

# PROJECT NARCH

NATIONAL AGRICULTURAL  
RESEARCH CENTER  
FOR HOKKAIDO REGION (NARCH)

## 大規模畑作地帯における 畑作物・野菜の 新作付体系の確立

New Crop Rotation Systems of Upland Crops  
Including Vegetables in Large-scale Farming Area



# 大規模畑作地帯における 畑作物・野菜の新作付体系の確立

New Crop Rotation Systems of Upland Crops  
Including Vegetables in Large-scale Farming Area

2005年1月

## 序 文

北海道農研プロジェクト研究成果シリーズは、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構の運営費交付金によるプロジェクト研究や政府および外部機関委託で実施した研究について報告するとともに、併せて今後の研究あるいは行政の効率的推進等に資することを目的として刊行するものであります。

このNo. 2「大規模畑作地帯における畑作物・野菜の新作付体系の確立」は農林水産省農林水産技術会議事務局の地域先導技術総合研究として平成9年から平成15年度までの7年間にわたり、当所総合研究部総合研究第2チームを中心に畑作研究部、生産環境部、総合研究部の関係研究室が一丸となって取り組んだ成果をとりまとめたものです。

近年、WTOやFTAなどの農産物貿易の国際化が進展する中で、普通畑作物を巡る競争はますます激しくなっています。今後の北海道の畑作農業を考えたときに、従来からのてんさい・ばれいしょ、小麦、豆類といった普通畑作だけの経営発展には限界があると考えられます。こうした状況のなかで作物の選択肢を広げておくことが重要となっております。その候補作物としてもっとも有望なのが野菜です。これまで野菜は経営の中ではどちらかといえば副次的な位置づけをされておりましたが、本報告では、野菜類のなかでも特にキャベツに着目し、上記の畑作4品に加えて第5の作物と位置づけ広く輪作に組み入れた新作付体系を構築するよう、その省力化を目指した直播栽培・機械収穫体系の確立と、それを可能にする生育斉一化栽培管理や雑草防除、さらには流通に向けての予冷特性を明らかにしました。これらの知見は今後の研究及び行政の効率的推進のみならず、今日北海道現場の生産者の方々に即役立つ情報が多数得られたと自負しております。広く関係者の参考に供していただければ幸いです。

また、本研究を推進するにあたっては多くの研究あるいは行政機関、関係者のお世話になりました。特に、研究の企画推進については農林水産省農林水産技術会議事務局地域研究課に、研究の推進にあたっては、現地推進会議の体制に積極的に賛同いただき会長を務めていただいた芽室町農業協同組合組合の矢野征男組合長をはじめとした同農協の関係部署・関係者、帯広畜産大学、北海道開発局、十勝支庁、十勝管内各農業改良普及センター、道立十勝農業試験場、芽室町、十勝農業協同組合連合会に、現地実証の実施にあたっては芽室町農業協同組合、高橋農場の皆様に、それぞれ大変お世話になりました。ここに記して深く感謝申し上げます。

北海道農業研究センター所長  
丸山 清明

# 目 次

研究の要約	1
第1章 大規模畑作地帯における野菜導入の条件と展開方式の解明	
1. 大規模畑作農業の動向解析と野菜導入のための技術的・経済的条件の解明	
(1) 大規模畑作地帯における農業生産動向解明による新技術ニーズと 開発技術の導入可能性の評価	11
第2章 大規模畑作における野菜の省力生産・新規輪作技術の開発	
1. 大規模露地野菜生産の高精度管理技術の開発	
(1) 直播キャベツの高精度施肥播種・被覆技術の開発	16
(2) 直播キャベツの施肥窒素利用向上のための被覆肥料の局所施肥	18
(3) 直播キャベツの生育斉一化のための個体管理技術の開発－機械開発－	21
(4) 直播キャベツの生育斉一化のための個体管理技術の開発－栽培管理－	26
2. キャベツの収穫・運搬及び貯蔵システムの開発	
(1) キャベツの高効率収穫・運搬システムの開発	30
(2) キャベツの急速予冷・貯蔵システムの開発	39
3. 野菜導入に伴う新規輪作技術の開発	
(1) 畑輪作における高精度雑草防除技術の開発	42
(2) キャベツと基幹作物との前後作の最適組み合わせの解明－菌根菌－	44
(3) キャベツと基幹作物との前後作の最適組み合わせの解明－微生物群集－	48
(4) キャベツ跡地におけるパン用秋播小麦「キタノカオリ（北海257号）」の 施肥技術の開発	51
第3章 野菜導入による新作付体系及び経営技術支援方策の確立	
1. 野菜作の省力的生産技術体系の確立	
(1) 直播キャベツの省力生産技術体系の確立	56
(2) 基幹畑作に直播キャベツを導入した新作付体系の確立 －機械収穫に向けたキャベツ直播栽培－	58
2. 野菜導入による経営革新支援方策の確立	
(1) 野菜作導入農家の実態とキャベツ作を中心とする野菜作の展開方向	63
(2) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立 －キャベツ新生産システムの経営的評価－	74
(3) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立 －キャベツ生産拡大のための地域支援システムの確立－	86

## 研究の要約

### I. 研究年次及び予算区分

研究年次：平成9～15年度

予算区分：地域総合（平成9～12年度）

21世紀プロ（平成13～14年度）

大規模畑作（平成15年度）

### II. 主任研究者

主査：北海道農業試験場場長

岡田利承（平成9年4月～9年7月）

稲葉忠興（平成9年7月～13年3月）

北海道農業研究センター所長

桑原真人（平成13年4月～16年3月）

チームリーダー：

北海道農業試験場畑作研究センター長

吉田英雄（平成9年4月～10年3月）

西宗 昭（平成10年4月～13年3月）

北海道農業研究センター畑作研究部長

西宗 昭（平成13年4月～14年3月）

桑原達雄（平成14年4月～16年3月）

サブリーダー：北海道農業試験場総合研究部長

古川嗣彦（平成9年4月～12年3月）

窪田哲夫（平成12年4月～13年3月）

北海道農業研究センター総合研究部長

窪田哲夫（平成13年4月～16年3月）

取りまとめ責任者：総合研究第2チーム長

山縣真人（～16年3月）

総合研究第2チーム主任研究官

小島 誠（平成16年4月～）

### III. 評価委員

稲村裕文 十勝農業協同組合連合会専務理事

堀川 洋 帯広畜産大学教授

松尾誠介 農業研究センター総合研究官

### IV. 研究場所

北海道農業研究センター

### V. 研究目的

北海道の畑作は、道東地域の十勝・網走を中心に、専業経営が行われており、小麦、ばれいしょ、てんさい、豆類の基幹畑作物が栽培されている。畑作物の価格の変動は、畑作経営に大きな影響を与えてい

るので、基幹畑作物に加えて、収益性の高い野菜類が導入され始めている。このため、大規模畑作地帯で基幹畑作物の競争力の強化とともに、野菜類を組み合わせた新作付体系の確立が緊急の課題である。そこで、収益性の高い大規模畑作農業を十勝・網走で展開するため、基幹畑作物の小麦、ばれいしょ、てんさい、豆類の省力化栽培と土地利用型野菜生産システムを中心とした技術開発を行う。

### VI. 研究方法

#### 1. 大規模畑作地帯における野菜導入の条件と展開方式の解明

地域農業の動向予測について、全国・県単位レベルで解析され、畑作地帯における農業地帯構成に関する研究蓄積がなされてきた。ここでは、大規模畑作地帯における野菜作を中心とした農業技術の開発方向を、経営的な視点から明らかにする。そのため、大規模畑作地帯の農業構造の変化を、畑作農業や近年急速に展開した野菜作を中心に解析・予測し、農業技術に対するニーズと開発方向を提示し、技術の受け手となる農家層の技術開発ニーズを析出し、技術開発方向を提示する。

#### 2. 大規模畑作における野菜の省力生産・新規輪作技術の開発

直播キャベツの初期生育時の施肥効率は側条施肥、帯状全層施肥で高いことや、圃場のキャベツの位置および投影面積を測る手法が明らかにされ、また、キャベツ収穫機が開発とその作業特性が明らかになっている。さらに、強制通風予冷、差圧通風予冷、連続式冷蔵などの冷却特性や、農耕地における雑草の埋土種子の動態や発生生態が解析され、また、土壤微生物の多様性の評価手法やスポット防除機が開発中である。

これらの知見を踏まえ、大規模畑作に適した野菜の省力生産体系を確立し、基幹畑作に野菜を取り込む場合の最適前後作関係を提示する。それには、直播キャベツの出芽と、初期生育の促進を図るための最適な播種位置、施肥位置等を明らかにし、また、側条施肥、緩効性肥料の利用による直播キャベツの新施肥技術を開発する。また、キャベツ後作物のリン酸利用形態への影響をVA菌根菌との関連で解明する。さらに、一斉収穫用に生育を揃えるための個別追肥システム、一斉機械収穫を利用した高能率な

収穫・粗調製及び運搬システム，および一斉機械収穫したキャベツの品質維持・省エネルギー貯蔵のための急速予冷・貯蔵システムを開発する。

3. 野菜導入による新作付体系及び経営革新支援方策の確立（地域営農定着促進研究）

これまで，十勝地域の実態調査から代表的な作付順序・輪作体系を明らかにし，既存技術体系のもとでの野菜導入による経済的効果と最適作目構成を解明した。さらに，野菜の需給動向・市場構造や，地域システムに関して，地域農業再編下における支援システムのあり方が解析されてきた。

ここでは，技術的な課題の総合的な組み立てと，

これらの成果を地域に定着させるための社会的支援を具体化する。すなわち，基幹畑作に直播キャベツを導入した新作付体系においては，キャベツの前後作を中心に現地実証を行うとともに個別技術の改良等による畑作物・野菜の新作付体系の高度化と確立を図る。さらに，基幹畑作に省力的キャベツ生産技術体系を導入した「畑作物・野菜」の新作付体系の経営的評価を行い，遠隔産地の野菜・畑作物の合理的な販売戦略を策定するとともに，野菜の共同選別システムを中心に，収穫機械利用システムなどの地域的支援システムのあり方を解明し，これに基づいた生産・流通体制を確立する。

研究計画表

研究課題名	研究期間（平成）							担当研究機関
	9	10	11	12	13	14	15	
第1章 大規模畑作地帯における野菜導入の条件と展開方式の解明								総合研究部 動向解析研究室 農村システム研究室 畑作研究部 流通システム研究チーム
1. 大規模畑作農業の動向解析と野菜導入のための技術的・経済的條件の解明								
(1) 大規模畑作地帯における農業生産動向解明による技術開発ニーズと開発技術の導入可能性評価	○	○	○					
第2章 大規模畑作における野菜の省力生産・新規輪作技術の開発								
1. 大規模露地野菜生産の高精度管理技術の開発								総合研究部 総合研究第2チーム 畑作研究部 環境制御研究チーム 総合研究部 総合研究第2チーム
(1) 直播キャベツの高精度施肥播種・被覆技術の開発	○	○	○					
(2) 直播キャベツの生育斉一化のための個体管理技術の開発	○	○	○	○	○			
2. キャベツ収穫・運搬及び貯蔵システムの開発								
(1) キャベツの高能率収穫・運搬システムの開発	○	○	○	○				畑作研究部 生産技術研究チーム 総合研究部 総合研究第2チーム
(2) キャベツの急速予冷・貯蔵システムの開発	○	○	○	○				
								畑作研究部 流通システム研究チーム

3. 野菜導入に伴う新規輪作技術の開発									
(1) 畑輪作における高精度雑草防除技術の開発	○	○	○	○					畑作研究部 生産技術研究チーム 環境制御研究チーム
(2) キャベツと基幹作物との前後作の最適組み合わせの解明	○	○	○	○	○	○	○	○	総合研究部 総合研究第2チーム 生産環境部 養分動態研究室 畑作研究部 環境制御研究チーム
(3) キャベツ跡地におけるパン用秋播小麦「キタノカオリ（北海257号）」の施肥技術の開発						○	○	○	総合研究部 総合研究第2チーム 畑作研究部 麦育種研究室 生産技術研究チーム 関連研究室
第3章 野菜導入による新作付体系及び経営革新支援方策の確立（地域営農定着促進研究）									
1. 野菜作の省力的生産技術を導入した新作付体系の確立									
(1) 直播キャベツの省力生産技術体系の確立	○	○	○	○					総合研究部 総合研究第2チーム 関連研究室
(2) 基幹畑作に直播キャベツを導入した新作付体系の確立		○	○	○	○	○	○	○	総合研究部 総合研究第2チーム 畑作研究部 環境制御研究チーム 生産技術研究チーム 関連研究室
2. 野菜導入による経営革新支援方策の確立									
(1) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と野菜導入支援システムの開発	○	○	○	○					総合研究部 経営管理研究室 畑作研究部 流通システム研究チーム 関連研究室

(2) 大規模畑作野菜経営確立のための野菜・畑作物販売戦略と地域支援システムの確立	○	○	○	○				総合研究部 農村システム研究室 畑作研究部 流通システム研究チーム 関連研究室
(3) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立					○	○	○	総合研究部 農村システム研究室 経営管理研究室 関連研究室

## Ⅶ. 研究結果

### 1. 大規模畑作地帯における野菜導入の条件と展開方式の解明

北海道・十勝管内の畑作農家を対象に、農業センサデータを用いた推移確率分析により、2010年までの農業構造を予測し、開発技術の受け手となるような担い手層を想定した。その結果、3つの経営タイプが想定できた。i) 普通畑作基幹型経営：大規模畑作の担い手としての50ha以上層の経営で、3名以上の基幹的農業従事者が主体で、普通畑作を中心とする作付構成が展開する。ii) 野菜作導入型経営：モード層をなす30～40ha層の経営で、3名以上の基幹的農業従事者が主体で、普通畑作に加え野菜作付面積が経営面積の10～20%を占める。iii) 野菜作基幹型経営：経営面積25ha以下層のうち、3名以上の基幹的農業従事者を保有する経営が主体で、野菜面積率が30%以上を占め、野菜作への依存度が高い。

### 2. 大規模畑作における野菜の省力生産・新規輪作技術の開発

直播キャベツの高精度施肥播種・被覆技術について、ベタがけ、作条鎮圧輪によって、地表面温度の上昇とともに発芽率が高まり、ベタがけの生育促進効果は低温の5月において顕著であった。また、速効性窒素4kg/10aと緩効性窒素8kg/10aの全量作条基肥施用により、慣行施肥である速効性窒素22kg/10aの全面分施と同等の歩留りおよび収量となり、このときの窒素利用率は87%で、慣行施肥の場合より約2倍と高くなり、環境への窒素負荷を大幅に軽減する可能性を示した。

キャベツの生育斉一化のために個体別施肥と生育抑制を試みた。キャベツの4葉期に葉面積の小さい下位1/4の個体に窒素施用することにより、収穫期の球重の変動係数を、対照区の20%前後に対して15%程度に下げ、収量を4%程度増加させる傾向が認められた。また、キャベツ株を旋回して根を破断することにより、根からの養水分供給量を低下させ、1/2回転で約4日、1/4回転で約2日間収穫適期を遅らすことができ、キャベツの一層の斉一化には生育抑制による球の斉一化の可能性が考えられた。

キャベツを高効率で収穫・運搬するシステムとして、多自由度アーム機構の油圧式ハンドリング装置を開発し、クローラ型運搬車に架装した。装置はキャベツ満載コンテナ(<300kgf)をリモコン操作、或いは自動運転で積み込み・荷降しすることができるようにした。本装置をトラクタ牽引トレーラに架装して、収穫機に伴走しながらコンテナを順次積載する方式を想定した。その結果、収穫機だけの作業体系に比べて、収穫作業能率は40%以上向上するとともに、既存の荷役運搬車両を用いた作業体系に比べて、コンテナ運搬に要する運搬距離は約1/2に短縮できた。

キャベツの予冷に関して、気温データを用いた有限要素法によるキャベツ中心温度の時間変化の推定値と実測値の間に良い一致が見られたことから、収穫時におけるキャベツ中心温度と予冷時間が推定可能であることが明らかとなった。NTDと重量の関係は品種および年次に関係なく一定の関係式で表されることが明らかとなった。また、段ボール容器個別通風与冷は送風機なしと比較し、およそ1.6倍冷却速度が速く、水分量変化は送風機なしとほぼ同程



度であった。これらの結果から、集出荷計画に即した効率的なキャベツの予冷システム構築が可能と考えられる。

直播キャベツの雑草防除技術として、タイン型の除草機の除草効果を解析し、タイン部では初期の雑草について約55%の雑草に対し引き抜き効果が見られた。これより、雑草の大きさにもとづき機械除草のタイミングを決定する必要があることが明らかになった。また、キャベツ株間へ除草剤を散布するために、スポット防除機をビデオカメラにより苗を認識するトラクタ牽引式のシステムに改良試作した。

キャベツの前後作の組み合わせに関して、AM菌については、リン酸肥料が不足する条件においては、キャベツがAM菌の宿主とならないため、キャベツの生育には前作物の種類の影響がなく、また、キャベツ跡の豆類、とうもろこし、ばれいしょ、小麦などAM菌宿主作物の生育はキャベツ跡地で劣った。そこで、キャベツ跡に別のAM菌宿主作物をあらかじめ栽培することでキャベツ後作の収量低下を軽減できた。小麦には、キャベツの畦間にベッチ、アカクローバ、シロクローバの間作を、とうもろこしには、ひまわりを緑肥として導入することにより、小麦、とうもろこしの収量がそれぞれ高くなった。土壌の微生物性の視点からは、微生物の多様性指数、病害抑止力、DGGEバンドパターンにより、畑作4品とキャベツの作付跡土壌を検定したところ、キャベツを連作すると土壌微生物の多様性や、収穫後の裸地で病害抑止力が大幅に減少した。また、どの作物を作付けても、収穫後の土壌微生物群集は比較的近似しており、作物種による影響は少ないと考えられた。すなわち、輪作の基幹作物としてのキャベツ導入に際しては、キャベツの連作を避け、休閑ではなく基幹畑作物を作付けた方が土壌微生物学的には好ましいことが示唆された。

パン用秋播き小麦に関して、キャベツ跡では裸地跡よりも小麦収量が高く、タンパク含有率は窒素施用により向上し、製パン適性の目安である12%以上を確保するには、おおむね15 kg/10a以上の窒素を施用する必要があった。また、収量とタンパク含有率は相関する傾向にあったが、収量が高水準に達した場合、子実中のタンパク含有率は低下する傾向がみられた。これらより、小麦の生育量を走行しながらセンシングし、生育量の多いところに尿素を多く散布する葉面散布機構を試作し、高品質生産のため

のプロトタイプを構築した。

### 3. 野菜導入による新作付体系及び経営革新支援方策の確立（地域営農定着促進研究）

新作付体系の経営評価について、実証試験地およびその隣接地の30戸の農業経営実態調査および町営農実態調査データから野菜導入農家の特徴を分析した結果、男子労働力が2世代ないしはそれに準ずる農家で野菜作付面積が大きいこと、対象町では交換分合事業により平均団地数が2.0と圃場の団地化が進んでおり、労働や管理が集約的な野菜導入に好適な条件にあること、現状のキャベツ作付面積は収穫作業の限界が1日1人当たり100箱であることに規定されていることなどを明らかにした。これらの結果や農家の作業日誌記帳、各種作業調査、作物別収支に関する調査などにに基づき、線型計画法を用いて開発される新技術体系の事前評価を行った。新技術体系ではキャベツを圃場に直播し、収穫はHC-1型の収穫機を用いて2人組作業で切り取り、収穫物は事後的に倉庫で箱詰めをするものとした。HC-1型収穫機を用いた現地試験での機械収穫作業での投下労働時間は、32.8～34.1人・時/10aと、慣行手取り収穫作業の調査結果の平均37.5人・時/10a（27.7～55.3人・時/10a）と大きく変わらないことなどから、この方式の機械化一貫体系の農業所得は、慣行より低い結果となり、より高能率で安価な機械収穫体系と直播における製品収量の確保が必要であることが明らかとなった。

販売戦略に関しては、中央卸売市場年報（1979～98年）データに基づき、主要市場におけるキャベツの産地別出荷動向を分析した結果、市場間で価格を比較すると札幌≒盛岡<東京<名古屋<大阪の序列を形成しており、名古屋・大阪市場の価格は輸送コストをカバーできる水準にあることが明らかとなった。また、主要夏秋キャベツ産地（全国31市町村）の1990年及び95年の農林業センサス集落カードをもとに主要農業構造指標を用いた主成分分析を行った結果、十勝管内の3町村は農業生産基盤の強さで優位にあるが、関東甲信越の高冷地産地もこれに準ずる一方、関東甲信越の準高冷地産地や九州の産地は双方の主成分とも劣位にある。前掲の大阪市場・名古屋市場における主産地のシェア低下はこのような産地の農業構造の変化に対応するものと考えられ、北海道のキャベツ産地で中京・京阪神や九州市場を

含めた市場選択という販売戦略を採ることの有効性が示唆された。また、地域支援システムについては、キャベツ生産の地域的なシステム化に関わって、キャベツの共同選別（以下共選）の可能性を、かつて共選を実施したA農協の事例を基に検討した。調査事例では、農家は手でキャベツを切り取り、ばれいしょ用コンテナに詰め出荷していた（10人・時/10a程度）。共同選果場では、重量選別機と自動製函機を使って合計29名程度の作業人員で、再調製・箱詰工程を行うものであった。職員賃金や建物償却費を含めた総経費では、215円/箱（1993年）、302円/箱（1995年）、で野菜類の共選費の水準としては平均的なものであるが、kg単価の低いキャベツの経費としては安いものではない。一方、経営モデルのプロトタイプを用いて試算を行うと、共選料が150円/箱程度を境界に機械収穫・共選体系に関する農家の有利性が変化するものと試算された。また共選でのキャベツ1箱あたりの労働時間を求めると29.6人・時/10aと、収穫・調製・出荷という作業の全工程からみれば慣行の個別完結型の作業と比べて省力化が達成されているとはいえ、キャベツにおいて共同選別が導入されるためには、共選場の作業の効率化を図るとともに、適正な操業度を実現して利用料金を引き下げることが必要である。このためには、再調製装置や箱詰作業装置などを含むライン全体の効率化を図るような技術開発が必要であることを明らかにした。

「トレーラ伴走方式」の機械収穫については、12cm/sの作業速度で作業を行うと、キャベツ作面積は20ha経営では4.89ha、30ha経営でも4.20haと慣行体系より1.28～1.61ha拡大できる。機械収穫への投資限界を推計すると20～30haの規模階層では330～380万円と推計され、補助事業によれば導入の合理性がある。「直播栽培」については2001～2002年の実証試験では移植並みの単収が得られたが、03年では干ばつ・低温のため移植より30%前後の減収がみられ、気象変動パターンを勘案し作型毎の減収率を想定すると、収益性が低く導入のメリットは認められなかった。さらに、「直播栽培」と「トレーラ伴走方式」の機械収穫を組み合わせた「直播機械化一貫体系」では慣行体系の50%（24人・時/10a）でキャベツ生産ができ、大規模層での導入の可能性が示唆される。また、20～30ha層で有利性が生じるためには、「直播栽培」による減収率を

10%以内とする必要があると試算された。「分離作業方式」の機械収穫では、農家の収穫労働時間は9人・時/10a程度で済むことから作業面では農家がキャベツ作を拡大することは容易となる。「直播栽培」と組み合わせれば35ha規模の経営でもキャベツを8.72ha作付けでき、共同選別料金は100～150円/箱程度の料金水準と推計され、35ha層で「分離作業方式」導入により経営総体の農業所得は拡大できるものと推計されるが、中規模階層を含めた産地化を進めるためには、共同選別システムの一層の能率向上が必要である。

#### Ⅷ. 今後の問題点

さらに大規模なキャベツ産地に対応するには、収穫作業のよりいっそうの効率化が必要であるが、トレーラ伴走式機械収穫の収穫速度をさらに高めようとすると、箱詰め・調製作業が律則となって全体の収穫速度が頭打ちとなるので、今後は、収穫機から調製・箱詰めトレーラへのキャベツ球の受け渡し機構および球の規格選別機構の付加により収穫速度の向上をはかることが必要である。

#### Ⅸ. 研究発表

1. 阿部英幸・山内宏昭・八谷 満・豊田政一（2000）：キャベツ品温のシミュレーション手法の開発。日本食品科学工学会講演要旨集、47：124。
2. 阿部英幸・山内宏昭（2000）：キャベツ中心温度のシミュレーション技術。平成11年度研究成果情報北海道農業：296-297。
3. 阿部英幸（2002）：キャベツの効率的予冷法と高付加価値化技術。十勝農業機械化懇話会報：26-29。
4. 天野哲郎（2002）：大規模畑作野菜経営確立のための地域支援システムーキャベツ収穫機械化の経営的評価と共同選別の可能性ー。十勝農業機械化懇話会：30-34。
5. 天野哲郎・八谷 満・吉川好文・山縣真人・小島 誠・若林勝史（2002）：大規模畑作地帯におけるキャベツの機械収穫作業体系の経営的評価。平成13年度研究成果情報北海道農業：20-21。
6. 天野哲郎・八谷 満・山縣真人・小島 誠・坂本英美・若林勝史（2004）：北海道におけるキャベツの直播栽培及び機械収穫の経営評価。平成15年度研究成果情報北海道農業：14-15。
7. 石川枝津子・増田欣也・竹中重仁・豊田政一

- (2002) :北海道十勝地方の直播キャベツ畑の発生雑草. 雑草研究, 47 : 7-13.
8. 石川枝津子・本間善久・増田欣也・豊田政一 (1997) :キャベツの栽培が畑雑草の植生に及ぼす影響. 育種・作物学会北海道談話会報, 38 : 42-43.
  9. 石川枝津子・本間善久・増田欣也・豊田政一 (1998) :畑作地帯に導入されたキャベツ畑の雑草管理. 雑草研究, 43 (別) :248-249.
  10. 石川枝津子・本間善久・増田欣也・豊田政一 (1999) :直播キャベツ畑のスカシタゴボウについて. 雑草研究, 44 (別) :292-293.
  11. 石川枝津子・増田欣也・竹中重仁・豊田政一 (1999) :スカシタゴボウの発芽への変温の影響. 育種・作物学会北海道談話会報, 40 : 71-72.
  12. 石川枝津子 (1999) :一圃場由来のスカシタゴボウの変異. 雑草研究, 44 : 245-248.
  13. 石川枝津子・本間善久・増田欣也・豊田政一 (1998) :スカシタゴボウの生活史特性. 育種・作物学会北海道談話会, 39 : 141-142.
  14. 石川枝津子 (2000) :スカシタゴボウの生活史特性の変異. 雑草研究, 45 (別) :112-113.
  15. 石川枝津子 (2001) :スカシタゴボウの出芽特性. 雑草研究, 46 (別) : 208-209.
  16. 石川枝津子 (2001) :畑地雑草の生理・生態の変異の評価. 育種・作物学会北海道談話会報, 42: 137-138.
  17. 石川枝津子・山縣真人・竹中重仁 (2002) :畑地雑草の生態と防除技術 第1報 直播キャベツ栽培. 育種・作物学会北海道談話会報, 43:35-368.
  18. 石川枝津子 (2002) :直播キャベツ畑の発生雑草とその対策. 植調 35 (5) :6-11.
  19. 石川枝津子・奥野林太郎・竹中重仁・山縣真人 (2000) :直播キャベツ畑の発生雑草とその生態. 平成11年度研究成果情報北海道農業:116-117.
  20. 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1998) :画像処理によるキャベツの圃場生育量の測定法 (その3). 農作業研究, 33 (別1) :31-32.
  21. 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1998) :大規模野菜作の現状と課題. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会シンポジウム「北海道畑作の将来と研究展開」.
  22. 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1999) :個体生育管理のためのスポット可変施肥機の試作. 農作業研究, 34 (別1) :77-78.
  23. Ishida, S., Toyoda, M., and Masuda, M. (1999) : A real-time growth information system for measuring the leaf area of individual plants. 2nd European Conference on Precision Agriculture.
  24. 石田茂樹 (1999) :個体毎の作物生育量に対応するスポット可変施肥機. 野菜園芸技術, 26 (12) :42.
  25. 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1999) :作物個体の生育量に応じて追肥可能なスポット施肥機. 農業低温科学研究情報, 6 (3) :27-28.
  26. 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (2001) :作物個体別追肥方法及び装置. 特許第 3225269 号.
  27. 唐澤敏彦・笠原賢明・建部稚子 (2001) :緑肥作物の導入によるアーバスキュラー菌根菌の増殖とトウモロコシへの利用. 土肥誌, 72 (3) :357-364.
  28. 唐澤敏彦 (2001) :緑肥導入による VA 菌根菌の有効利用. 北海道土壌肥料研究通信, 47 : 57-66.
  29. 唐澤敏彦 (2001) :輪作における VA 菌根菌の有効利用. 農業低温科学研究情報, 8 (2) :23-24.
  30. 唐澤敏彦・有原丈二・笠原賢明・建部稚子 (2002) :アーバスキュラー菌根菌がかかわる前作効果— 後作物の種類による違い—. 土肥要旨集, 48 : 194.
  31. 唐澤敏彦・笠原賢明・建部稚子 (2002) :前作キャベツに対する間作緑肥の導入が秋播コムギの生育とアーバスキュラー菌根菌感染率に及ぼす効果. 土肥要旨集, 48 : 40.
  32. Karasawa, T, Kasahara, Y. and Takebe, M. (2001) : Effects of preceding crops and soil temperature on growth and arbuscular mycorrhizal colonization of maize plants. 3rd International Conference on Mycorrhizas, "Diversity and Integration in Mycorrhizas".
  33. 唐澤敏彦 (2001) :前作効果へのアーバスキュラー菌根菌の関与と後作物の種類による違い. 総合農業の新技术, 14 : 162-167.
  34. 小島 誠・増田欣也・八谷 満・豊田政一・石田茂樹・庄野真美・山縣真人 (2001) :直播キャベツの機械収穫に向けた生育斉一化のための個体別追肥. 土肥要旨集, 47 : 180.
  35. 小島 誠・山縣真人・八谷 満・増田欣也 (2001) :直播キャベツの施肥窒素への反応. 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 平成12年度: 1-12.

36. 小島 誠・山縣真人・八谷 満・林正若菜  
(2003) : 直播キャベツの生育特性—移植栽培との比較—, 土肥要旨集, 49 : 234.
37. 小島 誠・山縣真人・八谷 満 (2003) : 直播キャベツの株旋回による球の斉一化, 農作業研究, 38 (別1) : 109-110.
38. 小島 誠・Deogracias R. Magtalas ・山縣真人 (2004) : 直播キャベツの生育特性—生育パターン—の品種間差—, 土肥要旨集, 50 : 246.
39. 小島 誠・山縣真人・八谷 満 (2004) : 生育センシングに基づく窒素葉面散布が小麦のタンパク含有率に及ぼす効果, 農作業研究, 38 (別1) : 117-118.
40. 椎名武夫・山内宏昭・増田欣也・豊田政一 (1997) : キャベツ強制通風冷却に及ぼす包装と積載の影響—IQCによる急速予冷の提案—, 農施学会講要:70-71.
41. 椎名武夫・萩原昌司・山内宏昭・増田欣也・豊田政一 (1998) : 日本農業気象学会 1998 年度全国大会, 日本生物環境調節学会, 1998 年大会, 1998 年度農業施設学会合同大会講演要旨.
42. 杉戸克裕 (2000) : 大規模畑作地帯における近年の動向と個別経営の対応, 農業経営研究, 38 (1) : 101-106.
43. 杉戸克裕 (1999) : 十勝畑作農業の動向予測と技術開発方向, 平成 11 年度農林水産業北海道地域研究成果発表会講演要旨:1-9.
44. 杉戸克裕 (2001) : 十勝における畑作経営の規模拡大の動向と特徴, 道立中央農試農業経営研究資料, 12 : 2-16.
45. 杉戸克裕・鶴川洋樹・天野哲郎・森島輝也・藤田直聡 (2000) : 動向予測による 2010 年の大規模畑作経営タイプ, 平成 11 年度研究成果情報北海道農業:20-21.
46. 豊田政一・増田欣也・石田茂樹・和田 誠・今田伸二・中村 浩 (1998) : 十勝の畑作農家におけるキャベツの栽培実態と生育の揃い (その 2), 農作業研究, 33 (別) : 37-38.
47. 豊田政一・増田欣也・石田茂樹 (1999) : 数種野菜に対するスポット可変施肥機の汎用化利用, 農作業研究, 34 (別1) : 79-80.
48. 豊田政一・石田茂樹・増田欣也・野村幹雄・溝田真弓・白土妹子 (1999) : 作物体画像の迅速測定法による作物生育量の測定—生育初期ダイズ株投影葉面積のマップ化—, 日本作物学会記事, 68 (別2) .
49. Toyoda, M., Ishida, S. and Masuda, K. (2000) : Automatic measurement of top view of leaf area of soybean plants, 寒冷地帯における畑作の持続的発展に関する国際ワークショップ (2000. 11) ポスター発表:P-21.
50. 八谷 満・山縣真人・豊田政一 (1999) : キャベツ収穫作業体系の労働科学的評価, 農業機械学会北海道支部第 50 回講演要旨:36-37.
51. 八谷 満 : 作物診断技術の情報機械化, 帯広開発建設部とかち田園通信第 19 号.
52. Hachiya, M., Toyoda, M., Masuda, K., and Ishida, S. (2000) : Mapping of the Projected Leaf Area of Plants Population with a Real-Time Growth Information System, 国際農業工学会 CIGR2000 年記念世界大会 (2000. 12) ポスター発表.
53. 八谷満・山縣真人・小島誠・豊田政一 (2001) : コンテナハンドリング装置を利用したキャベツ機械収穫体系, 平成 12 年度研究成果情報北海道農業:32-33.
54. 八谷 満・山縣真人・小島 誠 (2001) : キャベツの機械収穫体系のためのハンドリング技術, 農業機械学会第 60 回講演要旨集:143-144.
55. 八谷 満・山縣真人・小島 誠・天野哲郎 (2002) : 大区画圃場に向けたキャベツの新機械収穫体系の構築と評価, 農業機械学会北海道支部報, 42 : 19-24.
56. 八谷 満・山縣真人・小島 誠・天野哲郎・坂本英実・奥野林太郎・石川枝津子 (2003) : 一斉機械収穫機を用いたキャベツ収穫調製・箱詰め・運搬の同時作業体系, 平成 14 年度研究成果情報北海道農業:12-13.
57. 八谷 満・山縣真人・小島 誠 (2003) : GPS を用いたキャベツの圃場育成マッピングシステム, 平成 14 年度研究成果情報北海道農業:14-15.
58. 八谷 満・山縣真人・小島 誠・天野哲郎 (2004) : 重量収穫物のハンドリング・搬送装置, 特許 3507896 号.
59. 八谷 満 (2003) : 大規模畑作地帯へのキャベツ機械収穫作業体系の導入とその評価, 農業および園芸, 78 (1) : 66-72.
60. 八谷 満 (2002) : 大区画圃場に向けたキャベツの新機械収穫体系—作業姿勢を改善し, 作業負

- 担を軽減する。グリーンレポートN0.386(2001.9.1号)。農業技術セミナー:8-9
- 61.八谷 満(2001)キャベツの機械収穫体系のためのハンドリング装置。北海道農業試験会議(成績会議)資料 平成12年度:1-4.
- 62.八谷 満・山縣真人・小島 誠(2003)作物可変施肥のための生育量計測装置。特許出願(特願2003-154427).
- 63.Hachiya,M.,Amano,T.,Yamagata,M.and Kojima,M.(2004):Development and utilization of a new mechanized cabbage harvesting system for large fields. JARQ.38(2)97-103.
- 64.増田欣也・豊田政一・石田茂樹(1998)キャベツ直播栽培技術の確立。農耕と園芸2:124-125.
- 65.増田欣也・石田茂樹・豊田政一・小林朋哉(1998)直播キャベツに対する鎮圧溝の生育促進効果。農作業研究.33(別):35-36
- 66.増田欣也・石田茂樹・豊田政一・小林朋哉(1997)生育初期の追肥によるキャベツの生育制御。1997年度日本土肥学会北海道支部秋季大会講演要集:3
- 67.増田欣也・石田茂樹・豊田政一・小林朋哉(1998)肥効調節型肥料を利用したキャベツの全量基肥栽培。土肥要旨集.41:175.
- 68.増田欣也・豊田政一・石田茂樹・小林朋哉(1998)直播キャベツのカルシウム吸収量の向上ー基肥と石灰資材の同時側条施用による試みー。土肥要旨集.45:328.
- 69.Masuda,K.,Toyoda,M.,Ishida,S.,Ehkawa,S.,Kobayashi,T.(1998)Cabbage Direct Seeding Cultivation Method Use of Controlled Availability Fertilizer.16th world congress of Soil Science (RAN CE Montpellier).vol.288.
- 70.増田欣也・豊田政一・石田茂樹・小林朋哉(1998)栽培法によるキャベツの根分布の変化ー引き抜き法による根分布の評価ー。根の研究.8.
- 71.増田欣也・石田茂樹・豊田政一・山田 盾(1999)：個体別追肥による直播キャベツの生育制御(その2)ー注入による個体別窒素供給の施用位置と生育促進効果ー。農作業研究.34(別1)77-78.
- 72.増田欣也・石田茂樹・豊田政一(1999)圃場情報制御装置(GISP)の試作とその応用。第14回「アリスレポート」農業・農村イノベーション研究発表:14.
- 73.増田欣也・豊田政一・石田茂樹・山田 盾(1999)：生育初期の直播キャベツへの注入による個体別窒素供給ー注入窒素量および注入距離と施肥反応ー。土肥要旨集.45:224
- 74.増田欣也・豊田政一・石田茂樹・小林朋哉(2000)：肥効調節型肥料を利用した直播キャベツの全量基肥栽培(第2報)ー施肥法と養分吸収ー。土肥要旨集.46:164.
- 75.Masuda,K.,Toyoda,M.,Ishida,S.,Hachiya,M.,Kojima,M.and Kobayashi,T.(2000)Cabbage direct seeding cultivation method Use of controlled availability fertilizer.寒冷地帯における畑作の持続的発展に関する国際ワークショップ(2000.11)ポスター発表P-22.
- 76.増田欣也・石田茂樹・豊田政一・八谷 満(2000)：直播キャベツにおける窒素の作条全量基肥技術。平成11年度研究成果情報北海道農業:6-7.
- 77.山縣真人・小島 誠・八谷 満・石川枝津子・奥野林太郎(2002)：キャベツの直播・一斉収穫体系に向けた栽培条件。農作業研究.37(別1)65-66.
- 78.山縣真人・小島 誠・八谷 満・辻 博之・西尾善太・奥野林太郎・阿部英幸(2003)：小麦「北海257号」の窒素施用による収量と品質および製パン性の向上。土肥要旨集.49:232.
- 79.山縣真人・小島 誠・八谷 満(2002)輪作畑における直播キャベツの生育特性とその品種間差異。園芸学会雑誌71(別2):332.
- 80.山縣真人(2003)：北海道における直播栽培キャベツの生育特性と直播適性品種。農業と科学.2003(3):5-8.
- 81.山縣真人(2002)：畑作技術体系。北海道農業技術研究史1981~2000:41-433.
- 82.山縣真人・小島 誠・八谷 満・石川枝津子・奥野林太郎・林正若菜(2004)機械収穫に向けたキャベツの直播栽培。北農.71(1):2-7
- 83.山縣真人(2004)：キャベツのトレーラ伴走式機械収穫システム。野菜園芸技術.31(3):24.
- 84.山縣真人・小島 誠・八谷 満・奥野林太郎・石川枝津子(2003)：大規模キャベツ生産のための機械収穫を前提とした直播栽培技術。北海道農業試験会議(成績会議)資料 平成14年度:1-28
- 85.山縣真人・小島 誠・八谷 満・石川枝津子・奥野林太郎(2003)：機械収穫に向けた大規模キャ

ベツ生産のための直播栽培技術. 平成 14 年度研究  
成果情報北海道農業:10-11.

X. 研究担当者

北海道農業研究センター

総合研究部

総合研究第 2 チーム

山縣真人, 小島 誠, 八谷 満, 豊田政一,  
石田茂樹, 増田欣也

動向解析研究室

杉戸克裕

経営管理研究室

仁平恒夫, 坂本英美, 田中基晴

農村システム研究室

天野哲郎, 森嶋輝也, 若林勝史, 盛田清秀

畑作研究部

生産技術研究チーム

中野 寛, 辻 博之, 奥野林太郎

環境制御研究チーム

竹中重仁, 石川枝津子, 関口博之, 横山和成,  
本間善久

品質制御研究チーム

山内宏昭

流通システム研究チーム

小田有二, 阿部英幸, 南部 博, 徳田博美,  
椎名武夫, 森江昌史, 藤田直聡

麦育種研究室

田引 正, 西尾善太, 桑原達雄

生産環境部

養分動態研究室

唐澤敏彦, 建部雅子, 笠原賢明

XI. 取りまとめ責任者のあとがき

本プロジェクト研究により, キャベツ導入のための省力生産体系は完成した. とくに, トレーラ伴走式機械収穫体系は, 労力不足が深刻な野菜生産に直ちに導入可能なレベルに達している. さらに現地の規模に合った作業方式の発展が期待できる. 今後, さらなる農業の国際化の進展の中で, 大規模畑作生産における新たな作目の導入および省力システムを確立したことは, 労力不足, 後継者問題に新たな方向性を示したものである.

(取りまとめ責任者 山縣真人)

# 第1章 大規模畑作地帯における野菜導入の条件と展開方式の解明

1. 大規模畑作農業の動向解析と野菜導入のための技術的・経済的条件的解明  
 (1) 大規模畑作地帯における農業生産動向解明による新技術ニーズと開発技術の導入可能性の評価

## ア. 研究目的

地域農業を発展させるための農業技術開発を推進するにあたっては、まず、地域農業動向を解析して農業構造の分析・予測を行い、開発する技術のユーザーとなる「地域農業の担い手」を想定し、そのユーザー農家層の技術的な問題点と技術開発ニーズを析出して、開発中の農業技術に対して改善・改良方向を提示し、技術開発のターゲットを絞っていくことが必要である。本節では、北海道の大規模畑作地帯の代表的な地域である十勝支庁管内の畑作農家を対象に、経営面積・農家労働力・野菜作面積等の主要指標の動向から、2010年の十勝大規模畑作の担い手層を想定し、大規模畑作地帯で求められるであろう農業技術の開発方向を整理する。

## イ. 研究方法

### 1) 大規模畑作農業の展開方向の分析

1990年代前半における十勝畑作農業の2つの大きな方向性であった経営面積規模拡大と野菜作導入についての動向を農業センサスデータにより分析する。なお、分析対象農家は、1990年時点で販売額のうち「麦類」、「雑穀、いも、豆類」、「工芸農作物」、「野菜」の合計が8割以上である農家5,880戸（うち834戸は1995年には離農）である（表1-1）。

表1-1 分析対象農家数

	単位:戸			総農家数 1995年
	総農家数 1990年	うち 対象農家	うち1995年 離農世帯	
十勝支庁	9,954	5,880	834	8,681

資料) 農業センサス

注) 9農研セ第871号に基づく「農林業センサス(指定統計第26号)調査票使用について」に依頼した農業研究センター農業計画部による一次集計によるデータを用いた分析である。

### 2) 大規模畑作農業地帯における農業構造の予測と担い手の想定

上記イ-1)と同じ農業センサスデータを用い、1990年から1995年の畑作農家の動向をもとにした推移確率分析により経営面積規模別農家数および野

菜作付面積率別農家数を推計するとともに、コーホート分析により年齢別基幹的農業従事者数を推計することにより、2010年までの農業構造を予測し、開発技術の受け手となるような担い手農家層を想定する。

### 3) 大規模畑作農業における技術開発方向の提示

上記イ-2)で想定した大規模畑作担い手農家層の3つのタイプ別に今後求められるであろう農業技術の開発方向を示す。

### 4) 農家調査による技術的課題と技術開発ニーズ

畑作農家における農業技術上の課題と技術開発の要望事項を調査するとともに当プロジェクト研究で開発に取り組んでいる技術が農家に導入されるための条件を分析する。

## ウ. 結果及び考察

### 1) 十勝畑作の2つの方向性—規模拡大と野菜導入—

1990年代前半の十勝畑作の大きな流れとして、経営面積規模の拡大と露地野菜を中心とする野菜作の導入という2つの方向性が存在した。規模拡大については、農家数が減少するも、1990年から1995年の5年間に農家1戸当たり経営面積は十勝支庁管内平均で21.8haから24.9haに拡大し、50ha以上の畑作農家数も67戸から117戸に増加した。野菜作についても、省力的な作業体系が定着している未成熟とうもろこし(スイートコーン)を除く収穫面積は4,183haから5,509haへと増加した。野菜作導入は農協や生産組合等の産地主導によるものが多いため、十勝支庁管内でも地域間格差が大きいが、導入・非導入の農家別に分類すると、野菜作非導入農家よりも導入農家の方が規模拡大傾向が強く、個別経営の中で規模拡大と野菜導入が併存していることが伺える(表1-2)。

表1-2 野菜作導入区分別農家数(継続農家)

	単位:戸, ha						
	野菜作付		戸数	経営面積		うち野菜類	
	1990	1995		1990	1995	1990	1995
野菜作付農家	有	有	1,753	20.4	21.7	1.44	2.05
野菜導入農家	無	有	758	23.9	25.7	—	1.25
野菜廃止農家	有	無	617	20.8	21.3	0.52	—
野菜非作付農家	無	無	1,918	21.6	22.6	—	—

資料) 表1-1に同じ

注) 野菜類に未成熟とうもろこしは含まない

また、1990年時点の経営面積規模から1990年から1995年までの継続農家全体の動向をみると、10ha未満の小規模農家層で経営面積を縮小した農家率が高いことに加え、40ha以上の大規模農家層でも縮小農家率が高く、規模拡大傾向の停滞がみられる。規模拡大傾向が強いのは30ha～40haの経営面積規模層であり、継続農家全体の野菜類収穫面積の合計に占めるこの階層の野菜類収穫面積の比率の伸びも高くなっている。また、20ha～30ha層は、農家戸数が最も多く、野菜類収穫面積に占める比率が最も高い(表1-3)。

表1-3 経営規模別にみた畑作農家数の特徴(継続農家)

1990年 経営面積	農家数	うち1995年の経営面積が		平均増減 面積	野菜類収穫面積 に占める比率	
		拡大した 農家率	縮小した 農家率		1990年	1995年
10.0ha未満	761	13.1	30.2	-0.14	17.8	10.6
10.0～20.0ha	1,427	40.4	20.8	0.75	29.8	26.3
20.0～30.0ha	1,895	49.3	17.0	1.58	32.8	37.9
30.0～40.0ha	721	50.5	18.9	1.95	11.6	16.0
40.0～50.0ha	182	45.6	31.9	1.68	5.1	6.8
50.0ha以上	60	46.7	33.3	1.61	2.8	2.4
計	5,046	41.4	21.1	1.17	100.0	100.0

資料)表1-1に同じ  
注)野菜類に未成熟とうもろこしは含まない

## 2) 十勝畑作の動向予測

### a 農家数

十勝支庁管内の畑作農家を対象に、推移確率分析により、離農比率と新設農家数が一定という条件のもとで2010年までの経営規模別の畑作農家数を推計した結果、全体的な農家数減少のもとで一戸当たりの経営面積規模の拡大が進み、モード層は1990年の20ha～25haから2010年には30ha～35haに移動し、50ha以上が畑作農家の11.6%(385戸)を占

表1-4 経営規模別畑作農家数の予測

	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
1.0ha未満	115	150	149	123	82
1.0～5.0ha	448	327	217	115	40
5.0～10.0ha	629	423	268	149	58
10.0～15.0ha	702	465	297	178	91
15.0～20.0ha	968	661	454	310	206
20.0～25.0ha	1,140	928	730	562	424
25.0～30.0ha	874	798	706	608	511
30.0～35.0ha	517	593	603	583	544
35.0～40.0ha	237	332	393	426	435
40.0～45.0ha	127	201	261	303	326
45.0～50.0ha	60	100	145	185	214
50.0～60.0ha	42	78	121	167	210
60.0～70.0ha	17	23	39	61	86
70.0ha以上	4	16	33	58	89
計	5,880	5,095	4,416	3,828	3,316

資料)表1-1に同じ  
注)1990・1995年は実績値、2000～2010年は予測値。

めるようになる。ただし、現在のモード層も12.8%(424戸)を占め、労働市場の展開が大きく変化しない限り、これらの階層でも専門的な農業経営が多数存在すると考えられる(表1-4)。

### b 家族労働力

次に、コーホート分析により年齢別基幹的農業従事者数の推計を行った結果、畑作農家の基幹的農業従事者数は、全体的な減少傾向のもとで高齢化が進み、特に、減少率は前掲表1-4の農家戸数の減少率を上回っている。また、ここでは表示していないが、家族以外の雇用労働力の高齢化・減少も予想される(表1-5)。

表1-5 畑作農家の基幹的農業従事者数の予測

	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
15～19歳	80	28	24	20	17
20～24歳	610	358	125	106	90
25～29歳	1,110	634	372	130	111
30～34歳	1,366	1,050	600	352	123
35～39歳	1,561	1,205	926	529	310
40～44歳	1,503	1,401	1,081	831	475
45～49歳	1,480	1,332	1,242	958	737
50～54歳	1,920	1,304	1,174	1,094	844
55～59歳	2,172	1,804	1,089	980	914
60～64歳	1,732	1,707	1,261	856	771
65～69歳	953	1,208	1,191	879	597
70～74歳	447	556	705	695	513
75歳以上	205	271	344	438	470
計	15,139	12,658	10,134	7,866	5,972

資料)表1-1に同じ  
注)1990・1995年は実績値、2000～2010年は予測値。

しかしながら、こうした減少傾向も規模階層によって相違があると考えられる。そこで、畑作農家を1990年時点の規模で20haと40haを境に3つの区分に分けて、それぞれ農家1戸あたり基幹的農業従事者数を予測した。これによると、40ha以上の大規模層と20ha～40haの中規模層は、2010年においても基幹的農業従事者3人以上が半数以上を占めて相対的に豊富な労働力の確保が期待できるが、逆に20ha未満層では同2人未満が約30%を占めるようになる(図1-1)。

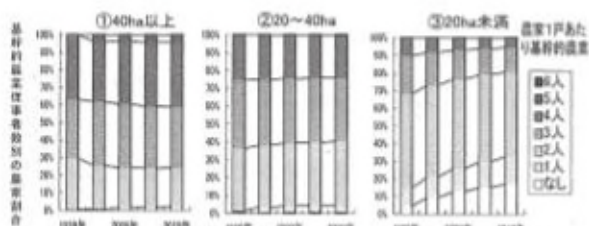


図1-1 経営階層別にみた基幹的農業従事者数別農家割合の予測(継続農家)

資料)表1-1に同じ  
注)1990・1995年は実績値、2000～2010年は予測値。



### c 野菜作

さらに、作付構成の推移を検討する一つの素材として、上記ウ-2)-b)と同様に経営規模別に経営面積に占める野菜作付面積率を推移確率分析により予測した結果、40ha以上の大規模層でも野菜作付が増加する傾向にあるが、2010年においても約50%の農家が非作付であり、作付面積率5%未満のものを加えると農家の70%を占める。20ha~40haの中規模層では、最も作付増加の傾向が強く、野菜作付面積率5%以上が農家の約40%を占めるようになる。20ha未満の小規模層では、全体として増加傾向はみられないが、野菜作付面積率30%以上の野菜作を基幹とするような経営が一定数存在すると予測される(図1-2)。

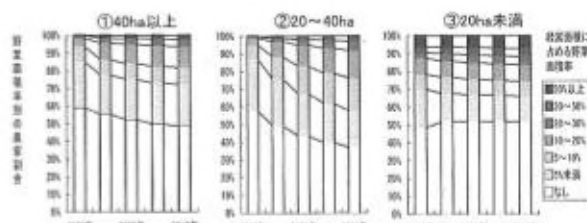


図1-2 経営階層別に見た野菜面積率別農家割合の予測(継続農家)  
資料)表1-1に同じ  
注)1990年・1995年は実績値、2000~2010年は予測値。

### d 農地

ここでは、北海道立中央農業試験場経営部の試算を引用する(「農地供給過剰下における農地利用集積の課題と方法」平成10年度 経営部年次報告書 p76~78)。これによると、十勝支庁管内全体では、1995年の耕地面積は215,760haであるが、2005年は2,131ha、2010年には4,271haの農地の供給過剰が発生すると予測される。このうち、規模拡大意欲の強いとされる30ha~50ha層では若干の需要過剰が生じるが、十勝支庁管内における耕作放棄や不作付けなどの土地利用の粗放化が予測される。ただし、十勝支庁管内でも農地需給の地域差が大きいため、現在でも経営規模の小さい中央部の畑作地帯では、相対的に需給は逼迫すると考えられる。

これらの結果から、2010年における十勝支庁管内の畑作農業の担い手層の想定として、まず、第1に大規模畑作の担い手としての50ha以上層が考えられる。それらの経営は、1戸あたり3名以上の豊富な基幹的農業従事者を保有し、小麦、ばれいしょ、てんさい、豆類等の普通畑作物目を中心とする作付構成が展開すると考えられる。第2に、モード層を

成すであろう30ha~40ha層であり、これらの経営では、1戸あたり3名程度の基幹的農業従事者を保有し、普通畑作物目に加え「第5の作物」として野菜作面積が経営面積の10%~20%を占めると考えられる。そして、第3に、25ha以下層のうち1戸あたり3名以上の基幹的農業従事者を保有するような経営であり、野菜作付面積率が経営耕地面積の30%以上を占めるように野菜作への依存度が高い経営であると考えられる。いずれの階層についても、労働力減少、集約作増加、農地需給の緩和という条件下にあると考える必要がある。

### 3) 求められる大規模畑作農業技術開発の方向

上記の分析結果から、今後求められる技術開発方向は、想定される担い手の経営構造の違いに基づき、  
a 普通畑作基幹型経営(経営面積50ha以上層)、  
b 野菜作導入型経営(経営面積30ha~40ha層)、  
c 野菜作基幹型経営(経営面積25ha未満層)に区分したうえで、これまでの技術開発実績等をふまえ、以下のように整理できる。なお、いずれの区分においても、労働力減少に対応した省力的技術の開発を共通の方向としている。

#### a 普通畑作基幹型経営(経営面積50ha以上層)

このタイプの経営では、規模拡大のための省力的機械化体系と大面積畑地における合理的土地利用方式の確立が目標になる。そのために従来の機械体系の限界面積規模を飛躍的に高める普通畑作の省力化、ならびに、地域によっては常態化のみられる小麦連作を解消し、休閑緑肥なども含めた4年以上の輪作により地力を高め、環境保全的な生産方式を可能にするような技術開発が求められる(表1-6-1)。

表1-6-1 普通畑作基幹型経営に向けた技術開発

大規模畑作のための省力生産技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械化適性品種の開発(ex.機械収穫適性大豆・有根非宿性そば品種)</li> <li>・不耕起等省力栽培技術の確立(ex.節草耕・ミニマムディレクション)</li> <li>・直耕栽培体系の確立(ex.てんさいの直耕栽培)</li> <li>・機械作業の高度化・高効率化・軽労化技術の開発(ex.機械除草、播種機・収穫機の大形化・高速化、プレジジョンファーマー)</li> </ul>
大規模輪作体系の確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高品質小麦品種の開発(ex.北見春99号)</li> <li>・輪作対応型小麦栽培技術の開発(ex.大豆間作小麦栽培技術)</li> <li>・地方増進、土壌の物理性・化学性・生物性の高度化技術の開発(ex.休閑緑肥作物の普及支援)</li> <li>・有機物の調査・利用技術の開発(ex.窒素動態や畑作資材の処理・利用技術)</li> </ul>
経営支援策の策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農地移動に関わる支援策(ex.産地別地の公的機関買い上げ・リース、農地の集約化)</li> <li>・経営安定対策(ex.輪作体系に対する再稼働)</li> <li>・作業の外部化システムの構築(ex.コントラクターへの委託)</li> </ul>

#### b 野菜作導入型経営(経営面積30ha~40ha層)

このタイプの経営では、普通畑作物目の作付を基

軸にしなが、野菜作の導入により所得の確保を図ることから、野菜作の導入・省力化と普通畑作との合理的な結合が目標になる。そのために、野菜作を「第5の“畑”作物」として輪作体系に位置づけることを可能にするような技術開発が求められる（表1-6-2）。

表1-6-2 野菜作導入型経営に向けた技術開発

<b>土地用型野菜の安定栽培技術の開発</b> ・ 簡易・大規模な育苗技術(※. 個別農家用・育苗センター用) ・ 病害防除技術(※. 有害菌の土壌診断技術)
<b>土地用型野菜の省力生産技術の開発</b> ・ 野菜作の機械化技術の開発(※. キャベツの直播栽培・一斉機械収穫)
<b>土地用型野菜の環境保全的・高品質生産技術の開発</b> ・ 高積度管理による高品質生産技術の開発
<b>野菜を導入した輪作体系の確立</b> ・ 野菜を含む輪作体系の確立(※. 野菜の栽培・野菜の輪作基肥) ・ 減農薬等による雑草・病害防除技術(※. スポット防除技術)
<b>経営支援策の策定</b> ・ 産地形成(※. 生産指導・組織化、販路拡大) ・ 流通技術(※. 貯蔵・予冷施設、輸送技術) ・ 価格安定システムの強化 ・ 雇用労働力の活用調整システムの再構築

c 野菜作基幹型経営（経営面積 25ha 未満層）

このタイプの経営では、普通畑作物目の作付を残しながら、集約的な野菜作を基幹とすることから、高収益野菜作の持続的生産が目標になる。そのため、新規高収益野菜作を導入するとともに、農地面積規模の小ささを活かした環境保全的生産方式を可能にするような技術開発が求められる（表1-6-3）。

表1-6-3 野菜作基幹型経営に向けた技術開発

<b>新規高収益野菜作の導入技術</b> ・ 新規高収益野菜作の導入 ・ 新規施設野菜・花き作の導入
<b>環境保全型生産技術</b> ・ 減農薬・減化学肥料栽培管理技術(※. 総合防除)
<b>経営支援</b> ・ 野菜作の持続的生産のための交換耕作(※. 大規模畑作や稲産品との交換耕作)

d 大規模畑作に共通する技術開発

いずれのタイプの経営にも共通する畑作物の技術開発課題として、安定・多収生産技術や実需に対応した高品質生産技術の開発が求められる（表1-6-4）。

表1-6-4 大規模畑作経営に共通する技術開発

<b>畑作物の安定多収生産技術</b> ・ 雑作物の多収品種の開発 ・ 雑草害軽減性品種の開発(※. 草刈耐性・耐除草剤品種) ・ 主要病害防除技術(※. バレインシフト剤・病、実収増進、総合防除)
<b>消費ニーズに対応した作物の高品質生産技術</b> ・ 雑作物の高品質品種の開発(※. 糖質・耐貯蔵性小麦品種、加工適性の高い馬鈴薯品種) ・ 麦・豆類の高品質乾燥調製技術 ・ 減農薬・減化学肥料栽培管理技術(※. 総合防除、プレレジジョンファーマー)

4) 農業経営における技術的課題と技術開発ニーズの実際

a 畑作経営の技術的課題

実際の畑作農家における農業技術上の課題と技術開発への要望事項の一事例を以下に示す。調査対象地区は十勝支庁中央部に位置し、気象及び土壌条件

は良好であり、経営規模は20ha～30ha層が標準であるが、近年、野菜作導入が進んでいるために、農業技術上の問題点は野菜作に関するものが多いが、技術開発への要望事項としては畑作物に関するものが多くなっている。こうした結果は、普通畑作物目の作付を基幹としながら新規作物として野菜作を部分的に導入していくなかでの技術開発ニーズを示したものであると推察される（表1-7）

表1-7 個別経営における農業技術上の課題と要望事項

農家番号	経営主年齢(歳)	経営耕地面積(ha)	うち野菜作	技術上の課題点		技術開発への要望	
				品目	内容	品目	内容
H1	49	35.3	2.8	小麦	追肥	ばれいしよ	そうか病対策
S2	40	32.0	0.8	ごぼう	発芽不揃い	ばれいしよ	そうか病対策
S3	32	31.8	1.7	ごぼう	品質	ばれいしよ	そうか病対策
S4	43	31.8	3.7	ばれいしよ	収量低い	ばれいしよ	そうか病対策
H3	37	27.0	0.3	キャベツ	育苗	野菜	収穫後の開発
S6	36	27.0	5.0	キャベツ	育苗	全粒	高収量品種開発
S7	37	26.8	2.0	ばれいしよ	収穫	小麦	高収量品種開発
H4	45	26.5	4.2	野菜	選別作業	—	—
S8	37	26.5	3.0	ながいも	地力維持	全粒	機械開発
H5	54	25.0	3.1	キャベツ	収穫	ばれいしよ	そうか病対策
H6	34	25.0	5.1	キャベツ	育苗	—	—
H7	48	23.0	3.0	野菜	選別作業	ばれいしよ	そうか病対策
S10	49	23.0	0.8	ばれいしよ	そうか病	小麦	倒伏に強い品種開発
H8	58	22.7	6.0	キャベツ	コナガ対策	小麦	雑草芽に強い品種開発
H9	55	22.4	3.4	キャベツ	除草・防除	野草	耐病性高い品種開発
S11	54	22.2	—	てんさい	収量	小麦	高品質品種開発
S12	35	22.0	1.5	—	—	小麦	高品質品種開発
H10	54	21.5	3.8	全粒	除草	—	—
H11	37	20.0	6.8	ながいも	施肥	小麦	高収量品種開発
S13	48	19.7	—	全粒	発芽不揃い	全粒	品種開発
H12	42	19.5	9.2	キャベツ	病害	全粒	病害対策
S14	38	18.1	1.0	—	—	全粒	品種開発
H13	44	18.0	8.8	キャベツ	施肥	—	—
H14	37	17.4	4.3	全粒	施肥	—	—

資料) 農家実態調査

注) 野菜は加工用スイートコーンを除く

b キャベツ栽培農家の開発技術導入条件

本プロジェクトで開発中の4つの技術について、キャベツ栽培農家17戸にアンケートを行った結果、開発技術を導入するための条件として、直播栽培技術と個別別施肥機については「収量確保」、株間除草機では「作業時間短縮」、機械収穫・搬出体系では「作業強度軽減」への要望が多く、技術開発を進めるにあたっては、これらの点についての改善が求められている（表1-8）。

表1-8 キャベツ栽培農家における開発技術導入のための条件

	面積拡大	収量確保	作業時間短縮	作業強度軽減	経費節減
直播栽培技術	27	50	46	—	47
個別別施肥機	20	64	46	—	40
株間除草機	26	44	60	—	40
機械収穫・搬出技術	33	41	43	53	—

資料) 芽室町キャベツ栽培農家アンケート

注) 該当技術の導入の条件となる効果・性能について農家に順位をつけてもらい、1位:4点~4位:1点として集計した。

エ. 今後の課題

農業技術開発に関しては、より生産現場のニーズに的確に対応したものが求められている。そのため

には、こうした統計分析による開発技術のユーザーとなる担い手層の想定に加え、開発技術の利用者サイドの意見をふまえながら技術開発方向を提示していく必要がある。さらに、農業動向のみにかかわらず、各地域の特性も加味し、実際に農産物を利用する市場・消費者のニーズ、そして環境問題なども考慮することが重要な課題になると思われる。

#### オ. 要約

北海道を代表する大規模畑作地帯である十勝支庁管内を対象に、農業センサスデータをもとに2010年までの地域農業構造の解析及び予測を行った結果、農家数の減少、一戸当たり経営面積規模の拡大、家族労働力の減少、野菜作の拡大、農地需給の緩和等が予測され、今後の大規模畑作経営の担い手層として、普通畑作基幹型経営(経営面積50ha以上層)、野菜作導入型経営(経営面積30ha～40ha層)、野菜作基幹型経営(経営面積25ha未満層)の3つのタイプが想定された。

(杉戸克裕)

## 第2章 大規模畑作における野菜の省力生産・新規輪作技術の開発

### 1. 大規模露地野菜生産の高精度管理技術の開発

#### (1) 直播キャベツの高精度施肥播種・被覆技術の開発

##### ア. 研究目的

大規模畑作地帯においても野菜栽培は年を追って重要性を増しているが、野菜の生産を伸ばすためには、基幹作物との作業競合を回避し、また、急激に深刻化が進んでいる労働力不足に対応する各種野菜の畑作型栽培法の確立が強く求められている。その実現には、現在、移植栽培されている野菜において総労働時間に占める割合が高い育苗・移植作業、及び収穫作業についての省力化が必要で、その方法としては直播・一斉機械収穫体系が考えられる。

しかし、直播栽培では移植栽培に比べて発芽、生育の不揃いが予想され、収穫時の生育量の揃いが低下して収穫作業に支障が生じたり、製品歩留り率が低下する懸念がある。

そこで、本課題においては、キャベツを対象作物として、直播栽培での発芽、初期生育を斉一化するための施肥、播種法について検討し、一斉機械収穫に向けた直播による作型確立のための基礎資料を得ることを目的とした。

##### イ. 研究方法

###### 1) 播種床の物理性に関する試験

供試品種は「金系201号」(Lコート種子)で、条間65cm, 株間11cm, 1粒播きとした。播種床の碎土率を表2-1に示した3水準とし、各区10m間の発芽数、および播種後約3週間目に地上部生体重、草丈、葉数を各区60個体について調査した。

表2-1 試験区の碎土率

	試験区		
	粗	中	細
平均土塊径 (mm)	15.1	11.8	9.5
10mm以下の重量割合 (%)	54.5	62.1	69.5

###### 2) 播種深度及び被覆資材の効果に関する試験

供試品種は「金系201号」(Lコート種子)で、条間65cm, 株間11cm, 1粒播きとした。播種深度は2cm及び4cmの2水準、被覆資材(不織布)有無の

2水準とし、それぞれについて、1995年5月24日、6月2日、9日、19日、26日に播種した。各区10m間の発芽数、および播種後約3週間目に地上部生体重、草丈、葉数を各区60個体について調査した。

###### 3) 播種畦の溝形状及び被覆資材の効果に関する試験

###### ア 平成8年

供試品種は「アーリーボール」(Lコート種子)で条間65cm, 株間10cm, 1粒播きとした。施肥はS200を幅約30cmの部分全層で100kg/10aとした。

試験区は播種日を5月9日から1週間間隔で計7回とし、各播種日について播種後の畦形状を通常の平畦と図2-1に示した鎮圧輪によって台形状に鎮圧した凹形畦の2水準、播種後の被覆資材の有無の2水準、全3反復の合計12区を設け、1区の大きさは1.3m×5mとした。

各区5m間の発芽数、および播種後約4週間目に地上部生体重、草丈、葉数を各区の全個体について1個体毎に調査した。また、播種畦の地表面温度を測定した。

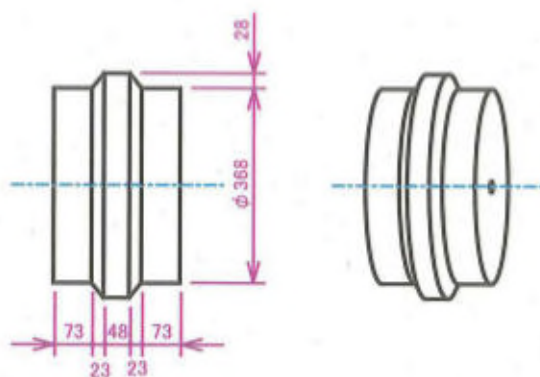


図2-1 凹形畦成形に使用した鎮圧胴

###### イ 平成9年

供試品種は「アーリーボール」(Lコート種子)で条間65cm, 株間10cm, 1粒播きとした。肥料はS200を側条施肥で100kg/10aとした。

試験区は播種日を5月2日から1週間間隔で計7回とし、各播種日について播種後の畦形状を通常の平畦と台形状に鎮圧した凹形畦の2水準、播種後の被覆資材の有無の2水準、全3反復の合計12区を設け、1区の大きさは1.3m×5mとした。

各区5m間の発芽数、および播種後約4週間目に地上部生体重、草丈、葉数を各区の全個体について1

個体毎に調査した。また、種子付近の温度および土壌水分を測定した。

#### ウ. 結果及び考察

##### 1) 播種床の物理性と発芽、初期生育

発芽数は砕土が粗いほど少ない傾向にあったが、有意差は認められなかった。初期生育調査では、砕土が細かいほど地上部生体重、葉数が大きかったが、草丈、地上部風乾重には差がなかった(表2-2)。また、収穫調査では全重、結球重ともに差がなかった。

表2-2 砕土率と発芽、初期生育

砕土率 (%)	発芽率 (%)	地上部生体重 (g/個体)
55	94	12.3
62	96	12.8
70	96	14.5

##### 2) 播種深度、被覆資材の有無と発芽、初期生育

発芽数調査では、播種深度の影響はいずれの播種日においても認められ、浅播き区>深播き区であった。被覆の効果は5/24播種の播種後2週間後では認められたが、それ以後では、認められず、その他の播種日では認められなかった。

また、6/19播種以後の深播き区では発芽数が低下する傾向にあった。

初期生育調査では、播種深度の影響はいずれの播種日および測定項目においても有意差があったが、被覆資材の有無による影響は6月26日播種では認められなかった。早期播種では浅播き被覆区>深播き被覆区>浅播き露地区>深播き露地区の傾向であるが、後期播種になるにしたがい、浅播き被覆区>浅播き露地区>深播き被覆区>深播き露地区となった(表2-3)。

表2-3 播種深度、被覆処理と発芽、初期生育

播種日	浅播き (2 cm)				深播き (4 cm)			
	露地		被覆		露地		被覆	
	発芽率 (%)	地上部生体重 (g/個体)	発芽率 (%)	地上部生体重 (g/個体)	発芽率 (%)	地上部生体重 (g/個体)	発芽率 (%)	地上部生体重 (g/個体)
5/24	80	2.5	80	6.5	68	1.5	66	4.7
6/02	85	4.0	83	7.4	72	2.5	71	4.8
6/09	85	4.8	84	6.5	72	2.2	70	4.0
6/19	85	2.5	84	3.3	65	1.3	68	2.3
6/26	87	2.6	81	2.3	55	0.7	52	0.7

##### 3) 播種畦の溝形状及び被覆資材の効果

###### ア 平成8年

播種溝の地表面温度は、直射日光の影響のない夜間、及び曇天の日中において、被覆処理の有無に関わらず凹形畦区が平畦区より1~2℃高く推移した。また、被覆区は露地区より約3℃高く推移した。発芽率は、被覆区、露地区ともに平畦区より凹形畦区で高かった。被覆処理より畦形状の効果が優ったことから、微気象の改善による温度の上昇よりも鎮圧による水分保持の効果が大きいと考えられた(表2-4)。

表2-4 播種畦の形状、被覆処理と発芽率

播種日	平成8年				平成9年			
	露地		被覆		露地		被覆	
	平畦	凹畦	平畦	凹畦	平畦	凹畦	平畦	凹畦
				5/02	99			
5/09	64	50	64	59	5/07	99	98	
5/20	71	81	84	97	5/14	92	96	94 96
5/27	63	74	76	75	5/22	88	94	86 88
5/30	67	87	64	82	5/29	91	96	93 96

播種後約30日目の地上部生体重および草丈は、5月27日までの播種時期では被覆凹形畦区>被覆平畦区>露地凹形畦区>露地平畦区の順で大きかったが、6月6日及び13日播種では被覆平畦区と露地凹形畦区に差がなく、6月20日播種では被覆処理で生育が劣った(表2-5)。

表2-5 播種畦の形状、被覆処理と初期生育

播種日	平成8年				平成9年			
	露地		被覆		露地		被覆	
	平畦	(g)凹畦	平畦	凹畦	平畦	(g)凹畦	平畦	凹畦
5/09	100	(0.6) 71	294	351	5/02	100	(1.7) -	-
5/20	100	(1.9) 128	348	430	5/07	100	(2.0) 72	-
5/27	100	(2.9) 146	251	241	5/14	100	(5.7) 90	143 181
5/30	100	(7.7) 151	139	261	5/22	100	(7.1) 153	120 231
6/06	100	(7.1) 159	102	211	5/29	100	(29.8) 92	101 120
6/13	100	(11.2) 133	136	186	6/05	100	(35.5) 102	156 126
6/20	100	(17.4) 137	112	97	6/12	100	(65.1) 107	116 125

注：数字は各播種日の露地平畦を100とした指数。( )内は実数。

生育の斉一化の効果については、有意差は認められなかったが、草丈の変動係数が露地区より被覆区、平畦区より凹形畦区で小さい傾向が見られた。

###### イ 平成9年

種子付近の地中温度は、凹形畦区が平畦区より1~2℃高く推移し、被覆区は露地区より約3℃高く推移した。(図2-2)

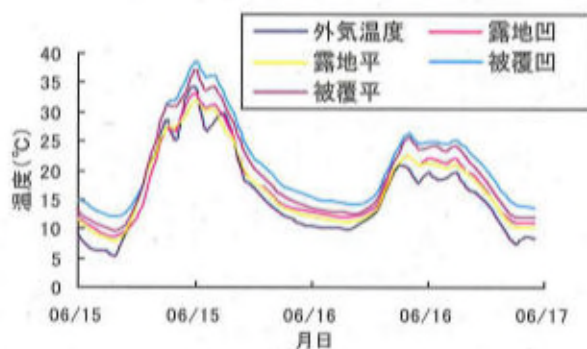


図2-2 種子付近の地温

種子付近の土壌水分は、凹形畦区が平畦区より高く推移し、被覆区は露地区より高く推移した。この傾向は乾燥時により顕著であった。(図2-3)

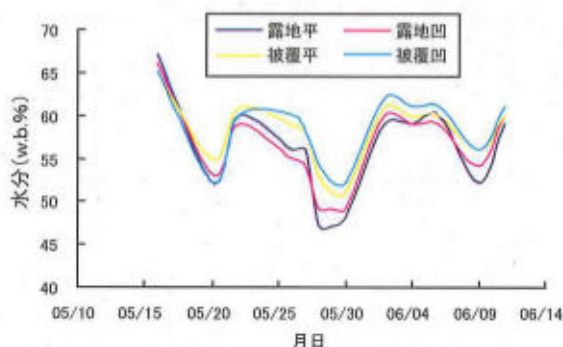


図2-3 種子付近の土壌水分

発芽率は、被覆の有無に関わらず平畦区より凹形畦区で高く、被覆の有無より畦形状の効果が優った(表2-4)。

被覆資材と凹形鎮圧畦の併用による効果は、5月下旬までの播種時期において特に大きかったが、それ以後においては低下した。また、6月中旬以降の播種では、被覆区で生育が劣った。(表2-5)

(石田茂樹・豊田政一・増田欣也)

(2) 直播キャベツの施肥窒素利用向上のための被覆肥料の局所施肥

ア. 研究目的

大規模畑作地帯においても野菜栽培は重要性を増しているが、野菜の生産を伸ばすためには、基幹作物との作業競合を回避し、また、急激に深刻化が進んでいる労働力不足に対応する各種野菜の畑作型栽培法の確立が強く求められている。その実現には、

現在、移植栽培されている野菜において総労働時間に占める割合が高い育苗・移植作業、及び収穫作業についての省力化が必要で、その方法としては直播・一斉機械収穫体系が考えられる。

しかし、直播栽培では移植栽培に比べて発芽、生育の不揃いが予想され、収穫時の生育量の揃いが低下して収穫作業に支障が生じたり、製品歩留り率が低下する懸念がある。また、移植に比べて在圃期間が長いため、肥料の利用効率の低下が懸念され、移植以上に肥培管理が重要となる。そこで、肥効調節型被覆肥料を用いた直播栽培の肥培管理法について検討した。

イ. 研究方法

1) 全量基肥栽培

供試圃場:北農研畑作研究部圃場(褐色火山性土)

供試肥料:試験区の施肥処理と施肥分量は表2-6に示す。

表2-6 各試験区の処理と施肥量

試験区	施肥法		施肥成分kg/10a		
1 (対照区)	基肥 全面混和	S121	11.0	22.0	11.0
	追肥 地表面施用	S444	11.0	3.1	11.0
			計22.0	25.1	22.0
2	基肥 両側側条	ロング	14.2	12.0	14.2
3	基肥 部分混和	S121 (スターク)	3.5	7.1	3.5
4	基肥 全面混和		計17.7	19.2	17.7
5	基肥 部分混和	ロング	17.7	15.2	17.7

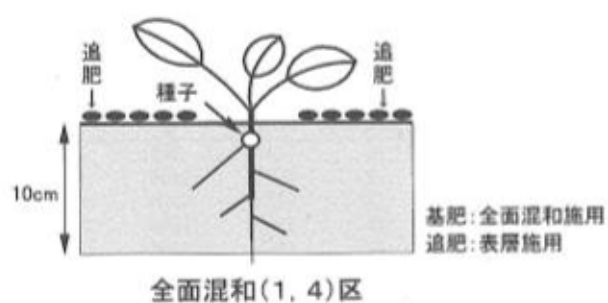
肥効調節型被覆肥料:ロング 424-40日タイプ(成分14-12-14,以下ロング)

速効性肥料:複合硝加燐安 S121(成分10-20-10,以下S121,対照区基肥,試験区スターター肥料)

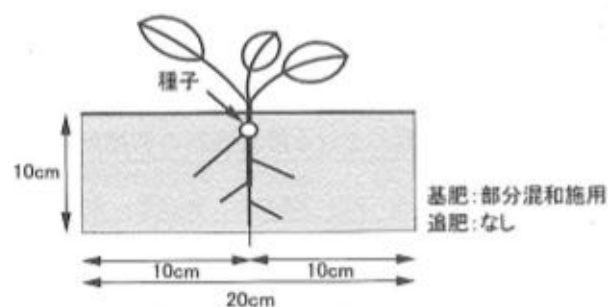
速効性肥料:複合硝加燐安 S444(成分14-14-14,以下S444,対照区追肥)

試験区の設定:対照区1は北海道施肥基準に準拠した。処理区2,3,4は全量基肥(無追肥)で窒素,カリの施用量を対照区の8割となるようにロング,S121を組み合わせ、施肥法が両側側条(2),部分混和(3),全面混和(4)となるように設定した。また,ロングのみの部分混和(5),区を設けた(表2-6)。

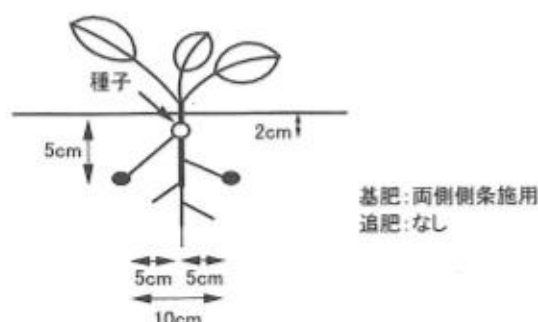
施肥位置の設定:全面混和(1,4)区では,圃場全面に基肥を施用し,深さ10cmで混和し,追肥を



全面混和(1, 4)区



部分混和(3, 5)区



両側側条(2)区

結球初期前に畝上施用した。部分混和(3, 5)区は、基肥のみを播種条に沿って幅20cm、深さ10cmで混和した。両側側条(2)区は、基肥のみを播種条の左右5cm、深さ7cmの位置に施用した(図2-4)。

## 2) 施肥窒素利用率

供試圃場：北農試畑研センター圃場(褐色火山性土)

供試肥料：試験区の施肥処理と施肥成分量は表4に示す。

肥効調節型被覆肥料：ロング424-40日タイプ(以下ロング)

速効性肥料：複合硝加磷安S121(以下S121, 対照区基肥, 試験区スタータ肥料)

速効性肥料：複合硝加磷安S444(以下S444, 対照区追肥)

試験区の設定：対照区は北海道施肥基準に準拠し

た。処理区は全量基肥(無追肥)でリン酸、カリの施用量は対照区と等量にし、速効性窒素の量を4kg/10aに固定し、肥効調節型被覆肥料で0から16kg/10aの範囲で変化させた。また、窒素の利用効率を検討するため、無窒素区を設置した(表2-9, 2-10)。

施肥位置：対照区は、圃場全面に基肥を施用し、深さ10cmで混和し、追肥を結球初期前に畝上施用する。試験区は基肥のみを播種条の左右5cm、深さ7cmの位置に施用する(図2-4)。

## 3) 個別窒素施用による生育制御

### (1) 試験条件

北農試圃場(褐色火山性土)に基肥として10a当たり窒素11kg、リン酸22kg、加里11kgを作土10cmに全面施用し、深さ10cmまで混和した。供試品種は「アーリーボール」で、株間35cm、条間65cmで深さ2cmに機械播種した。直播キャベツへの個別窒素施用に最適な時期を明らかにするため、8/1, 8/4, 8/7, 8/11に播種を行い調査区とした。

### (2) 施肥の調製および処理

施肥は注入、灌注とも1株当たり0.5gNの施用となるように尿素溶液を調製した。施用液量は注入では20mL、灌注では100mLに設定した。施肥処理は、8/1播種区が本葉3枚に達したときに、全ての播種区に個別に注入および灌注施用した。注入処理は、株横5cmに深さ5cm直径12mmの穴をあけ、分注器で正確に施用した。灌注処理は、株上からメスシリンダーを用いて正確に施用した。供試個体数は各区30株×3反復である。

### (3) 調査方法

追肥処理後の生育は、総研2チームで開発した画像処理によるキャベツの圃場生育量の測定法により、投影葉面積によって生育を調査した。本測定法は、トラクターに装着したビデオカメラでキャベツ畦を直上約80cmから、速度0.1m/sで走行しながら撮影、画像間演算(G-R)処理し、投影葉面積を求めるものである。

## ウ. 結果と考察

### 1) 全量基肥栽培

初期生育では、全ての処理で葉数にはほとんど差が認められなかったが、部分混和(3)区では地上部重が対照の2倍になり、CVが約10%低下した(表2-7)。葉数にほとんど差が認められなかった

め、重量差は葉の肥大によると考えられ、ロングと121を組み合わせた部分混和施用は初期生育の促進、斉一化に有効と考えられる。

表2-7 5葉期の生育量と揃い(7/17)

試験区	地上部重		葉数	
	g	CV %	枚	CV %
1	9.1	40.2	5.0	14.1
2	8.9	42.1	5.4	14.1
3	18.0	29.6	5.9	10.9
4	7.6	37.3	4.9	13.8
5	8.9	29.8	5.1	9.7

(n=20)

表2-8 収穫期の生育量と揃い(9/12)

試験区	地上部重		結球重	
	g	CV %	g	CV %
1	1741	18.2	1254	20.7
2	1753	13.1	1293	15.2
3	1980	12.6	1527	13.2
4	1495	13.9	1095	16.3
5	1508	17.1	1097	19.8

(n=20)

収穫期においても、部分混和(3)区が対照の14%増の地上部重、21%増の結球重を示した(表2-8)。部分混和施用では生育量だけでなく結球(収穫部分)の揃いも向上しており、収穫機械による一斉収穫に有効と考えられる。またロングと121を組み合わせた部分混和施用は窒素、リン酸、カリの全てについて減肥が可能であるため、環境保全・省資源効果が高い施肥、栽培法であると考えられる。部分混和施用ではキャベツ生育は良好だが、雑草の発生も旺盛なため、播種直後から除草が必要であった。試験成績検討会でキャベツの直播栽培では雑草処理に登録を持つ除草剤がないこと、また、部分混和施肥機が市販されておらず開発された技術の普及性に問題があるとの指摘を受けた

## 2) 施肥窒素利用率

生育調査結果では、施肥総量60%まで(SCS 3, 4, 5, 6)区で結球重が対照区と差が認められなかった(表2-9)。総窒素量の利用率(%)も(SCS 3, 4, 5, 6)区で約2倍程度高まることがわかった(表2-10)。肥効調節型被覆肥料を側条施用した直播キャベツの全量基肥栽培は環境保全・省資源効果が著しく高い施肥、栽培法であると考えられる。

## 3) 個体別窒素施用による生育制御

表2-9 速効性肥料および肥効調節型被覆肥料の組合せと直播キャベツの生重

試験区	窒素施用量 (kg/10a)			地上部重 g	結球重 g
	速効性	肥効調節型	(合計)		
SCS 1	4	0	(4)	802	354
SCS 2	4	4	(8)	1100	469
SCS 3	4	8	(12)	1318	549
SCS 4	4	10	(14)	1338	549
SCS 5	4	12	(16)	1408	398
SCS 6	4	16	(20)	1498	625
C (対照)	11 (基肥) 11 (追肥)			1038	560

SCS 1～6：側条施肥、速効性肥料+肥効調節型肥料

C (対照)：基肥は圃場全面混和で施用し、追肥は畝土施用  
キャベツ生育量は、10個体×3反復の平均

表2-10 各処理における窒素肥料の利用率

試験区	窒素施用量 (kg/10a)			窒素肥料の利用率 (%)	
	速効性	肥効調節型	(合計)	総吸収量	総窒素量
無窒素	0	0	(0)	3.1	-
SCS 1	4	0	(4)	7.1	100
SCS 2	4	4	(8)	11.3	105
SCS 3	4	8	(12)	13.5	87
SCS 4	4	10	(14)	14.7	83
SCS 5	4	12	(16)	16.1	81
SCS 6	4	16	(20)	17.3	71
C (対照)	11 (基肥) 11 (追肥)			13.3	46

SCS 1～6：側条施肥、肥効調節型肥料+スターター(速効性)

無窒素：無窒素区、リン酸、カリの施用量は対照区と等量

C (対照)：基肥は圃場全面混和で施用し、追肥は畝土施用  
各データは10個体の3反復の平均値

窒素肥料の計算法

総窒素量の利用率 (%) =

{各処理の窒素肥料の総吸収量-3.1}

÷ {各処理区の窒素施用量 (合計)} × 100

肥効調節型窒素量の利用率 (%) =

{各処理の窒素肥料の総吸収量-7.1}

÷ {各処理区の肥効調節型窒素施用量} × 100

表2-11 追肥処理時の各試験区の葉数と投影葉面積(8/29調査:30株×3反復の平均)

	8/1播種区	8/4播種区	8/7播種区	8/11播種区
葉数(枚)	3.2	2.5	2.1	1.6
投影葉面積 (cm <sup>2</sup> )	15.1	6.1	6.9	6.0

生育のばらつきに相当する生育差(葉数、投影葉面積)をつけるために、播種日を3日ずつ遅らせる処理区を設定した。施肥処理時の葉数では8/1、8/4、8/7、8/11播種の順となったが、葉面積では8/4、8/7、8/11播種の間に差が認められなかった(表2-11)。各区に施肥処理を行い、その後の生育を投影葉面積によって追跡した結果、尿素溶液を個体別に注入または株上から灌注施用した場合に、生育が促進され、注入した場合に生育促進効果が高い傾向を得た(図2-5、2-6、2-7、2-8)。

(増田欣也)



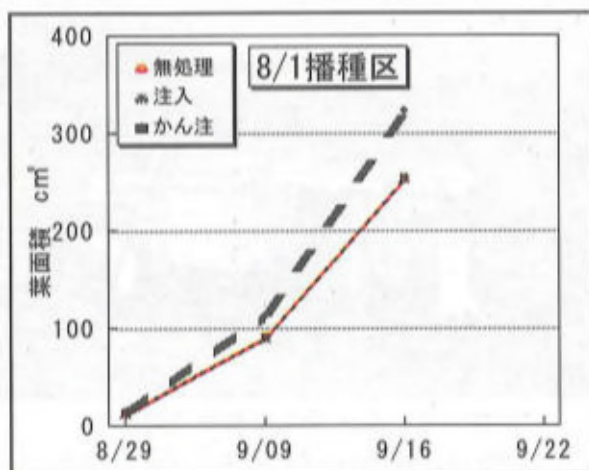


図2-5 8/1播種区の葉面積

9/22は葉が重なり合って個体の判別が不可能となったため欠測とした。

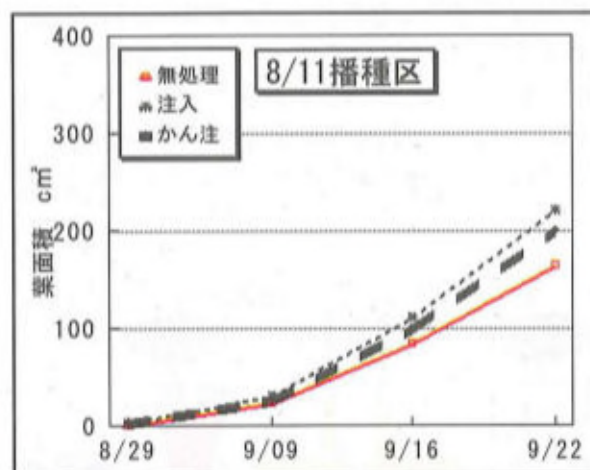


図2-8 8/11播種区の葉面積

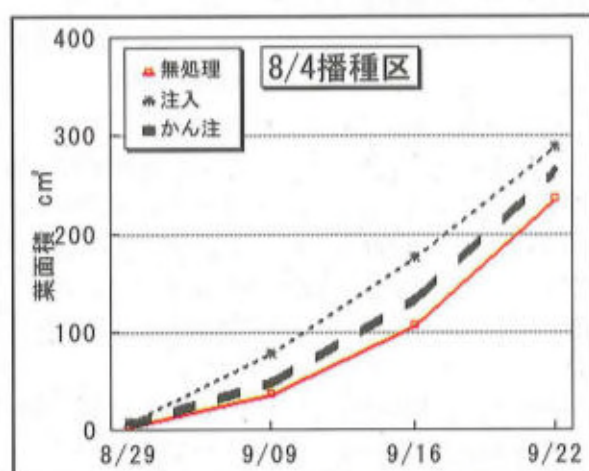


図2-6 8/4播種区の葉面積

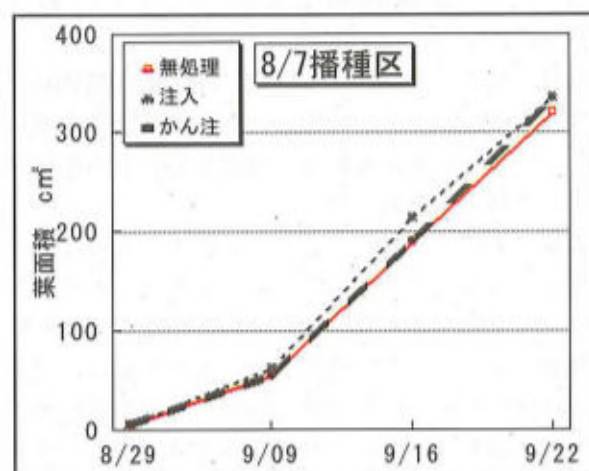


図2-7 8/7播種区の葉面積

### (3) 直播キャベツの生育斉一化のための個体管理技術の開発—機械開発—

#### ア. 研究の目的

キャベツなどの露地野菜では、省力・軽作業化を目的として全自動移植機や一斉収穫機が開発され、商品化されている。収穫機を用いた一斉収穫を行う場合、生育の斉一性が確保されなければ手収穫により複数回にわたって収穫した場合に比較して同等の規格品の出荷歩留まりを得ることは困難である。このことが一斉収穫機の普及が進まない主たる要因の一つとなっている。収穫時期におけるキャベツの斉一性は、移植体系においては育苗期および定植後の肥培管理に、また直播体系では特に品種の適応性や土壌特性等に影響されると考えられる。

本課題では、特に大規模圃場で栽培した直播キャベツを対象として、生育管理するための個別生育情報のデータベース化手法を確立する。

#### イ. 研究方法

##### 1) システム構成と個体認識アルゴリズム

圃場内のキャベツの生育斉一化に向けた品種適性や栽培条件の検証に向けて、効率よくキャベツの初期生育量を計測するためのツールとして、作物個別生育計測システムを開発し、一筆圃場内全域の全個体を対象として作物生育情報をマップ化する。図2-9と図2-10に試作システムの概要と外観を示す。

プラットフォーム車両として管理作業車を供試して、これに測位システムとしてのRTK-GPS (Leica:

SR530), 車両の姿勢計測を行うIMU及び作物個体画像を入力するためのビジョンセンサを取り付けた。GPSアンテナは、車両前方に高さ1.8mの高さに取り付けた。さらに、光環境条件の変動に対応して、補光手段として車両前方にハロゲンランプを装備した。

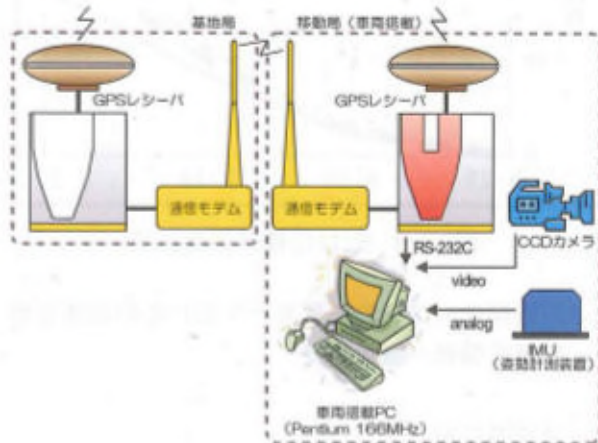


図2-9 試作システムのハードウェアブロック図

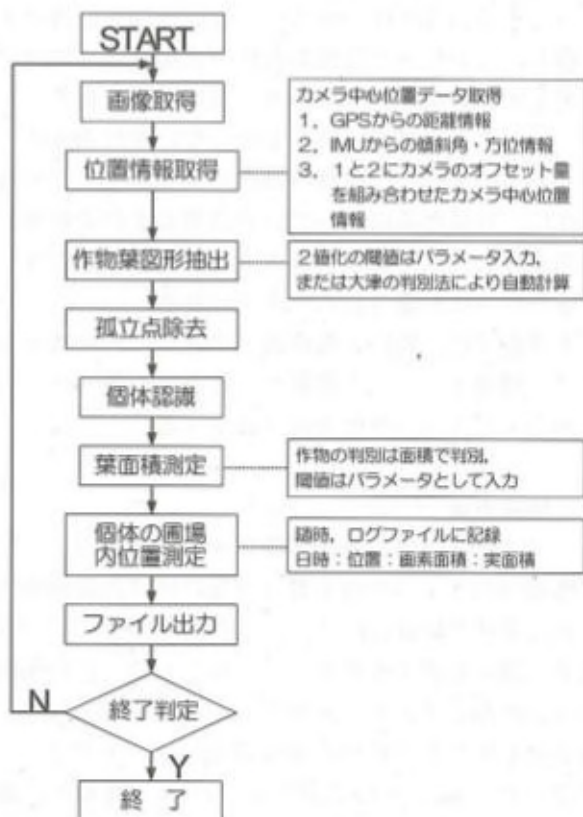


図2-11 個体別生育情報収集の処理フロー



図2-10 システム搭載車両の外観

供試GPSは、10Hzの計測周期、1cmの精度で位置計測可能である。作物個体の位置検出精度を高めるために、圃場の凹凸にともなう車両の傾斜補正を施すIMU(姿勢計測装置、日本航空電子:JCS-7401A)を搭載した。供試IMUは、光ファイバージャイロと加速度計を3個ずつ内蔵し、3軸の角度と角速度をそれぞれ $\pm 0.2^\circ$ 、 $\pm 0.5^\circ/s$ の精度で計測することができる。電子基準点を絶対位置として、基地局を北海道農業研究センター畑作研究部試験圃場脳実験室屋上に設置した。出力される座標は日本測地系による座標とし、地理的に第13系へ投影された位置を出力するものとした。GPS測位情報の出力更新、IMUに対するサンプリング周波数はともに10Hzとした。

原画像入力に用いたビジョンセンサとして、画像解像度が $640 \times 480$ PixelのモノクロCCDカメラ(浜松ホトニクス:C5403)を採用し、焦点距離と画角が一定のレンズを装備し、これに650nm以上の波長領域の反射光強度を検出するための光学フィルタ

(富士フィルム:IR-D70)を装着した。カメラは、畦上約80cmの位置の車両前方に取り付けた。各種データ処理、収集するコンピュータ(Pentium166MHz)は作業車両に、カメラ画像及び画像処理結果を表示するディスプレイは運転者が視認しやすい車両運転席前方にそれぞれ搭載した。

画像を用いて作物の生育量を取得するためには、画像中より植生部を抽出する必要がある。本来、センシングシステムの全行程を自動化するための作物部抽出アルゴリズムを構築する必要があるが、当面、取得画像の良否により2値化処理のための閾値を試行的に決定した。なお、近赤外画像は作物部と背景部(土壌部)の2つの領域において分光反射率の差異が大きいため、これらを分割するための2値化は

比較的容易であった。また、通信面でも白黒画像と同様の時間で伝送できるのでカラー画像に比して有利であると考えられた。

#### 1) 画像処理による作物個体認識

画像処理は、画像処理ボード（シャープセミコンダクタ:GPB-J）をPC-AT互換機に実装して、以下のアルゴリズム（石田ほか、1998）に準じて処理プログラムを作成した（図2-11）。

(1) 正確な生育量（投影葉面積）の測定には、作物個体の全体が取り込み画像に含まれる必要があるため、ラベリング処理後のキャベツ図形の一部が画像の周縁部にかかる場合には、その図形を消去し生育量を計測しないようにした。

(2) キャベツの葉柄が消えて、複数の図形（ラベル）に分かれた場合には、それぞれの図形の図心、長径、及び短径から近傍を定義し、その近傍が接触する図形を同一個体（同一ラベル）とすることにより、実用的な精度を得た。図2-12に個体別生育情報収集の作物葉図形を抽出する流れを示す（図中、④にて個体認識）。

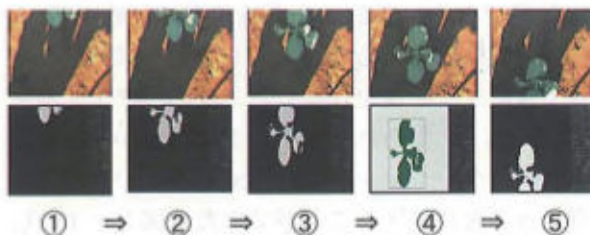


図2-12 画像処理（ラベリング）の例

#### 2) 地上座標系への位置データ補正

圃場面の傾斜にともなう車両系の姿勢変化に応じて、GPSによる位置データをGPSアンテナ位置からカメラの光学中心へと補正する必要がある。試験車両座標系における各軸回りの回転変換行列  $R_1$ 、 $R_2$  および  $R_3$  は以下ようになる。

$$R_1(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

$$R_2(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$R_3(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ただし、 $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\phi$  はそれぞれロール角、ピッチ角、ヨー角である。

ここで、GPSアンテナ位置からCCDカメラの光学中心へのベクトルを  $(a, b, c)$  とすると補正量  $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$  は以下のように表すことができる。

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} = R_3(\phi) \cdot R_2(\theta) \cdot R_1(\phi) \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

よって、GPSによって取得した位置を

$(X_{GPS}, Y_{GPS}, Z_{GPS})$  とすれば、絶対位置座標系におけるカメラの光学中心位置  $(X_r, Y_r, Z_r)$  は(3)式によって得た。

$$\begin{pmatrix} X_r \\ Y_r \\ Z_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{GPS} \\ Y_{GPS} \\ Z_{GPS} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

#### 2) システムを供試した検証方法

北海道農業研究センター畑作研究部試験圃場（芽室町）において、3葉期から5葉期の直播キャベツを供試して行った。圃場の土性は淡色黒ボク土であった。供試品種は、サワー系「楽園」、寒玉系「YR泰山」およびボール系「ブラディボール」の3品種とし、併せて「楽園」については予め4mm孔の篩で大小のサイズに約3:1の粒数割合で精選した種子も用いた。なお、供試した種子はいずれも市販のペレット種子（Lコート種子）である。

播種は、平成14年7月30日に施肥播種機（田端農機具製作所TJEB-4WR）を用いて行った。

精選無しの3品種を各4畦ずつ（以下、種子サイズ混合区）、「楽園」の精選種子（大・小）を2畦ずつ播種して計16畦の試験区を設定した。圃場長辺は40m、株間と畦間はそれぞれ30cmと60cm、播種深度1cm、2粒播き、7~8cm深さで種子直下に幅2~3cmの帯状施肥とした。施肥量は、速効性窒素4kg/10aに緩効性窒素10kg/10aとした。

#### ウ. 結果及び考察

4葉期のキャベツを無作為に抽出して得られたシステム計測値と実測値の相関を表1に示す。本システムでは、画像処理の過程で作物個体の認識を画面単位としたため、葉柄が細くて画像として葉同士が

表2-12 システム計測値と実測値との相関  
(n=56, 供試品種「楽園」)

	システム計測値	地上部生体重量	葉面積値
システム計測値	1.000	-	-
地上部生体重量	0.926**	1.000	-
葉面積値	0.941**	0.987**	1.000

※車両走行速度：0.12m/s

分離していても“1個体”とみなして、ピクセル数の総計を求めた。

表2-12に示すように、試作システムによる計測値と地上部生体重量および葉面積の実測値の間には、有為が高い相関が認められ、これを作物個体生育情報の指標として利用可能と判断した。しかし、供試圃場の土壌部分の色が乾燥の程度により異なり、太陽光の影響により画像の輝度値が変動し、うまく2値化できない場面があった。また、乾燥時の土塊が白色化して画像に取り込まれ、前処理条件の設定変更によっても作物との識別が困難であったり、晴天時の高照度条件下では、鏡面反射によるハレーションや上層の葉の暗い影が下層に写りこむ等、ハログランプ等の補光手段も利用しづらかった。土壌部分の色が降雨有無の違いによりかなり異なることが明らかであった。

実走行してデータを収集するに際しては、直前に既知の校正板（半径25mm及び50mmの円形白色板）

を撮像して、得られた画像の健全性と面積から作物と雑草の判別閾値を試行的に決定した。2値化処理の閾値は光環境及び土壌条件によって異なるが、概ね35～45であった。

また、画像処理の過程で、生育ステージの進行によっては2個体を取り込まれる場合があった。これへの対策として、本システムの使用条件として3～5葉期と定めるとともに画面の上下それぞれ60 [Pixels] 分を削除して、中央の領域に1個体全体の画像のみが取り込まれるようにした。GPS測位情報の出力更新、IMUデータ及び画像処理結果は、逐次並列的に収集することが可能であった。

環境条件に応じて適宜設定値を選択して、10日間計7回にわたって長辺45mの畦8本を0.24m/sで走行して計測した結果、任意の1個体について絶対位置座標±4.7cm (n=7) とばらついたが、作物個体位置を認識する上で許容範囲の再現性であると判断した。

走行時には、車両を運転しながら、車上に設置したモニタにより原画像と画像処理結果を逐次確認することができた。測定中の走行速度は、約0.25m/sとして、順次隣接する畦を計測して、全試験区の走行終了後にファイルを作成した。なお、ファイルはCSV形式とし、得られたロギングデータから市販計算アプリケーション (MS Excel) を用いて容易に生育マップを作成することができた。図2-13は、

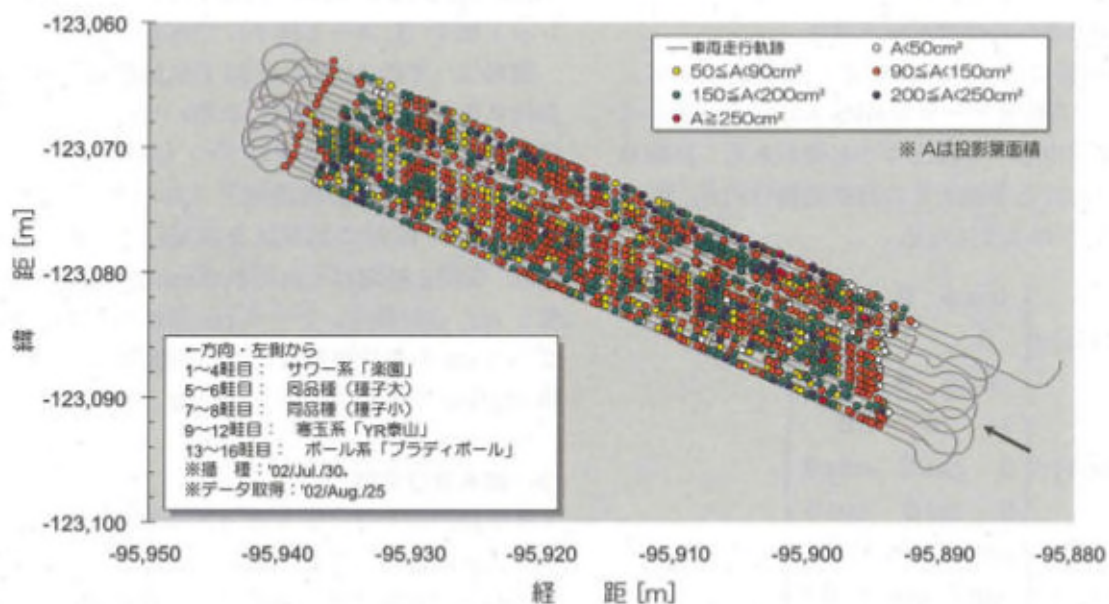


図2-13 直播キャベツ個体の圃場空間変動マップの一例

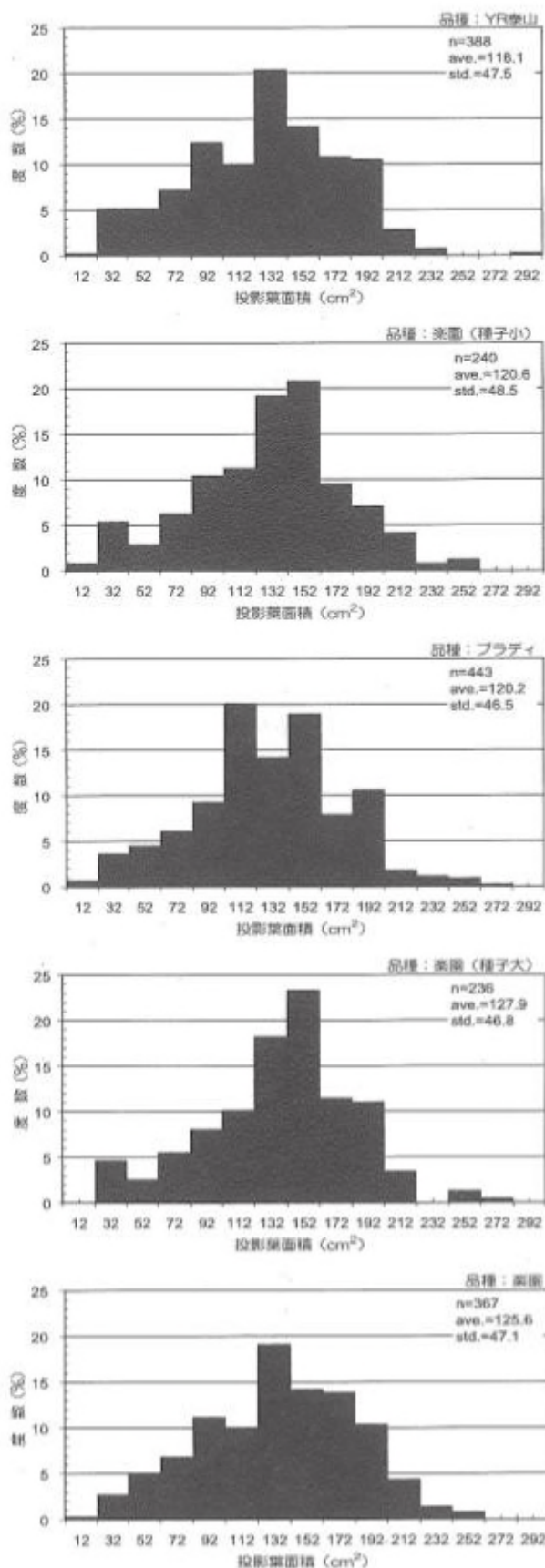


図2-14 各供試品種の初期生育量の度数分布図

5葉期におけるキャベツ個体毎の生育情報である投影葉面積（6段階に色分け）とともにシステム搭載車両の走行軌跡を示した圃場マップである。

収集したデータと作成したマップにより、投影葉面積は11cm<sup>2</sup>~280 cm<sup>2</sup>の広い範囲でばらつきが認められ、併せて欠株の状況を確認することができる。3品種の種子サイズ混合区では、それぞれ400個体前後のデータを得ることができた。5葉期における3品種の平均投影葉面積はいずれも120~125cm<sup>2</sup>であった。作物の生育ステージに限定はあるものの、実規模の圃場においても生育量の経時的変化を捉えることができると判断した。

図2-14には供試した3品種、及び「楽園」の種子精選の結果を度数分布で示した。種子を精選しない3品種の比較では、「楽園」の初期生育が他2品種に比べて有意に旺盛であり、これまでの試験結果（山縣ほか、2003）とほぼ同様の結果を得た。また、「楽園」の精選種子（大・小）においては有意な生育差が認められた。従前の調査では、圃場で一個体ずつ近傍に校正板を置いて直上から写真撮影を行い、室内で画像解析していたことから多量のデータ収集には時間的かつ労力的に困難であったが、本システムにおいては約3.0a/h（畦間60cmとして算出）の能率で効率的にデータ収集作業を終えることができた。

#### エ. 今後の課題

キャベツの生育斉一性と栽植密度等の栽植条件に関する幾つかの知見が報告されている。しかし、多量のサンプルをもとに、栽培圃場のキャベツ群落がどのような変化を経て収穫時の生育揃いに至るかについて検討した報告は見当たらない。本システムは、従来調査法に比して、簡易かつ迅速にデータを収集し、圃場内空間変動を把握することができるとともに、圃場間の比較検証を行うことができる効率的な試験用ツールとして位置づけることができる。よって、本システムを用いてさらに追試を行い、播種時期の違いによる生育の斉一性の変化の有無を明確にする必要がある。一方、直播栽培の野菜を対象とした場合、間引き作業の自動化・機械化の構築が要望される。これに向けた機械システムの課題として、前述した画像の輝度値をも考慮した画像処理（自動2値化処理）の改良と併せて、幼苗の良否判定特定のためのアルゴリズムの構築が求められる。

## オ. 要約

本課題は、大規模圃場で栽培した直播キャベツを対象として、個体間のバラツキで構成される圃場空間変動を把握し、個体別生育情報のデータベース化に向けた機械システムの確立を目的とした。試作した機械システムは、キャベツ幼苗を撮影するモノクロ CCD カメラ、その圃場内絶対座標を RTK-GPS と姿勢計測装置で取得し、車両搭載のパソコンにファイル出力する。本システム計測によるキャベツ投影葉面積と実測値との相関から、作物個体生育情報の指標として利用可能と判断した。併せて、一筆圃場内の全個体を対象として多数の観測値を得ることができ、作成したマップからキャベツ個体の圃場空間変動を把握することができた。

### 注

本稿は、平成 10 年度までに開発した個体別生育情報収集装置 (GISIP) の成果をもとに、平成 11 年度以降に改良した機械システムを中心に記述した。GISIP においては、位置センサとしてロータリエンコーダを用いたが、圃場生育マップを作成するために、より長距離を走行した場合、ロータリエンコーダによる位置検出では圃場状態によっては測定誤差が増大するなどの問題があり、平成 11 年度以降はエンコーダを RTK-GPS に置き換えるとともに、測定時間の短縮を目的として画像処理の高速化を図った。

## カ. 参考文献

- 1) 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1998) 画像処理によるキャベツの圃場生育量の測定法 (その 2) -圃場内走行時のリアルタイム処理-。農作業研究 32 (別 1) :97-98.
- 2) 石田茂樹・豊田政一・増田欣也 (1999) 画像処理によるキャベツの圃場生育量の測定法 (その 3) -位置情報と生育量のファイル化-。農作業研究 33 (別 1) :31-32.
- 3) HACHIYA, M., TOYOTA, M., MASUDA, K., ISHIDA, S. (2000) Mapping of Arable Crops Population with a Real-Time Growth Information System. Proc. XIV Memorial CIGR World Congress: 1573-1578.
- 4) 八谷 満・山縣真人・小島 誠・天野哲郎 (2002) 大区画圃場に向けたキャベツの新機械収穫体系の

構築と評価。農業機械学会北海道支部会報 42 : 19-24.

- 5) 八谷 満・天野哲郎・山縣真人・小島 誠・奥野林太郎・石川枝津子・坂本英美 (2003) 畑作地帯におけるキャベツ生産のための新機械収穫体系。北海道農業試験会議 (成績会議) 資料平成 14 年度: 1 -29.
- 6) 山縣真人・小島 誠・八谷 満・奥野林太郎・石川枝津子 (2003) 大規模キャベツ生産のための機械収穫を前提とした直播栽培技術。北海道農業試験会議 (成績会議) 資料平成 14 年度:1 -28.

(八谷 満)

(4) 直播キャベツの生育斉一化のための個体管理技術の開発 -栽培管理-

## ア. 研究目的

直播栽培では、苗の段階で選別が行われなため、発芽のバラツキに起因する生育のバラツキが大きくなる欠点がある。省力的体系として一斉機械収穫体を行うには、収穫時の球重をそろえることが重要なカギとなる。

キャベツは、一株に一個の単位で栽培収穫されるので、株ごとに管理することがバラツキを抑えて斉一性を高めるうえで重要である。キャベツ栽培は、直播栽培の研究<sup>3)</sup>はあるものの、これまで移植が基本であり、斉一化に向けては、苗揃いや栽植密度の点からの検討<sup>1),2)</sup>が主流である。

そこで、キャベツの生育をそろえるために個体別に管理し、生育制御を行うという考えに基づいて、①初期生育の遅れた個体について窒素追肥で生育を促進させる方法、②生育の早い個体について収穫前に株を旋回して生育を抑制させる方法についてそれぞれの効果を検討し、収穫時におけるキャベツ球重の斉一化をはかることを目的とする。

## イ. 試験方法

キャベツの栽培試験は、北海道農研畑作研究部の圃場または同所圃場から採取した土壌を用いて行った。供試圃場の土壌理化学性は表 2-13 に示した。

- 1) 施肥による斉一化  
タバタ施肥播種機で同時施肥播種し、速効性肥料

表2-13 供試圃場の土壌理化学性

項目	分析値
土壌分類	淡色黒ボク土
土性	壤土(L)
pH	5.7
有効態リン酸(truog法)	44 mg kg <sup>-1</sup>
交換性カリウム	237 mg kg <sup>-1</sup>
交換性マグネシウム	99 mg kg <sup>-1</sup>
交換性カルシウム	688 mg kg <sup>-1</sup>
熱水抽出性窒素	27.5 mg kg <sup>-1</sup>
塩基交換容量	15.0 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
リン酸吸収係数	15.32 g kg <sup>-1</sup>

(窒素、リン酸、カリそれぞれ10%、20%、10%以下10-20-10と記す)を400 kg ha<sup>-1</sup>、緩効性被覆肥料(14-12-14:40日タイプ)を600 kg ha<sup>-1</sup>施用した。

① キャベツ品種「アーリーボール」を2000年6月15日に畦間66cm、株間66cmで2粒播きし、7月7日に間引きにより1本立とした。

処理は、追肥量を0、0.5、2.0g/株の3水準、追肥時期を4葉期、7葉期、11葉期の3時期設けた。それぞれ78個体について処理を行い、病虫害や生理障害の発生株を除いた70~75個体の健全株について収穫調査した。

生育制御のための個体別追肥は、尿素溶液(Nとして50 g L<sup>-1</sup>)を用いて、液量10 ml(Nとして株あたり0.5g)を株横5cm、深さ5cmの4ヵ所に分けてピペットで土中に注入した。対照区は同量の水を同様に注入した。

② キャベツ品種「楽園」を2001年7月9日に、畦間66cm株間32cmで5×10の50株のうち各区3反復で4葉期の8月11日に投影葉面積を調査し、8月12日に調査結果に基づいて下位の約1/4(12~13株)または約1/2(25株)に硝酸カルシウム溶液10ml(Nとして0.5g)の窒素追肥処理を行い、同量の水を加える対照と比較して収穫期における窒素追肥の斉一化への効果を検討した。

キャベツの投影葉面積の調査は、リアルタイムでの処理を想定し、追肥の直前に、デジタルカメラ(オリンパス製CAMEDIA C-2000Z)を用いてキャベツ株の真上から緑色の面積既知の標準板(25cm<sup>2</sup>)とともに撮影し、画像解析ソフト(Alliance Vision製VisionStageIP)で行った。

2) 株旋回による斉一化

① 4葉期のキャベツを2001年6/6にポット(1/5000a)

に移植し、8/23(12株の球径11.2±0.9cm)に4反復で株元から1回転および3/4回転の2段階の旋回処理を設けた。処理後の1日当りのポット重の減少量を蒸散量として6日間にわたって測定し、無処理に対する割合を蒸散比とした。施肥量は、速効性肥料(成分:10-20-10)窒素施用量は18kg/10a(うち緩効14 kg/10a)とした。

② 圃場試験は、速効性肥料(成分:10-20-10)40kg/10aと緩効性被覆肥料(成分:14-12-14:40日放出タイプ)100kg/10aを全量基肥施用し、株間29cm、畦間60cmとした。2002/5/24、6/14並びに7/3に直播し、それぞれ収穫調査の1週間前のキャベツ球径を測定し、処理区内の25~30%を目安に大きい株(5/23区では処理区内の16cm以上の株、6/14区で17cm以上、7/3区で18cm以上)を選んで根元から旋回した。調査は地上部重、球重および直径を測定し、無処理と比較して、旋回処理による斉一化の効果を検討した。

ウ. 結果及び考察

1) 生育初期におけるキャベツの投影葉面積と生育キャベツの生育初期の投影葉面積は、その時点のキャベツ生重との相関は(r=0.9886)と高く(図2-15)、キャベツにおいてもレタス<sup>3)</sup>と同様に生育指標として利用可能であった。

キャベツの生育時期別の投影葉面積と収穫時期における球重を比較すると、6月15日播種では、4葉期でr=0.719、7葉期で、r=0.862、11葉期でr=0.879となり、生育が進むほど投影葉面積と球重との相関が高くなった(図2-16)。これは、投影葉面積調査から収穫までの間に病虫害等に影響を受ける期間の

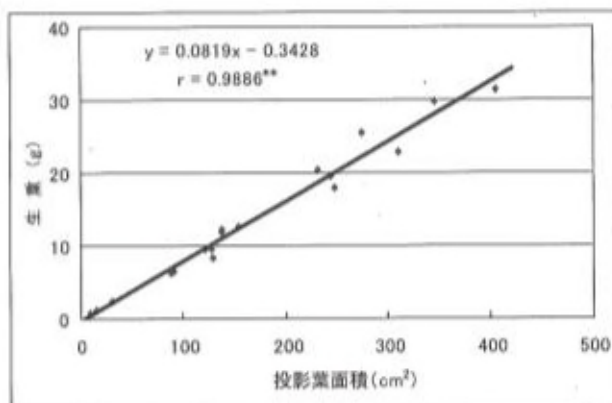


図2-15 キャベツ生育初期における投影葉面積と生重の関係(n=18)

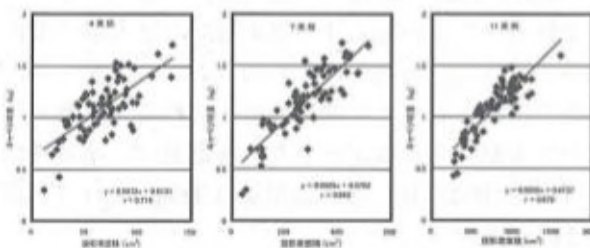


図2-16 生育初期の葉面積と収穫時の球重の関係(2000年:n=70~75)

差が原因の一つと考えられる。また、本試験では個体管理考慮し株間を66cmとしたが慣行栽培での株間30~35cmの場合、6~7葉期には隣接個体同士の葉が触れあうようになり機械的な個体識別が難しくなることを考慮している。栽植密度と球重の斉一性及び追肥の影響については、栽植密度が高いほど球重の斉一性が低下する<sup>1)</sup>との報告もあるが、30cm以上の株間では斉一性に有意差がない<sup>4)</sup>との報告もある。品種や作型の違いも考えられるが、本試験で「アーリーボール」を用いた9月採りのキャベツでは株間33cmと66cmとの間で平均球重、球重の変動係数には有意な差が見られなかった(表2-14)。

表2-14 株間と球重の斉一性(n=70)

	33cm	66cm
平均体重kg	1.011	1.011
変動係数	0.362	0.355

結球野菜のレタスに関する生育予測に鉛直投影面積を活用についての検討<sup>3)</sup>で、単なる生育予測に利用できるほか、レタスの生理反応を知る上での重要な指標となることを示している。キャベツも葉面積と結球重との相関が高いことから、この手法を生育指標に用いることは有効な手段と考えられる。初期の葉面積をそろえることが、収穫期の結球重をそろえる有効な手段となると考えられた。

## 2) 投影葉面積の分布と窒素追肥の生育促進効果

個体別追肥の効果を比較するため、投影葉面積とキャベツ球重の関係を見ると回帰直線は尿素液追肥により球重が増加する方向に移動していた(図2-17)。硝酸液注入時における個体ごとの平均投影葉面積を比較すると、対照区が平均で約60cm<sup>2</sup>であったのに対して追肥処理区では約50cm<sup>2</sup>で、およそ10cm<sup>2</sup>大きめであったが、収穫時の平均球重はほぼ

同じとなり、個体別追肥によって生育が追いついたと考えられた(表2-15)。しかし、2.0gの追肥をしても0.5g追肥とあまり平均球重が変わらなかった(図2-17、表2-15)ことから、0.5g以上の追肥を行っても生育促進の効果は変わらないと考えられる。

表2-15 窒素追肥が球重に及ぼす影響(2001年6月15日直播)

処理	調査数	4葉期葉面積 cm <sup>2</sup> ±CV%	全重 g/個±CV%	球重 g/個±CV%	規格内 %
対照	59	60.6±37.0	1774±19.8	1054±22.4	66.1
0.5g追肥	67	50.9±44.2	1841±24.9	1041±28.4	67.2
2.0g追肥	74	50.0±48.6	1783±21.1	1047±26.5	58.1

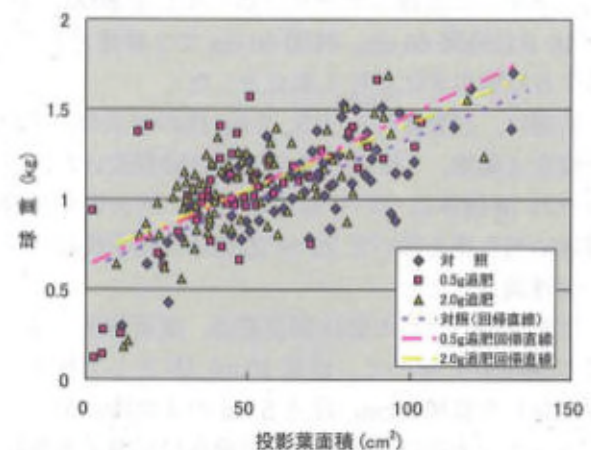


図2-17 4葉期窒素追肥による球重への影響(2000年6月14日直播:n=75)

## 3) 追肥による生育促進効果を利用したキャベツの斉一化

試験区内の下位約半数に個体別追肥処理を行っても変動係数を下げる効果は認められなかったが、下位約1/4に追肥処理を行うと斉一化の指標の変動係数を減少させた。約半数に処理した場合は、球重分布のピークを分散させてしまうために変動係数を下げるには至らなかったが、下位約1/4処理では分布のピークを分散させることなく、キャベツの球重分布を底上げできるためと考えられる(図2-18、表2-16)。

また、投影葉面積でクラス分けし、ほぼ等しい個体について収穫時の球重のパラツキを比較すると変動係数は15%程度となる(表2-17)ことから、生育初期の個体への追肥による斉一化の限界は変動係数15%程度であったと考えられる(表2-16、



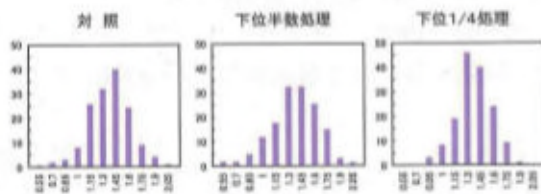


図2-18 処理ごとのキャベツ重量(kg)の度数分布(階級幅0.15kg, n=150)の違い

表2-16 平均球重と変動係数に対する個別施肥の効果(n=150)

		5/31播	6/12播	7/9播
対照	平均球重(kg)	1.33	1.43	1.26
	変動係数(%)	18.2	18.7	23.7
半数処理	平均球重(kg)	1.42	1.28	1.10
	変動係数(%)	15.8	18.3	21.1
1/4処理	平均球重(kg)	-	-	1.28
	変動係数(%)	-	-	15.3

表2-17 4葉期投影葉面積一定区間における球重のパラツキ(2001年7月9日播)

葉面積(cm <sup>2</sup> )	度数	球重	CV%
94-95	9	1.19	17.6
95-96	7	1.29	12.4
96-97	13	1.27	13.9
97-98	6	1.37	15.7

表2-17)。

#### 4) キャベツの旋回による生育抑制

収穫時期におけるキャベツ球重と直径とは、相関が高く( $r=0.864$ )、収穫時期の見極めや球重を推定する指標として重要である(図2-19)。

キャベツの蒸散量に及ぼす株旋回の影響をポット試験でポット全体の重さの変化から推定したところ

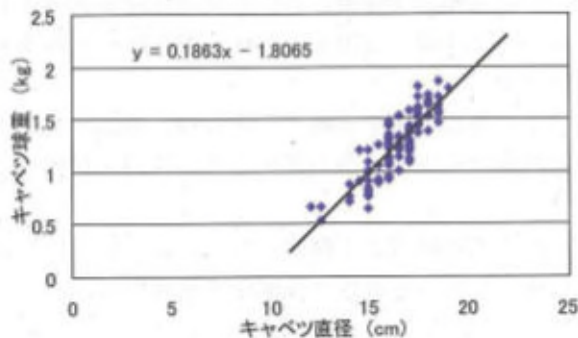


図2-19 キャベツの直径と球重の関係  
2002年8月21日収穫調査(5月23日播種), n=95

では、キャベツ株を1回転することにより、蒸散量が約50%低下し、3/4回転では15%低下した(図2-20)ことから、旋回によって、根からの養水分供給量が低下しているものと考えられた。この処理によってキャベツ球の生育を抑制できる可能性を見いだした。

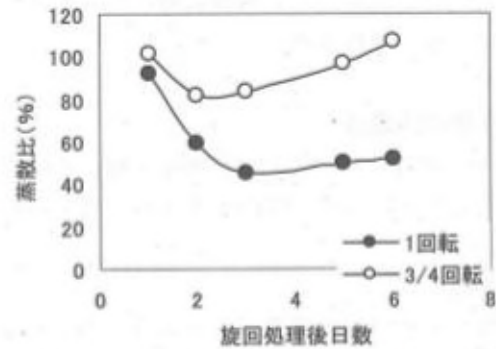


図2-20 キャベツ株の旋回処理による蒸散比の変化

#### 5) キャベツ旋回による斉一化

キャベツの旋回量を3段階に設けて、約1週間後の球径・球重を無処理の対照と比較すると1/4回転の旋回では、あまり生育抑制の効果は見られなかったが、1/3、1/2回転と旋回量を大きくするにしたがって生育抑制の効果が大きくなった(表2-18)。

また作期を変えて旋回処理の効果を調べたところ、3作期ともに対照に比べて規格重を超えたキャベツを減少させることにより、パラツキが小さくなり、規格内球率を増加させた(表2-19)。

しかし、個体を旋回させることにより、個体を傷つけ軟腐病などの進入や貯蔵性の低下をもたらす懸念があるが、収穫1週間前の処理では、収穫時及び

表2-18 キャベツ球重・球径に対する旋回の効果(n=20)

	処理前(8月1日)		収穫調査(8月8日)		直径増加率% (B-A)/A*100
	直径(cm) (A)	全重(g)	球重(g)	直径(cm) (B)	
対照	11.6±1.3	2.11±0.37	1.22±0.24	15.4±1.2	32.8
対照	11.8±1.4	2.05±0.39	1.34±0.29	15.3±1.4	29.2
対照	12.3±1.6	2.11±0.51	1.34±0.38	15.4±1.6	25.0
対照	11.7±1.6	1.85±0.46	1.17±0.37	14.5±1.6	24.1

表2-19 キャベツ旋回処理の斉一化効果

		処理前(うち旋回株)		収穫時(うち旋回株)	
		直径(cm)	球重(kg)	球径(cm)	規格内率
5/23播種 (n=95)	対照区	14.4±1.69	1.24±0.30	16.4±1.40	70.0
	旋回区	14.5±1.74(06.4±0.10)	1.21±0.26(1.39±0.10)	16.6±1.21(17.1±0.70)	82.2
6/14播種 (n=90)	対照区	15.2±1.42	1.53±0.28	17.0±1.50	72.2
	旋回区	15.3±1.22(17.1±0.30)	1.47±0.25(1.36±0.20)	16.5±1.38(17.2±1.00)	77.8
7/3播種 (n=90)	対照区	16.7±0.95	1.52±0.22	17.3±1.27	80.0
	旋回区	16.8±1.14(18.1±0.40)	1.50±0.21(1.40±0.10)	17.3±1.21(18.1±0.70)	84.3

4℃予冷後1週間程度貯蔵しても、対照と比較して外観に著しい差は見られなかったことから、実用上問題は無いと考えられた。

生育初期における窒素追肥による生育促進および収穫期における旋回による生育抑制の2つの手法を組み合わせることによって収穫歩留まりをさらに改善することができ、一斉機械収穫の利点を活かすことができると思われる。

#### エ. 今後の問題点

個体の識別などに労力や作業作業機の価格などの面で、実用化にはまだ時間を要すると考えられる。

#### オ. 要約

直播キャベツの生育斉一化を図るために、投影葉面積を生育指標とした個体別窒素追肥について検討した。

- 1) 追肥の時期を比較すると、4葉期<7葉期<11葉期の順に結球部への追肥窒素の吸収が多かった。
- 2) 窒素追肥によって球重を増加させることができた。しかし、窒素追肥量0.5~2.0g/個体に増加しても効果は変わらなかった。
- 3) 生育初期のキャベツへの個体別追肥によって、可販球数率を5ポイント程度増加させることができた。
- 4) 収穫1週間前の株の旋回による生育制御を施すことによって可販球数率を5ポイント程度増加させることができた。
- 5) これらの初期生育の促進と収穫直前の生育抑制を併用することによって一層の斉一性の向上と収穫歩留まりの確保が可能である。

#### カ. 参考文献

- 1) 藤原隆広・吉岡 宏・佐藤文生(2000):栽植密度と定植後の苗の初期生育がキャベツの斉一性に及ぼす影響. 園学誌. 69: 315-322.
- 2) 藤原隆広・吉岡宏・四方久・佐藤文生(1998):キャベツセル成型苗の植え付け深さが活着および生育の斉一性に及ぼす影響. 園学誌. 67: 767-772.
- 3) 松木宏司・塚田元尚・小口伴二(1997):鉛直投影面積測定システムとレタス生育予測への利用可能性. 長野野花試報. 10: 19-26.
- 4) Stoffella, P. J. and Fleming, M. F (1990): Plant population influences yield variability of cabbage. J.

Amer. Soc. Hort. Sci., 115: 708-711.

- 5) 渡辺毅(1985):直まきキャベツの窒素吸収特性と施肥配分. 福井園試報告. 4: 33-40.

(小島 誠)

#### 2. キャベツの収穫・運搬及び貯蔵システムの開発

##### (1) キャベツの高効率収穫・運搬システムの開発

#### ア. 研究の目的

近年、畑作物価格の低下の中で野菜類の導入が進み、十勝地域における畑作付方式も変化を遂げてきた<sup>1)</sup>。一方、野菜産地間競争は、従来は国内産地間の競争であったが、近年は輸入野菜の増加により競争関係が国際化している。こうした中で、高齢化・後継者不足が進む国内野菜産地にとって、野菜生産過程の機械化、特に従来包丁による手作業で行われていた重量野菜の収穫過程の機械化は、生産性の向上と軽労化にとって重要な課題である。

本稿では、北海道の大規模畑作地帯に輪作作物としてキャベツを導入し、定着するための地域に根ざした機械収穫体系の確立に向けて、キャベツの収穫作業の機械化について着目し、特にキャベツ収穫機を基軸とした作業体系を開発することを目的とする。

#### イ. 研究方法

##### 1) 新機械収穫体系の構築に際しての前提条件

キャベツ収穫の機械化は流通形態に関わるが多く、当面は「段ボール」出荷を前提とする必要がある。実際'01年11月に国内農機メーカーから市販された一斉収穫機の開発コンセプトも「箱詰め」を前提とする。機械収穫体系の開発を進める上で、以下を前提とした。

- (1) 大規模畑作地帯における栽培区画様式すなわち長辺方向180~270 m (100~150間)を作業対象とする。
- (2) 一斉収穫機を基軸とする収穫、箱詰め及び大量の収穫物を処理し得る搬出作業の同時工程化を図る。
- (3) 体系を構成する機械システムにおいては、可能な限り作業の容易性と低廉化を意識する。

##### 2) 新機械収穫体系の概要

- (1) 収穫機は、1条刈りで2枚の掻込ホイールで

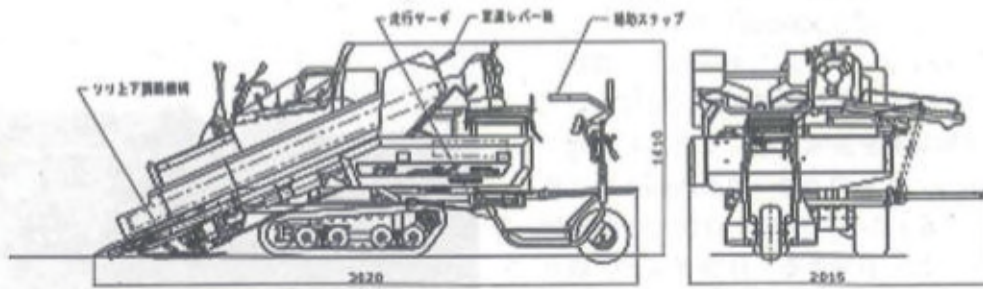


図2-21 ワンマンオペレーションに向けて改良した収穫機本体

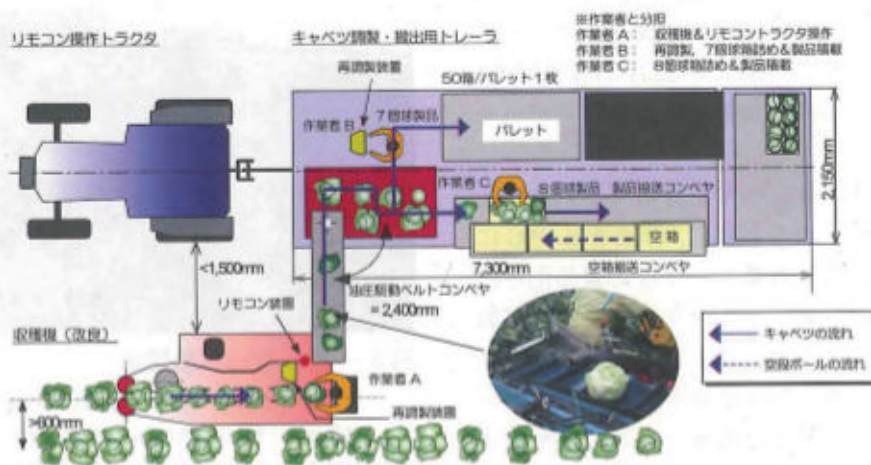


図2-22 トレーラ伴走式収穫体系の概要(2003年度版)

キャベツを誘導・引き抜いた後で、突起付きチェンとスポンジベルトで茎部と側方を挟み込んで搬送する過程で回転刃により茎部と外葉を切断する。さらに、機械後方には外葉の付着程度や茎の切断面に応じて切直しするための再調製装置とともに操舵機構と停止装置を標準装備する(図2-21)。

本体系においては、収穫機に専任のオペレータを配置せずに収穫機後方作業(図2-21中、作業員A)がその場ですべて操作できるようにHST速度調整、圃場・作物条件に合わせて播込ホイールの対地高さを電動モータとリンク機構を介して微調整できるようにした。

これらのレバーとスイッチを機械後部の手に設けた。さらに、歩行を伴わない安全な立ち作業ができるよう背当てをつけた補助ステップを設けた。

(2) 収穫機とその右側を伴走するトラクタ・トレーラ(以下、運搬車両系)は、収穫機の横方向に一定の距離を維持しながら同調して作業を行う。本体系

では、省人化に向けてトラクタにオペレータを配置せずに無人化するため、供試トラクタのエンジン回転数、エンジン非常停止及びハンドル操舵を有線リモコンで遠隔操作できるように改造した。リモコン操作は、収穫機とトラクタの相対位置関係を掌握しやすい作業員Aが収穫機操作と併せて行うものとした。遠隔操作ボックスは、収穫機後方の再調製装置の上に装備した。

(3) 試作トレーラ(図2-22)は、全幅2,150mm

(3,200mmまで拡張可能)×全長7,300(折畳み時:6,000)mm、輪距1,850mmである。トレーラは進行方向に向かって左前部に長さ2,400×幅400mmの油圧駆動コンベヤ、その後方に空箱積載用とキャベツ箱詰め・搬送用に上下2段のローラコンベヤを配した。上段は、若干の傾斜を設けて空段ボールを複数段積み重ねし、段ボールが順次作業員Cの前に流れて到達するためのコンベヤである。その他の空箱はトレーラ上に適宜積載した。下段は、出荷規格に

じて箱詰め（箱重量>10kg）して後方に搬送するためのローラコンベヤ（高さ800mm）である。

トレーラ前方にはコンベヤからキャベツが移送されて荷受するストッカーと収穫機本体に装備したものと同様の再調製装置を装備する。また、収穫物を積載するためのパレット（1,000×2,000mm）を3枚（50箱/枚）、すなわち150間畦一往復分の収穫物をすべて積載することができる。作業員Aが、取り込んだキャベツを安全かつ楽にコンベヤに搭載できるように、トレーラから張り出した油圧駆動ベルトコンベヤの位置を人力で容易に調節できるように回転式とした。ベルトコンベヤの面には、キャベツの転がり防止のためにベルト面上に300mmピッチで棧を取り付けるとともに（図2-22中の写真参照）、コンベヤの傾斜角を容易に調整可能な油圧レバーを取り付けた。

キャベツは、ベルトコンベヤを介してトレーラ上のストッカーに集められると共に、作業員BやCによって再調製装置により外葉1~2枚に製品化される。これらの駆動源はすべてトラクタの外部油圧取り出しとして、前述リモコンでトラクタのエンジン回転数を変更しても外部油圧駆動系の流量は常に一定となるよう、フローバルブを介してコンベヤ搬送速度を維持した。キャベツは、大きさに応じて7又は8個球で箱詰めし、ローラコンベヤを介してトレーラ後方に移送され、作業員は荷崩れしないようにパレットに箱を順次積み上げる。なお、トレーラ上の機器配列は'01~'02年度に亘って生産者等の意見を踏まえて種々の変更を重ねたが、図2-23は2003年度の内容を示したものである。

### 3) 収穫機の切断精度試験

開発した機械収穫体系（以下、トレーラ伴走式収穫体系）の現地実証試験に先立ち、収穫機単体によるキャベツ品種ごとの切断精度を検証した。供試品種は、寒玉系「YR泰山」、サワー系「楽園」と「YR青春2号」、及びボール系「アーリーボール」と「グリーンボール」の計5品種とした。試験は当センター畑作研究部の圃場（淡色黒ボク土）で実施した。いずれの品種も直播栽培（施肥播種：'02.4.25収穫：'02.7.26、畦間60.0cm×株間31.7cm×畦高さ5.4cm、速効性化成肥料40kg/10a+緩効性被覆肥料100kg/10aの計N18kg/10aを条施肥）によるものとした。



図2-23 現地試験圃場

（2003年度、写真はいずれも2003.7.14）

※ 圃場中央に予め運搬車両系の走行路を確保しておき、順次外側に向けて作付けされた畦を収穫するとともに、前記走行路を利用して最後の作付け・収穫することにより圃場を効率良く利用する。

### 4) 現地実証試験

(1) 現地実証試験地には、河西郡芽室町の畑作農家（経営面積：25ha、家族労働力：3名 経営者49歳・妻37歳・経営者母74歳、キャベツ作付面積：2.3ha）を選定した。試験時の作業員配置は図2-23中、作業員A、B及びCにはそれぞれ経営者、経営者母及び経営者妻を想定したが、試験時には作業員Bに当センター職員を当てた。

(2) 供試圃場は、直播栽培区（株間30×畦間60cm）と移植栽培区（株間33×畦間50cm、55cmの交互畦）として圃場長辺を約270mと設定した（図2-23、補足参照）。機械の枕地作業旋回のために収穫前に予め枕地として10mずつ手取り収穫してスペースを確保した。品種は、いずれもサワー系「楽園」を供した。

(3) 作業速度と作業精度を調査するために、1畦につき50mのサンプリング区間を設定し、区間中の廃棄球をすべて採取した。試験終了後、廃棄球をa. 極小、b. 裂球（裂皮を含む）、c. 病虫害、d. 機械損傷、e.

深切り、及びf.その他の6項目に分類した。

箱詰めした収穫物について、無作為に7個及び8個球の製品をそれぞれ50球ずつ抽出して球径・球高・球重を調査した。作業は、収穫開始から収穫物荷降し完了までとし、タイムスタディ調査ではストップウォッチによる記帳とVTR収録によった。

(4) 作業者の作業強度の計測するために、被験者を作業者AとCとした。上記作業試験前に被験者の胸部(右鎖骨下・胸中央部・左肋骨部:誘導名CS-5)に電極を貼付し、心拍計にはVINE社のハートメモリ(縦105×横69×厚さ20mm,重量140g)を用いた。サンプリング間隔は1Hzとして計測、これを分単位で心拍数に換算した。なお、安静時心拍数は作業開始5分前から3分間の平均心拍数とした。

作業姿勢の計測は上記試験とは別に実施して、主として腰背部の傾斜角を対象とした。両被験者にVINE社製姿勢計測モニタ(センサ:65×65×25mm,200g)を取り付け、サンプリング周波数2Hzとしてデータを取り込んだ。

## ウ. 結果及び考察

### 1) 収穫機の切断精度

収穫機本体(再調製装置を使用せず)の切断精度の試験結果を表2-20に示す。

表2-20 キャベツ品種ごとの切断精度

項目	YR泰山	楽園	YR青春2号	アーリーボール	グリーンボール
球径(cm)	168±7.2	151±11	153±12	161±19	170±26
球径指数(-)	0.79	0.83	0.80	0.98	0.97
球重(kg)	1.2±0.1	1.1±0.3	1.2±0.3	1.3±0.4	1.6±0.7
外葉付着枚数(枚)	3.7±1.5	3.8±1.5	3.1±0.8	3.3±1.8	4.3±1.6
出荷不適球数率(%)	3.1	2.2	1.6	2.0	2.5

注1) 外葉が3~4枚になるように品種ごとに切断刃の高さ調整を行った。

注2) 機械走行速度を10cm/sに統一した。

注3) 各品種ともに試験畦長さは25mとした。

球径指数は0.79~0.97と形状の異なる5品種のキャベツに対して、切断刃の高さ調整を若干要するものの、標準偏差1.5枚程度と外葉付着枚数に大きな差異は認められず、廃棄球(出荷不適)である

“深切り”球の割合は1.6~3.1%であった。また、切断・搬送過程での収穫物への土の付着はほとんど認められなかった。したがって、狭義の意味での

“収穫(=切断)”は実用的に十分な精度を有すると判断され、本機を基軸とした地域の実情に根ざした作業体系化が普及の鍵と考えられた。

## 2) 現地実証試験結果

(1) トレーラ伴走式収穫体系の圃場作業性  
収穫機に伴走する運搬車両系は、収穫畦右側を走行することとなるが、'01年度の現地実証試験では、圃場の凹凸等に起因して運搬車両系の蛇行が生じた。結果として、収穫機と運搬車両系との相対位置関係を維持するために、頻繁にトラクタのリモコン操舵を行う必要が生じた。そこでこの対処法として、収穫前にばれいしょ用かまぼこ型培土機を用いて運搬車両系の走行経路を形成した(図2-24)。使用し



図2-24 走行溝に沿って走行する運搬車両系

た培土機は3畦用であり、一往復で片側3本の溝

(幅と深さともに20cm)が形成(圃場作業量:0.1h/10a)されることから、収穫作業3往復分の経路となる。トラクタは、この経路(溝)に片輪或いは両輪をはめることによって確実に直進走行することができる。また、トレーラのタイヤはその中心間距離がトラクタ輪距と異なるために実作業では溝に落ちることはなく、仮にトレーラの片輪が溝にはまってもトレーラ上での作業に支障を来すほどの傾斜は発生しない。こうした収穫前処理の溝形成によって、作業者Aは収穫作業に専念することができ、結果として収穫作業の精度と速度安定性が高まった。

現地実証試験の様子と結果をそれぞれ図2-25,2-26と表2-21に示す。作業中、“出荷不適”として廃棄した球を収集してその内訳を調査した結果、圃場内全球の13~20%はキャベツのサイズが出荷規格以下のために廃棄した球であった。機械による一斉収穫の導入に当たっては、品種や栽培方法に関わらず生育斉一化技術の確立の必要性<sup>4,5,12)</sup>を迫認した。全試験を通じて、作業者Aは進行方向にお



図 2-25 トレーラ伴走式収穫体系



図 2-26 収穫・調製・箱詰め及び搬出の同時工程化

表 2-21 実証試験結果の概要(3か年の試験を抜粋)\*

試験区	直播'01'	移植'01'	直播'02'	移植'02'	直播'03'	移植'03'
試験日	'01.9	'01.9	'02.9	'02.9	'03.8	'03.10
	'01	p./'01	p./'02	p./'02	g./'03	'03
供試面積 (a)	2.1	3.2	8.6	5.0	5.9	3.8
圃場長辺 (m)	160	←	250	←	250	
供試品種	楽園	←	←	←	←	YR 泰山
収量 (cs/10a)**	414	441	501	364	386	493
平均球重 (kg)	1.45	1.54	1.52	1.35	1.63	1.61
球径指数 (-)	0.89	0.89	0.79	0.82	-	-
再調製率 (%)	13.2	7.7	21.5	42.8	-	-
出荷不適球率 (%)	31.8	42.4	20.3	40.1	37.3	19.3
1) 規格以下 (%)	22.6	18.0	13.3	17.3	14.1	3.5
2) 裂球 (%)	4.9	12.2	0.8	1.9	13.2	0.0
3) 病虫害 (%)	1.7	3.6	4.3	4.9	3.2	0.7
4) 機械損傷 (%)	0.9	0.8	0.4	1.8	0.7	3.0
5) 深切り (%)	0.4	3.6	0.6	7.1	2.3	1.7
6) その他 (%)	1.3	4.2	0.9	7.1	3.7	7.3
作業速度 (cm/s)	9.5	10.8	8.8	10.7	9.5	12.5
圃場作業量 (a/h)	1.75	1.24	1.60	1.57	1.56	1.76
	(5.71h/10a)	(8.06h/10a)	(6.25h/10a)	(6.37h/10a)	(6.41h/10a)	(5.70h/10a)
圃場作業量 (h/100cs)	1.38	1.83	1.24	1.75	1.66	1.16
投下労働量 (人・h/10a)	17.1	24.2	18.8	19.1	19.2	17.1
有効作業効率 (%)	77.4	66.0	84.2	81.8	76.2	75.0

\* 市販の新型収穫機(改良無し)を供試。栽植条件:  
 直播区/株間31×畦間66cm, 移植区/株間33×畦間50cm  
 \*\* 栽植条件: 直播区/株間30×畦間60cm, 移植区/株間33×畦間50cm  
 \*\*\* 栽植条件: 直播区/株間30×畦間60cm, 移植区/株間36×畦間55cm  
 \*\*\*\* 全て8割球の箱数に換算した。

ける畦面の傾斜に応じて掻込ホイール高さを微調整 (スイッチ操作) することにより、キャベツを適正な位置で取り込むことができた。また、掻込ホイールによる土の掻き込みなどのトラブルは発生することはない。前述の収穫精度試験結果と同様に収穫物への土の付着はほとんど観察されなかった。さらに、切断及びコンベヤでの搬送過程を通じて、機械に起因して出荷不適となった廃棄球率(表中、機械損傷・深切り)は概ね2%以内に留まった。

作業員Aは、収穫機上でのキャベツ取り込み時点で外葉を多め(3~4枚を目安)となるよう切断刃の高さ設定を行い、トレーラ上の作業員が箱詰め直前に外葉1~2枚を落として製品化する等作業の分担化を図ることにより、作業員Aは葉の付着程度を気にすることなく、収穫作業に専念することができた。

収穫作業員は、圃場の凹凸に応じて前処理部(掻込ホイール)高さを調整することによって土を掻き込むこともなく、収穫機を連続的に走行させることができた。また、収穫物の荷降しは、収穫作業一往復ごとに枕地においてフォークリフトを用いてパレット単位で行われた。

表2-21に示すように、市販一斉収穫機を改良して体系化に供した'02年度以降の試験では、圃場作業量は1.6a/h(6.2h/10a)となり、投下労働量において19人・h/10a(1.60a/h)を達成した。慣行の手取り収穫体系(38人・h/10a~)に比較して約50%の時間短縮を達成した。

また、トラクタ走行溝とリモコンを併用した運転者1名の削減は、収穫作業の省力化と走行安定性の確保のみならず、大区画圃場での低速かつ低負荷な

長時間同一作業による単調感・ストレス発生に起因する事故発生を回避する意味でも重要な労働安全支援策であると考えられる。

キャベツを一斉収穫する本体系は、キャベツの製品歩留まりによって作業速度（作業能率）は変わり得ると思われる。しかし、これまでの試験では作業能率の変動はむしろ体系上の要因であり、実質的にトレーラ上での人手作業のペースに左右される。試験当初は、作業員Aは、トレーラ上作業に応じて臨機応変に2つの車両系の速度を調整する場面が散見された。すなわち、作業員Bは再調製、作業員Cは箱詰めと積荷を分担したが、箱詰め作業が収穫速度に間に合わないことから一時的に収穫機を停止して、トレーラへのキャベツ供給を停止せざるを得なかった。この対策として、作業員Aが収穫機上で一部再調製して製品化したキャベツをトレーラに移送することにより、トレーラ上では作業員Cは8個球製品の箱詰めと積荷、作業員Bは再調製と併せて8個球以外の規格品を箱詰め・積荷する分担とした。こうした分担作業の平準化は、作業への“慣れ”が要求されるが、これによってより安定した組作業体系が構築されることが考えられる。

有効作業効率は、全試験を通じて75～85%であった。この指標は、機械収穫による労働生産性の一つであり、圃場作業を行った場合の実収穫作業に要した有効な作業時間を意味する。総作業時間の内訳は、概ね①収穫:80%②圃場内巡回:8%、③機械調整等:7%、及び④荷役:5%である。特に圃場内巡回については、作業員Aが一人で収穫機と運搬車両系双方の移動を行うこと、及び枕地での運搬車両系の巡回にやや時間を要することが問題として挙げられる。また、機械調整については、一往復終了ごとに収穫機のキャベツ搬送部下部への土の詰り等を除去するようにしたが、円滑に収穫する上で励行するのが望ましい。収穫物や空箱の荷役作業は、枕地においてフォークリフトを用いてパレット単位で効率的に行うことができた。

本体系による収穫作業は、作業員特にトレーラ上作業員の心身諸機能を考えれば10～12cm/s程度が限界と思われた。また、作業員によれば「手取り収穫に比べると作業負担が少なく、導入のメリットは大きい」との評価を踏まえ、今後はより円滑な収穫作業に向けてトレーラ上の機器配列等を改良するとともに2人組作業（収穫機とトレーラ各1名）によ

る体系化も視野に入れて検討する必要がある。一方で、より高精度で高速な収穫作業を確立する上では、作業員の操作に依ることなく、前処理部の掻込ホイール高さを畦面の凹凸に対して自動的に追従させる機能を付加させる必要があると考えられ、今後検討を要する要素技術であろう。

以上より、全体の作業を通じて一定の収穫精度と走行安定性を確保しつつ、収穫・再調製・箱詰め及び搬出の同時工程で収穫を中断することなく、一往復終了ごとに収穫物の荷降し・空箱の搭載をすることができ、省力的なキャベツ機械収穫作業体系を実現することができた。

## （2）作業員の労働負担

### ① 作業姿勢の分析

姿勢の在り様が作業の主要な負荷条件となるといわれ、本稿では体前屈姿勢をもとに評価した。体前屈は、作業姿勢が低い場合にみられる動作で、腰の筋肉が引き伸ばされて弛緩し、腰部に負担がかかるものである<sup>7)</sup>。本試験とは別に行った調査では、慣行的な手取り収穫作業について作業姿勢の解析法であるOWAS法（Ovako Working Posture Analysis System）を用いて評価した。手取り収穫では、頭を下向きにして腰を深く曲げた姿勢を強いられるため、4段階の姿勢負担度（Action Category, 略称AC）のAC3（作業全体の93.0%の時間）に分類され、この姿勢は有害でできるだけ早期に改善すべきとされている<sup>8) 9)</sup>。また、同時に測定した腰背部傾斜角の最頻値は、110°以上とかなり無理のある前傾・前屈姿勢であった。被験者は異なるものの、これを参考値として比較すると、図2-27に示すように、トレーラ伴走式収穫体系においては作業姿勢が大きく改善されるのが明らかであった。特に、'03年度の機械改良では、収穫機後方にステップ台車を設置したことにより、作業員Aは標準（市販）機よりも10cm程度高い位置で前処理部（掻込ホイール）の動作状況を確認しやすくなり、軟弱な畦上を歩行することなくステップに立ったままでキャベツを取り込むことができた。また、作業員Cは約80cmの高さで手前にやや傾斜したローラコンベヤ上で箱詰め作業を行う。結果として、腰背部傾斜角の最頻値は作業員A（収穫機操作）が9°、作業員C（トレーラ上作業）は15°と両者ともにほぼ直立から軽い前傾姿勢であり、作業後に局所部位に疲労が生じることはなかった。

### ② 心拍数の分析

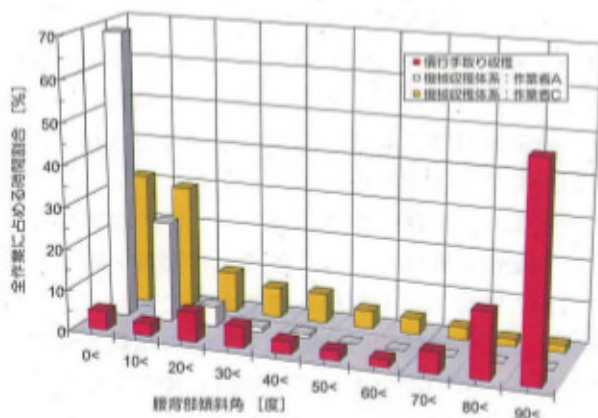


図2-27 体系の相違による作業姿勢の改善

新体系における作業開始から終了までの平均心拍数は、図2-28にみられるように両被験者ともに96~99拍/分と同等の結果が得られた。一般に、定常状態においては、心拍数は120~130拍/分の範囲は持続しないといわれる<sup>11)</sup>。また、持続的作業では110拍/分を許容限界とする文献もみられる<sup>10)</sup>。新体系において、特に作業員Cがトレーラ上で一定量の箱詰め作業の後にパレットへの積荷作業が加わることによって、瞬間的に110拍/分を越える場面が認められた。心拍数増加率（作業時の平均心拍数と安静時心拍数の比）は、31~33%の増加に留まった。この評価指標としては、ドイツの労働科学会における作業強度の分類<sup>9)</sup>（表2-22）があり、本試験結果は“低い”に分類された。

次に、年齢によって同一心拍数による生理学的負荷強度は異なることを考慮し、年齢差にみられる最高心拍数の相違を消去した相対的心拍数として心拍水準（%HRmax<sup>11)</sup>）を検討した。

表2-22 心拍数による作業強度の分類<sup>9)</sup>

心拍数増加率(%)		作業強度
—	33	低い
34	67	適当である
68	100	高い
101	133	大変高い
134	—	極度に高い

心拍水準 = 平均心拍数 / 推定最高心拍数  
 最高心拍数は、加齢にもなって低下する。本稿では、American Heart Association の推定最高心拍数（=220-年齢）を用いた。

作業限界を示す基準<sup>10,11)</sup>としては、疲労が出ないことを条件とした作業強度の許容限界は35%Vo<sub>2max</sub>である、②持続的作業で50%Vo<sub>2max</sub>を超えるべきでない、8時間の労働時間の平均値が約2,000Kcal 或いは心拍数110拍/分を許容限界とする、1,800Kcal/時間を許容限界とするなどがある。これら指標を心拍水準値に換算すると約65%HRmaxとなる。

表2-23に示すように、この値との対比によれば、トレーラ伴走式収穫体系では両被験者ともに53~58%HRmaxの心拍水準であることから、持続的作業を行う上で許容範囲の作業強度であると認められた。逆に、慣行的な手取り収穫体系では被験者は異なり正当な比較検証はできないものの、7人の熟練作業員を対象とした心拍水準が70.3±2.9%HRmax<sup>8)</sup>であったことから判断しても手取り収穫は明らかに厳しい作業であったと推察され、本体系によって労働の質的改善は達成されたものと考えられる。さらに年齢により最高心拍数と同様に安静時の心拍数も異なってくるため、以下の評価手法を用いて検討

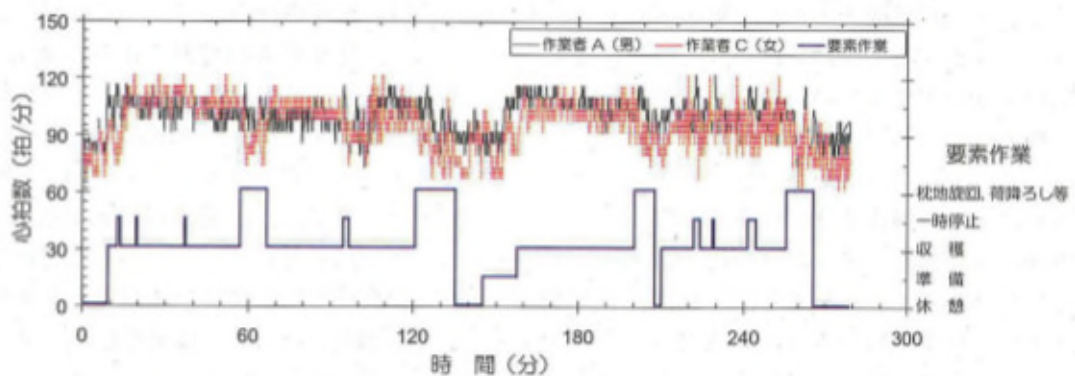


図2-28 トレーラ伴走式収穫体系による作業時(2往復)の心拍数の推移



した。

$$\text{心拍比} = (\text{作業中の平均心拍数} - \text{安静時心拍数}) / (\text{推定最高心拍数} - \text{安静時心拍数})$$

この指数によって、被験者がその作業中何%の力を出さざるを得なかったかが検討できる<sup>7)</sup>。前述のように、異なる被験者(7人)の手取り収穫作業時の心拍比は52%であったのに対して、トレーラ伴走式収穫体系の両被験者の平均心拍比はともにより長時間の作業であったにもかかわらず、表2-23に示すように22~24%に留まり、この指数においても一定の作業改善は図られたものと判断できる。

以上より、トレーラ伴走式収穫体系においては心拍数増加率では低く、作業強度の生理的指標として用いた心拍水準の評価でも持続的作業が可能な作業強度であることが示された。また、前述のように、

表2-23 キャベツ収穫作業者の心拍数

被験者	年齢	推定最高心拍数(拍/分)	心拍数(拍/分)	心拍水準(%)	心拍比(%)
作業者A*	49	171	99.4	58.1	24.3
作業者C*	37	183	98.1	53.6	22.3
作業者A*	48.4±	171.6±3.5	120.5±	70.3±2.0	51.9±
作業者C*	3.5		3.4	9	4.3

\* トレーラ伴走式収穫体系の作業者(図2-22参照)  
\*\* 7名の被験者(収穫作業熟練者)のデータ平均値

両被験者からは慣行作業と比較して軽労化の効果を指摘する評価も得られた。

### ③ 作業強度から推測される適正作業時間

作業中における心拍数を用いて、適切な作業計画の目安を考察した。Bink<sup>2)</sup>は、労働の作業強度の許容範囲から疲労が出始めるまでの時間を求める式として次式を考案した。

$$t = \text{antilog}_{10} (\log 5700 - 3.1 \times \%V_{o\max} / 100) \quad (1)$$

ただし、tは疲労が出るまでの時間、%V<sub>o</sub>maxは労働中の作業強度である。

また、山地<sup>11)</sup>は作業中の%HR<sub>max</sub>と%V<sub>o</sub>maxとの関係式として次式をあげている。

$$\%HR_{\max} = 0.695 \times \%V_{o\max} + 30.5 \quad (2)$$

これを(1)式に代人すると、

$$t = \text{antilog}_{10} (\log 5700 - 0.019 \times \%HR_{\max} + 0.567) \quad (3)$$

が導き出される。すなわち、(3)式によって作業中の%HR<sub>max</sub>から作業強度の許容限界の算出が可能にする。この式より両被験者にとって適正な一連続作業時間を推測すると、2~2.5時間が作業限界となることがわかる。図2-28に示したように、'03年度の現地実証試験での一連続作業時間は約2時間を

要したが、作業強度の点から適正な範囲であることがわかる。

Muller<sup>9)</sup>は、労働時間と疲労を回復するに必要な時間との関係が作業強度と個人の全身持久性能力(%V<sub>o</sub>max)とによって異なるとして次式を考案している。すなわち、

$$r = t_w (e - b) / e - 1.5 \quad (4)$$

ただし、rは回復時間、t<sub>w</sub>は1日の労働時間(分)、eは作業強度(%V<sub>o</sub>max)、bは作業強度の許容限界である。

(1)式に基づいて、疲労が出ないことを条件にした作業強度の許容限界は35%V<sub>o</sub>max(約100拍/分)とされている。両被験者のうち、心拍水準がより高かった作業者A(58.4%HR<sub>max</sub>)の作業強度をもとに考察すると、(4)式から8時間の労働中約1時間の休息が必要となる。この休息時間を2時間の連続作業後に適度に配分することが望ましい。より低負荷の作業を組み合わせることにより、疲労を蓄積することなく、持続的かつ効率的な作業体系を構築できるものと考えられる。

したがって、実働時間は7時間となるが作業者の意見等を勘案し、さらに機械作業能率(6.22h/10a、表2-23参照;但し'01年度のデータを除く)との比例配分によれば、3人組作業によるトレーラ伴走式収穫体系では、1日約11a(畦間=60cmを想定)の面積を負担することは十分可能であると判断できる。

### エ. 今後の課題

トレーラ伴走式収穫体系によって、大規模畑作地帯への導入を想定したキャベツ機械収穫の基本形をほぼ確立し、機械化体系は端緒についたと考える。しかし、キャベツが輪作作物として定着するには作業体系の一層の省力化が求められる。更なる省力的な作業体系の確立に向けて、より現実的な機械改良を前提としたときの課題を2方式に分けて以下に整理する。

1) トレーラから張り出したコンベヤをキャベツの規格毎(例:8個球とそれ以外の2段階)に仕分けして移送する方式とする。これによって、収穫機後方に位置する作業者Aは、キャベツを取り上げる時点で規格を選別し、コンベヤに移し変える。トレーラ上に移送されたキャベツは、自動的に規格別のストッカーに集められることから、トレーラ上の作業者は選別の手間を省いてほぼ無条件で箱詰めするこ

とが可能となる。

2) 作業員Aは、収穫機の座席にて収穫機及びリモコン操作を担当するものとして、キャベツは収穫機後方から直接コンベヤに移送される方式とする。よって、収穫したキャベツは選別されぬまま全てコンベヤ移送されるが、トレーラ上にて多人数で精選・調製するものとする。

なお、コンベヤは収穫機後方のキャベツ排出位置に何らかの方法で連結し、収穫機と運搬車両系との相対位置のずれを補正するための要素技術を開発する必要がある。

上記1)は、家族内労働を前提とした考え方であり、本方式により3人を2人組作業に変更できる可能性を有する。また、あくまでも3人組作業とした場合、より安定的に持続的作業ができるものと期待できる。なお、収穫機の前処理部高さ調節の高精度化に向けては、畦面への追従性を高めるためにセンサベースの自動化を図ることが望ましい。一方、2)においては、期間雇用者などの採用で作業員をより確保しやすく、トレーラ上作業員3～4名以上を配置可能な場合を想定し、より早い走行速度で安定的に作業できるものと推察される。

#### オ. 要約

大規模畑作地帯における省力的なキャベツの機械収穫体系、すなわちワンマン操作を可能とする一斉収穫機を基軸として、リモコントラクタと調製搬出用トレーラで構成されるトレーラ伴走式収穫体系を開発し、3年間に亘る現地実証試験を通じて性能と効果を検証した。

開発にあたっては、現地の生産者や農協関係者等の要望・意見を踏まえて、個々の機械システムの作業性と低廉化を強く意識した。試験の結果、投下労働量において、提案した新収穫体系は、慣行的な手取り収穫体系に比して約50%の削減を達成し、併せて作業姿勢と作業強度の労働面からみて大きな改善効果を認めた。機械的な作業能率と労働と両面から、3人組作業により1日約11aの面積を負担することは十分可能であると判断した。

#### カ. 参考文献

1) 天野哲郎・八谷 満 (2002) : 十勝地域における畑作付方式の展開と野菜作の機械化. 農業技術, 57 (9) : 385-390.

- 2) Bink, B. (1962) : The physical working capacity in relation to working time and age. *Ergonomics*, 5:25-29.
- 3) 八谷 満・山縣真人・豊田政一・小島 誠 (2001) : キャベツの機械収穫体系のためのハンドリング装置. 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 平成12年度:1-15.
- 4) 八谷 満・山縣真人・小島 誠・天野哲郎 (2002) : 大区画圃場に向けたキャベツの新機械収穫体系の構築と評価. 農業機械学会北海道支部会報. 42 : 19-24.
- 5) 八谷 満・天野哲郎・山縣真人・小島 誠・奥野林太郎・石川枝津子・坂本英美 (2003) : 畑作地帯におけるキャベツ生産のための新機械収穫体系. 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 平成14年度:1-29.
- 6) 石川文武・菊池 豊 (1999) : 農業機械の安全性に関する研究 (第20報). 生研機構研究成績. 11-2:15-29.
- 7) 豊川勝生 (1999) : チェンソー作業員の作業負担に関する一考察. 農作業研究. 34 (1) : 13-22.
- 8) 瀬尾明彦 (2002) : 人間工学と産業保健のホームページ. <http://www.ergooh.com/>
- 9) Muller, E. A. (1962) : Occupational work capacity. *Ergonomics*, 5 : 445-452.
- 10) Morris, W.H.M., R. B. Chevalier (1961) : Physiological approach to evaluation of physical capacity, *AMA Archives ENV. Health*. 2 : 327-334.
- 11) 山地啓司 (1994) : 運動処方のための心拍数の科学. 大修館書店:1-306.
- 12) 山縣真人・小島 誠・八谷 満・奥野林太郎・石川枝津子 (2003) : 大規模キャベツ生産のための機械収穫を前提とした直播栽培技術. 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 平成14年度:1-28.

#### 注

1) 本稿は'97年度から開始した「キャベツの高効率収穫・運搬システムの開発」の中で実施した研究結果 (~'00, コンテナ方式の一斉収穫機を基軸とした収穫体系、及び収穫作業の労働科学的評価)を踏まえ、併せて収穫機を取り巻く行政及びメーカー等の動向を勘案して、「基幹畑作に直播キャベツを導入した新作付体系の確立」('98~'03)に移行して実

施した研究成果を中心とした内容を掲載した。

2) 新型一斉収穫機(緊プロ開発機)は'01年11月よりヤンマー農機、クボタ、井関農機、三菱農機、及び松山の計5社から市販されたものである。トラクタ伴走式収穫体系では、市販機をベースにワンマン操作用に改良した。

1) トラクタ走行無人化の安全確保に関しては少なくとも慣行作業より低い事故率となることが最低条件になるが、遠隔操作機能を有する実用機の普及率が全国レベルで高くないため未知の部分が多く、行政側の対応も遅れている。本体系ではリモコン装置にエンジン非常停止機能を付加しているが、例えばこれまでに自律走行ロボットの開発等で試行された安全装備には、こうしたリモコン非常停止装置のほかに、①障害物(人)に接触して停止するパンパスイッチ、②車両の4隅等要所に設けた非常停止ボタン、③超音波センサによる障害物停止装置などがある。本体系では有線式リモコンを採用しており、作業者が常に目視確認できる範囲内での運用としているが、リモコン非常停止装置など安全対策の充実は不可欠である。

(八谷 満)

## (2) キャベツの急速予冷・貯蔵システムの開発

### ア. 研究目的

品質保持および食品衛生上の観点から生鮮野菜は収穫後速やかに予冷を行い出荷することが望ましい。キャベツの場合には、中心温度を $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 程度にまで冷却することにより品質保持効果が得られるとされている。特に、北海道の場合には、消費地への輸送時間が長いことから、予冷を確実に行うことは品質バラツキを抑える上で重要である。近年、迅速な予冷方法として真空予冷が用いられている。しかし、この方法ではキャベツの中心温度は十分に下がらないことが報告されており、また、他の畑作物との共用施設である強制通風予冷施設を効率的に利用する観点からも、強制通風予冷施設内での効率的なキャベツ予冷方法の開発が必要である。しかし、強制通風予冷施設内の環境(温度、風速、湿度)は各施設毎に異なっており、全てに適合する予冷方法を開発することは困難である。そこで、本研究では、キャ

ベツ中心温度の経時変化を正確に予測可能なモデルを構築することによって、環境条件の異なる予冷施設内におけるキャベツの最適な予冷時間を推定するための技術開発を行った。

### イ. 研究方法

#### 1) キャベツの中心温度のモデル化

キャベツは収穫後、内部温度が一定となるように $27^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に12時間程度静置した後に予冷庫(平均風速 $1\text{m/sec}$ 、温度 $5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $85\%$ )内に搬入し、温度センサーをキャベツ中心部に挿入して温度測定を行った。また、熱伝導方程式の解析解を元にして、中心温度の実測データを精度良く近似するパラメータを非線型最小二乗法により計算を行い、中心温度の経時変化をモデル化した。また、形状の異なる2品種(「アーリーボール」、「涼藍」)を用いて球重と温度伝導率の関係を評価した。

#### 2) 包装形態の差異による特性変化

強制通風による予冷庫では、場所によって風速および風向が異なり、風速は約 $2\text{m/sec}$ から $0\text{m/sec}$ まで時間的に変動する。したがって、キャベツを充填した段ボール容器をどのような位置に、どのような方向に配置するかによって、中心温度が所定の温度に到達する時間は変動する。そこで、個別送風ファンを用い、手掛け穴から段ボール容器内に送風した場合(風速約 $2\text{m/sec}$ )、送風を遮断した場合、そして通風性の高い通いコンテナを風速 $1\text{m/sec}$ の環境に置いた場合のキャベツについて、中心温度の実測値からモデル式を用いて温度伝導率を求め、それぞれの条件における予冷所要時間の比較を行った。キャベツは収穫後、 $25^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に12時間程度静置した後に、車内温度 $5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に搬入し、段ボール容器では縦3段×横3列に積載し、周辺部の容器内にはそれぞれキャベツと同一温度の水 $10\text{kg}$ を封入した袋をダミーとして入れ、中央の容器内の試料について中心温度を実測した。充填個数は8個とした。通い容器についてはそれぞれに7個のキャベツを充填した状態で縦3段に積載し、中央の容器内の試料について中心温度を測定した。

#### 3) キャベツ中心温度のシミュレーション

キャベツ中心温度が一次元拡散方程式を解くことによって得られることから、有限要素法を用いて環

境温度が変化した場合の内部温度の予測と実測値との比較を行なった。

#### ウ. 結果及び考察

(ア)一般的に、ある物体内部の温度変化を予測するために有限要素法による数値解析が広く用いられている。しかし、中心温度の実測値と有限要素法による予測値を一致させるには温度伝導率を試行錯誤によって求める必要があり、品種、形状および重量が異なるキャベツ個体毎に温度伝導率を求めることは非効率であり実用的ではない。また、キャベツの場合、内部構造が極めて複雑であるため有限要素法による数値解析に必要な空間要素の分割が実質的に困難である。このような理由から、キャベツ個体を温度伝導率が一定の球体と仮定し、実測値を精度良く近似するモデル式を見出すこととした。

熱伝導方程式において、キャベツ個体を温度伝導率  $k$  が空間的に一定の球体(半径  $1$ )であり、表面温度が環境温度に等しいと仮定した場合、中心からの距離  $r$  における温度  $T(r, t)$  は次の式で表される ( $0 \leq r \leq 1$ )。

$$T(r, t) = 2 \cdot (T_s - T_0) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\sin(n \cdot \pi \cdot r)}{(n \cdot \pi \cdot r)} \cdot \exp(-n^2 \cdot \pi^2 \cdot k \cdot t) + T_0$$

ここで、 $T_s$  は中心温度の初期値、 $T_0$  は環境温度である。中心温度の実測値から、式(2)のパラメータ ( $T_s, T_0, r, k$ ) を非線型最小二乗法を用いて求めた。キャベツ中心部は  $r=0$  に対応するが、この場合、実測値と計算結果は一致しない。しかし、 $r$  を固定せずに計算した場合には、実測値と計算値は良い精度で一致する。 $r$  は測定試料毎に異なり、およそ  $2/5 \sim 3/5$  の間の値を示す。式(2)をモデル式として用いた場合、実測値との比較により、 $T_s, T_0, r$  および  $k$  を同時に求めることが可能である(図2-29)。キャベツ個体を予冷庫内(平均風速  $1\text{m/sec}$ 、湿度  $85\%$ )に静置した場合の温度伝導率  $k$  と球重  $W$  には有意な相関がある(重相関係数  $=0.91$ 、残差標準偏差  $=0.0023$ ,  $n=82$ : 表2-24, 図2-30)。

一般的に、同一重量であるならば形状の異なる物体は温度伝導率が異なる。しかし、2品種だけの結果であるものの、図2-30に示すように「アーリーボール」(球形)および「涼藍」(楕円形)が同一の曲線上に分布することから球重-温度伝導率の関係は品種、収穫年次に依らず一定であると考えられ

表2-24 異なる包装状態の重量-温度伝導率

包装形態	重量(W) - 温度伝導率(k)
個別予冷(包装なし)	$k=0.176-0.0202 \cdot \ln(W)$
段ボール容器(送風有り)	$k=0.094-0.0102 \cdot \ln(W)$
段ボール容器(送風無し)	$k=0.029-0.0021 \cdot \ln(W)$

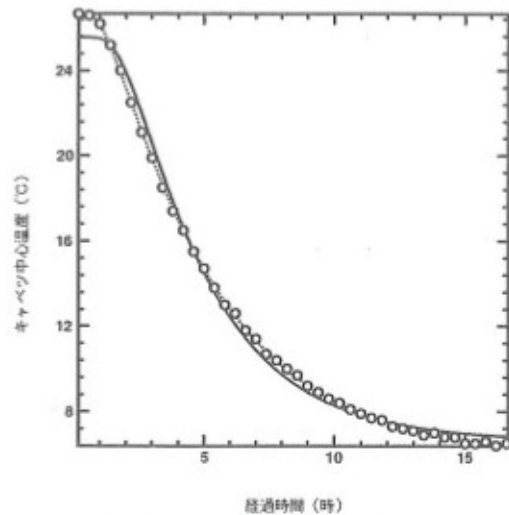


図2-29 キャベツ中心温度のモデル化

図中○は実測値、点線および実線はそれぞれモデル式において  $r$  を変数とした場合および  $r=0$  と仮定した場合に対応する。

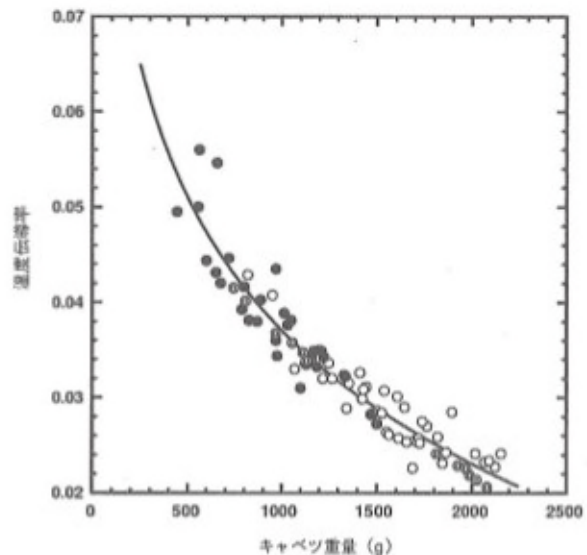


図2-30 個別予冷におけるキャベツ重量と温度伝導率の関係

○および◎は測定年次の異なるアーリーボール、●は涼藍

る。この結果から、環境条件が一定であり、球重、中心温度の初期値および予冷庫内温度が既知であるならば、式(1)から中心温度が所定の温度になる

時間を予測することが可能である。ここで、中心温度の初期値は個々の試料について実測する必要があるが、後述するように、これを気温データから予測することが可能である。

(イ) 段ボール容器に通風した場合、手掛け穴からの位置によって温度伝導率に違いが認められ、吹き込み口から3番目の位置が最も温度伝導率が小さくなる(図省略)。2, 3, 4番目にあるキャベツ全体の重量-温度伝導率の関係は表1に示すような値となる(重相関係数=0.52, 残差標準偏差=0.0021,  $n=23$ ; 図2-31)。通いコンテナの場合も強制的に通風した場合と同じ結果である。段ボール容器において送風を遮断した場合の重量-温度伝導率の関係式は送風した場合と比較してほぼ半分程度の値である(重相関係数=0.60, 残差標準偏差=0.0029,  $n=32$ ; 表1)。表1の結果から明らかであるが、それぞれの環境条件における温度伝導率の係数値には明確な相関関係があり、 $k=k_0 \cdot (0.123 - \ln(W))$ と表すことができる。したがって、ある環境下において少なくとも1個のキャベツの重量および中心温度を実測すれば重量-温度伝導率の関係式を推定することが可能であるが、それぞれの回帰曲線に対する残差標準偏差が0.0021~0.0029と大きいことから、十分量の試料について実測する必要がある。また、確実な予冷を行うのであれば、回帰曲線から得られた温度伝導率- $n \cdot$ 残差標準偏差 ( $1 \leq n \leq 3$ )を温

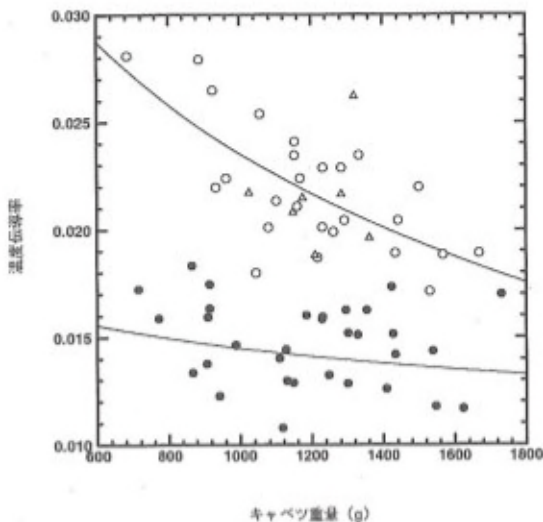


図2-31 段ボール容器および通いコンテナに充填したキャベツの重量と温度伝導率の関係  
 図中○は段ボール容器(送風あり)、●は段ボール容器(送風なし)および△は通いコンテナにおける結果である。

度伝導率として所定の温度に到達する時間を推定することが望ましい( $n$ は信頼区間の設定による)。

(ウ) キャベツ中心温度のモデル式(式(2))は環境温度が一定の場合にのみ成り立つ式であり、環境温度が変化する場合に甚だ複雑な式となるため実用的ではない。そこで、式(2)を導出した一次元拡散方程式(式(6))において、環境温度が時間的に変化する場合の中心温度を有限要素法を用いて数値的に予測した。図2-32に示すように、予測値と実測値は非常に高い精度で一致する。この方法を用いることによって気温データおよび重量-温度伝導率の関係式から収穫時のキャベツ中心温度を正確に予測することが可能である(データ省略)。

エ. 今後の課題  
なし

オ. 要約

(ア) 環境温度が一定の条件でのキャベツ中心温度の時間的変化を精度良く近似可能なモデル式を見出した。

(イ) キャベツの包装形態によって温度伝導率は異なるものの、少なくとも1個のキャベツについて中心温度の時間的変化と重量を実測することによって、重量-温度伝導率の関係式を求めることが可能である。

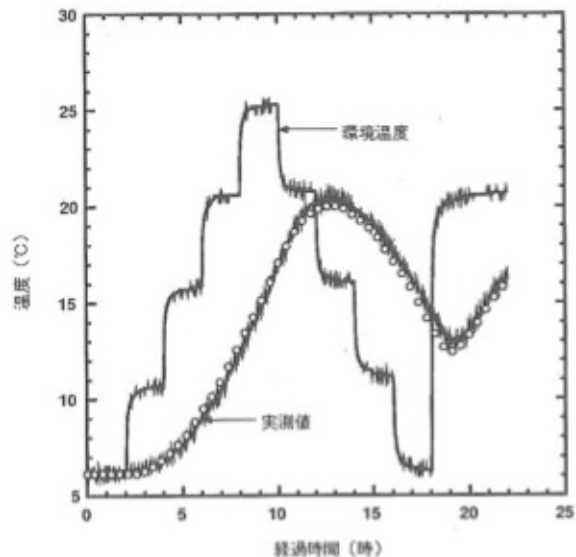


図2-32 有限要素法によるキャベツ中心温度の予測結果  
 図中○は有限要素法によるシミュレーション結果。

(ウ) 有限要素法を用いることによって、環境温度が時間的に変化する場合であっても、精度良くキャベツ中心温度を予測することが可能である。

#### 力. 参考文献

- 1) Fletcher, C.A.J., 澤見英男訳 (1993) : コンピュータ流体力学. シュプリンガー・フェアラーク. 東京.

(阿部英幸)

### 3. 野菜導入に伴う新規輪作技術の開発

#### (1) 畑輪作における高精度雑草防除技術の開発

##### ア. 目的

北海道畑作におけるキャベツ直播一斉収穫体系は省力化および軽労化を意図した体系であるが、雑草の増加および草種の変化が負の要因として懸念される。本課題では、キャベツ直播栽培時の雑草防除、キャベツ後作（特に生育期に有効な除草剤の無い大豆栽培）への雑草の影響について、既存技術および新技術を含め多面的に解析することを目的とする。

##### イ. 研究方法

#### 1) 直播キャベツ栽培での発生雑草

1997年～2002年にわたり、試験場内の作期別直播キャベツ栽培試験圃場と、芽室町の現地実証試験圃場において発生雑草の調査を行なった。調査方法は、キャベツを中心に50cm×50cmの正方形のコドラートを試験区内に設置し草種別に発生本数を測定した。

#### 2) スポット防除

キャベツ後作の大豆に対する雑草防除を目的として、畦際にタイン型の機械除草、株間に除草剤の局所散布を行うSPOT防除機を試作した(図2-33)。また、本機を用い株間30cm 2本だての大豆に対し、接触型・非選択性の除草剤(ジクワット)を散布し、大豆の株を中心とする50cm×40cmの区間を5cmメッシュ毎に区切り、除草前後の雑草本数より除草効果を調査した。また、キャベツに対し利用するため、ビデオカメラの画像を解析し作物位置を認識するよう改造した(図2-34)。



図2-33 大豆用試作機の外観



図2-34 キャベツ用スポット防除試作機の外観

#### 3) 除草剤の効果

移植栽培用に登録されている土壌処理除草剤の直播栽培での効果を検定するために、

1998年には、

- トリフルラリン乳剤 (44.5%, 200ml/10a),
- ペンディメタリン乳剤 (30%, 300ml/10a),
- ブタミホス乳剤 (50%, 300ml/10a),

2001年には、

- トリフルラリン乳剤 (44.5%×200ml/10a),
- ジメトナミド乳剤 (76%, 100ml/10a),
- プロピザミド水和剤 (50%, 400g/10a) をキャベツ播種時に散布して防除効果を調査した。

#### 4) 機械除草の効果

##### タイン型機械除草の効果

2000年にはタインと爪カルチからなる機械除草機の除草効果を調べるため、10cmの幅で一列に残した雑草に対し垂直方向に除草し、引き抜きによる除草効果と除草された雑草の大きさを、畦の中心から5cm毎に区切り測定した。2001年にはキャベツ直播圃場でタイン型除草機による除草を行い、除草の前後でキャベツを中心とした5cmメッシュ毎の雑草の本数を計測し生存率を調べた。試験は土壌が比較的乾燥していた日と湿潤な日の2回実施した。

### ウ. 試験結果

#### 1) 直播栽培キャベツでの発生雑草

調査期間を通して、広葉雑草 20 種とイネ科雑草 3 種の発生が確認されたが、発生の多い草種は、発生時期別に春先の低温時からハコベ、ナズナ、シロザ、ハルタデ、イヌタデ、6 月以降比較的暖かくなってからはタニソバ、イヌビエ、スカシタゴボウであった。また、スカシタゴボウは、機械の走行跡などの土壌の鎮圧部での発生が多かった。

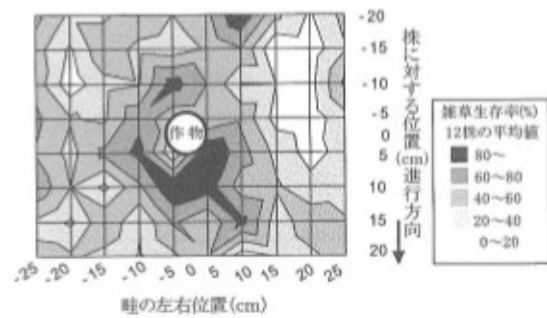


図2-35 大豆用試作機による除草効果

#### 2) スポット防除

大豆用のスポット防除試作機では 2 組の透過型フォトセンサを用い雑草の草高の差により感知し、電磁弁の開閉により畦上の株間だけに除草剤を散布する。本機では畦の両面の低い位置から散布することで、大豆を枯死させずに散布が可能であった。また、このときの雑草の生存率は株元で 80% を越えるが大半は 20~60% で (図 2-35)、これらは枯死には到らないものの生育が抑えられていた。しかし、キャベツ収穫後の早期の耕耘整地および反転プラウ耕により後作への影響が無いと判断されたため、以降をキャベツ栽培時のスポット防除機開発に切り替えた。また、キャベツのスポット防除試作機は、0.29m/sec で動作が確認されたが、画像処理時間および散布精度維持のために作業能率が不十分で、またキャベツが枯死する危険があり株元への防除が十分出来ないことから、本システムの防除体系への導入は行わないこととした。

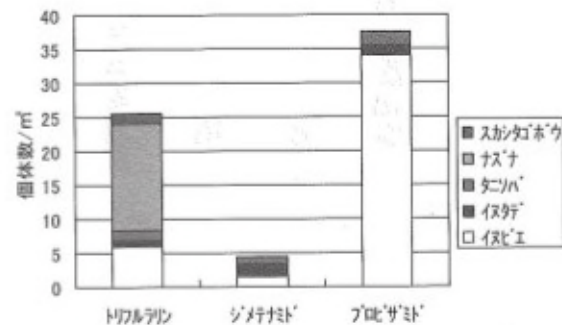


図2-36 除草剤の効果の比較  
6月4日散布 8月22日調査

#### 3) 除草剤の効果

ペンディメタリン乳剤とブタミホス乳剤では、キャベツに著しい薬害が生じ、直播栽培では使用できないことが明らかとなった。ジメトナミド乳剤はトリフルラリン乳剤に比較して処理効果が高くナズナに高い効果を示した (図 2-36) が、キャベツの品種によっては処理により生育が遅延した。プロピザミド水和剤はトリフルラリン乳剤と比較して効果が劣った (図 2-36)。トリフルラリン乳剤は、スカシタゴボウとナズナに効果が劣るが、イネ科雑草を始めタデ類やシロザに効果があり (図 2-37) 直播キャベツ栽培に使用する除草剤として適切であると判断した。ただ、トリフルラリン乳剤では、パオパオによる被覆によってキャベツに薬害が生じるため、被覆をするときは使用しない。

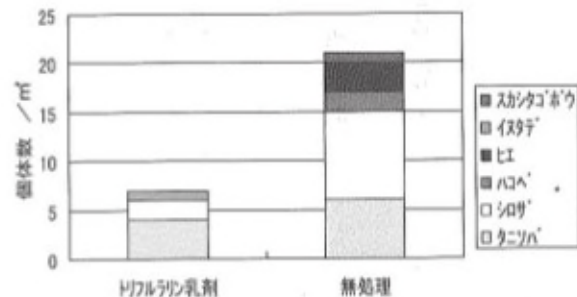


図2-37 現地実証試験圃場での除草剤の効果  
播種と除草剤散布日5月20日  
調査日6月11日

#### 4) 機械除草の効果

##### タイン型機械除草の効果

使用した除草機の爪カルチ部で 55%、タイン部では 52% の除草効果が確認できた。また、除草した雑草 1 本あたりの平均乾物重は爪カルチ部で 5.6mg、タイン部で 1.9mg となり、タイン部では小さな雑草に対する除草効果、爪カルチでは比較的大きな雑草に対する除草効果が認められた。直播キャベツ試験圃場でタイン型除草機を適用した試験では、土壌が乾燥したときで 12%、湿潤な時で 34% まで減少した (図 2-38)。このとき、残った雑草のほとんどが

畦の直上の左右5cm以内に位置していた。

## エ. 考察

年間を通して栽培される直播キャベツ畑では、作期ごとに草種別の発生量は異なるが、当該地域で発

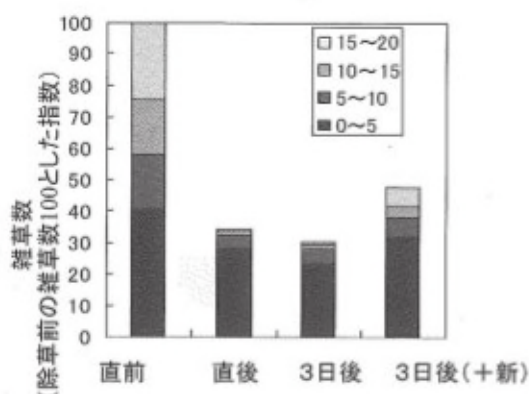
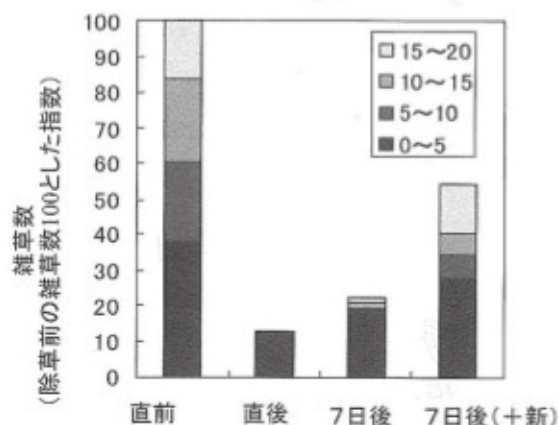


図2-38 タイム除草機の除草効果(2001年)

左:7月2日除草(6月7日直播, 土壌乾燥)  
 右:7月10日除草(6月18日直播, 土壌湿潤)  
 キャベツ株列から0~20cmの範囲を5cm  
 ずつ区切って調査  
 +新:除草日より7日または3日後の間に出芽  
 した雑草を加算

生する畑雑草のほとんどが防除の対象となる。タイム型機械除草は草種を問わず生育初期の雑草に有効で、キャベツの1~2葉期以降毎週タイム除草を行うことで畦間のみならず株間の雑草の除去も期待できる。直播キャベツ栽培の雑草対策には、タイム型機械除草がもっとも適することが明らかとなった。

土壌処理除草剤トリフルラリン乳剤はキャベツと同種のスカタゴボウやナズナには効果が劣るが、キャベツに対する薬害が少ない。タイム型機械除草

は、地面が湿っているときや雑草の生育が旺盛なときには効果が劣るため、降雨の多い時期や雑草が多発する恐れのある圃場では、土壌処理除草剤トリフルラリン乳剤を播種時に散布することで防除効果を高めることができることが明らかとなった。

トリフルラリン乳剤の効果が劣り、湿潤な土壌条件を好むスカタゴボウは、直播キャベツ栽培での防除雑草であることが明らかとなった。スカタゴボウ対策には、発生を増加させる鎮圧溝を作らないなどの土壌管理と前作での防除の徹底が必要と考えられる。

(石川枝津子・奥野林太郎)

## (2) キャベツと基幹作物との前後作の最適組み合わせの解明—菌根菌—

### ア. 研究目的

北海道の大規模畑作地帯において高収益化をはかるため、キャベツ等の導入が行われつつある。キャベツを北海道の畑作地帯に導入する場合、従来の基幹作物との間で最適前後作の組合せを決定し、効率の良い作付順序で輪作を行うことが望ましい。

アーバスキュラー菌根菌 (AM 菌) は、作物に共生し、そのリン吸収を促進する働きをもつ土壤微生物である<sup>1,2)</sup>。多くの作物が AM 菌と共生し、リン吸収を AM 菌に依存していることが知られている。一方、キャベツなどのアブラナ科作物は、この AM 菌と共生しない作物 (非宿主作物) であることが知られている<sup>1,2)</sup>。AM 菌は、その生存と増殖に共生相手となる宿主作物を必要とするため、アブラナ科の作物の栽培は、土壌中の AM 菌を減少させ、後作物の AM 菌感染率、リン吸収量、生育・収量を低下させる可能性が考えられる<sup>3,4)</sup>。そこで、本試験では、キャベツと他の作物の跡地に北海道の基幹作物を栽培してそのリン吸収、生育・収量を比較し、キャベツの導入が後作物に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。そして、キャベツ跡地で作物の生育が劣る場合には、その改善法を検討する。また、キャベツに対する各種前作物の影響についても評価する。

### イ. 研究方法

#### 1) 前後作の種類が後作物の生育に及ぼす影響



試験は、北海道農業研究センター（羊ケ丘）の黒ボク土圃場において行った。1999年に、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oがそれぞれ15、10、15 kg/10aとなるように一律に施肥を行い（以下、15-10-15のように示す）、AM菌宿主の小豆、とうもろこしと非宿主のキャベツ、てんさいを栽培した。それぞれの作物の収穫時には、全ての地上部とてんさいの地下部を圃場外に持ちだした。2000年に、各跡地にキャベツ（20-13-20）、ばれいしょ（8-18-12）、大豆（4-15-9）を栽培した。なお、施肥量は、それぞれの作物に対する北海道の施肥標準に従って決定した。各後作物の播種50日後

の地上部乾物重とAM菌感染率を調査した。

## 2) キャベツ収穫残渣ならびに前々作が後作物の生育に及ぼす影響

1) で2000年のキャベツ栽培区に、収穫残渣を圃場外に持ちだす区とすき込む区を設けた。2001年に、キャベツ（収穫残さすき込み）、キャベツ（持ちだし）、ばれいしょ、大豆の跡地に、とうもろこしを栽培し、播種48日目の地上部乾物重を調査した。なお、1999年に小豆並びにキャベツが栽培されていた区に2000年の作物は栽培されており、とうもろこしの生育に及ぼす前々年のキャベツ、小豆栽培の影響についても検討した。

## 3) キャベツ収穫後に導入した後作緑肥の効果

北海道農業研究センター（羊ケ丘）黒ボク土圃場に、2000年に、15-10-15を一律に施肥して、キャベツととうもろこしを栽培した。収穫が早いキャベツ跡地の半分に、8月7日に、ひまわりを緑肥として導入した。ひまわりは無施肥で栽培した。2001年に、各跡地に15-10-15を施肥してとうもろこしを栽培し、播種75日目に生育とAM菌感染を調べた。

## 4) キャベツ栽培時に導入した間作緑肥の効果

2000年に、キャベツのうね間に緑肥（ベッチ、アカクロバ、シロクロバ）を間作する区、キャベツ、アカクロバ、小豆のみの栽培区を設けた。キャベツの定植は2000年5月18日に行い、間作緑肥、あずきの播種も同日に行った。アカクロバをキャベツの定植1ヶ月後から間作する区も設けた。キャベツは2000年7月19日に収穫し、間作緑肥は秋播小麦の播種3週間前まで栽培を続けた。2000年9月20日より秋播小麦を栽培し、2001年5月28日のAM菌感染率と子実収量を調査した。

## ウ. 結果及び考察

### 1) 前後作の種類が後作物の生育に及ぼす影響

#### a. 前作物の種類がキャベツの生育に及ぼす影響

キャベツの生育には前作物の種類の影響が現れなかった。これは、前作物の種類によらず、キャベツにAM菌が感染しないためと考えられた(図2-39)。これより、キャベツの導入は、いずれの作物の跡地でも可能であることが示唆された。

#### b. キャベツの栽培が後作物の生育に及ぼす影響

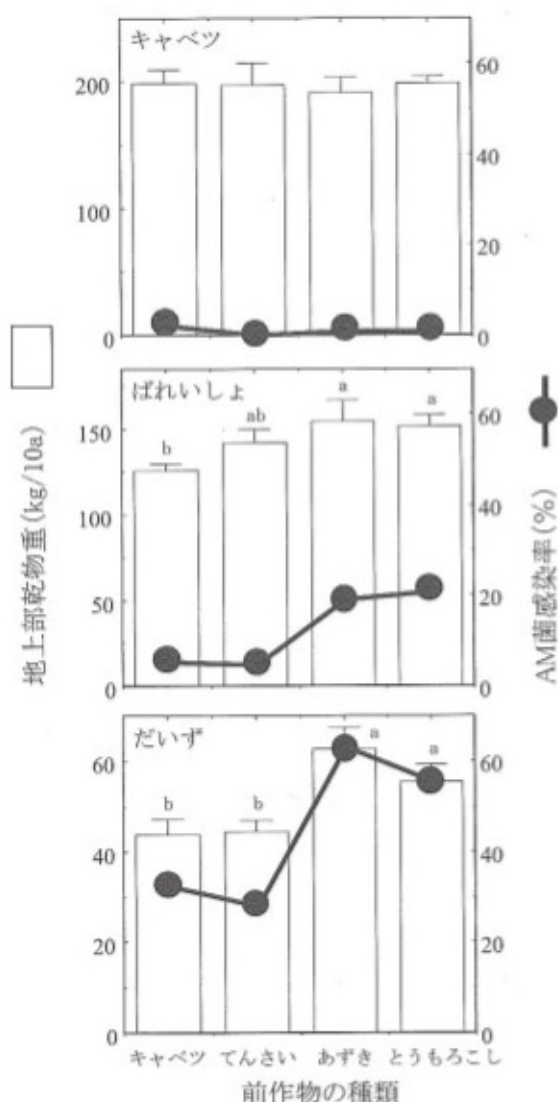


図2-39 前作物(1999年)の種類が、後作キャベツ、ばれいしょ、大豆の地上部乾物重とAM菌感染に及ぼす影響(播種50日後、2000年)

ばれいしょ、大豆（図2-39）をはじめ多くのAM菌宿主作物（豆類、とうもろこし、ばれいしょ、小麦）のAM菌感染率と生育は、キャベツ跡地で劣った。キャベツなどAM菌と共生しない作物を栽培することにより、土着AM菌密度が低下し、翌年の作物に共生しにくくなり、これにより後作物のリン吸収と生育が劣ったと考えられた。

## 2) キャベツ収穫残渣ならびに前々作が後作物の生育に及ぼす影響

### a. キャベツの収穫残さが後作物の生育に及ぼす影響

1) は、前作物に一律の施肥を行い、また、収穫残さを圃場外に持ち出した場合の結果である。本試験では、キャベツに標準施肥を行い、その収穫残さをすき込んだ場合でも、キャベツ後の作物生育が劣るか否かを確認した。その結果、キャベツに標準施肥を施し、収穫残さをすき込んだ場合においても、後作とうもろこしの生育は、ばれいしょ、大豆跡地に比べ、キャベツの跡地で劣ることが明らかになった（図2-40）。このことから、キャベツの跡地に、リン吸収をAM菌に依存する割合が高い作物<sup>5)</sup>を栽培する場合には、その生育が劣る可能性が考えられる。

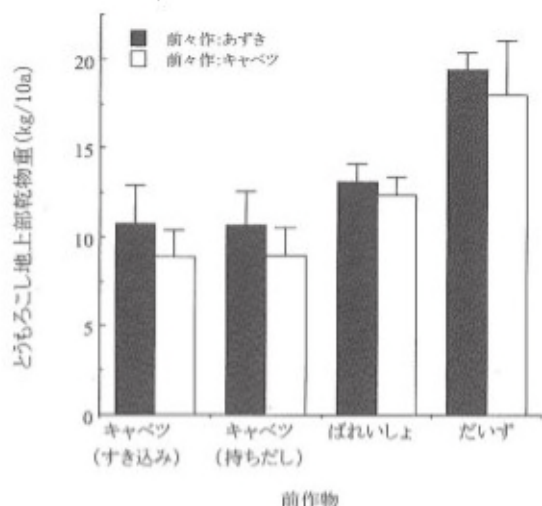


図2-40 前作(2000年)に栽培した作物の種類と残さすき込みの有無ならびに前々年(1999年)の作物の種類がとうもろこしの生育に及ぼす影響(播種48日後, 2001年)

### b. 前々年のキャベツ栽培がとうもろこし生育に及ぼす影響

前々年に栽培したキャベツがとうもろこしの生育に及ぼす影響を調べるため、前々年にキャベツと小豆が栽培されていた区で、とうもろこしの生育を前作物ごとに調べた。前々年にキャベツを栽培した区におけるとうもろこしの収量は、小豆を栽培した区よりも低かったものの、この影響は、前作物の影響に比べて小さかった(図2-40)。これより、キャベツの栽培が翌年のAM菌共生作物に及ぼすマイナスの影響は、翌々年には大幅に縮小するものと考えられた。

### 3) キャベツ収穫後に導入した後作緑肥の効果

キャベツ後のAM菌宿主作物の生育を改善するため、キャベツ収穫後に後作緑肥を導入し、土着AM菌の増殖を試みた。とうもろこしの生育、AM菌感染率は、キャベツの栽培跡地に比べ、とうもろこし跡地で優った。キャベツ収穫後にひまわりを緑肥として導入した場合、翌年のとうもろこし生育と感染率が改善された(図2-41)。これより、キャベツを栽培してAM菌密度が低下した場合には、収穫跡地にAM菌を増やす働きがある緑肥を導入することによって、翌年の作物の生育を改善できると考えられた。

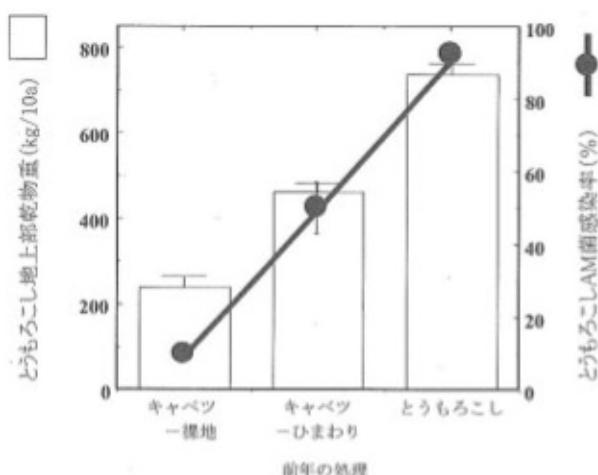


図2-41 キャベツ跡地への夏まき緑肥(ひまわり)の導入(2000年)が翌年のとうもろこしの生育とAM菌感染に及ぼす影響(播種75日後, 2001年)

#### 4) キャベツ栽培時に導入した間作緑肥の効果

キャベツを栽培した後作に、翌年の春から作物を栽培する場合には、前年の夏から秋に緑肥作物を利用して AM 菌を増やすことが有効であった。しかし、キャベツの収穫後に秋播小麦を栽培する場合や、初夏まき以降の作型のキャベツを栽培する場合には、跡地に緑肥を栽培することができない<sup>6)</sup>。そこで、キャベツの栽培時に、うね間に緑肥を栽培し、キャベツを栽培しながら土着 AM 菌密度を維持することを試みた。

小麦の子実収量は、キャベツ跡地に比べて小豆やアカクロウバの跡地で優った。5月のキャベツ定植時からキャベツのうね間にベッチ、アカクロウバ、シロクロウバを間作した区では、AM 菌感染率や収量が小豆、アカクロウバ跡地並に高くなった。6月にアカクロウバの間作を始めた区では効果がなかった

(図2-42)。なお、5月のキャベツ定植時に播種した場合でも、キャベツ収穫時の各緑肥は、機械収穫の妨げにならない大きさであった。これより、キャベツ跡地に秋播小麦を栽培する場合、また、初夏まき以降の作型のキャベツを栽培した翌年に、AM 菌にリン吸収を依存する作物を栽培する場合には、

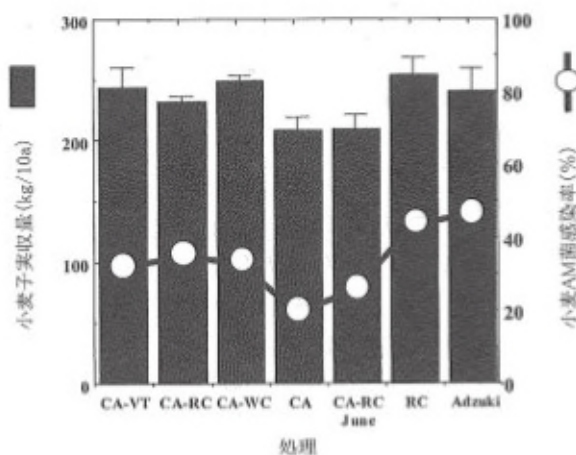


図2-42 前作キャベツ(2000年)に対する間作緑肥の導入が秋播小麦のAM菌感染率(2001年5月28日)と子実収量に及ぼす影響

CA-VT:キャベツのうね間にベッチを5月から間作  
 CA-RC:キャベツのうね間にアカクロウバを5月から間作  
 CA-WC:キャベツのうね間にシロクロウバを5月から間作  
 CA:キャベツのみを栽培  
 CA-RC June:キャベツのうね間にアカクロウバを6月から間作  
 RC:アカクロウバのみを栽培  
 Adzuki:小豆のみを栽培

キャベツの栽培時に間作緑肥を導入することが効果的であると考えられた。なお、間作緑肥の導入を体系化するためには、間作緑肥の播種法、キャベツ栽培時の除草法などを解決する必要がある。

#### エ. 今後の課題

本試験は、土壌中の有用微生物である AM 菌の面から、キャベツと北海道の基幹畑作物との最適前後作組み合わせを調べたものである。土壌の AM 菌以外の生物性、特に土壌病原菌の動態も、前後作の組み合わせに影響を及ぼすことが知られている。そこで、土壌病害等の面からも、キャベツと北海道の基幹畑作物との前後作組み合わせを検討することが必要である。

#### オ. 要約

AM 菌宿主作物の生育はキャベツ跡地で劣った。これは、キャベツの栽培により、土壌中の AM 菌密度が低下するためであると考えられた。翌々年の作物へのキャベツの影響は小さかった。キャベツ後の作物生育を改善するための方策として、キャベツ→豆類・とうもろこし等(翌年の春まき作物)の体系にはキャベツ跡地への後作緑肥の導入が、キャベツ→秋播小麦(当年の秋まき作物)の体系には間作緑肥の導入が有効であった。また、キャベツの生育は、前作物の影響を受けにくかった。

#### カ. 参考文献

- 1) Smith, S. E. and Read, D. J. (1997): Vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: Smith S. E., Read D. J. (eds) Mycorrhizal Symbiosis Second Edition. Academic Press, San Diego: 9-160.
- 2) 小川真(1991): 共生する菌と植物, 作物と土をつなぐ共生微生物. 農文協, 東京: 76-122.
- 3) Arihara, J. and Karasawa, T. (2000): Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize. Soil. Sci. Plant Nutr., 46: 43-51.
- 4) Karasawa, T, Kasahara, Y and Takebe, M. (2002): Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biol. Biochem., 34: 851-857.
- 5) 唐澤敏彦(2004): 輪作におけるアーバスキュラー

#### 4) キャベツ栽培時に導入した間作緑肥の効果

キャベツを栽培した後作に、翌年の春から作物を栽培する場合には、前年の夏から秋に緑肥作物を利用して AM 菌を増やすことが有効であった。しかし、キャベツの収穫後に秋播小麦を栽培する場合や、初夏まき以降の作型のキャベツを栽培する場合には、跡地に緑肥を栽培することができない<sup>6)</sup>。そこで、キャベツの栽培時に、うね間に緑肥を栽培し、キャベツを栽培しながら土着 AM 菌密度を維持することを試みた。

小麦の子実収量は、キャベツ跡地に比べて小豆やアカクロウバの跡地で優った。5月のキャベツ定植時からキャベツのうね間にベッチ、アカクロウバ、シロクロウバを間作した区では、AM 菌感染率や収量が小豆、アカクロウバ跡地並に高くなった。6月にアカクロウバの間作を始めた区では効果がなかった

(図2-42)。なお、5月のキャベツ定植時に播種した場合でも、キャベツ収穫時の各緑肥は、機械収穫の妨げにならない大きさであった。これより、キャベツ跡地に秋播小麦を栽培する場合、また、初夏まき以降の作型のキャベツを栽培した翌年に、AM 菌にリン吸収を依存する作物を栽培する場合には、

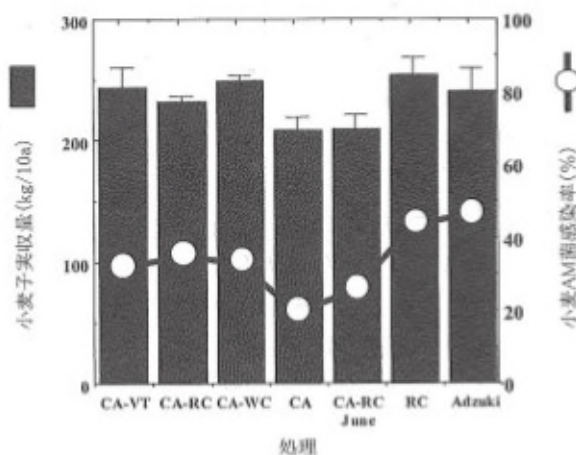


図2-42 前作キャベツ(2000年)に対する間作緑肥の導入が秋播小麦のAM菌感染率(2001年5月28日)と子実収量に及ぼす影響

CA-VT:キャベツのうね間にベッチを5月から間作  
 CA-RC:キャベツのうね間にアカクロウバを5月から間作  
 CA-WC:キャベツのうね間にシロクロウバを5月から間作  
 CA:キャベツのみを栽培  
 CA-RC June:キャベツのうね間にアカクロウバを6月から間作  
 RC:アカクロウバのみを栽培  
 Adzuki:小豆のみを栽培

キャベツの栽培時に間作緑肥を導入することが効果的であると考えられた。なお、間作緑肥の導入を体系化するためには、間作緑肥の播種法、キャベツ栽培時の除草法などを解決する必要がある。

#### エ. 今後の課題

本試験は、土壌中の有用微生物である AM 菌の面から、キャベツと北海道の基幹畑作物との最適前後作組み合わせを調べたものである。土壌の AM 菌以外の生物性、特に土壌病原菌の動態も、前後作の組み合わせに影響を及ぼすことが知られている。そこで、土壌病害等の面からも、キャベツと北海道の基幹畑作物との前後作組み合わせを検討することが必要である。

#### オ. 要約

AM 菌宿主作物の生育はキャベツ跡地で劣った。これは、キャベツの栽培により、土壌中の AM 菌密度が低下するためであると考えられた。翌々年の作物へのキャベツの影響は小さかった。キャベツ後の作物生育を改善するための方策として、キャベツ→豆類・とうもろこし等(翌年の春まき作物)の体系にはキャベツ跡地への後作緑肥の導入が、キャベツ→秋播小麦(当年の秋まき作物)の体系には間作緑肥の導入が有効であった。また、キャベツの生育は、前作物の影響を受けにくかった。

#### カ. 参考文献

- 1) Smith, S. E. and Read, D. J. (1997): Vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: Smith S. E., Read D. J. (eds) Mycorrhizal Symbiosis Second Edition. Academic Press, San Diego: 9-160.
- 2) 小川真(1991): 共生する菌と植物, 作物と土をつなぐ共生微生物. 農文協, 東京: 76-122.
- 3) Arihara, J. and Karasawa, T. (2000): Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize. Soil. Sci. Plant Nutr., 46: 43-51.
- 4) Karasawa, T, Kasahara, Y and Takebe, M. (2002): Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biol. Biochem., 34: 851-857.
- 5) 唐澤敏彦(2004): 輪作におけるアーバスキュラー

菌根菌の動態と作物の生育に関する研究. 北海道農研研報. 179 : 1-71.

- 6) 唐澤敏彦・笠原賢明・建部雅子 (2001) : 緑肥作物の導入によるアーバスキュラー菌根菌の増殖とトウモロコシ栽培への利用. 土肥誌. 72 : 357-364.

(唐澤敏彦・笠原賢明・建部雅子)

- (3) キャベツと基幹作物との前後作の最適組み合わせの解明—微生物群集—

#### ア. 研究目的

北海道の大規模畑作地帯で十分な輪作サイクルを維持するためには、現在栽培されている基幹作物の他に収益性が確保できる新たな野菜作の導入が望まれている。本研究では、土壌の微生物性とそれによるキャベツの土壌伝染性病害発生程度に着目し、基幹作物にキャベツを導入した場合の最適な組合せを解明する。そのために、各種基幹畑作物の前後作がキャベツ根圏土壌の微生物物群集構造と土壌病発生に及ぼす影響を検討した。

#### イ. 研究方法

##### 1) 供試土壌

###### (1) 前作の影響評価

北海道農業研究センター畑作研究部の実験圃場内で、キャベツの前作として小麦、ばれいしょ、てんさい、小麦後野生えん麦、対照として裸地、キャベツを栽培した土壌に作付けしたキャベツ根圏土壌を供試した。土壌は2002年10月に採取し、4℃で冷蔵保存した。

###### (2) 後作への影響評価

北海道農業研究センター畑作研究部の実験圃場内で、キャベツを栽培し、後作としてばれいしょ、てんさい、大豆を作付する土壌で、作付け前(2003年5月)と収穫後(2003年10月)の土壌を用いた(図2-43)。

##### 2) 土壌微生物性評価

###### (1) 生菌数の計数

各土壌の細菌数と放線菌は1/20 PTYGA、糸状菌数はローズベンガル平板培地を用いた希釈平板方で計数した。

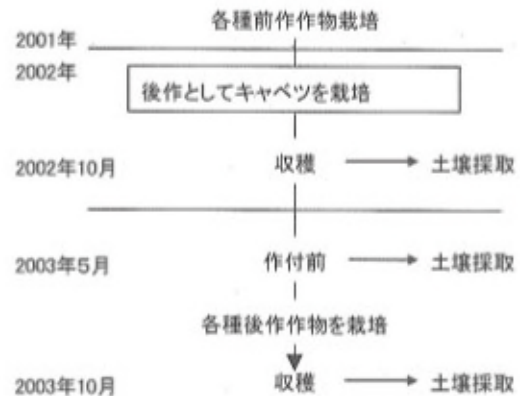


図2-43 試料採取のフローチャート

###### (2) 多様性評価

各土壌から、1/20 PTYGA 平板培地を用いて無作為に分離した細菌 24 菌株の 95 種類の炭素源利用パターンを BIOLLOG 細菌簡易固定プレート GN2 を用いて検出した。検出したパターンをクラスター分析し、得られたクラスター距離から多様性指数を計算した。

###### (3) 土壌懸濁液の炭素源資化パターンの MDS 分析

各土壌から微生物を分離することなく、(2) で用いた BIOLLOG GN2 プレートに土壌懸濁液を直接処理し、48 時間後の各ウェルの発色度を波長 590nm の吸光度として検出して得た土壌懸濁液の炭素源資化パターンをウェル毎の吸光値を連属変数とする多次元尺度構成法 (MDS) を用いて 2 次元布置し、土壌微生物群集構造の違いを可視化した。

###### (4) 変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法 (DGGE) による土壌微生物群集構造解析

供試土壌より抽出した全 DNA を鋳型として、PCR により土壌細菌の 16S rRNA 遺伝子 (rDNA) を増幅した。得られた増幅産物を変性剤の濃度勾配を有するアクリルアミドゲル上に展開し、分離したバンドの輝度と移動度に基づいて土壌微生物群集構造を解析した。

###### (5) 土壌の病原菌生育抑制性評価

定法により PDA 平板培地に生育させた白紋羽病菌の菌叢に殺菌土壌と無殺菌土壌を被覆し、一定期間生育させた後の無殺菌土壌で見られる殺菌土壌と比較した白紋羽病菌菌叢の生育抑制割合を抑制率 (%) として表した。

### 3) 土壤病害発病程度の評価

#### (1) 生育期間

前作の違いによるキャベツ土壤病害発病程度を評価した。生育期間においては、黄化、萎凋、倒伏、枯死と言った、土壤病害に特徴的な生育異常を示した個体数の計数、異常個体の根部の目視、目視により土壤病害類似症状が見られた場合、異常箇所の顕鏡によって、土壤病害発生程度を評価した。

#### (2) 収穫時

各区3畦、畦当たり4個体、計12個体を抜き取り、全ての根部に関して上述の土壤病害発病程度の評価を行った。

### ウ. 結果

#### 1) 前作の影響

##### (1) 土壤微生物菌類および土壤病害発病程度への影響

異なる前作による後作キャベツ根圏微生物数に顕著な差は見られず、生育期間、収穫段階とも目視による土壤病害の発生も見られなかった(図2-25)。

##### (2) キャベツ根圏土壤の微生物性に及ぼす影響

キャベツの前作作物として、各種作物を作付けした土壤では、病害抑止力に顕著な差異は認められな

表2-25 土壤微生物数と土壤病発生状況

前作	細菌数 ( $\times 10^7$ cfu/g soil)	放線菌数 ( $\times 10^7$ cfu/g soil)	糸状菌数 ( $\times 10^7$ cfu/g soil)	土壤病害発生
てんさい	4.2	12.4	27.8	-
ばれいしょ	5.7	7.8	14.2	-
小麦	5.7	6.8	13.1	-
野生えん麦	5.6	12.0	11.4	-
キャベツ	6.2	7.8	32.0	-
裸地	6.0	11.8	6.2	-

表2-26 前作の違いによるキャベツ根圏土壤の微生物群集多様性と病害抑制力

前作	多様性指数 <sup>1)</sup>	病害抑止力(%) <sup>2)</sup>
テンサイ	2815	65.8
パレイショ	2023	66.2
小麦	2967	65.4
野生えん麦	3488	72.5
キャベツ	1743	69.7
裸地	3810	67

1) 多様性指数(ID) = クラスタ-総距離  $\times$  構成者あたりの平均クラスタ-距離

= クラスタ-総距離の2乗 / 構成者数

2) 病害抑止力(%) = (減菌土壤における菌糸伸長) - (未減菌土における菌糸伸長) / (未減菌土における菌糸伸長)  $\times 100$

かったが、キャベツを作付けした土壤において、土壤微生物の多様性が著しく減少した(表2-26)。

それぞれの区の土壤懸濁液の炭素源資化パターン類似性をMDS法を用いて可視化した結果、土壤懸濁液の炭素源資化パターンは区毎に明らかに異なった配置となり(図2-44)、前作の違いにより異なった性質の微生物群集が発達していることが考えられた。

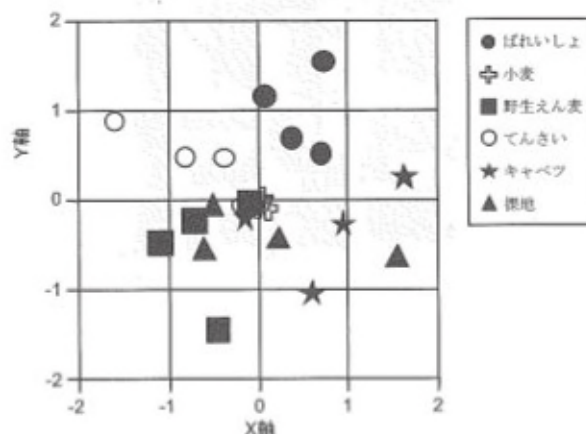


図2-44 各土壤の懸濁液の炭素源利用パターンの2次元MDS布置

#### 2) 後作への影響

##### (1) 土壤微生物群集の多様性および病害抑止力への影響

キャベツの後作作物を作付けする前では、多様性指数、病害抑止力ともに顕著な差異は認められなかったが、収穫後の裸地において病害抑止力が大幅に減少した(図2-45)。

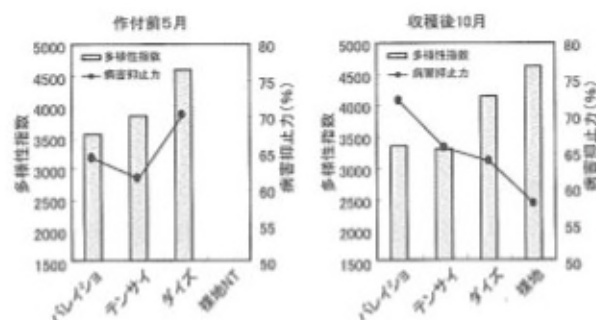


図2-45 後作物栽培前と収穫後の土壤微生物の多様性と白紋羽病菌に対する病害抑止力の変化

##### (2) 土壤微生物群集構造への影響

微生物群集構造の解析に DGGE 法を導入し、土壤微生物群集構造の変化をバンドパターンの変化とし

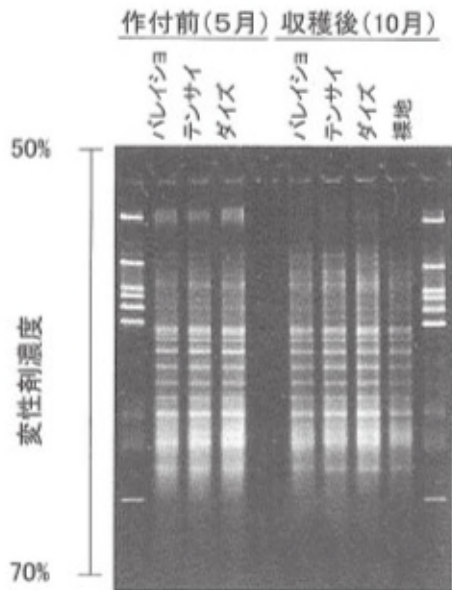


図2-46 後作作物の違いによるDGGEバンドパターンの比較

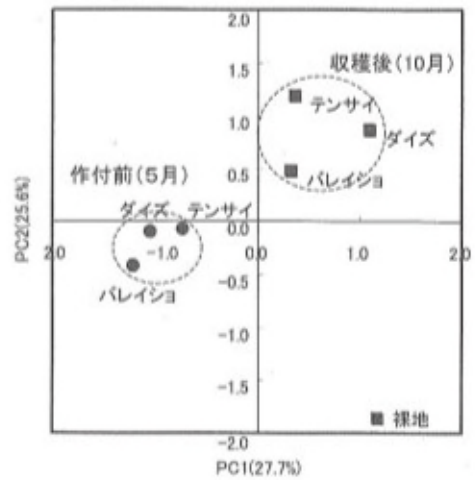


図2-47 DGGEバンドパターンの主成分分析

て可視化したところ、バンドパターンは後作作物の栽培前と収穫後で異なっていた。また後作として何も作付けしなかった裸地では、基幹作物を作付けした土壌とは明らかに異なるバンドパターンを示した(図2-46)。

さらに、得られたバンドパターンを主成分分析した結果、後作作物を作付する前の土壌微生物群集は非常に近似しており、収穫後に異なる土壌微生物群集へと遷移することが示された。しかし、どの作物を作付けした場合においても、収穫後の土壌微生物群集は比較的近似しており、作物種による影響は少ないと考えられた。また、これらの微生物群集は、病害抑止力の低い裸地とは大きく異なることが明瞭に示された(図2-47)。

#### エ. 考察

てんさい、ばれいしょ、小麦、豆類の畑作4品による輪作によって土壌の生産性を保ってきた北海道畑作地帯では、近年、作目毎の収益性の極端な違い、生産者の高齢化から来る小麦作付けの偏重など、作付け作目の減少圧力下での輪作体系の維持が緊急の課題となっている。収益性を維持しつつ、この問題を解決する一つの試みとして、野菜栽培を輪作体系への導入が模索されている。

本研究では、キャベツを従来の基幹作物による輪

作体系に導入した時、直前作の違いによるキャベツへの影響、次にキャベツ直後作への影響に関して、主として土壌病害の発生、土壌病害の発生に大きな影響があると考えられている土壌微生物群集構造の変化に着目して検討を行った。

その結果、直前作の影響に関しては、何れの前作においてもキャベツの土壌病害発生助長は見られなかった。また、土壌微生物の多様性、病害抑止性に関しても、他と比べて著しい多様性低下を起こしたキャベツの連作を除き、大きな変化は見られなかった。

直後作への影響でも、直後作の違いによって土壌微生物群集構造に大きな変化は見られなかった。唯一作付けせず裸地にした場合のみに、著しい土壌微生物群集構造の差と、病害抑止性の低下が見られた。以上の結果から、キャベツを輪作に導入する際には、キャベツの連作を避け、後作として休閑は行わず、基幹畑作物を作付けした方が土壌微生物群集の良好な維持には良いことが示唆された。本研究では、前後作ともに直前と直後と言う比較的短期の影響のみを評価したが、今後は、更に長期の影響についても考慮に入れた評価も試みる必要があると考えられる。

(横山和成・関口博之・竹中重仁)

(4) キャベツ跡地におけるパン用秋播小麦「キタノカオリ（北海 257 号）」の施肥技術の開発

ア. 研究目的

キャベツの後作には小麦が作られる場合が多い。キャベツは、収穫の際に外葉が畑に残され、キャベツ球も相当数残される場合がある。さらに、作期により、残さのすき込み時期が異なるため、残さ量や分解速度が圃場間や同一圃場でも場所により異なる。本課題においては、キャベツ跡に導入したパン用秋播小麦「北海 257 号」（品種名「キタノカオリ」以下キタノカオリ）を対象として、機械による施肥管理作業の最適化に向けて、作物生育期間中の作物情報のセンシングとその圃場の肥沃度ムラに対応したリアルタイムの可変追肥作業の基本形を構築する。

イ. 実験システム

小麦は、一定の収量レベルを超えると子実タンパク含有率が低下する傾向に着目し、物理的な生育量をセンシングし、リアルタイムで任意に定めた生育量の閾値を越える圃場内の局所的な作物群落にのみ追肥することのできる可変施肥機を試作する。

1) 生育量センシングの概念

センシング対象である作物生育情報として、マシンビジョンに拠らない、立毛中の作物群落が有する

物理的な反力を取り上げた。そこで、選択したペンデュラム方式<sup>1,2</sup>は、ニュートンの第3法則「作用＝反作用」に基づく。これは、小麦を群とみなしたバイオマス量把握のために導入したもので、図2-48に示すように揺れ動くように支持されたペンデュラムセンサが麦の群落内を水平方向に動くことによって、作物体からの反力がセンサに作用する。この力は、接触した作物体の茎葉および穂の質量慣性と曲げ剛性で決定される。

2) 機械システム構成と基礎試験

図2-49に示すように、本機構（以下、可変追肥システム）は生育量を検出するペンデュラムセンサ、センサ結果に基づく電磁バルブと液肥可変散布ノズルおよび定常散布ノズル、液肥散布用動力噴霧機（0.8・1.6・2.5MPaに設定可、'02年度は未搭載）液肥タンク（実験では尿素を供試）、およびこれらを搭載する実験車両（電動モータ駆動、有線リモコン操作）で構成される。

ペンデュラムセンサの振れ角と車両の走行距離は、いずれもロータリエンコーダを介してパルスカウンタを実装したパーソナルコンピュータ（以下PC）で計測される。計測結果に基づく散布制御は、PCに実装したDIOボードを介して電磁バルブを動作させる。なお、ロータリエンコーダは、それぞれのペンデュラムセンサ支点軸に、また実験車両には駆

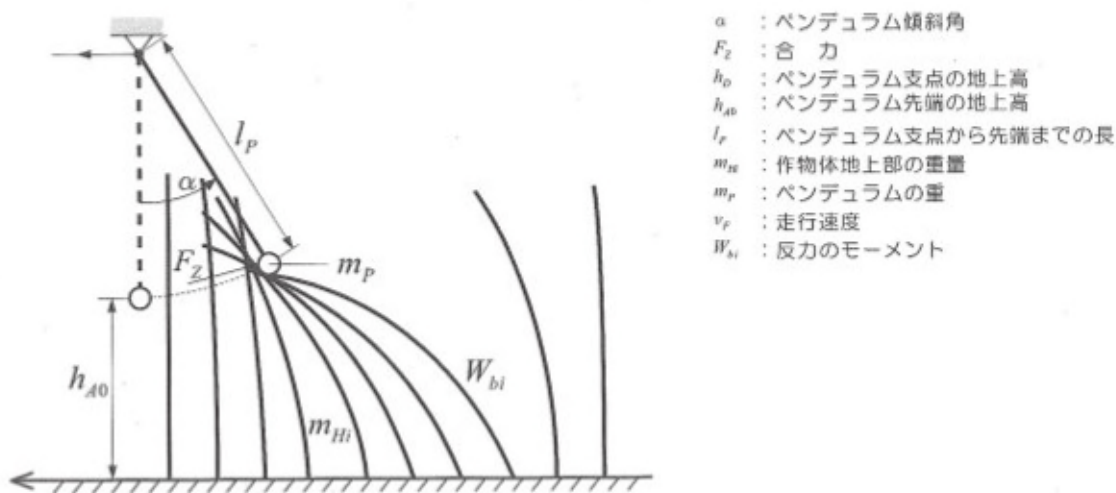


図2-48 ペンデュラムセンサの測定原理



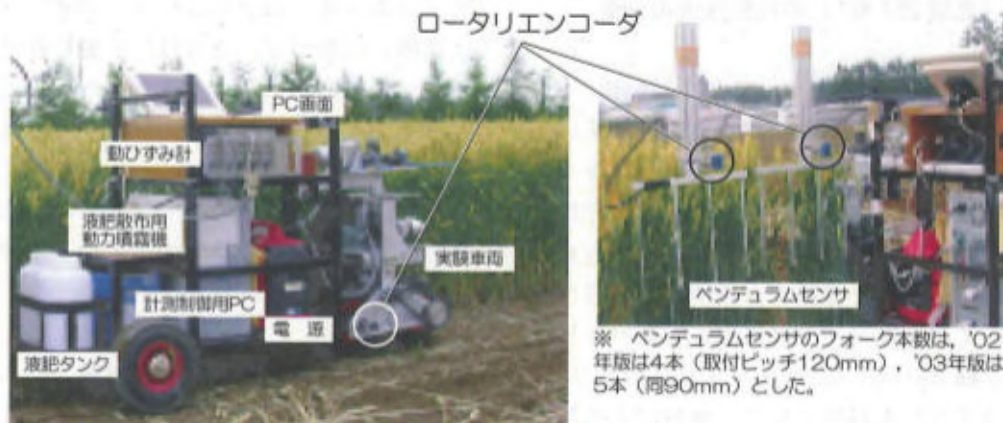


図2-49 ペンデュラム方式による生育量センシング機構の外観  
(供試作物:小麦「キタノカオリ」)

動輪の前車軸に装備した。

ペンデュラムセンサ本体(図2-49右)は、1ユニット当たり4本のフォーク状(但し'03年度は5本)として、全幅(検出幅)360mmで各フォーク間距離120mm('03年度は90mm)、支点軸中心からセンサ先端までの距離を340mm、重量373g(材質:アルミフレーム)である。センサの作物への接触高さは任意に調節できるようにした。

本研究ではセンサを2ユニット用意し、これらを実験車両の前方左側に伸ばしたセンサバー(外側張出し長=1200mm、大さ=φ60mm)に取り付けた。散布制御するための電磁バルブとノズルは、センサバーの後方500mmの位置に設置した。また、ペンデュラムセンサと同様にその直前方に歪みゲージを貼付した板バネを取り付け、動ひずみ計を介して板バネが受ける抵抗値をPC計測できるようにしたが、本稿ではデータ掲載を割愛した。

本機構は、実験車両が麦の群落内を0.22m/sの一定速度で走行することにより、作物体に接触するセンサ部がその生育量の多少に応じて後方に傾き、センサの振れ角の平均値で群落内の局所的な抵抗値を決定する。センサの最大偏角は90deg.である。センサ結果に基づく液肥可変散布ノズルおよび定常散布ノズルからの噴出量は、動力噴霧機器の吐出圧を1.6MPaとしたとき、それぞれ23ml/sおよび25ml/sである。

PCは、ロータリエンコーダのカウント値を指定サンプリング周期(10~100ms)毎に収集してWindows98のディレクトリDOSの中にCSV形式でASCIIファ

イル保存する。また、可変散布のためのセンサ閾値とその判定結果に基づく電磁バルブのタイミング、すなわち作動の遅延時間は任意に設定可能であるが、走行速度とセンサ~ノズル間距離から設定する必要がある。プログラムは、ART-Linux下で動作する。

図2-50にペンデュラムセンサと実験車両に装備したエンコーダの校正結果を示す。本結果より、2つのペンデュラムセンサの分解能はともに11.5deg./pulse、実験車両走行輪の距離検出能は4.5mm/pulseであった。ただし、後者については舗装路面上での校正値であるため、圃場においてはスリップの影響を考慮する必要がある。これらをもとにセンサ閾値および電磁バルブのタイミングを設定するとともに圃場内における自己位置を決定した。

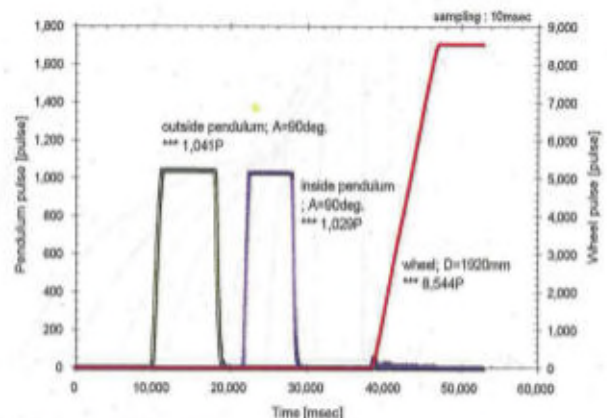


図2-50 各エンコーダの校正結果

ウ. 研究方法

1) 基礎試験

小麦「キタノカオリ」を畦間 12.5cm でドリル播きして栽培した。基肥、起生期追肥、尿素葉面散布による全生育期間を通しての窒素施用量 (9~27 kg/10a) と収量・品質との関係を調べた。また、キャベツの3作期 (2001年5月22日, 6月5日, 6月21日キャベツ播種) の跡圃場と裸地跡圃場について、基肥窒素と起生期窒素を組み合わせる小麦を栽培し、収量・品質への影響を調べた。併せて、ペンデュラムセンサ単体の基礎的な動作試験を実施した。

2) 試作機による可変施肥試験

'01年度の試験結果から、収量が高いと小麦子実の窒素含有率が低下する傾向が認められたので、生育のよい部分について多めの葉面散布を行うことによりタンパク含有率の低下を防ぎ、全体として高品質かつ高収量小麦の生産をねらいとした。

'02年9月26日に、小麦「キタノカオリ」を畦間 12.5cm, 基肥 (麦類 002) 窒素 10.2 kg/10a でドリル播き (種子 12.4 kg/10a) し'03年4月14日に起生期窒素 4 kg/10a を施用した。

試作装置により、小麦の生育量をセンシングすると同時に尿素 (14.2 g/L, 窒素換算 6.6 g/L) の可変散布を行なった。20m 長, 50cm 幅で尿素散布区を、対照としてこれに隣接した 50cm 幅を無散布区とし、3反復設けた。本装置は2系統の散布機構を持ち、尿素散布区の小麦に対して、1系統は定期的に全面散布 (24.7 mL/sec) を行い、これに加えてもう1系統は生育の大きい方からセンサ値の閾値設定により付加散布 (22.6 mL/sec) を行なった。散布は同じ区に対して、7月4日, 7月14日の2回行った。合計の

窒素散布量は、生育のよい 1/3 の小麦については、定常+付加で 5.6g/m<sup>2</sup>, 残り 2/3 は定常のみで 2.9g/m<sup>2</sup> となった。収穫期に 50cm 四方の区として小麦の収量, およびタンパク含有率等の調査を行った。試験条件の詳細は表 2-27 の通り。なお、キャリブレーションとして、6月30日, 7月14日にセンシングを行い、翌日に全長測定と 50cm 四方をサンプリングして生重と乾物重を測った。

エ. 結果及び考察

1) キャベツ跡では、裸地跡よりも小麦収量が高く、かつキャベツ作付の遅い方が収量は高かった ('02年, 図 2-51)。タンパク含有率についてはキャベツ作付の有無, 早晚の影響はみられなかったが、起生期追肥の効果は認められた。タンパク含有率は、窒素施用により向上し ('01及び'02年, 回 2-52), 製パン適性の目安である 12%以上を確保するには概ね 15kg/10a 以上の窒素を施用する必要がある。さらに、収量とタンパク含有率の間には一定の相関

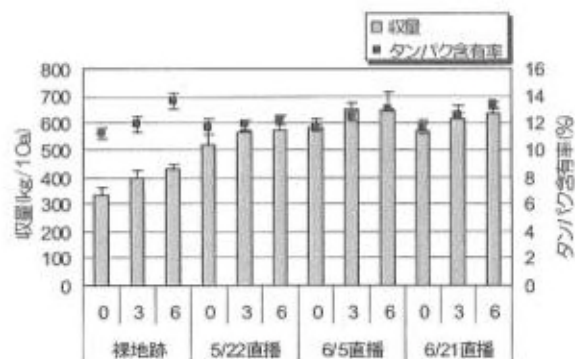


図2-51 異なる作期のキャベツ跡に栽培した「キタノカオリ」の収量とタンパク含有率

※1 2001年5月22日, 6月5日, 6月21日キャベツ「楽園」直播  
 ※2 0, 3, 6は起生期追肥窒素 (kg/10a)

表2-27 尿素散試験の諸条件

区	'03.7/4					'03.7/14						
	速度 (cm/s)	閾値 (pls.)	遅延時間 (ms)	散布割合 (%)	散布量 (g/m <sup>2</sup> )		速度 (cm/s)	閾値 (pls.)	遅延時間 (ms)	散布割合 (%)	散布量 (g/m <sup>2</sup> )	
					定常	付加					定常	付加
1	21.7	130	1840	36.0	1.50	1.37	23.1	145	1743	31.9	1.41	1.29
2	22.1	143	1792	32.2	1.48	1.35	22.3	128	1789	27.6	1.46	1.34
3	21.9	124	1840	37.3	1.49	1.36	22.2	128	1789	31.3	1.47	1.34

※ 1 尿素液: 14.2g/L, 6.6gN/L

※ 2 散布量: 定常=24.7mL/s, 付加=22.6mL/s

※ 3 遅延時間: 設定した閾値を越えてから散布開始までの時間, 散布前に予めセンシングして算出した。

※ 4 散布区: 0.5m × 20m = 10m<sup>2</sup>

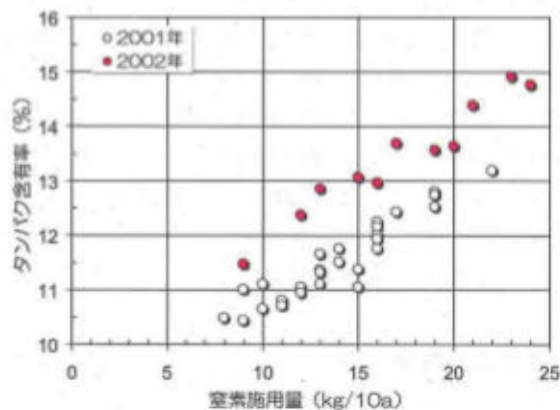


図2-52 窒素施用量とのタンパク含有率

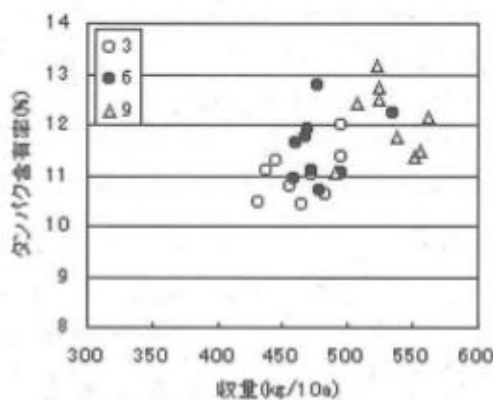


図2-53 収量とタンパク含有率

※ 図中、3・6・9は起生期追肥窒素量(kg/10a)  
 ※ 水分13.5%に換算

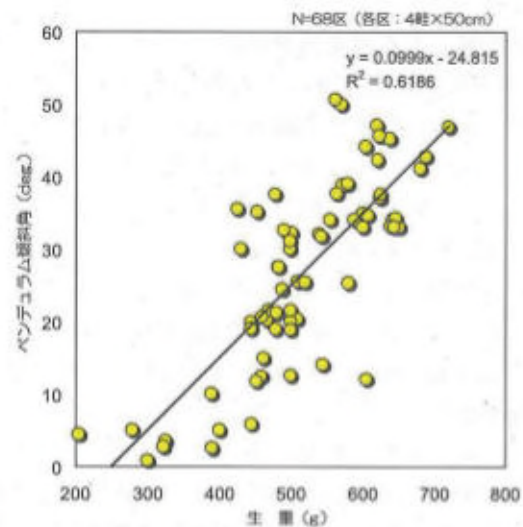
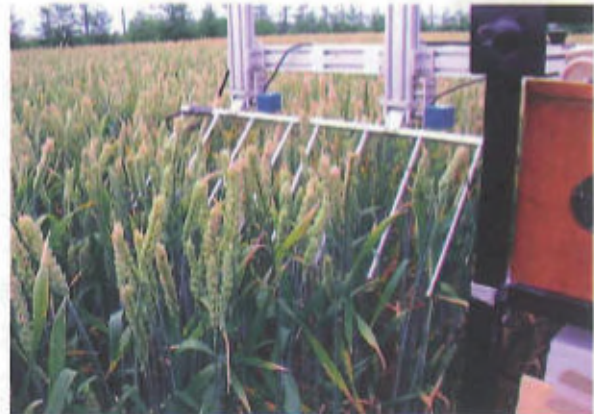


図2-54 センシング基礎試験と試験結果  
 (「キタノカオリ」供試, '02年度)

表2-28 '02年度「キタノカオリ」のタンパク含有率と製パン性

品種系統名	カメラ スペシャル	HRW	キタノカオリ	←	←
タンパク含有率(%)		11.5	10.9	12.3	13.5
比容積(体積重量)	5.92	5.19	4.89	5.04	5.63
焼き色(10)	8.5	8	7.5	8	7.5
触感(5)	4	4	4	4	4
香り(15)	13	13	13	13	13
味(15)	13	12	12	13	13
ランク	90.5	79.5	73.5	78.0	83.5

が認められたが、収量が高水準に達した場合には子実中のタンパク含有率は低下する傾向がみられた(図2-53)。製パン適性はタンパク含有率が高いほど向上した('02年、表2-28)。

2) 「キタノカオリ」を対象とした、センサ部単体の基礎的な動作試験('02年度)においては、図2-54に示すように、ペンデュラムセンサの傾斜角は、

作物体の繁茂状況に応じて良好に作動し、地上部生重との間に一定の相関( $r^2=0.61$ )が認められた。前述のように、'02年度はセンサの全幅は360mmで各フォーク間距離120mmであったが、作物体との接触をより高めるために、'03年度はフォーク間距離を72mmに変更した。試験結果から、本センサを用いて小麦バイオマス量、すなわち繁茂量を推定する可能性を見出し、センサ結果をリアルタイム可変施肥制御のための指標とすることの見通しを得ることができた。また、センサの動作性およびバルブの制御の観点から、計測・制御のサンプリング周期は概ね10Hzが適当であると判断した。

3) 上記を受けて、試作した可変追肥システムを用いて施肥試験を行った結果(図2-55)、走行しながら作物体の繁茂量を10Hzのサンプリング周期で計測し、設定したセンサ閾値に応じた尿素の葉面散布



図2-55 可変施肥試験

量の増減が可能であった。合計の窒素散布量は、生育良好な圃場面積比 1/3 の小麦群落に対しては“定常+付加”で  $5.6 \text{ g/m}^2$ 、残り 2/3 の群落には“定常”のみで  $2.9 \text{ g/m}^2$  となった。

図 2-56 に子実タンパク含有率の圃場内空間変動の一例を示す。設定した 3 試験区を通じて、尿素的定常散布および付加散布によって各区画の小麦子実のタンパク含有率は概ね向上し、収量ともに約 5% の増加が認められた (表 2-29)。

表2-29 尿素可変散布の効果(収穫調査: '03.8/12)

	尿素散布区	対照区
収量(kg/10a)	409±2	387±7
子実タンパク含有率(%)	13.8±0.1	3.8±0.3
子実タンパク含有率(kg/10a)	56.2±0.2	53.3±1.1

※1 表中、50×50cm×40区画の3反復について、平均値±標準偏差を示す。

※2 対照区は、尿素無散布

※3 タンパク含有率は水分13.5%換算

#### オ. 今後の課題

ペンデュラム方式のセンシングは、マシンビジョンに比して極めて簡易な信号処理技術であり、よってコスト面及びリアルタイム処理の面で十分な有利性がある。しかし、より実用的な機械化に向けては、センサ機構の耐久性と更なる精度が求められるとともに、現実面に即してセンシング時の圃場空間の分解能を如何に設定するかを考慮する必要がある。生産場面では、パン用小麦は高い子実タンパクが要求されるが、多量の窒素肥料を施用すれば地下水の硝酸汚染などを引き起こす可能性があり、できるだけ少ない窒素施用で効率よく子実タンパクを上げる

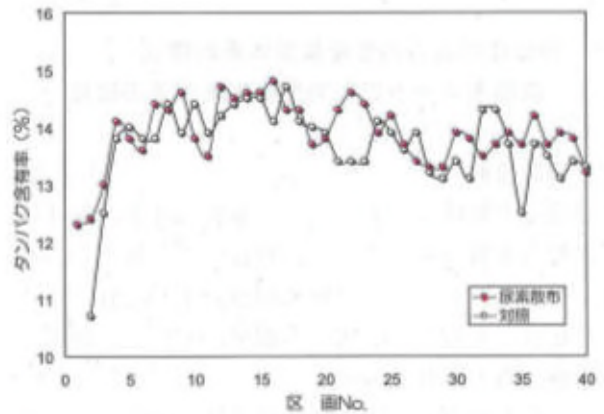


図2-56 尿素散布有無による子実タンパク含有率

ことが重要である。開発した可変施肥技術は、窒素施用効率が高まり、また圃場内の生育ムラのある小麦の子実タンパクを高い方に揃える施肥管理をコンセプトとしており、環境負荷の少ない小麦の高品質生産のための技術シーズとなろう。

#### 力. 要約

キャベツ跡に導入したパン用秋播小麦「キタノカオリ」を対象として、圃場内における生育ムラのセンシングとその結果に基づく施肥管理作業の最適化を目的とした。作物群落が有する物理的な反力に着目したペンデュラム方式のセンシング及び可変施肥機構を試作し、その動作性と併せて可変追肥効果を検証した。センサは良好に作動し、リアルタイムで小麦の生育量を把握するとともに可変追肥の機械制御が十分可能であることを確認した。さらに尿素的可変散布によって、「キタノカオリ」の子実タンパク含有率と収量はともに約 5% 増加した。

#### キ. 参考文献

- 1) HAMMEN, V., EHLERT, D. (1999): The Pendulum-Meter. A New On-Line Sensor for Determining Grass Yield for Site-Specific Farming. Proc. of Int. Symp. on PRECISION AGRICULTURE '99. Denmark: 781-787.
- 2) UDOH, F., BECK, J., JUNGBLUTH, T. (2000): Messverfahren zur Bestimmung der Standfestigkeit von Getreidebeständen. Landtechnik. 55: 276-277.

(八谷 満・山縣真人)

### 第3章 野菜導入による新作付体系及び経営技術支援方策の確立

#### 1. 野菜作の省力的生産技術体系の確立

##### (1) 直播キャベツの省力生産技術体系の確立

#### ア. 研究目的

北海道十勝地域においては、基幹畑作物の輪作体系に野菜を導入することが、収益向上の観点から重要になっている。ここで野菜栽培に求められる技術の特色は、基幹となる畑作の規模に対応した野菜の大規模、省力化栽培技術である。

これらの技術については、根菜類であるながいも、だいこん、にんじんなどに関して開発が進められ、その成果は普及技術として生産地に取り入れられている。そこで、これらに続く技術開発目標として収益性の高い葉菜類を取り込んだ大規模畑作農業を確立することを目的として、直播キャベツの省力生産体系を確立することを目指した。

本課題では、キャベツの直播による株立ち精度、直播キャベツの結球の斉一性、機械収穫の可能性等を調査した。

#### イ. 研究方法

1) 直播キャベツ栽培で最も大きな関門は出芽・苗立ち、及び収穫時の球重の斉一性である。現地実証試験圃場において、畑作用の施肥播種機（4畦用）を用いてキャベツ品種「アーリーボール」と「YR泰山」を一粒ないし二粒播きで直播し、株立ち精度を調査した（1997、1998、1999年度）

また、直播後の管理として間引き、除草、防除等を現地農家の移植栽培における慣行法に準じておこない、この栽培体系における収穫時の結球揃いを調査した。この結果と一般農家の慣行技術（移植栽培体系）によって栽培したキャベツの結球揃いとを比較を試みた。

農家のキャベツは、十勝地域のキャベツ産地のうち、特にキャベツ栽培に力点を置いていると考えられる3町から数戸の農家を選び、出荷直前に、比較的生育の揃った場所を選んで1戸につき90個（1畦から連続した10個×3畦×3反復）のキャベツを切り取り、球重を測定した。これを現地実証試験における直播キャベツの球重と比較した（1997、1998年度）。

2) 野菜の産地化を図るためには、数ヶ月にわたる継続出荷が求められる。十勝地域において直播

キャベツでこれを実現するには、早期播種の実現が重要となるため、低温下での発芽特性を明らかにしておく必要があると考えられた。そこで、1999年に発芽力の異なる種子（1995、1996、1997、1998年産の「アーリーボール」種子）を用いて場内の圃場で発芽試験をおこない、気温と発芽率の関係を調査した。

3) これまで組み立てた施肥播種技術と一斉機械収穫技術を主とした作業体系（以下、新体系）を評価するため、現地実証試験を行った。対照区は現地実証試験圃場において使用される個人育苗システム、セル成形苗の移植栽培および手収穫とした（以下、慣行体系）。定植にはトラクタ装着半自動移植機（2畦用）を用い、施肥はライムソフによる全面全層施肥とした。1試験区は160m×4畦分（畦間：新体系66cm、移植体系55cm、株間：両体系ともに33cm）とし、供試品種は「アーリーボール」とした。

#### ウ. 結果の概要

1) 3年間にわたる株立ち精度では、1粒播きにおいては1997年と1999年では良好で、1本立ち株で「アーリーボール」、「YR泰山」とともに90%以上の株立ち精度が得られたが、1998年は80%前後であ

表3-1 直播キャベツの株立ち精度\*(1997年)

	アーリーボール		YR泰山	
	1粒播	2粒播	1粒播	2粒播
1本株	96.9	9.8	100	16.9
2本株	3.1	86	0	82.3
3本株	0	4.2	0	0.8
欠株	0	0	0	0
精度**	96.9	95.8	100	99.2

\* 株間:35cm、畦長80mより抜粋、単位:%、播種日:6/23、調査日:7/3  
\*\* 精度:1粒播では1本株、2粒播では1本株と2本株の合計

表3-2 直播キャベツの株立ち精度\*(1998年)

	アーリーボール		YR泰山	
	1粒播	2粒播	1粒播	2粒播
1本株	83.1	18.9	77.4	32.7
2本株	0	78.7	0	64.9
3本株	0	0.4	0	0.4
欠株	0	2	22.6	2
精度**	83.1	97.6	77.4	97.6

\* 株間:35cm、畦長80mより抜粋、単位:%、播種日:6/2、調査日:6/19  
\*\* 精度:1粒播では1本株、2粒播では1本株と2本株の合計

表3-3 直播キャベツの株立ち精度\*(1999年)

	アーリーボール		YR泰山	
	1粒播	2粒播	1粒播	2粒播
1本株	94.4	6.5	90.7	9.8
2本株	0	69.4	0	90.2
3本株	0	23.4	0	0
欠株	5.6	0.8	9.3	0
精度**	94.4	75.9	90.7	100

\* 株間:35cm、畦長80mより抜粋、単位:%、播種日:6/9、調査日:6/25  
\*\* 精度:1粒播では1本株、2粒播では1本株と2本株の合計

り、年次変動が見られた(表3-1, 3-2, 3-3)。

また、2粒播きは、間引き作業を追加することで1本立ち株と合わせた株立ち率の向上、欠株の発生防止を狙ったものである。1本立ちと2本立ち株を合わせた割合は、1999年の「アーリーボール」を除くといずれも95~100%であった(表3-1, 3-2, 3-3)。なお、参考として調査したSH町の農家の移植苗では、欠株と植え痛みを合わせると0.2~2.4%であった。

現地実証試験における直播キャベツの生育の揃いについて、1997年の結果を見ると反復間の変動係数に最大6%の開きがあったものの、全体の変動係数では「アーリーボール」、「YR泰山」ともに20%程度で3町で調査した移植キャベツの結果との比較で

表3-4 現地実証試験における直播キャベツの球重の変動係数(1997年)

品種名		変動係数(%)
アーリーボール	1粒播き	21.6
	2粒播き	19.2
YR泰山	1粒播き	19.0
	2粒播き	21.5
	平均	20.3

表3-5 SH町、SK町、ME町の農家キャベツの斉一性(1997年)

農家名	品種名	平均球重(g)	CV(%)
A(SH町)	YR緑宝	1,724	42.3
B(SH町)	YR緑宝	890	39.1
C(SH町)	YR緑宝	1,252	21.3
D(SK町)	蘭春ゴールド	1,117	26.4
E(SK町)	蘭春ゴールド	765	30.8
F(SK町)	蘭春ゴールド	1,174	21.9
G(ME町)	YR泰山	1,146	17.0
H(ME町)	家康	1,465	19.7
I(ME町)	家康	1,428	21.4
ME町平均			19.4

表3-6 現地実証試験における直播キャベツの球重の変動係数(1998年)

品種名		変動係数(%)
アーリーボール	1粒播き	19.8
	2粒播き	17.0
YR泰山	1粒播き	22.6
	2粒播き	18.1
	平均	19.4

は明瞭な差は認められなかった(表3-4, 3-5)。

1998年では、直播キャベツの球重の変動係数は「アーリーボール」、「YR泰山」の全ての平均で

表3-7 SH町、SK町、ME町の農家キャベツの斉一性(1998年)

農家名	品種名	育苗方式	平均球重(g)	CV(%)
A(SH町)	蘭春ゴールド	自家育苗	1,010	18.8
B(SH町)	蘭春ゴールド	自家育苗	851	19.0
C(SK町)	蘭春ゴールド	育苗センター	1,087	11.6
D(SK町)	蘭春ゴールド	育苗センター	809	15.2
E(SK町)	蘭春ゴールド	(不明)	970	16.4
F(SK町)	蘭春ゴールド	育苗センター	921	12.1
G(ME町)	YR泰山	共同育苗	1,461	29.2
H(ME町)	YR泰山	自家育苗	1,447	17.9
I(ME町)	YR泰山	共同育苗	1,356	18.4
J(ME町)	YR泰山	自家育苗	1,421	14.2
K(ME町)	YR泰山	自家育苗	1,363	19.1
SK町の育苗センター利用農家平均				13.0
ME町の5戸平均				19.8

19.4%で、ME町の5農家に比べてほぼ同等の生育のそろいを得られた(表3-6, 3-7)。しかし、SK町の育苗センターで作った苗を用いた農家の平均が13%とよく揃っていた。

1998年度に調査した苗の斉一性についてはME育苗グループ、SK育苗センターの苗の草丈、葉重の変動係数が、自家育苗や直播による幼植物よりも小さかった。苗と球重の斉一性については、SK育苗センターの苗の揃いが球重の揃いに良い結果をもたらしたことが推察された(表3-8)。

表3-8 移植苗および直播キャベツの形態特性と収穫期球重の変動係数(1998年)

調査農場	草丈(%)	生葉重(%)	生根重(%)	乾燥葉重(%)	球重(%)
M育苗グループ	7	14	18	17	23.8
S育苗センター	6	14	20	24	13.0
E(SK町)	8	17	18	20	16.4
A(SH町)	10	34	39	35	18.8
B(SH町)	15	36	39	33	19.0
直播(場内)	14	39	43	42	23.4

以上から、キャベツの直播栽培でも、十勝の新興産地における移植栽培並みの生育揃いは実現可能であるが、さらに安定生産を目指すためには、目標株数の安定確保技術や生育斉一化のための施肥管理技術の一層の向上を図ることが必要と考えられた。

2) 播種期を変えて異なる気温条件下で発芽試験をおこなった結果、播種後2週間の日平均気温が9℃を超えると出芽率は顕著に向上し、発芽能力の高い種子は、11℃で80%、13℃で89%の出芽率となった(図3-1)。また、日平均気温が11℃以上で固体の生育量(1個体重)の増加は、顕著となるが、15℃を超えると変化はなくなった(図3-2)。これらのことから、播種後2週間の日平均気温が13℃以上で90%以上の出芽率と安定的な初期成育量が確保できることが明らかになった。

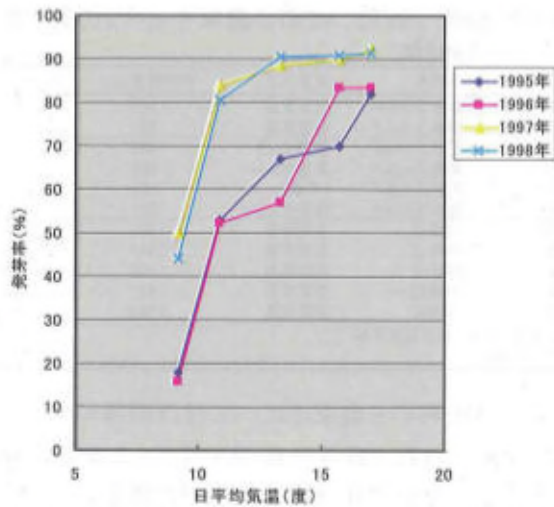


図3-1 播種後2週間の日平均気温と発芽率(%)

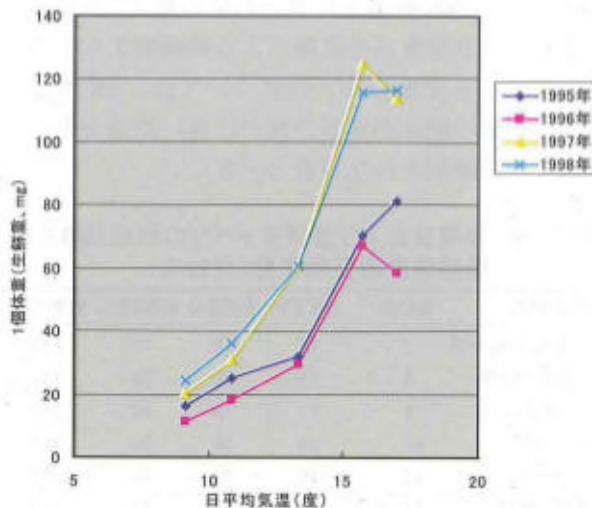


図3-2 播種2週間後の日平均気温と1個体重(生鮮重, mg)

3) 新体系では、施肥播種同時作業機を用いたことによって、播種と畦立ておよび施肥が同時にでき、除草作業までの投下労働時間においては約40%と大幅な短縮を実現した(図3-3)。しかし、機械収穫後の再調整作業における人手が大きな制限因子となった。また、両試験区ともに株腐れや黒斑病および球の生育不揃いが発生し、出荷球率(=出荷球数/試験区全株数, 球重:1319±168g)は試験区全



図3-3 現地実証試験での栽培管理作業体系と作業量

体の1/4~1/5となった。機械収穫による製品歩留まりを調査した結果、処理不良の65%は斜め切りで、深切りの発生は少なかった。斜め切りの発生原因として、株が畦列の前後方向に倒れている例が多かった。なお、左右に倒れた株は収穫機のスクリュコンベヤと挟持ベルトによって搬送姿勢が矯正され、正常に切断された。

#### エ. 今後の課題

キャベツの直播栽培の新体系の確立には、株立ち精度のさらなる向上と球重の変動を小さくするための管理技術の開発とともに、機械収穫の斜め切断率の低減化、再調整作業における省人力化を図る必要がある。

#### オ. 要約

- ① 直播キャベツの栽培体系の確立を目指して、畑作用の施肥播種機による直播を行ったところ、2粒播きで95%以上の株立ち率を得たが、1粒播きでは、年次によって株立ち精度は低下した。
- ② 直播したキャベツの結球の揃いについては、2品種、2播種法(1粒播き、2粒播き)、2年次でおおむね20%の変動係数であった。これは、同じ時期に調査したME町の農家の移植栽培キャベツとほぼ同じ精度であった。
- ③ 各種温度条件下での発芽試験の結果、播種後2週間の日平均気温が13°C以上で安定的な出芽率と初期生育が得られることを明らかにした。
- ④ 施肥播種同時作業と機械収穫による体系化試験で、施肥播種から除草作業までの投下労働時間を約40%短縮することができた。

(豊田政一・石田茂樹・増田欣也・八谷 満・小島 誠・山縣真人)

#### (2) 基幹畑作に直播キャベツを導入した新作付体系の確立—機械収穫に向けたキャベツ直播栽培—

#### ア. 研究目的

北海道十勝地方の大規模畑作地帯においては、畑作4品といわれる小麦・てんさい・ばれいしょ・豆類を中心として1農家当たり平均30ha規模の畑作が営まれているが、いずれも価格が伸び悩んでおり、収益向上のため野菜作の導入が進められてきて

いる。にんじん、ごぼう、ながいもなど根菜類についてはかなりの普及・定着が進んだが、葉菜類に関しては機械化がなかなか進まないため、昨今の労力不足の現状では輪作作物としての安定した普及が困難な状況である。

とくにキャベツにおいては、収穫作業に非常に時間がかかり、一例として58人・時/10aの全作業時間に対して、半分以上の32人・時/10aを要している。また、播種から移植を終えるまでに12人・時/10aかかり、これらの作業を直播・機械収穫により省力化することができる。しかし、直播栽培では、発芽や生育不揃い、生育初期の低温障害や風害、雑草との競合など、収量低下を招く要因が多く、移植栽培のような在圃期間が短かつ移植時に苗の大きさを揃えられるやり方に比べて、移植並みの収量を期待するにはクリアすべき技術的課題が多い。とくに、機械収穫が前提であると、選択収穫が可能な手取り収穫に比べ、キャベツ球の斉一度が大きな要因となる。

直播・機械収穫によりキャベツを生産するには、複粒播きを必要としない高い出芽率、雑草に打ち勝つような早い初期生育、かつ収穫歩留まり向上のための高い生育斉一性が求められる。こうした条件を満たす品種を選び、次に、栽培方法を洗練して、出芽・苗だち率の向上、初期生育の促進、適正な養分供給、規格内球率の向上により、一斉機械収穫を前提とした実用的なキャベツの直播栽培を目指す。

#### イ. 研究方法

2001～2002年に、直播栽培に適した品種を選定、種子の大きさ、播種深度、栽植密度、肥料の種類・量・施肥位置などが、出芽率や初期生育、雑草発生、キャベツ球の斉一度、収量に及ぼす影響を調べた。生育経過の指標としてキャベツをデジタルカメラで撮影して画像解析により1株当りの投影葉面積を求めた。

##### 1) 直播の方法

キャベツの圃場での直播栽培は以下を基本とした。すなわち、4連(畦幅60または66cm)の施肥播種機を用い、施肥部では、速効性の化成肥料(S121化成、成分10-20-10)を40kg/10a(窒素4kg/10a)と緩効性の被覆肥料(ロング424[40日タイプ]、成分14-12-14)を70～100kg/10a(窒素10～14kg/10a)を、両側条(肥料深度8cm、間隔9cm)または帯

状(肥料深度7～8cm、幅2～3cm)に施用した。播種は、ペレット種子を1～1.5cm深、株間25～35cm程度、1～2粒で播種した(図3-4)。なお、1粒播種の場合は、市販ペレット種子を粒数割合で1/4の小粒をふるいで除いたものを使用した。覆土と同時にアセフェート(オルトラン粒剤)またはカルボスルファン(ガゼット粒剤)を散布した。これらの作業は1工程で連続して行なわれる。

必要があれば播種後に除草剤トリフルラリン(トレファノサイド乳剤)を散布した。2粒播種の場合は3葉期にホー除草を兼ねて1本立てとした。1～3葉期より6～7葉期まで爪カルチ・タインを用いた除草を行なった。追肥は行なわなかった。



図3-4 施肥播種機による直播の様子と畦断面の模式図

##### 2) 直播に適した品種

2001年に、サワー系4品種(「楽園」,「藍春ゴールド」,「涼藍」,「金系201EX」)を、2002年には、ボール系4品種(「アーリーボール」,「ブラディボール」,「トップグリーン」,「グリーンボール」), サワー系5品種(「楽園」,「藍春ゴールド」,「涼藍」,「YR青春」,「YR青春2号」), 寒玉系4品種(「YR泰山」,「YR家康」,「若峰」,「YR湖月」)を、合わせて14品種について、直播栽培をしたときの生育および収量を調べた。

##### 3) 直播のための栽植条件

高い出芽率、高い斉一度、速やかな初期生育のための播種方法を検討した。

2001年に市販の「楽園」ペレット種子を4mmのふるいで大小のサイズに約3:1の粒数割合でふるい分け内部種子の大きさを調べた。また、圃場におい



ては、非ペレット「楽園」種子を2mmふるいで大小にふるい分けて直播し生育初期の葉面積を調査した。また、2001年に、ポット(60×15×18cm深)に「楽園」を2, 5, 10, 15, 20, 25mmの深さに各10粒ずつ播種し、発芽および初期生育に対する播種深度の影響をガラス室において3反復で調べた。さらに、速効性、緩効性肥料を全面混和した圃場に2001年5月21日に株間25, 30, 35cmで「藍春ゴールド」をシードテープにより直播し、収量を調べた。

#### 4) 施肥方法

2001年に、ポット栽培において、速効性肥料窒素4kg/10aと緩効性肥料窒素14kg/10aを、4cm間隔側条施用と帯状施用(種子直下、肥料幅8cm)で栽培した「楽園」について、投影葉面積による生育量を比較した。また、速効性肥料(窒素4kg/10a)を一定にし、緩効性肥料40日タイプについて窒素8, 11, 14kg/10aの3水準を設定し、「楽園」を直播栽培して収量調査した。

#### 5) 雑草抑制

圃場に直播栽培した「楽園」において、2001年7月2日(6月7日直播, 2葉期)と7月10日(6月18日直播)にタイン除草の効果を調べた。

### ウ. 結果

#### 1) 直播に適した品種

表3-9に2001年, 2002年の各品種ごとの直播栽培結果を示した。2001年では、「楽園」で収量が高かった。2002年においては、4月25日直播では全般に収量が低く、5月28日直播では、サワー系、寒玉系とも3t/10aを越し、「楽園」で4t/10aの収量となっ

た。7月3日直播では、楽園、家康で5t/10a前後の収量となった。いずれの年もサワー系では「楽園」の収量が高かった。

#### 2) 直播のための栽植条件

ペレット種子を4mmふるいで大小にふるい分ける(大と小の粒数比は約3:1)ことで、初期生育が約30%高くなり(表3-10), 2mmふるいで大小にふるい分けた非ペレット種子を圃場に直播した場合においても大きな種子のほうが生育量が大きかった。また、播種深度が深くなるほど出芽が遅延

表3-10 ペレット種子「楽園」の大きさや初期生育量(2001年)

ペレット内部の種子	葉面積(cm <sup>2</sup> /個体)				
	種子直径(mm)	4日	8日	10日(1葉期)	18日
小	1.93 ± 0.17	1.03 ± 0.35	1.46 ± 0.43	4.10 ± 0.95	27.1 ± 3.0
大	2.13 ± 0.18	1.40 ± 0.45	1.96 ± 0.67	4.82 ± 0.98	42.8 ± 11.0
指数		136	184	118	158

ペレット種子を4mmふるいで大、小にふるい分けた30個ずつの種子の直径128穴苗箱で栽培(9月6日播種)した大、小、各56個体についての播種後6, 8, 19日の投影葉面積  
大小とも発芽率91%  
圃場(6月21日非ペレット種子播種)の葉面積については、7月26日(3-4葉期)計測

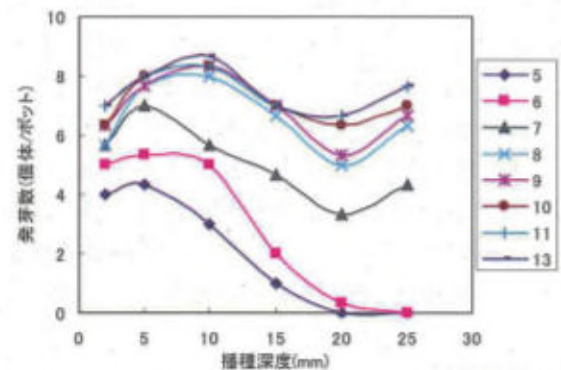


図3-5 播種深度と播種後5~13日の出芽数との関係(2001年)  
9月20日「楽園」を10粒/ポット播種、ガラス室栽培3反復の平均値

表3-9 各品種の発芽、生育、収量の特性(2001、2002年)

品種	種子直率CV(%)		発芽率(%)		出芽率(%)		株立率(%)		初期生育		収量(t/10a)		球茎一俵(CV%)		
	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	
アニーゴールド	7.3		99		87		98 100		68		143 74		1.8		45
ブラディボール	7.5		98		72		93 97		55		175 82		1.7		50
トップグリーン			90		91				81		134		1.1		32
グリーンボール	8.7		99		75		93 100		77		143 86		2.2		69
楽園	9.5 9.9		98 95		97 84 98 83 97 96 95		98 95 97 76 95 95		129 928	188 78	4.9 4.0 5.0	0.9 3.9 5.4	22 22 20	40 29 17	
藍春ゴールド	7.8 6.2		99 99		94 96 89		95 97 94 85 81		88 605	127	0 1.6 3.2	0.7 1.5	20 27 40	30 37	
涼風	8.5 9.7		94 96		91 89 81 98 98 91		96 98 93 84 85		166 921	72	4.6 3.7 4.1	3.5 4.0	24 38 28	33 29	
青春			99		86 83 76				64 78			2.4 2.3		29 35	
青春2号			93		79 96 78 87		70 81 88		161		1.8 3.4 4.5		65 33 31		
泰山			93		82 83 82 92 91 90		75 79 88		199 72		2.2 3.0 4.6		28 29 22		
家康			99		94 93 92 98 98		77 90		76		3.6 4.8		31 25		
岩崎			98		84		80				3.1		32		
明月			92		93 95				96						

注) 種子直率CV(%)はペレット内部の種子についての値  
2001年は2粒播種後に開引いた  
2002年はペレット種子を4mmふるいで75%に大きい種子を選別し、1粒播種した  
2001年の株立率は8月16日にラジコンヘリより撮影した圃場により求めた

し(図3-5), 深度が20 mmを越すと5, 10 mmの場合に比べ出芽が2日程度遅れた。また, 株間25, 30, 35 cm区の直播後50日の植被率は, 各76, 52, 49%で, 群落としての初期生育は25 cm区で最大であったが, 収穫期においては規格球率が下がり, 平均球重は, 35 cm区で大きかったが, 収量は栽植密度の高い30 cm区で最も多かった(表3-11)。

表3-11 株間が収量に及ぼす影響(2001年)

株間 cm	栽植密度 株/10a	球重 kg/個体	球重 CV%	歩留 %	収量 t/10a
35	4330	1.40	18	75	4.2
30	5050	1.26	18	80	5.3
25	6060	1.14	37	51	4.0

5月21日「藍春ゴールド」直播  
8月17日35, 30 cm区収穫, 8月21日25 cm区収穫  
54~56株調査

### 3) 施肥方法

圃場およびガラス室において4 cm条間の側条施用と種子の直下に施肥する帯状施用の初期生育を比較したところ, 帯状施用の方が優れていた(表3-12)。緩効性肥料の溶出タイプについて, 生育初期(直播後34日, 6葉期「楽園」)の投影葉面積は, 緩効性肥料40, 70日タイプでそれぞれ209±0, 203±1cm<sup>2</sup>(32個体ずつ2反復の平均±標準偏差)でほとんど変わらず, また, 収穫期の平均球重にも違いはなかった(データ省略)。窒素施用量については,

表3-12 側条施用(条間4 cm)と帯状施用による「楽園」の初期生育の違い(2001年, ポット試験)

	投影葉面積 cm <sup>2</sup> /個体	生重 g/個体
側条施用	17.2 ± 1.8	43.9 ± 12.8
帯状施用	19.3 ± 2.2	49.5 ± 10.3

3反復の平均 ± 標準偏差

10月26日播種

11月19日(播種後24日)に投影葉面積を測定

12月17日(播種後52日)に生重を測定

表3-13 被覆肥料の施用量を変えたときの「楽園」の平均全重および平均球重(2001年)

窒素施用量 (kg/10a)	8月28日		9月6日	
	全重(kg/個体)	球重(kg/個体)	全重(kg/個体)	球重(kg/個体)
12	2.12 ± 0.26	1.32 ± 0.11	2.26 ± 0.13	1.61 ± 0.09
15	2.12 ± 0.04	1.30 ± 0.07	2.07 ± 0.16	1.54 ± 0.09
18	2.01 ± 0.19	1.28 ± 0.13	2.44 ± 0.44	1.62 ± 0.11

1処理区あたり40個調査した2反復の平均 ± 標準偏差

窒素施用量は, 即効性4 kg/10aを一定にし, 緩効性8, 11, 14 kg/10aを加え, 計12, 15, 18 kg/10aとした

6月5日直播, 8月28日, 9月6日収穫

速効性肥料の量を窒素で4 kg/10aと一定にし, 緩効性肥料の窒素施用量を変えて, 総窒素施用量で12~18 kg/10aの範囲では, 収穫期のキャベツ1個あたりの球重, 全重には有意差が認められなかった(表3-13)。

### 4) 雑草抑制

タイン除草により, キャベツ株列から5 cm以内の雑草は約半減し, 5 cm以上離れた雑草については大部分を除去することができた(図3-6)。

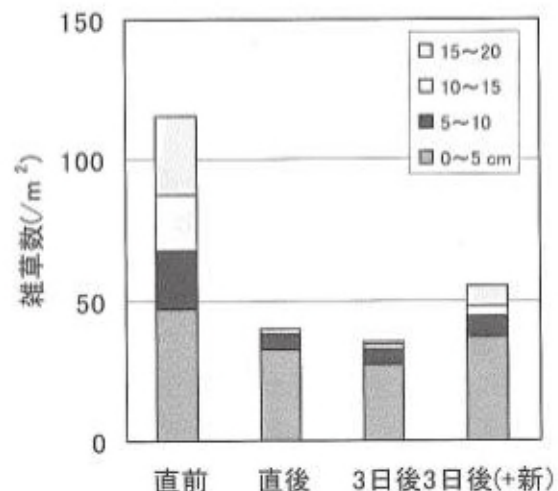


図3-6 爪カルチ・タイン除草機の効果(2001年)

左: 7月2日除草(6月7日直播)

右: 7月10日除草(6月18日直播)

+新: 7または3日後に出芽した雑草を加算

キャベツ株列から0~20 cmの範囲を5cmずつ区切って調査

### オ. 考察

#### 1) 直播に適した品種とその作期

市販の14品種の中で, サワー系品種では「楽園」が安定した出芽率, 早い初期生育, 生育の揃い, 球の斉一性を示した。ボール系では「グリーンボール」, 寒玉系では「家康」が, それぞれ同系の他の品種と比べて出芽, 斉一性が優れていた。実際の栽培では, 生育期間の短い「グリーンボール」を4~5月初めの作期初めに播種し, 以後, サワー系の「楽園」を播種(場合によっては寒玉の「家康」)し, 作期の終わりに向けて8月初めに再びグリーンボールを播種する, というパターンが考えられる。

高い歩留まりとなるには, キャベツの球重分布のピークが重量規格(1~1.6 kg/個体)の中央に入っているときである(図3-7)。とくに収穫機を利用して一斉収穫をする場合には, 最大ピークが規格重に入ったところをねらうことになり, この球重分布の

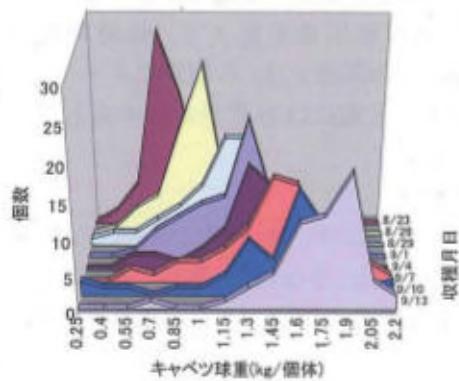


図3-7 収穫期におけるキャベツ球重分布の収穫日による変化  
60個体

幅をできるだけ狭くして斉一度を高めることが重要である。そのためには、結球直前の生育はいうまでもなく、生育初期や出芽時から生育が揃っているのがよい。

## 2) 栽培条件の最適化

直播に適した優良品種を選んだ上で、栽培条件を最適化することにより、さらに初期生育、斉一度を向上させる。

### (1) 種子の選別

種子を重いほうに選別すると、出芽率や初期生育、斉一度が高まり1粒まきが可能となり間引き作業が省けた。なお、圃場試験で、連続したキャベツ球の平均球重が1.3kgのときに、欠株があると、その両隣の球はともに約400g重くなったことから、歩留を低下させることになる。実際、「楽園」の球重CVは株立率と逆相関するので、とくに一粒播きの場合は欠株を極力避けなければならない。

### (2) 播種深度

次に、播種の深さが出芽揃いにとって重要である。水分が十分にある条件では播種深度5mmまでは浅い方が出芽が早かったが、圃場条件では真夏の日中においては、5mm深部分は乾燥し、約1cm深で湿りが観察されたので、1cm深を最適播種深度とした。

### (3) 栽植密度

畦間は狭いほうが外葉による雑草抑制がしやすいが、機械の関係で66cmにせざるを得ない場合が多いと考えられる。「藍春ゴールド」だと畦間66cmのとき、株間が30cmで収量が高かった。栽植密度を上げるため株間を狭めると球のバラツキが大きくなり、収量はかえって低下した。外葉重が「藍春ゴ

ルド」とほぼ等しい「楽園」においてもこの傾向に大差はないと思われる。

## (4) 施肥

施肥播種機のオープナは、豆類で通常使われるようなディスクだと肥料は約9cm間隔で2条に施用されるが、これではキャベツ種子から4.5cm側方に根が伸びるの必要があり、実際、根が肥料まで到達するのに1~2葉期程度までかかり、初期生育がきわめて緩慢であった。肥料の位置については、9cm間隔よりも4cm間隔が、また、4cm間隔よりも種子直下の帯状施用の方が生育が早かったので、舟型オープナを用いて肥料を種子の直下6~7cmに施用するのが良い。これにより、子葉期にはすでに根が肥料に到達し、根の伸長速度の個体差に左右されることがなく、各個体ほぼ同時に肥料が効いて生育を促進することができた。

## (5) 雑草抑制

直播の在圃期間は、播種から3葉期までの1ヶ月が移植よりも長く、キャベツ外葉が株間を覆うまでに35~40日(7葉期くらい)程度かかり、株間まで覆うには播種後60日程度かかる。この間、爪カルチ付きタイン除草は草種を問わず生育初期の雑草に有効で、キャベツの1~2葉期以降に毎週タイン除草を行なうことで、畦間のみならず株間の雑草も防除できた。

## 力. 要約

排水の良い淡芭黒ボク土壌において、機械収穫を前提としたキャベツの直播栽培方法を検討した。

品種について、ボール系では「グリーンボール」、サワー系では「楽園」、寒玉系では「家康」が、同系他品種よりも初期生育、斉一度が優れ直播に適していた。播種は、施肥播種機を用い、畦間を60cmまたは66cmとし、播種深度は10mm程度、株間は30cm程度とする。1粒播きとする場合は、ペレット種子をその直径の大きい方から75%に選別した種子を用いる。播種時に、速効性の化成肥料(S121化成)を40kg/10a(窒素4kg/10a)と緩効性の被覆肥料(ロング424[40日タイプ])を57~100kg/10a(窒素8~14kg/10a)、窒素計12~18kg/10aを7~8cm深で種子の直下になるように肥料幅2~3cmくらいで条施用する。雑草対策は、1~3葉期から6葉期くらいまで週1回程度、3輪管理機等を用いた爪付きタイン除草機により除草する。

## キ. 参考文献

- 1) 山縣真人・小島 誠・八谷 満・奥野林太郎・石川枝津子 (2003) : 大規模キャベツ生産のための機械収穫を前提とした直播栽培技術. 北海道農業試験会議 (成績会議) 資料 平成 14 年度:1-28.
- 2) 石川枝津子 (2002) : 畑地雑草の生態と防除技術. 育種・作物学会北海道談話会会報. 43 : 35-36.
- 3) 小島 誠・山縣真人・八谷 満・林正若菜 (2003) : 直播キャベツの生育特性-移植栽培との比較-. 土肥要旨集. 49 : 234.
- 4) 八谷 満 (2003) : 大規模畑作地帯へのキャベツ機械収穫作業体型化の導入とその評価. 農業および園芸. 78 (1) : 66-72.

(山縣真人)

## 2. 野菜導入による経営革新支援方策の確立

- (1) 野菜作導入農家の実態とキャベツ作を中心とする野菜作の展開方向

### ア. 研究目的

北海道畑作地帯では畑作物価格が低迷しているもとで、農業所得の維持・増加を目指して野菜など集約作物の導入が図られてきた。しかし、野菜類は面積当たりの労働時間を多く必要とすることからその導入が制約されている。そこで、本プロジェクトではキャベツを対象に直播栽培および収穫の機械化を中核とする省力技術の開発を行い実証試験地での導入を図る。以下では、実証試験地の畑作経営における野菜導入の実態を明らかにするとともに野菜作の経営的特質と今後の展開のための技術開発方向を検討する。また、十勝管内における作付方式の変化を整理し、土地利用面を中心に野菜作導入の意義と課題を検討する。さらに、キャベツの流通実態や産地の動向から北海道産キャベツの販売戦略を分析する。これらから、実証試験地におけるキャベツ作を中心とした野菜作の展開方向を明らかにする。

### イ. 研究方法

1) 芽室町H地区およびそれに隣接するS地区の畑作農家30戸の農業経営調査(1997年)に基づき、野菜導入農家の特徴を分析する。対象地の畑作家経の作業構造を把握するため、作業日誌の記帳を農家2戸(M農場;24.5ha, S農場;27.7ha)に依頼し、

作物別・作業別に集計分析する(1998~2002年)。さらに、キャベツ作の作業実態や収益性を明らかにするため、キャベツ作農家(7戸)を対象に、収穫作業を中心にタイムスタディや、聞き取り調査、経営実態調査等を実施する(2000~2003年)。

2) 芽室町の野菜作導入農家(2戸)の作付記録に基づき、80年代までの作付方式の展開と、90年代以降の野菜導入が作付け方式に及ぼした影響を分析する。

3) キャベツの市場統計に基づき北海道産キャベツの流通実態を整理するとともに国内主要キャベツ産地の農業構造を分析し、北海道産キャベツの販売戦略を検討する。

### ウ. 結果及び考察

#### 1) 畑作経営における野菜作導入の実態と課題

現地実証試験農家の立地する芽室町H地区およびそれに隣接するS地区の畑作農家30戸の農業経営調査(1997年)を行って分析した結果、以下の特徴が明らかとなった。

#### ①労働力の保有状況と野菜作

労働力構成では男子労働力が2世代ないしはそれに準ずる経営で野菜作付けが多く、後継者が農外に流出した経営では野菜作付けが少ない傾向がある

(表3-14)。また、野菜作面積が大きいほど雇用が多く(表3-15)、野菜作の導入は労働力の保有量に規定されている。

表3-14 家族農業労働力構成の類型と経営面積・野菜作面積(戸)

	2世代	準2世代	経過型1世代	流出型1世代	合計
経 20ha未満	2	0	2	3	7
當 20~25ha	6	1	0	1	8
面 25~30ha	6	3	0	0	9
積 30ha以上	2	3	0	1	6
野 作付けなし	0	0	0	3	3
菜 3ha未満	5	4	0	2	11
面 3~5ha	5	2	0	0	7
積 5ha以上	6	1	2	0	9
合計	16	7	2	5	30

注) 農家実態調査(1997年)に基づく。

#### ②圃場条件・農地の保有状況と野菜作

対象地区では、80年代後半以降、ごぼう、ながいもといった根もの野菜を中心に野菜の導入が急速に進んでいるが(表3-16)、これは対象地の圃場は乾性火山性土が中心で、耕土が深いという土壌条件に基づくものである。農地の保有状況をみると、近傍

表3-15 雇用労働力と経営面積・野菜面積

	雇用大	雇用中	雇用小	合計
経営面積	20ha未満	1	2	4
	20~25ha	2	2	4
	25~30ha	3	4	2
	30ha以上	4	0	2
野菜面積	作付けなし	0	0	3
	3ha未満	2	3	6
	3~5ha	2	3	2
	5ha以上	6	2	1
合計	10	8	12	30

注) 農家実態調査(1997年)に基づく。

表3-16 試験対象地区における作付構成の変化(%)

	小麦	バレイシヨ	豆類	てん菜	スイートコーン	野菜	飼料作物	合計
H地区								
1975年	12.2	25.5	1.5	21.7	18.0	1.1	19.6	100.0
1980年	12.2	31.5	1.1	26.9	15.1	0.5	12.9	100.0
1985年	19.2	35.9	4.0	28.7	7.9	1.6	3.7	100.0
1990年	27.2	21.3	5.3	26.2	8.2	11.6	0.0	100.0
1995年	24.3	17.5	7.6	24.4	7.4	19.2	0.0	100.0
1997年	24.7	16.9	6.9	22.7	6.9	19.9	0.0	100.0
S地区								
1975年	11.3	20.1	12.4	27.2	21.2	0.8	6.5	100.0
1980年	12.3	25.8	12.4	25.9	16.4	1.3	5.8	100.0
1985年	14.7	26.8	14.5	26.8	11.4	1.3	4.1	100.0
1990年	26.1	23.5	8.4	24.3	10.1	3.0	4.6	100.0
1995年	23.8	20.5	10.6	24.6	8.7	5.4	6.3	100.0
1997年	25.4	21.4	10.1	25.0	5.0	7.1	5.7	100.0

注) 丹波町「営農実態調査」に基づき作成。

表3-17 団地化の状況

経営面積	団地数				自宅隣接面積率		
	1	2	3	4	0~69%	70~99%	100%
20ha未満	5	0	0	0	0	0	5
H 20~25ha	2	1	1	1	2	1	2
地 25~30ha	1	2	0	1	1	2	1
区 30ha以上	0	1	0	1	2	0	0
S地区							
20ha未満	1	1	0	0	1	0	1
20~25ha	1	2	0	0	1	1	1
25~30ha	1	1	3	0	2	2	1
30ha以上	1	0	3	0	0	3	1
合計	12	8	7	3	9	9	12

注1) 農家実態調査(1997年)に基づく。

注2) 自宅隣接面積率 = 自宅隣接団地面積 ÷ 経営耕地面積 × 100

にまとまった農地を保有しており、調査農家平均の団地数は2.0、最も分散している農家で4団地にとどまる。また、農地の80.7%が自宅周辺にあり、集約的な管理を要する野菜導入には好適な条件を備えている(表3-17)。このような団地化された農地の保有状況は、H地区では1987年、S地区では1983年と1993年に実施された交換分合事業によるところが大きい。

### ③野菜作導入による収益水準の変化

対象地区の農家の野菜作付け率と単位面積当たり農産物販売額との間の回帰分析を行うと、下式が推

定される。

$$y = 8.3291 + 0.1671x \quad (R^2 = 0.5838)$$

すなわち、野菜作付け率(x)が高い農家ほど10a当たり農産物販売額(y)が多い。野菜がない場合の10a当たり農産物販売額は約8.3万円であるが、両者の回帰式から平均的な関係を求めると、野菜作付け率が10%高まるごとに1.67万円増加する結果となる。これをもとにH地区の平均である経営耕地面積21.4ha、野菜作付け率20%の場合の農産物販売額(2,498万円)は、野菜がない場合の30ha規模の畑作経営の農産物販売額(2,499万円)とほぼ匹敵する。同様に、10%の野菜作付け率の増加は、普通畑作物だけの場合の20%の耕地面積と同程度の農産物販売額の増加をもたらす。

### ④野菜導入農家の土地利用

現状での野菜作導入は普通畑作の構成比を崩す作用をもたらしていないが、作付け可能な圃場が限定されるながいも・ごぼうなど深根性の根もの野菜の割合が高いことが輪作上の課題としてある。それ以上に大きな課題は秋まき小麦の前作が限定されることから一部生じる小麦連作である。対象地では小麦の前作となる菜豆類がわずかしかないため、前作作物は早ぼりばれいしよとスイートコーンの一部に限定されるが、キャベツ・だいこん・ごぼうの9月上旬までに収穫できる部分は前作となりうる。

### ⑤キャベツ作の栽培管理の実態

キャベツの栽培については、1回の移植面積はキャベツ作の規模とは関連があまりなく10~30aであり、キャベツ作の拡大は移植回数の増加と栽培期間の長期化による。栽培管理についてはカルチ除草2回、手取り除草1回、防除回数6回程度であり、管理集約度の農家間差は大きくない。1回の収穫量は少ない農家は120ケース、多い農家では800ケースであるが、作業人数と作業時間に規定されている。1人1日当たりの収穫量は100ケース程度であり、現状の収穫体系では300~400aがほぼ限界の規模となっている(表3-18)。

### ⑥キャベツ作導入と経営の農繁期構造の変化

旬別作物別投下労働時間から、農繁期構造を分析すると、普通畑作物や根もの野菜では春と秋に農繁期が形成されるのに対し、キャベツでは夏期に作業ピークが形成されており、キャベツ作は畑作経営の労働力利用に補完的な作用を及ぼしていることが確認される(図3-8)。しかし、産地化の観点からは

表3-18 調査農家におけるキャベツの栽培体系

農家番号	作付面積	移植期間	移植回数	1回の移植面積	除草力ルチ	手取り回数	防除回数	収穫期間	収穫延べ日数	収穫作業人数	1回の収穫量
H01	50	6.3~7.10	5	10	2	1	6	7.25~8.15	15	1	200
H02	60	6月上~8.10	2	30	2	1	5	8月初~10月下	10	4	400
H03	150	5月中~8月	10	15	1	0	6~7	7月~9月	45	3	300
H04	60	5月末~6月末	4	10~15	2	1	7~8	7月末~9月末	15	2	300
H05	311	5.10~7.10	10	20~30	2	1	8	7.10~9月上	40	5	400
H06	180	5.20~8.11	5	25	2	0~2	7	7.20~10.22	30	3	400
H08	240	5.10~8.18	12	20	2	1	5	7.10~10.20	70	3	400
H09	330	5.4~8.8	15	15~25	2	2	6	7.12~11.20	70	4	250
H10	380	4月下~8月上	14	20~30	2	1	10	6月下~11月上	100	7	800
H12	400	5月初~8.10	15	25	3	1	7	7.20~11.20	100	4	400
H13	360	5.10~8.15	12	30	1	1	6	7.10~11.5	100~	3	300
H14	80	5月末~8.15	16	5	2~3	1	3	8.19~10.27	連日	2~3	120
S06	300	5.5~8.15	13	10~20	2	1~2	10	7.20~11.10	40	4	400

注1) 除草回数、防除回数は、6月下旬~7月上旬移植の作型に関するもの。  
 注2) 一回の収穫量は収穫最盛期における収穫量。  
 注3) 農家実態調査(1997年)に基づく。

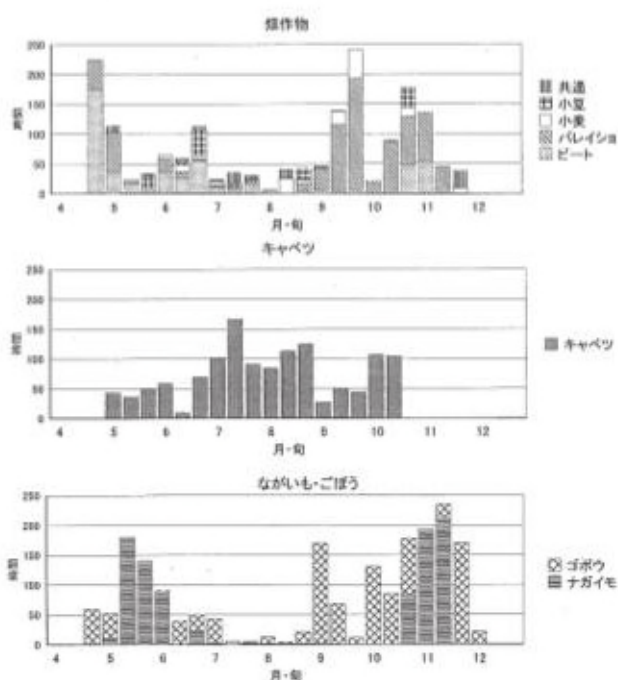


図3-8 旬別労働時間配分の作物間での差異  
 注) 登室町の農家の作業日誌記録結果(平成10年)より作成。

長期継続出荷が求められることから、7月取りキャベツの植え付けや9月・10月取りキャベツと畑作物との作業競合の緩和が必要と考えられる

①キャベツ作における収穫労働時間

現地実証農家及び周辺農家(計7戸)におけるキャベツの手取り収穫作業の作業時間の調査結果(2000年; 記帳ないし実測)をもとに慣行作業体系にお

ける標準的な作業時間について検討した。単位面積当たり延べ作業時間を求めると、0.411~4.000 min/m<sup>2</sup>とばらつきが大きい。そこで単収水準xと単位面積当たりの面積当たり延べ作業時間y (min/m<sup>2</sup>)との関係についてみると、キャベツの単収水準xに比例して増加する傾向がみられる(図3-9)。

$$y = 0.005x - 0.1033 \quad R^2=0.6018$$

この式から単収水準が400~450ケースの時の10a当たり投下労働時間を推計すると31.6~35.8人時/10aと推計される。

さらに、農家(7戸)のキャベツ収穫作業時間に関する聞き取り調査結果(2001年)からは、調査農家平均では一斉収穫圃場が72%、2回取りの圃場が27%、3回取り以上の圃場が1%であった。また、一斉収穫の場合の延べ投下労働時間は7戸平均で、

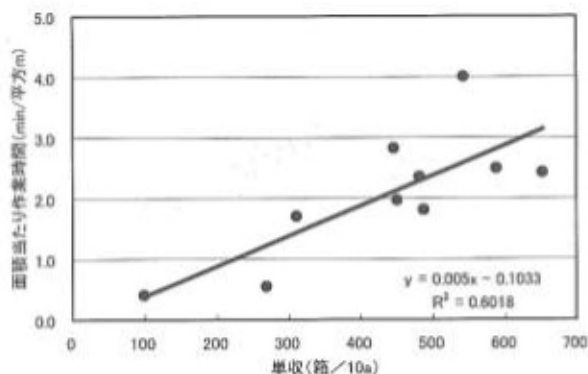


図3-9 キャベツ単収と収穫作業時間の関係

表3-19 収穫回数の割合と収穫労働時間に関する調査結果

			A	B	C	D	E	F	G	平均
収穫回数	一斉収穫	%	50	70	90	35	86	100		72
	2回取り	%	50	30	10	65	10	0		27
	3回以上	%	0	0	0	0	4	0		1
一斉収穫	人員	人	3	3	4	3	3	3	5	
	時間	時	8	24	8	5	3.5	5	8	
	面積	a	12	15	10	10	5	5	10	
	投下労働時間	人・時/10a	20.0	48.0	32.0	15.0	21.0	30.0	40.0	29.4
2回収穫	人員	人	3	3	4	3	3	3	5	
	時間	時	13	29	12	7.5	12	6.5	12	
	面積	a	8	15	10	4	5	5	10	
	投下労働時間	人・時/10a	48.8	58.0	48.0	56.3	72.0	39.0	60.0	54.6
回数加重平均作業能率			人・時/10a	34.4	51.0	33.6	41.8	28.1	30.0	36.5

29.4人・時/10a、2回取りの場合は54.6人時/10aであることから、平均的な投下労働時間は、36.5人時/10aと推計された(表3-19)。

この他、北海道農政部の「北海道農業生産技術体系」(2000年)では37.8人・時/10a、十勝園芸作物協議会他「十勝野菜発展のしるべ」(1996年)では32人・時/10aとなっている。

これらを総合的に判断して、以降の経営評価における慣行の手取り収穫作業の投下労働時間は32人・時/10aとした。

⑧作物別の収益性・労働集約性と野菜類の技術開発方向

芽室町における主要な畑作物および野菜類の10a当たり農業所得と10a当たり投下労働時間を推計すると、図3-10の通りである。野菜類の10a当たり農業所得は、10~20万円と畑作物に比較して格段に高収益であるが、投下労働時間も40時間以上と格段に多く、1戸当たりの作付け面積が限定されるため、所得確保のための副次的な作物として位置づ

けられる。しかし、普通畑作物の一層の市場競争の激化=価格低下が予測される中で、野菜類を畑作経営の基幹作物の一つとして位置づけ、普通畑作物との輪作体系を確立する必要がある。その際、野菜類=高収益+労働集約的という位置づけではなく、従来の野菜類と普通畑作物との中間的な集約度の作物として野菜類を位置づけていく必要があろう。従来より収益性が多少低下しても、省力化により作付け規模が拡大できれば、経営総体としての収益性を確保しながら、作付け方式の合理化をはかることが可能と判断できる。

2) 野菜作導入が作付方式に及ぼす影響

(1) 畑作農家の作付方式の展開

畑作付方式は農家の立地条件や農協の戦略の違いなどによって、地域によって多様な様相を示していたが、実証試験地の芽室町では豆類から根菜類への転換が早くから進んだ。A農場(1975年時点の経営耕地面積15.44ha、家族労働力2人)の土地利用の変化は対象地のこのような展開を典型的に示している。そこでこの事例から、まず70年代以降の作付方式の展開を検討する。なお、作付パターンを整理するにあたっては、作付図を圃場の短辺を一定幅の短冊形に区切り(これを地片と称した)、作付パターン別に面積割合を整理した。

A農場は、乾性火山灰土壌の土壌条件の下にある。乾性火山性土壌は元来腐植に乏しく、豆類を基幹とする畜力段階では生産力の低い土壌とされていたが、排水が良好なため湿害の影響を受けやすい根菜類が基幹作物となり、トラクタによる深耕と化学肥料の多投という機械化農法が展開してくると、むしろ優等地に位置づけられるようになってきた。このことか

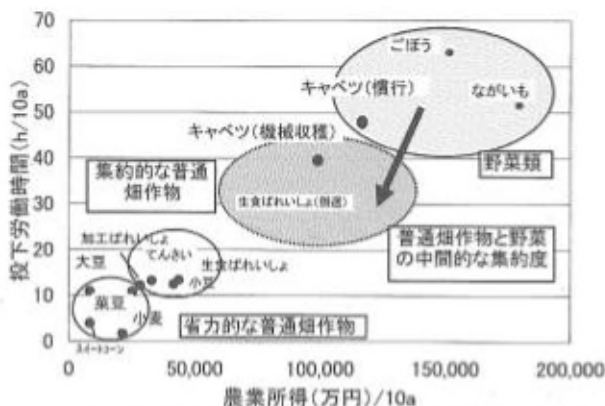


図3-10 作物別の10a当たり農業所得と投下労働時間

ら乾性火山性土壌が広く分布しているA町では、早くより基幹作物が豆類から根菜類に転換している。A農場でも1973年には小豆、74年には菜豆の作付がなくなり、若干の野菜類（かぼちゃ・アスパラガス）の他は、てんさい・ばれいしょ・スイートコーン・小麦の4作物に単純化されている。その結果70年代の作付方式は図3-11にあるように、

てんさい-ばれいしょ-スイートコーン-小麦…〔1〕

という豆類がすべて排除された4年輪作パターンが30.4%となっている。また、〔1〕式からさらに、イネ科作物の割合を減らした下記〔2〕・〔3〕式のような3年輪作の作付パターンが60.8%と主体となっている。

70年代						
類型	代表的作付パターン				地片数 注1)	割合 (%)
	1年	2年	3年	4年		
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦		39	38.2
	ビート	馬鈴薯	スイートコーン		21	20.6
	小計				62	60.8
4年輪作	ビート	馬鈴薯	スイートコーン	小麦	31	30.4
	小計				39	38.2
その他					1	1.0
	合計				102	100.0

80年代						
類型	代表的作付パターン				地片数 注1)	割合 (%)
	1年	2年	3年	4年		
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦		76	65.5
その他					40	34.5
	合計				116	100.0
うち小麦連作					26	22.4
うち馬鈴薯連作					14	12.1
	合計				40	34.5

図3-11 A農場の作付パターン(80年代まで)

注1)地片とは圃場の長辺200間の圃場を短辺方向に2.5間隔で細分化した分析のための単位であり、この事例では1地片で16.7aに相当する。  
注2)A農場の作付け記録を基に作成した。

てんさい-ばれいしょ-小麦……………〔2〕

てんさい-ばれいしょ-スイートコーン……〔3〕

80年代に入ると、重要な有機物供給源であるスイートコーンが収益性の低さから排除される。3作物にまで単純化されると、秋播き小麦の播種作業時期の限定から、各作物を1作ずつ作るとすれば、

〔2〕以外の作付パターンはとることができない。しかし、小麦の前作をばれいしょのみでやりくりすることは困難であり、小麦の連作が22.4%発生している。また、ばれいしょでも連作が12.1%発生している。

このように普通畑作物による畑作の土地利用上の課題は、輪作年限の極端な短縮化と全ての作物での過作化による連作の発生である。このことはB農場に限らず十勝管内の畑作農家に共通した傾向である。特にばれいしょや小麦は、連作障害の影響が明瞭であったてんさいや小豆などと比べれば輪作年限についての制限が農家に強く意識されず、土地利用上の調整作物として位置づけられたことから、このような傾向が助長されたものといえる。しかし、連作が恒常化する中で、ばれいしょのそうか病・黒痣病や小麦の条斑病などの土壌病害が顕在化してきた。A町の農家42戸の調査結果(2001年)から、農家が過作であると判断している作物を図3-12に示した。小麦をあげるものが68%と高い。そうか病の発生などから近年作付が減少してきたため、ばれいしょが過作であると回答したものは13%だけであるが、連作障害の発生している作物としては馬鈴薯

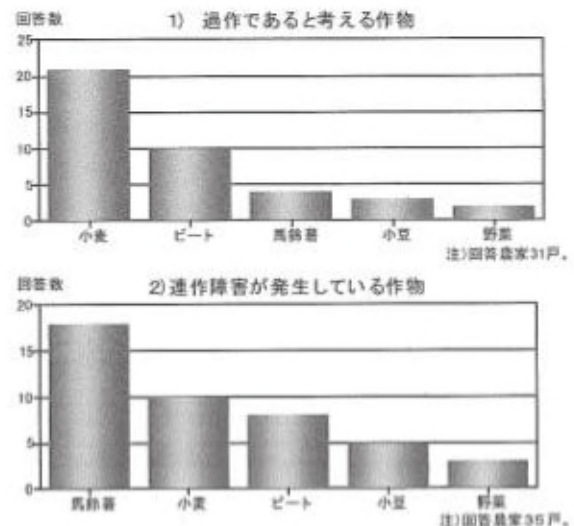


図3-12 過作・連作に関する農家の意識

注1)農家42戸の調査(2001年)結果より作成。

を51%の農家があげており、一番回答率が高い。

このような過作化の問題とともに、有機物の還元量の減少の問題がある。B農場ではプラウの大型化に対応して耕深は深くなってきた。その一方で、スイートコーンが排除され有機物の還元量が減っているだけでなく、堆肥が入手困難な中で堆肥が数



年に一度、しかも部分的にしか投入されなくなった。十勝の畑作経営ではトラクタの高馬力化とブラウの大型化に伴い一般に耕深は深くなってきているが、不良下層土の混入の問題を回避するためには、有機物の還元によって地力を維持・保全する必要が高まっている。残さ利用の点からは、還元可能な有機物残さが多く、C/N比も高い小麦残さが、地力維持上重要な有機物源と考えられる。しかし、鋤込み圃場での窒素飢餓や、未分解の有機物がばれいしょ品質に及ぼす影響への懸念などから、鋤込まれることなく経営外に搬出されたり、焼却されることが少なくない。やはり残さ有機物の多いスイートコーンの栽培も行われているが、低収益なため作付方式に定着しづらい。その他、地力維持対策として小麦跡の緑肥栽培が多く行われているが、小麦収穫（7月下旬～8月上旬）後の短期間の栽培のためこれに大きな効果を必ずしも期待できるものではない。また、堆厩肥についても畑作地帯と酪農地帯の分化の結果、酪農家の少ない芽室町のような地域では堆厩肥の入手は困難であり、十分な量・質の確保ができているとは言い難い（注1）。

### （2）ながいも作の導入による作付方式の変化

A農場では90年にながいもを導入したが、それ以降の作付パターンを図3-13に示した。90年代前半には、てんさい跡にながいもが入った4年輪作パターンが12.0%みられる。しかし、この時点ではながいもの面積も少なく、前掲〔2〕の3年輪作の作付パターンが75.2%と太宗を占めている。ここで

90年代前半							地片数 (注1)	割合 (%)
類型	代表的作付パターン				7年	小計		
	1年	2年	3年	4年				
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦			80	75.2	
長芋	ビート	長芋	馬鈴薯			4	3.4	
	ビート	長芋	馬鈴薯	小麦		14	12.0	
					小計	20	17.1	
その他					小計	6	5.1	
					合計	117	9.9	
うち小麦連作						2	1.7	
うち馬鈴薯連作						5	4.3	
					合計	7	6.0	

90年代後半							地片数 (注1)	割合 (%)
類型	代表的作付パターン				7年	小計		
	1年	2年	3年	4年				
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦			30	29.0	
	ビート	スイートコーン	小麦			25	20.8	
					小計	55	46.7	
4年輪作	ビート	馬鈴薯	スイートコーン	小麦	小計	12	10.0	
長芋	ビート	長芋	馬鈴薯	小麦	小計	27	22.5	
					小計	39	32.5	
その他					小計	13	10.8	
					合計	120	100.0	
うち小麦連作					合計	13	11.1	

図3-13 A農場の作付パターン(90年代以降)

注1)第1園と隣圃にして作成。

注目したいのは、小麦・ばれいしょの連作圃場が6.0%に減っていることである。これはながいもの導入により小麦が減少し、80年代の後半に比べ作付順序を遵守しやすくなったためと考えられる。

90年代後半に入るとながいも面積は増加し採種圃と青果圃を合わせた延べ面積で2haを越えるようになる。この間、B農場では3～4haの借地での規模拡大を行って土地利用上のゆとりが生じてきたこともあり、スイートコーンを95年より再度作付している。その結果、90年代前半には80%を越えていた作付間隔3年の作付パターンの圃場が5割まで減少し、それ以外は作付間隔が4年以上の作付パターンとなっている。また、小麦連作が11.1%と80年代後半より少なく、ばれいしょの連作はなくなっている。このように作付頻度や作物の交替という点では技術的合理性が増している。

ただし、ながいも導入に伴う技術的課題も顕在化してきている。ながいもは植え付け時と収穫時の双方で90cmもの深耕をトレンチャーで行うため、不良下層土の混入が問題となる。その結果、A農場では長いも跡のばれいしょの収量が低下する等の現象を指摘している。スイートコーンの作付再開は、このような地力低下への対策として残さ有機物の還元をはかることを目的としており、93年からは堆厩肥の投入も再開している。

B農場の71年以降の作付筆数（注2）と1筆当たりの圃場面積を求めると、80年代までは作物数の減少と同一作物の団地的な利用が進み6～7筆・2.5ha/筆まで単純化が図られている。しかし、長いも導入以降は筆数が増加し13筆・1.6ha/筆と筆数の増加と細分化が見られる。その要因として野菜類が労働集約的であり、播種・定植や収穫作業の能率から栽培可能面積が普通畑作物と比べ小さいことがあげられる。このことから、毎年の圃場ごとの作付け作物の選定が複雑化し、一定の作付方式の形成を擾乱する可能性がある。さらに、ながいもやごぼうなどの深根性の野菜の場合、下層土に根が出るような圃場では栽培が不可能であり、このような圃場の制約が圃場ごとの作付け作物選定をさらに複雑化させている。

### （3）キャベツ作の導入による作付方式の変化

野菜類の導入といっても作物の種類によって土地利用上の特性は異なる。十勝地域においては当初根もの野菜を中心に導入が図られてきたが、近年は

キャベツなどの葉菜類の導入も進んでいる。図3-14はキャベツ導入農家の芽室町B農場（1999年時点の経営耕地面積22ha、家族労働力4人）の作付記録をA農場と同様の方法で整理した結果を示している。B農場では、1986年にほうれんそうを導入して以来、キャベツ、はくさいなどの葉菜類を中心に野菜の導入を図っており、夏キャベツの作付面積が92年には1ha、97年には2haを超えている。80年代後半の作付方式をみるとA農場と同様に前掲〔2〕の3年輪作パターンが50.0%と多い。80年代後半以降の政府補助作物の価格低下などから小豆の相対的な有利性が上昇し、B農場でも小豆が毎年作付けされており、豆作を含む作付パターンが26.4%ある。キャベツには、秋作キャベツと夏作キャベツがあるが、80年代後半ではそれらを含む作付パターン合わせて10.4%であり、いずれも小麦を前作、てんさいを

類型	代表的作付パターン					地片数 注1)	割合 (%)
	1年	2年	3年	4年	7年		
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦			93	90.0
	ビート	馬鈴薯	小麦/キャベツ	注2)		3	2.8
				小計		97	93.2
4年輪作	ビート	馬鈴薯	馬鈴薯	小麦		3	2.8
	ビート	馬鈴薯	馬鈴薯	小麦/キャベツ		2	1.9
				小計		5	4.7
十豆作	ビート	馬鈴薯	小麦			10	9.4
				小計		28	26.4
夏キャベツ						6	5.7
				小計		106	100.0
うち連作					5	4.7	
うち秋キャベツ					5	4.7	
キャベツ作(夏+秋)					11	10.4	

類型	代表的作付パターン					地片数 注1)	割合 (%)
	1年	2年	3年	4年	7年		
3年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦			27	20.9
	ビート	馬鈴薯	小麦/キャベツ			37	28.7
				小計		64	49.6
4年輪作	ビート	馬鈴薯	小麦	小麦/キャベツ		7	5.4
				小計		9	7.0
十豆作	ビート	小麦	馬鈴薯	小麦/キャベツ		19	14.8
				小計		34	26.4
夏キャベツ	ビート	キャベツ	小麦			2	1.6
	ビート	キャベツ	馬鈴薯	小麦		6	4.7
				小計		39	30.2
その他						10	7.8
						179	100.0
うち小豆連作					7	5.4	
うち馬鈴薯連作					3	2.3	
				小計		10	7.8
うち秋キャベツ					16	12.4	
うち秋キャベツ					35	27.1	
キャベツ作(夏+秋)					74	57.4	

図3-14 B農場の作付パターン

注1) 地片とは圃場の長さ100mの圃場を短辺方向に2m間隔で細分化した分析のための単位であり、この事例では1地片で14.7aに相当する。  
 注2) 小麦/キャベツは小麦収穫後に秋キャベツを作付けするパターンである。  
 注3) 自農場の作付け記録を基に作成した。

後作としている。

90年代に入るとキャベツ作が拡大し、キャベツを含む作付パターンが57.4%にまで増え、〔2〕の3年輪作パターンは20.9%に低下し、7割の圃場で4年以上の作付方式が形成されている。キャベツの前作物では小麦、後作物ではてんさいが多いが、それ以外の作物も増えている。

キャベツは前後作に特定の作物を忌避したり選好したりする事が少ない。また、栽培期間が短いため小麦の前作にも後作にもなりうることから土地利用の自由度を高める働きを持ち、小麦-秋キャベツや、夏キャベツ-秋野菜などの年2作により土地利用をあげることもできる。耕深についても、根もの野菜のような深耕は不要であり、不良下層土混入の問題も発生しにくく、作付けできる圃場条件の限定も少ない。さらに野菜類としては残さ有機物も多く、養分収支上の利点もある。そして、十勝の畑作経営ではアブラナ科作物は少ないため、土壌病虫害発生の可能性も高くはない。また、労働力利用の面でも、長いものでは普通畑作物と同様に農繁期が春の定植・春堀と秋の収穫時期にあるのに対し、作期の短いキャベツでは農繁期が収穫最盛期の7～9月にあり、労働配分の季節的な平準化に有効と考えられる。

このように、キャベツの導入は土地利用上の利点が多く、野菜を取り入れた畑作方式の確立にとって有用な作物と考えられる。しかし、キャベツは野菜類の中では比較的粗放的であるが、それでも10a当たりの労働時間は50時間程度の労働時間を要するため、ながいもと同様に普通畑作物と比較して作付可能面積が小さい。したがって、規模拡大が進む中で野菜を含めた4～5年輪作体系を確立していくとすれば、収穫労働を中心に省力化が図られる必要がある。

注1) 2001年の農家調査結果（回答農家709戸）では、畑作農家のうち自作地に毎年堆肥を施用しているものは18%、数年に一度施用しているものは36%、無施用のものが43%であった。

そして、堆肥投入農家のうちで自作地の堆肥投入が質・量とも十分というものは29%にすぎなかった。

注2) 農道や防風林等を越えた移動をせずに同じ作物について連続して作業ができる圃場のかたまりを筆と称した。

### 3) キャベツの流通実態と産地の動向

#### (1) 市場構造分析

キャベツの市場構造を明らかにするため、東京、名古屋、大阪、札幌、盛岡の中央卸売市場年報の20ヶ年（1979～98年）のデータに基づき、主要市場におけるキャベツの産地別出荷動向を把握するとともに、需要関数を計測した。

主要市場の夏秋キャベツ取扱数量は減少している中で、従来の主要産地の関東甲信越のシェアは依然高いものの減少傾向にある。その中で、北海道産の

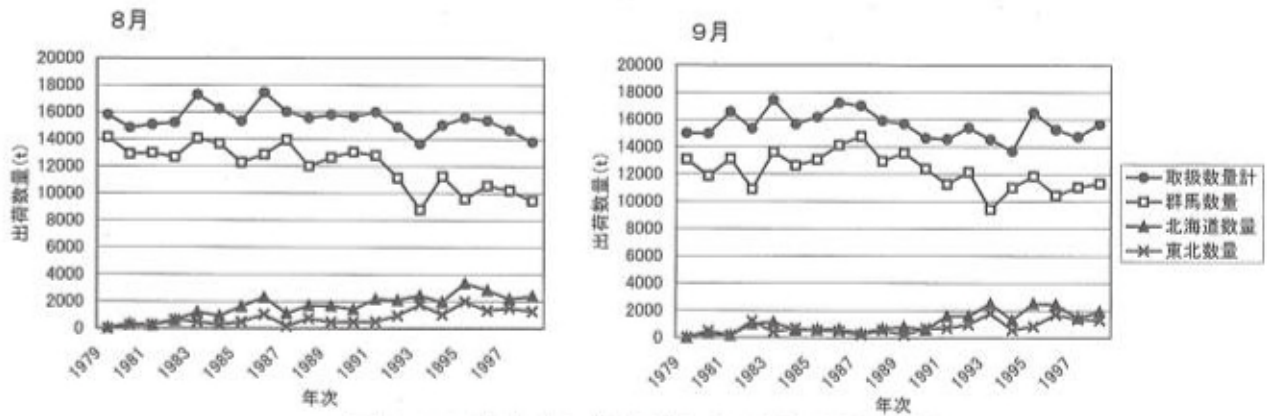


図3-15 東京中央卸売市場における産地別出荷量

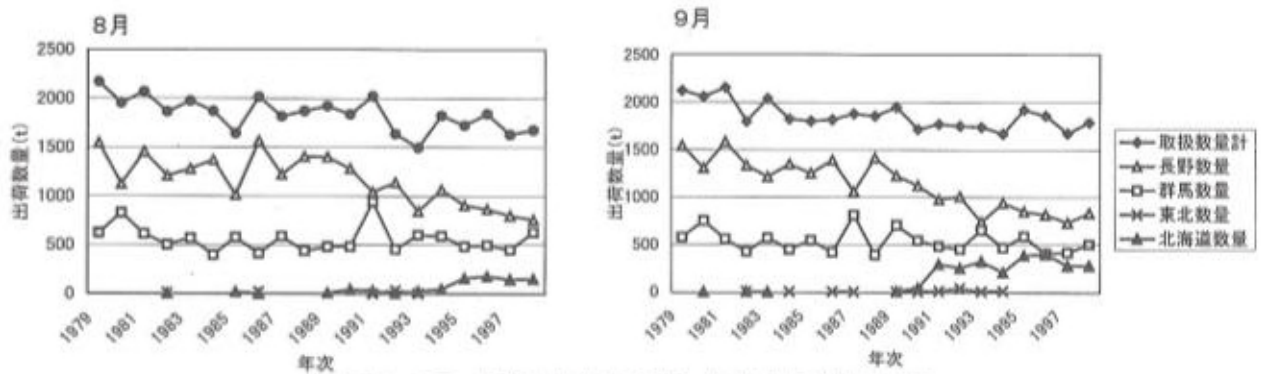


図3-16 大阪中央卸売市場における産地別出荷量

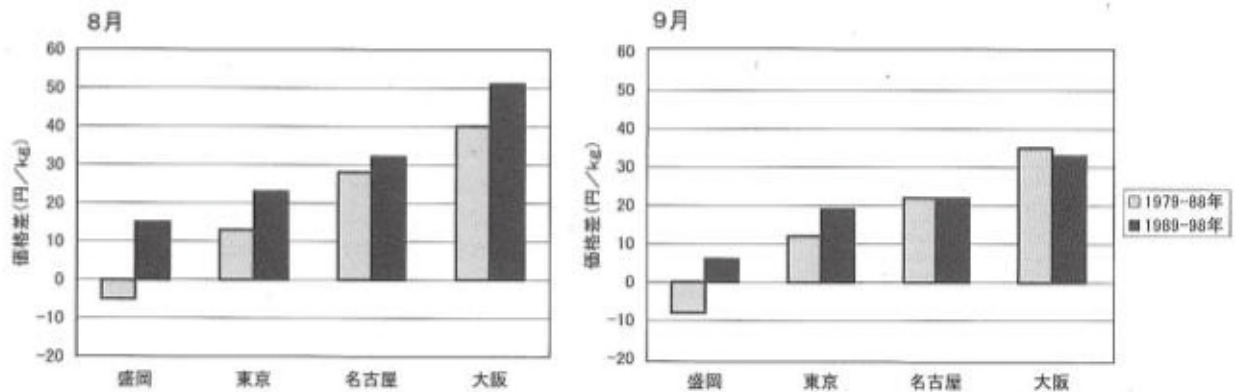


図3-17 市場間でのキャベツの価格差

注) 当該市場の10カ年平均価格－札幌市場の10カ年平均価格

シェアは東京中央卸売市場の8月では1979年の0.4%から98年の17.3%、9月では0.1%から12.4%へ、大阪中央卸売市場8月では0%から9.1%、9月では0%から15.5%と急速に増加している(図3-15、3-16)。

また、夏秋キャベツの価格を、市場間で比較すると札幌<盛岡<東京<名古屋<大阪の序列を形成している。大阪市場や名古屋市場の札幌市場との価格

差は22~35円/kgと輸送コストの差(約18円/kg)をカバーできる水準にあると判断され(図3-17)、北海道のキャベツ産地において西日本を含めた市場選択が可能であることを示している。

さらに、取扱数量と価格の関係を表す市場需要関数を計測した(表3-20)。東京市場の推計結果は安定しており、主産地の出荷量の変化率に対する価格の変化率を表す価格伸縮性係数は1979~1988年

表3-20 主要中央卸売市場におけるキャベツの需要関数の計測結果

	自由度 修正済 み決定 係数									
		b0	b1 lnQ1	b2 lnQ2	b3 lnQ3	b4 lnQo	b5 Dm8	b6Dm9	b7Dm10	
1979-88										
東京	0.402	30.193	-2.186 **	0.052	0.077	-0.820 *	-0.242	0.149	0.115	
大阪	0.224	29.633	-1.601 **	-0.238		0.036	0.213	0.206	-0.462	
名古屋	0.211	41.219	-1.705 **	-0.371 *	-0.474	-0.097	0.234	0.378	-0.213	
札幌	0.000	-5.772	0.664				0.139	0.210	-0.132	
盛岡	0.010	-3.874	1.342			-0.771	0.020	-0.011	-0.027	
1989-98										
東京	0.269	29.799	-1.981 **	-0.450	0.046	-0.585 *	-0.039	0.153	-0.125	
大阪	0.000	15.310	-0.626	-0.013	-0.136		-0.227	-0.232	-0.205	
名古屋	0.173	15.257	-0.622	-0.138	-0.287	0.263	-0.216	0.054	-0.169	
札幌	0.003	-0.525	0.308	0.072	0.246	0.114				
盛岡	0.000	2.520	0.579			-0.467	0.111	0.152	0.040	

注1) 両対数線型式  $\ln P = b_0 + \sum b_i \ln Q_i + \sum b_j D_{mj}$  を用いて計測した。

2) Pは月別市場平均価格、Qは月別の取り扱い数量、Dmは月ダミー。ただし、

東京市場 Q1:群馬県 Q2:北海道 Q3:東北 Qo:その他

大阪市場 Q1:長野県 Q2:群馬県 Qo:その他

名古屋市場 Q1:長野県 Q2:群馬県 Q3:愛知県 Qo:その他

札幌市場 Q1:取扱数量計(ほとんど北海道産)

盛岡市場 Q1:岩手県 Qo:その他

3) 下段の数字はt値。\*\*は1%、\*は5%水準で有意。

で-2.186、1989～1998年で-1.986と、価格変動の大きい作物の特徴をよく表している。一方、大阪、名古屋では、79～88年では説明力は低いものの価格伸縮係数は統計的に有意で-1.601、-1.705と東京市場に類似した水準であるが、89～98年の推計式の説明力は極めて低く、価格伸縮性係数の絶対値も-0.626、-0.622と1より小さく係数も有意でなく不安定である。また、札幌や盛岡では全期間を通して説明力が低く、取扱数量と価格の関係が明確でない。このことは、東京市場が建値市場となって価格形成されていることと、相対取引の増大に伴い取扱数量と価格が独立して決定される傾向にあることに対応しているものと考えられる。したがって、値動きをにらんで出荷先ごとに出荷量をコントロールするというような販売戦略より、出荷市場との連携を深めて有利販売を実現する方向での販売戦略の重要性が高まっている。

#### (2) 主要キャベツ産地の農業動向

主要夏秋キャベツ産地(98年でキャベツ作100ha以上の市町村及び十勝管内キャベツ産地)の全国31市町村(北海道旭川市、南幌町、厚沢部町、和寒町、

伊達市、上富良野町、美瑛町、幕別町、芽室町、士幌町、鹿追町、青森県下田町、三沢市、百石町、岩手県一戸町、岩手町、群馬県嬬恋村、長野原町、長野県塩尻市、軽井沢町、原村、御代田町、小諸市、川上村、朝日村、南牧村、望月村、大分県九重町、熊本県高森町、波野村、矢部町)の1990年及び95年の農林業センサ集落カードを1戸平均野菜作面積(北海道畑作市町村1ha以上、それ以外30a以上)を基準に再集計し、農業構造に関する53の主要指標を用いて主成分分析を行い、主要産地の農業構造の視点からの競争力を検討した。

夏秋キャベツ産地を含む市町村の農業構造関連諸係数(土地、年齢別労働力等)を再集計し、主成分分析を用いて農業構造の特徴を類型的に把握した。第1主成分は農業専従者数、経営耕地面積、動力耕うん機又は農用トラクタ台数(30PS以上)など、土地・労働力・資本といった経営要素の現状の賦存量と関連し農業生産基盤の強さを示す主成分と解釈できる。また、第2主成分は農業専従者数の変化率と関連しており、農業労働力の変化の激しさを示す主

表3-21 キャベツ産地の農業構造に関する主成分分析結果

		主成分1	主成分2	主成分3
固有値		15.951	7.625	5.522
寄与率(%)		30.1	14.4	10.4
累積(%)		30.1	44.5	54.9
固有ベクトル	95年構成比率			
1 専業別農家数・専業農家	95年構成比率	0.212	-0.099	-0.096
2 専業農家のうち男子生産年齢人口がいる	95年構成比率	0.207	0.090	0.068
3 第1種兼業農家	95年構成比率	0.010	0.014	0.341
4 第2種兼業農家	95年構成比率	-0.220	0.092	-0.103
5 兼業種類別農家数・雇用兼業・恒常的勤務	95年構成比率	-0.101	-0.018	-0.287
6 雇用兼業・出稼又は日雇又は臨時雇	95年構成比率	0.119	0.028	0.291
7 自営兼業	95年構成比率	-0.115	-0.047	-0.153
8 家族構成別・同居あとなつぎがいる世帯	95年構成比率	-0.084	0.191	-0.235
9 農業労働力保有状態別・男子農業専従者がいる	95年構成比率	0.225	-0.109	0.016
10 あとなつぎ男子農業専従者がいる	95年構成比率	0.212	0.007	-0.124
11 65歳未満男子農業専従者(95年は農業専従者)がいる	95年人数/戸	0.233	-0.034	0.089
12 農家人口・男計	95年人数/戸	0.150	0.167	-0.069
13 農家人口・男・65歳未満	95年人数/戸	0.129	0.189	-0.034
14 農家人口・女計	95年人数/戸	0.162	0.167	-0.059
15 農家人口・女・65歳未満	95年人数/戸	0.139	0.197	0.008
16 農業専従者・男計	95年人数/戸	0.235	-0.081	-0.040
17 農業専従者・男・16～29歳(95年は15～29歳)	95年人数/戸	0.225	-0.014	-0.120
18 農業専従者・男・65歳以上	95年人数/戸	-0.087	-0.157	-0.224
19 農業専従者・女計	95年人数/戸	0.225	-0.057	-0.013
20 農業専従者・女・16～29歳(95年は15～29歳)	95年人数/戸	0.207	-0.029	-0.125
21 農業専従者・女・65歳以上	95年a/戸	-0.100	-0.097	-0.194
22 経営耕地・面積計	95年a/戸	0.213	-0.027	-0.013
23 稲	95年a/戸	0.003	0.065	0.338
24 畑作物	95年a/戸	0.201	-0.024	-0.090
25 野菜類	95年台/百戸	0.178	-0.058	-0.101
26 動力耕うん機又は農用トラクター・30PS以上	95年a/戸	0.228	-0.024	-0.066
27 耕作放棄地・面積	95年/90年-100	-0.136	-0.034	-0.036
28 農家数の増減率	95年/90年-100	0.098	0.183	-0.039
29 専業別農家数・専業農家	95年/90年-100	-0.041	0.174	-0.077
30 専業農家のうち男子生産年齢人口がいる	95年/90年-100	0.045	0.197	0.013
31 第1種兼業農家	95年/90年-100	0.110	0.107	-0.103
32 第2種兼業農家	95年/90年-100	0.085	-0.092	-0.044
33 兼業種類別農家数・雇用兼業・恒常的勤務	95年/90年-100	0.103	0.141	0.260
34 雇用兼業・出稼又は日雇又は臨時雇	95年/90年-100	0.122	-0.037	-0.175
35 自営兼業	95年/90年-100	0.049	-0.006	-0.041
36 家族構成別・同居あとなつぎがいる世帯	95年/90年-100	-0.011	-0.078	-0.077
37 農業労働力保有状態別・男子農業専従者がいる	95年/90年-100	-0.066	0.225	-0.075
38 あとなつぎ男子農業専従者がいる	95年/90年-100	-0.011	0.169	-0.180
39 65歳未満男子農業専従者(95年は農業専従者)がいる	95年/90年-100	-0.077	0.297	-0.030
40 農家人口・男計	95年/90年-100	0.123	0.165	-0.082
41 農家人口・男・65歳未満	95年/90年-100	0.093	-0.043	-0.013
42 農家人口・女計	95年/90年-100	0.118	0.163	-0.035
43 農家人口・女・65歳未満	95年/90年-100	0.048	-0.031	-0.042
44 農業専従者・男計	95年/90年-100	-0.017	0.296	-0.093
45 農業専従者・男・16～29歳(95年は15～29歳)	95年/90年-100	-0.022	0.022	-0.184
46 農業専従者・男・65歳以上	95年/90年-100	-0.043	0.263	-0.035
47 農業専従者・女計	95年/90年-100	-0.031	0.297	-0.076
48 農業専従者・女・16～29歳(95年は15～29歳)	95年/90年-100	0.019	-0.026	-0.156
49 農業専従者・女・65歳以上	95年/90年-100	-0.048	0.283	0.029
50 経営耕地・面積計	95年/90年-100	0.130	0.050	0.045
51 野菜類	95年/90年-100	0.166	0.049	0.014
52 動力耕うん機又は農用トラクター・30PS以上	95年/90年-100	-0.129	0.020	0.044
53 耕作放棄地・面積	95年/90年-100	-0.036	0.169	0.264

注)農林業センサス集落カードを用いて分析した。

成分と解釈された(表 3-21)。

十勝管内の3町村は農業生産基盤の強さで優位にあるが、関東甲信越の高冷地産地もこれに準ずる(図3-18)。一方、関東甲信越の準高冷地産地や九州の産地は双方の主成分とも劣位にある。すなわち北海道の畑作地帯の産地や関東甲信越の高冷地産地は、重量野菜であるキャベツの産地として今後も展開する基盤に恵まれていると考えられるのに対して関東甲信越の準高冷地産地や九州の産地には産地の弱体化が懸念される。前述の大阪市場・名古屋市場における主産地のシェア低下はこのような産地の農業構造の変化に対応した産地移動に基づくものと考えられ、この点からも中京・京阪神や九州市場を含めた市場選択の有効性が示唆される。

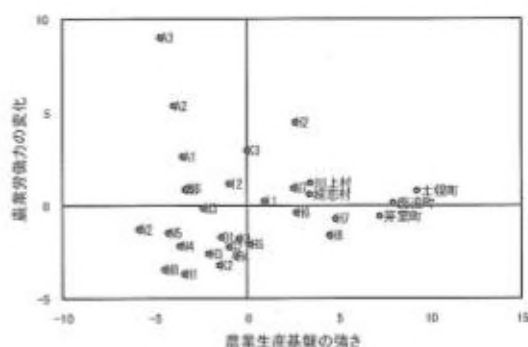


図3-18 夏秋キャベツ産地の農業構造から見た分類

注1) 80/95農林業センサス集約カードを基礎に主成分分析を行い作成した。  
注2) H1～6は北海道、A1～3は青森、I1～2は岩手、N1～8は長野、G2は群馬、O1は大阪、K1～3は産地のキャベツ産地。

#### エ. 今後の課題

国内主要産地との比較における十勝のキャベツ産地の競争力の位置づけについては検討を行ったが、近年中国等からの輸入物の増加が懸念されている。外国産のキャベツとの競争力については今後の課題となる。また、遠隔産地である北海道産の競争力の向上のためには、流通システムの改編も求められるが、この点についても今後の研究課題として残される。

#### オ. 要約

対象地区では野菜を導入している経営は労働力が充実しており、単位面積当たりの収益性の高さを反映して相対的に高い粗収益を確保しており、野菜導入が盛んなH地区では小規模農家が多い。キャベツ作は普通畑作物との労働競合が少なく、労働力利用の面で導入を図りやすい作物である。しかし、単

位面積当たりの投下労働時間は32人時/10aと労働集約的であることから、1日の収穫可能面積が少なく、現状ではキャベツ作の拡大は、移植回数=収穫回数の増加と栽培期間の長期化によって実現されている。キャベツ作を拡大して輪作を容易とするためには、収穫作業の省力化が求められる。普通畑作物の一層の市場競争の激化=価格低下が予測される中で、野菜類を畑作経営の基幹作物の一つとして位置づけ、普通畑作物との輪作体系を確立するためには、野菜類=高収益+労働集約的という位置づけではなく、従来の野菜類と普通畑作物との中間的な集約度の作物として野菜類を位置づけていくことのできるような技術開発が必要である。

80年代までの畑作経営の作付方式の展開を整理すると、輪作年限の極端な短縮化と全ての作物での過作化による連作の発生、有機物の還元量の減少という問題点が指摘できる。これに対し事例では野菜類の導入により、輪作年限の長期化と連作圃場の減少によって土地利用が改善されている。さらにキャベツ作では、ながいものように深耕を要しないことから不良下層土の影響もなく作付圃場の限定も少なく、前後作に特定の作物を忌避したり選好したりする事が少ない。また、栽培期間が短く小麦の前作にも後作にもなりうることから土地利用の自由度を高める働きを持ち、土地利用率をあげることもできる。さらに野菜類としては残さ有機物も多く、養分収支上の利点もある。そして、十勝の畑作経営ではアブラナ科作物は少ないため、土壌病害発生の可能性も高くはない。また、労働力利用の面でも、ながいものでは普通畑作物と同様に農繁期が春の定植・春堀と秋の収穫時期にあるのに対し、作期の短いキャベツでは農繁期が収穫最盛期の7～9月にあり、労働配分の季節的な平準化に有効と考えられる。しかし、野菜類の中では比較的粗放的なキャベツにおいても47.7人時/10aもの投下労働時間を要するため普通畑作物と比較して作付可能面積が小さく、野菜を含めた輪作体系を確立していくとすれば、収穫労働を中心に省力化が図られる必要がある。

主要市場の夏秋キャベツ取扱数量は減少している中で、従来の主要産地の関東甲信越のシェアは依然高いものの減少傾向にある一方、北海道産のシェアは急速に増加している。また、市場間で夏秋キャベツの価格を比較すると札幌<盛岡<東京<名古屋<大阪の序列を形成するとともに、大阪市場や名古屋

市場の札幌市場との価格差は22～35円/kgと輸送コストの差をカバーできる水準にあり、北海道のキャベツ産地において西日本を含めた市場選択が可能と示唆される。取扱数量と価格の関係を表す市場需要関数の計測から、東京市場が建値市場となって価格形成されていることと、相対取引の増大に伴い取扱数量と価格が独立して決定される傾向が指摘され、値動きをにらんで出荷先ごとに出荷量をコントロールするというような販売戦略より、出荷市場との連携を深めて有利販売を実現する方向での販売戦略の重要性が高まっていると判断された。また、キャベツ産地の生産構造を分析すると、十勝管内のキャベツ産地は農業生産基盤の強さで優位にあるが、関東甲信越の高冷地産地もこれに準ずる。一方、関東甲信越の準高冷地産地や九州の産地は双方の主成分とも劣位にある。この点からも北海道産キャベツの販売戦略としては、従来の供給産地が弱体化しつつある中京・京阪神や九州市場を含めた市場選択の有効性が示唆された。

#### カ. 参考文献

- 1) 天野哲郎・八谷満(2002):十勝地域における畑作付方式の展開と野菜作の機械化. 農業技術. 57(9):385-390.
- 2) 天野哲郎(2002):大規模畑作経営における作付け方式の展開とキャベツ機械化体系の経営評価. 総合農業研究叢書. 42:116-136.
- 3) 天野哲郎・吉川好文・藤田直聡(2001):十勝地域における畑作付方式の展開と野菜作導入の課題. 農業経営研究. 39(1):127-132.
- 4) 徳田博美ほか(1998):大規模畑作地帯における野菜導入と経営構造. 北海道農試農業経営研究. 78:1-89.

#### 注

本節の成果は下記の実施課題の成果に基づくものである。

畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と野菜導入支援システムの開発(平成10～12年度)

大規模畑作野菜経営確立のための野菜・畑作物販売戦略と地域支援システムの確立(平成10～12年度)

(天野哲郎)

## (2) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立ーキャベツ新生産システムの経営的評価ー

### ア. 研究目的

北海道畑作地帯では畑作物価格が低迷する中で、農業所得の確保を目指して野菜など集約作物の導入が図られてきた。しかし、野菜類は面積当たりの労働時間を多く必要とすることからその導入が制約されており副次的な部門にとどまっている。本プロジェクトでは直播栽培および収穫機械化を中核とする省力的なキャベツの新生産システム革新技術の開発を行う。ここでは、これらの開発技術の経営評価を行い、キャベツ新生産システムの導入効果と課題を明らかにする。

### イ. 研究方法

#### 1) 分析方法

現地圃場における実証試験やキャベツ作農家でのタイムスタディ、作業日誌記帳、作業実態調査(聞き取り)、農家経営調査に基づき、新生産システムおよび慣行体系の諸係数を設定した。これらの係数に基づき、線型計画法を用いて新生産システム導入により農業所得を最大とする最適解において作付構成や農業所得がどのように変化するかを試算した。なお、演算に当たっては大石ら作成の線型計画法プログラムXLPを用いた。

#### 2) 想定する経営

芽室町では伏古高台を中心にキャベツ作農家が展開しているため、ここでは同地域の乾性火山性土に立地する畑作・野菜作複合経営を評価の対象とした。経営耕地面積規模は主として20～30ha階層とし、家族労働力は3人とした。また、選択可能作物としてんさい、ばれいしょ、小麦、スイートコーン、小豆、大豆、菜豆(金時)という普通畑作物の他、キャベツ、ながいも、ごぼうが選択できるものとした。

#### 3) 評価するキャベツの新生産システムの特徴

本プロジェクトではキャベツの直播栽培技術と機械収穫技術を核にした新たな生産システムの開発を行っている。以下の経営評価に当たっては、技術開発段階の進んだ機械収穫技術についてまず評価を行う。ついで直播栽培技術、および直播栽培技術と機械収穫技術を組み合わせた直播機械収穫一貫体系について分析を行う。

機械収穫体系の詳細は他の章において示したとおりであるが、評価で想定した技術の概要を示しておく。なお、当初コンテナ積載タイプの収穫機（HC-1）を用いた収穫体系を想定していたが、2000年に新型機種（HC-10）が開発されたのに伴い、この新型収穫機に改良を加えるとともに、北海道の大区画圃場での利用が可能となるようリモコントラクタで牽引したトレーラを伴走させる収穫体系を開発した。組作業員はハーベスタ後方でハーベスタとトラクタの操作をしながら、切り取られた球をトレーラから伸びたコンベアに移し替えるオペレータ1人、トレーラ上でキャベツ球を調製・箱詰めしてパレットに積載する作業員2名の計3名であり、切り取り・調製・箱詰め・搬出という作業工程を圃場内で同時に行える体系である。通常の単収（400cs/10a程度）の圃場で直進時は12cm/sの速度で走行しながら、北海道で標準的な長辺150間（272.7m）の圃場の往復作業を連続して行えることが実証された。

また、直播栽培技術の概要は以下の通りである。対象地の農家慣行はセル苗移植によるものであり、施肥後に2人乗り2畦のトラクタ直装型の移植機を用いて定植を行う。これに対し直播体系では、事前に篩で小粒を除いたコーティング種子（品種：「グリーンボール」および「楽園」）を4畦の総合施肥播種機に船型オープンナ等を取り付け、施肥と同時工程で本圃に直接播種する。1粒播種を基本とするが、播種時期の早い7月収穫の作型については2粒播種とした。これに伴いこの作型では間引き労働を要する。このような本圃への植え付け方の違いに伴い、

栽植様式も変化し、畦間は慣行の55cmから60cmへと広がる。一方、株間は作型で多少変わるが、基本的には慣行の36cmから30cmへと狭まるため、栽植本数が減ることはない。なお、対象地で近年導入されるトラクタの場合60cm畦への対応は難しいことから、66cm畦となるがその場合には栽植本数の確保は困難であり、若干の減収を見込む必要がある。直播栽培の場合、雑草対策が重要となるがミッドマウントタイプの管理作業車にタインをつけた株間除草を行うものとした。また、施肥体系については慣行の高度化成だけの施肥からスタータの高度化成とロング肥料の組み合わせとした。この直播栽培技術とトレーラ伴走式の機械収穫の双方を取り入れた体系を以下では直播機械収穫一貫体系と呼ぶ。

各技術体系の概要を示したものが表3-22である。慣行の移植栽培・手取り収穫では収穫作業時間および育苗・定植作業時間が多いことから作業能率は47.74人・時/10aであるが、直播栽培を導入すると35.94人・時/10a、機械収穫を導入すると36.94人・時/10a、双方を導入した場合には24.04人・時/10aと慣行の半分の延べ投下労働時間となる。

## ウ. 結果及び考察

### 1) トレーラ伴走式機械収穫

経営試算にあたり新収穫体系の作業能率は現地実証試験での計測結果を基に、下記の前提で諸係数を設定した。

- ①ダンボールの組立は事前に行う。
- ②作業は3人組作業とし、収穫機後部でオペレータ

表3-22 経営評価モデルにおけるキャベツの作業体系の想定

	慣行キャベツ	直播	移植・機械収穫	直播・機械収穫一貫	備考
播種・移植方式	2畦移植機	4畦プランタ	2畦移植機	4畦プランタ	
除草体系	手取り	手取り	手取り	機械+手取り	
収穫方式	手取り	手取り	トレーラ伴走	トレーラ伴走	
畦幅(cm)	55	60	55	60	
株間(cm)	36	30	36	30	
施肥量	5706 120kg	5121 80kg Long424 43kg	5706 120kg	5121 80kg Long424 43kg	
作業別労働時間					
育苗管理	h/10a	7.35	0.00	7.35	0.00
耕起～施肥	h/10a	1.60	1.60	1.60	1.60
移植/播種	h/10a	3.50	0.35	3.50	0.35
補植	h/10a	0.30	0.00	0.30	0.00
間引き	h/10a	0.00	(3.06)	0.00	(3.06) 直播7月どり(2粒播き)のみ
薬剤散布・追肥	h/10a	0.60	0.36	0.60	0.36
中耕・機械除草	h/10a	0.24	0.48	0.24	0.48 直播ミッドマウント乗用管理機
手取り除草	h/10a	2.00	1.00	2.00	1.00
収穫・出荷	h/10a	32.00	32.00	21.20	20.10 新型収穫機トレーラ伴走12cm/s
茎葉処理	h/10a	0.15	0.15	0.15	0.15
合計	h/10a	47.74	35.94	36.94	24.04
	h/10a		(39.00)		(27.10) 播種内は2粒播きの場合



が収穫機の運転・トレーラ牽引トラクタの速度調整および収穫物の再調整とベルトコンベアへの載せ換えを行う。トレーラ上では作業員2人が再調整・箱詰め・パレットへの製品の積載をおこなう。

③収穫作業に先立ち、ばれいしょの培土機を用いてトレーラ走行溝を形成する。

④キャベツは移植栽培とし、栽植密度は5050株/10a程度(畦幅55cm×36cm)とする。また、キャベツ圃場の長辺は150間(272.7m)とする。

⑤投下労働時間は表3-23のように積み上げ、慣行の栽培様式では18.3人時/10aとした。これに、手取り収穫となる枕地部分(全面積の10%)の作業時間や、出荷時間を含めた総投下労働時間は21.2人時/10aとした。なお、直播の場合は畦幅が60cm畦となることを勘案して、総投下労働時間は20.1人時/10aとした。

表3-23 現地試験結果から積み上げた機械収穫作業の延べ投下労働時間

内訳	単位	慣行栽植様式	60cm畦幅	備考
箱造り	h/10a	1.88	1.88	15sec/cs×450cs
播きり	h/10a	0.11	0.10	5.8分/6畦
準備	h/10a	0.28	0.26	5min/回×0.5回/畦
直達	h/10a	4.21	3.86	12cm/sec
旋回・移動	h/10a	0.51	0.47	9.2min/回×0.5回/畦
荷下ろし・箱追加	h/10a	0.46	0.42	8.2min/回×0.5回/畦
合計	h/10a	7.44	6.98	
作業効率	10a/h	0.134	0.143	
圃場効率	%	77.2	77.1	除く箱造り
延べ労働時間	人時/10a	18.3	17.0	

注1) 現地実証試験の結果より積み上げて推計。  
2) 圃場は長辺150間(272.7m)を想定した。

⑥現地における実証試験の結果等から一斉収穫に伴う収穫ロス率は18%、機械収穫によるロス率を5%とした(注1)。また、キャベツ作農家の聞き取り調査結果(2001年、7戸)から、慣行における一斉収穫の面積割合は72%とした(残り28%は複数回取り)。

以下ではトレーラ伴走式の機械収穫の経営評価を行うが、まず普通畑作物とキャベツを作付する農家を想定して、野菜導入農家の中心的な階層と考えられる20・25・30haの各規模について試算を行う。さらに、選択される野菜品目が増えた場合には機械収穫の効果も異なってくると考えられる。そこで、対象地で導入がみられる野菜品目のうちながいもが導入されているケース、さらにごぼうも導入されているケースについても検討する。

以上のような前提で構築した線型計画モデルの単

体表初期解を表3-24に示した。

a. トレーラ伴走式機械収穫導入による作付の変化  
i) 畑作物+キャベツのケース

20ha規模の場合、新体系導入によりキャベツ作は慣行の3.39haから4.84haへと1.45ha増加し、てんさいやばれいしょの作付規模とほぼ等しい面積を耕作できるようになり4年輪作の作付方式を設定しやすくなる。例えば、秋まき小麦の前後作関係を勘案した場合でも、下記のような割合で作付方式を設定すれば4年輪作が実現できる。

てんさい-キャベツ-小麦・小豆-ばれいしょ(58%)

てんさい-ばれいしょ-小麦・小豆-キャベツ(42%)

25ha規模・30haと規模が大きくなるにつれ全般的には省力的な小麦・スイートコーン等の割合が増加し、てんさい・ばれいしょやキャベツの構成比率は若干低下する。しかし、新体系の導入により25haでは1.61ha、30haでは1.28ha程度キャベツ作が拡大される結果となった(図3-19~3-22)。

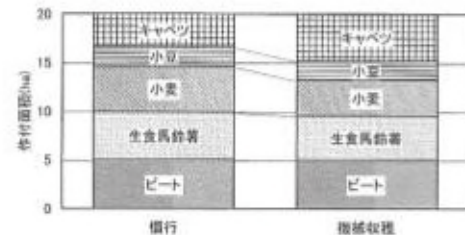


図3-19 機械収穫の導入と作付けの変化(20ha、キャベツのみ)

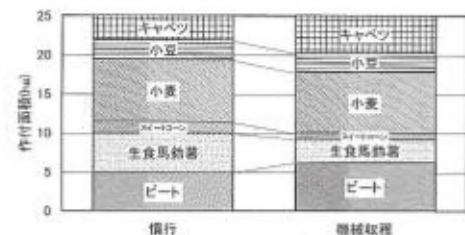


図3-20 機械収穫の導入と作付けの変化(25ha、キャベツのみ)



図3-21 機械収穫の導入と作付けの変化(30ha、キャベツのみ)

表3-24 キャベツ生産システム評価のための線形計画モデルの単体表初期解

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	制約	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	係数	右辺	生食用		生食用		小売	中豆	大豆	全時	コスト	10	11	12	13	14	15	16	17	18
			キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ	キャベツ
0	利益係数	0.01	115.00	72.43	50.62	49.73	66.24	28.20	40.14	24.41	23.27	-66.27	-97.62	-1.21	-1.25	0.1829	0.1376	0.864	0.84	
1	畑面積	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	ピーン上段		0.75	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	0	0	0	0	-0.25
3	高幹葉上段		-0.25	0.75	0.75	0.75	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	0	0	0	0	-0.25
4	小豆上段		-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1
5	小麦前作		0	-0.25	-0.25	-0.25	0.8	0	0	-0.5	-0.5	0	-1	0	-1	0	0	0	0	-1
6	キャベツ上段		-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	0	0	0	0	0.75
7	ごぼう上段		-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	0	0	0	0	-0.125
8	香ごぼう販売		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1750	0	-1750	0	0	0	0	0
9	香ごぼう販売		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2250	0	-2250	0	0	0	0	0
10	3上	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3中	240	11.25	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3下	204	18.92	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	4上	300	7.67	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	4中	186	7.67	15	15	15	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	4下	103	18.85	14.85	14.85	14.85	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	5上	180	16.66	14.66	14.66	14.66	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	5中	186	3.11	0	0	0	1.14	0	0	0	0	74	75.8	3	24.5	3	24.5	0	0	0
18	5下	217	8.4	1.8	1.8	1.8	0.54	0	0	3.7	0	40	0	24.5	0	24.5	0	0	0	0
19	6上	185	3.63	0	0	0	0.6	0	0.3	4.3	0	206	2.4	9	2.4	3	0	0	0	0
20	6中	181	3.63	1.73	1.73	1.73	0	1.8	2.1	2.2	28.2	28.25	3.2	2.4	3.2	2.4	0	0	0	0
21	6下	209	3.63	2.53	2.53	2.53	0.6	13.93	10.3	10.4	0	21.95	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	0	0
22	7上	186	1.48	0.53	0.53	0.53	0.6	15.13	11.5	11.6	1.2	1.35	11	9.2	11	9.2	0	0	0	0
23	7中	169	1.48	0.53	0.53	0.53	0	14.53	11.5	10.4	0	6.35	8.6	8.6	8.6	8.6	0	0	0	0
24	7下	207	1.48	0.53	0.53	0.53	0	0	0.3	0.4	0.6	1.95	9	11	9	11	0	0	0	0
25	8上	185	2.16	0.73	0.73	0.73	0.1	16.8	0.3	0.4	0	1.35	0	8	0	8	0	0	0	0
26	8中	112	2.16	0.73	0.73	0.73	0.7	10.6	7.8	7.5	0	6.35	0	0	0	0	0	0	0	0
27	8下	176	2.16	0.825	0.825	0.825	0	0	7.8	7.5	0	6.88	1.74	0	57.67	0	0	0	0	0
28	9上	164	0.38	0.225	0.225	0.225	0.7	11.35	0	11.35	0.75	1.35	1.74	0	57.67	0	0	0	0	0
29	9中	170	0.38	0.375	0.375	0.375	0	11.35	0.75	1.35	1.74	1.35	1.74	0	59.67	0	0	0	0	0
30	9下	165	0	0.375	0.375	0.375	0.9	11.35	0	11.75	0	1.35	0	87.39	0	29.17	0	0	0	0
31	10上	173	0	0.375	0.375	0.375	1.14	11.35	11.35	11.75	0	0	0	87.39	0	29.17	0	0	0	0
32	10中	193	0	0.375	0.375	0.375	1.14	11.75	11.75	0.4	0	0	0	87.39	0	29.17	0	0	0	0
33	10下	216	0	0.375	0.375	0.375	1.14	0	11.75	0.4	0.4	0	10	0	87.39	0	29.17	0	0	0
34	11上	125	0	0	0	0	0	239	0.4	0	0	60	0	87.39	0	29.17	0	0	0	0
35	11中	193	0	0	0	0	0.3	1.6	1	1	1	71	1	88.33	1	30.17	0	0	0	0
36	11下	193	0	0	0	0	0.3	1.6	1	1	1	8	1	1	1	1	0	0	0	0
10	利益係数	135.76	136.76	136.76	166.95	166.95	130.95	170.49	79.84	79.84	122.26	122.26	122.26	122.26	149.41	149.41	149.11	151.02	151.02	
1	畑面積	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	ピーン上段		-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	
3	高幹葉上段		-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	
4	小豆上段		-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	
5	小麦前作		-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	
6	キャベツ上段		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
7	ごぼう上段		-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	
8	香ごぼう販売		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	香ごぼう販売		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	3上	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	3中	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	3下	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	
13	4上	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	
14	4中	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	4下	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	5上	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	10.00	50.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	5中	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	5下	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	6上	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	
20	6中	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	
21	6下	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	6.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	7上	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	0.00	0.00	0.30	6.90	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	
23	7中	6.90	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	212.00	0.30	6.90	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	50.00	
24	7下	0.30	6.90	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00	10.00	1.50	212.00	0.30	6.90	8.00	6.90	5.80	0.90	58.00		

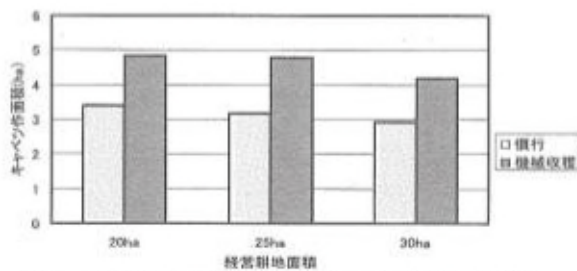


図3-22 収穫期導入によるキャベツ作面積の変化 (畑作+キャベツ)

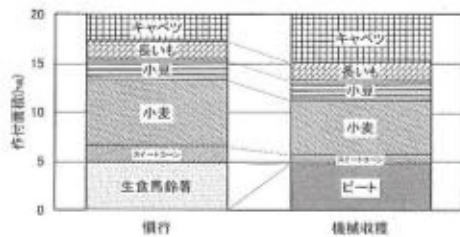


図3-23 機械収穫の導入と作付の変化 (20ha、キャベツ+ながいも)

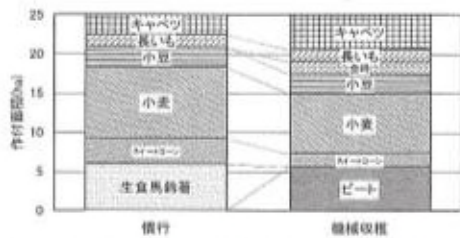


図3-24 機械収穫の導入と作付の変化 (25ha、キャベツ+ながいも)

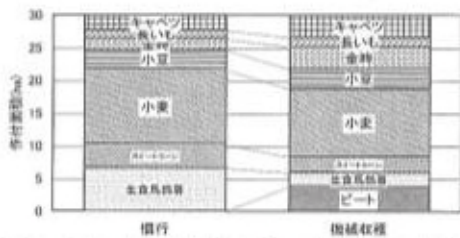


図3-25 機械収穫の導入と作付の変化 (30ha、キャベツ+ながいも)

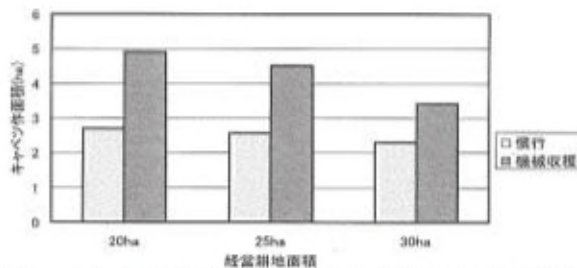


図3-26 収穫期導入によるキャベツ作面積の変化 (畑作+ながいも+キャベツ)

ii) 畑作物+ながいも+キャベツのケース

ながいもは収益性が高いが、春・秋に作業ピークを形成する作業パターンの作物であるため、普通畑作物との作業競合が大きく、ながいも導入によりてんさい作が排除される結果となった。また、キャベツ作も野菜がキャベツだけの場合より少なくなる。しかし、キャベツの新収穫体系の導入により、作付構成は大幅に変わり、ばれいしょがてんさいに代替されるとともに、ながいもの面積を大きく減らすことなく、小麦・スイートコーン・金時などの収益性の低い作物を減らしてキャベツを大きく拡大することが可能となる。その結果、20ha規模では2.21ha、25haでは1.93ha、30haでも1.11haキャベツ作が拡大される結果となった(図3-23~3-26)。

iii) 畑作物+ながいも+ごぼう+キャベツのケース

さらにごぼうも選択されるものとする、それ以外の作物が全般的に減少する。ごぼうは収穫時期も広いのでキャベツ作との競合もあることから、キャベツ作は慣行体系では20haで1.96ha、25haで1.53ha、30haでは1.43haに縮小する。キャベツの新収穫体系の導入により、20haの場合1.75ha、25haでは1.32ha、30haでは1.51ha増加し、各々3.71ha、2.85ha、2.94haとなる。また、キャベツが増加する際に代替される作物が主としてばれいしょ等収益性が比較的高い作物であることもあり、所得の増大効果はやや小さい(図3-27~3-30)。

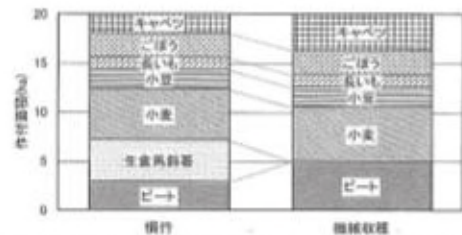


図3-27 機械収穫の導入と作付の変化 (20ha、キャベツ+ながいも+ごぼう)

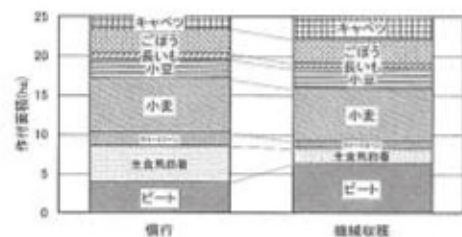


図3-28 機械収穫の導入と作付の変化 (25ha、キャベツ+ながいも+ごぼう)

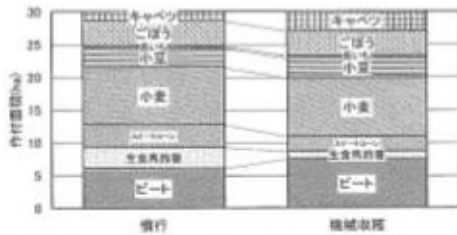


図3-29 機械収穫の導入と作付の変化 (30ha、キャベツ+ながいも+ごぼう)

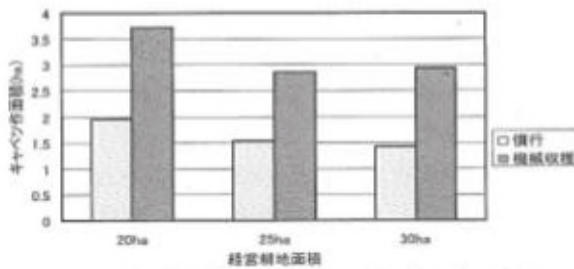


図3-30 収穫期導入によるキャベツ作面積の変化 (畑作+ながいも+ごぼう+キャベツ)

b. トレーラ伴走式機械収穫システムへの投資限界  
 前述の試算結果に基づき、トレーラ伴走式収穫体系を導入するに於いてどの程度の投資が可能か、その上限を算定した(図3-31)。即ち、慣行体系を用いた場合の最適解と比べて新体系を導入した場合の最適解における収益(農業所得の増加額)を基に、新体系が如何ほどの投資額を償えるかを算定した。算定に当たって機械の耐用年数は5年、利回りは農業近代化資金の基準金利並みの2.5%とした。この

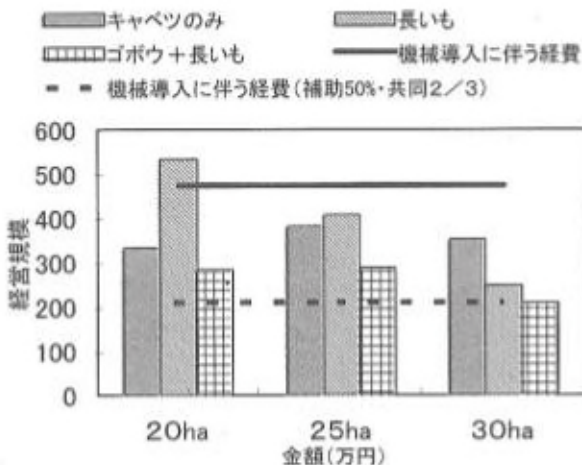


図3-31 トレーラ伴走式機械収穫導入の投資限界

場合、投資限界(I)は以下の式から求めることが出来る。

$$I = \Delta Y \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

ただし、 $\Delta Y$ : 収益増加額、 $I$ : 投資限界、 $i$ : 利回り、 $n$ : 耐用期間

上式の右辺の右項は年金現価係数であり、耐用期間5年、利回り2.5%の時は4.6458である。

新収穫体系の導入に伴って生じる支出としては、機械購入代として新型キャベツ収穫機310万円(再調製装置および刈り取り部後部昇降スイッチ付き)及び伴走用トレーラ1式130.5万円(リモコン込み)が必要となる。その他、耐用期間内の収穫機の修理経費(年当たり機械価格の5%)がある一方、耐用期間終了時に機械装備の処分価(10%)発生するものとして、耐用期間内の支出の現在価値を求めると、473.6万円となる。なお、収穫機の保全費用はプロセス経営費に組み込んでいる。

新体系導入による収益の増加額は導入によるキャベツ作の面積がいかほど拡大されるかという拡大効果の大きさと、キャベツ作に代替される作物との収益性格差の大きさに規定される。キャベツ作の拡大効果が大きいほど、またキャベツ作拡大により代替される作物との収益性格差が大きいほど収益の増加が期待される。試算結果からは30ha規模層のように経営規模が大きくなると作物編成が粗放化し、キャベツ作の拡大効果が小さいことから収益増加額が少ない傾向が見られる。また、野菜が多品目導入される場合にはキャベツ作の導入規模が小さくなるだけでなく、代替される作物との収益性格差が少ないケースが見られる。これらの結果、投資限界も経営規模と作物編成によって異なってくる。野菜がキャベツ作のみの場合で投資限界は330~380万円程度である。ながいもとキャベツの場合、20ha・25haではながいもを維持しながらキャベツ作を2ha程度拡大できるため収益の増加が大きく投資限界はそれぞれ533万円・406万円に達するが、30haではキャベツ作の拡大面積は1.11ha、投資限界は247万円にとどまる。さらに、ながいも・ごぼうとキャベツの場合は20haから順に283万円、287万円、209万円と算定される。経営規模20haで長いもとキャベツの場合以外では、機械体系導入に伴う支出の総額を越えるものとはならない。しかし、収穫機の購入に

については事業で半額補助を受けるものとする、機械体系導入に伴う支出は319万円となる。キャベツ作のみの場合および、キャベツとながいの場合の20haおよび25haの場合の投資限界はこの額を超えており機械導入に伴う経費を回収できる。

さらに、機械を共同利用できる場合には農家1戸当たりが負担する支出は小さくなる。キャベツ収穫期間内の降雨条件を勘案して旬別の作業可能面積を求め、以上の試算結果でのキャベツ作面積と比較したのが図3-32である。これをもとにこの収穫機の共同利用の可能性を検討した。いずれのケースでも計画面積が収穫可能面積の50%以上となる時期がある。したがって、2戸で1台利用するのでは農家間で機械利用の競合が生じる可能性が高い。したがって、現実問題としては3戸で2台利用というような範囲での共同利用ならば可能と考えられる。このような利用を想定すれば、農家1戸当たりの機械導入費用は212万円となり、経営規模30haでキャベツとながいもおよびごぼうの場合が208万円と若干この基準を下回るケースを除き、他のケースでは全て投資限界は支出を上回っている(図3-31)。

このように補助事業導入および共同利用を前提とすれば大方のケースで機械収穫導入に伴う経費を回収できると試算される。さらに新収穫体系導入による軽労化のメリットを勘案すれば、トレーラ伴走式の機械収穫体系導入は合理性を有すると判断される。

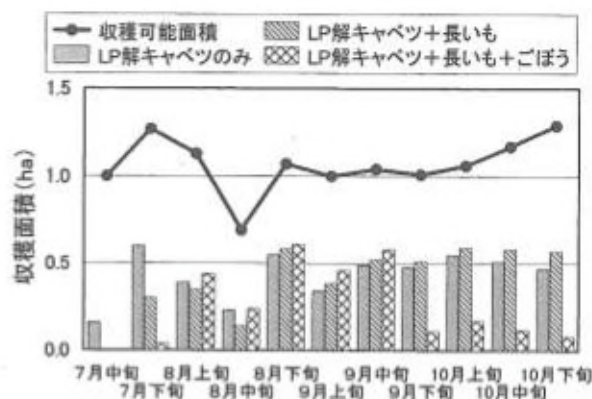


図3-32 収穫機の旬別収穫可能面積とLP解のキャベツ作面積(経営規模25haのケース)

(注1) 実証試験における一斉収穫に起因するロス(規格以下)は全体の13.3~23.5%であったこと、平成12年の農家の収穫作業調査での複数回取り実施農家(2戸)における2回目以降の収穫割合が9~17%であったことから、ここでは18%と想定した。

### c. トレーラ伴走式機械収穫の軽労化効果

上述のようにトレーラ伴走式機械収穫の経営効果には、キャベツ作の省力化による経営総体としての所得拡大効果とともに、作業姿勢や重量物のハンドリンクの改善による軽労化効果が存する。経営全体としての農業所得の拡大を基準とした経営評価は前述の通りであるが、以下では軽労化を含めた総合的な評価を試みた。

何かの評価を行う際、その評価に関わる属性が全て貨幣額で把握できるものであれば、総合的な評価は容易に単一の指標で示すことができる。しかし、多くの事象では、評価の際の属性は多様な特性を含んでおり、複数の指標を併記するのではなく総合的な評価指標を提示するのであれば一定の工夫を要する。多属性価値関数の測定はこのように有用な方法である。以下では、Kirkwood (1996) に従い、軽労化効果を含むキャベツの機械収穫体系の評価を行った(注2)

評価の手順は以下の通りである。まず、評価する問題の構造的に把握する必要がある。ここでは「キャベツ所得の変化」( $X_1$ )、「キャベツの省力性」( $X_2$ )、「キャベツ収穫作業の作業負担」( $X_3$ )という3つの属性にしたがって、キャベツ収穫機械化による経営改善の価値を評価できるものとした。すなわち、価値関数は3属性からなり、下式のようにそれぞれの属性の単属性価値関数で求められる価値の加重和として示されるものとした。

$$V(X_1, X_2, X_3) = w_1 v_1(X_1) + w_2 v_2(X_2) + w_3 v_3(X_3)$$

ただし、

$X_1, X_2, X_3$ ; それぞれの属性の評価基準の水準

$V$ ; 全体の価値関数

$v_1, v_2, v_3$ ; それぞれの属性の価値関数

$w_1, w_2, w_3$ ; それぞれの属性の重み

$$(w_1 + w_2 + w_3 = 1)$$

次に、対象地の営農実態と開発技術の特性から各属性の range を定めた。すなわち、キャベツ所得は5~20万円/10a、キャベツの労働時間は25~60h/10a、キャベツ収穫の作業負担は70°以上の腰曲げ作業

問題構造の把握

### キャベツ機械収穫導入による経営改善

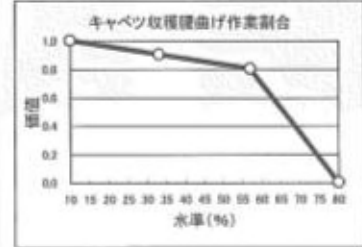
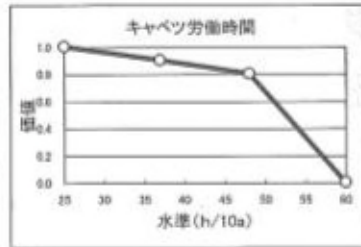
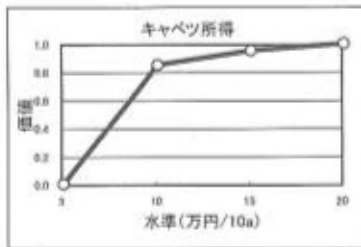
属性の特定

キャベツ所得の変化

キャベツ労働時間の変化

キャベツ収穫後曲げ作業割合

単属性価値関数の把握



属性間の重み付け

今、キャベツ作について以下のような最低の状態にあるとします。また、それぞれの項目についてとれる最良の数値は右の欄のようです。

	最低の水準		最良の水準
a 農業所得/10a	5 万円/10a	→	20 万円/10a
b 投下労働時間/10a	60 時間/10a	→	25 時間/10a
c 70° 以上の腰曲げ作業割合	80 %	→	10 %

いま、どれか一つだけ最良な値にするとすれば、a～cのどれを変えますか？ **回答: a** (農業所得/10a)

もし、それが動かせないとしたらどれを変えますか？ **回答: c** (70° 以上の腰曲げ作業割合)

70° 以上の腰曲げ作業割合を 10 % までにする事ができるとした場合と同程度の価値があるようにするには農業所得/10a を 10 万円/10a にする必要があります。

70° 以上の腰曲げ作業割合も 動かせないとしたらどれを変えますか？ **回答: b** (投下労働時間/10a)

投下労働時間/10a を 25 時間/10a までにする事ができるとした場合と同程度の価値があるようにするには70° 以上の腰曲げ作業割合を 20 % にする必要があります。

図3-33 多属性価値関数を用いたトレーラ伴走式機械収穫の評価の手順

の割合を指標にそれが 10～80%の範囲で可変であるものとした。各属性について最大値の時の価値を1,最小値の時の価値を0として、各属性の範囲を3等分した中間の2点の価値がどれくらいとなるかを被験者である実証試験農家に答えてもらった。この作業により折れ線で示される属性毎の価値関数を得た。その際、パソコン画面上に横軸に各属性の範囲を、縦軸に価値をとった折れ線を示し、回答の結果描かれる折れ線を表示しながら、それに修正を加えていき回答者のイメージにあった評価関数を特定した。ついで回答者の各属性間の重要度に関する認識を swing weighting の方法を用いて以下の手順で把

握した。すなわち、①全ての属性が最低の水準にある状態を想定する、②どれか一つが定めた範囲内の最良の状態にできるとした場合に選択する最善の属性を特定する、③次善の場合に選ぶ属性を特定する、④次善の属性だけが最良の水準になる場合と同等の価値を得るために、最善の属性だけが改善されていく場合に必要最善の属性の水準を特定する、⑤3番目に選択される属性のみが最良の水準となる場合と同等の価値を得るために、次善の属性のみが改善される場合に必要最善の属性の水準を特定する。これらの作業により属性の重み付けのためのウェイトを得る(図3-33)。

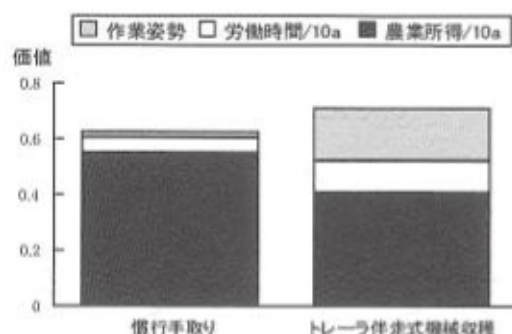


図3-34 実証試験農家の新収穫体系の評価

注)聞き取りによる多属性価値関数の測定結果。

こうして得られる多属性の価値関数に、慣行キャベツの場合の各属性の水準（農業所得 16.5 万円/10a, キャベツ作業時間 48h/10a, 腰曲げ作業割合 70%）とトレーラ伴走式機械収穫を導入した場合の各属性の水準（13.4 万円/10a, 37h/10a, 10%）を当てはめれば、慣行体系と新体系それぞれの価値が一価の値として示される。実証農家の多属性価値関数の測定を行った結果では、慣行体系の価値は 0.63 であるのに対しトレーラ伴走式機械収穫の価値は 0.71 と慣

行体系を上回ったが、これには作業負担の改善効果に対する評価が寄与している（図3-34）。

(注2) Craig W. Kirkwood. 1997. Strategic Decision Making: Multiobjective decision analysis with spreadsheets. Duxbury Press. pp. 345. その他、多属性価値関数の農業技術選択への適用に関しては林清忠. 2000. 農業の意志決定分析—多基準と多主体のマネジメント—. 総合農業研究叢書. 41. pp. 200. に詳しい。

#### d. 現地実証農家における評価と改良点

芽室町内のキャベツ作農家に参加を得て、デモンストレーションを兼ねた試験走行を実施した（2001年9月）。その際の印象を中心に現地実証農家及び周辺のキャベツ農家の、新収穫体系に対する評価を調査した（2002年3月調査、表3-25）。これらの意見を踏まえて2002年および2003年には収穫体系に改良が加えられているが、その主要な改良点についても併せて述べる。なお、前述の経営試算は改良された体系での試験結果に基づくものである。

まず、収穫機本体についての評価である。収穫機

表3-25 キャベツ収穫機械化に関する意向調査(2002年3月)

農家	A	B	C	D	E	F	対応
1. 収穫機について							
刈り取り部	収穫物が汚れず良かった	そりがトラブルの原因。定頻車で良いのではない	良いのではない	OK	つまりが少し気になるが、まあ良くできている。	現状としてはこんなものか	後部にそり上下制御スイッチを付加することによりトルブル減少(2002年)。
操作性	後ろで操作できると良い	機械が小さすぎる。車速を後部で操作できるようにする。線の上げ下げは定頻車にすれば。	まあこんなもの	わからない	後部で上下できるとつまらない。後部でトルコン調整。	変速が後部できると良い	後部に変速及びそり上下制御スイッチを付加(2002年)。
再調整装置	あった方がよい	キャベツの取り出し部と人の位置。排気ガス。	難しい。なれるまでかかる。	必要かどうか	最初のうちは難しい。おっかない。後部の割に...	慣れが必要。加減が難しい。トレーラが使えない場合もあるので収穫機に搭載してあるのがよい。	
その他		鬼っぱがたまってつまる。		一体式になると良い。荷台の高さ。	もう少し汎用性がほしい。キャベツ以外でも箱詰めまでできなくても切り取りできると。	一シーズンでらい使ってみないとわからないが、労働負担が少なくなるのは実感した。	
2. トレーラについて							
トレーラ本体			トレーラに刈り取り部をつける形だと2人ででき、安くできる。本当は自走タイプが良いが高くなる。	4輪必要か。1輪4輪がよい。	4輪いらない。1輪4輪。	わからないというのが正直な話。一連の流れとしてはトレーラ方式かなと思う。	1輪4輪に変更(2002年)。
機器配置	回転寿司のようなturn tableが良いのでは	コンベアでキャベツが転がる。パレットを収穫機と反対側に並べる。	もっとすっきりしたもの	turn tableに自動的に球がのるようにはできないか。	コンベアを真ん中に配置することは考えられないか。	turn tableがどうしても必要かどうか。	トレーラを延長してパレット積載量を3基にする。再調整機をトレーラ上に設置(2002年)。ベルトコンベア直下に広幅(60cm)の電動ベルトコンベアを設置しラインを機械化(2003年)。
リモコン操作	赤外線で行けると良い		毎回消をやるわけにもいかない。リモコンは必要であろう		キャベツのきれいさを求めると、箱詰めは別にやるのも良いかもしれない。雨降り。	おおがかりとなる。ナガイモでは溝を切ってやっている。	パレイショ培土機により事前に溝切り(2002年)。

表3-26 キャベツ収穫機械化に関する意向調査(つづき)

調査	A	B	C	D	E	F	平均	2002年の結果
3. 期待作業能率(a/8h)	15	10	15 2人なら10	13.33	10	10 これで十分	12.2	13.2 12cm/sの場合
4. 期待積載量(箱)	100	150	100	200	150 7球1基, 8球2基	200 150で一回りの仕事としてはよいか	150	150
5. 投資負担								
500万円以上								
400~500万円	○							
350~400万円								
300~350万円								
250~300万円								
200~250万円								
150~200万円		○	○	○	○	○		
100~150万円								
	450	175	175	125	175	175	212.5	総額473.6 圧縮212.4
6. 今後の改良方向								
1 2人でできるようにす	1	1	1	1	3	1	1	
2 作業速度を速くする	2	4	4	2	4	6	3	
3 パレットをもっとたく								
4 さん積めるようにす	5	5	3	5	1	4	5	
5 る								
6 切り取り精度を上げ	3	3	5	6	2	2	2	
7 作業強度を緩和する	4	2	5	3	5	3	3	
8 2班処理にする	6	6	2	4	6	5	6	
7. その他	直装で駆動系を一つにできれば	ハーベスタの土台が問題	①トレーラを使わない方式も良いのではないか。箱詰めまでを高速で実施して、回収をあとでまとめてやる。女の人にはパレットに箱を積みのはきつしい。 ②軽労化を活かしてもっとシンプルな機械に。そんなに面積拡大ができる機械ではない。	午前中だけで10a収穫できるように考えればよい。安全性。	汎用化。コンテナ	8月中のロスがきになる。秋は一斉にやる。  収穫適期がずれるので共同は難しい。		

の刈取り部については、その切り取り精度やキャベツ球の汚れ具合に関して良好な評価を得た。試験中つまりが時々生じたが、これは刈取り部の高さ調節（接地そりの上下）が不適切な場合に生じる現象と考えられ、農家からもこれに関してそりを定規車にしてはとの意見もある。また、操作性に関しては、オペレータが直進時には運転席でなく収穫機後部で作業を行うため、収穫機の主要操作を後部で出来るようにする要望があった。この点に関し、2002年の改良型収穫機では収穫機後部で収穫機の手動調整及びそりの昇降スイッチを付加することにより、操作性の向上を図っており上記トラブルの発生を低減した。

新型収穫機は回転カンナ刃による再調整装置を収穫機後部に取り付けることが可能であるが、これについては操作に熟練が必要であるという意見がみられる。その他では、キャベツ以外の葉菜類への汎用性に関する希望もみられた。伴走用トレーラについては、降雨後の試験でトレーラがスリップしたこと

もあり、トレーラの車輪は4輪ではなく1軸4輪が良いという意見があった。また、2001年度の試験機では、トレーラ上で2名の作業者が調整と箱つめを分担しており、作業者の1人がベルトコンベアからキャベツ球を取り上げ調整テーブルにおき、もう1人の作業者がターンテーブルから球を取り箱つめという作業の慣れで収穫を行っていたが、そのための機器の種類や配置、それに対応した作業分担などについて意見が出された。2002年度はトレーラの車輪を1軸4輪に変更するとともに、トレーラ上にも再調整装置を設置し、トレーラ荷台を後方に延長するなどを行って、トレーラ上の作業効率の改善に努めた。2003年にはさらにトレーラを拡張するとともに、トレーラ上の作業者の双方が調整・箱つめを作業を行えるよう電動のコンベアを配置して作業効率の向上を図った。また、リモコン操作については長いも等で実際に行われているように溝切りを行う方法があるのではないかと意見もあった。2002年の試験では、事前にばれいしよの培土機を用



いて溝を切ることにより、オペレータのリモコン操作に係る作業頻度を少なくするとともに、トレーラ走行の安定性を大幅に改善することが出来た。

農家の希望する収穫機の処理能力は1日10～15aであるが、2003年の結果では13.2aであるので概ね期待される処理能力を達成している(表3-26)。さらに、許容される投資額は平均で212.5万円であるが、先述の通り収穫機本体に補助率50%の事業が利用でき、3戸で2台の共同利用を想定すれば212.4万円とこれもほぼ達成されていると判断された。

## 2) 直播栽培技術

移植栽培では3人組作業で3.5人・時/10aの投下労働時間を要するのに対し、直播栽培ではオペレータ1人で作業ができ0.35人・時/10aの投下労働時間で済む。さらに育苗労働も不要となるため、総投下労働時間は10.85人・時/10a少なくできる。一方、直播栽培では①移植栽培に比較して収穫開始時期が遅くなる、②発芽率や発芽時期が不安定となることから生育の不安定性が高く、収穫量が減少する可能性が高い、という問題がある。したがって、農家での導入の可能性は収量水準がどの程度確保できるかに依存する。

現行の直播栽培方式の現地実証試験は2001～2003年に実施された。表3-27に示したように

表3-27 現地実証圃におけるキャベツ単収

年次	収穫時期	直播cs/100	移植cs/100	直播/移植
2001	9月上	441 (71.6)	441 (57.6)	100
2002	9月中	458 (65.3)	411 (60.2)	111
2003	9月下	250 (33.4)	382 (46.8)	65
2003	8月中	376 (55.4)	339 (52.8)	111
2003	9月中	338 (55.4)	443 (74.6)	76

注)括弧内は栽植本数に対する規格内出荷球数の歩留まり。

2001年・2002年については440～450箱/10aの単収で移植と遜色はない。しかし、2003年については単収が低く、特に7月下旬収穫については250箱/10aにとどまる。移植に対する収量指数も7月下旬は65、9月中旬も76と低い。8月中旬については111と対照区の移植より高いものの、単収自体は376箱/10aと低位である。2003年は干ばつと低温と気象条件が不良な年次であり、3ヵ年の実証試験のみから

直播と移植の収量性の格差を判断することは難しいが、現段階での情報をもとに直播栽培の評価を行うため、以下のようなシナリオを想定した。すなわち、①気象災害の発生時の移植に対する直播の減収率は30%、②7月下旬取り・10月中旬以降収穫の作型については3年に2回減収が発生する、③それ以外については4年に1回の頻度で減収が発生するものとする。

これらから平均的な減収率(10.6%)を想定して導入効果を試算した。慣行の移植栽培(手取り収穫)と直播栽培(手取り収穫)を比較すると経営規模が20haの場合は、-73.5万円、25ha-41.2万円、30ha-33.6万円と収益性の低さから導入のメリットはない。さらに、35haまで試算しても、省力性の高さから有利性は高まるものの、1.63万円とわずかに移植栽培を上回ることとなり、想定した収益性の水準では直播栽培単独での導入の可能性は低い。

それでは直播栽培とトレーラ伴走式の機械収穫を組み合わせた直播機械収穫一貫体系(以下一貫体系と呼ぶ)を考えた場合の経済性はどのようであろうか。一貫体系では作業工程全般に省力化が図られることから、延べ投下労働時間は表3-20に示したように24.04人時/10aと慣行の移植手取り収穫体系の47.74人時/10aのほぼ半分と、普通畑作物に準ずるような投下労働時間にまで減らせる。一方で、直播栽培による減収に加えて機械収穫ロスも加わることから単位面積当たりの規格外収穫量の減収率も平均で16%程度となる。一貫体系の経済性は省力性と低収性のトレードオフ関係に規定されてくる。移植栽培でトレーラ伴走式の機械収穫を行う体系のもとの最適解と比較した時の農業所得の違いを示したものが図3-35である。20～30haの経営規模では農業所得は-30.5～-71.4万円と農業所得は減少する。しかし、35haではその省力性から23.8万円と試算され、移植機械収穫体系より有利性を示す。すなわち、直播機械収穫一貫体系は大規模層ではその省力性から経営総体での所得増加に寄与する可能性が示される。しかし、実証試験地の中心階層である30ha以下の階層の農家での導入のためには直播栽培の不安定性に基づく収量の低位性を改善する必要がある。前述の通り試算では災害発生時の移植に対する直播の減収率を30%としたが、この減収率を低下させたときの試算結果を前掲図3-35に示している。減収率が20%程度では20～30ha層では有利性は生じな

い、減収率10%にまでなると25haでは4万円とわずかに移植機械収穫体系を上回り、30ha以上では有利性が生じる。したがって、広範な導入が可能となるためには減収率が10%以内にまで抑えられるような技術開発が課題となる。

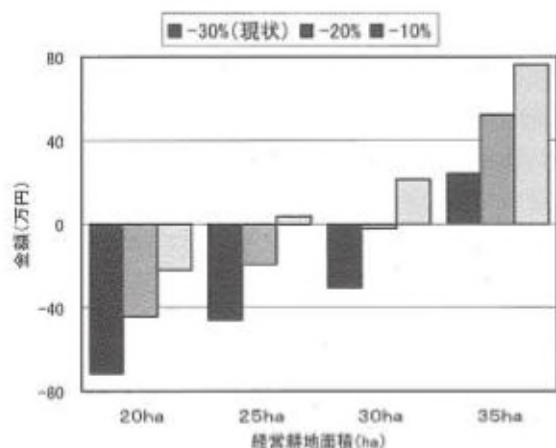


図3-35 直播栽培の減収率の違いによる移植・機械収穫体系と直播一貫体系の所得差の試算結果

#### エ. 今後の課題

現状のHC10型機を用いた体系としてはトレーラ伴走式キャベツ収穫システムによる利用が有効である。しかし、長期的な観点から北海道向きの本格的な機械体系を考えるとすれば、より高能率なキャベツ収穫体系の開発が望まれる。トレーラ伴走式機械収穫のシステムとしての問題点は、ハーベスタとトレーラを牽引するトラクタと駆動系が2つになっていることであり、そのことが作業速度の向上を制約している。そのことはまた、トレーラをオフセットにするため収穫時にはトレーラの走行箇所が空いている必要があり、土地利用率が低下する可能性を持つ。駆動系が1つの集約されれば、これらの点が改善できる。このためには、ハーベスタを高馬力化することでハーベスタ自体にプラットフォームを設置しその上で調製・箱詰作業が可能とするか、あるいはハーベスタ自体がトレーラを牽引できるようにすることが望まれる。さらに、作業能率の格段の向上のためには多条処理化も検討の必要がある。また、そのためにも、刈り取り部にセンサー機構を装着することにより自動的に刈り取り部を適正な高さに調節することなど、高速でも切り取り精度を保てるような改良も求められる。

直播栽培については、気象条件が不良の際でも安定した収量を得られるための、技術開発が求められる。そのためには品種改良や採種体系の改善などとともに、栽培技術の改善が必要であるが、これらは今後の課題として残される。

#### オ. 要約

トレーラ伴走式の機械収穫によれば、3人組作業の場合12cm/sの作業速度で長辺270mの畦の往復作業を製品の積み降ろしなしで連続的に行え、枕地の手取り収穫、さらには出荷時間を含めても21.2人・時/10aで作業が可能である。この機械収穫方式を導入した場合の効果を線型計画法を用いて経営耕地面積規模別に試算すると、20～30haの耕地面積規模の経営では4.20～4.84haと手取りの場合より1.28～1.61ha程度キャベツ作が拡大できる。トレーラ伴走式の機械収穫への投資限界を求めると20～30ha規模では330～380万円と、補助事業で導入する場合の機械投資額及び耐用期間内の修理費を上回り、作業姿勢の改善による軽労化効果も高いことから導入の合理性がある。実証農家の多属性価値関数の測定を行った結果では、慣行体系の価値は0.63であるのに対しトレーラ伴走式機械収穫の価値は0.71と慣行体系を上回ったが、これには作業負担の改善効果に対する評価が寄与している。また、現地における農家の希望する収穫機の処理能力は1日10～15a、許容される投資額は平均で212.5万円であった。これに対して、実証試験におけるトレーラ伴走式機械収穫の最終的な結果では処理能力は13.2a、補助率50%の事業が利用でき3戸で2台の共同利用を行うとすれば1戸当たりの投資負担額は212.4万円と、開発された機械収穫体系は現地農家の要望水準をほぼ満たしている。

直播栽培では、気象条件や作型によっては移植に対して30%程度減収する可能性があり、慣行のキャベツ栽培体系の移植栽培を直播栽培に転換するだけでは農業所得面での有利性は生じがたい。ただし、トレーラ伴走式の機械収穫を組み合わせた直播・機械収穫一貫体系では、体系全体での投下労働時間が24人・時/10aと慣行の50%まで低下することができる。作型や気象変動による減収を勘案して移植に対する直播単収を想定した試算では、直播・機械収穫一貫体系の農業所得は、35ha規模以上になれば移植・機械収穫体系を上回ると試算され、大規模層

での利用可能性が示唆される。しかし、一般的な20～30ha層での一貫体系導入のための減収の許容限界は移植の10%以内と推定され、さらなる技術開発が望まれる。

#### 力、文献

- 1) 天野哲郎・八谷 満 (2002) : 十勝地域における畑作付方式の展開と野菜作の機械化、農業技術、57 (9) : 385-390.
- 2) 天野哲郎 (2002) : 大規模畑作経営における作付け方式の展開とキャベツ機械化体系の経営評価、総合農業研究叢書、42 : 116-136.
- 3) 天野哲郎 (2002) : 大規模畑作野菜作経営確率のための地域支援システム、平成14年度十勝農業機械化懇話会報:30-34.
- 4) 天野哲郎・八谷 満・吉川好文・若林勝史 (2002) : 大規模畑作地帯におけるキャベツ作の展開と収穫の機械化、2002年度日本農業経済学会論文集:6-8.
- 5) 八谷 満・天野哲郎・山縣真人・小島誠・奥野林太郎・石川枝津子・坂本英美 (2003) : 畑作地帯におけるキャベツ生産のための新機械収穫体系、北海道農業試験会議(成績会議)資料 平成14年度:1-29.

#### 注

本節の成果は下記の実施課題の成果に基づくものである。

畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と野菜導入支援システムの開発(平成10～12年度)

(77323) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と野菜導入支援システムの開発(平成13～15年度)

(天野哲郎)

- (3) 畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立ーキャベツ生産拡大のための地域支援システムの確立ー

#### ア、研究目的

直播栽培やトレーラ伴走式の機械収穫は家族労働力を前提とした個別完結型の生産システムである。現状でのキャベツ生産が個々の農家でそれぞれ完結して実施されている現状を踏まえれば、これらの技術は親和性が高く導入のハードルが低いものと判断

される。しかし、より長期的に考えた場合には作業工程の全てを個別経営で実施するのではなく、農協等において一部を受託・代行することにより効率を高めて産地規模の拡大を図る方策も検討する必要がある。このような地域支援システムとしては、育苗センターや出荷に関わる集荷場が設置されており、農家のキャベツ生産を下支えしている。しかし、他の野菜類と異なり北海道のキャベツ産地ではキャベツの選別作業については、かつて管内A農協で共同選別が取り組まれた事例があるのみで、個々の農家が圃場内で箱詰めまでを行う個別完結的な作業方式となっている。以下では、キャベツの機械収穫・調製・箱詰め・出荷システムとして、前述のトレーラ伴走方式のように農家が切り取り・調製・箱詰め・搬出を同時に行う「同時作業方式」ではなく、農家は圃場でキャベツの切り取りのみを実施してコンテナ詰めで出荷し、調製・箱詰めは共選場で行う「分離作業方式」を想定し、それが実現されるための条件を分析した。

#### イ、研究方法

キャベツの共同選別の数少ない事例である、十勝管内A農協におけるキャベツ共同選別・箱詰めに関する担当者の聞き取りと費用関連の資料収集に基づき、キャベツ共同選別・箱つめのモデルを整理する。また、農業機械化研究所・道立中央農業試験場で2001～2002年にかけてB町で実施した再調製ラインの実証試験の結果を参考にして、現段階での開発技術を組み込んだ共選モデルを構築する。そこでの処理能力・コストから利用料金水準を算定するとともに、個別農家のメリットが利用料金水準によってどのように変化するかを線型計画法を用いて分析する。これらから、キャベツの共同選別成立のための条件を明らかにする。

#### ウ、結果及び考察

##### 1) A農協の共同選別システムとその経済性

調査事例のA農協では、以下のような方式でキャベツの収穫作業を実施していた(1992～96年)。農家は手でキャベツを切り取り、ばれいしょ用コンテナ(500kg程度)に詰め出荷する(延べ投下労働時間10人時/10a程度)。共同選果場は、重量選別機と自動製函機を中心に構成され、コンテナからの取り出し3名、再調製10名、再調製球の重量選別機への

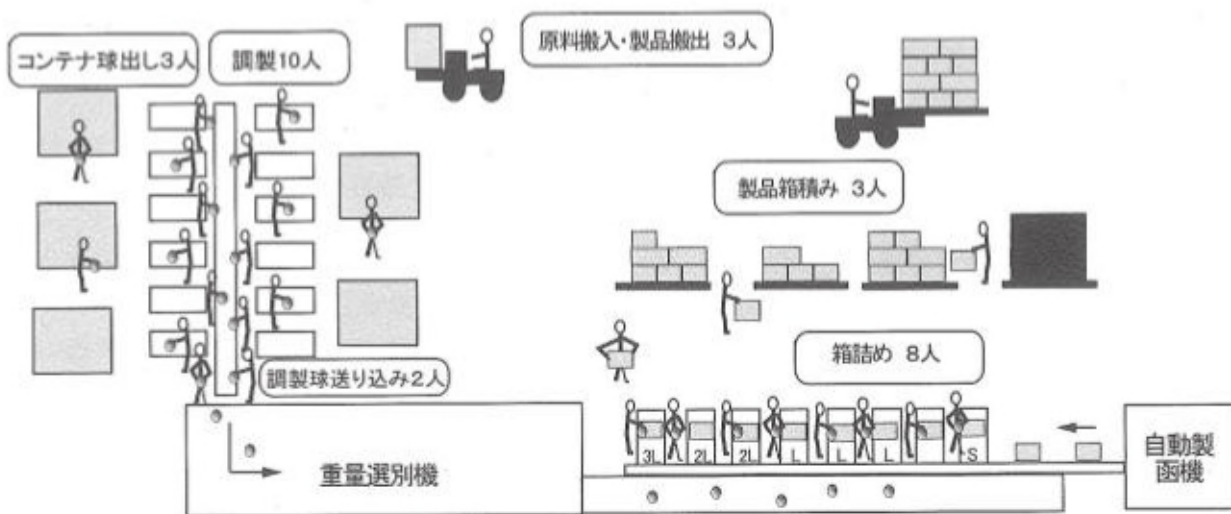


図3-36 A農協でのキャベツ共同選別の流れ

表3-28 調査事例におけるキャベツ共同選別費用\*1)

		平成5年	平成7年	計画100% 達成	計画70%達 成
取扱数量	箱	24,376	18,460	84,000	58,800
操業度(対計画数量)	%	29	22	100	70
取り扱い可能数量					
稼働日数	日	16	16	28	28
雇用人数	人/日	20	25	29	29
雇業者総労働時間	時	2,448	2,955	6,216	6,216
100箱当たり延べ労働時間	時/100箱	10	16	7.4	10.6
時間/10a相当量=450cs		45.0	72.0	33.3	47.7
処理箱数/日	箱/日	1,524	1,154	3,000	2,100
処理箱/時	箱/時	203	154	400	280
雇用労賃	円	1,942,560	2,277,454	4,709,880	4,709,880
職員労賃	円	285,714	270,000	500,000	500,000
光熱水道料	円	73,000	73,000	127,750	127,750
機械リース料	円	2,622,100	2,622,100	2,622,100	2,622,100
建物施設償却費	円	323,558	323,558	323,558	323,558
合計	円	5,246,932	5,566,112	8,283,288	8,283,288
総費用/箱	円/箱	215	302	99	141
利用経費/箱 *2)	円/箱	190	269	89	127

注1) 事例農協での調査結果に基づく。

2) 利用経費/箱には職員賃金・建物施設費を含まない。

積載2名、規格別の箱詰め8名、製品のパレットへの積載3名、コンテナの搬入・パレットの搬出3名、合計29名程度の作業人員で、再調製・箱詰工程を行っていた(図3-36)。当該共選施設の処理能力は、30t(3,000箱)/日の処理能力、したがって、7.4時間/100箱として設計された。

事例施設の建物はごぼう選果場と兼用であること、さらに、建物自体はかつてのクーラーステーション

の利用であることから、建物償却費が抑えられている。また、リフトマン以外の賃金は580円/hと農家圃場作業での雇用賃金並であり賃金水準も高いものではない。しかし、事例農協の実績から箱当たりの共選に係る費用を計算すると、職員賃金や建物償却費を含めた総経費では、215円/箱(1993年)、302円/箱(平成1995年)、職員賃金・建物償却費を除けば190円/箱(1993年)、247円/箱(1995年)

であった。野菜類の共通費の水準としては平均的なものであるが、kg 単価の低いキャベツの経費としては安いものではない。これは想定していた 84 千箱（30t × 28 日）に対して実際の出荷量が 20～30% 程度と低いことに起因する。仮に計画段階で想定された稼働期間中操業度が 100% 達成されたものとする、農協職員の賃金や建物施設費を含めても 99 円/箱まで共通経費は低下するし、現実的な水準として操業度 70% 程度としても 141 円/箱（表 3-28）に収まる（注 1）。しかし、ここで留意すべきなのは単収を 450 箱/10a として 10a 当たり投下労働時間を推計すると、93・95 年実績では 45 人時/10a・72 人・時/10a、計画された出荷期間内の操業度 100% をとしても 33.3 人・時/10a、操業度 70% の場合は 47.7 人・時/10a となることである。これに切り取り作業の 10 人・時/10a を加えると最小でも 43.3 人・時/10a と、収穫作業全体の投下労働時間は慣行の農家個々での手取り・箱詰め作業より能率面で劣る。

（注 1）実際の農家負担の利用料金は、キャベツ作振興のため 93 年は 196 円/箱、95 年は 106 円/箱と低く抑えられており、選別施設自体は 97 年以降の継続して稼働することは可能であった。しかし、95 年に品質面でのクレームが発生し価格が下落するとともに生産量の相当分を産地廃棄する事態が生じて生産者の意欲が低下した。その結果、キャベツ生産が中止され、共同選別の試みは中止されることとなった。

## 2) 再調製ラインを導入した共通選別システムの導入条件

農業機械化研究所および道立中央農業試験場では、B 町においてキャベツの新規開発の再調製ラインの実証試験を実施している。以下ではその現段階での成果をもとに A 農協の共同選別システムをベースにこの再調製ラインを組み込んだ共同選別システムのモデルを想定して、そこでの処理能力や費用について仮想的に試算した（注 2）。さらにそれらをもとに個別経営のキャベツ作に及ぼす効果を線型計画法を用いて試算した。

試算の前提は以下の通りである。

- 1) 選果場では日最大処理量（9000cs）に対応できるように、調製ラインを 7 基設置する。
- 2) その際の能力は 1 ラインにつき 3.5s/球 = 129cs/h とする。
- 3) 各ライン毎の人員配置は、球の供給者 2 名と箱詰め 2 名の他、箱詰め補助と箱積みに 1 名を

配置する。このほか原料コンテナの搬入及び製品パレットの搬出に 7 名を配置し、合計の作業人員は 42 名とする。

- 4) 調製装置 1 ライン当たりの投資額は、荷受け装置を含め 3800 千円、建物は 396 千円/坪（500 坪）とする。
- 5) その他光熱水道料等は A 農協施設のデータを参考にして設定した。
- 6) 以上の共通による分離作業方式の評価に際しては、キャベツ生産の将来像を検討する意味で省力的な直播栽培を前提とした。その投下労働時間は 12.94 人・時/10a と、以下で比較対照とする直播・トレーラ伴走式機械収穫の 24.04 人・時/10a の 53.8% となりピート（13.17 人・時/10a）なみの省力化が達成される。
- 7) 農家では HC10 型機 + 運搬車 + ロードを用いて 3 人組作業で、切り取り作業を行い、選果場に大型コンテナを搬入する。その際の作業能率は 9 人・時/10a とする。また、収穫機械体系に対する投資額はトレーラ伴走式機械収穫の場合と同程度と想定する。

表 3-29 に再調製ラインを組み込んだときの共同選別システムの概要と費用を示した。前述の A 農協の事例では建物が旧クーラーステーションを利用しているだけでなく、ごぼうとの共用施設であることなどから低コストに抑えられているため、A 農協の事例と比較するとキャベツ 1 箱当たりの機械施設の償却費と修理費は高くなっている。一方、雇用人員は 44% 程度の増加で 3 倍の処理能力を実現するため、投下労働時間は 20.9 人時/10a にまで改善される。その結果、賃金単価は A 農協の事例より高く（750 円/時）設定しているにもかかわらず、1 箱当たり雇用労賃はほぼ半分で済み、1 箱当たりの費用合計は 132 円と A 農協と同程度の操業度を確保できた場合の 141 円より若干低くなると試算される。

試算の結果から考えて、現段階の技術開発水準では 150 円/箱程度の利用料があればコストが償えられると考えられる。そこで線型計画法を用いて共同選別施設の利用料を 150 円/箱とした場合のキャベツ作農家の最適解を求め、直播栽培でトレーラ伴走式の機械収穫の場合との比較を行った（図 3-37、3-38）。経営耕地面積が 20ha の場合は双方ともキャベツ面積は 5ha と変わらず、農業所得は 100.8 万円ほど低い。25ha および 30ha では 2ha ほどキャベツ作が多いが

表3-29 再調製ラインを組み込んだキャベツ共同選別場の試算

項目	単位	数量	参考(A農協)	備考
<b>施設の概要</b>				
年間最大処理量	箱	765,000	84,000	
年間取扱数量	箱	550,000	58,800	B町実績
日最大取扱数量	箱	9,000	3,000	B町実績
調整ライン数	基	7	1	
建物面積	坪	500		
雇用人員	人	42		29 男7人、女35人
処理能力	箱/時・基	129	280	3.5s/球
	人・時/10a	20.9	47.7	単収450cs/10a 稼働率72%
<b>費用</b>				
機械施設償却費+修理費	円/箱	89	50	
雇用労賃	円/箱	41	80	男1,500円/h、女750円/h
光熱水道料他	円/箱	2	2	A町実績より推計
合計	円/箱	132	141	

注1)十勝管内B町の産地規模を想定してA町の実績と技術的知見から推計したもの。

2)参考に示したA農協の数値は稼働率が計画の70%の時のもの。

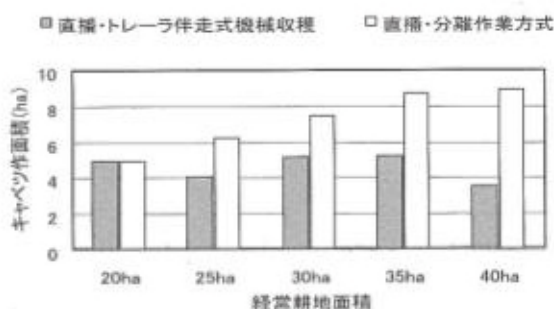


図3-37 作業体系によるキャベツ作面積の変化 (共選料150円/箱)

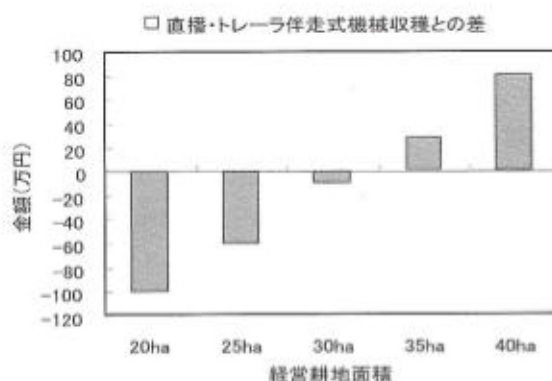


図3-38 分離作業方式導入による農業所得の変化(共選料50円/箱)

農業所得は低い。35haになるとキャベツ作面積が3.5haほど増加し、農業所得もトレーラ伴走式の機械収穫の場合より27.9万円多い結果となり、40haではキャベツ作が5.4ha多く、80.7万円農業所得が多い結果となる。すなわち共選による分離作業方式のキャベツ機械収穫システムは、35ha以上の大規模層ではトレーラ伴走式の機械体系に対する有利性が生じるが、20~30ha層ではトレーラ伴走式機械収穫が有利性を待つのと考えられる。

このような結果からすると、分離作業方式のキャベツ機械収穫は規模拡大が進展する地域においては、将来的な技術体系として期待される方式と考えられ

るが、現段階の能率と料金水準では大規模層のみで有利性があると試算され、産地全体として共同選別による分離作業方式に移行するには中小規模でも有利性が生じるような低コスト化が望まれる。

(注2) 共同選別システムの想定は、貝沼(2003)などの成果やA農協の取り組み実態を参照しながらも、多くの前提を置いてのものであり、あくまでも仮想的な試算の範疇にあることに留意されたい。

## エ. 今後の課題

前述の通り共同選別による分離作業方式は大規模経営にとっては有利性のある機械収穫方式であると判断され、産地によっては将来的にはこのような方向での産地体制の確立も十分考えられる。しかし、現状では機械収穫は9人時/10aで済むものの、選別場で20.9人時/10aを要するため、全作業工程の作業能率は慣行の手取り収穫と大きく変わらない。その結果利用料金水準はkg単価の低いキャベツにとっでは低いものではなく、20~30haという規模階層ではトレーラ伴走式機械収穫の方が有利という試算結果となった。したがって、共同選別による分離作業方式の導入のためには、一層の調製ラインの能率向上とそれに基づく利用経費の低下が望まれる。そのためには手作業に依存する箱詰め工程を含めた調製ライン全体の省力化が重要である。また、現行の収穫機(HC10型)では、大型コンテナでの収穫を想定した緊プロ1号機(HC1型)と異なり、分離作業方式を想定した利用のためには大型コンテナを積載した運搬車を追従させるなどの工夫を要するが、そのための実用的なシステムの提案も必要である。

## オ. 要約

農家ではキャベツ収穫機を用いてキャベツの切り取り搬出を行い、調製・箱詰めは共同選別場で行う分離作業方式による地域的な支援システムによるキャベツ機械収穫方式の北海道における存立条件を検討した。現段階での開発技術を前提に共同選別場の能力や経費を仮想的に検討した結果、利用料金は150円/箱程度と試算された。この料金水準とこの方式での機械収穫作業能率(9人・時/10a)のもとでは、35ha以上層では農家個別完結型のトレーラ伴走式の機械収穫より農業所得の増加が見込まれ、大規模層での有利性が示唆された。しかし、産地として共同選別施設を導入するためには、調製・箱詰めラインの一層の省力化と低コスト化をはかり、より広範な規模階層で経済性が生じる必要がある。このためには、箱詰め作業の機械化などが望まれる。

## カ. 参考文献

- 1) 天野哲郎(2002):大規模畑作野菜作経営確率のための地域支援システム。平成14年度十勝農業機械化懇話会報:30-34。
- 2) 天野哲郎・八谷 満・吉川好文・若林勝史(2002):

大規模畑作地帯におけるキャベツ作の展開と収穫の機械化。2002年度日本農業経済学会論文集:6-8。  
3) 貝沼秀夫(2003):追従型運搬車を用いたキャベツ収穫作業体系。キャベツ機械化一貫体系開発に向けた研究戦略会議資料。

## 注

この節の成果は以下の研究課題に基づくものである。

大規模畑作野菜経営確立のための野菜・畑作物販売戦略と地域支援システムの確立(平成10~12年度)

(77323)畑作物・野菜の新作付体系の経営的評価と地域支援システムの確立(平成13~15年度)

(天野哲郎)

北海道農研プロジェクト研究成果シリーズ NO. 2

---

平成 17 年 2 月 10 日 印刷

平成 17 年 2 月 14 日 発行

北海道農業研究センター

062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘 1 番地 電話(011)851-9141

<http://cryo.naro.affrc.go.jp/>

印刷 ひまわり印刷株式会社

053-0815 苫小牧市永福町 2 丁目 1-2 電話(0144)74-4500

---

本研究成果から転載・複製する場合は、北海道農業研究センターの許可を得てください。