある。通常区に対して湿潤区では、硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量のいずれも減少した。窒素無機化量と硝酸態・アミド態窒素吸収量は必ずしも一致せず、湿潤区の硝酸態・アミド態窒素吸収量は、土壌の窒素無機化量より低い値を示すことが多かった。

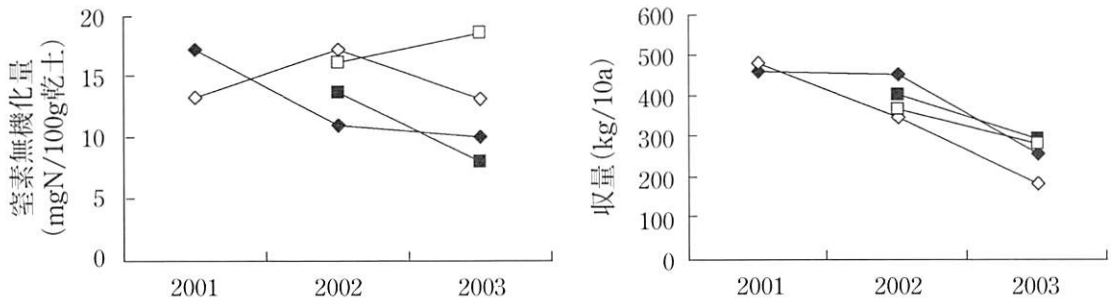


図3-3-2 水分条件、転換年次が土壌の窒素無機化量、ダイズの収量に及ぼす影響

◆：場内圃場通常区、◇：場内圃場湿潤区、■：営農試験地通常区、□：営農試験地湿潤区。
 場内圃場は2001年に畑転換し、湿潤区は梅雨時に人為的に湿潤処理を行った。
 営農試験地は2002年に畑転換しており、通常区は暗きょ敷設圃場である。

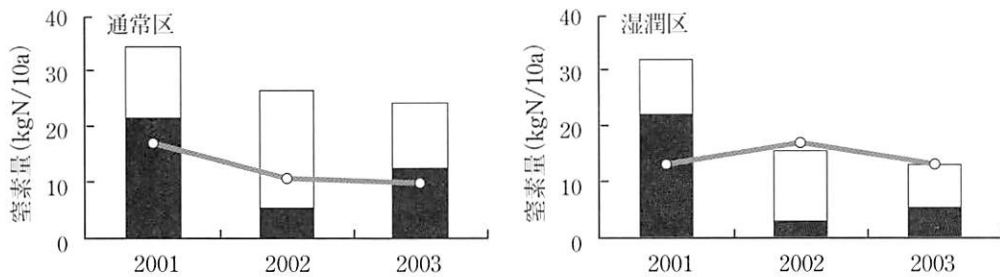


図3-3-3 湿潤処理の有無、転換年次がダイズの窒素吸収・集積量、土壌の窒素無機化量に及ぼす影響

■：硝酸態・アミド態窒素吸収量の積算値、□：ウレイド態窒素集積量の積算値、
 ◇：窒素無機化量（作土10cm、仮比重1で換算）。
 処理内容は図2と同様である。

c) 有機物施用が地力、ダイズに及ぼす影響

有機物を施用しない場合、転換年次の経過に伴い、土壌の窒素無機化量は減少した(図3-3-4)。しかし、有機物施用によって、窒素無機化量を転換初年目並の値に維持することができた。収量は転換初年目に比べ、2～3年目で増加したが、有機物施用による増加はわずかであった。

硝酸態・アミド態窒素吸収量、ウレイド態窒素集積量は年度によって異なったが、転換年次に伴う変化はみられなかった(図3-3-5)。また、有機物施用によってこれらの窒素吸収量・集積量が大きく変化することもなかった。

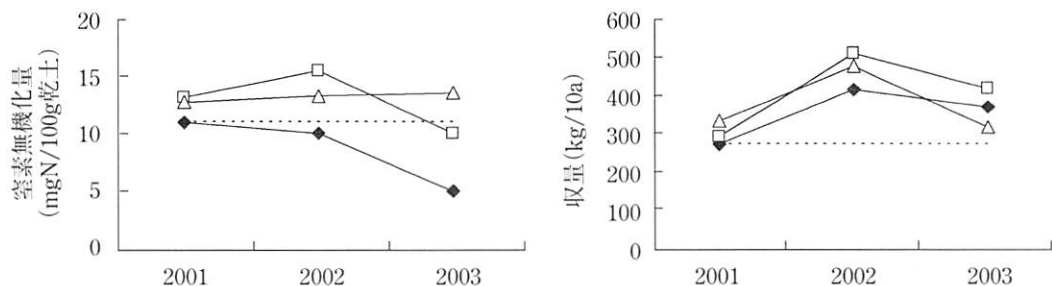


図3-3-4 転換年次、有機物施用が土壌の窒素無機化量、ダイズの収量に及ぼす影響

◆：有機物無施用区、□：有機物1kg/m²施用区、△：有機物2kg/m²施用区。

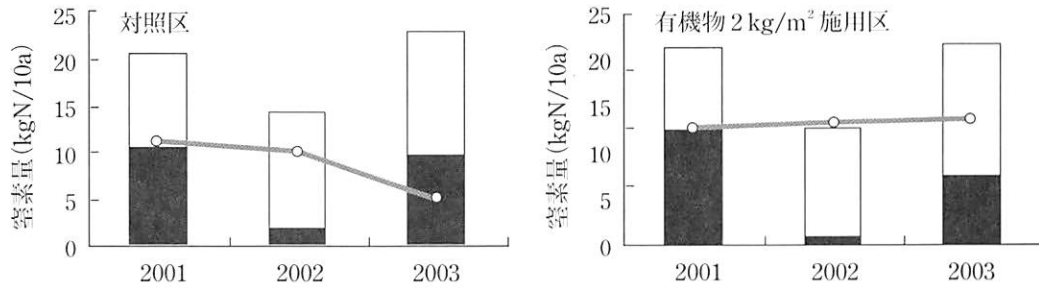


図3-3-5 有機物使用、転換年次がダイズの窒素吸収・集積量、土壌の窒素無機化量に及ぼす影響

■：硝酸態・アミド態窒素吸収量の積算値、□：ウレイド態窒素集積量の積算値。
◇：窒素無機化量（作土10cm、仮比重1で換算）。
供試圃場は図4と同様。

d 考察

a) 畑転換の影響

北陸地方における重粘土水田の畑地化には、2～3年を要する⁵⁾。畑転換後2～3年目までは、転換年次の経過に伴いダイズの収量も増加するが、以後、収量は不安定となり、増収傾向を示すとは言えなくなる^{2,6)}。すなわち、転換年次の経過に伴い、地下水位の低下、土壌の気相率の増加などの変化、いわゆる「畑地化」が進行し、ダイズも増収傾向を示すが、その傾向は畑転換後2～3年で頭打ちとなる。

畑転換2～3年でダイズの増収が停滞する原因としては、連作障害、地力減耗が想定される⁸⁾。しかし、北陸地方の重粘土転換畑では、黒根腐病が散見される程度であるため、連作障害ではなく、地力減耗が収量停滞の主因と思われる。地力減耗の原因としては、土壌窒素の無機化促進による易分解性窒素の減少がある。また、無機態窒素の硝酸化成によって流亡、脱窒が増えることも挙げられる。

土壌から無機化する窒素の量は、畑地化が進んだ条件下では、転換年次の経過に伴って低下する(図3-3-2、4)が、湿潤条件で窒素無機化量の低下が見られなかったことは、畑地化が進行していない土壌では、易分解性窒素も豊富であることを示唆している。

以上のことは、①北陸地方の重粘土転換畑における転換初期圃場では、畑地化が進行しておらず、ダイズの収量水準が低いが、土壌の易分解性窒素は豊富であること、②畑地化が進むとダイズの収量が増加するが、土壌の易分解性窒素は減少することを示唆する。今回の結果では、土壌の無機態窒素の減少によってダイズの収量が減少することを確認することはできなかったが、これは、転換3年目程度では畑地化の影響と地力減耗の影響が相殺しあうことなどが考えられよう。しかし、現時点で結論を下すには、データが不十分である。

湿潤な条件でもさらに転換年次が経過すれば、畑転換に伴う地力窒素、ダイズ収量の減少が起こる可能性があったが、いずれにしても、北陸地方の重粘土転換畑の転換初期圃場では、水分条件が、地力窒素、ダイズ収量に大きく影響すると考えられた。

b) 地力窒素減耗対策としての有機物施用

畑転換に伴う地力窒素の減耗を軽減する方策として有機物施用があるが、ある程度連用しないと増収効果は見られないとの報告がある⁴⁾。今回の結果でも、有機物施用によって、窒素無機化量は転換初年目程度に維持されたが、収量が大きく向上することはなかった。今回の結果では地力窒

素の減耗によってダイズが減収することを確認することができなかったが、その試験期間においては、有機物施用によるダイズの増収も確認できなかった。すなわち、北陸地方の重粘土転換畑の転換初期では、有機物施用によって土壌の無機態窒素量の減少は回避できるものの、それによるダイズの増収までは期待できないと言えよう。

e 摘要

- 1) 北陸地方の重粘土転換畑における地力窒素（土壌から無機化する窒素）、ダイズに影響する要因を整理した。北陸地方の重粘土転換畑では、畑地化に伴い、ダイズの根、根粒の働きが活発になり、窒素集積量が増加する。また、窒素の無機化量が多くなり、有機化量が少なくなるため、土壌中の無機態窒素が相対的に増加する。一方、畑地化が進むに従って、易分解性窒素は減少する。また、硝化速度も増加するため、無機化した窒素は流亡しやすくなる。そのため、ある程度以上、畑地化が進行すると、地力窒素が減耗方向に変化すると考えられる。
- 2) 窒素無機化量は、湿潤条件では転換年次が経過してもほとんど減少しなかった。しかし、それより乾燥した条件では、転換年次に伴って減少し、畑地化が進行した圃場では、地力窒素も減耗するものと考えられた。しかし、収量は湿潤条件で低い値を示した。
- 3) 有機物施用は、転換年次の経過に伴う窒素無機化量の減少を軽減した。しかし、有機物 2t/10aを2～3年連用しても、ダイズの著しい増収は見られなかった。
- 4) 以上、北陸地方の重粘土転換畑では地力窒素が減耗するが、転換初期においては地力窒素よりも水分条件がダイズに大きく影響するものと考えられた。

f 引用文献

- 1) 阿江教治・仁紫宏保（1983）大豆根系の酸素要求特性及び水田転換畑における意義。土肥誌，54，453-459
- 2) 青田精一・渡辺好昭・石田良作（1983）低湿重粘土転換畑における大豆の生育・収量の経年変化。北陸作物学会報，18，18-21
- 3) 有原丈二（2003）“3）土壌窒素とダイズ収量”。海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編，中央農業総合研究センター，総合農業研究叢書，44，379-382
- 4) 工藤康文・小代寛正（1986）黒色火山灰土壌転換畑におけるダイズの早播多収栽培法 第2報 堆肥の連用効果と窒素追肥について。九州農研，48，56
- 5) 中野啓三（1978）低湿重粘土水田の畑転換に伴う土壌物理性の推移。北陸農試報，21，63-94
- 6) 西尾 隆・鳥山和伸・関矢博幸・古賀野完爾（1997）転換畑土壌の窒素代謝能の経年変化と大豆の収量。土肥誌，68，659-666
- 7) 西天 浩（1987）汎用化水田における窒素の動向と作物による吸収—低湿重粘土水田を中心として—。新潟アグロノミー，23，17-37
- 8) 山本泰由（2003）“1）水田輪作”。海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編，中央農業総合研究センター，総合農業研究叢書，44，309-313

（○松崎守夫・高橋智紀・細川 寿）

4. ダイズ営農試験地における導入技術の実証と評価

1) 営農試験地における導入技術の実証と効果

a はしがき

北陸地域における重粘土転換畑でのダイズ栽培では、排水不良による碎土性の低下や湿害が課題であり、さらに、湿田で碎土率が低い場合には、雑草の発生等も大きな問題となる。またダイズの耕うん播種は、梅雨に入るまでの5月下旬から6月上旬の天候の良い間に作業を行うため、晴天が続いた場合は、土壤の乾燥により発芽が遅れ生育が停滞する要因となっている。そこで、これらの問題を解決するための個別技術を開発し、営農試験地農家に導入して低コストで省力的な作業体系の組み立てと実証を行い、その効果を検討した。具体的には、播種時と梅雨時の湿害と乾燥害を回避するための耕うん同時畝立て播種作業技術、湿害を回避・軽減するための被覆尿素肥料施用技術、除草効果を高めるための低コスト除草剤（液剤）散布装置、アブラムシ等の被害を軽減する薬剤散布装置等を導入した体系を、ダイズ作農家を対象に検討した。

なお、耕うんについては第3章-1、被覆尿素については第3章-2、耕うんの経営評価については第3章-4-2) に詳細に記述している。

b 営農試験地の概要

営農試験地農家のダイズ関係所有機械を表3-41)-1に示す。2戸で生産組織を作っているため、トラクタやロータリの保有台数が多くなっている。営農試験地農家のダイズ圃場（自作地・借地）と自宅までの直線距離は、500m以上が圃場面積割合で約60%（図3-41)-1）と遠くに分散している。耕うん作業時のトラクタは自走により圃場まで移動するが、ダイズ作業時には播種機等の別の作業機も移動する必要がある。また、収穫用のコンバインは、長距離の自走が困難であるため、トレーラにより搬送を行っている。

耕うん前のほぼ同じ日の圃場毎の土壤含水比は、含水比60%以上が約6割を占め全体的に高い水分であった（図3-41)-2）。営農試験地域の土壤は粘土の割合が多いため、70%以上の土壤含水比になると、耕うんしにくい状態になる。また、50%以上でも碎土率を確保するためには作業速度を遅くするなどの注意が必要となる。さらに、碎土性が悪い圃場でダイズを栽培した場合は、アメリカセンダングサ等の大型雑草の発生も多くみられる。

これらのことから、営農試験地では、耕うん播種作業能率の低下、碎土性の低下、連作圃場での雑草の播種機への絡み、ダイズ生育中の雑草発生等が問題となっている。

表3-4-1)-1 営農試験地農家のダイズ関係作業機所有状況

作業名	作業機名	型式	仕様
明きょ施工	*1 オーガトレンチャ	Ko社RT40A	
弾丸暗きょ施工	*2 サブソイラ	Ko社DP500	
石灰散布	ブロードキャスタ	S社BF-401-S	400リットル
耕うん (トラクタ)	セミクローラトラクタ	I社GEAS373	37PS
	クローラトラクタ	Mi社MKM-70	70PS
	ホイールトラクタ	I社TL3202	32PS
	*1 セミクローラトラクタ	I社TK33	33PS
	*1 ホイールトラクタ	I社ランドリーダー 250	25PS
	アップカッターロータリ	Ma社FU-1805F	1.8m
	アップカッターロータリ	Ko社KUL185TOL	1.8m
	ダウンカッターロータリ	Ko社ML-200SRT	2.0m
	*1 ダウンカッターロータリ	Ko社SA1700	1.7m
播種	ドライブハロー	Ko社G201	2.0m
	施肥播種機	Mu社	2条用
中耕培土	ハイクリアランストラクタ	Y社F-250	25PS
	カルチベータ	Y社CF202LM	2連用 (中央無し)
除草剤散布	動力散噴機		粒剤散布 (播種直後)
	動力噴霧機		液剤散布 (条間・畦畔)
	背負い草刈り機		条間・畦畔
防除	動力散噴機	多孔ホース噴頭	粉剤散布
収穫	*2 ダイズ用コンバイン	Y社GS320	2条タンク式
	トレーラー	A社T5040型	油圧式荷台傾斜機構

*1 共同作業保有 *2 2戸で保有

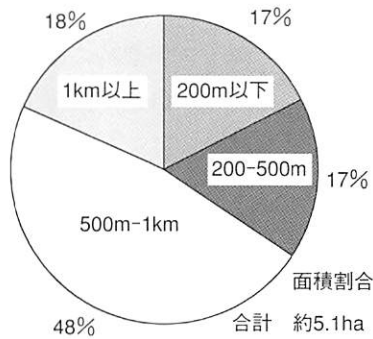


図3-4-1)-1 圃場までの距離の割合

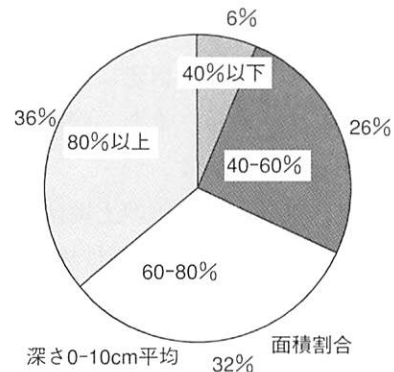


図3-4-1)-2 耕うん前土壌含水比の分布

c 慣行作業体系

営農試験地における耕うん作業体系は、当初ダウンカッターロータリ2台とドライブハローに3連播種機を取り付けて作業を行っていた。しかし、ダイズ連作圃場では1回耕うん後でも雑草が埋没せず、播種機の接地駆動輪に雑草が絡まり作業能率が低下した。そこで、クローラトラクタにアップカッターロータリを装着し、雑草を埋没させる体系に変更した (図3-4-1)-3・表3-4-1)-2の体系1から体系2)。しかし、圃場が未整備で、土壌含水比が高い圃場では、クローラ等の大型作業機による旋回が困難な状況であった。また別工程作業のため、耕うん後の降雨により、播種できない圃場が発生した。

施肥は通常のダイズ専用化成肥料を使用しており、施肥量は、当初の肥料（N-P₂O₅-K₂O=4-15-20%）では40kg/10a、平成14年頃からの窒素成分が2倍になった新肥料（N-P₂O₅-K₂O=8-20-30%）では20kg/10aであった。

除草剤の散布は、播種面積がまとまった時点で、ベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニユロン剤の細粒剤を背負い散布機で散布した。

中耕培土作業は、2連の中耕管理機、防除は背負い動力散粉機+多孔ホース噴頭、収穫は2条用のコンバインであった。

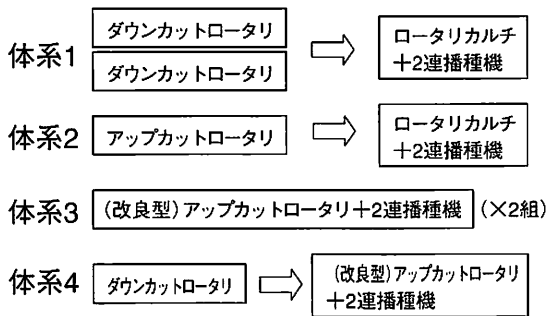


図3-4-1)-3 耕うん作業体系

表3-4-1)-2 体系後の作業人数・作業速度

	作業人数		作業速度 (m/s)		
	オペレータ	補助者	耕うん	(耕うん+)	播種
体系1	3	2	0.08	—	0.39~0.47
体系2	2	1~2	0.46	—	0.39~0.47
体系3	1(2)	1(2)	—	—	0.39~0.41
体系4	2	1	0.48	—	0.41

() 内は、作業が2組の場合

d 導入技術

a) 耕うん関連作業機

平成13年度は、耕うん軸をフランジ型からホルダー型に改良したアップカットロータリ（耕うん幅約150cm）後方に播種機を2連取り付け、軸改良による碎土性向上と同時作業による降雨リスク回避を図る耕うん同時播種機を農家へ導入した。さらに、平成14年からは、ロータリの爪の曲がりを畝中心にそろえて取り付けて、耕うんと同時に畝立て播種を行う作業機の実証を営農試験地で実施した。また平成15年には、実証試験に加えて、営農試験地農家自ら耕うん同時畝立て播種作業技術を導入した。さらに、改良型の耕うん同時播種作業機を関連実証のための5組織に持ち込み、作業を実施した（表3-4-1)-3）。

表3-4-1)-3 関連実証試験地圃場の概要と導入技術

組織名	面積 (ha)	その他	慣行作業体系	実証作業	実証面積 (ha)	作業日	その他
F生産組合	5.6	種子生産	ダウン+ハロー+播種	改良アップカット+播種 (播種時同時薬剤散布)	3.1	5/24~26	
Ko転作組合	12.6		ダウン+ハロー+ハロー・播種	改良アップカット+播種	2.0	5/28~29	県実証圃
K農場	12.0	5ha種子	ダウン+ハロー+播種	改良アップカット+播種 中耕培土時薬剤散布	0.8	6/10	代かき圃場
Ka転作組合	18.5		ダウン+ダウン+ダウン+アップ+播種	改良アップカット	9.0	6/5~8	
A.A. (営農試験地)	14.0		ダウン+ドライブ+播種他 アップ+ドライブ+播種 アップ+播種 ダウン+アップ+播種	改良アップカット+播種	7.0	5/27~6/5	
				耕うん同時畝立て	1.5	6/6~7	
				低コスト除草剤散布	14.0	6/2~8	
				緩効性肥料	0.7		

b) 被覆尿素肥料

湿害の回避・軽減を図るため、肥料種類、施肥方法と施肥量を検討し、営農試験圃場で実証試験を行った。また、被覆尿素は播種時施用とし、従来の化成肥料と合わせて施用する必要があるため、施用方法についても検討と実証試験を行った。

c) 低コスト液剤散布装置

ダイズ播種直後の除草剤は、同じ成分で粒剤と乳剤があるが、粒剤は動力散布機を使うことにより、高い作業能率で散布を行うことが可能である。しかし、散布精度や除草効果からは、液剤の散布が非常に有効である。そこで乗用型管理機に装着する散布機ではなく、農家が所有しているトラクタ装着型のキャリアに、動力噴霧機、300リットルタンクとブーム+サイドノズルを装着した作業機(図3-4-1)-4)を取り付け、低コストで液剤が散布できる作業機を試作し、営農試験地において実証試験を行った。

d) 薬剤散布装置

営農試験地周辺農家では、平成14年度に、ジャガイモヒゲナガアブラムシが大発生し、収穫1ヶ月前の9月頃から落葉する圃場が見られた。そのため、平成15年に大発生する危険性のあることを考慮し、播種時もしくは中耕培土時に、エチルチオメトン粒剤が散布できる装置を準備・試作し、営農試験地および関連実証試験地に導入した。播種時の薬剤施用は、ホoppaと繰り出し装置からなる薬剤散布装置が平成15年度から市販化されたため、播種列毎に薬剤散布装置を取り付けた(図3-4-1)-5)。中耕培土作業時施用は、3条用の中耕培土作業機では、薬剤散布装置を4個取り付け(図3-4-1)-6)、中央の2個は標準の繰り出し量に、両側の2個は標準の1/2の繰り出し量に設定した。

e 導入技術の効果

a) 耕うん関連作業機

耕うん同時播種作業機は、耕うんと播種が一工程で作業できるために、耕うん後の降雨による播種作業の遅延を防止することができた。さらに、播種時期は天候が良い場合が多く、耕うんと播種を別工程で行うと、圃場が乾燥し過ぎて降雨がなければ発芽しない状況がしばしば発生する。耕うん播種同時作業を関連実証試験地に導入したところ、慣行の別工程作業では、播種時の土壤含水比が20%以下になり発芽が遅れたが、同時作業では、播種時の土壤含水比が35%であったため、スムーズな発芽となった。苗立数は、別工程約12本/mに対し、同時作業約15本/mで、生育の揃いも同時作業が良好であった(図3-4-1)-7)。

営農試験地で農家が実施した圃場は、例年水分が高くて播種ができない、あるいは播種できても梅雨時の降雨で枯死する可能性が極めて高い圃場であった。耕うん同時畝立て播種を行った結果、耕うん時は雑草が約30cm程度であったが一工程で播種までの作業が終了し(図3-4-1)-8)、大雨でもダイズが水没することなく(図3-4-1)-9)収穫することが可能であった。

b) 被覆尿素肥料

被覆尿素については、主に平成14年度は被覆尿素の種類と効果について検討し、平成15年度は、施肥方法と施肥量について実証試験を行った。その結果、化成肥料に加えて、LP100の肥料を窒素成分で5kg/10a条施用することにより、湿害圃場でも収量低下を軽減することが確認された。

被覆尿素の施用作業機としては、当初図3-4-1)-10)に示すように、化成肥料と被覆尿素を別々のホoppaに入れ、ロール繰り出しにより施用する方法を検討した。しかし、繰り出し装置が別に必要

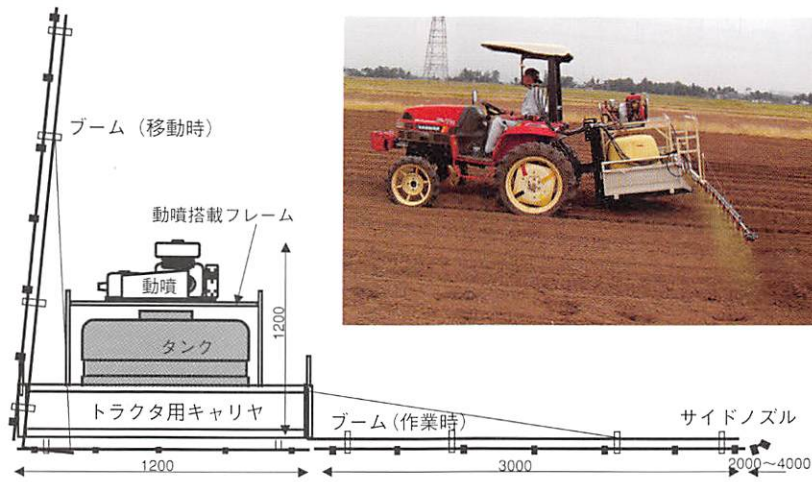


図3-4-1)-4 低コスト型除草剤散布装置



図3-4-1)-5 播種同時薬剤散布装置



図3-4-1)-6 中耕培土同時薬剤散布装置

耕うん後播種 (苗立ち本数:12.1本/m²)



6/15



7/9



7/15

耕うん同時播種 (苗立ち本数:15.3本/m²)



図3-4-1)-7 耕うん同時播種作業の苗立ち状況



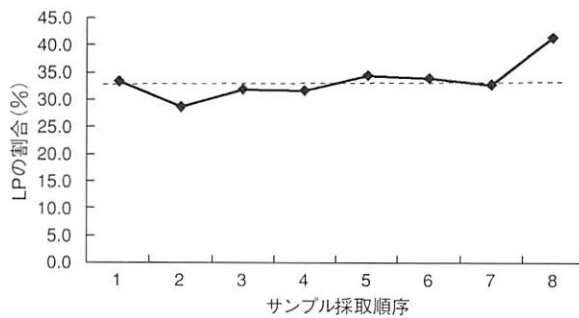
図3-4-1)-8 雑草が多い湿田の畝立て作業



図3-4-1)-9 降雨直後の畝立て圃場 (8/19)



図3-4-1)-10 2種類の肥料を同時に施用する作業機 (左:A社、右:M社)



LP100:2.5kg、ニュー大豆800:5kgを混合機で1分攪拌
ロール式施肥機、約900g繰り出し後、75gサンプリング

図3-4-1)-11 混合肥料の繰り出し割合



図3-4-1)-12 試作混合肥料

であることや肥料を分けて投入することを考慮し、最初から2種類の肥料を混合して施用した場合の精度を確認した。混合肥料を投入した作業機に、一定時間毎に肥料を取り出し、その割合を分析した結果、化成と被覆尿素が常にほぼ一定の割合で排出されていた(図3-4-1)-11)。そこで、あらかじめ $N-P_2O_5-K_2O=18-13-20\%$ となるように混合した肥料を肥料工場で作製し(図3-4-1)-12)、従来と同じ作業機で施肥量を20kg/10aから30kg/10aに多くして施用した。

c) 低コスト液剤散布装置

ダイズ播種直後に、液剤の除草剤を散布すると、粒剤の除草剤を散布した圃場や除草剤を散布しない圃場に比べ、雑草本数、雑草重量ともに少なく効果が高くなった(表3-4-1)-4)。低コスト液剤散布装置の散布幅は、両端のサイドノズルを使わない場合は7.2m、使った場合は最大約15mの散布幅であり、圃場内作業能率は非常に高くなったが、散布作業員1名に対し、水の供給に1~2名が必要であった。さらに、希釈水としてフィルター等を使用して用水を汲み上げ使用した場合は、小さなゴミが含まれており、散布ノズルの詰まりが発生したため、噴頭内の三ッ切パッキンを取り外して使用した。

d) 薬剤散布装置

関連実証試験地でダイズ播種時に薬剤散布を行った結果、土壌水分が高く碎土性が低くて土塊が大きい場合は、播種溝までの誘導パイプの位置が安定せず、播種溝から散布位置がずれる場合が認められたが、碎土性が良い場合は安定して施用することができた。中耕培土作業時の条施用作業機は、これまでの全面散布に比べて効率的に散布することが可能であった。薬剤散布装置が中耕培土機の後方に取り付けられており、防除指針と同様に薬剤は株元に散布されるため、効果は十分であると判断した。

e) 経営評価

耕うん同時畝立て作業機の本体価格が約50万円(耐用年数5年)、播種機は既存のものを利用し、収量が約10%(20kg/10a=約4,000円相当)増収すると仮定すると、作業機の導入経費を回収できる最小ダイズ作面積は、約2.5haであった(表3-4-1)-5)。これまでの実証試験による増収の割合が10~20%であること、1シーズンの作業可能面積が重粘土地域では10ha程度と考えると、導入のメリットは高いと考えられた。被覆尿素施用は、畝立てができない場合等の湿田圃場で湿害を軽減するために導入するとの条件設定下では、肥料代金(約2,200円/10a)の投入に対し、収量が約10%(20kg/10a)増加すると、10a当たりの収益増は約1,800円であった(表3-4-1)-6)。

表3-4-1)-4 除草剤散布と雑草量

	本数(本/m ²)	重量(g/m ²)
液剤散布	123	36.3
粒剤散布	317	80.1
無散布	578	183.0

2003/6/3耕うん、6/4散布、7/9調査
液剤、液剤ともにクリアターン、散布量は標準

表3-4-1)-5 耕うん同時畝立ての効果

導入技術による 収量増効果	作業面積 (ha)	所得増加額 (万円/年)
10%(20kg/10a)	5	11
	10	31
20%(40kg/10a)	5	31
	10	71

ダイズ価格：12,000円/60kg
作業機価格50万円、耐用年数5年、残存価格1割で計算

表3-4-1)-6 耕うん同時畝立てと被覆尿素の導入効果

導入技術	導入技術による 収量増効果	技術のコスト	導入条件等
耕うん同時畝立	10～20% (20～40kg/10a)	50万円/台 (ロータリのみ)	重粘土転換畑 (基盤整備圃場を含む)
被覆尿素 (LP100)	約10% (20kg/10a)	施用量N：5 kg/10a (2210円/10a)	畝立てができない湿害 発生圃場

f 摘要

ダイズの耕うん同時畝立て播種作業技術、被覆尿素施用による湿害軽減技術等を営農試験地農家や関連実証試験地へ導入し、その効果、作業性、作業精度等を検討した。耕うん同時作業や同時畝立て作業では、発芽の安定、湿害の回避、収量の増加等の効果が得られ、約2.5ha以上の面積に導入することにより作業機の導入経費を回収できる。また、被覆尿素については、耕うん同時畝立て作業ができない湿田等に導入した場合、収量を6%以上増加させることにより、投入代金の回収が可能となると判断した。

液剤の除草剤散布装置は、低コストでしかも除草効果が高いことが確認された。また、播種時や中耕培土時の薬剤散布作業は、施肥ユニットを装着することにより、防除指針に沿った散布が可能となった。

(○細川 寿・高橋智紀・松崎守夫・塩谷幸治)

2) ダイズ営農試験地の概要と導入耕うん技術の評価

a 営農試験地の概要

営農試験地の対象である上越市K経営の概況は、次の通りである。平成13年の経営耕地面積は水田約18ha、畑3a、主たる経営部門は、水稻、転作（大豆‘エンレイ’が主、一部ソバ）、野菜である。基幹労働力は3名で、K本人、その妻、長男（農業後継者）である。この他、長女が補助的に農業を手伝う。主たる機械装備は、トラクタ2台（70ps、37ps）、乗用田植機8条、乾燥機（50石が2台、32石）、この他、後述する転作組織としての大豆作機械として、トラクタ1台（25ps）、施肥播種機（2条）1台、中耕培土機（2連ロータリカルチ）1台を所有し、更に、JAから汎用コンバイン（刈り幅1.4m）1台、オーガトレンチャー 1台をリースしている。

K経営は、平成10年より大豆作を導入した。平成12年に隣接集落のY経営（主要部門は、水稻＋大豆＋花、労働力2名、農業後継者なし）と転作機械利用組合（K経営とY経営から構成される任意組織）を結成し、主に大豆作の播種・中耕培土・収穫作業等の機械作業を実施し、周辺地域から依頼される転作大豆の作業請け負うも行う。オペレータは3名（K本人、K長男、Y経営主）である。

K経営の周辺地域は、近年50aに整備された排水性の良い大区画ほ場も存在するが、昭和30年頃の20aを基本とした区画整理だけ実施された（通常暗きよもない）ほ場も少なからず存在してい

る。K経営は、整備済みほ場だけでなく、条件の悪いほ場でも大豆作を行っている。また、K経営では、機械の効率的稼働を考慮して、なるべく近隣に、自作地・借地・作業受託地をまとめて、1団地1ha程度をメヤスとした団地化を工夫している。しかしながら、10a区画が1枚飛び地になるなどのほ場の分散の問題や、数枚のほ場が距離的には近くにまとまっても周囲は水田に囲まれるなどの問題を抱えている。K経営の所属集落では、集団的土地利用によるブロックローテーションは成立していない。また、大豆作が2年連作となるほ場もでていた。ただし、平成13、14年に比べ、平成15年は条件の良い整備済み圃場での大豆作付割合が高くなった。

転作組合では、大豆作主要機械の稼働率確保のメヤスに最低10ha程度の作業面積が必要との認識の下で、播種・中耕培土・収穫等の主要作業に関して、平成13年、14年と約14haの各作業を実施した（K経営が約2/3の割合を占める）。平成13年の10a当たり大豆単収はK経営で170～180kg‘エンレイ’、平成14年は約200Kgであった。平成15年も従来と同程度の作業面積を実施している。

b 技術導入の状況

－大豆耕うん播種作業体系の変更（平成13年から14年以降の改良点）－

平成13年は、耕うんと播種を別の工程とし、「圃場を、1～2回耕うん（OP1名）した後に、ドライブローで砕土しながら施肥・播種（3条播種；OP1名、補助2名）する」という方式をとっていた。また、耕うん作業は播種作業に比べ能率が落ちる（遅い）ので、耕うん作業にトラクター2台を、施肥・播種作業にトラクター1台を使用していた。しかしながら、耕うん作業直後の降雨によりほ場条件が悪化し、播種機が入ることができない状況となり、耕うん後相当期間において播種せざるをえない状態や大豆からソバに切り替える等の状態が発生した。

北陸研究センターが実施する地域総合研究としては、平成13年にK経営のほ場の一部で、アップカット耕うん同時播種機（2条）（OP1名＋補助1名）を実演、同年6月中旬以降にK経営がこの開発作業機の利用を開始した。平成14年からは、本格的に、北陸研究センターで改良した「アップカット耕うん同時播種機」（2条）を導入し、更に、K経営がアップカットを別途1台購入した。その結果、平成14、15年と、作業適期内の6月上旬に播種を終了した。平成14年以降、平成13年にみられた降雨による耕うん・播種作業の遅延や中断といった状況は発生していない。

更に、平成15年は、K経営の排水性が悪い圃場で少しでも大豆収量を増加させたいという動機から、北陸研究センターで開発中の「アップカット耕うん同時畝立て播種作業機」への利用要請があり、区画整理のみ実施の小区画圃場（10a～20a圃場5枚；合計約0.7ha）で試験利用された。

c 技術導入後の改善効果に関する分析

－アップカットロータリー利用の「耕うん同時播種機」、「耕うん同時畝立て播種機」の効果－

(1) アップカットロータリー利用の「耕うん同時播種機」の効果

① 地域総合現地実証経営における作業改善効果

地域総合現地実証経営では、平成13年は、ダウンカットロータリー耕うん作業直後の降雨でほ場条件が悪化し、耕うん後相当期間において播種したり大豆播種を断念するほ場が複数存在した。アップカット耕うん同時播種機を本格的に利用を開始した平成14年は、6月5日に播種を終了し、作業上の問題は生じなかった（表1参照）。平成15年も同様な状況であった。

② アップカット耕うん同時播種機の作業能率と作業可能面積

団地化の有無等そのほ場1枚の条件にもよるが、アップカット耕うん同時播種機の作業能率は

約1時間/10aである。過去3カ年(平成12~14年)の降雨リスクを考慮した作業可能面積の試算では、作業機1台当たりで、6月上旬までに耕うん・播種作業は約10ha可能との結果が得られた(作業機2台なら約20ha可能)。

③ アップカット耕うん同時播種機導入に係る経費とその購入費用の回収可能性

- a この作業機1台を新規購入した場合の年償却額は約10万円/年(新規購入見積り総額約50万円;耐用年数5年)である。K経営の属する地域で実施されている全作業受託の場合に耕作者が助成金4万円と大豆販売収益を受取る方式で考えると、大豆単収が200kgを超える場合、10a当たり収益が4万円を大きく割ることはないと考えられ、作業機1台の新規導入購入は大豆全作業受託面積が約30a増加すればほぼ回収可能と判断できる。なお、大豆播種機は、既存所有のもの(3条の場合、2条に変更)を利用し、播種機の新規購入がないことを前提とした試算である。
- b 地域総合現地農家を含む上越地域では、地域総合研究開始に数年先行して、既存所有の水稲利用が主体のダウンカットロータリ耕うんと施肥播種機(3~4連)を利用した耕うんと播種を別工程で実施する体系が定着している。このため、既存の大豆作経営で、アップカットロータリは別途新規に追加購入する必要が生じる(水稲作には、アップカットロータリは利用していない)。
- c なお、この作業機を利用した農家・生産組合では安定発芽を確保したとの印象があるが、安定発芽確保=収量増という単純な図式ではないので、収量増効果をこの試算には見込んでいない点に留意する必要がある。

表3-4-2)-1 調査経営体における降雨の状況と作業実施状況

2001年	5月						6月																														
日	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
当日降水量	0.5	0	0.5	0	1	8	1	0	0	0	1	1	5.5	0	0	13	6.5	0	3.5	3.5	2.4	0.5	0	0	9.5	4.5	0	0	0	3.1	4.5	0	2.8	0	1.9	2.4	
作業可否判定	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	△	○	○	×	×	△	△	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
実際の耕うん実施日		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*							*												
実際の播種実施日		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*							*												

(耕うんと播種が別工程)

2002年	5月						6月																															
日	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
当日降水量	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5	1.5	0	3.6	2	0	0	5.5	0	0	0	0	0	0	1.6	3.8	8	1.5	4	1.5	0	0	0		
作業可否判定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×	△	○	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	
実際の耕うん播種実施日	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																							

(耕うんと播種が1工程)

注1) 作業可能判定基準の考え方は、南石他「時間降水量データによる備・麦・大豆体系の作業可能時間の推計方法」(システム農学第13号第1号)に依拠した。作業限界降水量は、平成9年度の北陸試総合研究2チーム試験成績結果を用いた。具体的には、前々日5ミリ、前日5ミリ、当日(午前0~8時)2ミリ、作業中(午前8時から13時の5時間または13時から18時の5時間)降水量2ミリをとする基準を、原則にして、耕耘作業可能な可能日を判定した。ただし、別途連続して雨が降り続けたり、何10ミリという極端に大きな雨が降った場合等もその影響も考慮した。

2) 表の、○は作業可能、×は作業不能、△は作業可否の判定が微妙という記号である。

3) 調査経営体は、大豆播種作業が遅れた日、2001年の6月12日よりアップカット1工程耕うん播種機械を導入した。

4) 2003年は2002年とほぼ同様の状況なので、省略した。2003年は耕うん播種を5月27日から開始し、6月7日に終了している。うち、6月6日と7日は耕うん同時畝立て播種も実施した。

(2) アップカットロータリ利用の「耕うん同時畝立て播種機」の効果

① 降雨リスクによる作業遅延といった問題に対する作業改善効果

2チームの試験結果によれば、畝立ての有無にかかわらず、その作業速度(0.3m/秒以下)は変わらない。この点を前提とすれば、(1)の①と同様、耕うん作業と播種作業を1工程化する

ることによる降雨リスクによる播種遅延といった問題には、「耕うん同時畝立て播種機」も同様の効果をもつ。

② アップカット耕うん同時畝立て播種機の作業能率と作業可能面積

上記3)の(1)②と同様である。

(3) アップカット耕うん同時畝立て播種機導入に係る経費とその購入費用の回収可能性

作業能率・作業面積も、(畝立てしない)アップカット耕うん同時播種機と同様との設定が可能な場合、更に、同時畝立てでは収量増効果が期待できる。このため、(畝立てしない)アップカット耕うん同時播種機よりその導入効果が落ちるとは考えにくい。

d 今後の課題

(1) 3条播種に対応した作業機の検討など

作業能率が1時間当たり10aの場合、1haを標準区画とする圃場整備地域では、1日あたり約10時間近く作業機を稼働させて、1ha圃場を1枚こなすことができる。他方、従来の播種直前に複数台のトラクタ装着のダウンカットロータリ耕うんを行い、特定日に3～4haを集中播種する地域の場合、播種作業の感覚でみると作業速度が遅いという感覚をもつようである。

このため、大規模大豆作経営でアップカット耕うん同時播種機でより大面積に対応する場合、3条播種(ロータリ幅約2.4m)への対応等の検討も重要と考える。

(2) 「畝立て」導入に必要な圃場条件に関する整理

圃場条件の著しく悪い排水性の改善が強く全面にでている関係で、以下の点の技術的整理・検討が必要である。

- ① どの程度重粘度割合が高い排水性の悪い圃場条件の場合に、同時畝立てまでが必要になるのか(畝立てしないアップカット耕うん同時播種機で十分な圃場と畝立てまで必要な圃場との技術的知見に基づく整理の問題)、
- ② 条件の良いと考えられる通常暗きよの整備された50aや1ha大区画圃場整備では利用試験は実施されていない。

(塩谷幸治)

第4章 導入輪作作物の病害虫発生実態の解明

1. 導入輪作作物における病害発生実態の解明

a はしがき

オオムギーキャベツ・ダイズの2年3作体系では、畑作物が続くことによる連作障害やオオムギ雲形病の多発による収量・品質の低下が問題となる可能性がある。また、水田地帯に散在する転換畑での病害虫発生は年次変動が大きい。そこで、転換畑に導入する輪作作物の病害発生実態を解明し、防除技術の効果的適用法を開発する。

b 調査方法

試験場内および現地圃場に栽植されたオオムギ、キャベツおよびダイズについて、圃場を巡回し、病害の発生状況を観察・調査した。病害の診断は罹病植物体の肉眼および光学顕微鏡による病徴・標徴観察、病原体の分離・同定、接種試験などにより行った。調査期間は、オオムギ圃場では1997～2003年、キャベツ圃場では1997年～2001年、ダイズ圃場では2002～2003年である。

c 調査結果および考察

調査期間中に発生した病害とその原因および対策を表にまとめた。

オオムギ：調査期間を通じて雲形病が確認され、1997年、1998年、2002年および2003年に発生が目立った。雲形病は *Rhynchosporium secalis* による糸状菌病害で、おもに葉や葉鞘に褐色に縁取られた灰白色の紡錘形の病斑をつくり、融合して大型病斑となる。発病が激しい場合には早くから葉が枯れ上がって生育が遅延し、収量や品質を低下させる^{1,9)}。本病は種子伝染性病害であることから、健全種子の使用と温湯浸法やチウラム・ベノミル水和剤による種子消毒が防除の基本となる^{1,2,9)}。本病菌は分生子が雨滴によって飛散することから、秋冬期に降雨回数が多い北陸地域の気象条件は本病発生に極めて好適であり、恒常的に多発生する重要病害であった^{1,2)}。近年、伝染環が解明され種子更新や種子消毒の徹底が図られたことにより、北陸地域における本病の発生は低いレベルに抑えられている。茎葉散布剤としてプロピコナゾール乳剤およびトリアジメホン水和剤の登録があり効果が高い^{1,2)}が、防除コストおよび労力の面から薬剤防除実施面積は限られている。北陸地域の主要栽培品種であるミノリムギおよびファイバースノウは雲形病に罹病性であり、防除対策を怠った場合には多発生となりやすい。環境保全型農業の推進と消費者の安全な食料へのニーズに応えるためにも、雲形病抵抗性品種の開発が必要である。このような背景から、品種開発の分担地域が本病多発地帯と重複する北陸研究センターおよび長野県農事試験場では、雲形病抵抗性を備えた高品質多収品種が育成されているが品種登録には至っていない。

オオムギでは、1999年の消雪時に株腐病の発生もみられたが、少発生で問題とならなかった。

た。株腐病は土壌伝染性の糸状菌病害で、連作した場合に多発生となる。病原は *Ceratobasidium gramineum* である²⁾。地際部の葉鞘と稈に周辺が暗褐色で中央部が淡褐色～灰白色の不整形斑紋を生じ、融合して大型病斑となる。また、積雪下での雪腐症状や地際部からの倒伏を生じることから、多発生した場合には収量と品質を大きく低下させる。本病は防除薬剤の登録はなく、プラウ耕等により被害残渣や菌核を土中に埋め込むことや、圃場のブロックローテーションなど耕種的な防除対策が基本となる。

キャベツ：生育期間中に降雨が続くことにより軟腐病、黒腐病、べと病が多発した。軟腐病や黒腐病は細菌による病害で、台風や夏から秋にかけての長雨により発病が増長される⁴⁾。軟腐病は土壌伝染性の病害であり、病原は *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* である。結球頭部あるいは地際部が軟化腐敗し、悪臭を発する。黒腐病は土壌伝染性、種子伝染性の病害であり、病原は *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* である。生育の全期間で発生し、圃場では、下葉の葉縁に外側に広がるV字形の黄色病斑を生じ、拡大して暗紫色になる。被害が激しい場合は茎の導管部が黒変する。軟腐病、黒腐病ともに水を媒介して伝染するので、圃場の排水性を改善する必要がある。一方、べと病は糸状菌による病害で、9月以降、平均気温が25℃以下に低下してからの長雨により発病が増長される。べと病の病原は絶対寄生菌の *Peronospora parasitica*⁴⁾ である。下葉や結球部に5ミリ大の黒色不定病斑を多数生じ、病斑上に白色のかびを形成する。べと病にはTPN水和剤が効果的である。軟腐病や黒腐病の防除薬剤として、オキシロニック酸・カスガマイシン水和剤を結球初期に、予防的に散布する。

ダイズ：梅雨の長雨により茎疫病や立枯病等の立枯れ性の病害が発生し、欠株する場合があった。また、8月中旬～9月上旬の多雨と低温により黒根腐病が発生した。茎疫病、立枯病、黒根腐病は土壌伝染性の糸状菌病害で、病原はそれぞれ、*Phytophthora sojae*、*Fusarium* spp.、*Calonectria crotalariae* である^{4,6,9)}。

茎疫病は生育の全期間を通じて発病するとされている⁶⁾が、上越では6月の第2～3本葉展開中の伸長期に発生した。圃場で列状または点状に株が萎凋、枯死し、欠株を生じた。茎の地際部に水浸状の条斑ができ、この病斑部を水に浸すと一晩で *Phytophthora* 属菌の遊走子嚢と遊走子が確認された。

立枯病は葉縁部分から枯れはじめ、萎凋・枯死した。茎の地際部分に暗褐色の条斑を生じ導管が褐変し、病斑および褐変部分からは *Fusarium* 属菌のみが分離された。

黒根腐病は早期に葉が黄化したり、収穫期に灰白色に枯れあがるやや小型化した株となった。茎の地際部から根にかけて黒褐色になり、暗赤色の子嚢殻が多数形成される場合があった。根はしばしば細根が脱落していた。いずれの病害も連作により発病が助長される⁶⁾。また、茎疫病と黒根腐病は土壌水分が高いことでも発病が助長される^{4,6,9)}ので、防除には排水対策を中心とする圃場の整備、高畦栽培などを行う。

葉では、開花期以降に葉焼病やべと病が散見された。

葉焼病は細菌による病害で、病原は *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* である^{4,9)}。病斑は退緑点となって現れ、のちに表面には小型（1ミリ大）の黄色斑点を、その斑点の裏に白色イボ状の突起をつくる。冷涼な地域では被害が少なく、温暖多雨な地域では被害が大きいとされている⁷⁾。国内では被害実態の調査はされていない。防除薬剤としてはバリダマイシンが登録されている⁵⁾。

べと病は低温性の病害で、冷涼多雨であった2003年にのみ散見されたが、生育とともに目立たなくなった。病原は *Peronospora manshurica* で、葉に黄白色の病斑をつくり、病斑の裏側は白色の

かびがはえる。齊藤ら⁸⁾はべと病の被害許容水準を減収率2%と仮定した場合の要防除水準を検討し、開花始めの上位葉の病斑面積率2.5% (病斑数30個/葉)と設定した。防除には健全種子を用いる⁹⁾。多発生の場合、オキサジキシル・銅水和剤を散布する^{5,8)}。

その他の病害としては、生育期間を通じて葉に、また子実肥大期から莢に炭疽病が発生していた。病原は*Colletotrichum truncatum*と*Glomerella cingulata*である。出芽直後の立枯れや葉に灰白色の病斑を形成し、また莢に発生した場合は子実肥大を阻害していた。いずれの症状も散見される程度であったが、多くの圃場で発生が確認された。炭疽病は種子伝染性であるので、防除には健全種子を用いる^{4,9)}。防除薬剤として硫酸銅、生石灰⁵⁾がある。

さらに、収穫した子実に紫色の斑点 (いわゆる紫斑粒)が生じた紫斑病が認められた。病原は*Cercospora kikuchii*である^{4,9)}。紫斑粒は外観品質を大幅に低下させるため、ダイズ病害の中で最重要病害である。チオファネートメチル耐性菌が1990年頃から全国で出現し、薬効の低下が問題となっていたが、2002年に卓効のあるアゾキシストロピン水和剤が登録された。開花期後20~35日の一回散布で防除価80以上という報告もあり³⁾、紫斑病防除薬剤として期待される。また、粉剤としてイミベンコナゾールが登録された。両剤の耐性菌が出現しないよう、使用には注意が必要である。

以上のように、導入輪作作物で警戒すべき病害とその発生条件および対策が明らかになった。オオムギでは、雲形病防除のために健全種子の使用と種子消毒の徹底を基本とし、多発生時にはプロピコナゾール乳剤等の茎葉散布を行う。キャベツでは、夏から秋にかけて多雨条件が続く場合の黒腐病と軟腐病対策としてオキサリニック酸・カスガマイシン水和剤を、9月以降低温多雨の場合はべと病対策にTPN水和剤を散布する。転換畑の排水性改善等の耕種的防除対策も重要である。ダイズでは健全種子の使用を基本とし、紫斑病防除のために開花後にアゾキシストロピン水和剤またはイミベンコナゾール粉剤を散布する。また、茎疫病や黒根腐病に対しては、過度の連作を避け、圃場整備等により土壌の排水性を高める必要がある。

表4-1-1 作目毎の発生病害とその症状、原因および対策

作目	病名	発生年月	病原	症状	原因、対策
オオムギ	雲形病	1997, 5	<i>Rhynchosporium secalis</i> f. sp. <i>borderi</i>	葉や葉鞘に褐色に縁取られた灰白色斑点ができる	伝染源は保菌種子であることから、健全種子の使用と種子消毒の徹底が基本。プロピコナゾール乳剤等を散布する
		1998, 5			
	株腐病	2002, 4~5	<i>Centobasidium gramineum</i>	地際部に周辺が暗褐色で中央が淡褐色~灰白色の不整斑紋ができる	連作を避け、圃場のブロックローテーションを推進
		2003, 4~5			
キャベツ	不明	1997, 7	不明 (黒斑病)	結球部が黒色に腐敗する	オキサリニック酸・カスガマイシン水和剤を結球初期に、発病が予想される圃場では予防的に散布する
		1997, 10	不明 (生理障害)	葉の奇形	
	黒腐病	1998, 10	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	葉縁からV字型に黄褐色の病斑が拡大する	
	軟腐病	1998, 10	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>	結球部が黒色に腐敗する	同上
	べと病	2001, 10	<i>Peronospora parasitica</i>	下葉・結球部に5ミリ大の黒色不定病斑が多数生じる	秋雨により低温多雨が続きと多発生する。発生が懸念される気候の場合、早期発見による病葉の摘除とともにTPN水和剤を散布する。排水対策を中心とする圃場条件の整備、高畦栽培を行う
ダイズ	茎疫病	2002, 6	<i>Phytophthora sojae</i>	茎に水浸状の病斑を生じ、株全体が萎凋、枯死する	同上
	黒根腐病	2003, 9~	<i>Calonectria crocalariae</i>	株全体が灰白色を呈し、根は細根が腐り、簡単に抜けるようになる	同上
	紫斑病	2002, 10 2003, 10	<i>Cercospora kikuchii</i>	子実表面に紫色の斑点が生じる	アゾキシストロピン、イミベンコナゾールなどの効果的な薬剤を開花期後2~4週間後に散布する
	立枯病	2003, 6~7	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>tracheiphilum</i>	茎の地際部に紡錘形の褐変が生じ、葉や葉柄は先端から枯死する	連作を避け、罹病株を取り除く
	炭疽病	2002, 9 2003, 9~	<i>Colletotrichum truncatum</i> , <i>Glomerella cingulata</i>	莢に黒色の子座を多数形成し、子実は不完全粒となる	早期発見により病葉を取り除く
	葉焼病	2002, 8 2003, 8	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>glycines</i>	葉に小型で黄色の病斑を多数形成する	同上
	べと病	2003, 8	<i>Peronospora manshurica</i>	葉に黄白色の病斑を形成する	同上

d 引用文献

- 1) 荒井治喜 (2000) オオムギ雲形病の発生生態と防除法. 植物防疫, 54, 183-186
- 2) 荒井治喜 (2000) ムギの主要病害と対策. 今月の農業, 44 (3), 28-31
- 3) 長谷川優 (2003) ダイズ紫斑病に対するアゾキシストロピン水和剤の散布適期および防除効果. 平成14年度近畿中国四国農業研究成果情報, 75-76
- 4) 岸 國平編 (1998) 日本植物病害大事典. 全国農村教育協会, 1276p.
- 5) 日本植物防疫協会 (2003) 農薬摘要一覧表 緊急増訂版 平成15年4月10日現在. 日本植物防疫協会, 949p
- 6) 農業研究センター (1990) ダイズ立枯性病害の発生実態と診断同定の手引き. 農研センター, 32p.
- 7) McGee, D.C. (1992) Soybean diseases. St. Paul, APS Press, 151p.
- 8) 齊藤美奈子・小松 勉 (1999) ダイズべと病の要防除水準の設定とそれに基づいた防除. 平成11年度研究成果情報北海道農業, 204-205.
- 9) 高橋廣治・持田 作編 (1992) 畑作物の病害虫. 全国農村教育協会, 779p.

(○森脇丈治・荒井治喜・平八重一之・中島敏彦)

2. 導入輪作作物における害虫の発生実態の解明

a はしがき

北陸地域でダイズを加害する害虫として、出芽直後に幼苗を加害するネキリムシ類、開花期以降に葉を食害するハスモンヨトウ、子実を加害するカメムシ類、子実肥大期以降に莢内の子実を食害するダイズサヤムシガ、マメシンクイガなどが挙げられる。このような害虫の中で、ネキリムシ類については発生実態の把握を行った。また、2002年と2003年に突発的に発生したウコンノメイガについては被害解析を行った。

北陸地域で発生するネキリムシ類としては毎年発生するカブラヤガ¹⁾と、長距離移動性で突発的に発生するタマナヤガ^{4,5)}の2種があり、常に両種の発生には注意を要する必要がある。ウコンノメイガは東北、関東、東山北陸、四国でダイズの主要害虫と考えられしばしば多発することが報告されている¹⁴⁾。2002年に新潟県上越地方と魚沼地方において多発生し¹⁷⁾、2003年も多発生したことから、被害実態の把握と防除対策が求められている。

b 試験方法

調査は、中央農業総合研究センター北陸研究センター内の圃場で行った。ダイズ品種は‘エンレイ’であり、播種日は2001年が5月29日、2002年が6月10日、2003年が5月26日であった。圃場面積は2001年が350m² (25×14m)、2002年が435m² (30×14.5m)、2003年が450m² (30×15m)であった。

a) 出芽直後のネキリムシ類の種の同定と加害状況の調査

ダイズの出芽直後から毎日ネキリムシ類に加害された株数を数えた。加害種を明らかにするために、調査圃場に近接したダイズ圃場で、ネキリムシ類に加害されたダイズ株の根元より幼虫を掘り取り、実験室内で飼育し、成虫になった時点で種の同定を行った。2001年、2002年は25頭、2003年は14頭の幼虫を採集した。幼虫はシャーレ (直径9cm) で、昆虫育成用飼料インセクタLFS (日本農産工業) を餌とし、羽化するまで25℃、16時間明期 8時間暗期条件下で個体飼育した。

b) ネキリムシ類の合成性フェロモントラップによる誘殺消長調査

カブラヤガについては、発生予察用フェロモン製剤SEルアー (サンケイ化学株式会社) を誘引源とし、トラップは水盤トラップ (12×25×30cm) を使用した。タマナヤガについてはフェロモン製剤SEルアー (サンケイ化学株式会社) を誘引源とし、粘着式の害虫発生予察用SEトラップ (サンケイ化学株式会社) を使用した。トラップはダイズ圃場横の農道に設置した。カブラヤガを対象としたトラップは、2002年は4月3日、2003年は4月10日に設置し、タマナヤガを対象としたトラップは2003年4月10日に設置し、毎日誘殺数を数えた。誘引源は1ヶ月間隔で更新した。

c) ウコンノメイガの加害に対する被害解析

ウコンノメイガの幼虫はダイズ葉を巻きその中に生息しつつ葉を摂食するため¹⁴⁾、巻かれた葉を被害葉と定義した。2003年の7月29日 (開花期)、8月5日 (莢伸長期)、8月13日、19日 (子実肥大期) に、5株を適宜抜き取り、株当たりの被害葉数を調査した。さらに、8月13日 (子実肥大期) に、株当たりの被害葉率が80%以上である株20株と、10%以下である株を20株選び、それぞれの株について収穫後に生育と収量について調査した。主莖長 (子葉節から先端まで)、莖径 (子葉節と初生葉節の節間中央部の長径)、主径節数、分枝数、莢数、粒数、健全粒100粒重を調査した。

c 試験結果

a) 出芽直後のネキリムシ類の種の同定と加害状況の調査

ネキリムシ類に加害されたダイズ株から掘り取った幼虫を飼育し、羽化後種の同定を行ったところ、3年間ともほとんどがカブラヤガであった(表4-2-1)。2001年に行った被害株数の調査では、播種後20日後頃までは被害株は増加したが、播種後30日以上経過すると被害株はほとんどなくなり、全株数の10%程度が被害を受け欠株となった(図4-2-1)。2002年、2003年の被害はさらに軽微であり、全株数のわずか3.4%、0.4%が加害されただけであった。

b) ネキリムシ類の合成性フェロモントラップによる誘殺消長調査

2002年にフェロモントラップに誘殺されたカブラヤガ雄数は、4月下旬から増加し、5月下旬以降は減少傾向で推移した(図4-2-2)。初めて誘殺が認められたのが4月10日であり、日当たり誘殺雄数が多かったのは4月27日の59頭、29日の38頭、5月7日の45頭であった。2003年の初誘殺日は4月20日であり、5月に入ってから誘殺数が増加傾向を示した。誘殺数は2002年に比べ少なく推移し、日当たり誘殺数が一番多かったのは5月11日の24頭であった。

タマナヤガを対象に2003年に行ったフェロモントラップの調査では、4月下旬から雄が誘殺され始め、5月下旬まで誘殺が認められた(図4-2-3)。日当たり誘殺数は4月20日の12頭が最も多く、6月下旬までの調査で日当たり誘殺雄数が10頭を超えたのはこの日だけであった。

表4-2-1 ダイズ圃場から採集したネキリムシ類幼虫の種類

調査年次	採集幼虫数	羽化数	カブラヤガ	タマナヤガ
2001	25	25	25	0
2002	25	23	22	1
2003	14	9	8	1

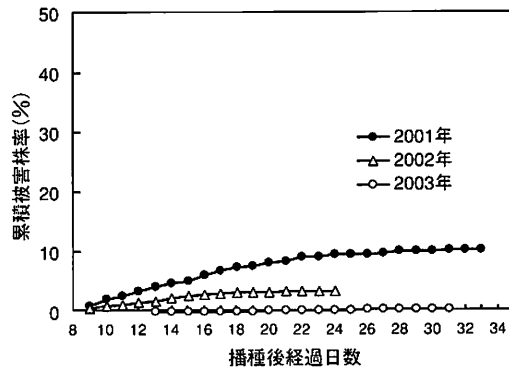


図4-2-1 ダイズ播種後経過日数とネキリムシ類に加害された被害株の累積率

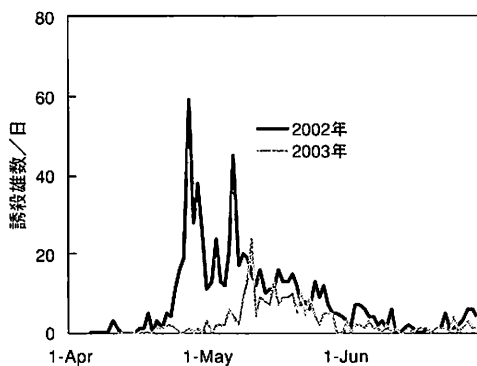


図4-2-2 カブラヤガの合成性フェロモントラップによる誘殺消長

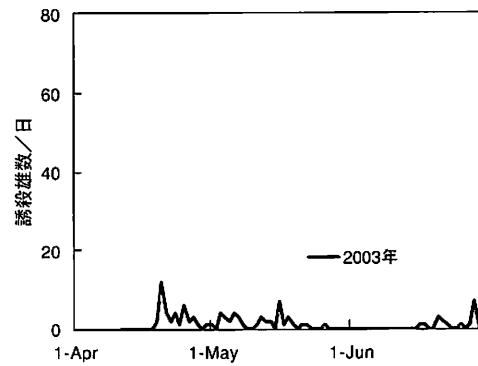


図4-2-3 タマナヤガの合成性フェロモントラップによる誘殺消長

c) ウコンノメイガの加害に対する被害解析

ダイズの生育段階が開花期である7月29日に適宜に選んだ5株の平均被害葉率は12.0%であり、莢伸長期の8月5日は38.1%、子実肥大期の8月13日は53.3%、19日は59.1%となった(表4-2-2)。開花期から莢伸長期、莢伸長期から子実肥大期にかけては被害葉率は増加したが、子実肥大期になると増加しなかった。

株当たり被害葉率80%以上の株20株と10%以下の株20株について、収穫時に生育量、すなわち、主茎長、茎径、主茎節数、分枝数を調査した。被害葉率80%以上の株では、10%以下の株に比べて、有意に茎径が細くなり主茎節数が減少した(表4-2-3)。主茎長と分枝数については、被害葉率80%以上の株と10%以下の株で有意な差は認められなかった。被害葉率が80%以上である株では、10%以下の株に比べて、全莢数が26.1%、稔実莢数が29.1%減少し、粒発育停止莢が増加した(表4-2-4)。さらに、被害葉率80%以上の株では、10%以下の株に比べ、全粒数が25.2%、健全粒数が30.9%減少し、屑粒が増加した(表4-2-5)。健全粒100粒重は、被害葉率80%以上の株で28.0gと10%以下の株の36.8gと比較し軽くなり、小粒化していることが明らかとなった(表4-2-6)。

表4-2-2 ダイズの生育段階とウコンノメイガに加害された被害葉率の推移

調査日	ダイズの生育段階	調査株数	平均被害葉率(%) / 株
7月29日	開花期	5	12.0
8月5日	莢伸長期	5	38.1
8月13日	子実肥大期	5	53.3
8月19日	子実肥大期	5	59.1

表4-2-3 ウコンノメイガに加害されたダイズ株の被害葉率と株の生育量

株の被害葉率	調査株数	株の生育量			
		主茎長 (cm, 平均±SE)	茎径 (mm, 平均±SE)	主茎節数 (平均±SE)	分枝数 (平均±SE)
80% <	20	50.4±1.6	8.4±0.3	11.4±0.3	5.6±0.4
10% >	20	52.3±1.7n.s.	9.5±0.3*	12.3±0.3*	4.5±0.6n.s.

注1) 主茎長：子葉節から先端まで5mm単位で測定。

注2) *は株当たり被害葉率80以上と10%以下の間に5%レベルで有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す(t-検定)。

表4-2-4 ウコンノメイガに加害されたダイズ株の被害葉率と株当たり莢数

株の被害葉率	調査株数	株当たり莢 (平均±SE)			
		全莢	稔実莢	粒発育停止莢	不稔実莢
80% <	20	47.6±2.8	44.0±2.5	2.8±0.7	1.0±0.3
10% >	20	64.4±4.6*	62.1±4.5*	0.9±0.2*	1.4±0.3n.s.

注1) 稔実莢：1粒でも稔実していれば稔実莢とした。

注2) 粒発育停止莢：全粒が発育停止。

注3) *は株当たり被害葉率80以上と10%以下の間に5%レベルで有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す(t-検定)。

表4-2-5 ウコンノメイガに加害されたダイズ株の被害葉率と株当たり粒数

株の被害葉率	調査株数	株当たり粒数 (平均±SE)			
		全粒	健全粒	奇形・異常粒	屑粒
80%<	20	90.9±5.1	73.8±4.8	3.2±0.5	14.0±1.4
10%>	20	121.6±10.0*	106.8±9.4*	7.2±0.9*	6.3±0.9*

注1) 粒径5.5mm以下を屑粒、5.5mm以上を子実粒とし、子実粒のうち奇形粒、異常粒を取り除いたものを健全粒とした。

2) *は株当たり被害葉率80以上と10%以下の間に5%レベルで有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す(t-検定)。

表4-2-6 ウコンノメイガに加害されたダイズ株の被害葉率と健全粒100粒重

株の被害葉率	調査株数	健全粒100粒重 (g)
80%<	20	28.0
10%>	20	36.8

注) 水分含量15%に換算。

d 考察

ダイズを加害しているネキリムシ類の幼虫を掘り取り、羽化後同定を行ったところ、調査を行った3年間ともカブラヤガがほとんどであり、ネキリムシ類としての加害の主体はカブラヤガであったと結論できる。カブラヤガは寒冷地でも中・老齢幼虫で越冬可能であり²⁾、ダイズでの加害は越冬世代成虫が産下した卵に起因する幼虫によるものである。

カブラヤガの合成性フェロモントラップは、発消長を把握する手段としては有用であり²²⁾、世代数に対応した誘殺消長を示す³⁾。2年間4月から誘殺消長の調査を行った。2002年は2003年に比べ初誘殺日が早く、誘殺される雄数も多かった。これは、野外での成虫の発消長を反映したものであると考えられる。2003年に比べ2002年は3、4月の気温が高く推移し、気温の影響が成虫の発生時期の違いとして現れた可能性が高い。誘殺された雄数の年度による違いが、何に起因して生じているのかは不明である。トラップの捕獲数と幼虫密度や幼虫による被害量の関係について解析した報告例はない。しかし、本調査で示されたように、4月下旬から5月中旬にかけて日当たり40頭から60頭の雄が捕獲されるような場合があったとしても、ダイズに対する被害は軽微であり、防除対策を立てる必要性は低いと考えられる。

タマナヤガは幼虫、蛹、成虫ともに耐寒性が弱く²⁾、北陸地域では越冬できないと考えられている¹²⁾。被害は、他地域から移動してきた成虫が産下した卵から孵化した幼虫によってもたらされる^{9,10)}。移動性であるがゆえに、突発的に大発生し^{6,8,9,10,11,18)}、牧草¹⁸⁾、乾田直播田の水稲⁵⁾、ニンジン²¹⁾などを加害したことが報告されている。また、成虫の異常飛来が観察されている⁴⁾。ダイズを加害している幼虫を掘り取り成虫にしたところ、2002年に1頭、2003年に1頭カブラヤガが確認された。また、合成性フェロモントラップで4月中旬から雄の誘殺が認められることから、春に成虫の飛来侵入が起こっていると考えられるが、大規模な侵入が起こっている訳ではない。

3年間の調査では、ネキリムシ類の被害は軽微であった。しかし、気象要因との関係でカブラヤガの発生量が増加する可能性も否定できず、また、タマナヤガが突発的に大発生する可能性も否定

できない。今後も、フェロモントラップの誘殺状況と圃場での加害状況を継続的に調査し、トラップの成虫捕獲数と幼虫密度や幼虫による被害量の関係について解析する必要がある。

ウコンノメイガ幼虫の害は、葉を巻くことと食害することであるが、葉を巻くことは必ずしも葉面積の減少とはならない。したがって、ハスモンヨトウのような食葉性害虫のように、食害による葉面積の減少率から減収量を推定する方法^{7,19)}をウコンノメイガに適用することは難しい。そこで、ウコンノメイガ幼虫が巻いた葉を被害葉と考え、株当たりの被害葉の率とダイズの生育量と収量の関係を調査した。

富山県で調査されたダイズにおけるウコンノメイガの発生経過の結果では、ダイズ畑に飛来した成虫による産卵は7月上旬から8月上旬にかけてであり、幼虫が作る葉巻数は8月上・中旬にピークに達するとされている¹⁴⁾。2003年に新潟県上越地方と魚沼地方で8月中旬にウコンノメイガの発育ステージを調査したところ、老齢幼虫と蛹であり¹⁷⁾、以降は被害は拡大しないものと考えられる。本調査でも8月中旬以降、すなわち子実肥大期に入ってからには被害葉率は増加しないことが確かめられた。したがって、被害が一番拡大したと考えられる子実肥大期に株当たりの被害葉率を調査し、収穫時にダイズ株の生育量と莢数、粒数を調査した方法は妥当な方法である。

ウコンノメイガは、ダイズの生育の旺盛なところ、主茎長の長いところへ集中的な産卵を行い、加害が行われることが報告されている^{13,16,17,20)}。しかし、本調査では、被害葉率が80%以上の株と10%以下の株の主茎長に有意差は認められず、ダイズの生育、草丈と幼虫の加害量の関係は明らかではなかった。

被害葉率80%以上、すなわち加害が激しい場合には、稔実莢数が減少するのに対し粒発育停止莢数が増加し、結果として、健全粒数の減少と屑粒の増加を招いた。また、健全粒の小型化が顕著であった。本調査では、被害葉率80%以上である場合、10%以下と比較し、50%程度の収量減となるものと考えられる。

ウコンノメイガは、全国的に分布するが、日本海側の特に北陸地域で多発することが多いとされている¹⁵⁾。今後、ダイズの栽培面積が増加する中で、ウコンノメイガの防除対策を確立する必要性はますます高まってくると考えられる。対策を確立するための基礎的知見として、幼虫の加害量が収量にどのような影響をもたらすのか、詳細に解析しておく必要がある。また、ダイズ圃場での幼虫の発生量は、成虫の飛来量により決定されるので^{14,15)}、成虫の飛来時期と飛来量を把握する方法を開発することも重要である。

e 摘要

2001年から3年間、ダイズ圃場におけるネキリムシ類の発生状況を調査した。3年とも加害の主体はカブラヤガであり、タマナヤガの発生は少なかった。ネキリムシ類に加害された株数は少なく、2001年は全株数の10.2%、2002年は3.4%、2003年は0.4%の株が加害を受け欠株となった。

2002年、2003年と新潟県上越地方と魚沼地方のダイズにおいて、ウコンノメイガが多発生した。そこで、子実肥大期に、幼虫に加害された被害葉の株当たりの被害葉率が80%以上であった株20株と、10%以下であった株20株を選び、収穫後に被害解析を行った。被害葉率80%以上、すなわち加害が激しい場合には、稔実莢数が減少するのに対し粒発育停止莢数が増加し、結果として、健全粒数の減少と屑粒の増加を招いた。また、健全粒の小型化が顕著であった。

f 引用文献

- 1) 千葉武勝 (1977) ヤガ類の発生生態. 植物防疫, 31, 210-215
- 2) 千葉武勝・長谷川勉 (1972) タマナヤガおよびカブラヤガの越冬態について. 北日本病虫研報, 23, 66-70
- 3) 遠藤巨紀・若村定男 (1982) 千葉市における合成性フェロモントラップと予察灯によるカブラヤガの捕獲消長の比較. 関東病虫研報, 29, 152-153
- 4) 布施 寛 (1973) タマナヤガ成虫の群移動について. 北日本病虫研報, 24, 28-31
- 5) 布施 寛 (1975) タマナヤガの早期多発について. 北日本病虫研報, 26, 77
- 6) 後藤大介・小幡利満・河野 毅・野上隆史・北内義弘 (1977) 大分県の大規模人工草地に突発したタマナヤガについて. 九病虫研会報, 23, 119-120
- 7) 樋口博也・山本晴彦・鈴木義則 (1994) ハスモンヨトウによるダイズの被害解析Ⅱ. 分光反射特性を利用した若齢幼虫の加害量の隔測評価. 応動昆, 38, 297-300
- 8) 小林 尚 (1969) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究 第1報 東北地方の山地の新造成草地におけるタマナヤガの大発生について. 東北農試研究速報, 10, 13-19
- 9) 小林 尚 (1971) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究 第2報 東北地方の牧草地および畑地における1969年のアワヨトウ、タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研報, 42, 35-51
- 10) 小林 尚・奥 俊夫 (1973) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究 第4報 東北地方の牧草地および畑地における1971年のアワヨトウ、タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研究速報, 14, 1-10
- 11) 小林 尚・奥 俊夫 (1974) 牧草地における主要害虫の発生生態ならびに防除に関する研究 第6報 東北地方の牧草地および畑地における1972年のアワヨトウ、タマナヤガその他の牧草害虫の大発生の特徴. 東北農試研究速報, 17, 59-66
- 12) 松浦博一 (1980) 北陸地方におけるタマナヤガの越冬可能性. 北陸病虫研報, 28, 75-80
- 13) 望月正己・杉山章平 (1953) 大豆の害虫に関する研究 第2報 ウコンノメイガに因る被害の解析並びに夫れと耕種との関係. 北陸農業研究, 2, 76-83
- 14) 成瀬博行 (1983) ダイズ害虫ウコンノメイガの発生生態. 植物防疫, 37, 142-145
- 15) 成瀬博行 (2002) ウコンノメイガ. 北陸病虫研報, 50, 241-244
- 16) 成瀬博行・新田 朗 (1985) ダイズ害虫ウコンノメイガ *Pleuroptya ruralis* (Scopolt) の生態と防除に関する研究Ⅰ. ダイズ圃場における発生経過. 富山農試研報, 16, 27-33
- 17) 西土恒二・神林 勤・藤巻雄一・高野直行 (2003) ウコンノメイガの加害実態とダイズ収量への影響. 北陸病虫研報, 52, 29-32
- 18) 大森秀雄・長谷川勉 (1968) 昭和42年、東北地方の造成草地で異常発生したタマナヤガ. 植物防疫, 22, 162-164
- 19) 斉藤 隆・川本 均・桐谷圭治 (1983) 切葉実験によるダイズの被害解析と要防除水準の設定. 応動昆, 27, 203-210
- 20) 田村市太郎・山内 昭 (1958) ウコンノメイガの生態に関する研究. 応動昆, 2, 24-32
- 21) 筒井 等・後藤千枝・早川博文 (1985) 北海道十勝地方において1984年に発生したタマナヤガによるニンジンの被害. 北日本病虫研報, 36, 79-80

- 22) 若村定男・氣賀澤和男・遠藤巨紀・松浦博一・腰原達雄・富岡 暢・根本 久・北内義弘
(1981) 合成性フェロモントラップによるカブラヤガの捕獲消長. 応動昆, 25, 265-271

(樋口博也)

第5章 畑・野菜作導入のための 転換畑輪作技術の経営評価 と導入条件

1. 高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標策定 —北陸秋どりキャベツ作の大規模水田作経営への開発技術導入効果—

a 目的

米産地間競争の激化と生産調整強化の下で、良食味米生産等戦略の強化とともに、野菜を含めた複合化等水田利用の革新が求められている。そこで、北陸研究センターで開発中の高度輪作営農システムの経営的評価を行い、そのシステム導入の担い手となる大規模水田輪作営農の経営条件を解明する。

b 北陸地域のキャベツ作型の特徴

北陸4県の県内産キャベツ作は、松崎¹⁾によれば春どりの5、6月や秋どり・秋冬どりの10～12月が出荷盛期となっており、既存の大型産地との出荷競合を回避する形で栽培されている。北陸地域ではキャベツを梅雨や秋雨の時期に収穫することになり、降雨時でも収穫作業を実施する。この降雨どりを実施せざるを得ない点が、晴天時に収穫を前提とする太平洋側の既存産地とは大きく異なる特徴である。また、北陸地域のキャベツ作産地の中には、農協の収穫物定量出荷を条件に、市場が収穫物の最低単価を保証する事例が少数ながら存在する。例えば、新潟県内で秋どりキャベツ(10、11月)を行う既存産地では、地場市場が収穫物の最低単価を保証する条件として、生産者に収穫物の定量出荷を求める。地域総合現地農家でも生協と同様な契約を実現している。しかし、この時期は降雨の影響で、収穫物の搬出に4輪の手押し作業台車(以下、「作業台車」と略記)や1輪車等を用いる既存産地の方法では、圃場で収穫物の段ボール箱詰めが実施できないことに加え、前日や収穫作業中の降雨の影響で圃場条件が悪くなると収穫物搬出作業がネックになり、収穫から出荷の能率が低下し、目標出荷数量を守れない状況が発生する。この問題は重粘土の転換畑でより顕著で、作業台車の走行自体が困難となる。そのため、一定面積のキャベツ収穫には、上述のような圃場条件でも走行可能なクローラ運搬車の導入が必要であると考えられる。

c データと方法

(1) 稲・麦・大豆を主部門とする大規模水田作経営(50ha規模、転作率約30%)に、秋どりキャベツ作を新技術(浅層暗きよ敷設、重粘土耕うん畝立装置、クローラ運搬車の汎用利用)に基づく高度輪作営農システムを通じて導入した場合の経営的評価を行う。

具体的には、地域総合研究の現地農家が水稻、大麦、大豆、キャベツを作付けすることを想定して、キャベツ慣行技術を用いて経営を行う場合(慣行モデル)と北陸研究センターのキャベツ作開発新技術を用いて経営を行う場合(新技術モデル)の比較検討を通じた新技術の導入効果を計測

する。これらモデルは農業所得最大化を目的とする線形計画モデルとし、モデル構築に当たっては中央農業総合研究センター（経営計画部大石亘氏）開発の数理計画ソフトXLPを使用する。また、XLPによる線形計画法で得られた最適解（キャベツ等作付面積）を利用して、キャベツ1玉単位でみた費用（物材費+出荷手数料）を求める。以上により、高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標策定を実施する。

(2) 長期転換畑におけるキャベツ作に係るデータ（技術係数、利益係数等）については、慣行体系は新潟県内のキャベツ作既存産地Y町A経営での調査結果を基に、「園芸作物の作物別・作型別経営指標」（平成5年11月、新潟県・園芸生産物供給基地確立運動推進協議会等）も参考にして設定した。キャベツ新技術体系に係るデータは、地域総合現地農家および場内試験結果を基に、設定した²⁾。

また、水稲・麦・大豆2年3作田畑輪作圃場に係るデータは、慣行モデルおよび新技術モデルで同一である。このうち、水稲は、地域総合現地農家のデータを、麦と大豆に関しては、新潟県K町K法人のデータを用いた³⁾。

d 分析モデルの主たる前提条件

新技術モデルおよび慣行モデルの前提条件は表5-1-1の通り。新技術モデルと慣行モデル（比較対象）の設定の主な相違は次の3点に整理できる。

- ①浅層暗きょ敷設により新技術モデルの方がL玉収穫比率、大豆単収、大麦単収が高い。
- ②新技術モデルはクローラ運搬車を防除等に汎用利用し、導入経費の節減を図っている。新技術導入に伴う経費は年額約66万円である。慣行技術の場合、年額約35万円である。
- ③10a当たり投下労働時間は慣行モデル約134時間に対し、新技術モデルが約106時間で、約28時間少ない。なお、収穫から箱詰の10a当たり作業時間は、降雨による作業性低下を見込み、新技術モデル48.6時間、慣行モデル58.6時間である（表5-1-2）。

表5-1-1 モデルの設定

	慣行モデル	新技術モデル	
作目構成 経営耕地	水稲・麦・大豆+キャベツ ・田畑輪作ほ場（稲・麦・大豆 2年3作） 46 ha ・長期転換畑 （キャベツ+大豆+大麦）4 ha	水稲・麦・大豆+キャベツ ・田畑輪作ほ場（稲・麦・大豆 2年3作） 46 ha ・浅層暗きょ導入の長期転換畑 （キャベツ+大豆+大麦）4 ha	
労働力	6人	6人	
各作物 設定収量	水稲単作ほ場及び 田畑輪作ほ場の場合	同左	
	長期転換畑の場合	・大麦 400kg/10 a ・大豆 220kg/10 a ・キャベツ L玉3360玉/10 a 2L玉 420玉/10 a	
キャベツ 主要作業体系	(自家)育苗	コート種子、セルトレイ他	
	耕うん・施肥 ・畝立	トラクタ+ライムソー 畝立成形機	
	移植	半自動型移植機（1条）	
	移植後灌水	散水チューブ敷設	
	除草剤散布	動力噴霧器+トラック	
	防除	動力噴霧器+トラック	
	収穫・運搬・ 調整・箱詰	手収穫+4輪手押作業台車	
	キャベツ作投下労働時間	約134時間/10 a	
	その他	導入経費	約66万円/年
		転作率	約30%
転作助成金 注)		同左	
小作料		同左	

注) 転作助成金水準は、麦または大豆単作の場合を示す。ただし、田畑輪作圃場で、麦および大豆が採択される場合、2作メリットとして、更に1万円が高度利用加算されると設定した。

表5-1-2 10a当たり投下労働時間

	慣行モデル	新技術モデル
明暗きよ	2.3	2.3
育苗管理	15.0	15.0
石灰散布	0.9	0.9
肥料散布	1.0	1.0
耕うん・畝立て	6.9	★ 2.2
除草剤散布（移植前）	3.4	★ 0.5
移植	8.0	8.0
移植後灌水	1.3	1.3
除草（人力・4回）	16.5	16.5
畝間除草剤散布（2回）	8.0	★ 3.0
防除（4回）	8.0	★ 2.5
収穫・箱詰	58.6	★ 48.6
その他	4.3	4.3
合計	134	106

注) 浅層暗きよ敷設時間は含んでいない。
★は新技術モデルで時間が減少するもの。
時間の設定は、場内試験結果等による。

表5-1-3 新技術導入効果

		慣行モデル	新技術モデル
作付面積 (a)	水稲	3,500	3,500
	大麦	1,300	1,300
	大豆	1,300	1,300
	キャベツ	171	200
農業所得（万円）		2,346	2,497
比例利益総額（万円）	水稲	2,735	2,735
	大麦大豆	262	280
	キャベツ	227	390

注) 農業所得は、小作料および固定費を控除し、転作助成金を含む。
比例利益総額とは、各作物の利益係数にその作付面積を乗じた額である。これらの総和から小作料と固定費を控除すると農業所得になる。

e 新技術導入効果

新技術導入効果は表5-1-3の通りである。その特徴は以下の通りである。

- ①新技術モデルでは慣行モデルに比べ、所得が約150万円大きくなる。これは、浅層暗きよの作物収量増効果およびクローラ運搬車導入によるキャベツ収穫作業能率改善の面積拡大効果である。
- ②慣行技術モデルでは、降雨による能率低下がキャベツの収穫面積を171aに制限する。新技術モデルでは地域総合の目標面積200aが収穫可能である。

また、慣行技術体系の場合、収穫時の搬出作業手段に人力で押す作業台車を用いるが、降雨の影響による圃場条件の悪化、また、それによる作業者の労働の負荷の大きさを考えると、実際には更に収穫作業能率が低下し、収穫可能面積は一層小さくなる可能性がある。この場合、新技術モデルとの収穫可能面積の違いは更に拡大し、新技術体系の優位性が高まる。

- ③また、線形計画法により求めたモデルの解を利用して、キャベツL玉1個の費用（物財費+出荷手数料）を試算すると、慣行モデル56.2円、新技術モデル52.6円となる。新技術モデルの方が3.6円少ないのは、キャベツL玉収穫比率が高いことおよびキャベツ収穫面積拡大効果によるものである。

f 摘要

新潟県内で秋どりキャベツを行う既存産地では、地場市場が収穫物の最低単価を保証する条件として、生産者に収穫物の定量出荷を求める。F経営でも生協と同様な契約を実現している。しかし、この時期は降雨の影響で、収穫物の搬出に4輪手押し作業台車等を用いる既存産地の方法では、圃場で収穫物段ボール箱詰の実施ができないことに加え、前日や収穫作業中の降雨の影響で圃場条件が悪くなると収穫物搬出作業がネックになり、収穫から出荷の能率が低下し、目標出荷数量を守れない状況が発生する。この問題は重粘土転換畑ではより顕著で、4輪手押し作業台車の走行自体が困難となる。そのため、一定面積のキャベツ収穫を行うには動力クローラ作業台車の導入が必要である。新技術体系ではクローラを防除等にも汎用利用することで導入経費の節減を図っている。

このように、北陸地域における秋どりキャベツ作はその収穫時期に降雨どりを実施せざるを得な

いという特徴があり、新技術モデルは、この収穫作業能率の問題を一定程度克服する。なお、収穫時期の降雨どりによる労働負荷の要素はデータの制約上分析に織り込んでいないが、この点を考慮すると、慣行モデルに比べ、所得格差以上に新技術は有効であると考えられる。

注

- 1) この点については、松崎「1」を参照されたい。
- 2) キャベツ作慣行体系および新技術体系のデータ設定の詳細は、拙稿「3」を参照のこと。なお、収益性に係るデータのうち、キャベツのL玉収穫比率の設定には、平成13年度「多雪地帯重粘土水田における畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立」p49 表5-1-1「営農試験地圃場における収穫率と未収穫要因」、文献 [4]、他試験結果等も参考に設定した。
- 3) 麦・大豆のデータは、拙稿 [2] に公表済みのK町K法人のデータを使用した。

g 参考文献

- 1) 松崎守夫 (2001) 北陸地域の中央卸売市場における野菜の主な産地の出荷時期と作型。北陸農業研究資料, 43, 9-12
- 2) 塩谷幸治 (2002) 北陸地域の大規模水田作の経営モデル分析と経営展開条件。北陸研究センター農業経営研究, 1, 20-33
- 3) 塩谷幸治 (2003) 野菜を組み込んだ高度輪作営農システムに関する経営評価。北陸研究センター農業経営研究, 2, 53-75
- 4) 細川 寿・足立一日出・松崎守夫・高橋智紀・伊藤公一・吉田修一郎 (2003) 平成13年度研究成果情報「浅層暗渠施工により早期に碎土と収量は向上する」, 中央農業研究センター北陸総合研究部・総合研究第2チーム

(塩谷幸治)

2. 転作団地の形成に向けた土地利用調整と支援方策

A はじめに

「多雪地帯重粘土水田における畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立」で開発された高度輪作技術を生産現場に普及・定着させるには、新技術の導入に関心を示す農業経営に転作水田を面的に集積していく必要がある。浅層暗きよ、重粘土用畝立耕うん装置、クローラ運搬車の汎用利用等の新技術は、団地化された転作圃場においてその機能が有効に発揮され、転作作物の品質と単収の向上、さらには労働コストの低減等に寄与するからである。

しかし、転作圃場の団地化は、関係農家の利害が絡み合うため、一般に簡単には実現できない。

そこで本節では、先進地域の事例分析に基づき、転作団地の形成に向けた土地利用調整方法と各種支援方策のあり方について検討する。具体的には、新潟県内で団地化転作割合がトップクラスにあるK村とその近隣市町村との比較を通じて、市町村レベルから団地化転作の促進要因の検討を行う。次いで、K村内の集団転作事例を取り上げ、団地化転作の実態、団地化に至るまでのプロセス、団地の設定方法、団地化の成立条件等について分析し、集落レベルから団地化転作の促進要因と成立条件を明らかにする。最後に、それらの分析結果を踏まえ、団地化転作の実現に向けた各種支援方策を提示する。

B 市町村レベルからみた団地化転作の促進要因

(1) 団地化転作の現状

新潟県の上越平坦地域に位置する6市町村、すなわちK村、O町、K町、Y町、J市、S村における団地化転作の実施状況は、表5-2-1に示すとおりである。これによると、転作圃場の団地化割合(団地型の占める割合、大豆の1ha以上団地化割合)は、市町村によって大きな差異が見られる。例えば、主な転作作物である大豆に着目すると、1ha以上の団地化割合は30ポイント近くの差が発生している。K村とO町は団地化割合が100%であるのに対し、K町、Y町、J市、S村は70~80%にとどまっている。似たような自然条件下にある6市町村であっても、表5-2-1のような差が見られるのは、主に次の2つの要因が作用しているためと考えられる。1つは水田の基盤整備であり、もう1つは団地化に向けた各種支援策の有無である。以下、この2点について詳しく検討する。

表5-2-1 上越平坦地域における生産調整の実施状況

(単位：ha、%)

		K村		O町		K町		Y町		J市		S村	
		実面積	構成比	実面積	構成比	実面積	構成比	実面積	構成比	実面積	構成比	実面積	構成比
生産調整全体	大豆、そば、麦	367.9	79.0	79.9	46.8	193.9	59.0	217.3	57.7	613.4	37.2	126.8	24.7
	団地型	98.3	21.1	1.8	1.1	25.8	7.8	20.5	5.4	7.5	0.4	0.0	0.0
	集積型	232.6	50.0	57.7	33.7	132.9	40.4	141.8	37.5	460.9	28.0	108.1	21.1
	バラ転	37.0	7.9	20.6	12.0	35.2	10.7	55.0	14.6	145.0	8.8	18.7	3.6
	その他	97.7	21.0	91.3	53.2	134.9	41.0	159.0	42.3	1,033.7	62.8	386.5	75.2
	合計	465.6	100.0	171.2	100.0	328.8	100.0	376.3	100.0	1,647.1	100.0	513.3	100.0
大豆	1ha以上団地	132.3	100.0	31.5	100.0	85.0	83.3	90.9	79.1	366.8	72.6	132.3	69.4

注：1) 新潟県中頸城農業改良普及センターの資料の数値を基に作成。データは、全体は平成13年度、大豆団地は平成14年度。

2) 「団地型」は団地化要件を、「集積型」は担い手への集積要件を満たして基本助成を得ている面積。

3) 「その他」は、野菜、調整水田、実績参入等。

(2) 基盤整備の進捗状況

6市町村における基盤整備の進捗状況は次のとおりである。団地化割合の高いK村では、大部分の水田が30a区画以上で、そのうちの半分は0.5～1haの大区画圃場となっている。またO町の場合も、9割の圃場で基盤整備が完了し、0.3～0.5ha区画圃場に整備されている。他方、K町、Y町では、基盤整備が進み8～9割の水田が基盤整備済みとなっているものの、Y町では0.2～0.3ha区画が多い。さらに団地化割合の低いJ市とS村は、現在、大区画圃場整備事業を実施中であり、他市町村に比べて0.2ha未満区画圃場の占める割合が高い。このように、基盤整備の進んでいる市町村で団地化割合が高くなる傾向が見られる。

(3) 団地化転作推進のための支援策

表5-2-1で確認したように、水田の9割近くが基盤整備されているK村、O町、K町であっても、団地化転作割合には差異がある。そこで次に、団地化割合の最も高いK村に焦点を当て、団地化転作の推進に向けた具体的取り組み内容について検討する。

ア. 生産調整の推進に向けた組織体制

生産調整を推進するためのK村の組織体制は図5-2-1に示すとおりである。他市町村と同様、K村でも「水田農業確立推進協議会（以下「協議会」）」が設置され、生産調整に係わる各種協議が行われている。さらにこの協議会の下には、事務局機能を担う「生産調整小委員会」が置かれ、役場、JA、普及センターの実務担当者が生産調整に関する企画・立案やその実施に係わる諸業務を行っている。K村における団地化転作は、この生産調整小委員会の精力的な活動に負うところが大きい。

他方、転作機械作業に係わる組織としては、「水田本作機械利用組合」と「受託者部会」の2つが設置されている。前者は、麦、大豆、そばによる転作を効果的に行うための機械利用に係わる協議機関で、転作用機械の導入・配置、機械の利用料金・作業料金の決定、機械稼働計画の策定等を行う。後者は、JAで購入した転作用機械の利用契約、利用方法等について検討する転作作業受託者からなる協議機関である。

さらにK村では、生産調整の円滑な推進を目的に、平成11年から各集落から推進委員を選出してもらっている。推進委員は、転作圃場の団地化の推進、各種事務手続き、転作についての各農家への情報提供等の役割を担っている。

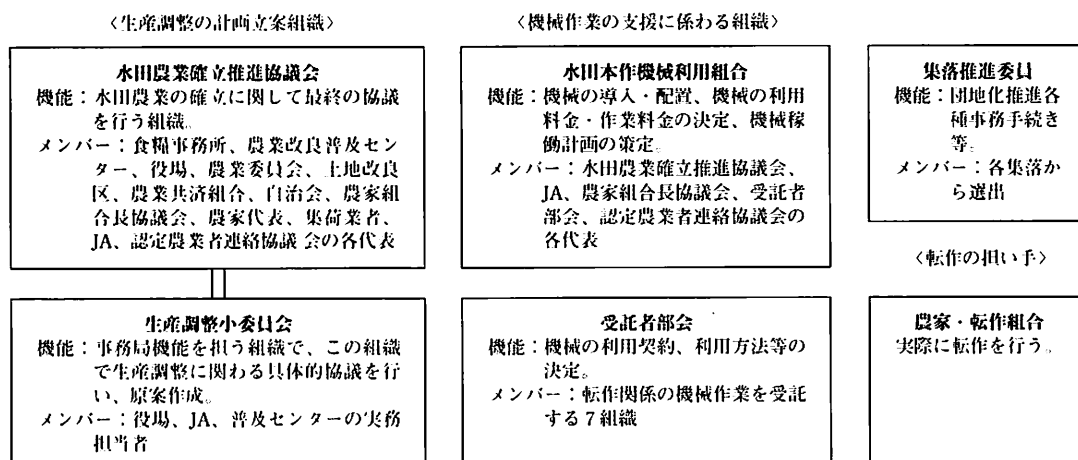


図5-2-1 K村における水田農業確立推進に関わる各種組織

イ. 転作を行う担い手経営の確保・育成

K村では、転作を効果的に行うために生産者の組織化に力を入れている。転作用機械施設の効率的利用と転作作業受託組織の育成を目的に、各組織に対して小学校区を単位にした担当地区を割り当てている。また、生産者の機械施設投資の軽減と機械利用費用の削減を目的に、JAが転作用の機械施設（大豆播種機、培土機、乾燥機、選別機、汎用コンバイン等）を購入し、それを個々の経営や受託者部会の構成メンバーにリースする形で貸し出している。国・県・村の助成があったため、機械購入に係わるJAの負担は25%で済んでおり、これを5年で償却する計算で機械・施設の利用料を設定している。

さらに、K村では地権者と耕作者の助成金の配分割合を調整することによって、担い手経営の育成を図っている。例えば、麦一大豆二毛作を「団地型」で行うと、10a当たり7.7万円の助成金が得られる（国からの7.3万円に加え、協議会の水田農業確立事業基金から10a当たり3千円の実転作助成金と千円の団地助成金が交付される）。以前であれば、仮に転作圃場を他の経営に無償で貸し付けた場合、地権者がこの転作助成金を総て受け取るケースが多かった。しかし、転作の担い手経営を確保・育成するという観点から、協議会では、「地権者はどのような生産調整を行っても、10a当たり2万円のとも補償と3千円の地域達成加算を獲得できる。また、何らかの転作作物を作付けすれば最低でも1万円が得られ、さらに協議会からは4千円が交付される。したがって、これらの合計額10a当たり3.7万円を地権者の取り分とし、残額の4万円（7.7-3.7）は耕作者へ配分するのが適当である。」との考え方に基づき、この配分方法を村内の全農家に提案している。

ウ. 団地化に向けた土地利用調整

団地化に向けた土地利用調整を推進するため、K村では次のような取り組みが行われている。

第1は、助成金による誘導である。1ha以上の転作団地に対しては、前述したように協議会から10a当たり千円が交付されるとともに、団地化転作の運営支援の目的で5ha未満の団地には3万円、5～10haの団地には4万円と、5ha増すごとに1万円が加算される。

第2は、集落座談会等を通じた団地化転作への働きかけである。毎年行われる集落説明会に生産調整小委員会のメンバーが出向き、集団転作や団地化転作の重要性を説いて回っている。特に調整水田やバラ転作の多い集落に対しては、あらゆる機会を通じ、先進集落の成功事例を紹介したり、団地化転作の経済的メリット等を説明している。また、こうした活動の一環として平成11年にはワークショップを開催し、村内の各集落の代表者に出席してもらい、先進事例の代表者からの話題提供を受け、意見交換を行っている（これを契機に数集落が団地化転作を実施）。

第3は、GISを活用した圃場マッピングシステムによる転作圃場図の提供である。このシステムにより、転作団地を設定した場合にどの地権者が団地内に入るかを簡単に地図表示でき、圃場図を見ながら関係農家で転作団地の設定場所を協議できる。

第4は、転作目標面積と転作実施面積の過不足の調整方法の提示である。協議会では、転作未達成農家が転作超過達成農家に対して、10a当たり3.2万円（K村における平均的10a当たり稲作所得6.9万円-地権者転作助成金受け取り額3.7万円）を補償することを提案している。

以上で見てきたように、K村では基盤整備の進捗に加え、団地化転作に向けた各種支援がきめ細かく実施されており、このことが高い団地化割合の実現に結びついていると推察される。

C 団地化の合意形成プロセスと団地化転作の促進要因

転作圃場の団地化は、関係農家が生産調整の対応方法等について協議し、団地化に向けた合意形

成がなされた段階で初めて可能になる。そこで以下では、K村内にある団地化転作の先進事例を取り上げ、団地化転作の実態と特徴、団地化するまでの合意形成過程、団地化に向けた土地利用調整方法、団地化転作の促進要因等について検討する。

(1) 調査対象として選定した団地化転作事例の概要

まず、K村の団地化転作を、個別大規模経営受託型、特定農家グループ受託型、集落共同作業型、集落ぐるみ協業型の4つに区分し（K村の団地化転作はこの4つのいずれかに該当）、各タイプごとに1事例を調査対象事例として選定した。それらは表5-2-2に示すA～D事例である（これら4事例以外にも5事例の団地化転作を調査している。それらについては、紙幅の制約からここでは紹介しないが、以下に示すA～D事例の分析結果とほぼ同様の特徴を指摘できる。）。

A事例は個別大規模経営受託型の団地化転作事例である。A集落内のK地区では、農家8戸が転作圃場の団地化を行うことだけを目的に転作団地組合を設立し、土地利用調整を行っている（なおもう1つのU地区も団地化転作を実施）。転作団地は大規模経営の経営耕地を中心に設定され、概ね1年ごとに移動している。なお、転作作業は4戸の大規模経営が他の4戸の兼業農家の分を受託する形で個別に実施している。

B事例は特定農家グループ受託型の団地化転作事例である。B集落には19戸の農家があり、そのうち5ha以上の農家は5戸で、これらの農家が転作受託組織であるB生産組合を結成している。集落では全農家の転作圃場を団地化し、1～数年で団地を変則移動させている。転作は各農家がB生産組合に委託する形で行われている。

C事例は集落共同作業型の団地化転作を行っている事例である。C集落内には2つの転作集団があるが、C生産組合はそのうちの1つで、12戸の農家からなる組織である。転作作業は個人対応が原則であるが、大麦の収穫と乾燥・調製作業はC生産組合が行っている。なお転作団地は、団地設定の調整が難しいため、できる限り長期間固定して利用している。

D事例は集落ぐるみ協業型の団地化転作事例である。D集落は29戸の農家からなるが、大多数が小規模兼業農家である。このため、特定の農家に作業を委託することもできず、転作は全戸出役による共同作業を原則としている。集落ぐるみ型の協業組織であるため、1年ごとに転作団地を移動するブロックローテーション方式を採用している。

表5-2-2 分析対象事例における団地化転作の概要

(単位：戸、%)

	A事例	B事例	C事例	D事例
タイプ	個別大規模経営受託型 大規模経営による個別作業 (兼業農家は委託)	特定農家グループ受託型 B生産組合（集落の他農家は 組合に転作を委託）	集落共同作業型 各農家の個別作業+C生産 組合への作業委託	集落ぐるみ協業型 D転作組合（原則として全 戸出役による共同作業）
集落の概要	A集落（KとU地区）	B集落	C集落	D集落
総農家数	17（100.0）	19（100.0）	22（100.0）	29（100.0）
主業農家	7（41.2）	3（15.8）	3（13.6）	3（10.3）
5ha以上	8（47.1）	5（26.3）	2（9.1）	2（6.9）
転作組織	A集落内のK地区（8戸） で転作団地の調整のみを 行う組織（U地区でも団 地化転作を実施）	B集落の5戸の農家からな る転作受託組織	C集落の半数農家による転 作作業受託組織（残りの 農家も生産組織を作り団 地化転作を実施）	集落ぐるみ型の協業経営 タイプの転作組織
団地の移動	概ね1年単位に団地を移 動（転作地は特定の圃場） 特定圃場間の移動	団地によって1～数年で 移動（集落のかなり圃場） 変則移動	可能な限り転作団地を固 定 固定	1年単位のブロックロー テーション ブロックローテーション
転作作物	2農家が麦-大豆二毛作 他農家は大豆、そば単作	麦-大豆二毛作	麦は集団対応、麦後は個 人で大豆またはそば	大半が麦-そばの二毛作 一部大豆単作

(2) 団地化転作の実態と特徴

ア. 団地化の状況

団地化の契機が基盤整備の実施にあるケースが多い。A～C事例では、基盤整備の完了とほぼ同時に転作圃場の団地化が行われ、D事例の場合も圃場整備後5年間ほど経過した時点で団地化している。各事例の代表者によると、「基盤整備によりほぼ同一の圃場条件となり、集団転作や団地化がやりやすくなった。」「基盤整備を実施する過程で集落や個々の農家における将来の営農のあり方が検討され、その中の一つとして団地化が検討された。」とのことである。なお、1ha圃場へ整備した事例では、「団地の設定が楽になった。」という意見がある一方で、「小規模農家の場合、大区画圃場だと全所有地が転作団地内に組み込まれるケースも発生し、やりにくい。」との意見もあり、大区画化が団地化に及ぼす評価は確定していない。

また、A～Dの4事例に共通しているのは、複数カ所に転作団地を設定している点である。大きい団地は4～5ha前後、小さい団地は1～2ha程度のものが、集落内の複数カ所に設定されている。ブロックローテーションを行っているD事例の場合も、特定の農家の経営耕地の全てが転作団地内に入ってしまうことのないよう、転作団地を複数カ所設定している。なお、転作団地を1年ごとに移動できているのは、大規模経営の経営耕地を中心に団地を設定しているA事例と、集落ぐるみの転作対応を行っているD事例の2つである。これに対しB事例とC事例では突出した大規模農家はなく、自作地での転作にこだわる小規模農家が何戸かあるため、転作団地の移動が難しく、固定的な利用が続いている。

イ. 導入転作物

担い手がどの程度確保されているかによって、導入される転作物や作付体系が影響される。例えば、A事例のN氏（家族労働力3名）は、転作所得の確保と高度利用加算の上積みを狙って麦一大豆二毛作を行っている。またB事例の場合も、平成11年から転作所得の確保を目的に麦一大豆二毛作に取り組んでいる。これに対し、兼業農家が多いC、D事例では対応に違いが見られる。C事例では、専業農家のO氏が一部で麦一大豆二毛作を行っているものの、C生産組合全体としては大麦による転作対応が基本となっている。ただし、雑草対策と助成金の加算を目的に省力栽培が可能なそばを大麦後に作付けする農家も多い。また兼業農家が多数を占めるD事例の場合も、C事例と同様の理由から、麦一そば二毛作が導入されている。

ウ. 転作用機械

大麦作における機械利用では、各生産者が所有する稲作用機械を持ち寄ったり、借り上げることによって対応している点が、A～Dの4事例に共通している。一方、大豆作用機械については、A～D事例とも、JAからのリース機械を利用している。K村ではJAが大豆作用の機械を購入し、それを低料金でリースするシステムがあるため、ほとんどの集団転作でこのシステムを利用している。

エ. 転作物の収益と転作助成金の分配方法

転作団地の設定のみを行っているA事例では、転作物の販売収益は総て個々の経営に帰属し、転作受託地の転作助成金は、先に述べたように、K村の基準に従って分配している。B事例の場合も、転作物の販売収入は5戸の農家からなるB生産組合に入るが、転作受託地の助成金については、集落内農家の団地化への協力に因るため、地権者への配分額をK村の基準よりも10a当たり5千円多くなるように設定している。

また、大麦のみを共通の転作物としているC事例では、C生産組合が大麦の収支を管理し、大

麦販売収入から出役労賃、資材費、利用料金等を差し引き、純益が計上された場合は転作実施面積に応じて配分している（大豆やそばの販売収益は個々の農家に帰属）。なお、C事例では各農家の転作目標面積と転作実施面積がほぼ等しくなるように転作団地を設定しているため、転作助成金については個々の農家が全額受け取っている。D事例の場合も、C事例と同様、転作物物の収支はすべて転作組合で管理し、余剰が出た年度は、組合員農家の転作面積に応じて余剰金を分配している。また転作助成金は個々の農家が全額受け取ることになっている。

(3) 団地化の合意形成過程

次にA～D事例において転作地が団地化されるまでの合意形成過程について、それぞれの事例ごとに検討する。

A事例：A集落の大規模経営には「転作が拡大した場合は作業能率や単収向上の視点から団地化すべき」との考えが以前からあった。他方、小規模兼業農家は「転作作業を大規模経営が行ってくれるなら団地化に賛成」という意見で、団地化転作を比較的スムーズに実現することができた。

B事例：平成2年に役場からの提案で大麦の団地化転作に取り組んだが、基盤整備の関係で中断していた。しかし、平成8年に集落内の中核的農家5戸が転作所得の確保に向けた団地化の重要性を再認識し、団地化の実施をB集落の他の農家に提案した。そして、集落の会合で2～3回ほど協議した後、団地化転作を行うことに基本合意した。協議では、強い反対意見は出なかったが、農家によっては自分の水田で稲作や転作を行いたいという意向は見られた。

C事例：農業委員会の会長を務めていたO氏が、団地化の重要性を認識し、「自分の所有するまとまった水田を転作地として提供し、それに他の農家の水田を加え、転作団地を形成する」という構想を仲間の3農家に相談したことがきっかけとなった。O氏は、3農家の同意を得た後、集落の他の農家にも参加を呼びかけ、団地化転作を行うことになった。しかしその後、当初の転作団地を別の水田に移動させようとした際に、新たな転作団地候補地に大区画圃場が入ってしまう農家から「転作団地に組み込まれるなら集団転作から抜ける」との反対意見が出された。このため、O氏は、C生産組合の分裂を回避するため、O氏の別の水田を新転作団地内に組み込むことにより、この農家の大区画水田が転作団地内に入らないようにした。この件以来、C集落では、転作団地をできる限り長期間固定する方針で現在に至っている。

D事例：役場が行う転作説明会が契機となり、D集落の農家組合長をしていたF氏が「どうせ転作をせざるを得ないのならば所得が高まるような対応を行う必要がある」と考えたのが、団地化転作の検討に繋がった。D集落では、K村の農政担当者であったU氏が退職後に自治会長をしていたこともあり、団地化に向けた具体的計画がスムーズに策定でき、大多数の農家から合意を得ることができた。しかし、高齢経営主の1人が「自分の水田で好きなように水稲作や生産調整を行いたい」と主張し、団地化に強く反対した。これに対してF氏は、「集落のほとんどの農家が転作組合に参加するのに、1戸だけ参加しないと、仲間外れの形になってしまい、お互いによくない」と言って、組合に参加するよう、反対農家をねばり強く説得した。これによって、この農家も最終的に転作組合に参加することになり、集落ぐるみ協業型の転作組合が設立された。

(4) 団地化に向けた土地利用調整

基本的に、A～D事例では、個々の農家の転作目標面積と転作実施面積が極力等しくなるよう、転作圃場を団地化している。しかし、大区画圃場の存在や各農家の所有する圃場の分散が原因となって、どうしても転作目標面積と転作実施面積との間に差異が生じてしまう。そのため、A～D事例では、差異を調整するための方法として、次のような対策を講じている。

まずB事例とC事例では、両者の不一致を解消する手段として、交換耕作を行っている。団地化のために転作水田を多く提供しているB生産組合の組合員農家やC事例のO氏は、転作過小農家から不足分に相当する水田を交換耕作用地として提供してもらっている。しかし、過不足を調整するのに適当な区画の交換耕作用の水田が少ないことや、圃場の癖が分からない他人の水田を利用することへの不安等から、一般的に交換耕作を行うケースは少ない。

これに対し、比較的多く行われているのが金銭による調整である。K村では、先に述べたように協議会が提示した考え方に基づき、転作過小農家が転作過大農家に対し、10a当たり3.2万円を支払うことで過不足を調整している。さらにまた、最終的な過不足分を加工米の配分で調整するケースもある。4事例の中では、A事例とC事例がこれに該当する。小規模兼業農家の中には、価格は安くても転作日標面積を加工米で代替できれば、新たな転作作物を導入するよりも労力面でのメリットが大きいと考える農家も少なくない。このためA事例とC事例では、集落に配分された加工米出荷量のうち、転作を過大に行っている農家の持ち分を、転作を行っていないあるいは過小の状態にある農家に回すことにより、転作日標面積と転作実施面積の過不足を調整している。

(5) 団地化の促進要因

これまでの検討結果等を踏まえ、転作圃場の団地化を促進していたと考えられる要因を整理すると、転作政策、圃場条件、集落内の人的条件、関係機関の支援の4つになる。そこで次に、これらの要因の影響力の程度を把握するため、A～Dの4事例に新たに5つの団地化転作事例（いずれもK村）を追加し、9事例の代表者に各要因の影響力の大きさを尋ねる調査を実施した。具体的には、まず上記の4要因を、表5-2-3の表側に示した①～⑬の要因に細分化した上で、この13要因について、団地化に「大きく影響した」「ある程度影響した」「影響しなかった」「阻害した」の選択肢の中から、回答者に適当なものを1つ選んでもらった。表5-2-3からは次の諸点が明らかである。

表5-2-3 転作圃場の団地化に貢献した要因の影響力の程度 (単位: 回答事例数)

転作地の団地化の促進要因		大きく影響	ある程度影響	影響なし	阻害した	無回答	スコア
(1) 転作政策	①団地化した場合の助成金の高さ	9	0	0	0	0	18
	②転作割当面積の拡大	0	4	3	0	2	4
(2) 圃場条件	③基盤整備による圃場条件改善	5	2	1	0	1	12
(3) 集落内の人的条件	④集落内のリーダーの有無と活躍	6	2	0	0	1	14
	⑤転作の担い手の存在	2	4	3	0	0	8
	⑥過去における集団対応等の経験	1	3	2	1	2	4
(4) 各種機関の支援	⑦集落内のまとまりの良さ	2	5	2	0	0	9
	⑧役場の働きかけ	4	4	1	0	0	12
	⑨普及センターの働きかけ	2	4	1	0	2	8
	⑩JAの働きかけ	3	4	0	0	2	10
	⑪転作収益の各種試算結果の提示	6	2	0	0	1	14
	⑫JAや普及センターの技術指導	1	6	2	0	0	8
	⑬転作機械への助成やリース	4	4	1	0	0	12

注：1) スコアは、表中の回答件数に、「大きく影響」と回答した場合は2ポイント、「ある程度影響」と回答した場合は1ポイント、「影響なし」は0ポイント、「阻害した」の場合は-1ポイントを乗じて合計したものである。
 2) 本表で取り上げた9事例のうち、4事例は表5-2-2で取り上げた調査事例である。

第1に、9事例の全てが団地化に大きく影響した要因として「団地化した場合の助成金の高さ」を挙げている。また「転作収益の各種試算結果の提示」の影響の大きさを指摘する回答も多い。団地化転作を行う経済的メリットの存在とそれについての正確な情報提供が団地化転作の促進要因になっていたことがわかる。

第2に、団地化転作の実現に尽力する集落リーダーの存在と関係機関の協力・支援の重要性を指摘する回答が多い。土地利用調整も含めた組織化とその組織を運営するリーダーの存在、関係機関による各種情報提供や団地化に向けた働きかけ、転作用機械施設への助成やリース等が団地化転作を促進している。

第3に、圃場条件の改善の影響を挙げた回答者も多い。集落や個々の農家の営農のあり方を話し合う契機となるとともに、収益性の高い転作を実施する上での前提条件ともなる基盤整備は、団地化転作の実現にプラスに作用している。

D 団地化転作の成立条件と支援方策

(1) 団地化転作の成立条件

これまでK村における団地化転作の実態とその促進要因について検討してきたが、ここでは、これらの分析結果等も踏まえ、団地化転作が成立するまでの意思決定過程のポイント部分と団地化転作の成立条件を整理しておきたい。図5-2-2に示すように、バラ転作となるか団地化転作となるかは、次の2つのステップを経て決まると考えられる。

第1は、検討対象となっている団地化転作の全体像を明確にする作業ステップである。この作業ステップでは、主に①団地圃場の設定方法、②転作目標面積と実転作面積の差の調整方法、③導入作物の決定と技術の習得、④作業主体の確保、⑤機械施設の確保等についてその具体的内容が検討される。第2は、上記の作業を通じて明確になる団地化転作の中身を前提に、個々の農家が団地化転作とバラ転作の有利性を比較するステップである。その場合の判断基準となるのは点線内の太字で示す関係式である。すなわち、個々の農家において「団地化に伴う諸負担」よりも「団地化によって得られる諸効果」の方が上回ると判断される場合に、団地化が成立する。

したがって、バラ転作と比較した場合の団地化転作の成立条件は「上記の2つのステップを通じて、集落の大多数の農家が団地化に伴う諸負担よりも団地化転作によって得られる諸効果の方が大きいと判断すること」であると言えよう。

そこで次に、これまで述べてきたK村における団地化転作の促進要因や支援策等を上記の団地化転作の成立条件との関係で再度整理すると、次のようになる。まずK村で実施されている「GISを使用した転作圃場図の提供」「転作面積の過不足の調整手法に関する情報提供」「農業改良普及センターやJAの技術指導」「担い手経営の育成」「転作用機械のリース」等は、第1ステップに作用し、団地化転作に取り組む際の隘路の除去や事務管理作業の軽減等を通じて、団地化を促進する。他方、「基盤整備」「助成金水準」「助成金の配分方法の改善」は第2ステップの「団地化参加農家の転作所得の増加（耕作者への助成金配分の改善を含む）」に作用し、「事務管理コストへの助成」「推進役の存在と協力・支援」「集落の和」は「団地化に伴う諸負担」の軽減に作用し、団地化条件式の成立をもたらす。

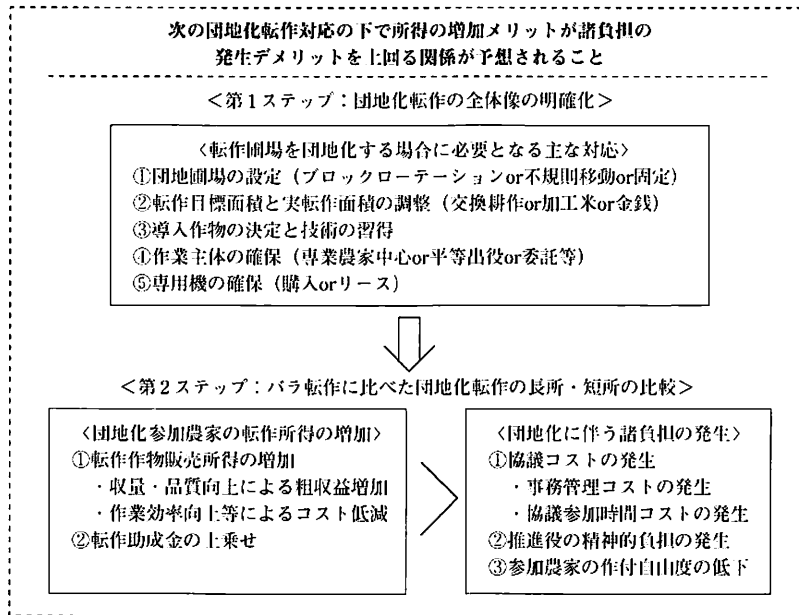


図5-2-2 団地化転作の成立条件

(2) 団地化転作に向けた支援方策

これまでの検討からも明らかなように、転作圃場の団地化は、単に転作圃場の土地利用権の調整だけではなく、担い手の確保状況、基盤整備の推進、転作推進リーダーの有無等の影響を受ける。また、団地化転作の意思決定主体は各集落の個々の農家であり、各農家の評価が団地化の成立を左右する。さらに、そうした農家に対して関係機関が種々の支援策を講じたり、様々な働きかけを行うことによって、団地化転作が促進されるのである。そこでここでは、これまでの検討結果を踏まえ、市町村やJA等が行うべき団地化転作に向けた支援方策を提示するとともに、それによって期待される諸効果について整理する。支援すべき対象と手段に着目すると、具体的な支援方策とそれによって期待される効果は次のようになる。

まず重要な支援方策の第1は、転作の実施を可能とする水田の基盤整備である。団地化転作を行うには、暗きょ排水施設が施工された30a区画以上の水田を確保する必要があるが、こうした条件が満たされていない場合は基盤整備の実施が不可欠である。もちろん、基盤整備実施の是非は、水稻を中心とした水田作全体にもたらされる費用対効果の視点から検討されねばならない。

第2は、助成金による団地化への直接的誘導である。転作所得を重視する生産者に対しては、団地化した場合の助成金の交付額を高めればよい。ただし、助成金交付額を必要以上に高くして団地化を促進することは、助成金の有効利用にならない。そもそも転作圃場の団地化を推進するのは、団地化自体に転作物物の単収・品質向上効果や作業能率向上によるコスト低減効果が期待できるからであり、本来であれば助成措置が無くても関係農家が自主的に団地化に向けた土地利用調整を行って当然なのである。助成金による誘導は、あくまでその団地化効果を引き出す呼び水のレベルにとどめるべきである。

第3は、団地化転作の推進役となる集落リーダーに対する働きかけと支援である。その具体的な内容は、①集落の役員・リーダーに団地化の重要性を十分理解してもらう、②団地化転作関係の資料の提供や説明会の共同開催等により役員やリーダーの活動を側面から支援する、③団地化推進に伴って発生する事務経費や活動費等を助成することの3つである。これにより、団地化転作の実現に

に向けた活動に伴う集落の役員・リーダー農家の負担が軽減され、団地化を実現するための合意形成が精力的に行われることが期待される。

第4は、転作作業を行う担い手経営に対する支援である。担い手経営は、必ずしも大規模経営に限ったものではなく、兼業農家が集まった協業経営組織であってもかまわない。要は、転作所得の確保に向け積極的に取り組める経営体もしくは生産組織であればよい。こうした担い手が転作団地を利用して効果的な転作対応ができるよう、経営の管理・運営面で支援策を講じることが重要である。具体的には、①地権者と耕作者の助成金配分の見直しによる担い手経営の転作所得の確保、②転作用機械のリースによる担い手経営の機械施設投資負担の軽減、③地域割による必要機械作業規模の確保等である。これにより、転作作業を行う担い手経営の所得面でのメリットが高まり、担い手経営の確保・育成が図られ、安定した団地化転作が可能となる。

第5は、集落の全農家を対象とした情報提供である。具体的には、①団地化の実施に伴って必要となる土地利用調整方法の紹介・提案や転作圃場図等の提供、②種々の条件の下で団地化転作を実施した場合の収益性の試算結果の提示、③近隣集落における優良事例情報の紹介やそれに関するワークショップの開催等である。これにより、団地化のもたらす所得向上効果が関係農家に正しく認識されるとともに、団地化に伴って必要となる土地利用調整方法が提示されることにより、転作圃場の団地化がスムーズに行われるようになる。

(土田志郎)

地域総合実施課題および地域総合関係者

地域総合実施課題

1. 転換畑輪作技術構築のための基盤的技術の開発
 - 1) 重粘土転換畑圃場の用排水制御技術の開発
 - (1) 暗きょシステムの改善による排水技術の確立（1997～2001年度）
北陸水田利用部・水田整備研究室、北陸総合研究部・総合研究第2チーム
 - (2) 転換畑圃場における灌漑技術の開発（1997～2001年度）
北陸水田利用部・水田整備研究室
 - 2) 重粘土転換畑圃場の土壌特性改善技術の開発（1997～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム
 - 3) 転換畑輪作体系策定のための導入作物の選定・評価（1997～1999年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム
2. 高収益で安定した転換畑輪作技術の確立
 - 1) 安定生産を目指した作付体系のための合理的農作業技術の開発
 - (1) 重粘土圃場における野菜作の作業効率向上技術の開発（1998～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム、北陸水田利用部・作業技術研究室
 - (2) 稲作用機械の畑利用技術の確立（1997～1999年度）
北陸水田利用部・作業技術研究室
 - 2) 導入輪作作物の栽培管理技術の開発
 - (1) 導入輪作作物の生育予測技術の開発（1997～2003年度）
北陸水田利用部・気象資源研究室
 - (2) 土壌肥沃度の動態解明によるキャベツの施肥管理技術の開発（1999～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム、北陸水田利用部・土壌管理研究室
 - (3) 転換初期における大豆の生育制御技術の開発（2001～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム
 - (4) 地力維持・増進による大豆安定生産技術の開発（2001～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム
 - 3) 導入輪作作物の病害虫発生実態の解明と防除技術の開発（1997～2003年度）
北陸水田利用部・病害研究室、虫害研究室
3. 畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作システムの確立
 - 1) 畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立（1997～2003年度）
北陸総合研究部・総合研究第2チーム、関係研究室
 - 2) 良食味米地帯における水田利用の変化と展開方向（1997～1999年度）
北陸総合研究部・農業経営研究室

4. 高度輪作営農システムの経営的評価と定着支援方策の構築

1) 高度輪作営農システムの経営評価と営農モデルの指標策定 (2000～2001年度)

北陸総合研究部・農業経営研究室

2) 高度輪作営農システム定着のための土地利用調整支援方策の解明 (2000～2003年度)

北陸総合研究部・農業経営研究室

地域総合関係者 (組織名称は、改廃以外は独法化後)

中央農業総合研究センター

所長：高屋武彦 (2001.4～2004.3)

北陸農業試験場

場長：平岩 進 (1997.7～2001.3)、中根 晃 (1997.4～1997.7)

北陸研究センター

北陸農業研究官：松葉捷也 (2001.4～2004.3)

北陸総合研究部

部長：古賀野完爾 (2000.4～2004.3)、中島寛爾 (1997.4～2000.3)

総合研究第2チーム：細川 寿 (1997.4～2004.3)、松崎守夫 (1997.4～2004.3)、
高橋智紀 (2001.10～2004.3)、伊藤公一 (1997.4～2001.3)、
高橋昭喜 (依頼研究員1999.10～1999.12)、
奥田綾子 (補助職員1998.4～2004.3)、
金井さき子 (補助職員2002.9～2002.12)

農業経営研究室：土田志郎 (2001.4～2004.3)、塩谷幸治 (1999.4～2004.3)、
仁平恒夫 (1997.4～2001.4)

北陸水田利用部

部長：岩野正敬 (2002.6～2004.3)、執行盛之 (1998.10～2002.3)、藤澤一郎 (1997.4～1998.9)

病害研究室：森脇丈治 (2000.10～2004.3)、荒井治喜 (1997.4～2000.4)、
平八重一之 (2003.4～2004.3)

虫害研究室：樋口博也 (1999.4～2004.3)、大矢慎吾 (1997.4～1999.3)

土壌管理研究室：亀川健一 (1999.4～2004.3)

水田整備研究室：足立一日出 (1997.4～2002.3)、吉田修一郎 (1997.4～2002.3)、
高木強治 (1997.4～200.3)

作業技術研究室：小林 恭 (1997.4～2000.3)、大黒正道 (1997.4～2000.3)

気象資源研究室：川方俊和 (1997.10～2004.3)、横山宏太郎 (1997.4～2004.3)

業務科：村松謙生 (1997.4～2004.3)、朝岡淳一 (2001.4～2004.3)、

矢崎孝司 (2002.4～2004.3)、横山雄司 (1997.4～2002.3)、若井洋一 (1997.4～2001.3)

研究成果および研究発表一覧

(平成9年4月から平成17年1月まで)

1. 研究成果情報

- 1) 細川 寿・足立一日出・松崎守夫・伊藤公一 (2000) 重粘土用耕うん畝立て法 (指導), 平成11年度研究成果情報 (北陸: 作業技術・総合研究、共通基盤: 作業技術・総合研究、野菜花き)
- 2) 細川 寿・松崎守夫・伊藤公一 (2000) 散水チューブによるセル成型苗用灌水方法 (指導), 平成12年度研究成果情報 (北陸: 作業技術・総合研究、共通基盤: 作業技術・総合研究、野菜花き)
- 3) 細川 寿・伊藤公一・松崎守夫 (2001) 野菜管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用 (普及), 平成12年度研究成果情報 (北陸: 作業技術・総合研究、共通基盤: 作業技術・総合研究、野菜花き)
- 4) 足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫・伊藤公一・高木強治 (2002) 本暗渠に浅層暗渠を組合わせた排水システムの暗渠排水特性 (参考), 平成13年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 作業技術、総合研究、共通基盤: 作業技術、総合研究)
- 5) 細川 寿・足立一日出・松崎守夫・高橋智紀・伊藤公一・吉田修一郎 (2002) 浅層暗渠により早期に碎土率と収量は向上する (参考), 平成13年度成果情報 (関東東海北陸・北陸: 作業技術・総合研究、共通基盤: 作業技術・総合研究)
- 6) 塩谷幸治 (2002), 北陸秋どりキャベツ作の大規模水田作経営への新技術導入効果 (参考) 平成13年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 総合研究・経営、共通基盤: 総合研究・経営)
- 7) 細川 寿・高橋智紀・松崎守夫 (2003) 大豆用耕うん同時畝立て播種作業技術 (参考), 平成14年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 作業技術・総合研究、共通基盤: 作業技術・総合研究)
- 8) 細川 寿・松崎守夫・高橋智紀 (2004) キャベツの葉を傷つけない追肥作業ユニット (参考), 平成15年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 作業技術、共通基盤: 作業技術)
- 9) 松崎守夫・亀川健一・高橋智紀・細川 寿 (2004) 株元施肥によって夏まきキャベツの施肥量は3割削減できる (参考), 平成15年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 生産環境、共通基盤: 土壌肥料)
- 10) 細川 寿・足立一日出・塩谷幸治・松崎守夫・高橋智紀・吉田修一郎 (2004) 重粘土転換畑への野菜導入のための作業システム (参考), 平成15年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 総合研究、共通基盤: 総合研究)
- 11) 松崎守夫・高橋智紀・細川 寿 (2004) 湿害を受けた大豆の形態的特徴と被覆尿素による減収対応技術 (参考), 平成15年度研究成果情報 (関東東海北陸・北陸: 生産環境、共通基盤: 土壌肥料)
- 12) 細川 寿・松崎守夫・高橋智紀・塩谷幸治 (2004) 重粘土転換畑における大豆の湿害回避技術 (普及), 平成15年度成果情報 (関東東海北陸・北陸: 総合研究、共通基盤: 総合研究)

2. 論文・資料・総説

第1章

- 1) 松崎守夫・細川 寿・高木強治・足立一日出・吉田修一郎 (1998) 浅層暗きょ処理が転換初年目圃場のキャベツに及ぼす影響, 北陸作物学会報34: 150-153
- 2) 足立一日出・細川 寿・吉田修一郎・松崎守夫 (2002) 重粘土転換畑に本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた暗渠排水システムの排水特性, 農業土木学会論文集220: 35-41
- 3) 足立一日出・吉田修一郎・細川 寿 (2003) 重粘土転換畑における大豆-大麦-キャベツ作付け体系化の土壤物理性の変化, 農業土木学会論文集227: 139-148
- 4) 足立 一日出 (2003) 論文をかたる 地域総合研究と排水技術, 農業土木学会誌71 (3): 73-74

第2章

- 1) Hosokawa H., K. Adachi, K. Itoh, and M. Matuzaki (2001) Rotary Tilling and Ridge-Making Methods for Heavy Clay Soil, JARQ35 (4): 255-261
- 2) 松崎守夫 (2001) 北陸地域の中央卸売り市場における野菜の主な産地の出荷時期と作型, 北陸農業研究資料43: 1-63
- 3) 亀川健一・松崎守夫 (2002) 重粘土転換畑への野菜作の導入技術-キャベツ作の導入とその施肥管理-, 新潟アグロノミー (38): 3-8
- 4) 細川 寿 (2002) 北陸多雪地帯重粘土水田における畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立, 農業機械学会誌64 (5): 9-13
- 5) 松崎守夫・亀川健一・高橋智紀・細川 寿 (2003) 肥料の種類と施肥量が夏まきキャベツの生育収量および土壤の電気伝導度に及ぼす影響, 北陸作物学会報38: 79-81
- 6) 松崎守夫・亀川健一・高橋智紀・細川 寿 (2004) 株元施肥と追肥が夏まきキャベツの収量と窒素蓄積に及ぼす影響, 北陸作物学会報39: 47-49

第3章

- 1) 大黒正道・澤村宣志・小林 恭・帖佐 直・佐々木豊 (2000) 循環乾燥機を用いた高水分大豆の調湿乾燥, 農業機械学会誌62 (3): 140-148
- 2) 細川 寿 (2004) ダイズの耕うん同時畝立て作業機による重粘土転換畑の湿害回避, 農業機械学会誌66 (5): 14-16
- 3) 松崎守夫・高橋智紀・細川 寿 (2005) 北陸地方の重粘土転換畑ダイズに梅雨時の過湿条件、被覆尿素が及ぼす影響, 日作紀 (投稿中)
- 4) 高橋智紀・松崎守夫・塩谷幸治・細川 寿 (2005) 転換畑におけるダイズの収量に及ぼす土壤特性の影響-新潟県上越地域の事例-, 中央農業総合研究センター研究報告 (投稿中)

第4章

- 1) 荒井治喜・藤川佳克・堤 忠宏 (1998) 北陸農試新規育成大麦系統の雲形病抵抗性 (第1報), 北陸作物学会報33: 112-114
- 2) 荒井治喜・伊藤誠治・林 敬子 (2001) 北陸農試新規育成大麦系統の雲形病抵抗性 (第2報), 北陸作物学会報37: 69-71
- 3) 荒井治喜・森脇丈治・伊藤誠治・馬場孝秀 (2001) 北陸農試新規育成大麦系統の雲形病抵抗性 (第3報), 北陸作物学会報37: 72-74
- 4) 荒井治喜・森脇丈治・伊藤誠治・堤 忠宏 (2001) 北陸農試で育成した雲形病抵抗性大麦系統の雲形病菌レースに対応する反応, 北陸作物学会報37: 75-78

第5章

- 1) 上田志郎 (2001) 麦・大豆の「本作化」と定着に向けた条件整備, 農林業問題研究144: 20-29
- 2) 塩谷幸治 (2002) 降雨がキャベツ収穫作業体系に与える影響評価, 農業経営研究40 (1): 102-105
- 3) 塩谷幸治 (2002) 北陸地域の大規模水田作の経営モデル分析と展開条件—新潟県中越地区A法人を事例として—, 北陸研究センター農業経営研究1: 20-33
- 4) 塩谷幸治 (2003) 野菜を組み込んだ高度輪作営農システムに関する経営評価—北陸秋どりキャベツ作の水田作経営への開発新技術導入効果, 北陸研究センター農業経営研究2: 53-75
- 5) 塩谷幸治 (2003) 降雨がキャベツ収穫作業体系に与える影響評価, 農業経営通信215: 30-33
- 6) 土田志郎 (2003) 北陸地域における野菜作を対象とした高度輪作技術の導入可能性と土地利用, 北陸研究センター農業経営研究第2号: 30-52
- 7) 土田志郎 (2004) 圃地化転作の促進要因と土地利用調整, 農林業問題研究154: 182-187

3. 学会発表講演要旨

第1章

- 1) 細川 寿・伊藤公一・足立 日出・吉田修一郎・高木強治・松崎守夫 (1998) 重粘土転換畑における浅層暗渠施工効果—施工初期における碎土性—, 農業機械学会関東支部第34回講演要旨: 1-2
- 2) 松崎守夫・伊藤公一・細川 寿・高木強治・足立 日出・吉田修一郎 (1998) 重粘土転換畑において暗渠・転換年数がダイズに及ぼす影響 第1報 地上部に及ぼす影響, 日本作物学会67別 (1): 270-271
- 3) 松崎守夫・伊藤公一・細川 寿・高木強治・足立 日出・吉田修一郎 (1998) 重粘土転換畑において暗渠・転換年数がダイズに及ぼす影響 第2報 地下部に及ぼす影響, 日本作物学会67別 (1): 272-273
- 4) 松崎守夫・細川 寿・高木強治・足立 日出・吉田修一郎 (1998) 浅層暗渠処理が転作初年目圃場のキャベツに及ぼす影響, 北陸作物学会報第35回講演要旨: 124-125
- 5) 高橋智紀・鳥山和伸・亀川健一 (1998) フェノール性化合物の添加による耐水性団粒の生成機構, 日本土壌肥料学会関東支部大会講演要旨集: 18
- 6) 足立 日出・細川 寿・吉田修一郎・高木強治 (2000) 重粘土転換畑における通常暗渠と浅層暗渠を組み合わせた暗渠排水システム, 平成12年度農業土木学会大会講演要旨集: 802-803
- 7) 細川 寿・足立 日出・松崎守夫・高橋智紀・吉田修一郎 (2003) 浅層暗渠の施工作业と効果, 農作業学会38別 (1): 39-40

第2章

- 1) 細川 寿・伊藤公一・松崎守夫 (1998) セル成型苗用低コスト灌水技術の開発—灌水装置の構造と特性—, 農作業研究33別 (1): 113-114
- 2) 細川 寿・足立 日出・伊藤公一・松崎守夫 (1999) 重粘土用耕うん・畦立て方法と特性, 農作業研究34別 (1): 113~114
- 3) 細川 寿・伊藤公一・松崎守夫 (1999) セル成型苗用自動灌水技術, 農作業研究34別 (1): 85-86

- 4) 川方俊和・横山宏太郎・小南靖弘 (2000) ポット植えキャベツの蒸発散, 日本農業気象学会北陸支部会誌25: 8-9
- 5) 細川 寿・伊藤公一・松崎守夫 (2001) クローラ運搬車用管理作業技術の開発, 農作業研究36別 (1): 33-34
- 6) 川方俊和・横山宏太郎・小南靖弘 (2001) 多項式で表した発育速度の計算方法と収穫期の推定, 日本農業気象学会合同大会講演要旨: 30-31
- 7) 細川 寿・塩谷幸治・松崎守夫・高橋智紀 (2002) 重粘土転換畑における野菜収穫物の搬出作業, 農作業研究37別 (1): 133-134
- 8) 細川 寿・松崎守夫・高橋智紀 (2002) 重粘土転換畑における野菜作の施肥量削減に関する研究—施肥同時移植作業機—, 農業機械学会第61回講演要旨: 45~46
- 9) 松崎守夫・亀川健一・高橋智紀・細川 寿 (2002) 肥料の種類・施肥量が夏まきキャベツ・ECに及ぼす影響, 北陸作物学会報38別: 25
- 10) 川方俊和・横山宏太郎 (2002) 多項式で表した発育速度の計算とその適用, 日本農業気象学会北陸支部会誌27: 10-11
- 11) 川方俊和・横山宏太郎 (2002) 多項式で表した発育速度の転換畑キャベツへの適用, 農業環境関連4学会合同大会講演要旨: 290
- 12) 細川 寿・足立一日出・塩谷幸治・伊藤公一・松崎守夫・高橋智紀 (2002) 重粘土転換畑に適した野菜作の作業体系, 農作業研究37別 (1): 131-132
- 13) 細川 寿・松崎守夫・高橋智紀 (2003) 運搬・管理作業における遠隔操作—装置の構造と特徴—, 農業機械学会第61回講演要旨: 377-378
- 14) 亀川健一・松崎守夫 (2003) 重粘質転換畑における夏まきキャベツ作への窒素施肥削減の影響, 日本土壤肥料学会関東支部大会講演要旨集: 17
- 15) 松崎守夫・亀川健一・高橋智紀・細川 寿 (2003) 株元施肥・分肥が夏まきキャベツに及ぼす影響, 北陸作物学会報39別: 23
- 16) 川方俊和・横山宏太郎・小南靖弘 (2003) 2変数多項式で表した発育速度モデルによる転換畑キャベツの収穫期予測, 日本農業気象学会北陸支部会誌28: 10-11
- 17) 細川 寿・高橋智紀・松崎守夫 (2004) 野菜の追肥作業技術の開発—1畝2条植え用追肥作業機—, 農業機械学会第63回講演要旨: 129-130

第3章

- 1) 細川 寿・足立一日出・松崎守夫・伊藤公一 (2000) 重粘土転換畑における大豆中耕培土作業, 農作業研究35別 (1): 93~94
- 2) 高橋智紀・細川 寿・松崎守夫 (2003) 耕うん同時畝立て栽培による転換畑大豆の初期生育の改善, 日本土壤肥料学会講演要旨集49: 125
- 3) 高橋智紀・松崎守夫・塩谷幸治・細川 寿 (2003) 重粘質転換畑におけるダイズ収量と土壌条件の関係—新潟県上越地域の事例—, 日本土壤肥料学会関東支部大会講演要旨集: 17
- 4) 細川 寿・高橋智紀・松崎守夫 (2003) 大豆用耕うん同時畝立て作業技術, 農作業研究38別 (1): 41-42
- 5) 松崎守夫・細川 寿・高橋智紀 (2003) 播種期がダイズの生育収量に及ぼす影響, 北陸作物学会報39別: 22
- 6) 高橋智紀・細川 寿・松崎守夫 (2004) 耕うん同時畝立て播種栽培による転換畑大豆の初期

生育の改善 第2報 耕うん同時播種による吸水・出芽過程の改善, 日本土壤肥料学会講演要旨集50:130

- 7) 細川 寿・高橋智紀・塩谷幸治・松崎守夫 (2004) 重粘土転換畑における大豆耕うん同時播種作業の効果, 農作業研究39別 (1):67-68

第4章

- 1) 荒井治喜・藤田佳克 (1997) 国内におけるオオムギ雲形病菌のレース分布, 日植病報講演要旨63 (3):214
- 2) 荒井治喜・藤田克彦 (1997) オオムギ雲形病抵抗性の遺伝解析 1. オオムギ小さび病抵抗性系統“さび系”の雲形病抵抗性, 育種学雑誌講演要旨47別 (2):108
- 3) 荒井治喜・藤田克彦 (1998) オオムギ雲形病抵抗性の遺伝解析 2. 国内品種の有する雲形病抵抗性, 育種学雑誌講演要旨48別 (2):259
- 4) 荒井治喜・藤田克彦 (1998) オオムギの幼苗および成体における雲形病抵抗性の変動, 日植病報講演要旨64 (4):362
- 5) Arai, M. and Y. Fujita (1998) Pathogenic Variation of Scald Fungus on Barley in Japan, 7th International Congress of Plant Pathology 2 International Society for Plant Pathology (講演要旨)
- 6) 荒井治喜・小島勇治・田中文浩・藤巻雄一・原澤良栄・中島敏彦 (2000) 新潟県上越地域における大豆葉腐病の多発事例, 北陸病害虫研究会報48:64
- 7) 荒井治喜・中島敏彦 (2001) オオムギの雲形病抵抗性へ変動要因, 日本植物病理学会報67 (2):183
- 8) 樋口博也 (2004) ウコンノメイガのダイズ葉に対する食害と収量の関係, 第56回北陸病害虫研究会講演要旨集:14

第5章

- 1) 塩谷幸治 (2001) 降雨がキャベツ収穫作業体系に与える影響評価, 平成13年度日本農業経営学会研究大会報告要旨:138
- 2) 塩谷幸治 (2001) 北陸地域における大規模水田作の経営モデル分析と経営展開条件—新潟県中越地区A法人を事例に—, 第37回東北農業経済学会新潟大会報告要旨:39
- 3) 塩谷幸治・細川 寿 (2003) 大豆作経営へのアップカッターロータリーによる耕耘同時播種機の導入効果—北陸重粘土転換畑利用の大豆生産事例を基に—, 第39回東北農業経済学会山形大会 (講要):79
- 4) 土田志郎 (2003) 団地化転作の促進要因と土地利用調整, 第53回地域農林経済学会報告要旨:112

4. 商業誌・機関誌等

第1章

- 1) 足立一日出 (2000) 通常暗渠と浅層暗渠を組み合わせた排水対策, 水田を中心とした土地利用型農業活性化のための技術資料集, 農林水産省:26-28
- 2) 細川 寿 (2000) 重粘土における土壌改良と耕耘特性向上の定量的評価に関する総合研究の交流育成, 北陸農業試験場ニュース67:11
- 3) 吉田修一郎 (2001) 重粘土水田大豆作安定・増収のための排水技術—確実な地表排水を—,

機械化農業3005：9-12

- 4) 総合研究第2チーム・水田整備研究室 (2002) 本暗渠に浅層暗渠を組み合わせた排水システム, 中央農業総合研究センターニュース5：5
- 5) 吉田修一郎 (2002) 暗渠・明渠・弾丸暗渠 粘土質ダイズ畑の徹底排水対策, 現代農業81(1)：102-104.
- 6) 総合研究第2チーム・水田整備研究室 (2003) 排水不良転換畑に適した浅層暗渠による排水システム, 農林水産主要研究成果 (平成13年度)：22-23

第2章

- 1) 細川 寿 (2000) 北陸重粘土転換畑への野菜導入一耕うん畝成型作業の視点から一, 農業技術55 (11)：493-497
- 2) 細川 寿 (2000) 重粘土に適した耕うん畝立て作業技術, 機械化農業2993：9-12
- 3) 細川 寿 (2000) 重粘土用耕うん畝立て法, 平成11年度総合農業の新技术13：232-239
- 4) 細川 寿 (2000) 重粘土用耕うん畝立て作業機, 平成11年度北陸農業の新技术13：33-36
- 5) 細川 寿 (2000) 重粘土用耕うん畝立て作業機, 北陸農業試験場ニュース69：4
- 6) 細川 寿 (2000) アップカッターロータリ爪改良による耕うん畝立て法, 水田を中心とした土地利用型農業活性化のための技術資料集 (農林水産省)：17-20
- 7) 伊藤公一 (2000) 大麦一キャベツ大豆の2年3作体系 (北陸) 水田を中心とした土地利用型農業活性化のための技術資料集 (農林水産省)：101-102
- 8) 細川 寿 (2001) 重粘土に適した耕うん同時畝立て作業機, 農業および園芸76 (9)：999-1006
- 9) 細川 寿 (2001) 重粘土用耕うん畝立て作業機, 野菜園芸技術28 (2)：表紙・38
- 10) 細川 寿 (2001) 重粘土転換畑に適した野菜用の耕うん畝立て作業法, のうせい北陸24：14-15
- 11) 細川 寿 (2001) 野菜管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用, 野菜園芸技術28 (8)：表紙・32
- 12) 細川 寿 (2001) 野菜管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用, 平成12年度北陸農業の新技术14：30-33
- 13) 細川 寿 (2001) 水田転換畑における野菜管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用, 中央農業総合研究センターニュース2：4
- 14) 細川 寿 (2001) 灌水チューブによるセル成型苗灌水装置, 野菜園芸技術28 (6)：表紙・38
- 15) 細川 寿 (2002) 収穫用クローラ運搬車による野菜管理作業への汎用利用, 農耕と園藝57 (4), 88-90
- 16) 細川 寿 (2002) 農機技術セミナー「重粘土畑もこわくない能率良く走行・作業できるすぐれもの」, グリーンレポート373：10-11
- 17) 細川 寿 (2002) 散水チューブによる均一な灌水法, 農業日誌平成15年版, 232-233
- 18) 細川 寿 (2002) 散水チューブによる均一な灌水方法, 中央農業総合研究センター, 北陸研究センターニュース2：2
- 19) 細川 寿 (2003) 野菜栽培の低コスト・省力化技術 第3章 省力・機械化・軽作業化技術 4. 省力・軽作業化技術 (2) 露地栽培における省力・軽作業化技術 2) 葉莖菜類の省力・軽作業化技術, 農林水産研究文献解題28：155-171

第3章

- 1) 大黒正道 (2000) 大豆の乾燥調整マニュアル (全国農業改良普及協会) : 3-53
- 2) 吉田修一郎 (2001) 北陸地域におけるインターネット版ダイズ栽培マニュアルー基盤整備・営農排水編ー北陸農業試験場ニュース70 : 6-7
- 3) 細川 寿 (2003) 大豆の耕うん同時畝立て施肥播種作業, 中央農業総合研究センター 北陸研究センターニュース7 : 2
- 4) 細川 寿 (2003) 大豆の耕うん同時畝立て栽培 農業日誌平成16年版 : 176-177
- 5) 細川 寿 (2003) 地域農業を支える機械化技術の開発 農業技術研究機構の取り組みー北陸ー, 機械化農業3029 : 56-58
- 6) 細川 寿 (2004) 新しい作業機で「大豆の畝立て栽培」ー湿害を防いで収量増加ー, 中央農業総合研究センターニュース12 :
- 7) 細川 寿 (2004) 湿害を回避する大豆の耕うん同時畝立て作業機, 農業および園芸79 (12) : 1293-1299.
- 8) 細川 寿 (2004) 大豆のうね立て栽培 排水不良圃場で生育促進・収量アップを図る, ニューインプル84 : 4-5
- 9) 松崎守夫 (2004) 大豆の湿害を被覆尿素で軽減する, 農業日誌平成17年版 : 374-375
- 10) 細川 寿・塩谷幸治・高橋智紀 (2004) 排水対策に関する調査事例報告, 国産大豆の安定供給に向けた緊急調査 : 70-71

第4章

- 1) 荒井治喜 (1998) 国内における最近の大麦雲形病菌レース, 北陸農業試験場ニュース62 : 5
- 2) 荒井治喜 (1998) オオムギ雲形病のレースの文化と特化, 技術会議だより200 : 3
- 3) 荒井治喜 (1999) オオムギ雲形病 種子伝染病の生態と防除, 日本植物病疫協会 : 163-165
- 4) 荒井治喜 (1999) ムギの主要病害と対策 今月の農業44 (3) : 28-31
- 5) 荒井治喜 (2000) オオムギ雲形病の発生態態と防除法 植物防疫54 (5) : 183-186
- 6) 森脇丈治 (2004) ダイズの主要病害と防除対策 今月の農業48 (4) : 21-23

第5章

- 1) 塩谷幸治 (2003) 野菜栽培の低コスト・省力化技術 第5章 省力・低コスト生産技術の経営的評価 1. 機械化技術 (2) 収穫技術, 農林水産研究文献解題28 : 399-401

5. 講演等

第1章

- 1) 足立一日出 (2000) 暗渠システムの改善による早期畑地化技術, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場) : 1-5
- 2) 足立一日出 (2002) 重粘土転換畑における排水技術について, 中堅技術系専門研修 (北陸農政局)
- 3) 亀川健一 (2000) 重粘土転換畑の土壌特性と改善技術ー転換畑の土壌管理法を中心として, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場) : 6-11
- 4) 細川 寿 (2004) 圃場排水性の向上による湿害回避技術, 研究戦略構築会議 耐湿性・湿害回避研究の推進に関する研究会 (野菜茶業研究所) : 13-17

第2章

- 1) 伊藤公一 (1998) 21世紀水田農業をめぐる農作業の諸問題—北陸における畑作・野菜作の農作業上の諸問題, 農作業研究33別 (2): 23-30
- 2) 伊藤公一 (2000) 現地見学資料—地域先導技術総合研究の営農試験地担当農家、並びにその近辺の転作圃場, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場): 39-40
- 3) 伊藤公一 (2000) 北陸地域の水田転作の実態と園芸作物導入上の課題, 園芸学会北陸支部平成12年度シンポジウム講演要旨: 14-21・講演
- 4) 細川 寿 (2000) 重粘土特性を踏まえた耕うん・碎土技術開発の現状と課題, 平成11年度北陸農業試験研究推進会議 営農・作業技術推進部会重要検討事項, 37-44
- 5) 細川 寿 (2000) 重粘土転換畑における耕うん技術と管理作業技術, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場): 12-20
- 6) 細川 寿 (2001) 水田転換畑に適した野菜管理用作業技術の開発, 第12回魚津市野菜生産者大会 (魚津市野菜振興会): 2-4
- 7) 細川 寿 (2001) 防除用ブーム (クローラ運搬アタッチ), 富山県白ねぎ産地活性化推進大会 (富山県園芸振興推進協議会)
- 8) 細川 寿 (2002) 小規模野菜作に適する低コスト作業技術, 平成13年度関東東海北陸農業試験研究推進会議野菜・花き部会重点検討事項: 4・1-4・5
- 9) 細川 寿 (2002) 野菜の機械化体系確立について—転換畑等粘質土壌における機械化導入について—, 野菜産地強化研修会 (島根県): 1-11

第3章

- 1) 伊藤公一 (2000) 重粘土転換畑における大麦・大豆栽培技術—北陸の多収穫事例等からみた栽培技術—, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場): 49-56
- 2) 細川 寿 (2001) 重粘土地帯における大豆栽培作業の技術上の課題, 平成12年度北陸農業試験研究推進会議営農・作業技術推進部会重要検討事項, 30-32
- 3) 細川 寿 (2003) 大豆播種時における耕うん・施肥一貫作業体系技術について, 平成14年度大豆採取圃検討会, JAえちご上越
- 4) 細川 寿 (2003) 高品質大豆栽培について—大豆播種時における耕耘・施肥一貫体系技術について—平成15年度JAえちご上越上越支店大豆作業受託生産組織協議会総会
- 5) 細川 寿 (2003) 湿害を回避する大豆の耕うん作業技術の開発 上越市作物研修会 (上越市振興協議会)
- 6) 細川 寿 (2004) 北陸 (新潟) における耕うん同時畝立てについて平成15年度関東東海北陸、作業技術・総合研究合同技術研究会
- 7) 高橋智紀 (2004) 土壌環境と大豆の苗立ち—土壌タイプによる整理—, 平成15年度関東東海北陸、作業技術・総合研究合同技術研究会
- 8) 細川 寿 (2004) 北陸の重粘土における耕耘同時畦立栽培技術 国産大豆の需要拡大・安定生産のための研究会
- 9) 高橋智紀 (2004) 播種床の土壌環境と大豆の出芽・苗立ち 国産大豆の需要拡大・安定生産のための研究会
- 10) 細川 寿 (2004) 重粘土転換畑の耕うん作業技術, 平成16年度革新的農業技術習得研修委託

事業 水田高度利用および飼料イネ生産技術：51-62

- 11) 細川 寿 (2004) 大豆の耕うん同時畝立てによる初期生育安定化技術, 元気の出る農業新技術発表会 (福井県農業試験場)
- 12) 細川 寿 (2004) 耕うん同時うね立て播種の作業体系 一畝立て播種機一, えだまめ生産者懇談会 (中頸城農業振興協議会園芸振興部会)
- 13) 細川 寿 (2004) 大豆の耕うん同時畝立て播種作業技術, 中頸城地区大豆作柄研修・検討会
- 14) 細川 寿 (2004) 平成16年度出前技術指導の概要, 平成16年度北陸における耕うん同時畝立て技術研究会：1-1-1-7
- 15) 高橋智紀 (2004) 土壌型からみた耕うん同時畝立て播種作業技術の適用範囲, 平成16年度北陸における耕うん同時畝立て技術研究会：7-1-7-3
- 16) 細川 寿 (2005) 排水性改善を中心とした水田転換畑における大豆の安定生産, ヤンマー農機展示会「アグリプロ21」

第4章

- 1) 荒井治喜 (2000) 転換畑導入作物における主要病害の発生生態と防除対策, 平成12年度専門技術員研修テキスト (農林水産省・北陸農業試験場)：21-38

第5章

- 1) 仁平恒夫 (1998) 現地研修「有限会社ファーミングスタッフ」平成10年度専門技術員研修「地域新技術研修」最新の環境保全的な良食味米生産技術 農産園芸局普及教育課・北陸農業試験場：59-62

6. 新聞・放送、パンフレット、実演・公開試験、HP等

新聞・放送

- 1) 転換畑でキャベツを作る (1998.08.18) 上越市有線放送
- 2) 畑地化のしくみを探る (1999.07.28) 上越市有線放送
- 3) 進めよう重粘土水田の転作 (1999.06.10, 13面) 日本農業新聞
- 4) 重粘土用耕うん畦立て装置 (1999.08.25) 上越市有線放送
- 5) 重粘土の耕うん畝立て作業機を開発一砕土率高め排水性改善 (2000.08.20, 7面) 日本農業新聞
- 6) 湿田転作の障害克服へ一耕うん畝立て機を開発 (2000.11.10, 7面), 全国農業新聞
- 7) 重粘土転換畑でクローラ運搬機汎用利用 (2001.07.10, 10面) 農機新聞
- 8) 身近な材料使いかん水装置開発 (2001.10.31, 4面) 日本農業新聞
- 9) 輸入に対抗! ネギ生産機械化体系導入し活力ある産地を (2001.11.07, 4面) 日本農業新聞
- 10) 重粘土水田転換畑に適する耕うん畝成型作業機 (2001.10) 農林水産省トピックスCATV・有線放送
- 11) 重粘土水田転換畑に適する耕うん畝成型作業機 (2001.07.29) ラジオ短波 農業技術情報
- 12) 散水チューブによる均一な灌水方法 (2001.07.25) 上越市有線放送
- 13) 重粘土に適した大豆の耕うん方法 (2002.05.22) 上越市有線放送
- 14) 北陸秋どりキャベツ作の大規模水田作経営への新技術導入効果 (2002.11.21) 上越市有線放送
- 15) 降雨と大豆耕耘・播種作業 (2003.04.23) 上越市有線放送

- 16) おはようスポット「浅層暗きよの公開試験開催について」(2003.04.15) 上越市有線放送
- 17) ニュースフラッシュ「浅層暗きよ公開試験」(2003.04.16) 上越市有線放送
- 18) 手軽な工事で排水良好「浅層暗きよ」の実証試験(2003.04.18, 2面) 上越よみうり
- 19) 安く簡便に排水 新システム開発(2003.04.20, 2面) 上越タイムス
- 20) 大豆用耕うん畝立て同時作業(2003.05.21) 上越市有線放送
- 21) おはようスポット「大豆の畝立て栽培公開実験の開催について」(2003.06.05-06) 上越市有線放送
- 22) ニュースフラッシュ「重粘土転換畑における大豆栽培実験」(2003.06.06) 上越市有線放送
- 23) エリアレポート「大豆の耕うん畝立て栽培試験」(2003.06.09) 上越ケーブルテレビ
- 24) 地域農業の方向は(北陸東山)北陸研究センターの取組 大豆作同時畝立て装置開発(2003.07.01, 4面) 農機新聞
- 25) 耕うん畝立てが同時に 大豆省力作業の機械開発 碎土率高く湿害回避(2003.08.06, 11面) 日本農業新聞
- 26) 新しい作業機で「大豆の畝立て栽培」-湿害を防いで収量増加- (2003.12.19) プレスリリース
- 27) ニュースフラッシュ「重粘土転換畑における大豆の畝立て栽培」(2003.12.19) 上越市有線放送
- 28) 湿害防ぎ作業効率 収量向上 大豆用の新型畝立て作業機(2003.12.22, 2面) 上越よみうり
- 29) 一度にうねつくりと種まき ダイズ作業機開発(2003.12.22, 2面) 上越タイムス
- 30) 一気にOKロータリ開発 湿害も防御 収量増に期待(2004.01.14, 5面) 新潟日報
- 31) 大規模水田作経営の大豆栽培における耕耘と播種の作業能率格差への対応(2004.4.23) 上越市有線放送
- 32) 研究協力員制度で指導体制強化(2004.4.23, 4面) 上越タイムス
- 33) 農業技術の出前いかが 技術者が現地指導(2004.04.23, 9面) 新潟日報
- 34) 被覆尿素で大豆の湿害を軽減する(2004.05.26) 上越市有線放送
- 35) 湿害対策の切り札 アップカットロータリ式耕うん同時畝立て作業機(2004.06.08, 9面) 日本農業新聞
- 36) 森脇丈治(2004) 大豆の病虫害防除ポイント病害 農業共済新聞(2004.07.07, 4面)
- 37) 転換畑で大豆・野菜を作る ~新しい作業機で耕うん・うね作りを同時に(2004.10.26) 2004年度上越テレビ公開講座 上越ケーブルビジョン
- 38) 耕うん同時畝立て(2004.11.30, 2面) 農機新聞
- 39) 耕うん、畝立て、播種同時に 大豆の生育早く抑草も(2004.12.16, 15面) 日本農業新聞
- 40) ダイズづくりで技術研究会(2004.12.17, 4面) 上越タイムス
- 41) 耕うん同時畝立て栽培 野菜作にも効果(2005.01.12, 11面) 日本農業新聞

パンフレット

- 1) 重粘土に適した野菜用の畝を作る(2000.2) 北陸農業試験場
- 2) 重粘土水田地帯の汎用化水田で大豆をつくる-排水対策マニュアル- (2001.3) 農林水産省・北陸農業試験場・北陸農政局
- 3) 粘土質の水田で高品質の大豆を作る(2002), 中央農業総合研究センター

- 4) 重粘土転換畑における大豆の「畝立て栽培」(2003.9) 北陸研究センター
- 5) 本暗渠と浅層暗きよの組み合わせによる重粘土転換畑の排水促進 (2003) 新たな産地作りへのステップ 北陸版, 北陸研究センター
- 6) 重粘土転換畑でクローラ運搬車を汎用的に利用する (2004.2) 北陸研究センター
- 7) 被覆尿素で大豆の湿害を軽減する (2004.2) 北陸研究センター
- 8) 重粘土の排水を改善する「浅層暗きよ」(2004.3) 北陸研究センター
- 9) 初期生育を安定化させる大豆の「畝立て栽培」(2004.10) 北陸研究センター

実演・公開試験・説明会等

- 1) キャベツ作におけるクローラ運搬車の汎用利用 (2001.9) JA新津さつきキャベツ生産部会防除実演会
- 2) キャベツ搬出作業におけるクローラ運搬車の利用 (2001.10) JA新津さつきキャベツ生産部会搬出実演会
- 3) キャベツ搬出、防除作業におけるクローラ運搬車の汎用利用 (2002.10) JA新津さつきキャベツ生産部会搬出説明会
- 4) ネギ管理作業のためのクローラ運搬車の汎用利用 (2002.12.9) 富山市八ヶ山ネギ集団栽培生産者防除実演会
- 5) 重粘土壌における野菜作の作業効率向上技術「高床式運搬機の高度利用技術」(ブロッコリー) (2001.10) 地域基幹現地実証実演・試験 (石川県農業総合研究センター)
- 6) 重粘土壌における野菜作の作業効率向上技術「改良アップカット耕耘畝立て法」(春穫りキャベツ) (2001.09) 地域基幹現地実証実演・試験 (石川県農業総合研究センター)
- 7) 公開試験「浅層暗きよ」(2003.4.16) 場所：上越市辰尾新田
- 8) 公開試験「大豆の畝立て栽培」(2003.6.6) 場所：上越市三ツ橋新田
- 9) 大豆耕うん同時畝立て播種 (2004.05.27) 新潟県立新発田農業高等学校作物科実習
- 10) 耕うん同時畝立て施肥播種技術について (2004.06.08) 根白石地区大豆畝立て栽培現地実証検討会
- 11) 現地実演会「大豆耕うん同時畝立て播種」(2004.06.18) (石川県農業総合研究センター)
- 12) 現地説明, 上越市駒林転作組合における大豆の耕うん同時畝立て播種作業 (2004.06.22), 中頸城地区大豆現地研修会
- 13) 1工程畝立て播種による直は栽培 (2004.07.02) えだまめ直は栽培等現地研修会
- 14) 吉川町竹直・田尻生産組合における耕うん同時畝立ての概要 (2004.07.15) 中頸城地区大豆現地巡回研修
- 15) 大豆高畝栽培 (2004.08.03), 北蒲原農業振興協議会「売れる米作り推進部会」第1回現地研修会
- 16) 現地実演・説明会「アップカットロータリー・発畝立て播種施肥防除機の活用技術」(2004.08.26), 加工用源助ダイコンの超省力機械化実証 (石川県農業総合研究センター)
- 17) 大豆現地研究会「高畦栽培の大豆の生育について」(2004.11.10) (茨城農業総合研究センター)

ホームページ

- 1) 北陸地域における大豆栽培マニュアル基盤整備・営農排水編 (2000) 北陸農業試験場

おわりに

本成績書は、地域総合研究「多雪地帯重年度水田における畑作物・野菜を組み込んだ転換畑輪作技術の確立」の研究成果をとりまとめたものである。この研究は、平成9年度から、北陸農業試験場（現：中央農業総合研究センター 北陸研究センター）で行われた課題であり、地域先導技術総合研究として実施してきた。平成13年度からは、「21世紀プロ7系 土地利用型農業経営における高度輪作大系の確立」のなかで、また最終年度の平成15年度は、交付金プロジェクトとして実施された。

開始当初は北陸重粘土転換畑で野菜の安定生産を図ることを目標に試験を実施し、平成11年からは、施肥量削減を図る環境保全関係課題が追加された。さらに、課題終了年度が、平成13年度から平成15年度に変更されたことに伴い、野菜の課題に加えて大豆の湿害回避、地力維持や病虫害発生実態の解明の課題を平成13年度から追加して試験を実施してきた。途中で課題の追加はあっても、本地域総合研究の基本は、北陸重粘土転換畑で安定して野菜・大豆を栽培することであり、この部分について、つねに一貫した目標をもって、転換畑研究を進めてきた。

本書は、地域総合研究実施課題のなかから、「排水・土壌改善等の基盤技術」、「キャベツ作と大豆作の安定栽培技術」、「病虫害発生実態」、「経営評価と普及」に分けて農業現場に近い内容を中心に記述している。従って、一部の地域総合研究実施課題については、本書へ掲載をしていないものもある。しかし参画したすべての課題により、この地域総合研究は前進し、とりまとめができたと確信している。本書の最後に、地域総合の全課題一覧と担当者一覧を掲載しているので参考にしていただきたい。

地域総合研究を実施するに当たっては、担当研究者に加えて、業務科担当者にも多大のご協力をいただいた。また、課題を実施するに当たって、多くの方々から、ご協力、ご支援をいただいた。この場を借りて、厚くお礼を申し上げる。

課題の一部については、現在別の形で進行しているが、今後この地域総合研究で開発した技術が営農現場に普及し、また研究として発展していくことを心から願っている。

(細川 寿)

総説誌「ファーマ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もち、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、書評そのた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成果の中で、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 松井重雄 Shigeo Matsui (*Director General*)

編集委員会 *Editorial Committee*

委員長 松井重雄 Shigeo Matsui (*Editor-in Chief*)
副委員長 富樫辰志 Tatsushi Togashi (*Deputy Editor-in Chief*)

編集委員 (*Editor*)

占賀野完爾	Kanji Kogano	太田 健	Takeshi Ota
梅川 学	Manabu Umekawa	宇杉 富雄	Tomio Usugi
平野 信之	Nobuyuki Hirano	水久保隆之	Takayuki Mizukubo
南石 晃明	Teruaki Nanseki	小林 恭	Kyo Kobayashi
大原 源二	Genji Ohara	石田 元彦	Motohiko Ishida

事務局

Editorial Secretariat
前山栄一 Eiichi Maeda

ファーマーミングシステム研究 No.7

平成17年3月25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 松井 重雄

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：株式会社 高山

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。

**FARMING
SYSTEM
RESEARCH
No.7
2005**