

九州沖縄農業研
究資料

Mem.Natl.Agric.
Res.Cent.Kyushu
Okinawa Reg.

ISSN 1346-9185

2005年3月

九州沖縄農業研究センター研究資料

第91号

九州における代かき同時土中点播直播稲作技術の確立
— 研究成果集 —

MEMOIRS OF THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
FOR KYUSHU OKINAWA
REGION

NO.91, Mar.2005

National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region
Nishigoshi, Kikuchi, Kumamoto Prefecture, 861-1192 Japan

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
九州沖縄農業研究センター

熊本県菊池郡西合志町

九州沖縄農業研究センター研究資料 第91号

所 長 山 川 理

編 集 委 員 会

委 員 長 門 馬 信 二

委 員 宮 本 輝 仁 (熊谷 亨 (2004. 4. 1-2004. 9. 30))

相 原 貴 之

河 田 尚 之

吉 元 誠

田 中 正 仁

池 田 廣

手 塚 隆 久

橋 本 知 義

岩 波 徹

山 下 昭 弘

九州における代かき同時土中点播直播稲作技術の確立 — 研究成果集 —

目 次

1. 地域総合研究「直播稲作型」の位置づけと推進について	1
2. 代かき同時土中点播機の点播形状の改善	11
3. 代かき作溝同時土中点播技術の開発	23
4. 水稻種子の酸素発生剤と薬剤との混和被覆が出芽に与える影響.....	29
5. 水稻湛水直播栽培における酸素発生剤種子被覆による石灰窒素の葉害回避.....	35
6. 代かき同時土中点播直播における播種同時打込み施肥技術	43
7. 直播水稻栽培のための大豆作導入によるスクミリンゴガイ密度低減	51
8. 代かき同時土中点播栽培における肥効調節型肥料の適性とその利用法	55
9. 暖地細粒灰色低地土の代かき同時土中点播水稻栽培における地力窒素を考慮した 被覆尿素肥料の施用技術	61
10. 輪作圃場の小麦生育における前作物（大豆／水稻）と稲麦藁処理の影響	69
11. 水稻湛水直播栽培における主要雑草の発生に及ぼす播種後落水管理の影響	75
12. 水稻湛水直播栽培の長期落水管理に対応した低コスト雑草制御技術の検討	79
13. 暖地の水稻湛水直播栽培における播種後の落水管理による雑草発生相の変動と効率的防除法	87
14. 大豆「サチユタカ」の狭畦密植栽培による雑草生育抑制効果と効果的雑草防除法	97
15. 現地実証試験地域における集落水田農業の動向予測と主要な担い手	103
16. 集落営農組織への水稻直播栽培技術導入の影響と組織運営改善効果	111
17. 圃場管理システムの特徴と地域および集落営農組織における活用	123
18. 代かき同時土中点播直播稲作技術を核とした暖地水田輪作技術体系の経営的評価	129

地域総合研究「直播稲作型」の位置づけと推進について

脇本賢三¹⁾

(2004年11月30日 受理)

地域先導技術総合研究「九州における代かき同時土中点播直播稲作技術の確立（略称：直播稲作型）」は平成9年からスタートした。この研究では当初、暖地稲作の将来をみ越した直播栽培技術の開発が主眼であった。これまでの個別型専門的研究と異なる点は、現場にすぐに定着させることのできる実用性の高い技術確立が求められたことである。従って、圃場試験レベルでの研究開発に止まらず、同時並行的に直播栽培導入の拠点となる現地の農家圃場において開発技術の実証試験が行われることとなった。そして、現地試験で発生した問題点を持ち帰り、それを解決するために場内試験が行われ、そこで得られた技術をもう一度現場へ戻して検証するという方式で研究が実施された。研究期間は当初5年間（平成9～13年度まで）とされたが、途中で予算の組み替えがあり、平成13年からは稲・麦・大豆の輪作体系における技術開発としての課題が追加され、平成15年まで期間が延長された。末尾に研究実施計画（資料1）および平成9年度からの研究課題一覧（資料2）を掲載した。

技術開発では、技術開発班が個別技術の開発を行い、それを受けて体系開発班が個別技術を組み合わせた現地適応性の高い技術に体系化し、技術体系の経営・導入条件などの評価は営農体系班が行った。

具体的には、水田作研究部（旧水田利用部）では、直播適性の高い良食味品種の選定および育成を稲育種研究室、作期競合を解消するため収穫時期の早い秋播型早生小麦品種の育成を麦育種研究室、選定または育成された品種の播種・栽培・施肥および防除はそれぞれ機械化研究室、栽培生理研究室、雑草制御研究室、水田土壌管理研究室が分担した。また、病害および虫害防除は地域基盤研究部の病害生態制御研究室および害虫生態制御研究室が分担した。全体を総合研究チームが統括した。この「直播稲作

型」研究の核になったのが「水稻の打込み式代かき同時土中点播直播技術」である。

この点播直播の最も大きな特徴は耐倒伏性が向上され、倒伏の発生を軽減できることである。九州地域の稲作においては台風等による気象災害が多く、倒伏しにくい直播栽培法の技術確立がポイントであった。本点播直播は湛水条件下で土中に種子を打ち込む方式であり、従来の表面散播に比べ耐倒伏性は大きく改善されている。また点播することにより生育が進むに従い移植の稲株に近い株形成を行うことで条播よりもさらに倒伏しにくくなる。この方式は現在沖縄県と北海道を除いてほぼ全国的に導入事例が増えつつあり、本州の各地域、特に東北・北陸地域においては普及面積が急増している。この栽培法では耐倒伏性が高いことと、稲株が移植に近い姿になることが農家導入実績向上の大きな理由となっている。しかし、九州地域では北日本に比べ水稻栽培規模が小さくそのため省力化の意義が小さいこと、また水稻以外の作物栽培が盛んであること、さらに湛水直播導入に最も阻害的に働くスクミリンゴガイによる食害が大きいことなどの理由で普及面積は伸び悩んでいるのが現状である。

省力技術としての直播ではこれまで乾田直播が主流であったが、透水性の大きい圃場では漏水対策や雑草防除などに問題が多く、導入に当たって圃場条件が限定されるため、広域的に適用可能な湛水直播が検討され、酸素発生剤の刎被覆技術、湛水直播用除草剤の開発などと相まって湛水土中直播技術が開発され、現在はこの方式が主流となっている。その中でもここで開発してきた点播直播は「打ち込み方式」により倒伏に強い直播栽培を実現したばかりでなく、播種時に降雨に遭遇することが多い九州の気象条件にも十分対応可能な、いわゆる「全天候対応型」とも呼べるものである。この水稻用点播機は麦

九州沖縄農業研究センター水田作研究部長：〒833-0041 福岡県筑後市和泉496

1) 現、全農福岡肥料農薬事業所

や大豆播種作業への汎用化に対してもほぼ技術が確立されており、稲・麦・大豆を中心とする北部九州の水田輪作体系においては特に有効な省力・低コスト技術となっている。

この水稲点播直播技術は実証圃が設定された福岡県夜須町地域の営農集団で試験開始の翌年から毎年約10数ha規模で作付けが実施されているほか、佐賀県上峰町においても数十ha規模で導入が進められている。今後はさらに周辺地域への普及・拡大を

期待する。

技術の確立や現場への導入に当たっては農業試験研究機関の研究者の他に、福岡県夜須町の実践農家、また農業改良普及センター、役場、農協などの多くの関係者、さらには直播研究会委員にご支援を頂いた。また、播種機メーカー、代かきハローメーカーの関係者には機械の開発・普及にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表したい。

資料1

地域農業確立総合研究

研究実施計画

「九州における代かき同時点播直播稲作技術の確立」

1. 研究目的

平成11年度に制定された「新農業基本法」に基づき、「食料・農業・農村基本計画」が制定され、麦・大豆・飼料作物等の大幅な自給率の向上、水田の高度利用を柱とした水田農業の確立、実需者ニーズに対応した高品質な作物生産技術の開発が急務となっている。また、稲作については、国際化への対応、農業就業者の高齢化・担い手不足の一段の進行等、省力化・軽作業技術の開発が強く求められ、21世紀を担うキーテクノロジーとして直播技術が位置づけされている。

九州地域は、温暖な気象条件を活かし稲-麦、大豆-麦等の組合せによる1年2作の水田輪作体系が図られているが、一方で、台風、豪雨、干ばつ等の気象災害への遭遇頻度も高い状況にある。そこで、地域の営農条件、立地・気象条件への適合性を検証しつつ、水稲直播栽培を核とする規模拡大対応技術、複合部門との作期競合回避技術、輪作機能を活用した低投入型の栽培管理技術を開発し、水田作営農の活性化に資する。

2. 営農試験地

- (1) 営農試験地名：福岡県朝倉郡夜須町曾根田地区
- (2) 営農試験地の農業概要及び選定理由：

福岡県朝倉郡夜須町は、県のほぼ中央に位置し、北東部に連なる丘陵地帯と、そこから南流する数条の河川によって形成される台地や扇状地、さらに南部は筑後川流域平野に続く平坦地からなっている。耕地面積のうち水田が約90% (1300ha) を占め、1農家当たりの平均耕地面積が約2haと県下第1位で、米・麦・大豆を中心とした土地利用型農業が展開されている地域である。

平成13～15年度に実施する本研究では、「食料・農業・農村基本計画」を踏まえ、麦・大豆の自給率の向上をめざし、水田の高度利用を柱とする水田農業の確立と実需者ニーズに対応した一層高品質な作物生産技術を組み込んだ高度輪作体系の確立にあるが、同町の曾根田地区においては、平成9年度から実施の「地域総合研究(直播型稲作)」の現地試験地として、現地農家、機械利用組合、夜須町、地元JA、福岡県関係者等の積極的な協力のもとで、開発した「代かき同時土中点播直播技術」が省力営農技術として導入され、また、町全域で米・麦・大豆作についてのブロックローテーションによる水田営農が展開されていることから、既存の開発技術の高位安定化、新たに開発する麦・大豆等の新技術の導入・検証の場として最適地である。

3. 研究内容

(1) 中課題名1：高精度・省力・安定直播技術の開発

1) 代かき同時土中播種機の高機能化技術の開発

【既往成果】

- (1) 水稲直播用代かき同時土中点播機の改良により，作業速度0.5～1.0m / sでの水稲株の点播形状は，長径7.2cm，点播株率（長径が10cm以下の株の割合）は90%に改善された（平成11年度九州農業研究成果情報，第15号上巻，1-2）。
- (2) 水稲直播用代かき同時土中点播機の一部の部品交換により麦・大豆の播種作業が実施できた。播種同時施肥の方法として土壌表面条施肥は問題なく実施できたが，より肥効が高いと予想される播種溝施肥では発芽障害が発生したため，一部改良の余地がある。

【研究目的】

- (1) 代かき同時点播直播稲作技術を核とした低コスト稲・麦・大豆輪作技術を確立するためには，播種機の麦・大豆への汎用利用を基本に一層の高エネルギー・省資材技術を開発する必要がある。本研究では，低コスト，省資材輪作技術の開発に資するため，播種機の稲・麦・大豆への汎用利用と「点播」播種および施肥技術を組み合わせた作業技術を開発する。

2) 土中播種における出芽特性の解明及び出芽の安定化技術の開発

【既往成果】

- (1) 休眠覚醒が進み発芽率がほぼ100%で発芽速度が最も速い時期にある種子や発芽力が低下を始めた種子では，乾熱処理後に低温浸種を行うと発芽が大きく阻害されることを明らかにした。
- (2) 収穫・調整後の保管時水分や保管温度が水稲種子の発芽速度・発芽率に及ぼす影響については十分な検討がなされていない。
- (3) 灰色低地土を供試した試験において，①落水条件では湛水に比べて速やかに第2葉抽出までを行うため苗立ちが安定しやすいこと，②同じ落水条件でも代かき程度によって土壌環境は変化し出芽・苗立ちに影響を与えること，③落水管理された同一圃場内で出芽・苗立ちにばらつきが生じる要因として，排水性の悪い箇所では土壌環境も異なり稲の生育は遅れることを明らかにした。
- (4) 灰色低地土以外の土壌では十分な検討がなされていない。

【研究目的】

代かき同時土中点播の安定栽培技術を確立するためには，その出芽・苗立ちの安定化が不可欠である。本課題では，出芽・苗立ち安定化技術の開発に資するために，酸素発生資材被覆に先立つ種子予措の留意点を明らかにするとともに，播種直後から落水管理したときの，土壌環境条件と水稲の発芽から出芽・苗立ちに至る生長過程との関係を明らかにする。

3) 水稲の代かき同時土中点播栽培における高品質・安定生産技術の開発

【既往成果】

- (1) 良食味水稲品種「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播栽培において，播種量を10a当たり乾粃で約3kg，条間を30cm，株間を20cmとし，過酸化石灰被覆種子（乾粃の2倍量被覆種子）を打込み播種し，播種後約1週間落水管理とすると苗立ち率や初期生育が向上し，安定生産が可能になることが実証された（平成10年度九州農業研究成果情報，第14号，上巻，1-2，1999）。
- (2) 水稲の代かき同時土中点播栽培において，育成系統「西海238号」はヒノヒカリに比べ出芽性及び耐倒伏性に優れ，また遅播きでも出穂期，成熟期ともに早い早生・良食味系統であり，稲・麦体系における作期幅の拡大に適することがわかった（九州農業研究成果情報，第15号，上巻，3-4，2000）。

【研究目的】

稲・麦・大豆輪作体系において代かき同時土中点播栽培を行うには出芽性の良好な短稈・良食味早生品種が安定栽培上望ましい特性である。「西海238号」は出芽性の良い系統であり、短稈で耐倒伏性に優れ、湛水直播栽培において安定生産を実現できる有力な系統である。そこでこの系統を供試し、播種時期や地力窒素および窒素施用量の違いが収量・品質に及ぼす影響を検討し、湛水直播栽培において播種時期や窒素条件に対応した高品質・安定栽培技術を開発する。

4) 大豆導入によるスクミリングガイ密度低減機構の解明と耕種的貝防除技術の開発

【既往成果】

- (1) 予備調査の結果、大豆転作後の圃場では貝密度が低下する傾向が認められたが、データの蓄積が充分でなく、気候の年次変化もあるため、一般化のためには数年にわたり調査を行う必要がある。
- (2) 水路からの貝の侵入については、全く異なる結果が得られており（小澤・牧野，1998；菖蒲，1996），一般的な傾向は不明である。

【研究目的】

スクミリングガイは稲の幼苗を加害する世界的な害虫であり、とくに九州においては湛水直播の阻害要因として重要である。近年、転作率の上昇にともない、3年あるいは2年に1度の大豆への転作が一般的になっている。転作を行うと乾燥による死亡などのため貝密度が減少すると予想され、その効果が充分であれば、転作後に直播を導入することは現実的な貝害回避法になりうる。また、圃場内の貝密度が減少しても、水路より大量の貝が侵入すれば稲に被害が出る。本課題では、転作による貝密度低減効果を量的に評価し、水路からの貝の侵入実態を調査して侵入防止策を開発する。

(2) 中課題名2：水稻直播栽培を核とする省力輪作技術体系の開発

1) 代かき同時土中点播栽培における省力施肥管理技術の開発

【既往成果】

- (1) 暖地における水稻「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播栽培では、シグモイド型100日タイプの肥効調節型肥料あるいはシグモイド型とリニア型50日タイプを2：1に配合したものを全量基肥施肥すると、リニア型100日タイプに比べ、最高分けつ期の茎数は少ないが、有効茎歩合が高く、速効性肥料の分施に比べても籾数が多いため高収となった（平成10年度九州農業研究成果情報）。

また、シグモイド型肥料の施肥位置は全層、すじ条、点状のいずれでも施肥窒素利用率、窒素吸収量に差がなく、ほぼ同量の収量が得られた（平成9年度九州農業研究成果情報）。

- (2) 「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播栽培では、有機物施用により肥沃度が高まった条件で速効性肥料の分施体系では収量は高まるものの、玄米窒素濃度も高くなるため稲わら連用及び稲わら堆肥連用では5%減収になるがシグモイドとリニア型の配合型を約50%減肥の窒素5 kg/10a程度にする必要があり、麦わら連用では20%減肥の窒素7 kg/10a以下にする必要があると考えられた（平成12年度水田土壌管理研究室研究成績概要）。
- (3) 輪換畑から水田に戻したときの1年目の水稻に対する窒素施用量は基肥、追肥の全体量の2～3割減を目安におく（九州地域における転換畑作技術指針，昭和63年，九州農業試験場）。
- (4) 大豆－小麦，水稻－小麦，トウモロコシ－小麦体系で2年間作付けし，3年目に水稻を栽培した跡地土壌の窒素供給量は大豆－小麦体系>水稻－小麦体系>トウモロコシ－小麦体系の順に低下し，大豆作付けによる窒素肥沃度の増強効果が認められた。各作物の窒素吸収量は経過年次と共に減少傾向が認められたが，刈株を土壌に残すことにより土壌の全炭素と全窒素の減少を抑制する効果が非常に大きいことが明らかとなった（昭和63年度九州農業試験場年報：39－41）。
- (5) 大豆・小麦体系では水稻・小麦体系より水稻の初期生育が良好で出穂期の地上部重も多いうえ，穂

揃期以降の葉色の低下が少なく、子実収量で10～20%の増収となり、地力向上効果が認められた。また、シグモイドタイプの肥効調節型肥料 LPSA30～50%配合の全量基肥施用で硫安分施とほぼ同等の収量が確保され、施肥の省力化も達成された（平成9年度水田土壌管理研究室研究成績概要）。

水稲直播用代かき同時土中点播機の一部の部品交換により麦・大豆の播種作業が実施できた。播種同時施肥の方法として土壌表面条施肥は問題なく実施できたが、より肥効が高いと予想される播種溝施肥では発芽障害が発生したため、一部改良の余地がある。

【研究目的】

九州地域では気象条件から全国平均に比べ耕地利用率が高く、麦・大豆のほとんどが水田で作付けされている。現在、水田における麦・大豆・飼料作物等の自給率向上が大きな課題となっているが、直播水稲・麦・大豆の1年2作を基幹とする省力・低コスト生産の水田輪作体系を確立することが急務である。その際、マメ科作物である大豆跡では地力窒素が高まり、後作の水稲・麦では施肥窒素量を減ずる必要があることが知られている。しかし、前作の大豆及び後作の水稲・麦の品種、作期、栽培法や作付土壌の種類、有機物管理の違いなどにより、その減肥程度は異なると考えられる。そこで、大豆作跡、稲わら、麦稈処理の違い等による地力変動を解明し、輪作作物の特性に応じた地力活用型の低投入省力施肥管理技術を開発する。

2) 代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発

【既往成果】

- (1) 播種深度が10mm程度に確保されれば移植水稲用の土壌処理剤（乳剤）を播種直後に処理しても葉害は軽微であり、ノビエ等の一年生雑草の初期発生を抑制し、初・中期一発剤の処理時期をイネの4葉期頃まで拡大することが可能であった（雑草研究45（別）、44-45）。
- (2) 転換1年目の大豆畑の優占雑草はノビエ、アゼガヤなどのイネ科雑草である（日作九支報48、55-57）。

【研究目的】

稲・麦・大豆輪作体系における雑草の発生は稲・麦輪作と異なると考えられる。また、大豆を輪作体系に組み込むことによりスクミリンゴガイの密度低減も考えられ、その場合には短期落水管理も可能となる。そこで、稲・麦・大豆輪作体系における雑草の発生相を明らかにし、それに応じた効率的雑草防除技術を開発する。

3) 水田輪作体系における大豆の省力・安定機械化栽培技術の開発

【既往成果】

- (1) 麦稈施用による窒素吸収低下は窒素肥料の増強で改善されたが、軽度の窒素欠乏の徴候は開花期頃まで続き、収穫期の茎長は短くなったが、収量への影響は見られなかった（四国農試報、47、40-53、1986）。
- (2) 麦稈800kg/10a施用条件において基肥及び追肥窒素の効果を検討した結果、追肥窒素N 5～10kg/10aでやや増収となった。麦稈施用では初期生育はやや抑制され、短茎化の傾向が認められたが、窒素追肥技術と組み合わせると収量向上が可能であることがわかった（土肥誌、58、334-342）。
- (3) 開花期窒素追肥量は18kg/10aまで増収効果が認められた。窒素の土壌表層追肥で窒素固定が激しく阻害された。根粒着生の少ない土壌の真相に施肥することで窒素固定の阻害が軽減される（日作紀、53（3）、329-336、1987）。

【研究目的】

大豆の省力・安定生産技術を確立するためには、精度の高い機械播種技術及び栽培技術の検討が必要である。そこで大豆播種が出来るように一部改造した水稲直播用播種機を用い、高精度播種技術を検討

するとともに、短茎・良質・早生種の新系統を供試して多条播で無中耕・無培土等の省力・安定栽培技術を開発する。

4) 稲・麦・大豆の省力二毛作技術体系の確立

【既往成果】

- (1) 良食味水稻品種「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播栽培において、播種量を10a 当たり乾籾で約3 kg, 条間を30cm, 株間を20cm とし、過酸化石灰被覆種子（乾籾の2 倍量被覆種子）を打ち込み播種し、播種後約1 週間落水管理すると苗立ち率や初期生育が向上し、安定生産が可能になることが実証された（九州農業研究成果情報, 第14号, 上巻, 1-2, 1999）。
- (2) イワイノダイチは暖地・温暖地に適応する秋播性程度Ⅳの早生で、茎立期が遅いため早播き適応性があり、短程で耐倒伏性が強い。多収性で製麺適性が高い（九州農業研究成果情報, 第15号, 上巻, 29-30, 2000）。

【研究目的】

稲・麦・大豆輪作体系においては水田機能を活用した作物の持続的生産及び大豆栽培跡の地力を活用した低投入栽培が可能である。そこでここでは稲・麦・大豆輪作体系の中で得られた個別開発技術を総合化し、省資材型の省力・低コスト・高位輪作技術体系を確立する。

(3) 中課題名3：水稻直播を核とする地域営農体系の策定

1) 開発技術の経営的評価と営農モデルの策定

【既往成果】

- (1) 地域総合研究「直播稲作型」ではFAPSを用いて代かき同時土中点播稲作技術を導入した稲麦大豆および複合経営モデルを策定し、規模拡大効果や収益向上効果等を明らかにしたが、気象変動に伴う農繁期移動がもたらすリスクや、品質変動、特にビール麦の品質変動による価格低下等の要素は組み込んでいない。

【研究目的】

筑後川中流水田地域は、稲麦二毛作が広範に展開し、生産調整に対応した大豆作付けも活発であるが、農業労働力の高齢化や農外就業の増加に伴う担い手の減少が深刻化するとともに、生産調整面積の拡大により大豆作付割合が上昇しつつある。こうした状況下で、麦類や大豆の自給率向上をめざすには省力・低コストで、かつ安定的な稲麦大豆輪作体系を確立することが極めて重要である。そこで、気象変動による農繁期移動や価格変動を考慮した水田作営農モデルを策定し、これに基づいて稲麦大豆輪作体系を阻害する要因を解明するとともに、代かき同時土中点播稲作技術を核とした稲麦大豆輪作体系技術を対象に、これら技術の特性を把握し、開発技術導入によるリスク軽減効果や規模拡大効果、収益向上効果等の経営的評価を行う。

2) 開発技術の定着条件の解明及び支援方策の策定

【既往成果】

- (1) 地域総合研究「直播稲作型」では、当該地域の水田作営農システムの実態と特徴を、主として生産の組織化の面から明らかにするとともに、労働力構成の変動を想定した今後の営農システムのあり方の検討を進めてきた。だが、地域的土地利用調整が抱える課題や今後のあり方の検討は行っていない。

【研究目的】

生産調整面積の拡大や価格条件の変化、労働力構成の脆弱化が進みつつあるなかで、省力・低コストで安定的な稲麦大豆輪作体系を確立するためには、これらの条件変化に応じた新たな地域的土地利用調整方式と生産組織のあり方を検討する必要がある。本課題では、現地実証の対象地域である夜須町曾根

田集落を中心に、今日の土地利用調整方式及び生産組織の実態と抱える問題点を明らかにするとともに、開発される輪作体系を想定しながら、生産調整面積の拡大や労働力構成の脆弱化が進むなかでの、今後の地域的土地利用調整方式と生産組織のあり方を検討する。

4. 達成すべき成果

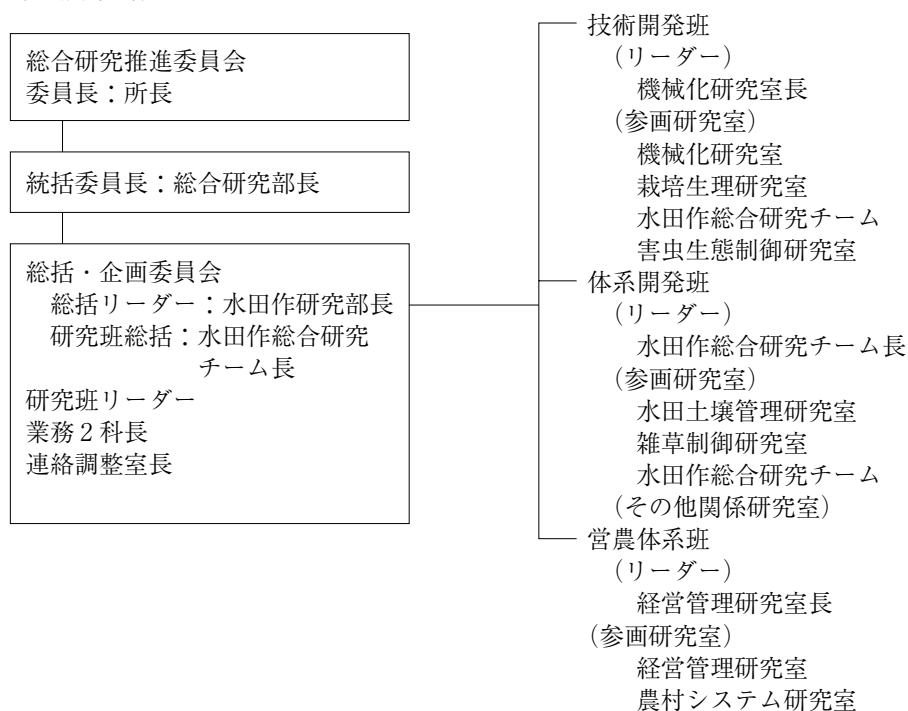
- (1) 代かき同時土中点播機の改良による麦、大豆の点播播種技術、播種同時施肥技術を開発する。
- (2) 作期に対応した点播直播水稻の高品質・安定栽培技術を開発する。
- (3) スクミリングガイの密度低減に及ぼす大豆作導入効果の解明と耕種的貝防除法を開発する。
- (4) 水田輪作において時期別及び年次別の地力変動を解明し、省力・低投入型施肥管理技術を開発する。
- (5) 代かき同時土中点播直播栽培における輪作機能活用の低投入型雑草防除技術を開発する。
- (6) 早生・良質・短茎大豆の省力・機械化栽培技術を開発する。
- (7) 上記の個別開発技術に加え、関連技術要素を組み込み、体系化・実証試験を行うとともに、技術マニュアルを策定する。
- (8) 開発技術を導入した経営モデルを策定し、さらに気象変動リスクの軽減効果、規模拡大効果、生産費低減効果等の経営的評価を行う。
- (9) 生産調整の拡大、労働力構成の変化に対応する新たな土地利用調整方式と生産組織のあり方について提言する。

5. 成果の普及方策

- ・ 公立試験研究機関との連携・協力
- ・ 現地検討会の開催等を通じての情報提供
- ・ 研究成果の学会発表、研究成果情報のとりまとめ、技術マニュアルの策定、HP等を利用した成果の公表
- ・ 技術情報交流会の開催、マスコミの活用
- ・ 交流共同研究、受託研究を介しての農機メーカーとの共同開発

6. 研究実施体制

- (1) 九州沖縄農業研究センター



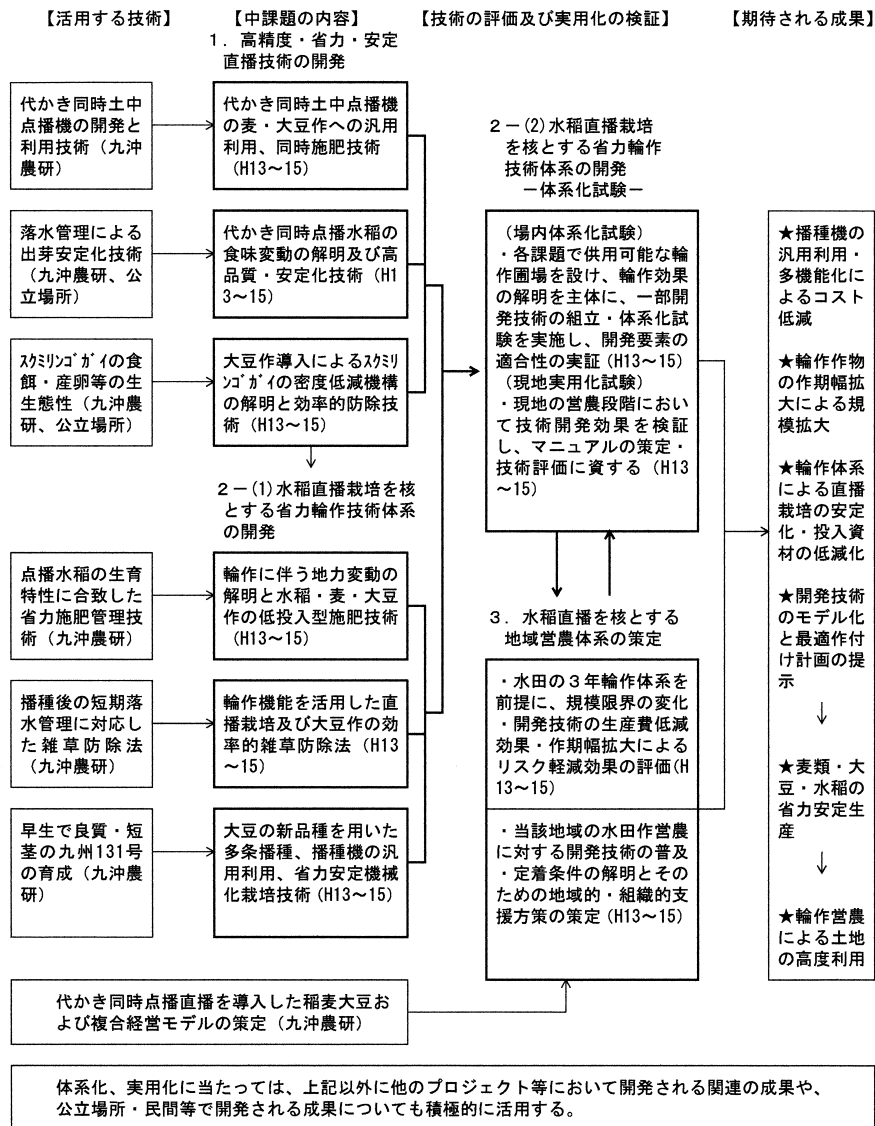
(2) 評価委員

佐賀大学教授 芝山秀次郎
 直播研究会専門委員 岡村 省三

(3) 現地検討会 (構成メンバー)

- ・福岡県夜須町曾根田生産農家
- ・福岡県夜須町曾根田機械利用組合
- ・福岡県夜須町曾根田ブロック
- ・筑前朝倉農業協同組合
- ・福岡県夜須町産業課
- ・福岡県農政部 (農業振興課、農業技術課、農政課)
- ・福岡県朝倉地域農業改良普及センター
- ・福岡県農業総合試験場
- ・九州農政局
- ・九州沖縄農業研究センター

7. フローチャート



資料 2

「九州における代かき同時点播直播稲作技術の確立」実施課題一覧

1. 中課題名：高精度・省力・安定直播技術の開発

キーテクノロジー：省力性の高い高精度・汎用代かき同時点播機を用いた水稻直播技術

担当課題名	年度	当初担当	終了時担当	研究内容(右欄は、平成12年度以前の内容が異なる場合の研究内容)	
(1)高精度代かき同時土中点播技術の開発	9-12	総合研究部・総研1チーム	水田作研究部・水田総研	開発中の代かき同時播種機を改良して播種性能の向上を図るとともに、耕種条件、圃場高低差、土質の違い等に対応する代かき技術及び隣接作業行程部へのマーキング機構等について検討し、圃場条件に適合する高精度・省力・安定直播作業技術を開発する。	
(2)代かき同時播種機の多機能化技術の開発	9-15	総合研究部・総研1チーム	水田作研究部・機械化研	水稻用代かき同時点播機の麦及び大豆播種への兼用技術、各作物栽培における同時施肥機構、同時作溝機構等を開発し、播種機の効率的利用を図る。	代かき同時点播機に、施肥及び麦の播種機構を付帯させ、開発機の多機能化を図る。また、播種と溝切りの同時作業化についても検討する。
(3)土中播種における出芽特性の解明及び出芽の安定化技術の開発	9-13	水田利用部・栽培生理研	水田作研究部・栽培生理研	湛水土壌中に播種された水稻種子の発芽から出芽に至る芽生えの伸長過程と土壌溶液中酸素濃度等の環境要因との関係を明らかにし、安定出芽のための種子予措及び圃場管理技術を開発する。	
(4)代かき同時土中点播栽培における安定的播種様式の開発	9-11	総合研究部・総研1チーム	水田作研究部・水田総研	点播間隔や点播形状が直播水稻の生育特性に及ぼす影響を検討し、最適点播条件を解明してこれに適合する栽培管理技術及び機械化技術の確立に資する。	
(5)湛水直播用水稻種子の収穫・調整技術の開発	9-11	水田利用部・機械化研	水田作研究部・機械化研	湛水土中直播では、播種深度が深くなるため高い発芽・出芽力を有する種子の供用が求められる。そこで供試種子の収穫・調整方法と発芽・出芽力との関係を解明し、土中播種に適應する種子の収穫・調整技術を開発する。	
(6)水稻の代かき同時点播栽培における高品質・安定生産技術の開発	13-15	水田作研究部・水田総研	水田作研究部・水田総研	播種時期、窒素施肥及び播種様式が点播水稻の収量・品質に及ぼす影響を解明し、収量の安定化と品質向上のための播種時期対応型栽培技術を開発する。	
(7)大豆導入によるスクミリングガイ密度低減機構の解明と耕種的具防除技術の開発	13-15	地域基盤研究部・害虫生態制御研	地域基盤研究部・害虫生態制御研	水田輪作体系における大豆作導入時の耕種条件とスクミリングガイの生息密度との関係を明らかにし、湛水直播水稻の苗立ち安定化のための具密度低減技術を開発する。	

2. 中課題名：水稻直播栽培を核とする省力輪作技術体系の開発（水稻直播を核とする超省力稲麦二毛作体系の開発）

キーテクノロジー：麦後における湛水直播適性品種・系統の選定、省力栽培管理技術、小麦熟期の早進化方策、代かき同時土中直播を核とする省力技術マニュアルの策定

担当課題名	年度	当初担当	現部署	研究内容(右欄は、変更のあった場合のH9年当時の研究内容)
(1)麦後における湛水直播適性水稻系統の選定	9-11	水田利用部・稲育種研	水田作研究部・稲育種研	麦後の湛水直播栽培に適應する系統、特に代かき土中播種条件下において高出芽性を有する系統を選定する。
(2)暖地向き秋播型早生小麦系統の選定	9-11	水田利用部・麦育種研	水田作研究部・麦育種研	播種期変動に伴う熟期、収量の変動を、生育の安定性、凍霜害、病虫害発生との関連で検討し、早熟・安定・多収栽培に適應する秋播型早生小麦系統を選定する。

(3)代かき同時土中点播栽培における省力施肥管理技術の開発	9-15	水田利用部・水田土壌管理研	水田作研究部・水田土壌管理研	稲・麦・大豆を基幹とする水田輪作体系における地力変動を解明し、輪作作物の特性に応じた地力活用型の低投入肥培管理技術を開発する。	点播水稲の養分吸収特性を解析し、緩効性窒素肥料の施肥位置、肥効発現型の異なる肥料の適切なブレンド方式及び肥料の施肥効率等について、麦稈施用条件も組み合わせて検討し、直播水稲の収量性の向上及び省力管理のための施肥技術を開発する。
(4)代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発	9-15	水田利用部・雑草制御研	水田作研究部・雑草制御研	水田輪作体系における水田雑草の発生生態を調査し、草種および雑草発生量に応じた効率的雑草防除技術を開発する。	代かき同時土中点播栽培において、主要雑草発生・生育特性を播種後の水管理及び点播水稲の生育との関連で明らかにし、要防除期間を策定する。また有効防除技術を選定し、除草体系を策定する。
(5)点播直播栽培における水稲病害の発生様相の解明	9-11	地域基盤研究部・病害生態制御研	地域基盤研究部・病害生態制御研	栽培様式の変化に伴う紋枯病の病勢進展過程を調査し、被害との関係を明らかにし、要防除水準の策定を図る。また、いもち病、もみ枯細菌病等の発生実態を明らかにする。	
(6)水田輪作体系における大豆の省力・安定機械化栽培技術の開発	13-15	水田作研究部・総合研究チーム	水田作研究部・水田総研	稲・麦・大豆の輪作体系において、早生・短莖・良質で倒伏性の大きい大豆新品種等を用い、播種機の汎用利用による省力・安定機械化栽培技術を開発する。	
(7)稲・麦の省力二毛作技術の体系化	9-12	総合研究部・総研究1チーム	水田作研究部・水田総研	個別開発技術を順次体系化試験に組み込んで、各開発要素の適合性を検証するとともに、問題点を摘出し、フィードバックさせるなかで稲麦二毛作体系における省力栽培技術を確立する。	
(8)稲・麦・大豆の省力二毛作技術体系の確立	13-15	水田作研究部・合研究チーム	水田作研究部・水田総研	稲・麦・大豆の輪作体系において、開発技術を順次体系試験に組み込み、各開発要素の適合性を検証し、問題点摘出し、現場適応性の高い省力輪作技術を確立する。	

3. 中課題名：水稲直播を核とする地域営農体系の策定

キーテクノロジー：水田作経営モデルの策定、開発技術の経営的評価、技術定着のための支援法作技術

担当課題名	年度	当初担当	現部署	研究内容（右欄は、変更のあった場合のH9年当時の研究内容）	
(1)九州地域における農業経営の動向解析	9-11	総合研究部・動向解析研	総合研究部・動向解析研	九州地域における農家規模別・農業労働力保有別農家の動向とその農家が担っている農業生産等の動向を県単位で解析し、将来動向を推定するとともに、大規模育成対策や技術革新が農業生産構造にもたらす変動効果をシミュレーションにより明らかにする。	
(2)対象地域における農業経営の動向解析	9-11	総合研究部・動向解析研	総合研究部・動向解析研	対象地域における農業経営を経営内での稲作部門の位置づけや土地利用、農外就業との関連により整理し、農業及び農業経営の動向を解析するとともに、地域における水田作の主要な担い手を明らかにする。	
(3)開発技術の経営的評価と営農モデルの策定	9-15	総合研究部・経営管理研	総合研究部・経営管理研	気象変動による農繁期移動や品質変動による価格変動等を考慮した水田作経営モデルを策定するとともに、開発技術導入によるリスク軽減効果、規模拡大効果等の経営的評価を行う。	技術構造変化を明確化し、主要な水田作営農類型における開発技術導入の規模拡大効果、収益向上効果の把握などの経営的評価を行う。また、営農類型ごとに導入後の営農モデルを策定する。
(4)開発技術の定着条件の解明及び支援方策の策定	11-15	総合研究部・農村システム研	総合研究部・農村システム研	稲・麦・大豆による高度輪作営農体系を地域として成立させ、稲わら等の地域資源の有効利用も含めた組織的連携のあり方等を明らかにし、その実現のための地域的支援方策を策定する。	開発される水稲・麦超省力栽培技術の当該地域への普及・定着条件を明らかにし、行政、農業団体等による地域的組織的支援方策を策定する。

代かき同時土中点播機の点播形状の改善

田坂幸平・吉永悟志¹⁾・松島憲一²⁾・脇本賢三³⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

水稻の湛水直播栽培の普及を妨げる要因として、出芽・苗立ちの不安定性と転び型倒伏の発生が挙げられる。倒伏が多い理由の一つとして、安定した出芽・苗立ちのために播種深度が浅く設定されており、特に寒地、寒冷地及び暖地の早播きでは、近年普及している酸素発生剤を利用した場合でも播種深度は10mm以内が安全と言われる(姫田, 1995)。

一方、最近普及が始まった点播直播水稻栽培技術は散播や条播に比べて耐倒伏性が高いことが実証されつつあり、その理由は点播状に播種された種子が生長して稲株を形成するためであるとされている。稲株の形成は過剰分げつを抑制し稈基部の断面積を増加するとともに株内での根張りを強固にして倒伏に対する抵抗を増大させるため、稈長や穂重の増加により地上部モーメントが増加しても耐倒伏性を向上させると解析される(吉永ら, 2001)。このように、点播状播種は耐倒伏性向上に有効であり、点播機の点播形状を安定化させることが重要である。

本研究は、水稻の湛水直播栽培の安定化を目的とし、水稻の打込み式代かき同時土中点播機(下坪ら, 2001, 富樫ら, 2001a - b)の点播形状の改善を中心に取りまとめた。

2. 旧型ディスクケースの問題点の解明

1) 播種機の概要と問題点

第1図に示す水稻の打込み式代かき同時土中点播機はトラクタ、代かきロータリ、打込み点播機からなる機械である。打込み点播機は、第2図に示すように、種子繰出しロール(以下、繰出しロールと呼

ぶ)を含む種子繰出し部、鋸歯型打込みディスク(以下、打込みディスクと呼ぶ)とディスクケースからなる種子加速部、種子ホoppa(第2図では省略)の3つで構成され、繰出しロールと打込みディスクはそれぞれ別のDCモータで駆動される。

繰出しロールには種子穴(以下、セルと呼ぶ)が3個あるが、酸素発生剤被覆水稻種子(以下、被覆種子と呼ぶ)の被覆剤がセルに固着することを防止するため、セルの底は繰出しロールの回転に伴って上下動する。セルの底が押出される角度(押し出し角度)は通常は水平から約45度上である程度調整できる。打込みディスクが被覆種子を打撃加速する際の衝撃をやわらげるため、打込みディスクの周辺部(鋸歯状の部分)はスポンジゴムを材料としている。

繰出しロールのセルから繰り出された数粒の種子(1株当たりの播種量で通常5~9粒程度、以下、種子群と呼ぶ)はディスクケースの種子供給管を通して側方から打込みディスクに衝突し、加速されて土中に点播状に打ち込まれる(第2図a)。打込みディスクの回転数は0~1500rpmの範囲で調節できるが、通常は1000rpm程度で使用し、この場合の打込みディスクの周速度は約10m/sとなり、加速



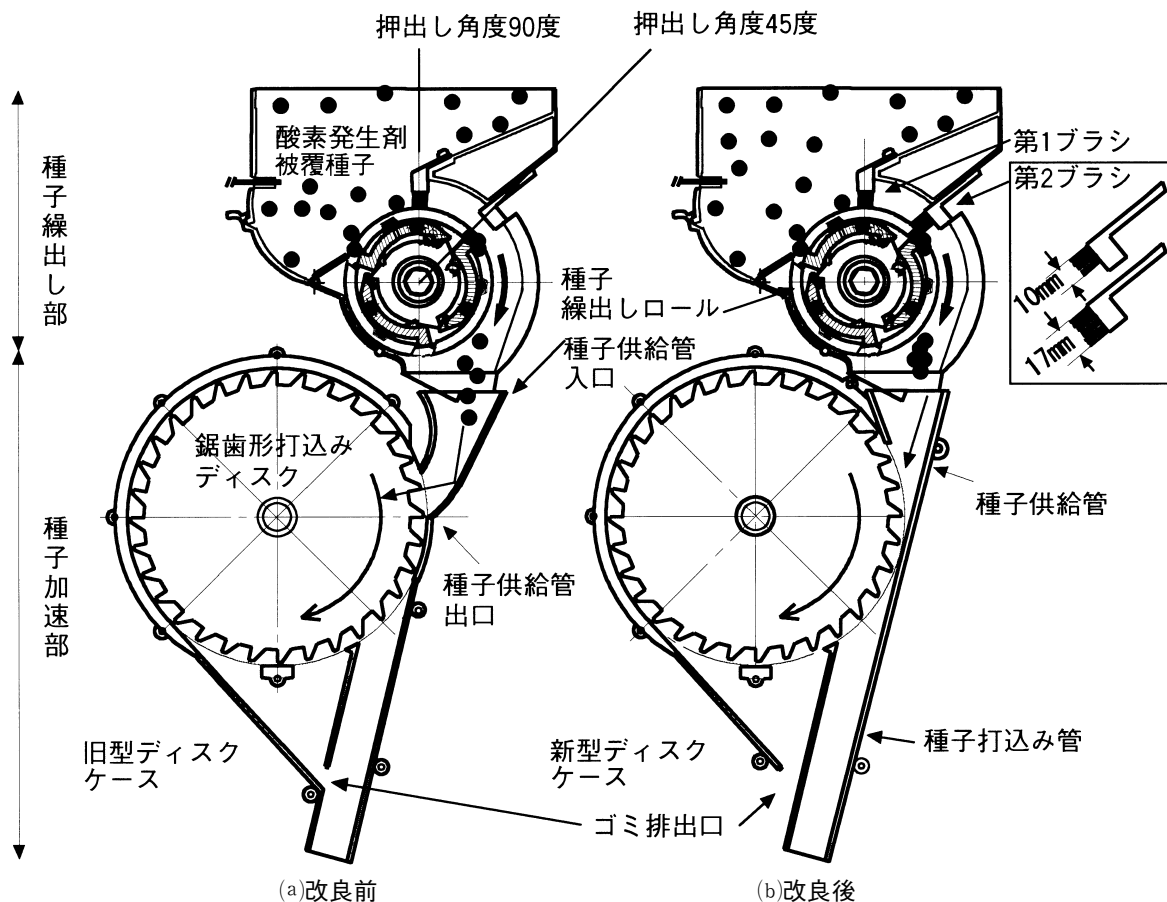
第1図 打込み式代かき同時土中点播機

九州沖縄農業研究センター水田作研究部機械化研究室：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

1) 現、東北農業研究センター

2) 現、信州大学大学院農学研究科

3) 現、全農福岡肥料農薬事業所



第2図 打込み点播機の構造及び形状

された種子の速度もほぼ同じになる。

本機械（第2図 a）は1998年春に市販機の試験販売が開始された。しかし、点播機の基本性能である点播形状が不安定で条播状になる場合があること、打込みディスクケースの種子供給管の出口付近で種子から剥離した酸素発生剤が固まって種子が詰まる事例が見られることから、これらの問題を解決するため以下の試験を行った。

なお、点播形状の定義は富樫ら⁴⁾と同様に、楕円状の広がりを持つ種子群の播種機進行方向の広がりを長径、進行方向に直角な方向の広がりを短径とした。また、長径10cm以下の株の割合を点播株率と定義した。

2) 点播形状不安定要因の解明

(1) 試験方法

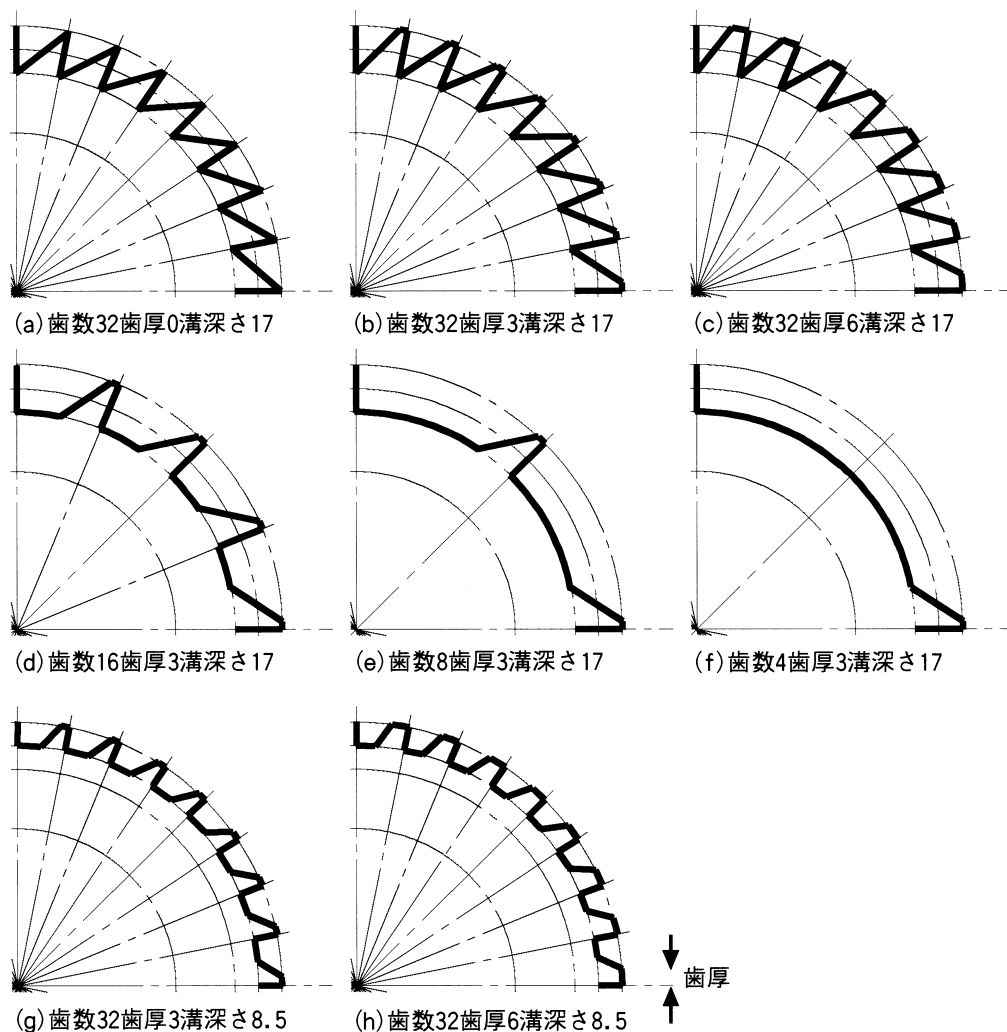
a ディスクケース内種子運動解析

ハイスピードビデオカメラ（PHOTORON, FASTCAM-Rabbit-2）を用いて、繰出しロールか

ら落下した種子群がディスクケースの種子供給管を通過してディスクケース内に入る運動の様子を撮影し解析した。ビデオカメラのシャッタースピードは1/8000sとした。ディスクケースは1998年度市販品（第2図 a）に類似した1997年度試作品を用い、種子加速部から打込みディスクを取外した状態で種子供給管入口と出口の種子速度及びこの間（約10cm）の種子通過時間を測定した。繰出しロールの回転数は50rpm及び75rpmとした。

b 打込みディスクの形状検討

歯数及び歯の先端の厚み（歯厚）が異なる打込みディスク5種類（第3図 b～f、スポンジゴム製）を用い、繰出しロールから落下した種子群がディスクケースの種子供給管を通過して打込みディスクに衝突し種子供給管側に跳返される種子群の割合を調査した。この割合（以下、跳返り率）は、全種子群の内、打込みディスクによって1粒以上が跳返された種子群の割合として計算した。また、同条件で種



第3図 試験に供試した打込みディスクの形状
注) 歯厚と溝深さの単位は mm。

子に被覆した酸素発生剤（カルパー粉粒剤16）の剥離率を調査した。剥離率の調査は、ディスクケースの種子打込み管の下に設置した箱で種子を受取り、箱内の材料を幅 2 mm の縦目篩いでふるって剥離した酸素発生剤を分離し、質量を測定する方法で行い、全体の質量に対する篩い下質量から剥離率を算出した。なお、箱内にはクッションを敷き、箱内で酸素発生剤の剥離が生じないようにした。繰出しロール回転数は50rpmとし、打込みディスクの材質はスポンジゴム、厚さは20mm、直径は191mmとした。打込みディスク回転数は700rpm, 1000rpm, 1200rpmの3段階とした。

いずれの試験も、種子は酸素発生剤を乾初めの2倍量被覆した水稻種子（品種ヒノヒカリ）を用い、酸素発生剤被覆直後の種子（含水率約20%）を97～

98%の質量まで乾燥して供試した。繰出しロールのセルサイズは縦12mm×横18mm×深さ6mmとした。なお、本報告における実験では種子条件及び繰出しロールのセルサイズは全て上記と同じである。また、1998年度市販品の打込みディスクは第3図hと同じ形状である。

(2) 試験結果

a ディスクケース内種子運動解析

種子供給管入口と出口の種子通過時間及び種子速度を第1表に示す。種子通過時間（種子群の最初の種子が通過してから最後の種子が通過するまでの時間）は種子供給管入口では52.5～71.1ms、種子供給管出口では74.8～97.9msであり、種子供給管内部で種子群の広がりが1.4倍程度に増幅していた。これは、種子が種子供給管の壁に衝突するため、あ

第1表 種子通過時間及び種子の速度

	測定地点	繰出しロール回転数(rpm)	
		50	75
種子通過時間(ms)	入口	71.1	52.5
	出口	97.9(138)	74.8(143)
最初の種子の速度(m/s)	入口	1.36	1.38
	出口	1.22(90)	1.25(91)
最後の種子の速度(m/s)	入口	1.00	1.11
	出口	0.98(98)	0.97(87)

注) () 内の数値は入口に対する出口の割合 (%)

るいは、種子供給管内部での種子どうしの衝突に起因するものと推定された。

種子供給管入口では、最初の種子の速度が1.36~1.38m/s、最後の種子の速度が1.00~1.11m/sで、最後の種子の速度は最初の種子の速度の74~80%であった。種子供給管出口の種子速度は種子供給管入口の速度に比べ87~98%で、顕著な場合で1割程度遅くなっていた。この理由も上記の場合と同様と思われる。

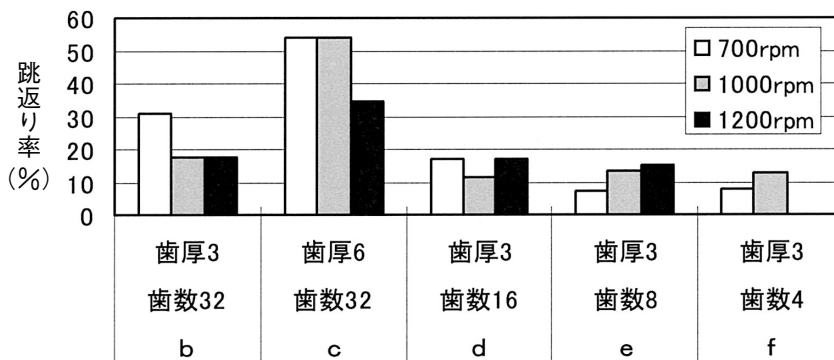
以上の結果、旧型ディスクケースでは、繰出しロールから落下した種子群が種子供給管の壁に一度衝突して横方向から打込みディスクに到達するため、種子群の広がりが大きくなるとともに種子速度が遅くなっていると考えられた。種子群の広がりが大き

くなると点播形状も大きくなるため、点播形状を小さくするためには、繰出しロールから繰出された種子が種子供給管に衝突する前に直接打込みディスクに到達する方が良いと思われた。また、種子供給管出口付近で、種子が打込みディスクとディスクケースに挟まれて、種子から酸素発生剤が剥離する現象が頻繁に観察され、これがこの部分で種子が詰まる原因であると思われた。

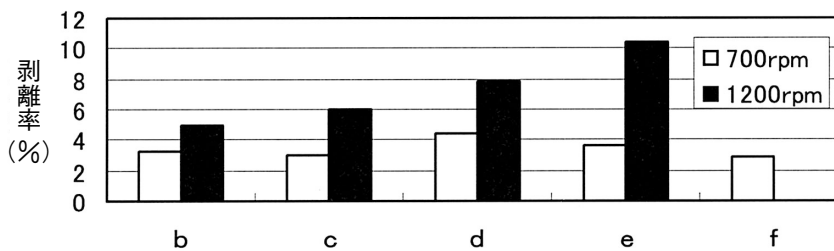
b 打込みディスクの形状検討

第4図(下)に種子供給管内の跳返り率を示す。跳返り率は打込みディスクの歯数が減少するにつれて少なくなったが、打込みディスク回転数との関係は認められなかった。また、歯厚6mm(c)の場合の跳返り率は歯厚3mm(b)の場合の1.7~3.1倍程度もあった。一般に、打込みディスクによって種子が種子供給管内に跳ね返されると種子群の広がりが大きくなり点播形状が大きくなると予想されることから、旧型ディスクケースの点播形状は歯厚など打込みディスクの形状に影響されると考えられた。

第4図(上)に、打込みディスクの形状と酸素発生剤剥離率の関係を示す。酸素発生剤剥離率は、打込みディスク回転数が1200rpmの場合、歯数が少ないほど高かったが、歯数32の場合は歯厚が薄い方が剥離率が低かった。打込みディスク回転数が



(a) 種子供給管内の種子跳返り率



(b) 酸素発生剤剥離率

第4図 打込みディスクの形状と (a) 種子供給管内の種子跳返り率および (b) 酸素発生剤剥離率の関係

700rpm の場合は歯数16 (d) で剥離率のピークが見られた。

打込みディスク回転数が1200rpm の場合に、歯数が少ないほど剥離率が高くなった理由は、歯数が少ないほどディスクケースと打込みディスクの鋸歯間の空間が大きく、種子が適正な位置で打込みディスクに打撃される確率が低くなるため、打込みディスクケース内の種子滞留時間が長くなったり、種子が打込み管以外の場所に衝突する割合が増加するためであると思われる。

以上2つの実験の結果、点播形状を改善するためには、繰出しロールから落下した種子が打込みディスクに直接当たるようにディスクケースの種子供給管の形を変更すること、ディスクの形状は歯数32で歯厚を小さくすることが必要であると考えられた。

3. 新型ディスクケースの開発

1) 試験方法

新型のディスクケースとして第2図 (b) に示す形状のディスクケースを試作した。この形状は、旧型のディスクケースに比較して種子供給管から打込み管へのラインが直線になっており、繰出しロールから落下した種子が直接打込みディスクに衝突する。打込みディスクに衝突した種子は第2図 (b) では右下側に飛散するが、この飛散軌跡は旧型ディスクケースに比べて下方に向かっており、この部分で点播形状が悪化する可能性がより小さいと考えられた。

(1) 跳返り率及び酸素発生剤剥離率の調査

この新型ディスクケース (第2図 (b)) と旧型ディスクケース (第2図 (a)) を供試し、種子供給管内部の跳返り率、ゴミ排出口からの種子放出率、酸素発生剤剥離率を調査した。打込みディスクの形状は歯数32溝深さ17mm で、歯厚は0 mm, 3 mm, 6 mm の3種類 (第3図 a~c) を用いた。跳返り率については前項と同様にハイスピードビデオカメラを用いて解析を行い、酸素発生剤剥離率も前項同様に測定した。

(2) 点播形状調査

上記2種類のディスクケースを供試し、ゲル状の寒天 (濃度0.6%) を入れた移動槽に種子を打込んで点播形状を調査した。移動槽のサイズは縦180cm

×横28cm ×深さ8 cm, 移動距離は約6 m, 移動速度は0.5m / sとした。打込みディスクの形状は歯数32, 歯厚3 mm 及び6 mm, 溝深さ17mm 及び8.5mm (第3図の b, c, g, h) とした。打込み管の先端から寒天表面までの距離は0.21m とした。1処理区のサンプル数は33~35とした。

上記試験の共通条件として、繰出しロールの回転数は50rpm, 打込みディスクの回転数は700rpm 及び1300rpm とした。

2) 試験結果

(1) 跳返り率, ゴミ排出口からの種子放出率, 酸素発生剤剥離率

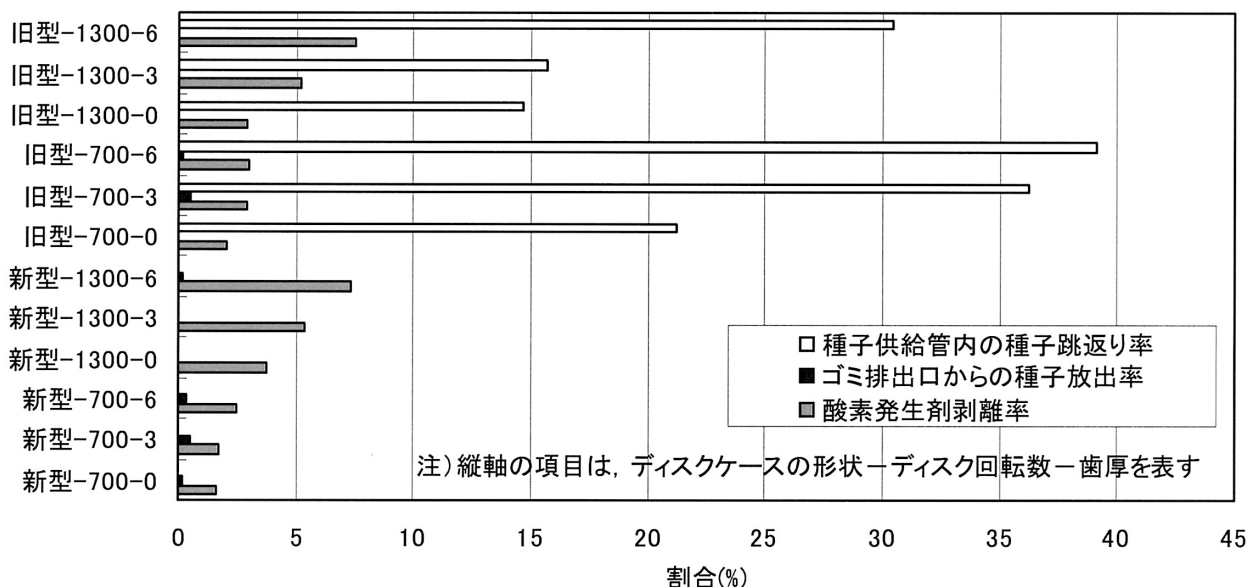
試験結果を第5図に示す。種子供給管内の跳返り率は旧型ディスクケースでは15~40%で、歯厚が大きいほど、また、回転数が低いほど高かった。しかし、新型ディスクケースでは種子供給管内への種子の跳ね返りはほとんど見られなかった。ゴミ排出口からの種子放出率は両ケースともディスク回転数が低い場合に多かったものの、その割合は最高でも0.5%程度のため実用上問題ないと判断された。酸素発生剤剥離率は打込みディスク回転数が高いほど、また、歯厚が増加するほど増大した。この値は、ディスクケースが異なっても大きく変化しなかったが、低速回転域では新型ディスクケースの方がやや小さいと思われた。

以上の結果、新型ディスクケースでは種子供給管内の跳返り率の低下による点播形状の向上と酸素発生剤剥離率の低下が示唆されるとともに、打込みディスクの歯厚に関係なく良好な点播形状が維持できる可能性が示された。

(2) 点播形状

点播形状の調査結果を第2表に、点播形状の分布を図示した例を第6図 (a) 及び (b) に示す。点播形状の長径は、旧型ディスクケースでは平均9.7cm, 新型ディスクケースでは平均7.6cm となった。短径は5.2~5.4cm で大差なかった。点播株率は旧型ディスクケースで平均55.2%, 新型ディスクケースでは平均84.2% となった。点播株率は、旧型ディスクケースでは、ディスクの歯厚, 溝深さ, 回転数によって39.4~71.4% の範囲で大きな変動が見られたが、新型ディスクケースでは73.5~94.1% と変動が少なく安定して高かった。

以上の結果、新型ディスクケースの点播形状は旧



第5図 種子運動解析結果および酸素発生剤剥離率

第2表 打込みディスクの形状・回転数と点播形状

No.	歯厚 (mm)	溝深さ (mm)	打込みディスク 回転数 (rpm)	旧型ディスクケース			新型ディスクケース		
				長径 (cm)	短径 (cm)	点播株率 (%)	長径 (cm)	短径 (cm)	点播株率 (%)
1	3	8.5	700	9.9	4.9	55.9	8.4	5.1	73.5
2			1300	9.3	5.7	54.5	7.8	5.6	82.9
3	3	17	700	9.9	5.0	52.9	7.9	4.8	79.4
4			1300	8.5	5.9	71.4	8.0	6.4	82.9
5	6	8.5	700	9.7	4.6	51.4	7.7	4.2	87.9
6			1300	11.2	5.9	39.4	7.1	4.9	87.9
7	6	17	700	9.4	4.9	60.0	7.2	4.8	85.3
8			1300	9.5	6.2	55.9	7.1	5.7	94.1
平均				9.7	5.4	55.2	7.6	5.2	84.2

注) 寒天槽速度は0.5m/s, 繰出しロール回転数は50rpm, 1処理区のサンプル数は33~35株。

型ディスクケースより良好であることが確認できた。また、種子供給管の形状から、剥離した酸素発生剤が種子供給管出口にたまりにくく、この部分での種子の詰まりが少ないと考えられた。

4. 第2 ブラシの追加による点播精度の向上

1) 試験方法

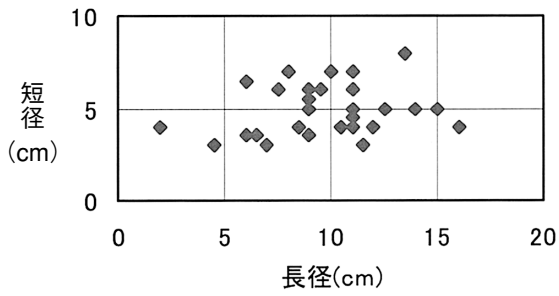
点播形状の長径を小さくするためには、上で示したように、打込みディスクで種子を加速する時に種子群の広がりを大きくしないようにすることが重要であるが、繰出しロールから落下する種子群の広がりをより小さくすることができれば更に長径が小さ

くなると思われる。そこで、播種機のブラシを利用して繰出しロールから落下する種子群の広がりを小さくすることを試みた。

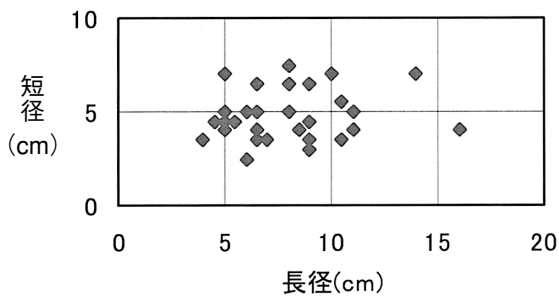
(1) 種子群の定点通過時間及び最初と最後の種子の基準時刻からの偏差の検討

ハイスピードビデオカメラを用い、繰出しロールから落下する種子群の最初と最後の種子が種子供給管入口(以後、定点と呼ぶ)を通過する時刻を調査し、その時刻から種子群の定点通過時間を測定した。

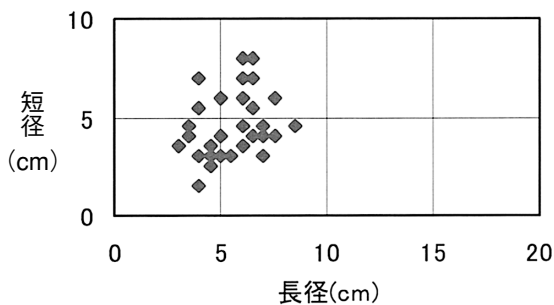
定点通過時間は種子群の広がりを意味するが、この値を評価する場合、最初の種子がセルから出るタイミングが早すぎるのか、最後の種子がセルから出るタイミングが遅すぎるのかはこの値だけでは解析



(a)旧型ディスクケース、第2ブラシなし、歯厚3mm、溝深さ17mm



(b)新型ディスクケース、第2ブラシなし、歯厚3mm、溝深さ17mm



(c)新型ディスクケース、第2ブラシあり、歯厚6mm、溝深さ8.5mm

第6図 点播形状の分布の例

できない。そこで、繰出しロールが一定の角速度で回転していると仮定し、セルから落下する各種子群が一定の間隔で定点を通過する時刻をその種子群の基準時刻とした。

基準時刻とは（第7図）、ビデオ撮影された連続する十数組の種子群の中から計測開始時及び計測終了時付近にある種子通過時間（ $\Delta T_1 \sim T_m$ ）が比較的短い2つの種子群（第7図ではAとB）を選び、種子群Aの先頭の種子が通過してから種子群Bの先頭の種子が通過するまでの時間（ $T_{ms} - T_{1s}$ ）を、その間の種子群数+1（種子群A、Bを除く）で割った値を種子繰出しのインターバルとして、各種子群の基準時刻を算出した。次に、基準時刻と最

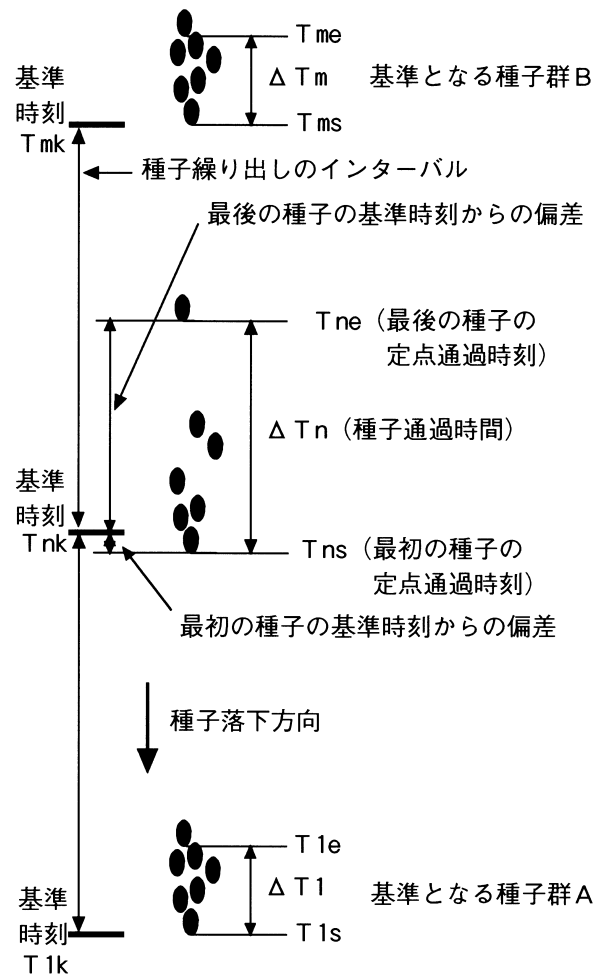
初の種子の定点通過時刻との差（ $T_{nk} - T_{ns}$ ）を最初の種子の基準時刻からの偏差、基準時刻と最後の種子の定点通過時刻との差（ $T_{ne} - T_{nk}$ ）を最後の種子の基準時刻からの偏差とした。

繰出しロールの回転数は50rpm, 75rpm, 100rpmとした。セル底の強制押し角度は45度及び90度（第2図（a）参照）とした。

（2）第2ブラシの追加による定点通過時間の検討

上記試験の結果、種子群の最初の種子の定点通過時刻のばらつきは、セル底の強制押しが行われる前にセルから種子が飛散することによるものであると思われた。そこで、第1ブラシの（紙面に向かって）右側に厚さ17mm（5列）及び10mm（3列、5列から下側の2列を除去）の第2ブラシを取り付け（第2図（b））、再度種子通過時間を測定した。

（3）第2ブラシの追加による点播形状の検討



第7図 基準時刻と種子通過時間

第2ブラシ追加による点播形状改善効果を新型ディスクケースを用いて調査した。調査方法はⅢ-1-(2)項に準じた。

2) 結果の概要

(1) 押し出し角度の影響

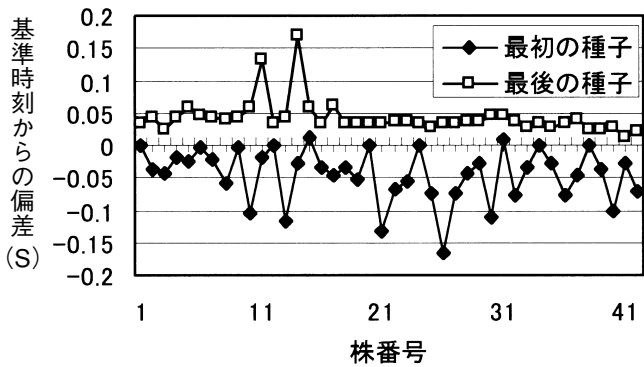
第3表のNo. 1～6にセル底の押し出し角度の検討

結果を示す。また、第8図(a)と(b)に第3表のNo. 1とNo. 4のデータを図示する。種子通過時間は繰出しロール回転数が増加するほど減少したが、これには主に1セルあたりの繰出し粒数の減少が関与していると考えられた。種子通過時間は押し出し角度が45度より90度の方が長くなったが、これは最後

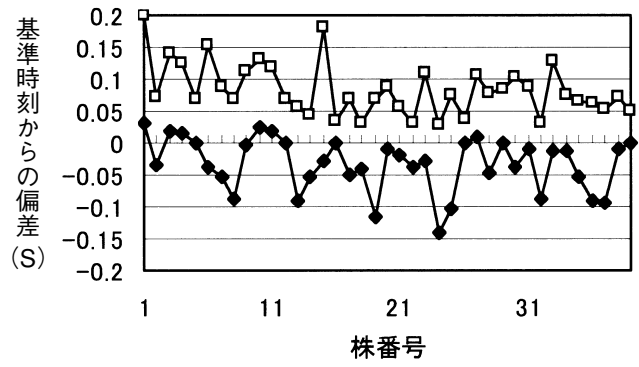
第3表 押し出し角度, ロール回転数, 第2ブラシの有無と種子通過時間

No.	押し出し角度 (deg)	繰出しロール 回転数 (rpm)	第2ブラシ 厚さ (mm)	1株粒数 (粒)	通過時間 (ms)	基準時刻からの偏差	
						最初の種子 (ms)	最後の種子 (ms)
1	45	50	—	8.2	86.8	44.5	42.3
2	45	75	—	7.0	59.9	13.1	46.8
3	45	100	—	5.9	48.9	9.2	39.7
4	90	50	—	8.3	115.6	32.4	83.2
5	90	75	—	6.6	70.1	6.4	63.7
6	90	100	—	5.9	57.2	9.8	47.5

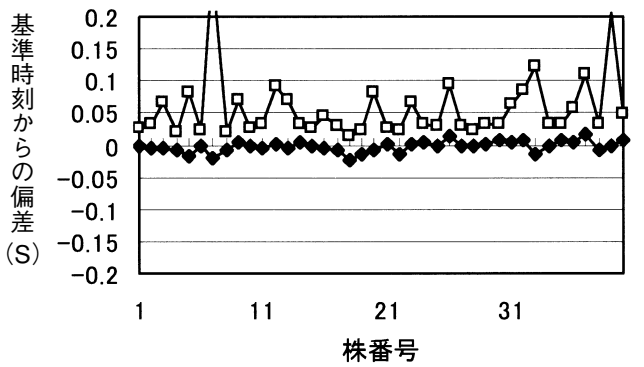
7	45	50	17	7.9	58.7	1.9	56.8
8	20	50	17	8.0	59.4	6.5	53.0
9	45	50	10	7.7	39.2	3.1	36.1
10	45	100	10	5.9	41.3	0.2	41.1



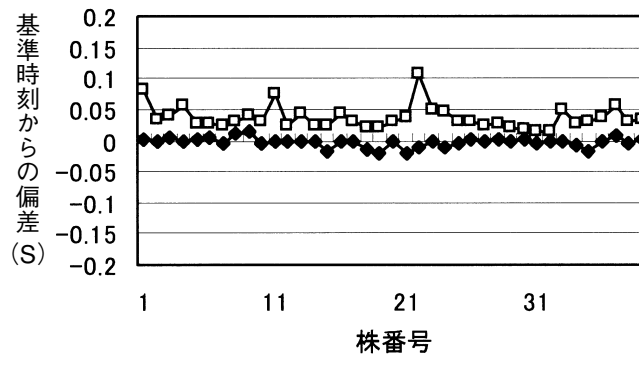
(a) 押し出し角度45度、第2ブラシなし



(b) 押し出し角度90度、第2ブラシなし



(c) 押し出し角度45度、第2ブラシ厚さ17mm



(d) 押し出し角度45度、第2ブラシ厚さ10mm

第8図 基準時刻からの偏差

の種子の基準時刻からの偏差の違いによるものであると考えられた。

基準時刻からの偏差は、繰出しロール回転数が50rpmの場合、押し出し角度45度、90度ともに最初の種子でばらつきが大きかった。これは、最初の種子が強制押し出しによる力を受ける前にセルから放出されているのが理由であると思われた。また、押し出し角度45度の場合は90度に比べて最後の種子の基準時刻からの偏差が小さかった。この理由は、強制押し出しによる力を受けて放出された最後の種子の飛散方向が押し出し角度45度と90度では異なり、90度の方が種子が上に向かって放出されるためであると推察された。

一般的に、最初の種子の落下時刻のばらつきは、第1ブラシを通過したセルの中の種子が強制押し出し力を受ける前にセルから飛び出すためであると考えられ、第2ブラシを第1ブラシの前方約45度の位置、つまりセルの底が上昇する直前の位置に取付ければ最初の種子の基準時刻からの偏差が小さくなると考えられた。

(2) 第2ブラシの有無と厚さの影響

第3表のNo. 7～10に第2ブラシを取付けた場合の種子通過時間を示す。また、第8図cとdに第3表のNo. 7とNo. 9のデータを図示する。厚さ17mmの第2ブラシを取付けた結果（第3表のNo. 7の条件）、最初の種子の基準時刻からの偏差は少なくなったものの、最後の種子の基準時刻からの偏差にややばらつきが見られた。このばらつきは、強制押し出しが終了する直前にセルから飛び出した種子がブラシに引っかかり遅れて落下するためであると見られ、No. 8では押し出し角度を20度に下げたが、かえって最初の種子の基準時刻からの偏差が大きくなった。そこで、17mmあるブラシの厚みを10mmにして試験を行った結果（第3表のNo. 9～10）、

種子通過時間を2/3程度に短縮することができた。

厚さ10mmの第2ブラシを取付けた場合の、繰出しロール回転数50rpm、100rpmでの種子通過時間は、従来までの第1ブラシのみの場合に比較して、それぞれ、45%、84%となった。

(3) 第2ブラシ及び新型ディスクケースを採用した場合の点播形状

第4表及び第6図(c)に第2ブラシ及び新型ディスクケースを採用した場合の点播形状を示す。繰出しロール回転数50rpm、寒天槽速度0.5m/sの条件では、長径5.6cm、点播株率100%となった。この形状は、第2ブラシを利用しない場合の長径7.6cm、点播株率84%に比較して、長径で26%短くなり、点播株率で16ポイント高くなっていること、寒天槽速度を1.0m/sまで上昇しても高い点播精度が維持されていることから、第2ブラシの設置により点播形状は改善されていると考えられた。

以上の結果、繰出しロール回転数100rpm、寒天槽速度1.0m/sの条件下で十分な点播形状が得られたことから、圃場においても作業速度1.0m/sの条件でほぼ同様の点播形状が期待できると思われた。

5. 圃場における点播形状調査

1) 試験方法

上記研究結果を基に、第2ブラシと新型ディスクケースを採用して1999年に市販化された打込み点播機を供試し、福岡県筑後市の九州沖縄農業研究センター（当時は九州農業試験場）内及び福岡県朝倉郡夜須町の現地圃場にて播種試験を行い、出芽苗立ち後に点播形状を調査した。作業速度は0.5～1.0m/s、繰出しロール回転数は47～67rpm（株間20～30cm）、打込みディスク回転数は1200～1300rpm、

第4表 新型ディスクケース及び第2ブラシを採用した場合の点播形状

No	繰出しロール回転数 (rpm)	寒天槽速度 (m/s)	長径 (cm)	短径 (cm)	点播株率 (%)
1	50	0.5	5.6	4.5	100
2	75	0.75	6.8	4.7	85.3
3	100	1.0	6.7	4.0	90.6
平均			6.4	4.4	92.0

注) 1) 打込みディスク形状は第3図(h) (歯数32, 歯厚6mm, 溝深さ8.5mm)

2) 1処理区のサンプル数は33～35株, 第2ブラシ厚さ10mm

播種量は株当たり9粒程度とした。種子は酸素発生剤を乾粕の2倍量被覆した水稻種子(品種ヒノヒカリ)を用いた。

2) 試験結果

試験結果を第5表に示す。場内圃場では播種後の気温が低く推移したため、苗立率は40%程度であった。そこで、1株5本以上苗立ちしている株について点播形状を調査した結果、作業速度0.5~0.75m/sでの長径は5.5~6.1cm、短径は4.3~4.9cm、点播株率は94~98%であった。

夜須現地圃場における作業速度0.7m/sでの点播形状は、長径が6.7~6.8cm、短径が4.4~4.8cm、点播株率が90%であった。作業速度1.0m/sでの点播形状は、播種時の代かき水量がやや多めであったことから、長径が8.5~9.6cm、点播株率は68~73%となった。

以上の結果、新型播種機の点播形状は、作業速度0.7m/s程度では長径7cm以下、点播株率90%以上となった。また、播種時の水量が多く、作業速度が1.0m/s程度の高速播種作業では、代かきロータリの直後に濁流が発生することから点播形状がやや乱れるものの長径は10cm以下であり、点播形状の改善に関する本研究の目的は達成できたと判断された。

6. 考 察

第2ブラシと新型ディスクケースを採用して1999年に市販化された打込み式代かき同時土中点播機(8条用、作業幅2.4m)は、夜須現地試験圃場で2年間にわたり延べ約20haの面積で使用された。この間、播種機本体及び種子加速装置に種子が詰まる

トラブルは発生しなかった。しかしながら、降雨中の場内試験では種子ホッパーのストッパーから播種機内部に滲入した雨水により繰出しロールのセル及び第1ブラシと第2ブラシの間に種子が詰まるトラブルが生じた。このような試験結果から、第2ブラシの採用は雨濡れ時のトラブルの発生を助長するが、通常の使用状態では問題ないことが証明されたと考えられる。

なお、前節でも触れたが、代かき水量が多く代かきロータリの後方に濁流が生じている状態では点播形状が悪化しやすく、また適正な播種深度が得られにくく出芽・苗立ちが劣ると考えられる。本方式における播種深度は土壌硬度や打込み速度によって変化すると考えられるが、その影響の程度については十分に解明されていない。これらは今後の課題である。

7. 要 約

水稻の打込み式代かき同時土中点播機における播種精度の一つである点播形状を改善するため、鋸歯型打込みディスクとディスクケースの形状及び種子繰出しロールの第2ブラシの有無等について検討した。点播形状の長径を短くするためには、種子繰出しロールから落下する種子群の広がり小さくすること、種子繰出しロールから落下した種子が打込みディスクに跳ね返されずに下方に加速されることが重要であり、この2点の改良の結果、長径は9.7cmから6.4cmに短縮されるとともに、点播株率(長径10cm以下の株の割合)は55%から92%に向上した。

キーワード: 水稻, 直播, 点播機, 点播形状, 打込み播種。

第5表 圃場における点播形状

試験場所	播種日	作業速度 (m/s)	繰出しロール 回転数 (rpm)	長径 (cm)	短径 (cm)	点播株率 (%)	備 考
所内	4/1	0.5	50	5.5	4.3	98	5本/株以上の苗立ちで調査
		0.75	70	6.1	4.9	94	〃
夜須	6/8	0.7	47	6.8	4.4	90	代かき水量多
		0.7	70	6.7	4.8	90	〃
		1.0	67	8.5	4.6	73	〃
		1.0	67	9.6	5.9	68	代かき水量かなり多

注) 試験は1999年に実施した。

8. 引用文献

- 1) 姫田正美 (1995) 直播稲作への挑戦 (1). 142-164p. 農林水産技術情報協会, 東京.
- 2) 下坪訓次・富樫辰志 (2001) 水稲代かき同時打込み点播機のための鋸歯形ディスクの開発. 農作業研究 36 (2): 49-58.
- 3) 富樫辰志・下坪訓次・吉永悟志 (2001) 水稲代かき同時打込み点播機の開発と播種深度特性. 農作業研究 36 (4): 179-186.
- 4) 富樫辰志・下坪訓次・吉永悟志 (2001) 水稲代かき同時打込み点播機の点播特性. 農作業研究 36 (4): 187-194.
- 5) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 (2001) 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稲の耐倒伏性向上 - 耐倒伏性向上および安定化のための点播条件 -. 日本作物学会紀事 70 (2): 186-193.

代かき作溝同時土中点播技術の開発

田坂幸平・吉永悟志¹⁾・松島憲一²⁾・脇本賢三³⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

近年、良食味米の省力・低コスト生産技術確立への要請から開発された「水稻の打込み式代かき同時土中点播栽培技術」^{1,2,3)}は、水稻の適期播種が可能で雑草防除上有利な湛水直播技術と耐倒伏性の高い点播技術を組み合わせた栽培技術で、2003年度の普及面積は約2,000haと推定される。本技術は、第1図に示すように、トラクタ、代かきハロー、点播播種機が合体した代かき同時土中点播機を基幹作業機とし、代かき直後の土壤に酸素発生剤を被覆した水稻種子数粒を10m/sの速度で株状に土中に打込み、10mm程度の播種深度を得るという特長がある。

本技術の安定した出芽は種子表面に被覆されている酸素発生剤によるところが大きいですが、播種直後に行う自然落水は出芽環境を良好にして安定した出芽率を得るための助けとなる。特に、西南暖地ではスクミリングガイ（以下、貝と呼ぶ）による食害が水稻直播栽培の普及のネックとなっているが、貝は水が無ければ移動が妨げられるので稲を食害することができず被害は少ない。そこで、出芽環境の改善と貝による食害回避という観点から播種後の落水を促



第1図 打込み式代かき同時土中点播機

進するため作溝を行うことを試みた。

播種数日後の作業であれば代かき後の土壤も硬くなり作溝も容易であるが、九州北部の麦後の水稻直播は早ければ播種後4日目頃に出芽が始まる。この時点で圃場に水が溜まっていると貝の食害に遭うため、これ以前に落水を行うとすると、播種翌日から2～3日中に作溝作業を行う必要があり、忙しい播種作業の合間を縫って再度圃場に入る必要のある作溝作業は事実上困難となる。そこで、本研究では播種と同時に作溝を行う技術を開発することとした。

2. 代かきロータリを利用した作溝同時点播技術の開発

1) 試験方法

本技術における播種同時作溝は、言い換えれば代かき同時作溝であり、トラクタ車輪の轍を消して播種床を整地・均平にする代かき作業と正反対の作溝作業を同時に行うことになる。

そこで、作溝方法としては、代かきロータリの均平板に作溝器を取付けてこれを土壤に押付けて作溝することとし、作溝器の大きさを変えて溝深さを調査することとした。また、本方式では播種当日の代かき（播種同時の代かきではなく、播種前に行う荒代かき）を推奨しているが、この方法では深い溝が期待できないため、播種前日までに代かきを行い、ある程度土が固まった状態で播種を行う処理区を試験に加えた。

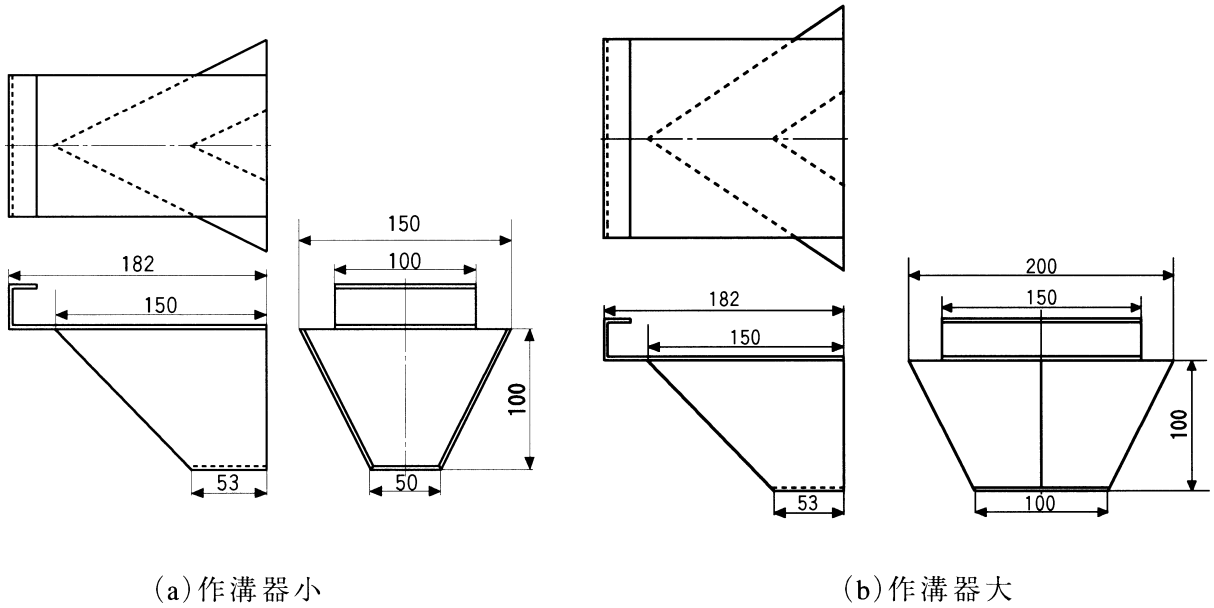
作溝器は第2図に示す船形の器具で、取付け位置は車輪後部（第3図(a)、以下、試験機T-Sと呼ぶ）及びロータリ両端（第3図(b)、以下試験機T-Rと呼ぶ）とした。試験条件は第1表に示した。

九州沖縄農業研究センター水田作研究部機械化研究室：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

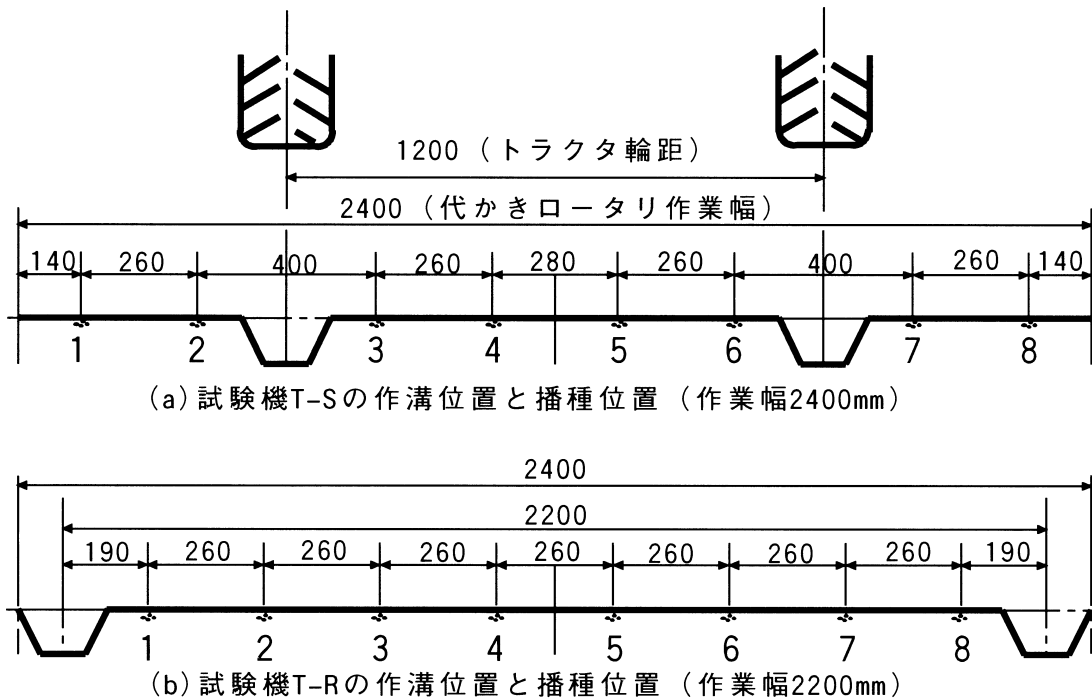
1) 現、東北農業研究センター

2) 現、信州大学大学院農学研究科

3) 現、全農福岡肥料農薬事業所



第2図 代かきロータリの均平板に取り付けた作溝器



第3図 代かきロータリを利用した作溝装置の作溝位置と播種位置

2) 試験結果

試験機 T-S の播種作業風景を第4図に、試験機 T-R の播種作業風景を第5図に、試験機 T-S の溝深さと苗立率を第6図、第7図に示す。

試験機 T-S を用いた作溝同時播種作業では、圃場中央の溝と枕地の溝が連結しないこと、代かきから

播種までの日数（以下、代かき後日数と呼ぶ）が1日の場合は作溝位置に隣接する条の苗立率が低下する可能性があることが問題であった。

試験機 T-R を用いた作溝同時播種作業では、作溝部分がロータリの両端にあるため、作溝部分の外側に雑草発生の原因となる土の盛り上がりが見られる

第1表 試験条件

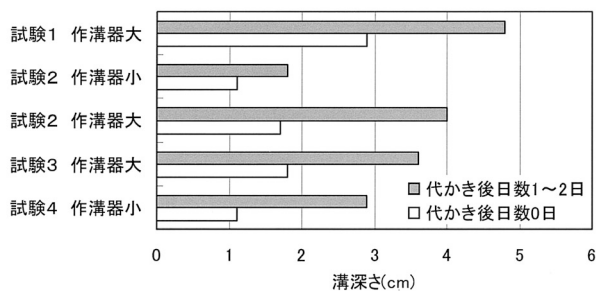
試験番号	試験日	代かき後日数(日)	試験機	作溝器サイズ
1) 代かきロータリー利用				
1	1999. 5. 13	0	T-S	大
		0	T-R	大
		1	T-S	大
		1	T-R	大
2	1999. 7. 15	0	T-S	大
		0	T-S	小
		1	T-S	大
3	2000. 5. 18	0	T-S	大
		1	T-S	大
4	2000. 6. 21	0	T-S	小
		2	T-S	小
1) 乗用管理機利用				
5	2000. 6. 21	0	J-2	
		2	J-2	
6	2000. 8. 3	0	J-2	
		2	J-2	
7	2001. 5. 28	0	J-2	
		2	J-2	



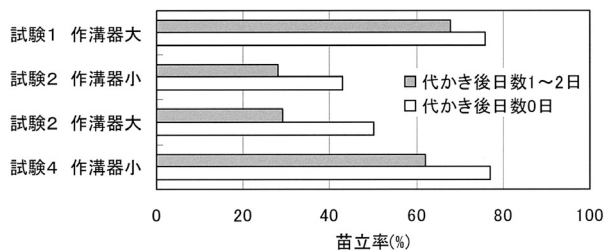
第4図 試験機T-Sの播種作業風景



第5図 試験機T-Rの播種作業風景



第6図 試験機T-Sの溝深さ



第7図 試験機T-Sの苗立率

こと、トラクタの車輪の轍跡が残る場合があり、その部分が溝となったり土壌硬度が硬いため種子が露出したりする場合があること等が問題点として挙げられた。

代かき時期と溝深さ及び苗立率の関係では、代かき後日数が長いほど溝深さは大きくなったが苗立率は低下した。これは、代かき後日数が長いほど播種床の土壌が硬く、播種深度が浅くなり鳥害を受けやすくなったのが理由の一つであると思われた。また、作溝器が大きいほど溝は深くなった。

両機とも、作溝器大では作溝器による抵抗が大きくロータリーの均平板の持ち上がりが見られる場合があった。また、作溝器小では明瞭な溝は付きにくかった。均平板の位置を固定する方法も試みたが、土を下に押し付け過ぎて播種後に周囲の土壌がロータリーの中央に寄り、その結果条間が乱れたりすることがあった。なお、代かき当日に播種する場合は問題ないことであるが、代かき後日数が1日以上の場合には播種時の水の量(適正な湛水深)を経験的に知る必要があった。

以上の結果、代かきロータリーを利用した作溝同時播種については、ロータリーの均平板を固定せず、作溝器小程度の大きさの器具で小さい溝を作ることが発芽、苗立ち等への影響が少ないと思われた。

3. 乗用管理機を利用した作溝同時点播技術の開発

1) 1号機の試作

(1) 試験方法

代かき同時作溝を行う場合、トラクタ利用を前提とすると車輪の轍を消すために代かきハローを使用して10cm程度の深さで代かきをする必要がある。

しかし、乗用管理機を利用して車輪の轍跡に作溝することを考えると、車輪の幅が小さいので轍を消す必要はなく、車輪の両側に盛り上がった土を平らにして播種床を整地すれば良いので耕深も5cm程度で十分であると考えられる。

そこで、乗用管理機に作業幅1.8mのカゴ形の簡易代かきロータリと6条の打込み点播機を装着した作溝同時点播機1号機（以後、試験機J-1と呼ぶ）を試作した。作溝方法は、試作ロータリの均平板に幅10cmの船形の作溝器を取り付けて轍跡を作溝する方法とした。

(2) 試験結果

試作した試験機J-1を第8図に、主要諸元を第2表に示す。この播種機では、トラクタに比べて乗



第8図 試験機J-1の外観

第2表 乗用管理機を利用した作溝同時点播機の諸元

試験機	J-1	J-2
簡易ロータリ		
全高 (mm)	752	880
全長 (mm)	740	600
全幅 (mm)	1845	2500
作業幅 (cm)	1781	2400
ローター径 (mm)	270	200
ローター回転数* (rpm)	221	221
作溝装置		
形状	舟形	ディスク形
寸法 (mm)	幅100× 溝深さ100	直径400× 中心部幅160× 周辺部幅80
播種機		
条数 (条)	6	8
平均条間 (cm)	30	30

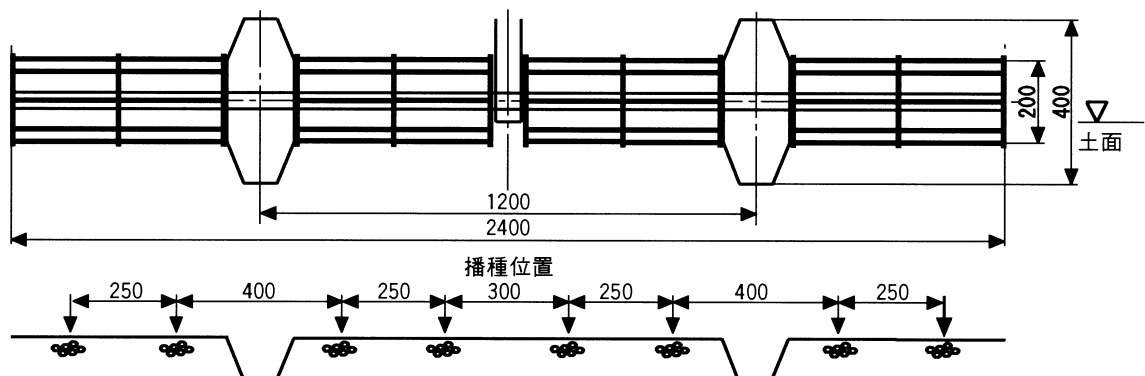
注) * PTO 低, エンジン定格回転時。

用管理機の質量が小さいため重量バランスが後方の作業機側に偏りすぎること、ロータリの均平板と作溝器による作溝方法は均平板を土壤に押しつけて作業を行う必要があるため、管理機のピッチング（機体前後の上下運動）により溝が付いたり付かなかったりする場合があること、また6条用では溝の間の条数が2条と4条になり見栄えが良くないこと等が問題であった。そこで、これらの問題を解決するため新たに2号機を試作した。

2) 2号機の試作

(1) 試験方法

乗用管理機を利用した作溝同時点播機2号機（以後、試験機J-2と呼ぶ）は、第9図に示すような



第9図 作溝ディスク付きカゴ形ロータリ



第10図 試験機 J-2 の外観



第12図 試験機 J-2 で播種した稲の生育状況



第11図 試験機 J-2 による水稻播種後の圃場

作業幅2.4mの作溝ディスク付きカゴ形ロータリと8条用の播種機を装備した機械とした。主要諸元は第2表に示した。機械の重量バランスを考慮してカゴ形ロータリと播種機を可能な限り乗用管理機本体側に近接して設置した。

この試験機 J-2 (第10図) を用いて、代かき時期を変えて第1表のように作溝同時点播試験を行い、溝深さ、苗立率、収量等の調査を行った。代かき後

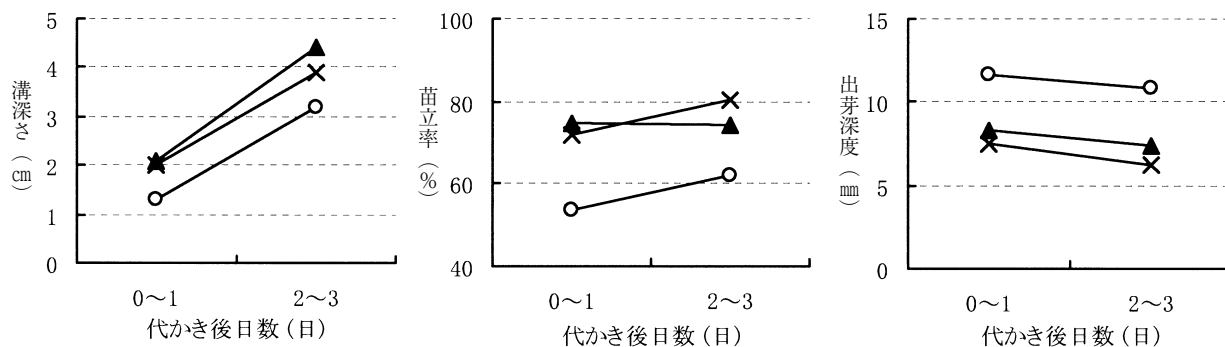
日数1~2日の場合は荒代かき後湛水状態とし、播種時の水深が2~3cmになるように水位を調節した。試験機 J-2 は重量バランスも良く、圃場への出入りも問題なかった。

(2) 試験結果

播種後の圃場の状態は第11図のように、2工程作業の枕地に4本の溝が付き、圃場の長辺方向に4条毎に溝が付く状態であった。長辺方向の溝と枕地の溝は直接連結しないが、溝の部分にはっきりと水溜まりができ、作溝の効果があると見ることができた。

第12図に水稻の生育状況を、第13図に代かき後日数と溝深さ、苗立率の関係を示す。代かき後日数が0~1日の場合、播種時に形成される溝は浅く落水促進効果は期待できなかった。しかし、代かき後日数2~3日目に播種を行うと播種時に形成される溝は深くなり排水性や苗立率の向上と貝被害回避効果が期待できた。

市販の代かき同時土中点播機との栽培比較試験では、第3表に示すように収量、品質、耐倒伏性に差



第13図 代かき後日数が溝深さ、出芽に及ぼす影響

○：試験5データ，×：試験6データ，▲：試験7データ
 注) 播種後の落水期間は約7日間。
 調査時期は播種後約14日目。播種機 J-2 を使用。

第3表 収量、品質及び耐倒伏性関連形質

試験機	代かき 後日数 (日)	精 玄米重 (g/m ²)	総 籾数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	玄米 窒素 (%)	稈長 (cm)	押し倒し 抵抗値 (g/稈)	倒伏 程度 (0-4)
対照区	0	674	a 32.5	a 92.4	a 1.21	a 87.0	a 124	a 0.0
J-2	1	706	a 34.3	a 91.4	a 1.26	a 84.6	b 116	a 0.0
J-2	3	679	a 33.9	a 89.9	a 1.21	a 84.4	b 125	a 0.0

注) *品種：ヒノヒカリ。代かき日：2001年5月28日。打込み速度：1200rpmで播種。同一記号のついた値間にはLSD法で5%水準の有意差がないことを示す。対照区は市販の代かき同時土中点播機（作溝器なし）の試験区。

がなかった。

4. 考察

前述したように、代かき同時作溝技術は播種床を整地・均平にする代かき作業と正反対の作溝作業を同時に行おうとする矛盾を内包している技術である。この技術は代かき後に土壌が硬化する「いつき」現象を利用しており、したがって、この技術を成功させるためには、代かき後から土壌が硬化するまでの日数などの圃場の土壌特性を熟知している必要がある。

なお、作溝後の溝の深さを決定する要因として土壌硬度は重要な指標であるが、代かき直後の土壌は軟らかすぎて既存の土壌硬度計では測定できなかった。これについては今後の課題であると考えている。

また、本研究で使用した乗用管理機には作業機の左右の水平を保持する機構や耕深を一定に保つ機構が付与されていなかったが、これらの機構があれば、更に耕深を浅くして土壌表面だけを代かき攪拌することにより、適正な播種深度と排水のための十分な大きさの溝を作ることができると思われる。

近年、夏場に大豆等の畑作物を栽培する水田ではスクミリングガイの生息密度が著しく減少する傾向があることがわかってきた。このような耕種的な防除法とともにここで示したような排水技術を併用すれば本技術における発芽・苗立ちの安定感やスクミリングガイに対する防除効果は更に向上すると考えられる。

5. 要約

水稲の代かき同時土中点播直播栽培における発芽・苗立ちの促進、スクミリングガイによる食害低減を図るため、代かき・播種と同時に作溝を行う技術の開発を試みた。代かきロータリを利用して作溝を行う場合、作溝器を代かきロータリの均平板（トラクタ車輪後部）に取り付けて小さな溝を作ることが問題が少なくと考えられた。乗用管理機を利用した場合、作溝ディスク付きカゴ形ロータリで代かき後2～3日経過した土壌表面を浅く攪拌しながら作溝同時播種を行うことで作溝の効果がみられ、苗立率が改善された。

キーワード：水稲、湛水直播、点播、代かき、作溝、乗用管理機。

6. 引用文献

- 1) 下坪訓次・富樫辰志 (2001) 水稲代かき同時打込み点播機のための鋸歯形ディスクの開発。農作業研究 36 (2): 49-58.
- 2) 富樫辰志・下坪訓次・吉永悟志 (2001) 水稲代かき同時打込み点播機の開発と播種深度特性。農作業研究 36 (4): 179-186.
- 3) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 (2001) 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稲の耐倒伏性向上。日本作物学会紀事 70 (2): 186-193.

水稲種子の酸素発生剤と薬剤との混和被覆が出芽に与える影響

松島憲一¹⁾・田坂幸平²⁾・吉永悟志³⁾・脇本賢三⁴⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

水稲湛水直播栽培は水稲栽培の省力化、低コスト化を可能とするものとして期待が持たれているが、より省力化を進めるためには病害虫防除作業の軽労化、省力化についても検討する必要がある。現在、湛水直播栽培においては出芽・苗立の向上のために種子に酸素発生剤（商品名：カルパー粉粒剤16）を被覆することが一般化しているが、被覆時に薬剤を混和被覆することにより省力的な病害虫防除が可能となる。

九州地域の水稲栽培における重大害虫であるツマグロヨコバイ、ウンカ類防除に有効とされるイミダクロプリド剤の使用について移植栽培では水和剤や粒剤の本田散布が行われてきたが、近年、省力的な苗箱施用のための薬剤が開発され一般化している。これに対し、水稲直播栽培においては、本田散布の他、イミダクロプリド剤（商品名：アドマイヤー水和剤）を酸素発生剤と同時に混和被覆した種子を使用することが有効であるとされ、使用法として農薬登録されるとともに、省力的な混和被覆について防除効果や出芽に対する影響についていくつかの報告がなされている。世古らはイミダクロプリド剤の混和被覆が出芽へ及ぼす影響については、混和被覆による出芽障害は見られないと報告しており（世古ら1991）、福井県農試においても同様の報告（注：平成11年北陸農業研究成果情報。）が見られる。また、苗立枯病に効果のあるヒドロキシイソキサゾール剤については移植栽培の育苗時に床土に混和することが一般的であるが、直播水稲においては酸素発生剤への混和被覆が効果的であり、また、これによる出

芽・苗立ちの向上について報告がある（小川・太田1973a, 竹川・森脇1979, 作井・梅原1984, 和田ら1986）。しかしながら、これら薬剤の混和被覆方法や貯蔵条件などの違いによる影響については報告が少ない。

また、混和被覆された被覆剤は酸素発生剤に異物質が混和されていることとなり、酸素発生剤を単体で被覆したときに比べ被覆剤の剥離強度が低下していることも予想される。九州農業試験場（現九州沖縄農業研究センター）で開発された「打込み式かき同時土中点播機（以下、打込み式播種機と略）」（下坪・富樫1996a, b）を用いた直播栽培は耐倒伏性の向上に有効な（下坪・富樫1996b, 吉永2001）、安定的湛水直播として栽培面積が増加しているが、本栽培法は代かき直後の軟らかい土壤に打込みディスクで加速された種子を打ち込む方式の播種方法をとっており、被覆剤の強度が低下していた場合に被覆剤が剥離し、播種後の生育、防除の効果に影響することが予想される。しかしながら、混和被覆した種子の播種時の被覆剤の剥離程度についての検討例は少ない。

そこで、本研究では水稲湛水直播栽培における省力的な病害虫防除手法確立に向けてイミダクロプリド剤およびヒドロキシイソキサゾール剤を酸素発生剤に混和被覆した種子について、保存条件等の違いが被覆種子の出芽や、播種時の剥離程度に及ぼす影響について調査した。

2. 研究方法

1) 薬剤を混和被覆した種子の出芽試験

九州沖縄農業研究センター水田作研究部水田作総合研究チーム：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

1) 現, 信州大学大学院農学研究科

2) 現, 九州沖縄農業研究センター水田作研究部機械化研究室

3) 現, 東北農業研究センター

4) 現, 全農福岡肥料農薬事業所

ハト胸状に催芽した水稻種子（ヒノヒカリ）に酸素発生剤を基準量（乾籾重の2倍量）被覆する際に、イミダクロプリド剤を200g／種子3 kg（10aあたり200g 散布に相当）の割合で、ヒドロキシイソキサゾール剤を90g／種子3 kg（10aあたり100g 散布に相当）の割合で混和した。被覆する酸素発生剤を3等分し、最初に酸素発生剤のみ、次に酸素発生剤と薬剤を混合したもの、最後に再度酸素発生剤のみを被覆した。

以上の混和方法で薬剤を混和被覆した種子を、3段階の乾燥条件（無乾燥：被覆後直ちにビニール袋に密封、標準乾燥：被覆直後の重量の97%になるまで陰干し、過乾燥：被覆直後の重量の92%になるまで陰干し）および2段階の種子貯蔵期間（被覆後3日間および10日間、10℃の冷蔵庫に貯蔵）の処理を施し、各条件下での出芽を調べた。対照として酸素発生剤のみを被覆（標準被覆）した種子を用いた。

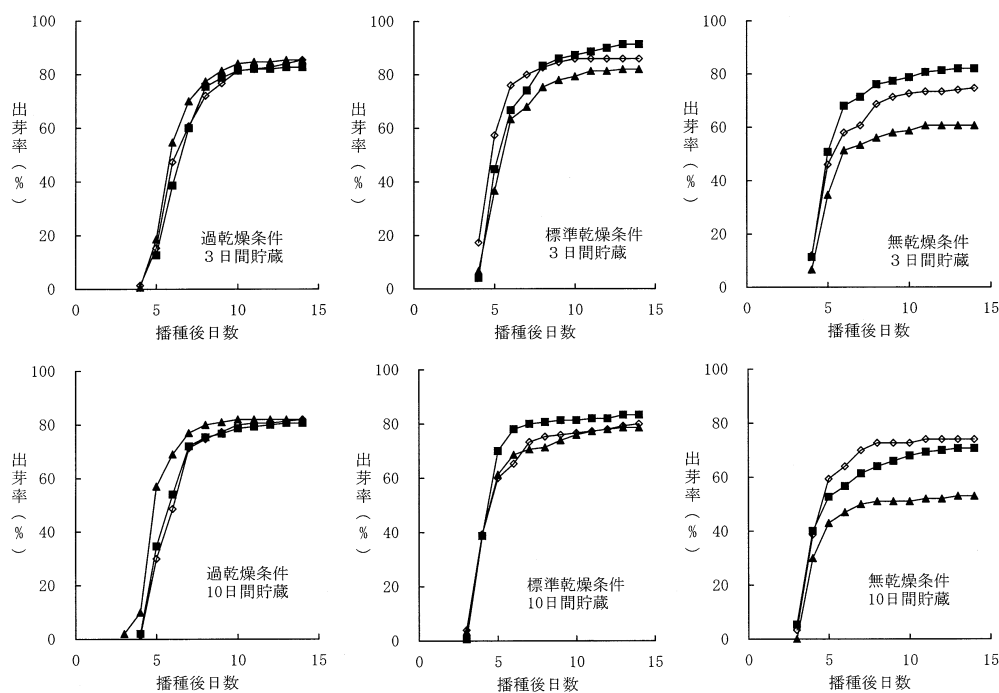
角形ポットに湿潤土（細粒灰色低地土）5 kgと水道水2500mlを入れて攪拌、落水して床土とし、その上に被覆種子を50粒3反復播種した。播種深度10mmとなるように湿潤土1 kgと水道水350mlを攪拌した混濁液を種子上に流し込み、自然落水・20℃恒温条件下で出芽させた。播種後14日間の出芽状況調べた。

2) 薬剤を混和被覆した種子の播種時の剥離程度前項出芽試験に用いた種子と同じ方法で混和被覆し、3条件で乾燥した種子を打込み式播種機（下坪・富樫1996a, b）を用い播種を行った。このとき、打込み播種された被覆種子を柔らかい布で受け、播種後の被覆種子と播種時に剥離した被覆剤を幅2 mmの縦目篩で篩って剥離した被覆剤を分け、その質量割合を剥離率とした。なお、播種時の打込みディスクの回転数は1000rpmおよび1500rpmとした。各回転数による種子の初速度は10m／sおよび15m／sである。

3. 結果および考察

1) 薬剤を混和被覆した種子の出芽率

過乾燥条件では薬剤混和被覆種子と対照とした酸素発生剤のみを被覆した種子で出芽に差は見られなかった。また、標準乾燥条件では若干ヒドロキシイソキサゾール剤混和被覆種子で出芽率が良くなったものの大きな差は見られなかった。一方、無乾燥条件の場合はイミダクロプリド剤を被覆した種子で著しく出芽率が低下した（第1図）。イミダクロプリド剤を混和被覆した場合に無乾燥条件で保存した種子では、これまでの筆者らの研究でも出芽率の低下



第1図 薬剤混和被覆水稻種子の出芽率

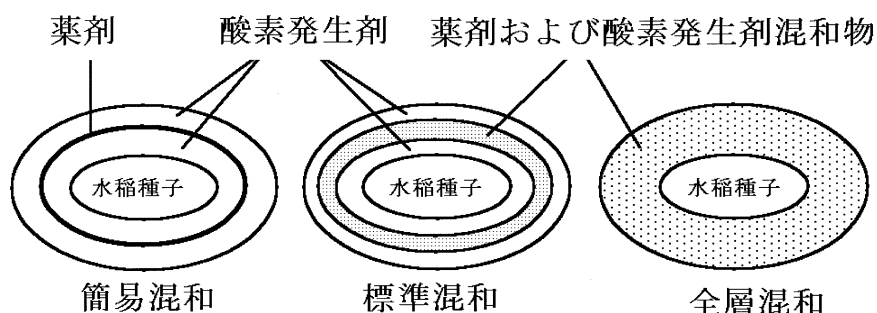
■：ヒドロキシイソキサゾール剤混和被覆，▲：イミダクロプリド剤混和被覆，◇：酸素発生剤のみ被覆

第1表 イミダクロプリド剤混和被覆種子の最終出芽率（松島ら2002）

	被覆後3日播種			被覆後10日播種		
	無乾燥	標準乾燥	過乾燥	無乾燥	標準乾燥	過乾燥
対 照 区	74.7a	86.0a	85.3a	78.0a	80.0a	80.7a
全層混和被覆区	64.7ab	81.3a	80.7a	58.0b	77.3a	81.3a
標準混和被覆区	60.7ab	82.0a	85.3a	53.0b	78.7a	84.7a
簡易混和被覆区	54.0b	79.3a	79.3a	54.7b	72.7a	82.0a

注) a) 対照区：酸素発生剤のみ被覆。

b) 各乾燥処理区内の同一文字間においてLSD法で5%水準で有意差無し。



第2図 薬剤と酸素発生剤の混和被覆方法（模式図）

が確認されており（松島ら2002），被覆剤中の水分量が多い場合，被覆中の薬剤成分の作用が開始されるため，種子の被覆剤水分の吸水に伴い影響が現れたものと考えられた。

さらに，筆者らのこれまでの研究（松島ら2002）により，その混和被覆方法でも差が見られることも分かっている。第1表に被覆方法による最終出芽率の違いを示した。ここでは異なる三つの混和方法，「簡易混和」，「標準混和」，「全層混和」による被覆を施した種子を用いた。「簡易混和」とは被覆する酸素発生剤を2等分し，最初に酸素発生剤のみ，次にイミダクロプリド剤のみ，最後に再度酸素発生剤のみを被覆するもので，「標準混和」とは，被覆する酸素発生剤を3等分し，最初に酸素発生剤のみ，次に酸素発生剤と薬剤を混合したもの，最後に再度酸素発生剤のみを被覆するものとし，「全層混和」とは被覆する酸素発生剤全量と薬剤を混和したものを被覆することを指す（第2図）。本報第1図で示した出芽試験ではこのうち標準混和による被覆を行った種子のみを用いている。

被覆3日後に播種した場合の最終出芽率をみると，過乾燥および標準乾燥条件の場合では薬剤の有無・混和方法による有意な差は見られなかったが，標準

乾燥ではイミダクロプリド剤を混和被覆した種子の出芽率が82.0～79.3%であったのに対して，対照とした酸素発生剤のみ被覆の種子の出芽率は86.0%であり，有意差は無いものの，イミダクロプリド剤の混和被覆により出芽率が低下する傾向となった。無乾燥条件の場合でも薬剤無混和種子の出芽率に比べ，イミダクロプリド剤混和被覆種子の出芽率が低い傾向にあり，そのなかでも簡易混和種子の出芽率が54.0%と低くなった。次に被覆10日後播種の場合を見ると，被覆3日後播種の場合と同様に，過乾燥および標準乾燥条件の種子では薬剤の有無，混和方法による有意な差はみられなかった。また，過乾燥条件では貯蔵による出芽への影響も見られなかった。一方，標準乾燥および無乾燥種子では貯蔵による出芽率の低下が見られ，中でも無乾燥条件ではイミダクロプリド剤を混和被覆した種子の出芽率は53.0～58.0%と一律に低くなった。このように，酸素発生剤とイミダクロプリド剤を水稻種子に混和被覆した場合，簡易混和被覆種子において，標準混和および全層混和被覆の場合よりも出芽率が低い傾向にあった（第1表）。簡易混和被覆の場合，薬剤が被覆剤内に一層に集中して存在することとなる（第2図）。このため，局所的に存在する高濃度の薬剤成分に発

芽後の幼芽が接触し、出芽に悪影響を及ぼしたものと推察された。なお、イミダクロプリド剤を酸素発生剤に混和被覆しても出芽に影響はないと報告した世古ら (1991) の試験でも、諸条件は若干異なるものの全層混和被覆で行っており、この結果と一致するものと考えられる。

次にヒドロキシイソキサゾール剤を混和被覆した場合では無乾燥条件で3日間貯蔵した種子では酸素発生剤のみを被覆した種子より出芽率が高く、同じく無乾燥条件で10日間貯蔵した種子では酸素発生剤のみ被覆した種子と大きな差は見られなかった。さらに、標準被覆種子の場合においても有意差はないものの出芽率が高くなる傾向にあった (第1図)。ヒドロキシイソキサゾールの混和被覆による出芽率の向上についてはこれまでも報告 (小川・太田1973a, 竹川・森脇1979, 作井・梅原1984, 和田ら1986) があり、本研究でもこれら結果と一致した。これはヒドロキシイソキサゾール剤が生長を促進する作用があることや (小川・太田1973b), 殺菌剤である同剤が播種後に種子近傍の土壤の微生物を殺すことによりその酸素消費を抑え土壤を酸化状態にしたことが出芽の向上に影響したと推察された。

2) 薬剤を混和被覆した種子の播種時の剥離程度被覆剤の剥離率を見るとイミダクロプリド剤を混

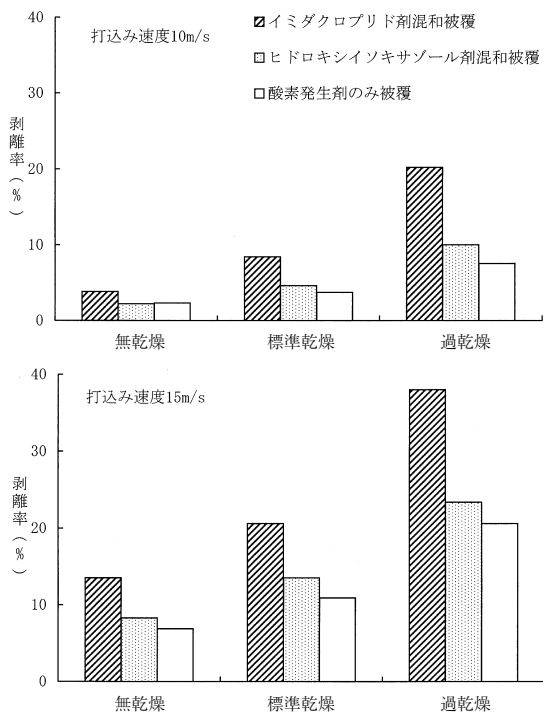
和被覆した場合にヒドロキシイソキサゾール剤を混和被覆した場合より剥離率が高くなった (第3図)。これは混和した薬剤の量がイミダクロプリド剤で200g/種子3kg, ヒドロキシイソキサゾール剤で90g/種子3kgとヒドロキシイソキサゾール剤の混和量が少なかったことが影響していると考えられた。また、乾燥条件による剥離率の差をみると、いずれの処理区も無乾燥種子の剥離が最も少なく、ついで標準乾燥が少なく、過乾燥条件の種子では最も剥離が大きくなった (第3図)。乾燥程度が増すに従い種子の被覆剤の剥離率が高くなるのは、これまでの報告 (松島ら2002, 田坂ら2001) と一致しており、乾燥するに従い被覆剤がもろくなる傾向にあることがわかった。

さらに、薬剤の混和方法による剥離率の差については筆者らのこれまでの報告 (松島ら2002) で明らかになっている。第2表にイミダクロプリド剤を前述の三方法で混和被覆した種子の播種時の被覆剤の剥離率を示した。これによると剥離率は打込み速度、乾燥程度を問わず、全層混和で大きく、次いで標準混和、簡易混和の順で小さくなる傾向にあった。これは全層混和条件では被覆剤の全層に薬剤が混和されているために、酸素発生剤に含まれる固着成分 (焼石膏) の固着力が弱まったためと思われる。一方、簡易混和、標準混和の場合は酸素発生剤のみで被覆されている部分があるために (第2図), 全層混和種子よりも固着力が維持され、剥離率が大きくならなかったものと思われる。

以上の結果、出芽率および剥離率の双方でヒドロキシイソキサゾール剤を混和被覆した場合では酸素発生剤のみを被覆した場合と大きな差はみられず、特に問題なく使用できることが明らかとなった。

一方、イミダクロプリド剤を混和被覆した場合には、混和薬剤の影響を受けず出芽の良かった全層混和・過乾燥条件では打込み播種時の剥離が多くなり、逆に剥離が少なかった簡易混和・無乾燥条件の種子で出芽が悪くなった。このことから、現時点では、標準混和被覆種子を標準乾燥条件で処理し播種することが、薬剤の混和被覆による水稻種子の出芽阻害および被覆剤の剥離という双方の悪影響が少ないことから、出芽と薬効の両方に適した条件と思われる。

また、本研究の結果、被覆後は十分に乾燥させる



第3図 被覆剤 (酸素発生剤および薬剤) の剥離率 (%)

第2表 被覆剤（酸素発生剤およびイミダクロプリド剤）の播種時の剥離率（松島ら2002）

	打込み速度10m / s			打込み速度15m / s		
	無乾燥	標準乾燥	過乾燥	無乾燥	標準乾燥	過乾燥
対 照 区	2.2	3.7	7.5	8.3	10.9	20.6
全層混和被覆区	5.1	9.2	25.9	15.8	20.6	40.8
標準混和被覆区	3.8	8.4	20.2	13.5	20.9	38.0
簡易混和被覆区	3.4	5.0	12.7	10.8	13.9	28.5

注) a) 対照区：酸素発生剤のみ被覆。

b) 剥離率 = (剥離した被覆剤重量 / 被覆種子全重量) × 100, 単位：%。

必要があることも明らかになったが、実際の農家圃場において、ある程度大規模な圃場に播種するための種子に被覆作業を行う場合は被覆する種子の量も多くなり、作業時間も長くなる傾向にある。このため、作業時間短縮を理由として被覆後の乾燥時間を短くする傾向があるように見受けられる。本研究の結果により、被覆後10日間貯蔵した場合、被覆後無乾燥条件としたイミダクロプリド剤混和被覆種子は出芽率の低下が見られたことから、出芽の安定化のためには、イミダクロプリド剤を混和被覆する場合、被覆後の陰干し乾燥を怠らないことが重要であることと考えられた。

5. 要 約

水稻直播栽培におけるツマグロヨコバイ、ウンカ類の防除法の一つとして、イミダクロプリド剤（アドマイヤー水和剤）を酸素発生剤（カルパー粉粒剤16）と混和被覆した種子を使用すること、また、苗立枯病対策として殺菌剤であるヒドロキシイソキサゾール剤を混和被覆した種子を使用することが有効であり、使用法として農薬登録されている。本報ではこれら薬剤を混和被覆した種子の貯蔵条件等が出芽へ及ぼす影響や打込み式点播播種機での播種時における被覆剤の剥離程度について調査した。被覆種子の過乾燥、標準乾燥条件では薬剤による大きな差は見られなかった。無乾燥条件では薬剤無混和種子およびヒドロキシイソキサゾール剤混和被覆種子に比べイミダクロプリド剤混和種子の出芽率が低かった。また、被覆10日後播種の場合では被覆3日後播種の場合よりも出芽が悪く、特に無乾燥種子では低下した。一方、被覆剤の剥離率は、イミダクロプリド剤混和被覆種子で大きく、ヒドロキシイソキサゾール剤混和被覆種子と酸素発生剤のみ被覆種子の

差は大きくなかった。また、過乾燥条件の種子で剥離が大きかった。以上の結果、酸素発生剤とヒドロキシイソキサゾール剤を混和被覆する場合は大きな問題はないが、酸素発生剤とイミダクロプリド剤を水稻種子に混合被覆する場合において、1週間以上の貯蔵を要する際は被覆後にある程度乾燥させることにより障害を防止することができることが分かった。また、これまでの結果により、出芽の良かった全層混和・過乾燥条件で剥離が多くなったことから、現時点では乾燥程度、被覆方法による剥離や出芽障害の影響の比較的少ない標準混和被覆種子を標準乾燥条件で使用することが良いと考えられた。

キーワード：イミダクロプリド剤、ヒドロキシイソキサゾール剤、酸素発生剤、出芽、水稻、湛水直播、薬害、混和被覆、剥離。

6. 引用文献

- 1) 松島憲一・田坂幸平・吉永悟志・脇本賢三 (2002) 酸素発生剤とイミダクロプリド剤を混和被覆した水稻種子の湛水土中出芽性. 日作紀 71 : 389-393.
- 2) 小川正己・太田保夫 (1973a) 水稻の直播栽培におけるカルパーとタチガレンの混用処理効果. 農及園 57 : 1265-1268.
- 3) 小川正己・太田保夫 (1973b) 3-ヒドロキシ-5-メチルイソキサゾールの作物の生育調節作用に関する研究. 日作紀 42 : 499-505.
- 4) 作井英人・梅原吉広 (1984) 水稻湛水土中直播栽培における殺菌剤と過酸化カルシウムの二重粉衣による苗腐病の防除について. 北陸病害虫研究会報 32 : 82-85.
- 5) 世古晴美・須藤健一・今井國貴 (1991) 水稻湛水直播栽培における初期害虫の省力防除技術.

- 兵庫中央農技研報 39 : 7-10.
- 6) 下坪訓次・富樫辰志 (1996a) 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 1. 点播直播について. 日作紀 65 (別1) : 12-13.
- 7) 下坪訓次・富樫辰志 (1996b) 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較. 日作紀 65 (別1) : 14-15.
- 8) 竹川昌和・森脇良三郎 (1979) 直播イネの発芽, 苗立障害に及ぼす過酸化石灰種子粉衣処理の効果. 北海道立農試集報 42 : 1-9.
- 9) 田坂幸平・松島憲一・吉永悟志・脇本賢三 (2001) 代かき同時土中点播機の開発 (第3報) —新型打込みディスクの開発—. 農機学会講演要旨集 : 21-22.
- 10) 和田潔志・渡部富男・深山政治 (1986) 湛水土中直播栽培における出芽・苗立ちに関する研究. 第1報土壌 Eh, 種子の充実度, 殺菌剤との関係. 日作紀 55 (別2) 27.
- 11) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 (2001) 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上—播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響—. 日作紀 70 : 186-193.

水稻湛水直播栽培における酸素発生剤種子被覆による 石灰窒素の薬害回避

松島憲一¹⁾・脇本賢三²⁾・吉永悟志³⁾・田坂幸平⁴⁾・大森博昭⁵⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

近年、稲作の低コスト化・省力化が求められており、水稻直播栽培はこれらの課題に対応し得る栽培法である。しかしながら、九州などの暖地では、出芽直後の幼弱な苗を食害するスクミリンゴガイ (*Pomacea canaliculata* (LAMARCK)) の被害が多く見られ、同地域における湛水直播栽培導入の障壁となっている。

スクミリンゴガイの防除または食害回避法についてはいくつかの報告がある。この中で播種後の落水管理は湛水状態でのみ活動するスクミリンゴガイに対して有効であり、さらに効果的な水管理方法についても報告されている(福島ら1998, 和田ら1999, 和田2000, Wada et al. 1999)。しかしながら、実際は本田において完全な落水管理は難しいことや、雑草防除・漏水防止のために播種後7~10日で再入水する必要があることから、落水処理のみによる食害回避は充分ではない。また、ロータリ耕うんによる殺貝法(高橋ら1999, 2000, 2001, 2002, 2002a, b)も効果的な防除法ではあるが、小さな貝については殺貝能力が劣るとされている。薬剤による防除としては石灰窒素の散布による防除が効果的ではあるが(宮原ら1987)、移植苗への薬害や直播水稻への発芽障害があることから、湛水直播の場合は散布後約10日おいてからの播種が必要と報告されている(佐賀県農業試験研究センター)。しかし、スクミリンゴガイの被害地域の一つである九州北部地域での稲麦の二毛作体系では、麦収穫から水稻播種までの間に長期間あけることはできないため、この方法は実用

的と言えない。

以上のことから、本研究では、効果的な薬剤防除法である石灰窒素によるスクミリンゴガイ防除を組み入れた湛水直播栽培法を確立に向けて、その薬害回避栽培法について検討した。

なお、本研究において供試した粒状石灰窒素複合肥料については電気化学工業株式会社(当時)の弓掛弘達氏より分譲頂いた。ここに記して感謝を申し上げる。

2. 研究方法

1) 石灰窒素溶液中で出芽させた水稻種子の幼芽長に及ぼす酸素発生剤の影響

供試品種は北部九州地域での湛水直播栽培に最も多く用いられているヒノヒカリとした。ハト胸状に催芽した種子(以下、無被覆種子と表記)とこれに酸素発生剤(カルパー粉粒剤16)を乾粒重の2倍相当量を被覆した種子(以下、被覆種子と表記)を用いた。なお、被覆作業は播種3日前に行い、被覆後、被覆直後種子の96%の重量になるまで陰干しし、播種まではビニール袋に密封して10℃の低温条件下で保管した。石灰窒素は粒状石灰窒素複合肥料(全窒素含量10.6%, うちシアナミド態窒素9.2%含有, 以下、石灰窒素と表記)を供試した。第3項のポットによる出芽試験における石灰窒素濃度条件に近づけるために、第3項の出芽試験で使用する水量および石灰窒素量と同様の比率(窒素量5 g/m²相当の水溶液の場合、蒸留水2500mlに対して石灰窒素の量を3 gの比率(0.12%))で懸濁液を作成し、

九州沖縄農業研究センター水田作研究部水田作総合研究チーム：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

- 1) 現, 信州大学大学院農学研究科
- 2) 現, 全農福岡肥料農薬事業所
- 3) 現, 東北農業研究センター
- 4) 現, 九州沖縄農業研究センター水田作研究部機械化研究室
- 5) 電気化学工業株式会社青海工場

その上澄みを石灰窒素水溶液とした。対照として石灰窒素を加えない $0 \text{ g} / 1$ (0%) 区も設定した。石灰窒素は乳鉢で粉碎し、蒸留水に入れてよく攪拌し、常温で48時間静置したものの上澄みを供試水溶液とした。さらに酸素発生剤が石灰窒素による障害発現に与える影響を調査するために被覆種子50粒分に相当する酸素発生剤2.25gを種子に被覆せずにそのまま各シャーレの石灰窒素溶液に投入し、約30秒間振盪させた後に静置した試験区も設けた。

被覆種子を50粒入れたシャーレと無被覆種子を50粒入れたシャーレに、それぞれ60mlの石灰窒素溶液を加え、 20°C 恒温、照明(蛍光灯)下で、透明のふたをして15日間静置し、その2mm以上の幼芽が出芽した種子数とその幼芽長を計測した。

2) 酸素発生剤が石灰窒素溶液中のカルシウムシアナミド濃度に及ぼす影響

酸素発生剤が石灰窒素溶液中のカルシウムシアナミド濃度に及ぼす影響を調べるため、濃度の経時変化を調査した。

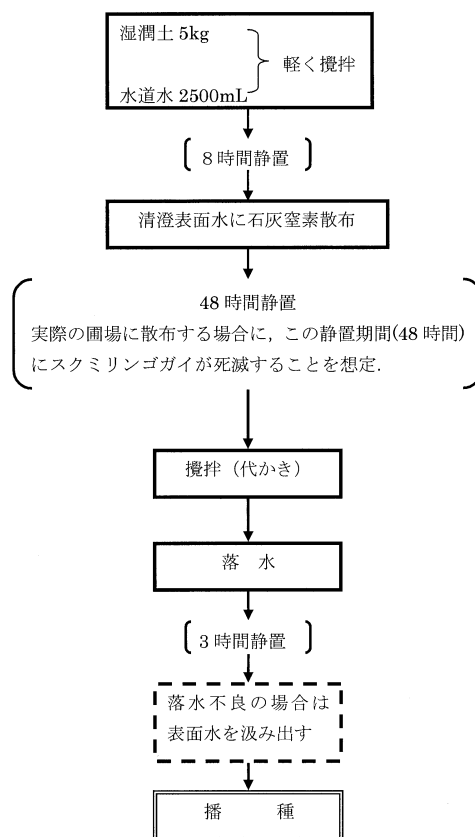
前項の出芽試験において使用した石灰窒素溶液、酸素発生剤及び被覆種子の量を基に、蒸留水500mlに対して粉状石灰窒素(全窒素含量20%, うちシアナミド態窒素19%含有)を0.25g(次項の出芽試験における窒素量 $5 \text{ g} / \text{m}^2$ 区に相当), 被覆種子400粒分に相当する酸素発生剤18g ($36 \text{ g} / 1$) の比率で混合後、1時間振盪し、 20°C 恒温条件下で24時間静置した上澄みの水溶液について、カルシウムシアナミド濃度を測定した。これに加え、酸素発生剤量を36g ($72 \text{ g} / 1$), 90g ($180 \text{ g} / 1$), 1000g ($2000 \text{ g} / 1$) 混合した試験区を設けた。酸素発生剤量1000g区は、種子に被覆された酸素発生剤の状態を再現するための酸素発生剤高濃度区である。これらに加え酸素発生剤を加えない石灰窒素溶液区も設定した。

石灰窒素溶液は $0.2 \mu\text{m}$ メンブランフィルターでろ過し、5倍容量の2%酢酸で30分間振盪抽出し、濃度測定試料とした。石灰窒素の主成分であるカルシウムシアナミドの溶液中の濃度は次の手順で測定した。0.5mlの試料を比色管(25ml)に採取し蒸留水を加えて15mlとし、pH10.4炭酸塩緩衝液を10ml添加した後、ペンタシアノアンミン鉄(II)酸ナトリウム二水和物4%水溶液を1ml添加し発色させ、530nmの吸光度を分光光度計(島津製作所UV-1200)を用いて測定し、標準溶液の検量線から濃度

を求めた。

3) 石灰窒素散布土壌に播種した水稻種子の出芽
供試品種はヒノヒカリとし、第1項のシャーレでの出芽試験と同様の種子処理を行い無被覆種子および被覆種子とした。さらに酸素発生剤を乾籾重の1倍相当量を被覆した種子も用いた。出芽試験には内寸縦190mm, 横335mm, 深さ155mmの角形ポットに排水用のパイプを二本底面に通したものを使用した。土壌は福岡県筑後市の九州農業試験場(現九州沖縄農業研究センター)内の細粒灰色低地土を使用し、石灰窒素のみの施用とし、その他の肥料は施用しなかった。石灰窒素の散布量を面積当たりで換算し、窒素成分量で $0 \text{ g} / \text{m}^2$, $2.5 \text{ g} / \text{m}^2$, $5 \text{ g} / \text{m}^2$, $7.5 \text{ g} / \text{m}^2$ および $10 \text{ g} / \text{m}^2$ の5段階とした。

石灰窒素の散布と播種は以下の手順で行った(第1図)。湿潤土壌を5kg詰めた角形ポットに水道水2500mlを加え、手で軽く攪拌し、8時間静置した。静置後、澄んだ表面水に石灰窒素を散布した。澄んだ表面水に石灰窒素を散布するのは、石灰窒素が土壌粒子との接触によって分解されることを極力抑えるためである。散布後48時間静置した後に攪拌(代



第1図 ポット試験の土壌処理・石灰窒素散布および播種手順

かき) し、ポット底面土壤中に通したパイプによって2～3時間で落水させたが、落水が不良である場合は表面水をスポイトで汲み出した。石灰窒素散布後に48時間静置したのは、石灰窒素から溶出するシアナミドの濃度が散布後48時間前後で最大になることと、この静置期間にスクミリングガイがほぼ死滅することが予備試験により判明していることに基づくものである。以上の処理を行った後、種子を土壤表面から10mmの深さに細い棒で押し込んで播種し、播種後は20℃の恒温室（蛍光灯照明下）に設置し落水条件で出芽させた。1処理区につき50粒播種し3反復とした。播種後15日間に土壤表面より幼芽先端が出てきたものを出芽として計測し、これにより算出した出芽率の経時変化を調べた。

3. 結果

1) 酸素発生剤が石灰窒素溶液中で出芽させた水稻種子の幼芽長に及ぼす影響

本試験はハト胸催芽種子を用いた試験であることから、試験開始15日後において、2mm以上の幼芽がみられた種子数の全種子数に対する割合が、94.7～98.0%といずれの試験区においても多く、差がみられなかったため、試験開始15日後の幼芽長により評価を行う（第1表）。蒸留水で出芽させた場合、いずれの区においても幼芽は53mm～63mmの伸長を見せた。一方、石灰窒素溶液中で出芽させた場合は、酸素発生剤被覆種子区で幼芽長が54.1mmとなり、蒸留水で出芽させた場合と同様の幼芽伸長を示したが酸素発生剤を種子に被覆せずに石灰窒素溶液中に投入した試験区の幼芽長は23.1mm、酸素発生剤無被覆種子区は16.0mmと被覆種子区と比べて有意に短くなった。

第1表 石灰窒素溶液中で出芽させた水稻種子の幼芽長 (mm)

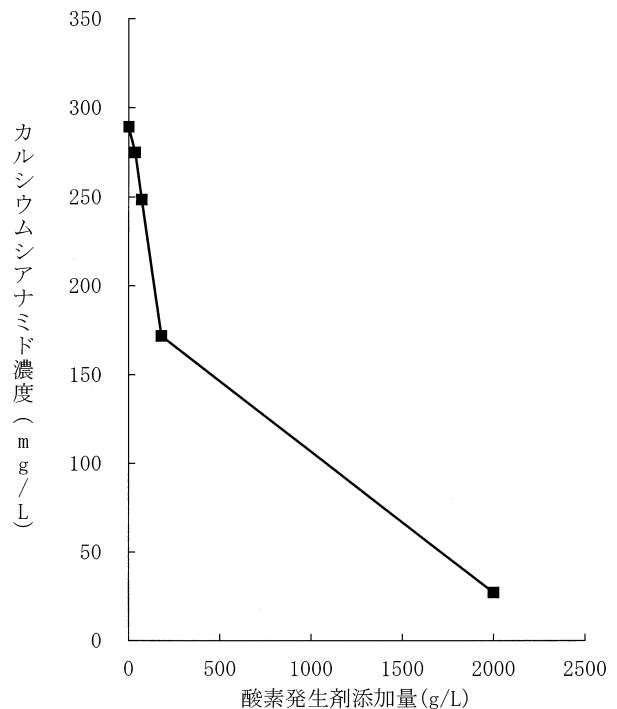
	被覆種子	無被覆種子	
		〔溶液中に酸素発生剤を添加〕	
石灰窒素：0g / L	53.0a	61.9a	62.9a
石灰窒素：1.2g / L	54.1a	23.1b	16.0b

注) a) 試験開始15日後。

b) 同一文字間においてLSD 5%水準で有意差無し。

2) 酸素発生剤が石灰窒素溶液中のカルシウムシアナミド濃度に及ぼす影響

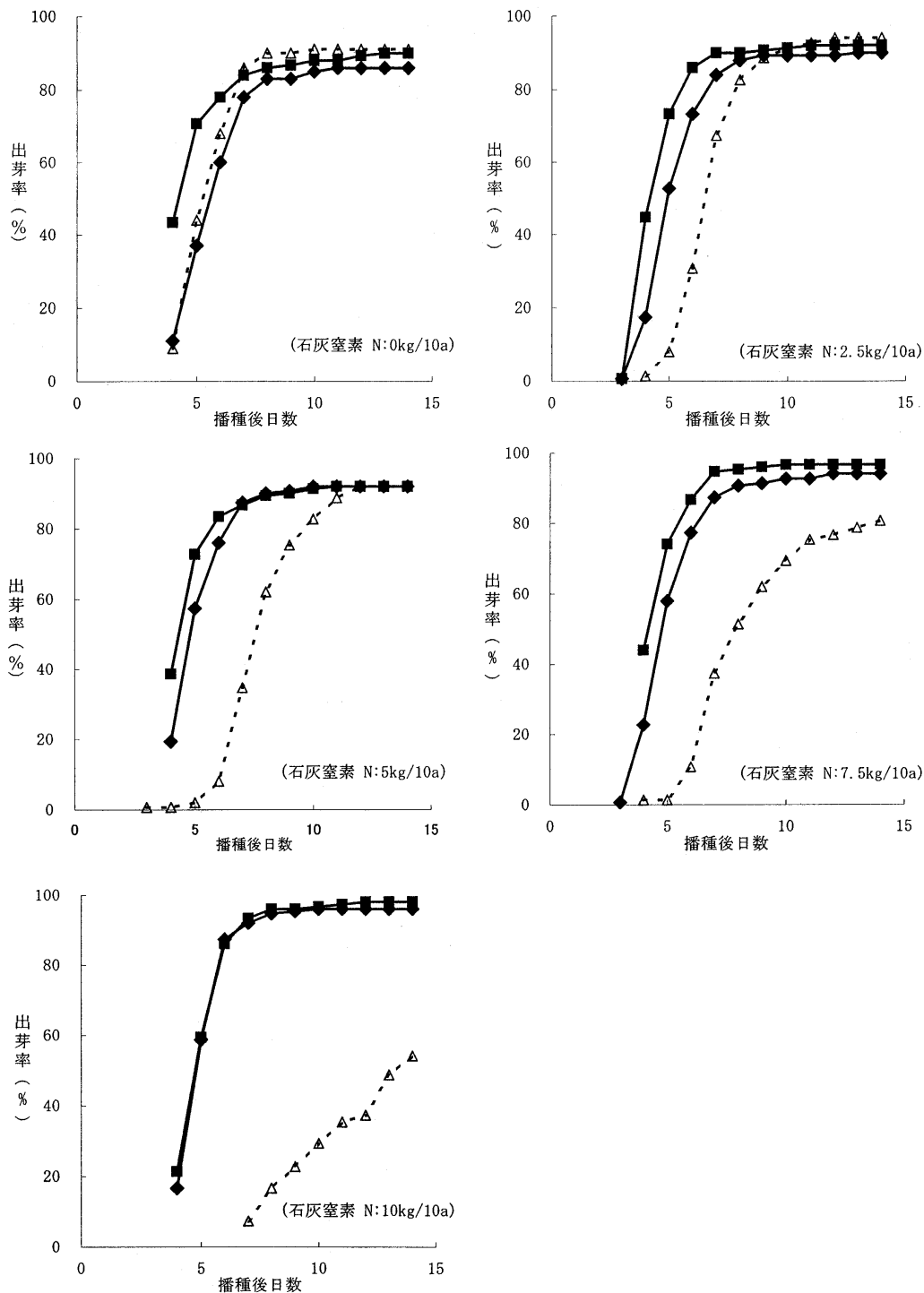
粉状石灰窒素と酸素発生剤の混合溶液中のカルシウムシアナミド濃度は酸素発生剤の量が多くなるに従い減少し、カルシウムシアナミドが酸素発生剤により分解されることが判明した。特に大量の酸素発生剤を混合し、種子に被覆された酸素発生剤の状態を再現した試験区では、混合直後に約300g / mlであったカルシウムシアナミド濃度が24時間後に19.8g / mlまで大きく減少した（第2図）。



第2図 酸素発生剤を添加した石灰窒素溶液中のカルシウムシアナミド濃度

注) 蒸留水に石灰窒素を添加、攪拌し24時間静置後に測定。

3) 石灰窒素散布土壤に播種した水稻種子の出芽
第3図に播種後15日間の出芽率を示した。石灰窒素無散布区では無被覆種子と被覆種子の間で出芽に差は見られなかった。これに対して窒素成分量で2.5g / m²および5 g / m²の石灰窒素を散布した試験区の無被覆種子の場合では石灰窒素量が多くなるに従い出芽が遅れる傾向にあり、さらに7.5 / m²を越えると最終的な出芽率も石灰窒素量に従い低くなった。しかし、被覆種子の場合、出芽には石灰窒素散布の影響は見られず、むしろ散布量増加により出芽率が若干高くなる傾向にあった。また、被覆された酸素発生剤の量による出芽率についてみると大



第3図 石灰窒素散布土壤に播種した異なる酸素発生剤被覆条件による水稻種子の出芽率 (%)
 ◆：乾粒重2倍量酸素発生剤被覆，■：乾粒重1倍量酸素発生剤被覆，△：無被覆

きな差はみられず、10g/m²区以外の試験区では1倍量被覆種子が2倍量被覆種子より若干出芽が早まる傾向にあった。

以上のように、無被覆種子を直播した場合に石灰窒素による出芽の遅れや出芽率低下といった葉害が現れることが明らかになった。一方、被覆種子の場

合は被覆量にかかわらず、石灰窒素散布量の増加による出芽障害はみられなかった。

スクミリングガイ防除のために石灰窒素を散布する場合は窒素量4~6g/m²で効果があるとされており(宮原ら1987, 牧野・小澤1987, 林ら1988, 矢野ら1990, 山下1993, 菖蒲1996, 平ら1997, 和田

1997), 今回の調査によりこれを超える量の石灰窒素を散布した場合でも被覆種子の場合は出芽障害が見られなかった。

なお、石灰窒素散布区について播種後20日頃までの幼苗の状態を観察したところ、散布量にかかわらず褐変、黄化、枯死等の障害も見られなかった。

4. 考 察

本研究の結果、湛水直播栽培において、石灰窒素による出芽障害を回避するために酸素発生剤を被覆した種子を用いることが有効であることが明らかになった。これは主に下記の二つの要因が関与していると考えられた。

第一に石灰窒素溶液中での出芽試験で、酸素発生剤被覆種子を用いた場合と被覆相当量の酸素発生剤を種子に被覆しないで水溶液中に添加した場合は、後者の幼芽伸長に障害が見られ、酸素発生剤を添加しない石灰窒素溶液で無被覆種子を出芽させた場合と同程度の結果となった(第1表)。このことにより、まず、酸素発生剤の被覆により直接的に石灰窒素溶液が種子に触れないという物理的な効果が被覆種子の障害回避に寄与していると考えられた。

第二に、今回実施した出芽試験・出芽試験において被覆種子は石灰窒素による出芽障害がみられなかったこと(第1表, 第2図)、さらに、大量の酸素発生剤を石灰窒素溶液と混合した場合に石灰窒素の主成分であり薬害の原因となるカルシウムシアナミド濃度が著しく低くなったことから(第3図)、種子に被覆された酸素発生剤の層を石灰窒素が浸透して

いく過程でカルシウムシアナミドが分解され、種子に到達する時点では無毒化されていることが推察され、このことが障害回避の理由であると考えられた。

カルシウムシアナミドはアルカリ条件下で不安定となる(McAdam and Schafer 1951)ことが知られており、アルカリ性を呈する酸素発生剤がカルシウムシアナミドの分解を進めたためと考えられた。また、酸素発生剤は過酸化カルシウムと鉱物質微粉および細粒からなる粉粒剤であることから、土壌粒子との接触によってもカルシウムシアナミドが分解され(奥田1961)、これら酸素発生剤の構成成分との接触により土壌の場合と同じように分解したものと推察された。

なお、ポットによる出芽試験の結果により、酸素発生剤の被覆量は、現在、基準の被覆量として定められている乾物重量である2倍量に相当する量よりも少ない1倍量で十分効果があった。これは無散布区で無被覆種子と被覆種子の差がみられなかったことから、本実験がポットを用いた落水条件下という出芽には好条件で行われたためと考えられたが、酸素発生剤の被覆量を減量することは湛水直播の生産コストを下げることにつながるので、引き続き、被覆量と出芽の関係については調査が必要と考えられた。

この酸素発生剤の種子被覆による石灰窒素の薬害回避以外にも、播種前の代かきも薬害回避に効果があることが筆者らのこれまでの研究により判明している(松島ら2003)。第2表はポットによる出芽試験の結果であるが、石灰窒素散布後、播種前に代かきを行った試験区と代かきを行わなかった試験区を

第2表 石灰窒素散布土壌の播種前の代かきが水稻種子の最終出芽率に及ぼす影響(松島ら2003)

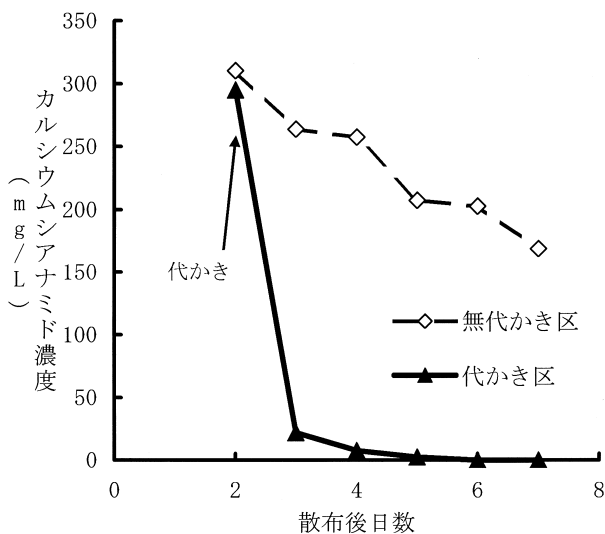
種子被覆の有無	代かきの有無	最終出芽率 (%)		
		N 0 g/m ²	N 5 g/m ²	N 10 g/m ²
被覆	無代かき区	95.3	70.7	22.7
	代かき区	—	92.0	94.7
無被覆	無代かき区	86.0	50.0	0.0
	代かき区	—	83.3	56.0
LSD 5%	種子被覆の有無 (A)	9.8	10.2	14.4
LSD 5%	代かきの有無 (B)	—	10.2	14.4
	A × B	—	*	*

注) 播種後15日後。 * : 5%水準で有意。

設け、湛水状態で出芽させたものであり、播種15日後の最終出芽率を示している。被覆種子の場合、石灰窒素の散布量に関わらず、代かき区で90%以上の高い最終出芽率が見られ、対照区とした無代かき・無散布区との差はみられなかった、無代かき区では窒素量 5 g/m^2 散布の場合で70.7%と低くなり、さらに窒素量 10 g/m^2 散布の場合では著しく低くなった。次に無被覆種子の場合では、窒素量 5 g/m^2 散布土壤に播種した場合、代かき区で最終出芽率が80%を超え、対照とした無代かき・無散布区との差は見られなかったが、無代かき区では最終出芽率が50%と低くなり石灰窒素による出芽障害の影響が見られた。窒素量 10 g/m^2 散布土壤の場合では、代かき区では56%の出芽率しか見られず、さらに無代かき区では出芽が全く見られなかった。

以上の結果、石灰窒素散布後、播種前に代かきをすることにより石灰窒素の出芽阻害作用が軽減されることが明らかになった。また、この実験でも酸素発生剤の被覆により出芽阻害が軽減されており、さらに代かきによる効果との相乗作用もみられ、酸素発生剤を被覆した種子を代かき後に播種することにより、石灰窒素による出芽障害がほとんど生じないことが示された。

第4図は石灰窒素を散布した土壤表面水中のカルシウムシアナミド濃度の経時変化を示したものであるが(松島ら2003)、石灰窒素散布2日後に代かきを行った場合では、代かき翌日にはカルシウムシア



第4図 石灰窒素散布後の代かきがカルシウムシアナミド濃度に及ぼす影響 (松島ら2003)

ナミド濃度が著しく低下することを示している。カルシウムシアナミドは土壤との接触作用により分解することが知られており(奥田1961)、第4図においてもそれを実証する結果となっている。

以上の結果、実際の湛水直播栽培時に石灰窒素によるスクミリンゴガイ防除を行う場合に、石灰窒素による出芽障害を防ぐために、酸素発生剤を被覆した種子を用い、播種前に代かきを行うことが石灰窒素の薬害回避のために必要であると考えられた。ただし、この播種前の代かきにより石灰窒素は無毒化されるため、その後の入水時には水路等外部からのスクミリンゴガイの侵入には十分注意する必要がある。

これまでの報告によれば、実際の圃場条件で防除効果を得るためには概ね窒素量で 4 g/m^2 程度以上の散布量が必要とされている(宮原ら1987, 牧野・小澤1987, 矢野ら1990, 和田1997)。一方、湛水直播栽培においては、その初期生育が旺盛であるため基肥を多くすると過繁茂になりやすく、基肥はなるべく減らして、後期重点施肥を行うか緩効性肥料を利用するなどの施肥体系が必要とされている(姫田1995, 西田2000, 脇本2000, 吉永2002)。さらに暖地における点播直播栽培で速効性肥料を窒素量換算で 1 m^2 あたり 9 g 分施肥する場合、基肥は 3 g が目安とされている(注: 打込み式代かき同時土中点播(ショットガン)直播マニュアル。九州沖縄農業研究センター)。ただし、石灰窒素の場合一般の速効性肥料より穏やかに肥効が現れることから若干の増量も可能であると考えられる。これらを総合すると、酸素発生剤被覆種子を用いた湛水直播栽培の場合、出芽障害を受けずに、スクミリンゴガイを防除するためには、概ね窒素量で 4 g/m^2 程度の石灰窒素の散布が適当と結論づけられた。

ただし、石灰窒素は土壤との接触で容易に分解することから、水田表面水への石灰窒素散布後は土壤との攪拌がおこらないようにし、防除効果が現れるまで(48時間程度)放置することが必要と考えられた。

今後は、これら条件での圃場試験により、さらに必要な追肥量などの施肥体系についての調査を行い、石灰窒素によるスクミリンゴガイ防除体系を取り入れた湛水直播栽培技術の確立を行う必要がある。

5. 要 約

省力、低コスト稲作技術としての水稲湛水直播栽培法の確立に向けて、湛水直播栽培における石灰窒素によるスクミリンゴガイ防除時の薬害回避法について検討した。

石灰窒素溶液を用いて水稲種子の出芽試験を行い、出芽後の幼芽伸長への影響を調べたところ、酸素発生剤無被覆種子では石灰窒素濃度が高くなると幼芽伸長が抑制されることがわかった。しかしながら酸素発生剤を被覆せずに溶液中に加えて出芽試験を行った場合では無被覆の場合と同じく幼芽伸長が抑制された。石灰窒素溶液に酸素発生剤を混合し、石灰窒素の主成分であるカルシウムシアナミドの濃度を測定したところ、酸素発生剤を加えた場合にカルシウムシアナミド濃度が減少していることから、石灰窒素は種子に被覆された酸素発生剤層を浸透する過程で分解・無毒化したために、被覆種子の幼芽伸長が阻害されなかったと推察された。石灰窒素散布土壌を用いたポット試験により水稲種子の土中出芽性を調査した。この結果、酸素発生剤被覆種子の場合、散布する石灰窒素量が増えても出芽障害や幼芽伸長阻害は見られなかった。これは酸素発生剤の被覆量が乾初重の1倍量・2倍量のいずれの場合でも同様であった。一方、無被覆種子では石灰窒素量が増えたと出芽障害が見られた。以上の結果、石灰窒素による水稲種子の出芽障害は酸素発生剤の被覆により軽減されることが判明した。また、これまでの調査で播種前に石灰窒素散布土壌を代かきすることによりカルシウムシアナミド濃度が減少し石灰窒素による出芽障害を軽減することが判明していることから、酸素発生剤の種子被覆と播種前の代かきにより石灰窒素の出芽阻害は回避できることがわかった。

キーワード：カルシウムシアナミド、酸素発生剤、代かき、水稲湛水直播、スクミリンゴガイ、石灰窒素、被覆、薬害。

6. 引用文献

- 1) 福島裕介・藤吉臨・石丸知道 (1998) 水稲湛水直播栽培における初期水管理がスクミリンゴガイの被害軽減に及ぼす影響. 九農研 60 : 13.
- 2) 林嘉孝・永井清文・恒吉隆・戸高隆 (1988) スクミリンゴガイに対する石灰窒素の施用効果. 九病虫研会報 34 : 121-123.
- 3) 姫田正美 (1995) 直播稲作への挑戦 第1巻 直播稲作研究四半世紀の歩み. 176-181. 農林水産技術情報協会.
- 4) 牧野秋雄・小澤朗人 (1987) 石灰窒素によるスクミリンゴガイの防除. 関東東山病虫研会報 34 : 208-210.
- 5) 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平・大森博昭 (2003) 日作紀 72 : 282-289.
- 6) McAdam, J.R. and F.C. Schafer: CYANAMIDES. In Kirk, R.E. and D. F. Othmer eds. (1951) Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition. Vol.6: 553-573. Interscience Encyclopedia.
- 7) 宮原義雄・平井剛夫・大矢慎吾 (1987) スクミリンゴガイに対する薬剤防除試験, 九病虫研会報 33 : 106-109.
- 8) 西田瑞彦・土屋一成・田中福代・脇本賢三 (2000) 打込み式代かき同時土中点播直播水稲の生育・収量に及ぼす溶出タイプの異なる肥効調節型肥料の影響. 九州農業研究 62 : 50.
- 9) 奥田東 (1961) 第3次改著土壌肥料綜説. 養賢堂.
- 10) 菖蒲信一郎 (1996) スクミリンゴガイの生態と防除. 植物防疫 59 : 3-9.
- 11) 平博之・山口純一郎・小森辰巳・田中靖・三原実・田中龍臣 (1997) 普通期水稲における石灰窒素の秋施用によるスクミリンゴガイの防除効果. 九農研 59 : 10.
- 12) 高橋仁康・西田初生・関正裕 (1999) 直播水稲栽培におけるスクミリンゴガイの機械的防除のための目標殻高設定. 九農研 61 : 145.
- 13) 高橋仁康・西田初生・関正裕 (2000) ロータリ耕うんによるスクミリンゴガイの圃場密度低減. 九農研 62 : 156.
- 14) 高橋仁康・関正裕 (2001) スクミリンゴガイ防除のためのロータリ耕うん技術の開発. 九農研 63 : 140.
- 15) 高橋仁康・関正裕・田坂幸平・西田初生 (2002) 耕うん・越冬・水口流入時のスクミリンゴガイ密度推移. 九農研 64 : 142.
- 16) 高橋仁康・関正裕・西田初生 (2002a) 市販ロータリ耕うん機によるスクミリンゴガイ被害

- の軽減. 農機学会誌 **64**:101-107.
- 17) 高橋仁康・関正裕・西田初生 (2002b) ロータリ耕うんによるスクミリンゴガイ防除に関する基礎的研究. 農機学会誌 **64**:76-81.
- 18) 和田節 (1997) スクミリンゴガイの生態と防除. 農業技術 **52**:24-27.
- 19) 和田節 (2000) スクミリンゴガイ. 農及園 **75**:215-220.
- 20) Wada,T., Ichinose,K., Higuchi, H. (1999) Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). *Appl. Entomol. Zool.* **34**:365-370.
- 21) 和田節・市瀬克也・杉浦直幸・福島裕介 (1999) 湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイによる被害:播種後3週間落水体系による被害と雑草の発生. 九病虫研会報 **45**:68-71.
- 22) 脇本賢三 (2000) 水稻の打ち込み式・代かき同時土中点播直播栽培の技術概要と普及の現状. 農業技術 **55**:18-23.
- 23) 矢野貞彦・森下正彦・城野晋・東勝千代 (1990) スクミリンゴガイの発生実態と防除対策. 和歌山農試研報 **14**:45-50.
- 24) 山下泉 (1993) 高知県におけるスクミリンゴガイの越冬状況とその防除対策. 四国植防 **28**:71-77.
- 25) 吉永悟志・竹牟礼穰・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・下坪訓次 (2002) 暖地の湛水直播栽培における土中点播水稻の生育特性—後期重点施肥による生育特性の変化と収量性の向上—. 日作紀 **71**:328-334.

代かき同時土中点播直播における播種同時打込み施肥技術

森田弘彦¹⁾・吉永悟志²⁾・古畑昌巳・山下 浩

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

「打込み式代かき同時土中点播直播栽培（以下、土中点播と記載する）」は耐倒伏性に優れる安定的な水稲直播栽培として東北、北陸地方を中心に栽培面積を伸ばしている。一方、機械移植栽培では施肥や農薬散布を田植え作業と同時に進行する省力技術が開発されていることから、直播栽培においても播種と施肥・農薬散布などを同時に行う作業技術体系の開発が望まれてきた（福岡県農総試他：2002）。土中点播においては、覆尿素肥料を用い、その60%を100日溶出型として、打込みディスクから種籾と共に打込む施肥法が試みられ、代かき土壌表層に施肥された速効性窒素の流亡により、収量では全層施肥に劣るとする結果が得られている（吉永他：1997）。土中点播の特性を活用した播種同時打込み施肥を実用的な技術とするため、直播栽培用に開発された肥効調節型肥料および稲・麦・大豆の水田輪作体系に有効な、直播適性が高く生育期間の短い早生品種を用いた場合の播種同時打込み施肥の適用性を明らかにする。

2. 研究方法

福岡県筑後市和泉の九州沖縄農業研究センター水田作研究部圃場（細粒灰色低地土）において、水稲「ふくいずみ（西海238号：2001年～2003年、早生の晩）」および比較として「ヒノヒカリ（2001年、中生の中）」と「どんとこい（2002年、2003年、早生の早）」を打込み式代かき同時土中点播播種機により播種・栽培した。

施肥法の試験区として、播種同時打込み施肥区（以下、打込み施肥）と対照区として全層施肥区を

設け、2001年にはLP50とLPSS100を3：7に配合して用い、 P_2O_5 、 K_2O は両区とも化成肥料の全層施肥とした。2002、2003年にはLPコート入り複合肥料（ $N-P_2O_5-K_2O$ 20-12-12%、窒素全量20.0%の内アンモニア性窒素2.0%）を用い、 P_2O_5 と K_2O は複合肥料でのNとの差に相当する量を化成肥料で代かき時に全層施肥、または省略した。施肥N量は、2001年と2003年には7.5kg/10a、2002年には6.5kg/10aとした。打込み施肥は、種籾と肥料を別々に収納できるように内部を2区分したホッパーを用いて行った。

種籾には浸漬・催芽後に乾籾重量の2倍量の CaO_2 粉剤を被覆した。麦跡での早生品種の晩播を想定して播種日を6月下旬に設定した。すなわち、2001年には6月20日（一部21日）、2002年には6月25日（2002年－2）、2003年には6月24日とした。打込み施肥の効果の播種期による変動を確認するために、2002年には通常の播種期に相当する6月11日播種（2002年－1）を加えた。土中点播機による播種では、播種速度を0.5～0.7m/S、条間を30cm、株間を20cmとし、乾籾2.5kg/10aの播種量を目標とした。

打込み施肥の効果に及ぼす麦稈施用の影響を検討するために、1筆の圃場を2区分し、前作の小麦麦稈を裁断して600kg/10aを施用した区（麦稈施用区）と無施用区を設けた。

雑草防除には、除草剤イマズスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン（商品名：キックバイ）1キロ粒剤（2001、2002年）、またはピラズスルフロンエチル・シハロホップブチル・メフェナセット（商品名：リボルバー）1キロ粒剤（2003年）の製品量1kg/10aを、再入水直後に処理した。病害虫防除は水田作研究部圃場での慣行に従って実施した。

九州沖縄農業研究センター水田作研究部水田作総合研究チーム：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

1) 現、中央農業総合研究センター北陸研究センター

2) 現、東北農業研究センター

1 試験区は24~48m²とし、2~3反復とした。1 試験区につき連続した10株を2反復として生育調査を行い、1株につき上位2枚の展開葉の葉色を葉色計（ミノルタ社製 SPAD502）で測定した。耐倒伏性は、出穂3週間後に落水し、デジタルフォースゲージ（日本電産シンボ社製）を取り付けた押し抵抗測定器（富樫他：1997）を用いて1試験区につき連続した10株を2反復で測定し、押し抵抗値から求めた倒伏指数〔(稈長×地上部重) / (押し抵抗値×15)〕（富樫他：1997）で表した。玄米収量は、粒厚1.70mm以上、水分15%換算で求めた。玄米窒素濃度は乾式燃焼法（エレメンタル社製 rapid N）で測定し、対乾物重比で示した。

3. 結果

1) 打込み施肥の精度

LPコート入り複合肥料を用いた場合（写真1~3）、2003年の試験での打込み施肥による肥料投下量は設定値の102~104%であり、精度上の問題は認められなかった。

2) 苗立ち数に及ぼす打込み施肥の影響

「ふくいずみ」の3年間4事例での打込み施肥における苗立ち数は、全層施肥より10%程度少ないものの、統計的な有意差は認められなかった（第1図）。また、麦稈施用の有無は苗立ち数にほとんど影響せず、1年間のみ結果ではあるが、P₂O₅、K₂Oの補給の有無も影響しなかった。これらの傾向は「ヒノヒカリ」、「どんとこい」でもほぼ同様であった。

2002年播種の「ふくいずみ」と「どんとこい」について、播種2週間後におけるイネ苗の白化茎長と地上部・根部の生育を麦稈無施用区で調べた。打込み施肥での白化茎長や地上部・根部の生育は、6月25日播種の場合には全層施肥と同等であり、6月11日播種では根長が若干抑制されるものの、草丈と葉齢がやや優る傾向にあった（第1表）。6月11日播種では、播種後に降雨で冠水したため、LPコート入り複合肥料に含まれる速効性窒素が溶出したことが根長を抑制した要因と考えられた。麦稈施用区との間にその後の生育の顕著な差異が認められなかったことから、無施用区と同様と推察された。

3) 生育相に及ぼす影響

2002年の「ふくいずみ」では以下のような特徴が認められた。打込み同時施肥では、播種21日、26日後での草丈は全層施肥よりやや高いが、43日、35日後には同等か、あるいは逆転した（第2図）。麦稈施用区と無施用区を込みにした場合、茎数は、ほぼ



写真1 ホッパーを2分してLPコート入り複合肥料（右）と被覆粉（左）を充填した点播播種機

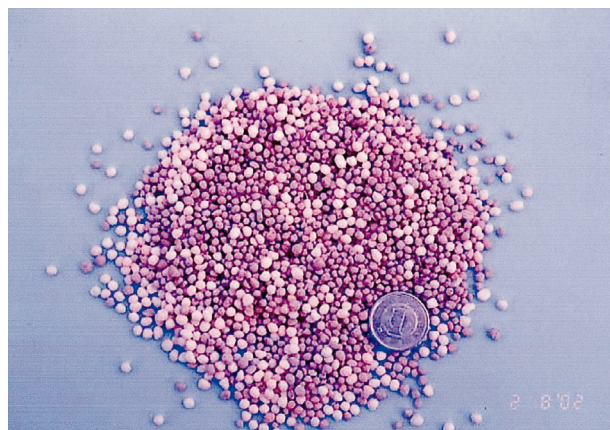
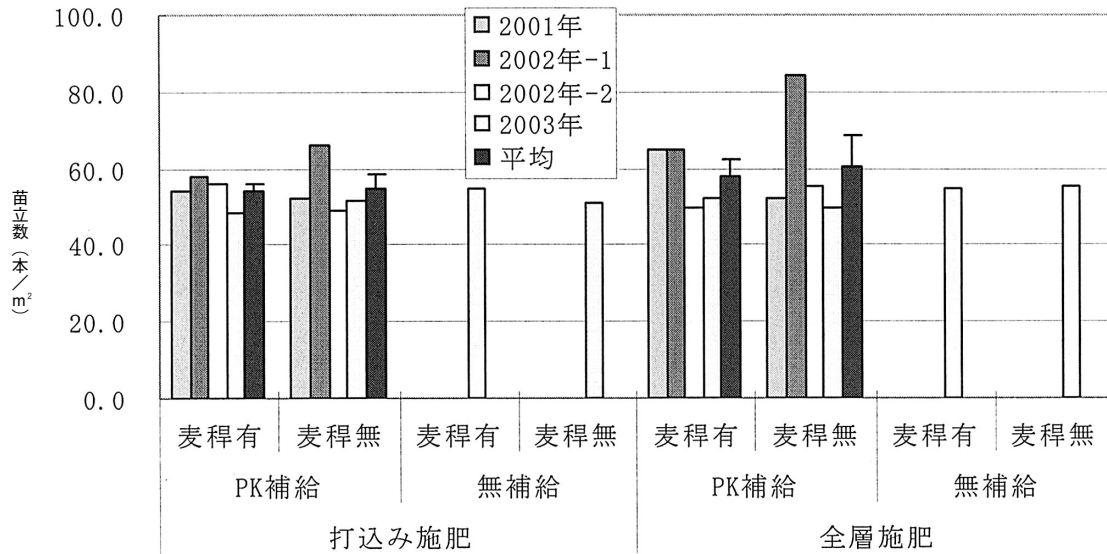


写真2 播種同時打込み施肥に用いたLPコート入り複合肥料の形状



写真3 播種同時打込み施肥の打込み直後の土壌表面



第1図 播種同時打込み施肥における「ふくいずみ」の苗立ち数の、施肥法、 $P_2O_5 \cdot K_2O$ 補給および麦稈施用の有無による変動
 注) 2002年-1：6月11日播種、2002年-2：6月25日播種

第1表 麦稈無施用区における土中点播水稻の播種2週間後の地上部と根の生育（上欄：6月25日，下欄：6月11日播種 2002年）

品種・系統	施肥法	調査個体数	草丈 (cm)	葉齢	最長根長 (mm)	根数	白化莖長 (mm)
ふくいずみ	打込	18	23.6a	3.6a	85a	18.4a	13.2a
	全層	22	21.8a	3.5a	97a	17.1a	10.3a
どんとこい	打込	17	26.2a	4.0a	85a	17.5a	12.9a
	全層	21	25.4a	3.8a	106b	16.5a	10.9a
品種	施肥法	調査個体数	草丈 (cm)	葉齢	総根長 (mm)	総根数	平均根長 (mm)
ふくいずみ	打込	20	17.5a	3.1a	352a	11.3a	32a
	全層	20	16.0b	3.0b	421b	11.0a	39b

注) 同一英文字は平均値間に t 検定の 5% 水準で有意差のないことを示す。

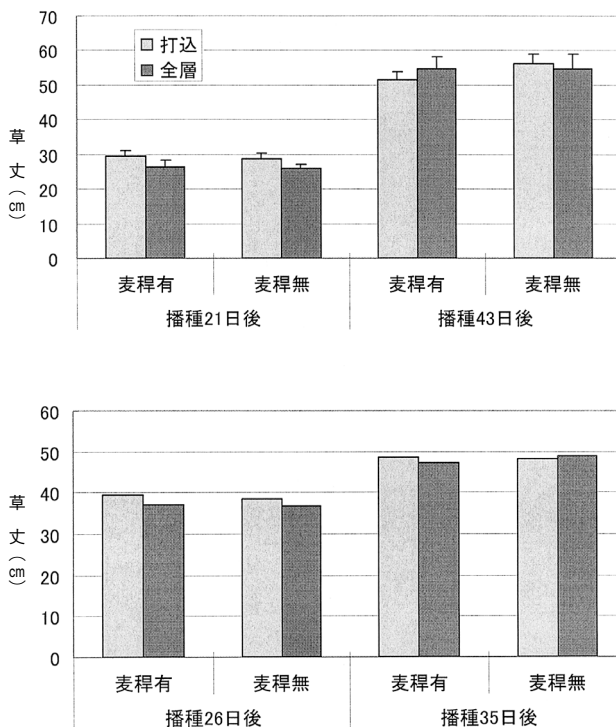
最高分げつ期に相当する播種43日，35日後では打込み同時施肥で全層施肥よりやや多くなったが，その後はほぼ同等か，生育終期ではやや低下した（第3図）。最高分げつ期と穂揃期の葉色値は，6月25日播種の場合，最高分げつ期では大きな差異はないものの，穂揃期では打込み同時施肥が全層施肥より高かった。6月11日播種では麦稈施用の影響が認められたものの両施肥法の差異は判然としなかった（第2表）。播種5週間程度まで，打込み同時施肥での生育が全層施肥より優る傾向は，2002年の「どんとこい」および2003年の試験でも認められたことから，上記の傾向は，LPコート入り複合肥料（ $N-P_2O_5-K_2O$ 20-12-12%）に含まれる速効性窒素成分が地表

面近くに施用される本施肥法での生育の特徴であると考えられた。

4) 耐倒伏性に及ぼす影響

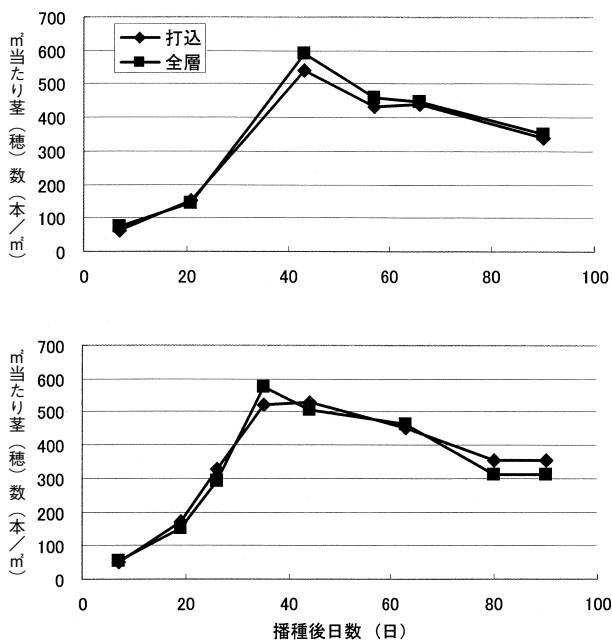
2002，2003年の3事例について押倒し抵抗値から求めた倒伏指数は，「どんとこい」では「ふくいずみ」よりやや大きいものの，両品種とも打込み施肥で増加することはなく，また，麦稈施用による変動もみられなかった（第4図）。倒伏指数は倒伏の危険性が顕著に高まるとされる0.80（吉永：2002）以下であったことから，打込み同時施肥は倒伏を助長しないことが認められた。

5) 収量構成要素，収量と玄米窒素濃度に及ぼす打込み施肥の影響



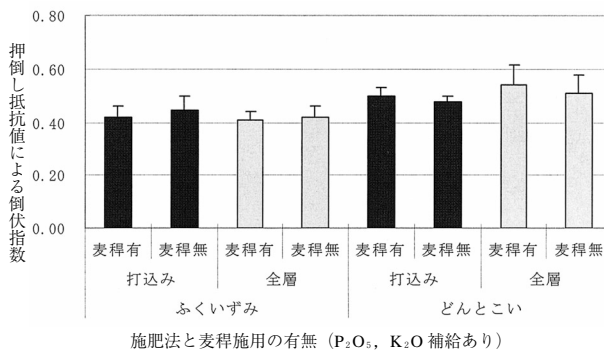
第2図 播種同時打込み施肥における「ふくいずみ」の草丈の推移

注) 上：6月11日播種 (2002年-1), 下：6月25日播種 (2002年-2)。



第3図 播種同時打込み施肥における「ふくいずみ」の茎数の推移

注) 1) 上：6月11日播種 (2002年-1), 下：6月25日播種 (2002年-2)。
2) 麦稈施用区, 無施用区の平均値。



第4図 播種同時打込み施肥における点播水稻の倒伏指数の変動

注) 1) 2002, 2003年の3事例の平均値とSE。
2) 倒伏指数=稈長×地上部重/(押し抵抗値×15)。

「ふくいずみ」の3年間4事例および「どんとこい」の2年間3事例の平均値について、打込み施肥でのm²当たり穂数は、全層施肥と同等で、麦稈施用の影響も2003年の「どんとこい」以外では認められなかった(第3表)。「ふくいずみ」より生育期間の短い「どんとこい」での、麦稈施用条件下での穂数の変動についてはさらに検討を要する。

玄米収量については、2002年には品種間でやや変動したものの、2001年と2003年では、打込み施肥と全層施肥で有意な差は認められなかった(第4表)。すなわち、麦稈施用の有無を込みにした場合の打込み施肥での精玄米重は、全層施肥に対して「ふくいずみ(4データ)」で96%、「どんとこい(3データ)」で100%、「ヒノヒカリ(1データ)」で100%で、ほぼ全層施肥と同等であった。

玄米窒素濃度は、2003年の「どんとこい」で全層施肥より低かった以外は施肥法によって変動しなかった。すなわち、早生の晩に属する直播適性の高い「ふくいずみ」を対象にした場合、打込み同時施肥は全層施肥に比べて収量・品質の低下をもたらさないことが認められた。

4. 考 察

水稻直播栽培については、移植作業の省略以外にも作業全般にわたって移植栽培より省力化されることが望まれている。移植栽培での省力技術としては、施肥、農薬の散布など移植と同時に行うことのできる技術が開発されている。肥効調節型被覆尿素肥料の普及により、直播栽培においてもこれの全量基肥

第2表 打込み同時施肥と全層施肥における最高分けつ期と穂揃期の葉色 (SPAD 値)
(2002年, 「ふくいずみ」)

処理区		6月11日播種		6月25日播種	
施肥法	麦稈施用	最高分けつ期 7月24日	穂揃期 8月29日	最高分けつ期 7月30日	穂揃期 9月5日
打込	有	35.0a	36.0a	39.7a	34.6a
	無	37.1b	36.6a	38.7ab	34.1a
全層	有	37.8b	36.3a	37.4b	32.2b
	無	36.4a	35.2b	39.4ab	32.3b
測定株数		24	80	12	40

注) 最上展開葉の測定値の平均値, 同一英文字は t 検定の 5% 水準で有意差のないことを示す。

第3表 打込み施肥と施肥条件が点播水稻の穂数に及ぼす影響

施肥法 F	PK 補給 P	麦稈施用 S	穂数				全平均
			2001年	2002年-1	2002年-2	2003年	
ふくいずみ							
打込み	無補給	有					340.0
		無					358.9
	補給	有	440.0	355.0	359.0	325.6	369.9a
		無	419.0	346.0	328.0	361.1	363.5a
全層	無補給	有					396.1
		無					389.4
	補給	有	435.0	382.0	346.0	364.4	381.9a
		無	408.0	372.0	363.0	433.3	394.1a
		F	n. s				n. s
		主効果					n. s
			S	n. s			
施肥法 F	PK 補給 P	麦稈施用 S	穂数				全平均
			2001年	2002年-1	2002年-2	2003年	
ヒノヒカリ							
打込み	無補給	有					340.0
		無					418.3
	補給	有	451.0	377.0	372.0	376.7	375.2a
		無	418.0	426.0	366.0	382.8	391.6a
全層	無補給	有					418.3
		無					406.1
	補給	有	465.0	387.0	436.0	396.1	406.4a
		無	404.0	395.0	459.0	473.3	442.4a
		F	n. s				n. s
		主効果					n. s
			S	n. s			

注) 1) 「全平均」の同一英字は, 事例平均値の t 検定で有意差のないことを示す。

2) 「主効果」は分散分析結果, *は5%レベルでの有意差を示す。

3) 2002年-1: 6月11日播種, 2002年-2: 6月25日播種。

第4表 打込み施肥と麦稈施用が点播水稻の収量と玄米窒素濃度に及ぼす影響 (2001年～2003年)

施肥法 F	麦稈施用 S	精玄米収量 (g/m ²)				玄米窒素濃度 (%)					
		2001年	2002年-1	2002年-2	2003年	2001年	2002年-1	2002年-2	2003年		
		ふくいずみ				平均値	ふくいずみ				平均値
打込み	有	677.0	578.0	566.0	520.2	585.3	1.23	1.26	1.22	1.36	1.27
	無	672.0	578.0	553.0	559.3	590.6	1.23	1.32	1.20	1.43	1.30
全層	有	684.0	645.0	536.0	590.0	613.8	1.28	1.30	1.22	1.44	1.31
	無	681.0	608.0	566.0	566.0	605.3	1.23	1.28	1.24	1.52	1.32
分散分析	F	n. s			n. s	n. s			n. s		
主効果	S	n. s			n. s	n. s			**		

施肥法 F	麦稈施用 S	精玄米収量 (g/m ²)				玄米窒素濃度 (%)					
		2001年	2002年-1	2002年-2	2003年	2001年	2002年-1	2002年-2	2003年		
		ヒノヒカリ	どんとこい			平均値	ヒノヒカリ	どんとこい			平均値
打込み	有	641.0	561.0	586.0	519.7	555.6	1.14	1.50	1.33	1.43	1.42
	無	648.0	606.0	563.0	607.7	592.2	1.21	1.43	1.29	1.50	1.41
全層	有	629.0	542.0	599.0	553.3	564.8	1.19	1.36	1.26	1.53	1.38
	無	655.0	570.0	581.0	608.3	586.4	1.18	1.39	1.47	1.63	1.50
分散分析	F	n. s		n. s		n. s		*			
主効果	S	n. s		n. s		n. s		**			

注) 1) 分散分析: *・5%, **・1%水準で有意, n. s・有意差なし。

2) 2002年-1: 6月11日播種, 2002年-2: 6月25日播種。

での省力施肥法が検討されてきたが(佐藤他: 1993), 多くの場合, 移植栽培での田植え同時作業は直播栽培に直接適用できないことから, 九州地域での直播栽培の普及にあたって「施肥作業の省力化のため播種同時施肥での検討が必要」と指摘されてきた(福岡県農総試他: 2002)。

仕上げ代かきと同時に播種する土中点播栽培では, 他の播種様式の湛水直播栽培に比べて播種同時施肥がやや困難であった。しかし, 土中点播栽培において, 肥効調節型被覆尿素肥料を使用した場合には, 土壌表面への施肥でも全層施肥と同等の収量が得られ, 玄米の窒素濃度も変動しないことが認められた(西田他: 1997, 1999)。そこで, 肥効調節型被覆尿素肥料を播種と同時に打込む方式が開発され, 「ヒノヒカリ」で検討された結果, 「生育途中から乾物生産が低下し, やや減収」したことから, 「施肥法改良などでこの低下を回避する必要がある」とされた(吉永他: 1997)。本研究では, 上記の知見に基づいて粒状のP₂O₅とK₂Oを含んだ肥効調節型被覆尿素肥料(LPコート入り複合肥料: 第2図)を用い, 「ヒノヒカリ」より出穂期が3日程度早い早生で, 直播適性の高い「ふくいずみ」を基準として播種同時打込み施肥の効果を検討した。同施肥法は, 初期の生育が促進されることがあるものの, 全体と

して収量および品質(玄米窒素濃度)において全層施肥とほぼ同等であることが確認された。早晚性を異にする水稻品種に対する土壌条件別の最適施肥量の設定, 苗立ち数の変動や気象変動による生育相の変化に対応した生育診断・調節技術などについては, 今後さらに検討する必要がある。また, 本結果は晩播での「ふくいずみ」を対象に得られたものであるため, 他の品種や播種期で打込み施肥を行う場合には, 施肥量などについては「ヒノヒカリ」や「どんとこい」でのデータを参考に調整する必要がある。

5. 要 約

代かき同時土中点播直播栽培の省力施肥法として, 粒状のP₂O₅とK₂Oを含んだLPコート入り複合肥料と直播適性の高い水稻「ふくいずみ(西海238号)」の活用を主にした, 播種同時打込み施肥での点播水稻の生育, 収量および玄米窒素濃度の特性を全層施肥を対照に検討した。

- 1) 打込み施肥の量はほぼ設定値通りであった。
- 2) 打込み同時施肥での苗立ち数は, 「ふくいずみ」では全層施肥より10%程度少なかったが, 統計的には有意とならず, 「どんとこい」では同等であった。打込み施肥での出芽深度(白化茎長)や播種2週間

後の「ふくいずみ」の地上部・根部の生育は全層施肥と同等であったが、地上部の生育が促進され、根部の生育が抑制される場合も見られた。

3) 打込み同時施肥では全層施肥に比べて初期の草丈や最高分げつ期の茎数が増加する傾向が認められたが、播種5週間程度で全層施肥と同等となった。

4) 押倒し抵抗値から求めた倒伏指数は打込み施肥で増加することはなく、全体として倒伏指数は0.80以下であり、打込み同時施肥は倒伏を助長しなかった。

5) 打込み施肥での m^2 当たり穂数は、「ふくいずみ」、「どんとこい」とも全層施肥と同等で、精玄米重については、全層施肥に対して「ふくいずみ(4データ)」で96%、「どんとこい(3データ)」で100%、「ヒノヒカリ(1データ)」で100%で、ほぼ全層施肥と同等であった。玄米窒素濃度は、2003年の「どんとこい」で全層施肥より低かった以外は施肥法によって変動しなかった。すなわち、播種同時打込み施肥の土中点播水稻は、全体として収量および品質(玄米窒素濃度)において全層施肥とほぼ同等であることが認められた。

6. 引用文献

- 1) 福岡県農業総合試験場・大分県農業技術センター・熊本県農業研究センター・鹿児島県農業試験場(2002) 地域基幹農業技術体系化促進研究 水稻点播直播を基幹とした暖地水田高度輪

作体系. 九州地域基幹研究成果 5: 1-13.

- 2) 西田瑞彦・田中福代・吉永悟志・脇本賢三(1997) 湛水土中点播水稻の生育収量に及ぼす施肥位置の影響. 九農研 59: 53.
- 3) 西田瑞彦・土屋一成・田中福代・脇本賢三(1999) 湛水土中点播水稻栽培におけるシグモイド型被覆尿素肥料の施肥位置の影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集 45: 453.
- 4) 佐藤徳雄・渋谷暁一・三枝正彦・阿部篤郎(1993) 肥効調節型被覆尿素を用いた水稻の全量基肥不耕起直播栽培. 日作紀 62(3): 408-413.
- 5) 富樫辰志・吉永悟志・下坪訓次(1997) 土中点播水稻の押倒し抵抗簡易測定法. 日作九州支部会報 63: 7-9.
- 6) 吉永悟志(2002) 打込み式代かき同時土中点播機を用いた水稻の湛水直播栽培における生産性の向上および安定化に関する研究. 九州沖縄農研報告 41: 53-116.
- 7) 吉永悟志・西田瑞彦・富樫辰志・下坪訓次(1997) 代かき同時土中点播栽培における播種同時打込み施肥が水稻の生育に及ぼす影響. 日作九州支部会報 63: 3-6.

7. 研究課題名：担当小課題名

代かき同時土中点播栽培における高品質・安定生産技術の開発

直播水稻栽培のための大豆作導入による スクミリンゴガイ密度低減

市瀬克也¹⁾・和田節・遊佐陽一²⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

スクミリンゴガイは特に生育初期の水稻苗を食害し、水田における深刻な害虫となっている⁴⁾。この貝は幼若な苗を特によく食害し、湛水直播を行う場合はこの貝の密度を0.5頭/m²(要防除密度)以下に低下させなければならない。ナメクジ用のメタアルデヒドを主成分とした薬剤は、湛水直播栽培における本貝の制御に有効であることが実験的に確かめられている^{6,9)}。しかし、本薬剤は水田での使用に現時点で登録がなく、湛水直播栽培でこの貝を防除するための登録された有効な薬剤がない。和田ら⁸⁾は、播種後3週間の落水管理による貝被害の低減方法を提唱している。しかし、九州での播種時期は梅雨と重なり、特に集中豪雨時には完全な落水が困難となり、湛水直播での貝防除には有効な手段がないのが現状である。

この貝は水田における越冬中の死亡率が高く^{3,4)}、また長期にわたる乾燥には十分な耐性がない¹⁾。これらのことから、大豆などの畑作物による転作を1期行うことにより貝の死亡率を高め、薬剤を用いることなく直播栽培を行える程度に貝密度を減少させられると期待される。しかし、大豆作による貝密度低減効果を明らかにした研究はない。そこで我々は、地形の異なる2地区において水稻連作水田および大豆作後の水田において貝密度を6月に調査し、大豆作導入による貝密度低減の効果を明らかにすることを試みた。また同じ水田において8月下旬に貝密度を調査し、貝個体群の夏季における変動を、前作の体系および地区間で比較し、大豆導入効果の持続性を評価した。

本調査にあたり、熊本県秋津地区の農家および福岡県夜須町の農家の方々に多大なご協力をお願いし

た。また、九州沖縄農業研究センター水田作研究部関係者との議論は、有意義であった。この場を借りて、御礼申し上げる。

2. 研究方法

調査地区

調査は、2001年に水稻連作水田および大豆作導入後の水田を熊本県熊本市秋津地区で(5, 8筆)、福岡県夜須町地区(7, 8筆)で任意に選んだ。秋津地区は低地帯に位置しており、梅雨時には水田が全面冠水することがある。夜須地区は、山際の扇状地に位置するため、梅雨時でも広域に渡る冠水はないと思われる。各水田で2001年6月下旬および8月下旬に貝密度推定のための調査を行い、大豆作導入による貝密度低減効果を、両作付体系の水田間で比較することにより評価した。また、地区間でもその効果を比較することにより、地形による大豆作導入効果への影響を評価した。

貝密度推定法

貝密度推定には、コードラート法を用いた²⁾。いずれの水田においても、1辺1 mの正方形コードラート(面積1 m²)を水口の両側に8面ずつ設置し、その中の全貝数を計数し、その平均値をその水田における貝密度の推定値(頭/m²)とした。コードラートは、水口より1 m離れたところから畦に沿って両側に1 mおきに設置した。コードラートの1辺は、畦に完全に接するようにした。これにより、調査場所は水口の両側にそれぞれ最大16mにまで達した。8月の調査において当年生の小貝が非常に多くなり、コードラート内全ての貝を計数することが困難であった。そこで、殻が5 mm以下の貝については、各コードラート内に50cm四方

九州沖縄農業研究センター害虫生態制御研究室：〒861-1192 熊本県菊池郡西合志町須屋2421

1) 現、国際農林水産業研究センター

2) 現、奈良女子大学

のコードラートを設置し、その中で計数することにより、これらの貝の密度を推定した。これより大きい貝の密度については、6月と同様の方法により推定した。水田内では、水口に近いほど、また畦に近いほど貝密度が高い²⁾。従って、この調査における推定密度は過大評価されている可能性が高い。これは、大豆導入効果の評価に安全率を大きく取るようにしたためである。

貝サイズ差

各水田において設定したコードラートより、1枚おきに合計8枚のコードラートで5mm以下の全貝を採集し、その殻の大きさを計測した。貝は、大きさにより5-10mmおよび10-15mm、15-20mm、>20mmの4階級に分けた。この各階級における貝数の頻度分布を、栽培体系間、地形間で比較することにより、これらの要因による貝個体群構成への影響を評価した。

3. 結果

大豆作導入の貝密度への影響

水稲栽培開始直後の6月における水田の貝密度は、秋津および夜須の両地区ともに、全ての大豆導入後水田において、湛水直播における要防除密度0.5頭

／m²以下となっていた(第1表)。一方、水稲連作水田では、要防除密度以下の水田が1筆もなかった。しかし、8月の平均貝密度は、両地区のいずれの栽培体系の水田でも6月の平均密度より上昇し、100頭／m²を超える水田が存在した。大豆導入後の水田での貝密度は、水稲連作水田よりも低かったが、平均貝密度は10頭／m²近くに達し、貝個体群の回復が行われていたことを示している。

水稲連作水田および大豆後水田で貝密度が非常に異なったため、各体系内で地区および調査地区間で貝密度の比較を行った。なお、本調査は、6、8月とも全く同じ水田で行っているため、分析には反復測定分散分析法を用いた。水稲連作水田では、貝密度は地区間および調査月間で異なり、これら2要因の相互作用も有意であり(第1表)、水稲連作水田の貝個体群の変動は地区により特有であったことを示している。一方、大豆作後水田では、月間のみ有意であった。この結果は、大豆作による貝密度低減効果は地区によらず同程度であり、水稲開始後の貝個体群増加も地区間で同程度であった、ということを示している。

大豆作導入による貝のサイズ構成への影響

各地区の各栽培体系水田における貝個体群の大きさの組成は、両地区間で明瞭な差は見られなかった

第1表 水田におけるスクミリングガイの推定密度および密度、貝サイズの分散分析結果

地区	栽培体系	水田数 (筆)	6月貝密度 (頭／m ²)			8月貝密度 (頭／m ²)		
			平均±SEM	最大	最小	平均±SEM	最大	最小
秋津	水稲後	5	8.86±4.03	23.19	0.94	252.21±50.57	466.13	0.94
秋津	大豆後	8	0.02±0.01	0.12	0.00	8.73±4.46	38.25	0.00
夜須	水稲後	7	6.06±3.99	13.19	1.31	40.54±16.50	133.38	1.62
夜須	大豆後	8	0.04±0.04	0.12	0.00	9.23±1.72	17.69	1.69

貝密度反復測定分散分析表

効 果	水稲後水田		大豆後水田	
	F 値 (df = 1, 10)	確率 P	F 値 (df = 1, 14)	確率 P
地区	8.238	0.017	2.218	0.159
時期	30.022	<0.001	39.846	<0.001
地区×時期	9.019	0.018	2.080	0.171

貝サイズ構成多変量分散分析表

効 果	6月調査		8月調査	
	F 値 (df = 1, 24)	確率 P	F 値 (df = 1, 24)	確率 P
地区	2.072	0.163	12.645	0.002
栽培体系	82.655	<0.001	0.003	0.961
地区×栽培	3.104	0.091	2.077	0.162

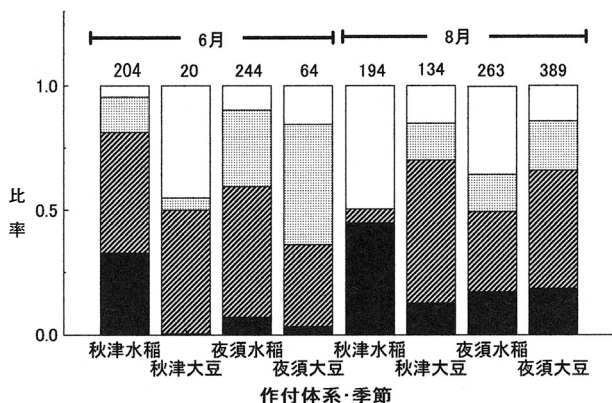


図1 水稲連作水田および大豆導入後水田における階級ごとにおける貝の比率（下）

注) 殻長10mm以下は黒塗り, 10-15mmは斜線, 15-20mmは点, 20mm以上は白抜きで示す。比率図における各帯上の数値は, 測定した総貝数を示す。

(第1図)。大豆後水田で両地区に共通した特徴は, 15mm以上の貝の比率が水稲連作水田に比較して高くなっていた点である。また, 8月には大豆後水田でも小貝の比率が高まり, 6月の結果と比較すると, 栽培体系間で貝の大きさの構成に差が小さくなる傾向にあった。このことは, 大豆導入後水田の貝個体群は, 大きさの構成においても回復していたことを示している。

地区と栽培体系が各サイズ階級の貝数にどのように影響を及ぼしたか, 6, 8月の各月におけるサイズ構成について多変量分散分析を行うことで評価した(第1表)。6月では, 地区要因は有意でなかったが, 栽培体系が有意であった。また, この2要因による相互作用は有意でなかった。8月では, 地区が有意となったが, 栽培体系は有意でなかった。これらの結果は, 大豆作導入により, 水稲開始時の貝のサイズ組成は地区に寄らず同様な変化が生じたが, 夏季には個体群が前年の作付体系には関係なく地区特有の構成変化をしたことを示している。

4. 考 察

調査した両地区で, 6月における大豆作後の水田中の最大貝密度は0.1頭/m²であり, 直播水稲を行うための要防除密度(0.5頭/m²)以下となっていた。これら両地区は地形がまったく異なるにもかかわらず, 大豆作による貝密度低減効果に地形の影響は検出されなかった。従って, 様々な地域で, 転作

作物として大豆を導入することにより直播水稲栽培が可能になる貝密度に低減できると考えられる。しかし, 水田における貝の越冬成功率は少なく見積もっても6%を超える^{3,4)}。これを本調査結果に当てはめると, 大豆作導入後の水田で水稲を連作した場合, 8月には平均密度が10頭/m²近くになっていたことから, 2作目の6月の貝密度は, 要防除密度を超えている可能性が高い(10×0.06=0.6頭/m²)。従って, 大豆作導入後の水田での無防除での直播水稲はその年に限定され, 2年目では貝の上昇を確認する必要がでてくる。さらに吉田ら¹⁰⁾は, 水路において越冬する貝の生存率が10%以上となる可能性を指摘しており, それらの貝が入水時に水田へ侵入することにより, 大豆作直後であっても貝密度が要防除密度以上になってしまう恐れがある。侵入貝を防止する現時点での最良の対策は, 入水口に網を設置し, そこで水とともに入ってくる貝を捕獲する方法である。この網は, すでに九州沖縄農業研究センター害虫生態制御研究室のホームページ,

http://konarc.naro.affrc.go.jp/kiban/g_seitai/applesnail/bousiami.html

で公開されている。

スクミリンゴガイ属の貝は, 数か月以内であれば水がなくとも生存し続けるがそれ以上では殆ど生存できない¹⁾。一方水中での本貝は, 10℃程度であれば生存し続けられる⁵⁾。従って, 九州では, 水路での冬季の死亡率は低く, また水田中でも個体群が壊滅するほどの死亡は本貝には起こらない¹⁰⁾。このような水田で越冬する貝は, 水稲作が終わる秋以降の耕耘により傷害を受ける, 土中の貝が地表付近に曝され冬季の寒さの影響を受けやすくなる, 等により死亡率が上昇することが報告されている⁷⁾。これらの報告は, 大豆作導入による1年以上の無水条件および耕耘回数の増加により, 貝の死亡率が増加することにより, 大豆作後の貝密度が低減されたことを示唆している。

しかしながら, 転作中の夏季が多雨条件となった場合, または常に湿潤な土壌で大豆作導入を行った場合では, 十分な乾燥条件とならず, 貝の死亡率が十分に上がらない結果, 転作後の貝密度が要防除密度以下にならない可能性がある。転作中の特に土中湿度条件による貝死亡率への影響に関しては, 今後の課題である。

5. 要 約

スクミリンゴガイに対する登録された有効な薬剤は現在なく、本貝は直播水稻普及に対する大きな阻害要因となっている。しかし、水田転作作物として大豆を導入し長期間水田を乾燥させることにより貝の死亡率を高め、貝密度を直播栽培が可能な要防除密度水準 ($0.5\text{頭}/\text{m}^2$) 以下にできるか検討した。転作作物として前年に大豆作が導入された水田と水稻連作が行われた2地区の水田において、貝密度の調査を6月および8月に行い、密度の比較により大豆作導入による貝密度低減効果を明らかにした。両地区とも、6月の大豆作後の水田では貝の最高密度は $0.5\text{頭}/\text{m}^2$ 以下、水稻連作水田での最低密度はそれ以上であった。この結果より、大豆作導入により貝密度は低減され、直播栽培を行うことが可能になると判断される。また、8月の平均貝密度は水田連作水田では $40/\text{m}^2$ 以上、大豆作後で約 $10\text{頭}/\text{m}^2$ となり、大豆作後の水田の貝個体群は夏季に回復されていたことが示された。越冬成功率を6%と低く見積もっても、2年目での大豆後水田の平均貝密度は要防除水準を上回る $0.6\text{頭}/\text{m}^2$ となると推定され、大豆作後の水田で2期にわたる直播水稻栽培は、2期目に何らかの貝防除を行なう必要が生じる。

6. 引用文献

- 1) Darby, P.C. (2003) Dry season survival in Florida apple snail (*Pomacea paludosa* Say) population. *Malacologia*. **45**: 179-184.
- 2) 市瀬克也 (2001) 水田内の場所間でのサイズと性別によるスクミリンゴガイの分布密度の差とそれに基づく密度推定法. 九州農業研究 **63**: 87.
- 3) 大矢慎吾・平井綱夫・宮原義雄 (1987) 北部九州におけるスクミリンゴガイの越冬. 日本応用動物昆虫学会誌 **31**: 206-212.
- 4) 菖蒲信一郎・御厨初子・山口純一郎・松崎正文・善正二郎・和田節 (2001) 気温データを用いたスクミリンゴガイの水田における越冬死亡率の推定. 日本応用動物昆虫学会誌 **45**: 203-207.
- 5) 杉浦直行・和田節 (1999) 採集地の異なるスクミリンゴガイの耐寒性. 九州病害虫研究会報 **45**: 59-62.
- 6) 鈴木芳人・松村正哉・有村一弘・浦野知・和田節・遊佐陽一・市瀬克也 (2000) 落水管理とメタアルデヒド剤によるスクミリンゴガイの直播水稻の食害防止. 九州病害虫研究会報 **46**: 94-97.
- 7) 高橋仁康・西田初生・関正裕 (2000) スクミリンゴガイの水稻被害とロータリー耕耘による密度低減. 農業技術 **55**: 226-229.
- 8) 和田節・市瀬克也・杉浦直幸・福島祐助 (1999) 湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイによる被害: 播種後3週間落水体系による被害と雑草の発生. 九州病害虫研究会報 **45**: 68-71.
- 9) 和田節・遊佐陽一・市瀬克也・菅野紘男・松村正哉・有村一弘・浦野知 (2001) 殺貝剤施用と落水管理を組み合わせた湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイの食害防止. 九州病害虫研究会報 **47**: 58-64.
- 10) 吉田一弘・和田節・遊佐陽一 (2004) スクミリンゴガイの越冬: 池条件での成長と死亡. 九州農業研究 **66**: 92.

7. 研究課題名: 担当小課題名

大豆導入によるスクミリンゴガイ密度低減機構の解明と耕種的貝防除技術の開発

代かき同時土中点播栽培における肥効調節型肥料の適性と その利用法

西田瑞彦¹⁾・土屋一成

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

省力化を目的とする直播栽培では、施肥作業も極力省略されるべきである。すなわち、1度の施肥作業で1作の施肥を完了するのが望ましい。そのためには肥効調節型肥料の利用が必要となるが、代かき同時土中点播栽培に適する肥効調節型肥料は明らかではない。また、近年湛水直播では、出芽苗立ちを安定させる目的で、播種後に落水管理を行う落水出芽法が広く導入されるようになってきた。播種直後の落水管理は従来にはなかった土壌管理手法である。落水管理によって土壌中の硝酸態窒素濃度が上昇することは報告されているが¹⁾、施肥窒素の動態については不明な点が多く、その収支に関する報告はない。また、肥効調節型肥料は根に直接接触させて施肥することが可能で、それにより肥料の利用率を高めることが期待できる²⁻⁴⁾。点播直播栽培においても、肥効調節型肥料の施肥位置により利用率が異なる可能性があるが、その検討例は無い。以上の背景から、本直播栽培に適した省力的施肥技術を開発する目的で、(1)点播直播に適する溶出タイプの選定、(2)落水管理が施肥窒素の動態に及ぼす影響、(3)肥効調節型肥料の施肥位置が水稻生育・収量に及ぼす影響について検討した。

2. 研究方法

1) 暖地における点播直播に適する肥効調節型肥料の溶出タイプの選定

北部九州における直播水稻栽培期間中の気温条件から、100日タイプが適当であると考えられたため、溶出の異なる100日タイプの肥料を供試して栽培試験を行った。栽培試験は1996～1998年の3ヵ年行っ

た。供試した肥料はチッソ旭肥料(株)製のLP100、LPS100、LPSS100およびLP50とLPSS100の1:2の配合品の4種類である。窒素量は慣行移植栽培と同量の 9 g m^{-2} 、 P_2O_5 と K_2O についてはPK化成を用いて 9 g m^{-2} を基肥として施用した。硫安分施区も設け、1996年は3—3—3—3(各 gN m^{-2})、1997及び1998年は2.25—2.25—2.25—2.25(各 gN m^{-2} 、3葉期—分けつ盛期—穂肥1—穂肥2)を表面施用した。品種はヒノヒカリで、栽植密度は 16.7 株 m^{-2} 、試験規模は1996年は 24 m^2 で1反復、1997および1998年は 30 m^2 で3反復とした。土壌は細粒灰色低地土(九州沖縄農業研究センター圃場)で6月初～中旬に播種、10月中～下旬に収穫を行った。

2) 落水管理が施肥窒素の動態に及ぼす影響

九州沖縄農業研究センター内のガラス室において、細粒灰色低地土をポット(0.02 m^2)に充填し、2000年6月12日に、速効性窒素肥料として硫安、肥効調節型肥料としてLP100、LPSS100(チッソ旭肥料(株)製)のいずれも重窒素標識された肥料を施用し、蒸留水で湛水して代かきを行い、直後に播種した(ポット当たり6粒、出芽後3個体とした)。その後24時間静置した後、傾斜法によって表面水を採取、以後8日間落水状態にし、その後は蒸留水で湛水して管理した。対照区として落水管理をせずに湛水状態のみのポットも設けた。施肥量は窒素として 0.2 g pot^{-1} としたが、LP100及びLPSS100は全量基肥施用とし、硫安は $0.06-0.07-0.07$ の分施とした。硫安の追肥は播種後15日目と37日目に行った。水稻試料のみの採取を播種後16日目、29日目、45日目に3反復で行い、土壌と水稻試料の採取を播種後60日目に3反復で行った。

3) 肥効調節型肥料の施肥位置が水稻の生育・収量に及ぼす影響

LPSS100を供試し、施肥位置を全面全層、すじ状(点播種子に沿ったすじ状)、点状(点播種子と同位置)の3種類として栽培試験を行った。窒素施用量は 7 gN m^{-2} 、 P_2O_5 と K_2O はPK化成を用いて各 7 g m^{-2} を全面全層施用した。栽植密度は22.2株 m^{-2} で1株3粒播きの手播きにより直播した。試験年次は1995~1997年で6月10~12日に播種し、10月16~21日に収穫した。試験圃場は九州沖縄農業研究センター内圃場で、土壌は細粒灰色低地土、品種はヒノヒカリである。

3. 結果および考察

1) 暖地における点播直播に適する肥効調節型肥料の溶出タイプの選定

最高分けつ期までの生育はリニア型のLP100区で旺盛であるが、それ以降の凋落の程度が大きく、有効茎歩合は低かった(第1表)。シグモイド型単独(LPS100, LPSS100)区では初期生育はリニア型よりも劣るが、有効茎歩合は高かった。LPSS100とLP50を配合するとLPSS100単独施用よりも初期生育は旺盛となった。

穂数はリニア型(LP100)とシグモイド型で大きな相違はなかったが、籾数はシグモイド型で多く、

その結果、多収となった(第2表)。LPSS100とLP50を配合すると、LPSS100単独よりも有効茎歩合は低下したが、穂数は多く同等の収量が得られた。玄米窒素含有率、検査等級等の食味、品質面については、溶出タイプによる大きな違いは認められなかった。

分けつ期の窒素含有率はリニア型(LP100)で高かったが、それ以降の低下が大きかった(第3表)。シグモイド型単独(LPS100及びLPSS100)およびLPSS100とLP50の配合では、分けつ期~穂揃い期まで硫安分施と同等以上の窒素含有率を維持した。分けつ期に窒素含有率が低く、幼穂形成期に高いと籾数が多く、多収となった。

以上のことからリニア型単独(LP100)よりもシグモイド型単独(LPS100, LPSS100)及びシグモイド型とリニア型の配合(LPSS100とLP50)の方が収量でまさり、その要因は溶出パターンが示すように生育中~後期の窒素供給力であった。LPS100, LPSS100, LPSS100とLP50の配合品とを比較すると、LPSS100では明らかに初期生育が劣り、穂数は少なかった。しかし、幼穂形成期以降の窒素供給により有効茎歩合が高く、1穂籾数が最多となり、収量は最も高かった。暖地での本直播栽培においては、生育初期の生育が旺盛で、生育中後期に窒素不足とな

第1表 水稻の草丈、茎数の推移および有効茎歩合に及ぼす肥効調節型肥料の影響

肥料の種類	草丈 ^{a)} (cm)		茎数 ^{a)} (本 m^{-2})		有効茎歩合 ^{a)} (%)
	最高分けつ期	幼穂形成期	最高分けつ期	幼穂形成期	
LP100	55.1	84.1	651	496	61.0
LPS100	51.0	83.5	633	527	68.9
LPSS100	48.3	79.8	511	447	77.4
LP50+ LPSS100	53.5	83.3	620	492	67.0
硫安分施	48.3	75.4	515	435	68.1

注) a) 1996~1998年の平均値。

第2表 水稻の収量および収量構成要素に及ぼす肥効調節型肥料の影響

肥料の種類	穂数 ^{a)} (本 m^{-2})	総籾数 ^{a)} ($10^3 \times$ 粒 m^{-2})	登熟歩合 ^{a)} (%)	千粒重 ^{a)} (g)	玄米重 ^{a)} (g m^{-2})	収量指数 ^{a)}	玄米窒素含有率 ^{a)} (%)	検査等級 ^{b)}
LP100	417	30.5	89.5	21.9	598 bc ^{c)}	105	1.20	1等下
LPS100	425	32.7	87.5	21.9	627 ab	110	1.24	1等下
LPSS100	406	34.0	86.4	22.0	647 a	114	1.29	1等下
LP50+ LPSS100	414	33.3	86.8	22.0	636 ab	112	1.26	1等下
硫安分施	352	26.9	91.4	23.1	569 c	100	1.24	1等中

注) a) 1996~1998年の平均値。

b) 1998年産の結果。

c) 同符号間では5%水準で有意差なし(Tukey法)。

第3表 水稻の窒素含有率の推移及び時期別窒素含有率と総籾数、玄米重との相関

肥料の種類	分けつ期 ^{a)} (%)	幼穂形成期 ^{a)} (%)	穂揃期 ^{a)} (%)	成熟期 ^{a)} (%)	
				わら	穂
LP100	3.57	1.59	0.98	0.57	1.05
LPS100	3.40	1.91	1.12	0.69	1.11
LPSS100	3.28	1.87	1.16	0.69	1.15
LP50+ LPSS100	3.43	1.74	1.08	0.62	1.04
硫安分施	3.31	1.47	1.07	0.57	1.07
総籾数との相関係数	-0.511	0.671 ^{*b)}	0.234		
玄米重との相関係数	-0.784 ^{**}	0.487	0.072		

注) a) 1996～1998年の平均値。

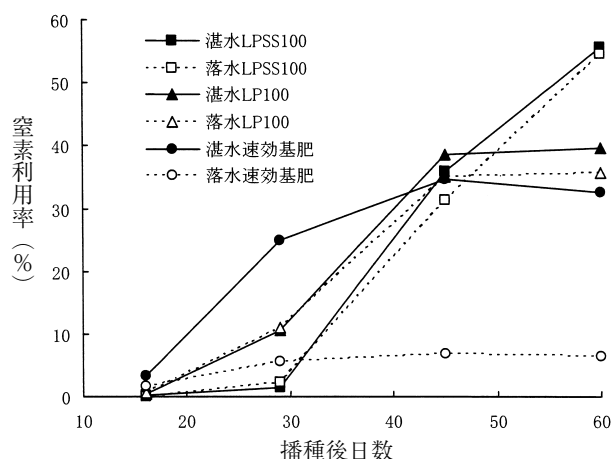
b) *, **符号はそれぞれ5%, 1%水準で相関あり。

りやすい⁵⁾。LPSS100（単独施用）は初期生育を抑え気味にできるうえ、幼穂形成期以降に窒素を供給できるため、本直播栽培によく適合した肥料といえる。落水出芽法により出芽苗立ちを安定させることができるようになったので、本直播に最も適した肥効パターンはLPSS100単独施用に相当するものであると考えられる。しかし、排水不良田等落水出芽法の効果が得られにくい圃場においては、LPS100を単独で用いるか、あるいはLPSS100とリニアタイプまたは速効性肥料を併用して初期生育を確保する必要があると考えられる。ただし、後述するように速効性肥料は落水管理を前提とする直播栽培の基肥には適さない。

2) 落水管理が施肥窒素の動態に及ぼす影響

基肥の窒素は落水管理によって消失する割合が増大し、水稻による利用率は初期から著しく低下した

が、湛水してから施用された追肥の窒素はそれ以前の落水管理の影響は受けなかった（第4表、第1図）。肥効調節型肥料についてはリニア型（LP100）およびシグモイド型（LPSS100）ともにその溶出、



第1図 水稻による基肥窒素の利用率の推移

第4表 施肥窒素の収支（代かき播種後60日目）

肥料の種類	水管理	水稻利用率 (%)	土壌残率 (%)	消失率 (%)			未溶出率 (%)
				合計	表面流去	揮散 ^{a)}	
硫安基肥	湛水	33b ^{b)}	28a	39b		39	
	落水	7c	19bcd	74a	18	56	
硫安追肥1	湛水	39b	24ab	37b		37	
	落水	39b	26a	35b		35	
硫安追肥2	湛水	64a	14e	22c		22	
	落水	63a	17cde	20c		20	
LP100	湛水	39b	19cd	18cd		18	24
	落水	36b	20bc	19cd	1	18	25
LPSS100	湛水	56a	16cde	10d		10	18
	落水	55a	14de	10d	0	10	21

注) a) 揮散=100-水稻利用率-土壌残存率-表面流去-未溶出率。

b) 同一記号は5%水準で有意差なし (Tukey法)。

水稻による利用率、土壌への残存率及び消失率のいずれについても落水管理の影響を受けなかった。窒素吸収量は肥効調節型肥料ではいずれも落水管理の影響を受けなかったが、硫安では落水管理により低下した。

以上のことから、落水管理は基肥として施用した速効性窒素の消失を著しく増大させ、水稻による利用率を低下させる。一方、肥効調節型肥料はリニア型、シグモイド型ともに落水管理の影響は受けないことが明らかとなった。したがって、代かき同時土中点播水稻栽培のように落水管理を前提とした湛水直播においては、基肥として速効性窒素を用いるのは望ましくなく、肥効調節型肥料を用いることが有

効であると考えられた。

3) 肥効調節型肥料の施肥位置が水稻生育・収量に及ぼす影響

すじ状、点状施用において全面全層よりも茎数はやや多く推移したが、草丈、稈長は同等であった(第5表)。穂数はすじ状、点状施用において全面全層施用よりもやや多かったが、玄米収量はいずれの施肥位置でも同等であった(第6表)。窒素吸収量、施肥窒素の利用率も施肥位置にかかわらず同等であった(第7表)。

以上のことから、暖地の湛水土中点播直播栽培においてはLPSS100については全面全層施用、すじ状施用、点状施用のいずれも施肥窒素の利用率、収量

第5表 水稻の茎数と草丈の推移および稈長に及ぼす施肥位置の影響

試験年次	施肥位置	茎数 (本 m ⁻²)		草丈 (cm)		稈長 (cm)
		分けつ期	最高分けつ期	分けつ期	最高分けつ期	
1995年	全面全層	140	380	25.9	44.7	78.5
	すじ状	202	435	27.7	46.9	78.7
	点状	162	424	27.5	46.7	80.4
1996年	全面全層	249	448	32.4	55.5	83.3
	すじ状	251	460	31.3	53.0	80.4
	点状	242	468	31.5	53.6	81.2
1997年	全面全層	153	487	40.8	46.7	74.8
	すじ状	178	527	44.6	47.4	78.3
	点状	171	556	43.4	45.5	76.2
平均	全面全層	181	438	33.0	49.0	78.9
	すじ状	210	474	34.5	49.1	79.1
	点状	192	483	34.1	48.6	79.3

第6表 水稻の収量および収量構成要素に及ぼす施肥位置の影響

試験年次	施肥位置	穂数 (本 m ⁻²)	1穂粒数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米重 (g m ⁻²)	収量指数
1995年	全面全層	387	80.3	87.4	21.6	587	(100)
	すじ状	387	79.8	86.5	21.7	580	99
	点状	408	79.5	83.3	21.6	583	99
1996年	全面全層	383	83.1	86.9	22.6	624	(100)
	すじ状	401	82.3	86.9	22.6	647	104
	点状	395	83.3	87.4	22.6	649	104
1997年	全面全層	399	76.6	85.5	21.6	564	(100)
	すじ状	414	75.8	84.7	21.8	580	103
	点状	426	74.9	83.5	21.3	568	101
平均	全面全層	390	80.0	86.6	21.9	592	(100)
	すじ状	401	79.3	86.0	22.0	602	102
	点状	410	79.2	84.7	21.8	600	101

第7表 水稻の窒素吸収量及び施肥窒素の利用率に及ぼす施肥位置の影響

試験年次	施肥位置	窒素吸収量 (g m ⁻²)	施肥窒素利 用率 (%)
1995年	全面全層	12.0	56
	すじ状	11.3	51
	点状	11.6	53
1996年	全面全層	11.8	51
	すじ状	10.3	57
	点状	11.4	55
1997年	全面全層	10.8	N. D. ^{a)}
	すじ状	11.5	N. D.
	点状	11.9	N. D.
平均	全面全層	11.5	54
	すじ状	11.0	54
	点状	11.6	54

注) a) No data

には変化がなく、施肥位置について特段の配慮（側状施用等）の必要がないことが明らかとなった。

4. 要 約

1) 代かき同時土中点播水稻栽培においては、肥効調節型肥料の利用が有効であり、速効性窒素肥料の基肥施用は適さない。

2) 本試験が行われた北部九州においては、落水管理の効果が得られやすく出芽苗立ちが安定している圃場ではLPSS100単独施用が適し、落水管理の効果が得られにくい圃場ではLPS100の単独施用またはLPSS100とリニア型の併用が適する。

3) LPSS100単独施用では全面全層、すじ状、点状（種子と同位置）のいずれの施肥位置でも効果は変わらないので、窒素供給の観点からは施肥位置について特段の配慮（側状施用等）の必要はない。

5. 引用文献

- 1) 吉永ほか（2000）湛水直播栽培における播種後の落水管理が施肥窒素の動態および水稻の生育・収量に及ぼす影響，日作紀 69：481-486.
- 2) 金田吉弘（1995）肥効調節型肥料による施肥技術の新展開，2. 不耕起移植栽培の育苗箱全量施肥技術，土肥誌 66：176-181.
- 3) Gandiza et al.（1991）Simulation of crop response to polyolefin-coated urea. I. Field dissolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55：1462-1467.
- 4) Shoji et al.（1991）Simulation of crop response to polyolefin-coated urea. II. Nitrogen uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55：1468-1473.
- 5) 吉永ほか（2002）暖地の湛水直播水稻栽培における土中点播水稻の生育特性—後期重点施肥による生育特性の変化と収量性の向上—，日作紀 71：328-334.

6. 研究課題名：担当小課題名

代かき同時土中点播栽培における省力施肥管理技術の開発

暖地細粒灰色低地土の代かき同時土中点播水稲栽培における 地力窒素を考慮した被覆尿素肥料の施用技術

土屋一成・原 嘉隆・草 佳那子

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

著者ら¹⁾は暖地の水稲「ヒノヒカリ」の移植栽培において、収量および食味に関連する玄米窒素含有率を1.3%以下^{2,3)}にするための減肥率を次のように提案した。すなわち、地力の低い有機物無施用の細粒灰色低地土水田土壌の場合、化学肥料慣行投入量(9 kg/10a)を基準としたとき、45日抑制55日溶出のシグモイド型被覆尿素肥料(LPSS100)と速効性窒素肥料を50%ずつ含有する肥料を基肥で用いることにより20%減肥(7 kg/10a)を、さらに、移植後に初期生育抑制がある⁴⁾麦わら0.6t/10a連用土壌でも同じく20%減肥(7 kg/10a程度)を、稲わら1 t/10a連用土壌では45%~20%減肥(5~7 kg/10a程度)を、稲わら堆肥2 t/10a連用土壌では45%減肥(5 kg/10a程度)をそれぞれ達成できるとしている。

さらに、細粒灰色低地土で水稲の代かき同時土中点播栽培における出穂前10日頃の2回目の穂肥(以下、穂肥Ⅱとする)を施用する場合の被覆尿素の減肥率について検討し、1)地力の低い有機物無施用圃場の場合、慣行施肥栽培(窒素9 kg/10a)とほぼ同等の収量を得るためには、LP50+LPSS100(1:2)タイプの被覆尿素肥料を20%減肥の窒素7 kg/10aにできること、2)地力中程度の麦わら連用圃場では20%減肥の窒素7 kg/10aで収量はほとんど変わらないが、玄米窒素含有率が高いため、窒素5 kg/10a程度にする必要があること、3)地力の高い稲わら連用および稲わら堆肥連用圃場では、収量面からは被覆尿素肥料を約50%減肥の窒素5 kg/10a程度にできるが、食味の面からは窒素5~3 kg/10a程度が適していると判断した^{5)~6)}。

一方、大分県農業技術センター化学部⁷⁾でも穂肥Ⅱを施用する場合を細粒黄色土水田で検討してお

り、平坦地における6月上旬播種の水稲「ヒノヒカリ」の代かき同時点播直播・全量基肥栽培においては、速効性窒素肥料と被覆尿素肥料(LPSS100)の配合割合は3:7程度が良く、慣行施肥栽培とほぼ同等の収量を得るためには、地力中庸水田では慣行に比べ1割減肥、高地力水田では2割程度減肥できるとしている。

最近、暖地の水稲「ヒノヒカリ」の施肥基準が見直され、食味を重視する観点から従来行ってきた穂肥Ⅱを省略することが推奨されている⁸⁾。さらに、肥効調節型肥料の1回全量施肥による湛水直播栽培の施肥基準では、移植栽培の基準窒素施肥量を10%減肥する⁸⁾となっている。しかし、暖地細粒灰色低地土水田において、地力窒素の異なる圃場における代かき同時土中点播水稲に対する肥効調節型肥料の減肥率は明らかでない。そこで、本稿では、地力窒素発現量が異なる有機物長期連用水田をモデルとして、速効性窒素を用い穂肥Ⅱを省略した場合の慣行施肥栽培に対する、肥効調節型肥料の1つである被覆尿素を用いたときの適切な減肥率を、収量性・品質面から明らかにするため2001年~2003年の3カ年にわたる栽培試験を実施したので報告する。

2. 研究方法

九州沖縄農業研究センター内(福岡県筑後市)の細粒灰色低地土で小麦跡に水稲「ヒノヒカリ」を栽植密度16.7株/m²(条間30cm×株間20cm)として、代かき同時土中点播直播機で2001年6月13日、2002年6月12日、2003年6月10日にそれぞれ播種し、いずれも10月15日に収穫した。1区面積を30.8m²として、2反復で試験を行った。

慣行区では速効性窒素肥料(48化成)を、被覆尿素区は代かき同時土中点播栽培に適するリニア型溶

出の被覆尿素肥料 LP50 (25℃水中下, 50日で80%溶出) とシグモイド型溶出被覆尿素肥料 LPSS100 (25℃水中下, 45日抑制その後55日で80%溶出) を 1 : 2 に配合したもの⁹⁾ を用いた。リン酸および加里は PK 化成, 追肥は硫酸を用いた。なお, 表面施肥の追肥以外は全量基肥施用した。

対照となる慣行施肥は基肥 (2001年 6 月 12 日, 2002年 6 月 11 日, 2003年 6 月 10 日) + 中間追肥 (2001年 7 月 23 日, 2002年 7 月 22 日, 2003年 7 月 22 日) + 穂肥 (2001年 8 月 8 日, 2002年 8 月 8 日, 2003年 8 月 10 日) の体系である。

試験区は第 1 表に示すように, 地力の異なる 4 圃場にそれぞれ 4 処理区を設定した。すなわち, 1963 年より有機物無施用, 稲わら 1 t / 10a 連用, 稲わら堆肥 2 t / 10a 連用, 1985 年より麦わら 0.6 t / 10a 連用条件の 4 圃場に 1) 無窒素区, 2) 慣行施肥区 (N 7 kg / 10a : 基肥 3 kg / 10a, 中間追肥 2 kg / 10a, 穂肥 2 kg / 10a), 3) 有機物無施用および麦わら連用圃場は LP50 + LPSS100 (1 : 2) を N 7 kg / 10a と約 30% 減肥の N 5 kg / 10a, 4) 稲わら連用および稲わら堆肥連用圃場は地力を勘案し, LP50 + LPSS100 (1 : 2) を N 5 kg / 10a と約 60% 減肥の N 3 kg / 10a に設定した。なお, いずれの処理区も P₂O₅ および K₂O は 9 kg / 10a 施用した。

2002 年 5 月 24 日と 2003 年 5 月 27 日に表層 10cm の作土を採取し, 風乾土の理化学性を分析した。地力窒素の指標として, 培養窒素 (生土を 30℃, 4 週間の湛水培養法) および熱水抽出性窒素 (風乾土をオートクレーブ法¹⁰⁾) で, それぞれ, 測定した。なお, 被覆尿素肥料を病理組織検体用収納袋に 2.5 g ずつ入れ, 深さ 5 cm に埋設し, 経時的に取り出し, 未溶出の窒素を分析し, 被覆尿素肥料の溶出率を計算した。

さらに, 水稻の収量および収量構成要素の調査に

ついては常法によった。

3. 結果

1) 供試土壌の地力窒素の処理区間差

2002 年および 2003 年の水稻作付前土壌の理化学性の平均値を第 2 表にまとめた。有機物の施用により, ミネラル成分が増加する傾向が認められた。地力窒素には有意な処理区間差が認められた (第 2 表)。熱水抽出性窒素の場合, 有機物無施用土壌は 4 mg / 100g 乾土以下, 麦わら連用土壌は 5 mg / 100g 乾土程度, 稲わら連用土壌および稲わら堆肥連用土壌では 6 mg / 100g 乾土程度となった。培養窒素の場合にも有機物無施用区 < 麦わら連用区 < 稲わら連用区 = 稲わら堆肥連用区となったが, 熱水抽出性窒素より年次変動が大きかった。年次変動が大きいため 2000 年 ~ 2003 年の 4 ヶ年の平均でみた無窒素区の水稲窒素吸収量⁶⁾ の場合にも有意な処理区間差が認められた。すなわち, 有機物無施用区は 6 kg / 10a, 麦わら連用区 7 kg / 10a, 稲わら連用区 7.5 kg / 10a, 稲わら堆肥連用区 8.3 kg / 10a であった (第 1 図)。これを福岡県における地力の判定基準⁶⁾ と照らし合わせると有機物無施用区は「地力低」, 麦わら連用区は「地力中」, 稲わら連用区は「地力中 ~ 高」, 稲わら堆肥連用区は「地力高」に相当していた。

2) 被覆尿素肥料の溶出

2001 年 ~ 2003 年の被覆尿素肥料の積算溶出率は安定しており, LP50 は施用後, ほぼ直線的に溶出し, 施用後の深さ 5 cm の積算地温 (筑後気象月表) が 2001 年は 1111℃, 2002 年は 1124℃, 2003 年は 1125℃ となった 7 月 25 日頃の水稲の最高分けつ期には積算溶出率が 80% 程度に達した (第 2 図)。なお, その後は緩やかに溶出し, 収穫期にはほぼ完全に溶出した。一方, LPSS100 は LP50 の溶出が緩やかになる水

第 1 表 試験区の窒素施肥設計

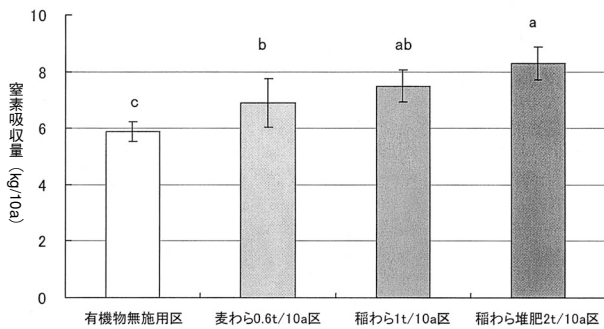
連用有機物	無窒素	慣行施肥	被覆尿素	被覆尿素
有機物無施用区	0kg / 10a	7kg / 10a	7kg / 10a	5kg / 10a
麦わら 0.6t / 10a 区	0kg / 10a	7kg / 10a	7kg / 10a	5kg / 10a
稲わら 1t / 10a 区	0kg / 10a	7kg / 10a	5kg / 10a	3kg / 10a
稲わら堆肥 2t / 10a 区	0kg / 10a	7kg / 10a	5kg / 10a	3kg / 10a

注) 慣行施肥は基肥 3 kg / 10a, 中間追肥 2 kg / 10a, 穂肥 2 kg / 10a, 被覆尿素は LP50 + LPSS100 を 1 : 2 に配合したもの。

第2表 有機物長期連用圃場の土壌理化学性（2002年5月，2003年5月の平均）

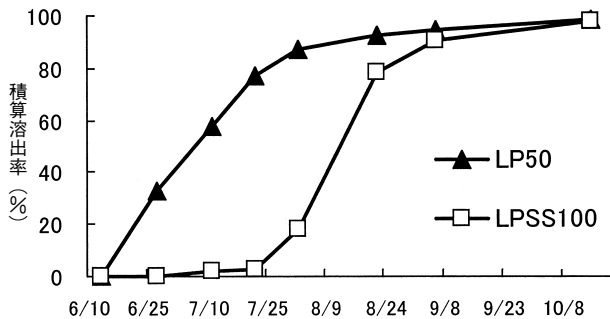
連用有機物	pH	熱水抽出性窒素	培養窒素	有効態 P ₂ O ₅	交換性			CEC
					K ₂ O	MgO	CaO	
					mg / 100g			me / 100g
有機物無施用区	6.0	3.7c	1.7c	22.7	19.1	43.8	316	21.0
麦わら0.6t / 10a区	5.9	5.3b	2.6b	28.9	24.7	41.8	302	21.5
稲わら1t / 10a区	5.9	6.4a	3.5a	23.1	33.0	44.3	313	23.2
稲わら堆肥2t / 10a区	5.8	6.3a	3.6a	21.8	26.0	45.9	344	23.3

注) 同列の異種アルファベットの値はダンカンの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。



第1図 無窒素区の窒素吸収量（2000年～2003年の平均）

注) 図中の垂線は標準誤差 (n = 4) を示し，異種アルファベットの値はダンカンの多重比較検定により5%水準で有意差があることを示す。



第2図 被覆尿素肥料の積算溶出率の推移（2002年）

注) 2001年，2003年についても類似の溶出を示す。

稲の最高分けつ期頃から溶出が始まり，その後8月25日頃（7月26日から8月25日までの積算地温は2001年：944℃，2002年：912℃，2003年：904℃）にかけ直線的に70～80%程度まで溶出し，収穫期には95%程度に達した。ただし，細かく見ると，3年間の中で6月下旬から7月の気温が高かった^{11)～13)}2001年にはLPSS100の溶出がやや早まっていた。いずれにしても，LP50が7月下旬の水稲の最高分けつ期までに基肥および中間追肥の役割を果たし，LPSS100が最高分けつ期以降，ほぼ1ヵ月間の間に

穂肥の役割を果たしていると考えられる。

3) 水稲の収量，収量構成要素および玄米品質
水稲の収量，収量構成要素および玄米品質について，以下に，地力の順に従い2001年～2003年の平均値を中心に調査結果を整理した（第3表～第6表）。

(1) 有機物無施用区

有機物無施用区では2002年～2003年の2ヵ年平均で，尿素7kg区では慣行7kg区に比べ，穂数，総籾数，窒素吸収量はほぼ同じで玄米収量も530kg / 10aで同等であった。また，玄米窒素含有率は慣行7kg区に比べやや高いものの，基準の1.3%以下であった（第4表～第6表）。これに対し，30%減肥の尿素5kg区では穂数，総籾数，窒素吸収量ともにさらに低く，慣行7kg区に対し平均7%（2002年は9%，2003年は4%）減収の495kg / 10aとなったが，玄米窒素含有率は平均1.14%で同等であった（第4表～第6表）。なお，千粒重は尿素7kg区，尿素5kg区では慣行7kg区に比べやや低かったが，検査等級はいずれもやや優れた（第4表～第6表）。

(2) 麦わら連用区

尿素7kg区では慣行7kg区に比べ2001年～2003年の3ヵ年平均で穂数，総籾数，窒素吸収量がやや多く，収量指数102（2001年は98，2002年は104，2003年は105）で同等以上となり，玄米窒素含有率はやや高かったものの1.3%を超えることはなかった（第3表～第6表）。尿素5kg区では慣行7kg区と穂数がほぼ同じで，総籾数，窒素吸収量が少なく，3ヵ年平均で収量は537kg / 10aで5%（2001年は10%，2002年は4%，2003年は2%）の減収となり，玄米窒素含有率は同程度であった（第3表～第6表）。なお，千粒重は尿素7kg区，尿素5kg区とも慣行7kg区よりやや低かった。検査等級は尿素5kg区でやや優る傾向であった（第3表～第6表）。

第3表 代かき同時土中点播水稻の収量, 収量構成要素, 品質および窒素吸収量 (2001年)

有機物施用	窒素施肥法	稈長 cm	穂数 本/m ²	わら重 kg/10a	玄米重 kg/10a	同左 指数	総籾数 *1000/m ²	登熟歩合 %	有効茎歩合 (%)	千粒重 g	玄米 N %	N 吸収量 kg/10a	検査 等級
麦わら 0.6t/10a区	無窒素	70.9	388	789	542	82	27.2	90.8	74.7	21.9	1.08	8.4	5.0
	慣行 7 kg	71.9	442	881	661	100	33.7	89.8	68.3	21.8	1.14	11.9	5.0
	尿素 7 kg	74.5	456	875	649	98	33.2	89.5	88.0	21.8	1.18	11.1	5.0
	尿素 5 kg	74.9	446	809	594	90	30.4	89.4	78.5	21.9	1.14	9.8	4.0
稲わら 1 t/10a区	無窒素	73.2	342	759	481	69	24.3	91.2	66.3	21.7	1.11	7.3	6.0
	慣行 7 kg	78.3	417	1022	699	100	36.0	88.9	60.9	21.8	1.19	13.2	3.0
	尿素 5 kg	78.7	421	973	647	93	33.4	89.3	72.5	21.7	1.18	11.3	3.0
	尿素 3 kg	76.2	415	903	594	85	30.5	89.7	67.8	21.7	1.16	10.6	4.0
稲わら堆肥 2 t/10a区	無窒素	74.5	362	840	507	77	25.8	90.3	68.0	21.8	1.13	8.0	2.0
	慣行 7 kg	78.9	417	1013	660	100	34.4	88.3	68.0	21.7	1.21	12.3	3.0
	尿素 5 kg	79.3	413	975	634	96	32.9	89.8	69.0	21.9	1.17	10.4	4.0
	尿素 3 kg	80.3	414	930	602	91	30.7	90.0	71.1	21.8	1.17	10.3	4.0

注) 1) わら重, 玄米重, 千粒重は水分15%換算, 玄米窒素含有率は乾物換算。

2) 慣行 7 kg は基肥 3 kg, 中間追肥 2 kg, 穂肥 2 kg, 尿素は LP50 : LPSS100 = 1 : 2 を 7 kg, 5kg, 3kg / 10a を施用。

3) 検査等級は 1 (1 等上) ~ 9 (3 等下) で示す。

第4表 代かき同時土中点播水稻の収量, 収量構成要素, 品質および窒素吸収量 (2002年)

有機物施用	窒素施肥法	稈長 cm	穂数 本/m ²	わら重 kg/10a	玄米重 kg/10a	同左 指数	総籾数 *1000/m ²	登熟歩合 %	有効茎歩合 (%)	千粒重 g	玄米 N %	N 吸収量 kg/10a	検査 等級
有機物 無施用区	無窒素	64.9	248	472	398	71	19.1	93.7	63.8	22.2	1.05	5.8	2.5
	慣行 7 kg	72.8	369	673	561	100	27.2	91.8	69.2	22.4	1.12	9.7	3.8
	尿素 7 kg	74.0	366	683	545	97	26.5	92.3	69.6	22.3	1.13	9.1	3.0
	尿素 5 kg	71.3	328	624	511	91	24.7	92.6	62.5	22.3	1.07	7.9	3.3
麦わら 0.6t/10a区	無窒素	66.0	266	490	399	74	19.1	93.5	62.0	22.3	1.03	5.8	4.0
	慣行 7 kg	72.6	350	649	542	100	26.4	91.2	71.2	22.5	1.13	8.5	3.8
	尿素 7 kg	75.0	367	698	565	104	27.8	91.3	82.3	22.3	1.16	9.7	4.5
	尿素 5 kg	70.8	363	597	521	96	24.9	92.8	81.5	22.5	1.09	8.0	3.8
稲わら 1 t/10a区	無窒素	71.7	334	647	474	78	22.7	93.3	59.4	22.4	1.09	7.0	3.0
	慣行 7 kg	76.6	417	778	610	100	30.7	90.0	70.6	22.1	1.20	11.1	5.0
	尿素 5 kg	76.6	401	692	570	93	28.3	91.1	70.7	22.1	1.15	9.5	3.8
	尿素 3 kg	74.7	376	714	553	91	27.4	91.1	71.9	22.1	1.13	9.2	4.0
稲わら堆肥 2 t/10a区	無窒素	71.8	351	624	457	77	22.0	93.1	63.3	22.3	1.10	7.0	3.5
	慣行 7 kg	76.8	392	766	596	100	30.0	89.9	67.3	22.1	1.16	10.4	4.0
	尿素 5 kg	75.6	388	754	576	97	28.6	91.3	75.0	22.1	1.13	9.9	3.0
	尿素 3 kg	74.4	365	700	543	91	26.8	91.9	70.7	22.1	1.12	8.6	2.8

注) 1) わら重, 玄米重, 千粒重は水分15%換算, 玄米窒素含有率は乾物換算。

2) 慣行 7 kg は基肥 3 kg, 中間追肥 2 kg, 穂肥 2 kg, 尿素は LP50 : LPSS100 = 1 : 2 を 7 kg, 5kg, 3kg / 10a を施用。

3) 検査等級は 1 (1 等上) ~ 9 (3 等下) で示す。

第5表 代かき同時土中点播水稲の収量，収量構成要素，品質および窒素吸収量（2003年）

有機物施用	窒素施肥法	稈長 cm	穂数 本/m ²	わら重 kg/10a	玄米重 kg/10a	同左 指数	総粒数 *1000/m ²	登熟歩合 %	有効茎歩合 (%)	千粒重 g	玄米 N %	N 吸収量 kg/10a	検査 等級
有機物 無施用区	無窒素	63.0	260	481	323	65	16.2	95.5	85.9	21.0	1.12	5.6	3.5
	慣行 7 kg	74.1	331	632	500	100	24.5	93.8	86.0	21.7	1.17	9.3	3.0
	尿素 7 kg	74.8	376	657	515	103	26.0	92.9	89.7	21.4	1.22	10.2	2.5
	尿素 5 kg	73.1	337	617	479	96	24.3	92.7	84.0	21.3	1.20	8.8	2.8
麦わら 0.6t/10a 区	無窒素	65.2	277	469	347	69	17.6	94.4	82.2	21.0	1.16	6.0	2.5
	慣行 7 kg	72.2	348	612	505	100	24.7	94.5	86.8	21.6	1.20	9.2	2.8
	尿素 7 kg	77.2	346	657	529	105	27.3	91.2	83.7	21.3	1.29	10.6	2.0
	尿素 5 kg	74.6	356	616	497	98	25.1	93.3	92.3	21.3	1.23	9.0	2.5
稲わら 1 t/10a 区	無窒素	70.7	328	562	385	71	19.5	93.1	77.5	21.1	1.14	6.6	4.0
	慣行 7 kg	80.1	375	726	543	100	28.3	90.0	83.3	21.4	1.29	10.9	2.3
	尿素 5 kg	79.7	360	684	514	95	27.0	90.5	87.1	21.1	1.21	10.2	3.0
	尿素 3 kg	75.5	356	689	512	94	26.0	93.4	88.7	21.1	1.20	9.7	2.8
稲わら堆肥 2 t/10a 区	無窒素	74.3	347	685	465	78	23.1	94.3	85.4	21.5	1.19	8.3	2.5
	慣行 7 kg	80.6	395	808	594	100	30.8	90.2	79.5	21.4	1.29	12.1	2.3
	尿素 5 kg	79.9	388	796	583	98	30.6	89.7	81.8	21.3	1.29	12.5	2.3
	尿素 3 kg	78.8	351	755	545	92	27.6	93.2	72.6	21.2	1.21	10.4	2.5

注) 1) わら重，玄米重，千粒重は水分15%換算，玄米窒素含有率は乾物換算。

2) 慣行 7 kg は基肥 3 kg，中間追肥 2 kg，穂肥 2 kg，尿素は LP50：LPSS100= 1：2 を 7 kg，5kg，3kg/10a を施用。

3) 検査等級は 1（1 等上）～ 9（3 等下）で示す。

第6表 代かき同時土中点播水稲の収量，収量構成要素，品質および窒素吸収量（2001年～2003年の平均）

有機物施用	窒素施肥法	稈長 cm	穂数 本/m ²	わら重 kg/10a	玄米重 kg/10a	同左 指数	総粒数 *1000/m ²	登熟歩合 %	有効茎歩合 (%)	千粒重 g	玄米 N %	N 吸収量 kg/10a	検査 等級
有機物 無施用区	無窒素	64.0	254	477	360	68	17.7	94.6	74.8	21.6	1.09	5.7	3.0
	慣行 7 kg	73.5	350	652	531	100	25.9	92.8	77.6	22.1	1.15	9.5	3.4
	尿素 7 kg	74.4	371	670	530	100	26.3	92.6	79.6	21.8	1.18	9.7	2.8
	尿素 5 kg	72.2	332	621	495	93	24.5	92.6	73.3	21.8	1.14	8.3	3.0
麦わら 0.6t/10a 区	無窒素	67.4	310	583	429	75	21.3	92.9	73.0	21.7	1.09	6.7	3.8
	慣行 7 kg	72.2	380	714	569	100	28.3	91.9	75.4	22.0	1.16	9.8	3.8
	尿素 7 kg	75.6	390	743	581	102	29.4	90.7	84.7	21.8	1.21	10.5	3.8
	尿素 5 kg	73.4	388	674	537	95	26.8	91.8	84.1	21.9	1.15	8.9	3.4
稲わら 1 t/10a 区	無窒素	71.9	335	656	447	72	22.2	92.5	67.7	21.7	1.11	7.0	4.3
	慣行 7 kg	78.3	403	842	617	100	31.7	89.6	71.6	21.8	1.23	11.7	3.4
	尿素 5 kg	78.3	394	783	577	94	29.6	90.3	76.8	21.6	1.18	10.3	3.3
	尿素 3 kg	75.5	382	768	553	90	28.0	91.4	76.1	21.7	1.16	9.8	3.6
稲わら堆肥 2 t/10a 区	無窒素	73.5	353	716	476	77	23.6	92.6	72.2	21.9	1.14	7.8	2.7
	慣行 7 kg	78.8	401	863	617	100	31.7	89.5	71.6	21.7	1.22	11.6	3.1
	尿素 5 kg	78.3	396	842	598	97	30.7	90.2	75.2	21.7	1.19	10.9	3.1
	尿素 3 kg	77.8	377	795	563	91	28.4	91.7	71.5	21.7	1.17	9.8	3.1

注) 1) わら重，玄米重，千粒重は水分15%換算，玄米窒素含有率は乾物換算。

2) 慣行 7 kg は基肥 3 kg，中間追肥 2 kg，穂肥 2 kg，尿素は LP50：LPSS100= 1：2 を 7 kg，5kg，3kg/10a を施用。

3) 検査等級は 1（1 等上）～ 9（3 等下）で示す。

(3) 稲わら連用区

尿素5 kg区では慣行7 kg区に比べ、穂数は同程度であるが、総籾数、窒素吸収量が少なく、3カ年平均で6% (2001年、2002年は7%、2003年は5%) 減収したものの、収量は577kg/10aと高く、玄米窒素含有率は1.18%で低かった (第3表～第6表)。さらに、尿素3 kg区では慣行7 kg区に比べ、穂数、総籾数、窒素吸収量がさらに少なく、10% (2001年は15%、2002年は9%、2003年は6%) 程度減収したが、553kg/10aの収量で玄米窒素濃度は1.16%と低めであった (第3表～第6表)。なお、千粒重は尿素5 kg区で慣行7 kg区に比べわずかに低く、玄米の検査等級は処理間差がなかった (第6表)。

(4) 稲わら堆肥連用区

尿素5 kg区では慣行7 kg区に比べ、穂数はほぼ同等で、総籾数、窒素吸収量がやや少なく、収量も598kg/10aで3% (2001年は4%、2002年は3%、2003年は2%) 減にとどまり、玄米窒素含有率は1.19%でやや低めとなった (第3表～第6表)。また、尿素3 kg区では尿素5 kg区より穂数、総籾数、窒素吸収量が少ないため、収量が563kg/10aで、慣行7 kg区に比べ9% (2001年は9%、2002年は9%、2003年は8%) の減収となったが、玄米窒素含有率は1.17%とやや低めとなった (第3表～第6表)。なお、千粒重、検査等級は尿素5 kg区、尿素3 kg区とも慣行7 kg区と同じであった (第6表)。

4. 考 察

本試験では、慣行施肥栽培に対し5%以内の減収にとどまること、福岡県のヒノヒカリの目標収量 (低地力水田で510kg/10a、中地力水田で530kg/10a、高地力水田で550kg/10a以上)⁶⁾ を下回らないこと、および食味に関連する玄米窒素含有率が1.3%以下^{2,3)} となることの3つの基準から窒素地力に応じた適正減肥量を判断した (第3表～第6表)。

有機物無施用区のように熱水抽出性窒素4 mg/100g以下で地力の低い圃場ではLP50+LPSS100 (1:2) タイプの被覆尿素肥料を使用する場合、穂肥Ⅱを省略している分、窒素5 kg/10aでは減収となり、福岡県の目標収量510kg/10aを達成できず、窒素7 kg/10aで慣行施肥量の7 kg/10aの場

合と同等の収量となるため、減肥はできないと考えられた (第4表～第6表)。

次に、地力が中程度 (熱水抽出性窒素5 mg/100g程度) の麦わら0.6t/10a連用区および地力中～高の稲わら1 t/10a連用区 (熱水抽出性窒素6 mg/100g程度) では、慣行施肥量7 kg/10aの30%減の窒素5 kg/10aでも地力窒素の吸収量が有機物無施用区に比べ多いため、6%程度の減収にとどまり、玄米窒素含有率も1.3%を超えることが無いため、窒素5 kg/10aまでの減肥が可能と考えられた (第3表～第6表)。

さらに、熱水抽出性窒素が6 mg/100g程度で地力の高い稲わら堆肥2 t/10a連用区では、30%減肥の窒素5 kg/10aでは3%程度のわずかな減収にとどまり、玄米窒素含有率も1.3%を超えることが無く、5%以内の減収にとどめるならさらなる減肥も可能と考えられた (第3表～第6表)。

以上のことから、水稻「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播栽培でLP50+LPSS100 (1:2) タイプの被覆尿素肥料を使用する場合、慣行施肥栽培 (窒素7 kg/10a) に対し、窒素地力の低い圃場では、減肥しないで窒素7 kg/10a、地力が中程度の圃場では30%減肥の5 kg/10a程度、高地力圃場では5 kg/10a程度か、さらに減肥できる可能性があり、窒素施用量としては穂肥Ⅱを実施していた場合^{5,6)} と類似の結果が得られた。なお、大分県の場合⁷⁾ は、本試験とやや異なる結果となっているが、本試験では慣行栽培に対し、5%までの減収を許容していることや供試土壌の違いが影響しているものと考えられる。

5. 要 約

暖地細粒灰色低地土水田において、肥効調節型肥料を用いて2回目の穂肥を省略する代かき同時土中点播水稻の減肥率は明らかでない。そこで、有機物長期連用条件下で地力窒素発現量が異なる水田における省力・環境保全的施肥技術を開発することをねらいとして、肥効調節型肥料の1つである被覆尿素の減肥率を、1) 慣行施肥に対し5%以内の減収にとどまること、2) 低地力水田で510kg/10a、中地力水田で530kg/10a、高地力水田では550kg/10aという目標収量を下回らないこと、3) 玄米窒素含

有率が1.3%を超えないことの3つの観点から明らかにした。

年次変動が少ないため熱水抽出性窒素を指標として、地力窒素を類型化した。有機物無施用圃場のように地力の低い土壌（熱水抽出性窒素4 mg/100g以下、以下同様）では慣行施肥と同量の窒素7 kg/10a程度が被覆尿素肥料の施用量に適していた。麦わら連用圃場のように地力が中程度の土壌（5 mg/100g程度）や、稲わら連用圃場あるいは稲わら堆肥連用圃場のように地力が中～高の土壌（6 mg/100g程度）のいずれの場合も被覆尿素肥料の基肥窒素施用量としては30%減肥の5 kg/10a程度が適していると考えられた。ただし、稲わら堆肥連用圃場の場合、5%以内の減収にとどめるならさらなる減肥も可能と考えられた。なお、被覆尿素肥料の減肥栽培により千粒重がやや低下するものの、玄米の検査等級にはほとんど影響がなかった。

6. 引用文献

- 1) 土屋一成・西田瑞彦・脇本賢三・田中福代 (2000) 有機物長期連用水田における移植水稲に対する好適窒素施肥法. 九農研 62:49.
- 2) 角重和浩・山本富三・井上恵子・末信真二 (1993) 水稲品種ヒノヒカリの窒素吸収パターンの解析 第3報 窒素吸収量の違いが玄米中の窒素濃度及び食味に与える影響. 九州農業研究 55:49.
- 3) 田中浩平・角重和浩・山本富三 (1994) ヒノヒカリの窒素栄養診断 第3報 窒素吸収量と玄米窒素濃度・食味との関係. 福岡農総試研報 A-13:9-12.
- 4) 田中福代 (2002) 水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と水稲の生育抑制機構に関する研究. 九州沖縄農研報告 40:33-78.
- 5) 土屋一成・西田瑞彦 (2001) 有機物施用の異なる湛水土中点播水稲の生育・収量に及ぼす肥効調節型肥料の施肥量の影響. 日本作物学会紀事 70 (別2):241-242.
- 6) 土屋一成・西田瑞彦・原嘉隆・草佳那子 (2002) 有機物長期連用水田における肥効調節型肥料を用いた点播直播水稲の施肥. 日土肥講要集 48:119.
- 7) 井水敦・下村真一郎 (2002) 水稲品種「ヒノヒカリ」の代かき同時土中点播直播栽培における全量基肥施肥法. 九州沖縄農業研究成果情報. 16:525-526.
- 8) 福岡県農政部農業技術課 (2003) 福岡県水稲・麦施肥基準 p.11-28.
- 9) 西田瑞彦・土屋一成・田中福代・脇本賢三 (2000) 打ち込み式代かき同時土中点播直播水稲の生育・収量に及ぼす溶出タイプの異なる肥効調節型肥料の影響. 九州農業研究 62:50.
- 10) 北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 (1992) 土壌および作物栄養の診断基準—分析法 (改訂版) —. p80.
- 11) 大場和彦 (2002) 2001年の九州沖縄地域の気象概況. 九州農業研究 64:1-4.
- 12) 大場和彦 (2003) 2002年の九州沖縄地域の気象概況. 九州農業研究 65:1-4.
- 13) 大場和彦 (2004) 2003年の九州沖縄地域の気象概況. 九州農業研究 66:1-4.

7. 研究課題名

代かき同時土中点播栽培における省力施肥管理技術の開発

輪作圃場の小麦生育における前作物（大豆／水稻）と 稲麦藁処理の影響

原 嘉隆・古畑昌巳¹⁾・山下 浩¹⁾・土屋一成・草 佳那子

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

今日、大豆の自給率向上が大きな課題となっている。大豆は窒素固定を行うマメ科に属し、その栽培後は土壌からの窒素供給が多くなる。このため、これまでの水稻と小麦を主とした水田輪作体系に大豆を導入する場合、小麦栽培時の窒素施肥量を慣行よりも減らす必要がある²⁾。そこで、適正な窒素施肥量を把握するため、夏作として水稻の代わりに大豆を栽培し、その後の冬作である小麦の窒素吸収量と土壌の窒素供給量に与える影響を調べた。また、前作物残渣の土壌への鋤込は、水田輪作体系にとって無機養分を土壌に再蓄積する点から重要と考えられるが、作業上邪魔になったり後作の生育を低下させるため、積極的に行われていない。そこで、稲麦藁処理の違いが小麦の生育と土壌の窒素供給量に与える影響についても併せて調べた。

2. 研究方法

福岡県筑後市の隣接する3つの輪作圃場（細粒灰色低地土）において、2001～2003年に前作として水稻または大豆を栽培した後の小麦栽培への前作の影響を調べた。各圃場の作物と作期は第1表に示した。各圃場には稲麦藁処理が異なる区として鋤込区と持出区を設けた。大豆作後は残渣を持ち出すことが実際に想定されないため全て鋤込んだ。前作（大豆／水稻）や稲麦藁処理の影響を明確に把握できるように全期間で無施肥とし、特に記載しない場合はこの無施肥区における試験結果を示した。なお、2002年には施肥区を設け、 11 g m^{-2} （標肥区）または 6 g m^{-2} （減肥区）の窒素を施用し、基肥：追肥1（2月7日）：追肥2（3月5日）＝5：3：3（標

肥）、2.5：2：1.5（減肥）の比とした。なお、小麦は条間と株間をそれぞれ25 cmとして、2001年12月11日と2002年11月29日に 8 g m^{-2} を播種し、それぞれ2002年5月28日と2003年5月28日に収穫した。

各試験区の作土層（約15 cm）から採取（2002年10月30日、2003年10月17日）した土壌を風乾し、無機養分量を分析した。また、2003年の夏作後（大豆作後11月13日、水稻作後10月17日）に採取した土壌を風乾し、最大容水量の60%となるよう土壌水分を調整し、30℃の畑条件で4週間培養後、無機態窒素量を分析した。

大豆作後に圃場に残された大豆の落葉および茎莢の量を福岡県筑後市と夜須町の圃場で調査した。また、2001年に筑後市の圃場で採取したこれらの大豆残渣について、窒素と炭素の含有率を測定した。さらに、 100 g L^{-1} KCl水溶液による抽出液（抽出比1：10）の無機態窒素および硫酸分解で増加する無機態窒素を分析し、これらから残渣の無機態窒素および可溶性有機態窒素の含有率を求めた。また、大豆残渣と併せて比較のために水稻と小麦の藁についても分析した。

3. 結果

各圃場の土壌特性において大きな差異はなかった（第2表）。

大豆栽培後の残渣量を調査した結果、乾物当たり落葉は $110\sim 220\text{ g m}^{-2}$ 、茎莢は $160\sim 260\text{ g m}^{-2}$ であった（第3表）。2001年に圃場1または圃場2の持出区で採取した残渣の窒素含有率は、大豆の落葉が 15 mg g^{-1} 、茎莢が 5.9 mg g^{-1} 、稲藁が 6.8 mg g^{-1} 、麦藁が 6.4 mg g^{-1} であった（第4表）。また、いずれにおいても、可溶性有機態窒素はある程度存在し

第1表 試験区の詳細

圃場 番号	稲麦藁 処理	2001年		2002年		2003年
		夏	冬	夏	冬	夏
1	鋤込 (S)	大豆 7/24-11/22	小麦 12/11-5/28	水稻 6/25-10/10	小麦 11/29-5/28	水稻 6/24-10/10
	持出 (M)					
2	鋤込 (S)	水稻 6/21-10/17	小麦 12/11-5/28	大豆 7/16-11/18	小麦 11/29-5/28	水稻 6/24-10/3
	持出 (M)					
3	鋤込 (S)	水稻 6/21-10/17	小麦 11/7-5/20	水稻 6/11-10/10	小麦 11/7-5/20	大豆 7/17-11/14
	持出 (M)					

注) 図中の矢印は作物地上部残渣の土壌への鋤込 (S) と圃場外への持出 (M) の処理を示す。藁の鋤込量 (風乾) は、2001年水稻が (2) 700, (3) 700 g m⁻², 2001年小麦が (1) 560, (2) 700, (3) 400 g m⁻², 2002年水稻が (1) 830, (3) 840 g m⁻², 2002年小麦が (1) 500, (2) 690, (3) 440 g m⁻²であった。(括弧内は圃場番号)。全ての圃場について2000年の夏作は水稻で冬は休閑であった。品種について、水稻はふくいずみ (ただし、2001年圃場3はヒノヒカリ, 2002年圃場3はどんとこい), 大豆はサチユタカ, 小麦はイワイノダイチを用いた。

第2表 各圃場の土壌特性

	圃場 1	圃場 2	圃場 3
仮比重	0.88 ^a	0.89 ^a	0.89 ^a
pH	6.0 ^a	6.1 ^b	6.0 ^{ab}
リン酸吸収係数	771 ^a	735 ^a	753 ^a
CEC (mol _e g ⁻¹)	208 ^{ab}	197 ^a	223 ^b
全窒素 (mg g ⁻¹)	2.5 ^a	2.0 ^b	2.6 ^a
有効態 P (μg g ⁻¹)	86 ^a	102 ^b	143 ^c
交換性 K (μg g ⁻¹)	147 ^a	165 ^a	203 ^a
交換性 Mg (μg g ⁻¹)	225 ^a	252 ^{ab}	255 ^b
交換性 Ca (mg g ⁻¹)	2.3 ^a	2.6 ^b	2.6 ^b

注) 全て乾物当たりの値。2002/10/30と2003/10/17に採取した土壌から分析した平均値。同じ記号が付く値は圃場間で有意な差 (5%) がないことを示す。

第3表 大豆残渣の量

試験区	畝幅 (m)	採取日	落葉量 (g m ⁻²)		茎莢量 (g m ⁻²)	
			平均	標準誤差	平均	標準誤差
夜須	0.4	2001/11/1	160	3	265	8
			160	14	164	5
筑後 S	0.7	2001/11/1	112	13	234	5
			162	14	233	15
筑後 M	0.8	2002/10/29	223	10	—	—

注) 全て乾物当たりの値。試験区の稲麦藁処理を S (鋤込) および M (持出) で示した。

第4表 残渣の窒素含有率

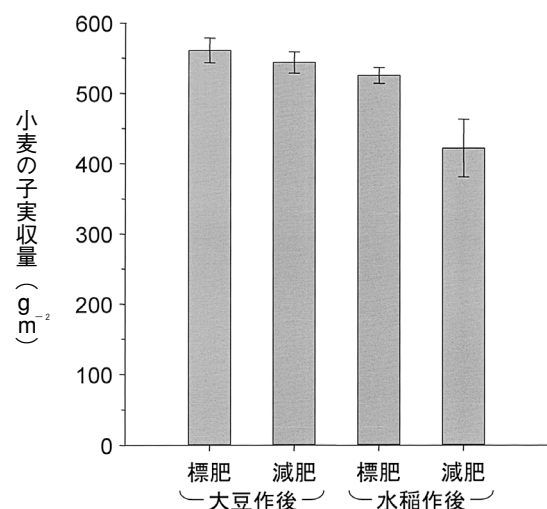
	C/N	窒素含有率 (mg g ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N (mg g ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N (mg g ⁻¹)	可溶性有機態 N* (mg g ⁻¹)
大豆落葉	26	15.0	0.29	0.06	2.5
大豆莖莢	76	5.9	0.18	0.18	2.0
稲藁	58	6.8	0.11	0.01	1.0
麦藁	70	6.4	0.21	0.00	2.2

注) 全て乾物当たりの値。2001年に圃場1または圃場2の持出区で採取した残渣を分析した。可溶性有機態 N* : 100 g L⁻¹ KCl 抽出液の硫酸分解によるアンモニウム態窒素の増加量。

たが、無機態窒素は少なかった。C/N比は大豆落葉<<稲藁<麦藁<大豆茎莖であり、大豆落葉が他と比べて顕著に低かった。

窒素施肥時（標肥区／減肥区）の小麦子実収量を比較すると、大豆作後は減肥区でも顕著に低下しなかったが、水稲作後では減肥区で2割程度有意に低下した（第1図）。

無施肥区における小麦の窒素吸収量は、大豆作後が水稲作後に比べて有意に高かった（第2図）。ま

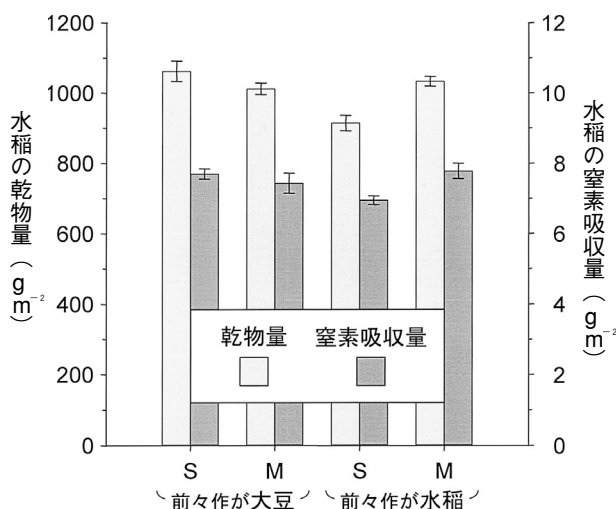


第1図 小麦収量における前作と施肥の影響

注) 標肥の窒素施肥量は11 g m⁻²、減肥は6 g m⁻²。2003年収穫。稲麦藁処理の区別をしなかった。

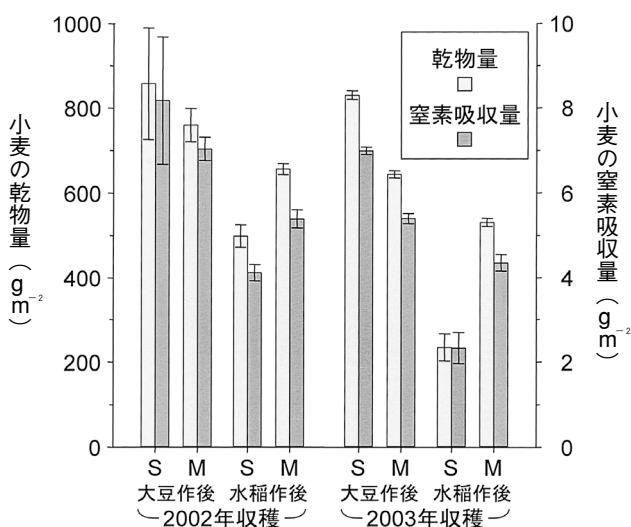
た、大豆作後の窒素吸収量は稲麦藁処理による有意差がなかったが、水稲作後は鋤込区が持出区より平均1.6 g m⁻²有意に低くなった。また、稲麦藁の影響が無い持出区の場合、大豆作後が水稲作後より窒素吸収量が平均1.3 g m⁻²有意に高くなった。

小麦作の後作となる水稲の窒素吸収量は、前々作（大豆／水稲）の違いで有意な差がみられなかった（第3図）。ただし、水稲作後の鋤込区は他より有意に低くなった。



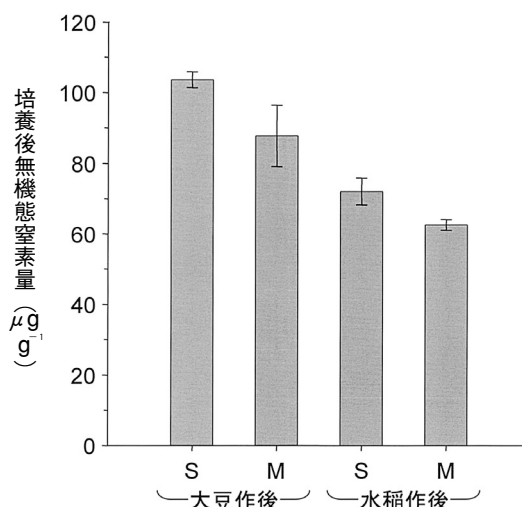
第3図 無施肥区の収穫時水稲生育量

注) 試験区の稲麦藁処理をS(鋤込)およびM(持出)で示した。2002年収穫の結果（大豆作後圃場1，水稲作後圃場3）を示した。



第2図 無施肥区の収穫時小麦生育量

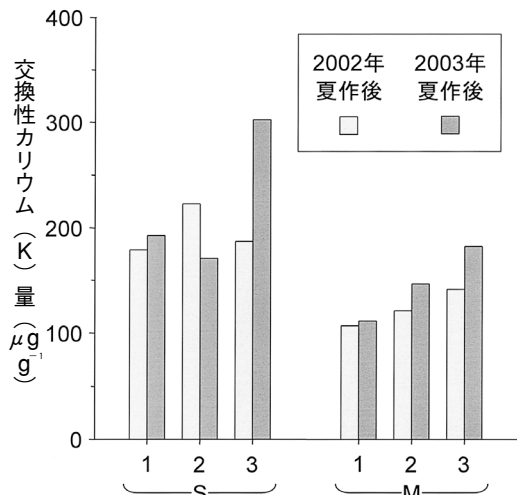
注) 試験区の稲麦藁処理をS(鋤込)およびM(持出)で示した。



第4図 前作と稲麦藁処理が土壌の窒素供給量に及ぼす影響

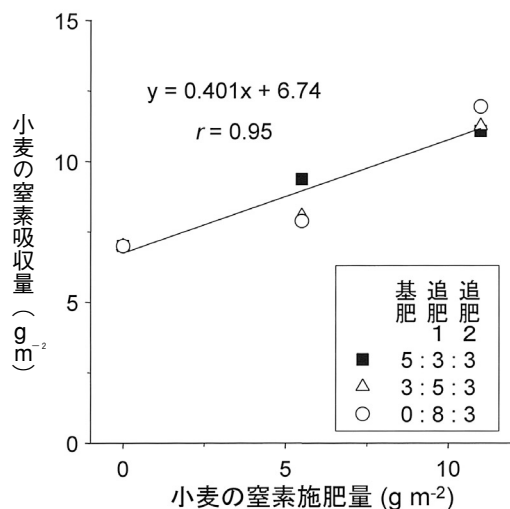
注) 試験区の稲麦藁処理をS(鋤込)およびM(持出)で示した。土壌は2003年夏作後に採取。乾土当たりの値。

4. 考 察



第5図 土壌の交換性カリウムにおける残渣処理の影響

注) 試験区の稲麦藁処理を S (鋤込) および M (持出) で示した。土壌は2002, 2003年の夏作後に採取。乾土当たりの値。数字は圃場番号を表す。



第6図 小麦作における窒素施肥量と窒素吸収量

注) 2002年収穫の試験結果から得られた。同じ記号は基肥：追肥1：追肥2における窒素施肥量の比が同じことを示す。

土壌の窒素供給量に相当する培養後無機態窒素量は、大豆作後が水稲作後より平均で $28 \mu\text{g g}^{-1}$ 有意に高く、鋤込区が持出区より平均で $12 \mu\text{g g}^{-1}$ 有意に高かった (第4図)。

鋤込区は持出区に比べて、交換性カリウム (K) が平均で $74 \mu\text{g g}^{-1}$ 有意に高かった (第5図)。ただし、栽培年での有意差はなかった。

大豆作後の小麦収量は窒素 5 g m^{-2} の減肥でほとんど低下しなかったが、水稲作後は同等の減肥で減少した (第1図)。この結果から、大豆作後は水稲作後に比べて窒素施肥量を 5 g m^{-2} 程度減らせることが示唆された。同様な大豆作後と水稲作後の小麦栽培試験でも、窒素施肥量を 2 g m^{-2} 以上減らせることが報告されている²⁾。

土壌からの窒素供給量は、無施肥区における小麦の窒素吸収量で示されると考えられる。残渣の影響を無視できる持出区の結果によれば、大豆作後は水稲作後よりも窒素吸収量が平均 1.3 g m^{-2} 多かった (第2図)。一連の試験において、窒素施肥量に対する窒素吸収量の割合を示す施肥窒素効率は40%程度であったので (第6図)、大豆作後の窒素施肥量は水稲作後に比べて計算上 3.4 g m^{-2} ($=1.3 \div 40\%$) 減らせることが期待できる。ところが、施肥区では窒素施肥量を 5 g m^{-2} 減らしても子実収量が変わらなかった。この理由として、標肥区の窒素施肥量が元々小麦の必要量以上に多かったか、無施肥区では小麦の生育が小さいために根圏も小さく、窒素吸収量の差が小さくなったという可能性が考えられた。

大豆作後は水稲作後より土壌の窒素供給量に相当する培養後無機態窒素量が平均で $28 \mu\text{g g}^{-1}$ 多かった (第4図)。面積当たりの乾土量を 100 kg m^{-2} とすると、大豆作後は水稲作後より土壌の窒素供給量が 2.8 g m^{-2} 多いと試算され、この値は先程の試算から得られた 3.4 g m^{-2} よりもやや小さいが、土壌の窒素供給量の増加で小麦の窒素吸収量の増加がある程度説明できることが示唆された。

上記の培養後無機態窒素量は残渣を除いて分析しているの、次に前作残渣の影響について考察すると、第3表における残渣量の平均値は大豆落葉 163 g m^{-2} 、茎葉 224 g m^{-2} であるので、第4表の窒素含有率をかけると大豆落葉 2.4 g m^{-2} 、茎葉 1.3 g m^{-2} となり、合計 3.8 g m^{-2} の窒素が圃場に入ると試算された。同様に、鋤込量 (第1表) の平均を用いて水稲作後の稲藁を 750 g m^{-2} とすると、窒素 5.1 g m^{-2} と試算された。この試算によれば、残渣によって圃場に戻される窒素量は、水稲作後が大豆作後より多かったことになる。

しかし、無施肥区における水稲作後の稲藁鋤込で

顕著に小麦の生育が低下した（第2図）。これは、稲藁分解によって土壤中の窒素が有機化され、小麦の生育初期に無機態窒素が不足するためと考えられた。ただし、施肥区では顕著な低下がなく、初期の窒素施肥で緩和されると考えられた。なお、小麦の後作である水稻の窒素吸収量も鋤込区でわずかに低下し、麦藁でも鋤込の影響がみられたが、稲藁と比べて顕著ではなかった（第3図）。

この試験では全ての圃場で大豆作後に大豆残渣を鋤込んでいるが、大豆残渣の鋤込では水稻作後の稲藁の鋤込と比較して顕著な小麦の生育低下は起きなかった（第2図）。これは大豆落葉のC/N比が他の残渣と比較して低く（第4表）窒素の無機化が速いことと前述のように土壤からの窒素供給量が多いためと考えられる。しかし、その大豆落葉でも窒素無機化率で20%程度¹⁾、小麦の窒素吸収量への寄与率で10%程度³⁾と報告されている。大豆落葉について、この窒素無機化率（20%）と窒素量（ 2.4 g m^{-2} ）との積から残渣からの窒素供給量は 0.5 g m^{-2} 程度となる。なお、土壤の窒素供給量 2.8 g m^{-2} にこの値を足すと 3.3 g m^{-2} となり、窒素吸収量からの試算値と近くなる。従って、これらの試算はある程度妥当性があると考えられた。

残渣を除いた土壤のみの培養では顕著な窒素の有機化は起きず、持出区より鋤込区で土壤窒素供給量が多かった（第4図）。鋤込まれた残渣は後作における窒素供給源となり、くいばかりか水稻残渣のように後作の生育を低下させるが、分解後は土壤の窒素供給量を増加させると考えられた。上記で試算したように水稻作後は稲藁として窒素 5.1 g m^{-2} が鋤込まれるが、同様な試算から小麦作後は麦藁 550 g m^{-2} として窒素 3.5 g m^{-2} が鋤込まれると試算される。従って、稲麦藁の鋤込を継続した圃場ではこれらの稲麦藁由来の窒素が徐々に無機化されるため、土壤からの窒素供給量が増加したと考えられる。3年3作の稲麦藁処理の違いによる土壤からの窒素供給量の差は平均 $12 \mu\text{g g}^{-1}$ であり（第4図）、この差は面積当たりの乾土量を 100 kg m^{-2} として試算すると、 1 g m^{-2} 程度の窒素施肥量に相当し、窒素施肥量を 1 g m^{-2} 程度減らすことが可能であることを

示唆していた。また、交換性カリウム（K）も鋤込で平均 $74 \mu\text{g g}^{-1}$ 高く（第5図）、上記と同様の試算から 0.7 g m^{-2} 程度に相当すると考えられた。このことは、稲麦藁を長期に鋤込むことによってカリウム施肥量も減らせる可能性を示していた。

5. 要約

稲麦藁処理を変えて3年5作の輪作（大豆／水稻－小麦）を行い、小麦作における夏作（大豆／水稻）と稲麦藁処理（鋤込／持出）の影響を調べた。大豆作後の小麦収量は窒素施肥を 5 g m^{-2} 減らしても低下しなかったが、水稻作後は2割程度低下した。そこで、それぞれの無施肥区において小麦の窒素吸収量を比較したところ、大豆作後は水稻作後より 3.4 g m^{-2} 程度窒素が多く供給されると試算された。また、稲麦藁を鋤込むと無施肥では後作小麦の生育が低下したが、土壤からの窒素とカリウムの供給量がいずれも 1 g m^{-2} 程度増えるため、長期的な稲麦藁鋤込によってこれらの施肥量を減らせると考えられた。

6. 引用文献

- 1) 小笠原国雄・山本 毅（1966）畑土壤における窒素の消長に関する研究 第1報 厨川火山灰土壤における畑作残存物の無機化と温度との関係. 東北農業試験場研究速報 6：17-23.
- 2) 大賀康之・平野幸二（1989）大豆後作小麦の栽培法. 福岡県農業総合試験場研究報告 A（作物）9：63-66.
- 3) STEVENSON, F.C., WALLEY, F.L. and VAN KESSEL, C.（1998）Direct vs. indirect nitrogen-15 approaches to estimate nitrogen contributions from crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62：1327-1334.

7. 研究課題名：担当小課題名

代かき同時土中点播栽培における省力施肥管理技術の開発

水稻湛水直播栽培における主要雑草の発生に及ぼす 播種後落水管理の影響

川名義明¹⁾・住吉 正・児嶋 清¹⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

暖地の水稻湛水直播栽培では、水稻の出芽・苗立ちの安定に加えて、スクミリンゴガイによる食害を回避するため、播種直後から落水管理や潤土管理が行われる。落水や潤土条件下では雑草が多発する事例^{3,4,6)}が報告されており、そのことが暖地の水稻湛水直播栽培の雑草防除をより困難なものとしている。そこで、水稻湛水直播栽培における効果的な雑草防除法確立のための基礎資料を得るため、播種後の水管理条件が雑草の発生に及ぼす影響を調査した。

2. 研究方法

1) 主要水田雑草の発生に及ぼす落水の影響

1995年6月9日、福岡県筑後市内の農家圃場に代かき同時土中点播機で酸素発生剤被覆種子(品種: ヒノヒカリ)を播種した。播種後3日間は湛水とし、その後9日間、18日間および28日間の各落水期間を設けた。また、対照として常時湛水する区を設けた。各区3.6m²とし反復は設けなかった。落水区では降雨によって滞水しないように排水溝を設け、落水期間終了時には、いずれも幅1cm程度のひびが入っている状態であった。雑草は自然発生とし、各試験区内に50cm×50cmの枠を2反復で設け、約5日おきに雑草を抜き取って草種別の発生本数を調査した。

2) 田畑共通雑草の発生消長に及ぼす水管理条件の影響

試験は九州農業試験場水田利用部(福岡県筑後市)で行った。1997年1月に、戸外に設置した50cm角コンクリートポットに、約150℃で2時間以上乾熱処理をして雑草種子を死滅させた水田土壌(灰色低地土)を充填し、試験前年秋に筑後市内で

採集したアゼガヤ、クサネム、タカサブロウおよびアメリカセンダングサの種子各1,000粒を表層約10cmに混入した。同年6月2日に耕起、代かきおよび水稻播種を行い、落水区として10日間および20日間の落水期間を設定した。また、対照として常時湛水区を、比較として耕起のみを行い水稻を播種した乾田直播区を設け、それぞれ2ポットずつ準備した。ポットは、落水期間および乾田期間中も土壌表面が白く乾燥しない程度に適宜灌水し、5日おきに各ポット内の雑草を全て抜き取って発生本数を調査した。なお、乾田直播区では、水稻播種後20日目から湛水した。

3. 結果

1) 主要水田雑草の発生に及ぼす落水の影響

供試圃場では、ヒメタイヌビエ、タマガヤツリ、アゼナ、キカシグサ、コナギおよびホソバヒメミソハギの発生が認められた。各草種とも落水区では、落水期間中および再湛水後にも発生が認められた。ヒメタイヌビエ、アゼナおよびキカシグサでは常時湛水区よりも落水区で発生本数が多く、ヒメタイヌビエおよびアゼナでは9日間の落水よりも18日間以上の落水で、キカシグサでは9日間および18日間の落水よりも28日間の落水で発生本数が多かった。これらの結果には落水期間中における発生本数の多少が影響した。一方、タマガヤツリ、コナギおよびホソバヒメミソハギの発生本数に対する落水処理の影響は判然としなかった(第1表)。

雑草の発生期間は常時湛水区よりも落水区で長くなる傾向が認められ、ヒメタイヌビエにおける累積出芽率の推移は、落水条件で緩やかになった(第1図)。各草種とも、水稻播種日から累積出芽率が

第1表 雑草の発生本数と発消長に及ぼす落水期間の影響

草種	水管理	発生本数 (本/m ²)			90%発生日 (播種後日数)
		落水期間	湛水後	合計	
ヒメタイヌビエ	常時湛水	—	64±6	64±6	15
	9日間落水	64±34	62±3	126±31	20
	18日間落水	256±17	60±11	316±6	25
	28日間落水	228±17	18±9	246±9	31
タマガヤツリ	常時湛水	—	32±11	32±11	20
	9日間落水	22±3	26±9	48±6	31
	18日間落水	36±6	18±3	54±3	35
	28日間落水	34±9	12±6	46±14	41
アゼナ	常時湛水	—	70±9	70±9	25
	9日間落水	44±11	70±3	114±9	31
	18日間落水	106±26	50±9	156±17	41
	28日間落水	130±14	30±3	160±17	41
キカシグサ	常時湛水	—	64±9	64±9	25
	9日間落水	34±3	64±11	98±9	35
	18日間落水	46±9	48±0	94±9	41
	28日間落水	114±9	44±11	158±3	41
コナギ	常時湛水	—	40±0	40±0	20
	9日間落水	16±0	20±6	36±6	20
	18日間落水	32±6	10±3	42±3	25
	28日間落水	40±0	10±3	50±3	35
ホソバヒメミソハギ	常時湛水	—	24±6	24±6	20
	9日間落水	6±3	14±9	20±6	31
	18日間落水	28±11	20±0	48±11	41
	28日間落水	22±3	8±0	30±3	41

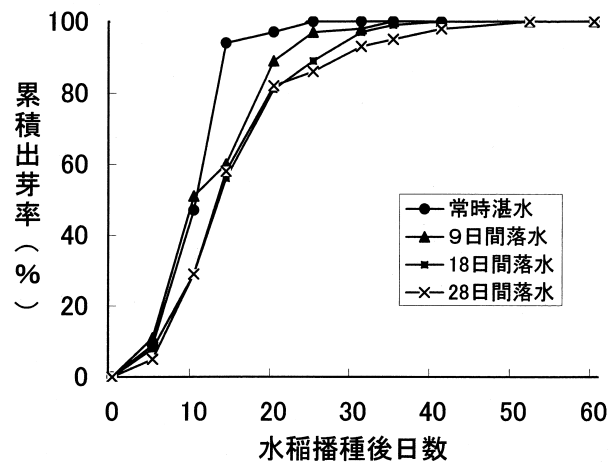
注) a) 1995年6月9日に、水稻を代かき同時播種した(圃場試験)。
 b) 落水処理は水稻播種後3日目から行った。
 c) 落水期間の発生本数は、9日間落水は水稻播種後10日目までの本数、以下同様に、18日間は20日目まで、28日間は31日目までの本数とした。平均±標準偏差で示した。

90%に達するまでの期間は、落水期間の延長に伴って長くなった(第1表)。

2) 田畑共通雑草の発消長に及ぼす水管理条件の影響

常時湛水区における発生は、アゼガヤでは認められず、クサネム、タカサブロウおよびアメリカセンダングサでは水面に浮遊した種子の発芽が認められた。この内、アメリカセンダングサの発芽は極わずかであった。一方、乾田直播区では、各草種とも水稻播種後から発生が認められ、湛水開始前の20日目まで発生が続いた(第2表)。

落水区では、各草種とも落水期間内だけに発生が認められた。いずれも落水後5日目までの発生が最も多く、初期に集中する傾向がみられた。クサネム、タカサブロウおよびアメリカセンダングサでは大半



第1図 ヒメタイヌビエの発消長に及ぼす落水期間の影響

注) 試験条件は第1表と同じ

第2表 田畑共通雑草の発生数（本/ポット）の推移

草種	落水期間 (日)	耕耘・代かき後日数								合計
		0-5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50(日)		
アゼガヤ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0±0
	10	41	17	0	0	0	0	0	0	58±10
	20	54	22	26	15	0	0	0	0	117±25
	乾直*	10	29	23	10	0	0	0	0	72±1
クサネム	0	55 (55)	0	0	0	0	0	0	0	55±18
	10	35	14	0	0	0	0	0	0	49±8
	20	42	16	2	1	0	0	0	0	61±3
	乾直*	12	21	10	5	0	0	0	0	48±3
タカサブロウ	0	74 (74)	0	0	0	0	0	0	0	74±7
	10	104	55	0	0	0	0	0	0	159±34
	20	110	50	4	1	0	0	0	0	165±24
	乾直*	10	25	18	8	0	0	0	0	61±10
アメリカセンダングサ	0	7 (7)	0	0	0	0	0	0	0	7±3
	10	63	16	0	0	0	0	0	0	79±39
	20	75	24	4	3	0	0	0	0	106±25
	乾直*	4	31	12	6	0	0	0	0	53±6

注) a) 試験は1997年に50cm角コンクリートポットで行った。1997年1月に各草種の種子約1000粒を土壌に混入し、6月2日に耕耘・代かき・水稲播種を行った。落水は播種直後に行った。
 b) () 内は水面に浮遊していた本数。合計は平均±標準偏差。
 c) *乾直は、乾田直播栽培における発生本数（水稲播種後20日目から湛水した）。
 d) 網掛け部分は落水または乾田期間を示す。

が播種後10日目までに発生したが、アゼガヤの20日間落水区では、播種後20日目まで発生が多かった。

全調査期間の発生本数についてみると、各草種とも20日間落水した区が最も多かった。タカサブロウおよびアメリカセンダングサでは、10日間落水した区の発生本数も同様に多かったが、アゼガヤおよびクサネムでは10日間落水した区と乾田直播区の発生本数はほぼ同等であった。

4. 考 察

一般に、水稲直播栽培では移植栽培に比べて雑草発生量が多く、雑草防除が困難であると言われる。また、九州地域における水稲湛水直播栽培では、水稲播種時期の高温や麦ワラ散布の影響等に対して出芽率向上のために芽干しが行われる^{1,8)}が、芽干しによって雑草の発生が多くなるという報告^{3,6)}もある。加えて近年では、沿岸地域を中心として問題となっているスクミリンゴガイによる食害回避のために、比較的長期間の落水管理や潤土管理が必要²⁾とされている。本研究は、そのような水管理条件下

における雑草発生の特徴を明らかにし、防除上の問題点を明確にすることを目的として行った。

まず、雑草の草種についてみると、本研究の圃場試験で発生が認められた草種は、移植栽培で認められる草種と同様であったことから、移植栽培から湛水直播栽培への切り替え初期の段階では、草種について際立った変化はないものと考えられる。しかしながら、ポット試験で明らかとなったように、常時湛水条件では発生しなかったアゼガヤが落水条件で発生するなど、初期に落水管理をする湛水直播栽培を継続した場合には、通常の移植栽培では発生しない、あるいは発生が少ない草種の増加に繋がる可能性があるものと推察される。特に、本研究で取り上げたクサネム、タカサブロウおよびアメリカセンダングサは、何れも水田および畑地双方に発生する田畑共通雑草であり、これらの草種の発生本数が落水条件で最も多かったという結果は、湛水直播栽培の継続においては、通常の水田雑草種に加えて、これら田畑共通雑草の動態に対して十分な注意を払う必要があることを示している。

次に、全体の雑草発生量および発生消長に関して、

落水条件では常時湛水条件よりも発生期間が長くなり、一部の草種では発生本数が多くなった。また、田畑共通雑草の発生は落水後の初期に集中した。これらのことは、初期に落水管理をする湛水直播栽培における雑草防除が、移植栽培や落水管理をしない湛水直播栽培に比べてより困難であることを端的に示している。また、圃場試験では全ての草種で落水期間中と再湛水後に発生が認められた。現在の直播水稲用の一発処理型除草剤の適用晩限であるノビエ3葉期には、九州地域では代かき後概ね2週間程度で達すると推察される⁷⁾が、初期の落水が比較的長期間に渡る場合には、落水期間中の雑草防除と、再湛水後の雑草防除とが不可欠であることを示している。

水稲直播栽培における雑草防除の困難性は、移植栽培によって得られるイネの雑草に対する生育の優位性が失われることに起因するとされている⁵⁾。また、除草剤等の雑草防除手段の制約もその一因であろう。本研究で得られた知見は、それら直播栽培における根本的な問題に加えて、湛水直播栽培の水管理条件によって雑草問題がさらに複雑化することを示している。省力・低コスト技術である水稲湛水直播栽培を定着させるためには、これらの問題を解決し、的確な雑草防除体系の確立が望まれる。

5. 要 約

暖地水稲湛水直播栽培において出芽・苗立ちの安定およびスクミリングガイによる食害回避のために実施される播種後の落水管理によって、一部の草種では発生本数が増える傾向が認められ、落水期間の延長によって雑草の発生期間が長くなった。田畑共通雑草のクサネム、タカサブロウおよびアメリカセンダングサの発生は落水条件で多く、落水後の初期に集中した。

6. 引用文献

- 1) 土居健一・大隈光善・真鍋尚義 (1986) 湛水土壌中直播栽培における2, 3の問題点. 第3報 土壌の還元化程度と出芽率. 九州農業研究 48: 32.
- 2) 福島裕助・藤吉臨・石丸知道 (1998) 水稲湛水直播栽培における初期水管理がスクミリングガイの被害軽減に及ぼす影響. 九州農業研究 60: 13.
- 3) 鍛冶原俊夫・泉恵市・加賀山文雄・清田洋次・横山威・郡司掛則昭 (1989) 麦跡湛水直播栽培技術体系の確立. 熊本農試研報 15: 1-30.
- 4) 三原実 (2000) 麦播種機を利用した水稲の簡易代かき同時湛水直播栽培. 植調 34: 53-59.
- 5) 森田弘彦 (1995) 水稲直播栽培における雑草防除の現状と問題点. 植物防疫 49: 225-231.
- 6) 柴田義弘・原田皓二・大隈光善 (1988) 砂壤土水田における水稲湛水土壌中直播栽培の施肥法と初期水管理. 福岡農総試研報 A-7: 15-18.
- 7) 住吉正・児嶋清・川名義明 (2005) 暖地の水稲湛水直播栽培における播種後の落水管理による雑草発生相の変動と効率的防除法. 九州沖縄農研研究資料 91: 87-96.
- 8) 手塚隆久・伊藤延男・上原泰樹 (1986) 湛水土中直播栽培における芽干しの効果. 九州農業研究 48: 33.

7. 研究課題名

代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発

水稲湛水直播栽培の長期落水管理に対応した 低コスト雑草制御技術の検討

児嶋 清¹⁾・住吉 正・小荒井晃・大段秀記

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

暖地における水稲湛水直播栽培では、スクミリンゴガイによる食害回避¹⁾や水利慣行の制約などから、水稲播種直後から比較的長期間にわたって落水管理が行われることがあるが、その場合、現行では除草剤の使用回数が通常よりも1～2回多くなり^{2,4)}、直播栽培のメリットであるコスト低減に繋がっていない。そこで、長期の落水管理に対応した低コストで簡便な雑草防除技術を確立するため、水稲播種直後に乳剤等を原液処理する雑草防除法を検討した。

2. 研究方法

試験は九州沖縄農業研究センター水田作研究部(2001年度までは九州農業試験場水田利用部、福岡県筑後市)で行い、①圃場を畦畔板で細かく仕切っ

た精密圃場試験、②1/5,000aポット試験、③実規模的試験により実施した。水稲はすべて品種「ヒノヒカリ」を用い、酸素発生剤を被覆した。供試した除草剤の概要を第1表に示した。

1) 各種初期除草剤の水稲播種直後処理における適用性の検討

精密圃場試験により実施した。試験は1999年および2000年に行い、1999年は5月19日および6月10日、2000年は6月15日に播種を行った。

[1999年5月19日播種試験] 代かき同時土中点播機で水稲種子を条間30cm、株間20cmで乾籾約3kg/10a相当を播種深度約1cmで播種した。播種直後に水深約3cmに湛水し、第2表に示す除草剤を処理した。その後自然落水し、表面水は約3日で消失した。無処理区の水稲とノビエ、除草剤処理区のノビエの葉齢を経時的に調査し、水稲播種後27～28日目に雑草量を、29日目に水稲の生育量を調査した。

第1表 供試除草剤の種類

除草剤名	有効成分 (%)	処理量
AGH-925-1 kg 粒剤*	ブタミホス+シハロホップブチル+ピラゾスルフロンエチル：9+1.8+0.3	100g / a
B-3015P 乳剤*	プロメトリン+ベンチオカーブ：5+50	80ml / a
CDS-914 (L) フロアブル*	カフェンストロール+ダイムロン+ペンシルフロンメチル：5.5+10+1	50ml / a
CG-113乳剤	プレチラクロール：12	50ml / a
DEH・BAS 液剤 ME*	シハロホップブチル+ベンタゾン：3+20	100ml / a
KPP-314フロアブル	ペントキサゾン：2.9	50ml / a
RPC-208乳剤	ビフェノックス+プレチラクロール：20+8	50ml / a
SW-751粒剤*	ピラゾレート：10	300g / a
TCG-128乳剤	ピリブチカルブ+プレチラクロール：12+8	50ml / a
ブタクロール乳剤*	ブタクロール：32	50ml / a
プロメトリン・SAP 乳剤*	プロメトリン+SAP：5+50	50ml / a

注) *印は直播栽培に登録のある除草剤。

九州沖縄農業研究センター水田作研究部雑草制御研究室：〒833-0041 福岡県筑後市大字和泉496

1) 現、中央農業総合研究センター

試験は1区面積6 m²(3 m×2 m), 2反復で行った。

[1999年6月10日播種試験] 前記と同様に水稻を播種し, 播種直後に水深約3 cmに湛水し, 第4表に示す除草剤を体系処理した。1回目の除草剤処理後に自然落水した。2回目以降の除草剤処理はAGH-925-1 kg粒剤は湛水処理(処理前日より入水), DEH・BAS液剤は落水処理とした。水稻播種後41日目に雑草量および水稻の生育量を調査し, 水稻収穫期に各区60株を刈り取って収量調査した。試験は1区面積30m²(6 m×5 m), 3反復で行った。

[2000年6月15日播種試験] 前記と同様に水稻を播種し, 播種直後に水深約1~2 cmに湛水し, 播種当日に第7表に示す除草剤を所定の薬量で原液滴下処理した。播種2日後に60mmの降雨があったため, その翌日に田面水を表面排水した。その後は土壤が白乾しない程度に適宜通水した。播種後28日目に水稻の生育量を調査した。試験は1区面積2 m×3.5m, 3反復で行った。

2) 水稻の薬害に及ぼす播種深度および湛水の影響

1/5,000 aポット試験により実施した。

[播種深度と湛水時間の影響] 風乾した水田土壤(沖積軽植土)約3 kgを充填したポットに, 2000年6月29日, N, P₂O₅, K₂Oを各1.4kg/a相当を加えて湛水し, 表層約8 cmを代かきした。翌日, 水稻種子をポット当たり20粒播種した後, 覆土深がおおよそ5, 10, 20mmとなるように代かき土壤100, 200, 400mlで覆土した。覆土後浅く湛水し, TCG-128乳剤を原液滴下処理した。薬剤処理の6, 12, 24および48時間(無処理区は12時間のみ)後にポットの下穴から排水して, 落水を行った。落水後は土壤が白乾しない程度に土壤表面から水分を補給した。播種後17日目に水稻を抜き取り, 苗立ち率, 1号分けつ出現割合および白化茎長を調査した。各区3反復とした。

[播種深度と湛水時期の影響] 風乾した水田土壤(沖積軽植土)約3 kgを充填したポットを, 2001年6月6日, 湛水・代かきして, 水稻種子をポット当たり36粒播種した。その後, 覆土深がおおよそ0, 5, 10mmとなるように代かき土壤0, 100, 200mlで覆土した。極浅水状態で, TCG-

128乳剤およびB-3015P乳剤を原液滴下処理した。薬剤処理の24時間後にポットの下穴から排水して, 落水を行った。①水稻の出芽始期(播種後3日目)および②出芽揃期(播種後4日目)に再度24時間湛水する処理を設けた。播種後7日目に水稻の出芽率を調査した。

3) 播種同時処理の検討

[ポット試験] 1/5,000 aポット試験により実施した。予めヒメタイヌビエの種子約50粒を混入した水田土壤を詰めたポットを, 2002年6月14日に代かきした。試験区として①原液処理区, ②混和处理区および③無処理区を設けた。原液処理区ではその後, 播種深度1 cmで水稻種子をポット当たり5粒宛播種し, 極浅水状態としてTCG-128乳剤およびB-3015P乳剤を原液滴下処理した。混和处理区では, 代かき直後に同除草剤を原液滴下処理して再度代かきを行った後水稻種子を同様播種した。無処理区では, 湛水状態で水稻種子を同様播種した。試験は屋外で行い, 各処理終了後にポットの下穴から排水して落水を行った。その後は過乾燥にならないように適宜灌水した。播種後21日目に水稻の出芽数と生育量(草丈, 葉齢, 乾物重), および雑草量を調査した。各5反復とした。

[圃場試験] 実規模的試験により反復を設けず実施した。2002年6月18日に代かき同時土中点播機を用いて, 水稻種子を播種すると同時に, 播種機の直後でTCG-128乳剤およびB-3015P乳剤を原液処理した。また, 対照としてSW-751粒剤を湛水処理した区および無処理区を設けた。それぞれの区は約3 m×10mの面積約30m²とした。その後自然落水し, 播種後21日目に入水した。播種後23日目に水稻の苗立本数および生育量, 雑草の生育ステージ, 発生本数および乾物重を調査した。

3. 結果

1) 各種初期除草剤の水稻播種直後処理における適用性の検討

[1999年5月19日播種試験] 供試した各種初期除草剤処理後に残存した雑草量は, 雑草発生本数で無処理区の8~20%, 風乾重で無処理区の6~42%となり, 除草剤の種類によって除草効果変動した。同時に供試した一発処理型除草剤(CDS-914(L))

フロアブル剤)においても、雑草風乾重が無処理区の4%となり、播種後の落水管理による除草効果の低下が認められた。各種乳剤の除草効果は一発処理型除草剤に比較して劣っていたが、CG-113乳剤、TCG-128乳剤およびRPC-208乳剤は雑草発生本数と風乾重において無処理区比10%以下であった(第2表)。

これら除草剤による水稲への影響は、いくつかの供試剤で認められ、出芽数および葉齢に対してよりも生育量(風乾重)に対して抑制が大きい傾向であった(第3表)。

これらの乳剤処理によってノビエの生育は無処理区に比べて約1週間遅れた。一発処理型除草剤の処理晩限であるノビエ3葉期には、イネの生育は4葉に達していた(第1図)。

[1999年6月10日播種試験] 体系処理による試験

は、雑草発生密度が極めて高い圃場における試験となったが、播種直後のTCG-128乳剤またはブタクロール乳剤の処理によって、初期雑草の発生が抑制された。その結果、播種後16~18日目にAGH-925-1kg粒剤の処理晩限(ノビエ3葉期)となった。いずれも体系処理によって、雑草量は極めて少なくなった(第4表)。TCG-128乳剤およびブタクロール乳剤による水稲への初期の薬害はほとんど認められず(第5表)、体系処理区における水稲収量は完全除草区と差がなかった(第6表)。

[2000年6月15日播種試験] 2000年に実施した試験では、水稲の白化茎長が4mm前後と全体的に播種深度が浅かった(第7表)。また、播種後2日目の降雨で滞水したため表面排水を行ったが、排水不良となった。その結果、除草剤処理区で水稲の出芽が不良となり、播種深度が特に浅い試験区にあつ

第2表 各種初期除草剤の播種直後処理による除草効果

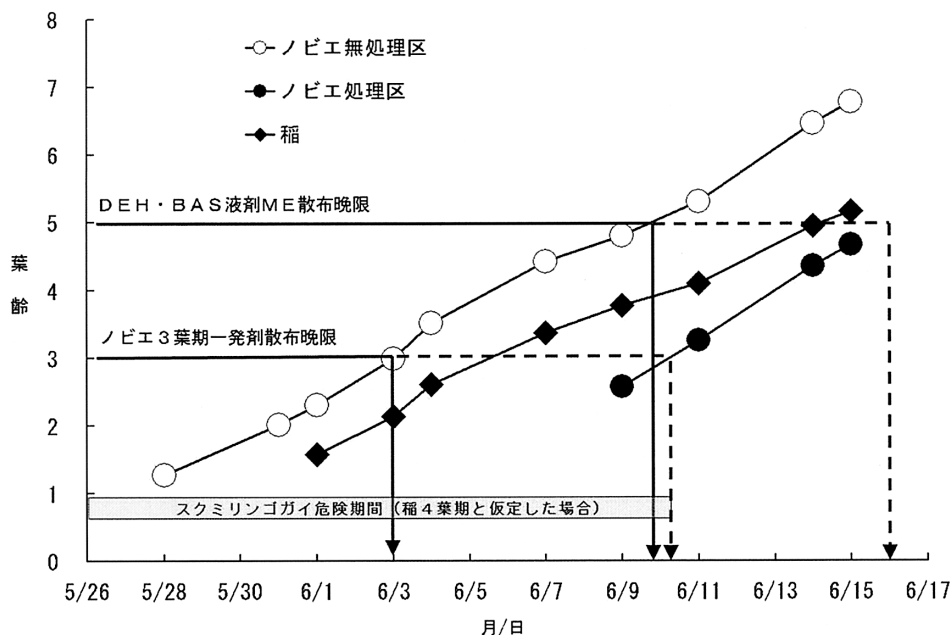
除草剤名	発生本数(本/m ²)				風乾重(g/m ²)			
	ノビエ	イヌホタルイ	その他	合計	ノビエ	イヌホタルイ	その他	合計
CG-113乳剤	50	5	7	9	10	1	5	8
TCG-128乳剤	70	6	7	9	11	2	6	9
RPC-208乳剤	56	17	6	8	7	2	3	6
ブタクロール乳剤	86	42	12	16	19	13	10	15
B-3015P乳剤	87	67	5	10	14	27	8	12
プロメトリン・SAP乳剤	30	21	9	11	4	9	10	6
KPP-314フロアブル	94	105	15	20	54	78	25	42
CDS-914(L)フロアブル	56	4	3	5	5	1	1	4
無処理	77.4	29.2	1606	1713	7.28	0.2	4.85	12.3

注) 播種後27~28日目調査。無処理区は実数, 他は無処理区に対する比率(%)。

第3表 各種初期除草剤の播種直後処理による水稲への影響

除草剤名	1株当たり個体数	平均葉齢	風乾重(g)	
			株当たり	個体当たり
CG-113乳剤	88	97	73	83
TCG-128乳剤	99	90	75	76
RPC-208乳剤	92	95	68	73
ブタクロール乳剤	126	97	120	95
B-3015P乳剤	104	98	101	98
プロメトリン・SAP乳剤	83	97	77	93
KPP-314フロアブル	115	95	92	79
CDS-914(L)フロアブル	99	98	97	99
無処理	4.9	5.0	0.530	0.109

注) 播種後29日目調査。無処理区は実数, 他は無処理区に対する比率(%)。



第1図 土壌処理剤 (CG-113乳剤) の散布による一発処理剤等の処理晩限の拡大 (1999年5月19日播種)

注) 土壌処理剤の散布により除草剤の処理晩限を実線から波線まで拡大出来ることを示している。これにより一発処理剤散布により必要な入水時期をスクミリンゴガイ危険期間後に遅らせることが可能となる。

第4表 体系処理による除草効果

試験区	発生本数 (本/㎡)				風乾重 (g/㎡)			
	ノビエ	イヌホタルイ	その他	合計	ノビエ	イヌホタルイ	その他	合計
TCG-128乳剤 (+0) → AGH-925-1 kg 粒剤 (+16)	1	21	30	53	0.23	0.13	0.02	0.38
ブタクロール乳剤 (+0) → AGH-925-1 kg 粒剤 (+18)	3	3	3	9	0	0.02	0	0.03
完全除草	—	—	—	—	—	—	—	—
無処理	535	105	2567	3206	588.06	11.45	103.72	703.23

注) 播種後41日目調査。完全除草区は、SW-751粒剤 (+0) → DEH・BAS液剤 (+14) → DEH・BAS液剤 (+41) の体系処理。

第5表 水稻の初期生育に及ぼす初期除草剤の影響

試験区	出芽数	白化茎長	草丈	葉齢	風乾重
TCG-128乳剤 (+0)	6.8本/株	11mm	16.6cm	3.1	119mg/株
ブタクロール乳剤 (+0)	6.9	13	17.3	3.0	128
完全除草	7.2	12	16.7	3.0	117

注) 播種後16日目調査。完全除草区は、第4表参照。

第6表 体系処理による水稻収量への影響

試験区	穂数	全重	精玄米重
TCG-128乳剤 (+0) → AGH-925-1 kg 粒剤 (+16)	358本/㎡	1302g/㎡	409g/㎡ (100)
ブタクロール乳剤 (+0) → AGH-925-1 kg 粒剤 (+18)	351	1307	422 (103)
完全除草	356	1286	409 (100)

注) 完全除草区は、第4表参照。精玄米重の () 内は完全除草区に対する比率 (%)。

た TCG-128乳剤および RPC-208乳剤では、出芽個体数が無処理区の70%以下に減少した（第7表）。

2) 水稻の薬害に及ぼす播種深度および湛水の影響

〔播種深度と湛水時間の影響〕 水稻播種後の覆土量に従って水稻の白化茎長が変動し、覆土量100ml（設定播種深度5mm）では白化茎長が2～3mm、以下200ml（設定播種深度10mm）では4～5mm、400ml（設定播種深度20mm）では約12mmであった。無処理区における水稻の苗立ち率および1号分けつ出現個体割合は、覆土量100mlおよび200mlで高く、覆土量400mlでは低下した（第2図）。

次に、除草剤処理および湛水時間の影響は、覆土量100mlでは、無処理区に比べて除草剤処理区で水

稻の苗立ち率および1号分けつ出現個体割合が低下し、湛水時間が長くなるほど低下した。特に湛水時間48時間の区で低下が大きかった。

覆土量200mlでは、湛水時間が24時間までは除草剤による薬害は認められなかった。48時間湛水区では、水稻の苗立ち率の低下は認められなかったが、1号分けつ出現個体割合はやや低下した。

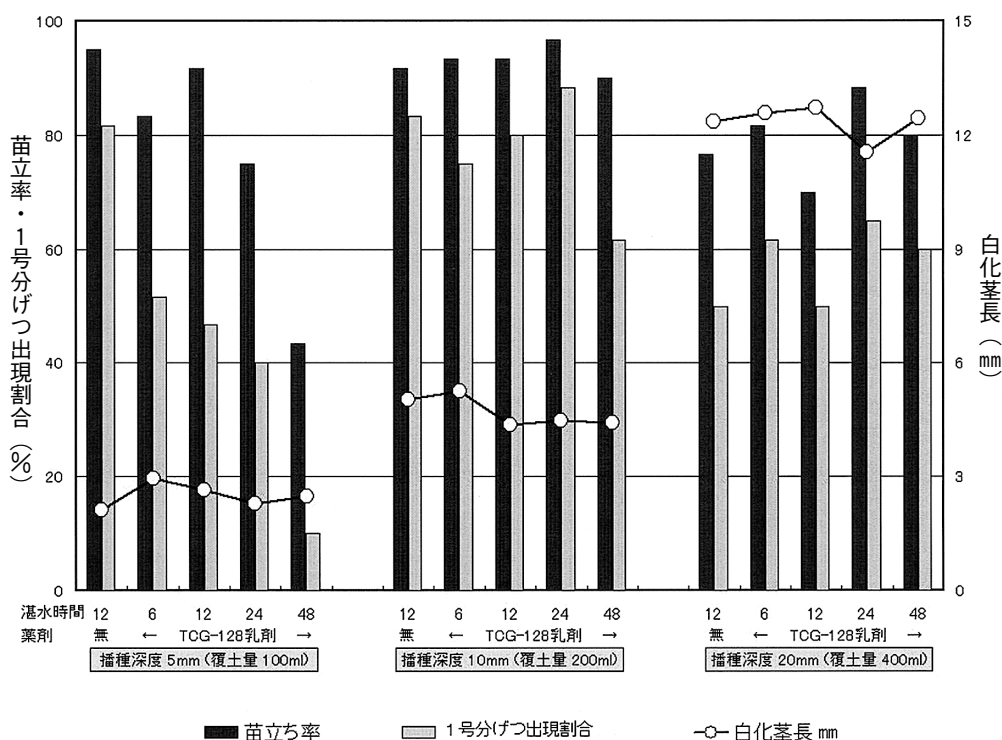
覆土量400mlでは、水稻の苗立ち率および1号分けつ出現個体割合は、各処理区と除草剤無処理・12時間湛水区との間に差はなく、除草剤処理および湛水時間の影響は認められなかった（第2図）。

〔播種深度と湛水時期の影響〕 播種深度0cmでは、湛水時期に関わらず無処理区に比べて除草剤処理区で水稻の出芽率が大きく低下した。設定播種深度5

第7表 各種乳剤の排水不良条件での水稻への影響

試験区	出芽個体数	草丈	地上部重		白化茎長
			面積当り	個体当り	
TCG-128乳剤	66	94	67	95	4.0
RPC-208乳剤	68	91	73	108	3.2
ブタクロール乳剤	81	97	81	94	3.9
B-3015P乳剤	90	101	86	94	6.6
無処理	54.0	23.0	8.1	155.0	5.7

注) 無処理区および白化茎長は実数（出芽個体数：本/m²，草丈：cm，地上部重：g/m²・mg/個体，白化茎長：mm），他は無処理区に対する比率（%）。



第2図 播種深度、乳剤原液処理後の湛水時間が水稻の初期生育に及ぼす影響

mmおよび10mmでは、TCG-128乳剤では無処理区に比べて出芽率が10~20ポイント程度低下したが、B-3015P乳剤では低下しなかった。これらの出芽率の低下において、出芽始期および出芽揃期の湛水による影響の増大は認められなかった(第8表)。

3) 播種同時処理の検討

[ポット試験] TCG-128乳剤およびB-3015P乳剤ともに、水稻の草丈および葉齢における原液処理と混和処理の差は小さかったが、水稻の乾物重は原

液処理に比べて混和処理で小さかった。ヒメタイヌビエに対する防除効果は、原液処理と混和処理で大きな差はなかった(第9表)。

[圃場試験] TCG-128乳剤およびB-3015P乳剤ともに、水稻の苗立ち本数、草丈および葉齢は対照としたSW-751粒剤処理区とほぼ同等であったが、水稻の乾物重(個体当たりの乾物重)は対照区に比べて若干少なかった(第10表)。雑草乾物重はTCG-128乳剤区で少なく、B-3015P乳剤区ではイネ科

第8表 水稻の出芽率に及ぼす一時的な湛水の影響

播種深度 (mm)	湛水時期	供試除草剤		
		TCG-128乳剤	B-3015P乳剤	無処理
0	播種直後	6	10	83
	播種直後及び出芽始期	2	17	84
	播種直後及び出芽揃期	7	29	77
5	播種直後	66	90	86
	播種直後及び出芽始期	64	81	75
	播種直後及び出芽揃期	73	78	80
10	播種直後	69	89	79
	播種直後及び出芽始期	58	71	69
	播種直後及び出芽揃期	75	70	70

注) 数値は水稻の出芽率(%)。

第9表 除草効果と水稻の生育に及ぼす乳剤処理方法の影響

供試除草剤	処理方法	水稻				ヒメタイヌビエ		
		本数	草丈	葉齢	乾物重	本数	葉齢	乾物重
TCG-128乳剤	原液処理	4.6	28.5	5.0	0.50	0	—	—
	混和処理	4.8	26.3	4.8	0.27	0.4	0.9	0.01
B-3015P乳剤	原液処理	4.4	28.5	5.1	0.50	1.4	2.3	0.02
	混和処理	4.6	26.4	4.9	0.36	0.4	0.4	t
無処理	—	4.8	25.5	4.8	0.37	19.2	6.3	1.15

注) a) 本数および乾物重はポット当たりの数値(本/ポット, g/ポット), 草丈(cm)および葉齢は最大個体の平均値で示した。

b) t: 微量

第10表 乳剤の播種直後原液処理の実証試験

除草剤名	水稻				雑草乾物重			ヒエの 最大葉齢
	苗立ち本数	草丈	葉齢	乾物重	イネ科	その他	合計	
無処理	37.5	23.3	4.9	90.2 (97)	2.06	4.89	6.95	6.1
TCG-128乳剤	79.2	23.1	5.0	78.7 (85)	0.54	t	0.54	4.8
B-3015P乳剤	54.2	24.2	4.9	84.8 (91)	7.17	t	7.17	5.1
SW-751粒剤	54.2	23.2	5.2	93.0 (100)	0.92	t	0.92	3.8

注) a) TCG-128乳剤およびB-3015P乳剤は播種直後原液処理, SW-751粒剤は湛水処理し, いずれもその後自然落水した。

b) 水稻の苗立ち本数: 本/m², 草丈: cm, 乾物重: mg/個体(%), 雑草乾物重: g/m²。

c) t: 微量。 d) 播種後23日目調査。

雑草の残草が多かったため、無処理区と同程度となった。何れの除草剤処理区とも調査時に生存していたノビエの葉齢は、一発処理型除草剤の適用晩限である3葉を越えていた(第10表)。

4. 考 察

九州平坦部における水稲湛水直播栽培では、スクミリンゴガイによる食害回避¹⁾のために水稲播種直後から比較的長期間の落水管理や潤土管理が行われることがある。また、地域の水利慣行などから移植栽培の田植え時期でないと入水できないなどの制約があり、この場合、直播栽培の播種適期と移植栽培の移植適期との関係から概ね2～3週間程度の落水管理を余儀なくされる。水稲播種後の落水管理によって、一部の田畑共通雑草の発生が落水初期に集中すること、また、落水期間の延長に伴って雑草の発生本数が多くなり、発生期間も長くなることなどが認められており³⁾、前述のような長期間の落水管理条件下では、落水期間中と入水後の二段構えの雑草防除が必須となる。

その結果、水稲播種後の落水期間が短い場合には除草剤1回処理で十分な除草効果が得られるが、落水期間が長い場合は2回以上の処理が必要となっており⁴⁾、除草コストの上昇を招いている。本研究は、長期の落水管理条件下においても直播栽培のメリットである省力・低コストを実現するため、落水期間における低コストで簡便な雑草防除法としての水稲播種直後の乳剤原液処理の適用性を検討した。

まず初めに、数種乳剤の湛水直播栽培への適用性について検討した。その結果、いくつかの除草剤では残草量を10%以下に抑えた。また、これらの乳剤処理によりノビエの生育を遅らせることが可能であった。これらの乳剤処理条件下では、ノビエが一発処理型除草剤の処理晩限である3葉期に達するまでに、水稲播種後3週間程度かかり、その時点では水稲は4葉期に達していたことから、スクミリンゴガイの食害回避に必要な落水期間は確保できるものと考えられた。ここで要求される除草剤としての性能は、落水期間における雑草の完全防除ではなく、入水後の一発処理型除草剤によって防除可能な程度まで雑草を抑えることである。そのような意味で、いくつかの除草剤が原液処理の候補として挙げられ

る。実際、第4表および第6表の試験結果に示されたように、乳剤と一発処理型除草剤の体系処理によって、十分な除草効果が得られ、水稲の減収も認められなかった。以上のようなことから、比較的除草効果が良好で、水稲への葉害が軽微であったTCG-128乳剤、ブタクロール乳剤およびB-3015P乳剤が有望と考えられた。

しかしながら、第7表に示されたように、水稲の播種深度や降雨等、条件によっては水稲に対して大きな葉害が発生する可能性が指摘される。そのため、乳剤原液処理の実用化に向けては葉害に関する検討が不可欠であり、播種深度や一時的な湛水が水稲の葉害に及ぼす影響を検討した。その結果、播種深度が浅い場合(5mm以下)には、湛水によって水稲の苗立ち率の低下や生育抑制が起こることが示唆された(第2図)。また、播種深度が深い場合(20mm)には、除草剤処理に関わらず苗立ち率の低下や生育抑制が起こることから、乳剤原液処理においては播種深度は10mm程度に均一に確保される必要がある。また、第8表の結果に示されたように、TCG-128乳剤は播種深度5～10mmでも葉害が認められたが、B-3015P乳剤では認められず、除草剤の種類によって葉害の程度だけでなく、葉害を助長する要因に違いがあることが推察される。今後は、初期の葉害だけでなく、収量などへの影響も含めて詳細な検討が必要と考えられる。

次に、実用的な処理方法として、現在実用化されている水稲移植栽培におけるフロアブル剤等の田植同時処理と同様な処理方法について検討した。すなわち、播種機の後部に装着した散布器具によって、播種と同時に乳剤を処理する方法の可否について検討した。代かき同時土中点播機による播種では、播種直後の土壌は液状であり、そこに処理された乳剤の一部は土壌中に混和された状態となるものと推察される。ポット試験の結果(第9表)では、混和処理によって水稲の生育抑制が顕著になることを示している。また、実際に播種機の直後で処理した場合、水稲に対する生育抑制が観察されたことから(第10表参照)、このような処理方法によって葉害が助長される可能性があり、播種同時処理の実用化は難しいものと考えられる。

以上のことから、水稲湛水直播栽培における播種後の長期落水管理に対応した簡便な雑草防除技術と

して、いくつかの除草剤について播種直後乳剤原液処理の実用性が認められ、低コストな雑草防除技術となり得ると考えられた。しかし一方で、薬害回避の面からは適正な播種深度の確保や良好な排水条件など、不可欠な適用条件も示された。したがって、本技術の実用化へ向けては、今後、適用可能な地域や土壌条件などについて、さらに検討する必要がある。

最後に、本研究に用いた各種除草剤の中には直播水稲への登録がないもの(第1表参照)も含まれている。また、直播水稲への登録があるB-3015P乳剤においても、水稲播種後の落水状態での処理に限られ、処理方法として乳剤の湛水原液処理の登録はない⁵⁾。本成果の活用にあたっては、農薬登録面からの注意も必要である。

5. 要 約

水稲湛水直播栽培における播種後の長期落水管理に対応した簡便な雑草防除技術として、乳剤の播種直後原液処理の実用性について検討した。供試除草剤の内、TCG-128乳剤、ブタクロール乳剤およびB-3015P乳剤は比較的除草効果が良好で、薬害も軽微であった。しかしながら、播種深度が浅い場合(5mm以下)や深い場合(20mm)には、水稲の苗立ち率の低下や生育抑制が起こり、一時的な湛水によって薬害が助長されることから、播種深度は10mm程度に均一に確保される必要があった。また、土壌混和処理で水稲の生育抑制が認められ、播種同時処理の実用化は難しいと考えられた。以上のこと

から、播種直後乳剤原液処理においては、適正な播種深度の確保や良好な排水条件などが適用条件として不可欠であった。

6. 引用文献

- 1) 福島裕助・藤吉臨・石丸知道(1998)水稲湛水直播栽培における初期水管理がスクミリンゴガイの被害軽減に及ぼす影響. 九州農業研究 60:13.
- 2) 川名義明・児嶋清(1996)初期落水管理をする水稲湛水土中直播栽培における雑草の発消長と数種除草剤の除草効果. 雑草研究 41(別I):164-165.
- 3) 川名義明・住吉正・児嶋清(2005)水稲湛水直播栽培における主要雑草の発生に及ぼす播種後落水管理の影響. 九州沖縄農研研究資料 91:75-78.
- 4) 住吉正・児嶋清・川名義明(2005)暖地の水稲湛水直播栽培における播種後落水管理による雑草発生相の変動と効率的防除法. 九州沖縄農研研究資料 91:87-96.
- 5) 森田弘彦(1995)水稲直播栽培における雑草防除の現状と問題点. 植物防疫 49:225-231.

7. 研究課題名

代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発

暖地の水稲湛水直播栽培における播種後の落水管理による 雑草発生相の変動と効率的防除法

住吉 正・見嶋 清¹⁾・川名義明¹⁾

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

土地利用型水田作営農の活性化のため、省力かつ安定した稲・麦・大豆の輪作体系の確立が望まれている。代かき同時土中点播直播による水稲栽培は、その輪作体系における核となる技術として位置付けられる。一般的に、直播栽培は移植栽培に比べて雑草防除が困難であるとされ、暖地における水稲湛水直播栽培では、水稲の出芽苗立ちの安定^{1,12)} およびスクミリングガイによる食害回避⁴⁾等を目的として初期に落水管理が行われることから、雑草防除がより困難なものとなっている^{6,11)}。本研究は、水稲湛水直播栽培の播種後の落水管理に対応した効率的な雑草防除技術を開発するために行った。

2. 研究方法

1) ヒメタイヌビエの葉齢進展に及ぼす落水管理の影響

試験は2002年および2003年に九州沖縄農業研究センター水田作研究部（前九州農業試験場水田利用部、福岡県筑後市）において行った。ヒメタイヌビエ種子は試験前年に所内の試験圃場で採集し、室温で乾燥貯蔵したものをを用いた。あらかじめ水田土壌を詰めて代かきした1/5,000 aポットに、2002年は6月11日および6月13日、2003年は6月9日および6月11日に、低温で十分に吸水させたヒメタイヌビエの種子を播種した。その後、ポットの下栓より排水し、7日間落水して再湛水した区（7日間落水）、調査終了まで落水した区（常時落水）を設けた。落水期間中は1日1回灌水し、湛水期間中は約3 cmの湛水深を維持した。また、対照として常時3 cmの湛水深で管理した区（常時湛水）を設けた。2002年

は各播種日とも3ポット、2003年は各播種日とも2ポットとし、ポットは屋外で管理した。発生したヒメタイヌビエはポット当たり3個体に間引き、ポット内の最大葉齢を毎日記録した。結果は、年次毎に各播種日を込みにして平均して示した。

2) 播種後の短期落水管理に対応した雑草防除法の検討

①各種除草剤の適用性の検討

試験は1996年に福岡県筑後市和泉の農家圃場および1998年に九州農業試験場水田利用部（福岡県筑後市）内の試験圃場で行った。

1996年は6月19日に、代かき同時土中点播機で酸素発生剤被覆種子（水稲品種：ヒノヒカリ）を条間30cm、株間20cmで乾初約3 kg/10 a相当を播種深度約1 cmで播種した。播種後4日目から自然落水し、播種後9日目に入水した。第3表に示す除草剤を所定の日に処理した。各区6 m²とした。水稲播種後51日目に残草量を調査した。

1998年は6月10日に前記と同様に水稲を播種した。播種後自然落水し、1回目の除草剤処理2日前に再湛水した。第4表に示す除草剤を所定の日に湛水条件で処理した。ただし、シハロホップブチル・ベンタゾン液剤については落水処理とした。各区12m²、2反復とした。各区における雑草発生消長および水稲への葉害を適宜観察すると共に、水稲播種後56日目に残草量を調査し、収穫期の10月12日に収量を調査した。

②水稲への葉害に及ぼす播種深度の影響

試験は九州農業試験場水田利用部において、1/2,000 aポットを用いて行った。

あらかじめ水田土壌（沖積軽塩土）を詰めたポットを、1997年5月29日にN、P₂O₅、K₂O各0.48gを施用して代かきを行い、直ちにポットの下栓より

落水した。その後、酸素発生剤被覆種子（水稻品種：ヒノヒカリ）を深さ2mm, 5mmおよび10mmで、各10粒宛播種した。播種後4日間は落水条件とし、5日目以降、常時3～4cmの湛水条件とした。播種後5日目からノビエの3葉期（播種後11日目）までの所定の時期に第5表に示す除草剤を処理した（各区3反復）。各除草剤とも処理後3日間は1日当たり1cmの漏水処理を2～3時間かけて行った。また、対照として無処理区を設けた。ポットは雨よけハウス内で管理し、播種後27日目に水稻の草丈、茎数および地上部乾物重を調査した。なお、水稻の生育を揃えるため、播種後6日目以降に出芽した個体は全て抜き取った。

3) 播種後の長期落水管理に対応した雑草防除法の検討

試験は九州農業試験場水田利用部内の試験圃場で行った。

①落水期における茎葉処理型除草剤の適用性の検討

1997年6月10日に、代かき同時土中点播機で酸素発生剤被覆種子（水稻品種：ヒノヒカリ）を条間30cm, 株間20cmで乾籾約3kg/10a相当を播種深度約1cmで播種した。播種直後から自然落水し、

播種後14日目（ノビエ4.5葉期）に第7表に示す各除草剤を処理した。播種後20日目に入水し、播種後22日目に全区にベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤を処理した。また、対照として無処理区を設けた。各区16.5m², 2反復とした。水稻播種後56日目に50cm×50cmのコドラートを用い、2反復で残草量を調査した。

②体系処理による雑草防除効果

1998年5月19日および6月10日に、代かき同時土中点播機で酸素発生剤被覆種子（水稻品種：ヒノヒカリ）を条間30cm, 株間20cmで乾籾約3kg/10a相当を播種深度約1cmで播種した。播種後の水管理、供試除草剤の種類および処理時期等は第2表に示した通りである。また、対照として、無処理区および完全除草区を設けた。5月19日播種では各区4.1m², 6月10日播種では各区6.0m²とし、いずれも2反復とした。水稻播種後48～50日目に水稻の草丈および茎数を、8月6日に両播種期とも残草量を調査した。

なお、試験に用いた除草剤の有効成分含有率および処理量を第1表に示した。

また、九州に分布する在来のヒエ属雑草の内、水田内に発生する草種にはタイヌビエ (*Echinochloa*

第1表 供試除草剤の種類

除草剤名	略号	有効成分 (%)	処理量
ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤	BCP剤	ブタミホス+シハロホップブチル+ピラゾスルフロンエチル：9+1.8+0.3	100g/a
ベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤		ベンスルフロンメチル+ベンチオカーブ+メフェナセット：0.51+15+3	100g/a
イマゾスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤	IED剤	イマゾスルフロン+エトベンザニド+ダイムロン：0.9+15+15	100g/a
シハロホップブチル乳剤		シハロホップブチル：30	10ml/a
シハロホップブチル・ベントゾン液剤	CB剤	シハロホップブチル+ベントゾン：3+20	100ml/a
エスプロカルブ・ピラゾスルフロンエチル粒剤		エスプロカルブ+ピラゾスルフロンエチル：7+0.07	300g/a
ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤	DBM剤	ダイムロン+ベンスルフロンメチル+メフェナセット：4.5+0.51+10	100g/a
プロメトリン・ベンチオカーブ粒剤	PB剤	プロメトリン+ベンチオカーブ：0.8+8	500g/a
エトベンザニド・ピラゾスルフロンエチル粒剤		エトベンザニド+ピラゾスルフロンエチル：15+0.3	100g/a
ピラゾレート粒剤	PY剤	ピラゾレート：10	300g/a
ビスピリバックナトリウム塩液剤		ビスピリバックナトリウム塩：2	10ml/a
ピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤	PBM剤	ピリミノバックメチル+ベンスルフロンメチル+メフェナセット：0.3+0.51+2.25	100g/a

注) 略号は第2表および第4表で用いた。

第2表 長期落水管理の防除試験における除草体系および水管理

I	播種	→	自然落水	→	C B 剤	→	入水	→	D B M 剤
	5月19日				(+18, 4. 5L)		(+21)		(+23, 2. 5L)
	6月10日				(+15, 4. 2L)		(+18)		(+20, 2. 5L)
II	播種	→	自然落水	→	C B 剤	→	入水	→	D B M 剤
	5月19日				(+18, 4. 5L)		(+23)		(+25, 2. 5L)
	6月10日				(+15, 4. 2L)		(+20)		(+22, 2. 5L)
III	播種	→	P Y 剤	→	落水	→	入水	→	D B M 剤
	5月19日		(+1, 発生前)		(+4)		(+15)		(+17, 2. 5L)
	6月10日		(+1, 発生前)		(+3)		(+12)		(+14, 2. 5L)
IV	播種	→	自然落水	→	P B 剤	→	入水	→	D B M 剤
	6月10日				(+3, 発生前)		(+13)		(+15, 2. 5L)

注) a) () 内は除草剤処理日とその時のノビエの葉齢, および水管理を行った播種後日数を示す。

b) 除草剤名は, C B 剤: シハロホップアチル・ベンタゾン液剤, D B M 剤: ダイムロン・ベンスルフロロンメチル・メフェナセット粒剤, P Y 剤: ピラゾレート粒剤, P B 剤: プロメトリン・ベンチオカーブ粒剤を示す。

oryzicola), ヒメタイヌビエ (*E. crus-galli* var. *formosensis*) およびイヌビエ (*E. crus-galli* var. *crus-galli*) があり, 一般的にはこれらを総称して「ノビエ」と呼んでいる。本研究においては, 材料として種の同定が可能な場合には種名を用いたが, 水田土壌からの自然発生などにより識別が困難な場合には総称を用いた。

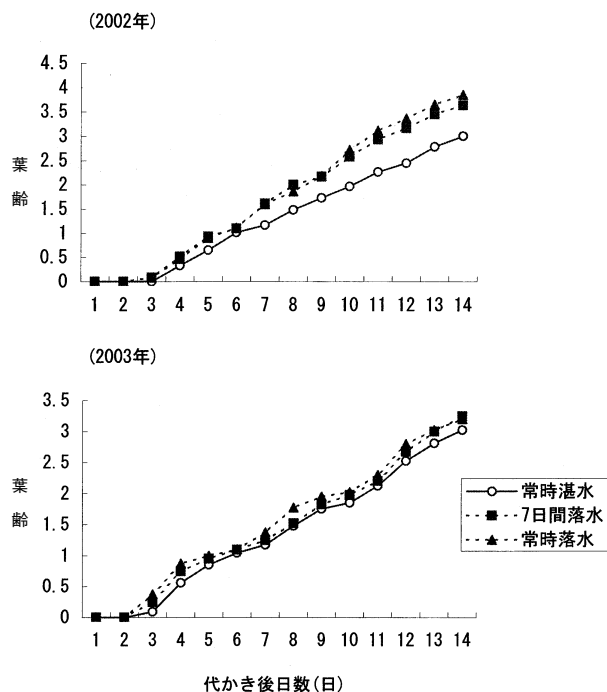
3. 結果

1) ヒメタイヌビエの葉齢進展に及ぼす落水管理の影響

結果を第1図に示した。ヒメタイヌビエの葉齢進展には年次間で若干の差が認められた。常時湛水条件で2葉期および3葉期に達するのに要した代かき後の日数は, 2002年はそれぞれ10日間および14日間, 2003年はそれぞれ11日間および14日間であった。落水条件では, 常時湛水条件に比べて葉齢の進展が早まる傾向が認められ, 特に, 2002年の調査で顕著で, 7日間落水区よりも常時落水区で葉齢進展がより早まる傾向が認められた。その結果, 落水区において2葉期および3葉期に達するのに要した代かき後の日数は, 2002年はそれぞれ8~9日間および11~12日間, 2003年はそれぞれ10日間および13日間であった。

2) 播種後の短期落水管理に対応した雑草防除法の検討

①各種除草剤の適用性の検討



第1図 ヒメタイヌビエの葉齢進展に及ぼす落水の影響

1996年の試験結果を第3表に示した。各供試除草剤の処理晩限となっているノビエ2葉期は播種後10日目, 同2.5葉期は同11日目, 同3葉期には同12日目に達した。何れの除草剤とも除草効果が高く, 残草はほとんど認められなかった。

次に, 1998年の試験結果を第4表に示した。イマゾスルフロロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤を播種後7日目(ノビエ2葉期)に単独処理した場合には除草効果は十分ではなく, 播種後4週間目から後発生雑草がみられ, 残草量は無処理区の9%と

第3表 水稻苗立ち後に処理した各種除草剤の除草効果

除草剤名	処理時期	残草量			
		ノビエ		その他	
		本数	乾物重	本数	乾物重
エトベンザニド・ピラゾスルフロンエチル粒剤	ノビエ2.0L (+10)	0本	0g	0本	0g
エスプロカルブ・ピラゾスルフロンエチル粒剤	ノビエ2.5L (+11)	0	0	1	t
ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤	ノビエ3.0L (+12)	0	0	0	0

注) a) 1996年6月19日水稻播種。残草量は播種後51日目に調査。

b) その他雑草はホソバヒメミソハギが主体。

第4表 各除草剤の単独処理および体系処理による除草効果と収量

試験区	後発生雑草発生始	残草量			薬害(達観)	収量(精籾重)
		ノビエ	広葉	合計		
IED 剤 (+7)	4 週間目	5	21	9	無	92
IED 剤 (+7) → DBM 剤 (+28)	—	0	t	t	無	97
IED 剤 (+7) → CB 剤 (+35)	6 週間目	0	t	t	無	98
BCP 剤 (+10)	5 週間目	0	2	t	無	102
PBM 剤 (+10)	5 週間目	0	3	t	無	98
完全除草	—	0	t	t	—	705kg / 10a
無除草	—	125g	34g	159g	—	—

注) a) 1998年6月10日水稻播種。残草量は播種後56日目に調査。

b) 完全除草区及び無除草区は実数，その他は残草量は無除草区に対する比率(%)，収量は完全除草区に対する比率(%)で示した。

c) 後発生雑草発生始は水稻播種後の期間(週)で示した。

d) 除草剤名は，IED 剤：イマズスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤，DBM 剤：ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤，CB 剤：シハロホップブチル・ベンタゾン液剤，BCP 剤：ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤，PBM 剤：ピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤を示す。

なった。そのまま収穫期まで放置した場合には収量は完全除草区の92%まで低下したが，ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤またはシハロホップブチル・ベンタゾン液剤を体系処理した場合には，高い除草効果が得られ，雑草害による減収は認められなかった。一方，ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤またはピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤を播種後10日目(ノビエ3葉期)に処理した区では，播種後5週間目から後発生雑草が若干みられたものの，除草効果は高く，収量への影響もなかった。

②水稻への薬害に及ぼす播種深度の影響

試験結果を第5表に示した。水稻は播種深度(2mm~10mm)に関係なく，播種後4日目から出芽がみられ，5日目が出芽最盛期であった。播種後6

日目以降に出芽した個体は全て抜き取ったため，1ポット当たりの調査数は5~9個体となった。無処理区における水稻の生育量には，播種深度による差はなかった。各供試除草剤の水稻の生育に及ぼす影響は，草丈および茎数よりも地上部乾物重に対して大きく認められた。地上部乾物重の無処理区における変動係数は7~10%で，除草剤処理区の変動係数も平均して8%程度であった。エトベンザニド・ピラゾスルフロンエチル粒剤およびイマズスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤では+5処理で，ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤では一部の区を除いて全処理時期で地上部乾物重が無処理区比90%以下となり，減少が認められた。しかしながら，何れの場合も，播種深度による違いは明瞭ではなかった。

3) 播種後の長期落水管理に対応した雑草防除法

第5表 水稲への薬害に及ぼす播種深度の影響

除草剤名	処理時期	播種深度 (mm)	水稲生育量		
			草丈	茎数	乾物重
エトベンザニド・ピラゾスルフロンエチル粒剤	+ 5	2	93± 3	89±11	89± 6
		5	96± 6	96± 5	88± 4
		10	95± 2	94± 6	86± 5
	+ 7	2	96± 4	98± 2	97± 4
		5	97± 2	105± 5	103± 2
		10	102± 5	99± 2	97± 3
	ノビエ2.0L (+ 8)	2	98± 3	94± 2	95± 3
		5	102± 3	100± 5	95±11
		10	102± 3	98±12	100± 9
イマズスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤	+ 5	2	93± 7	97± 7	86± 6
		5	95± 3	96±10	78±10
		10	94± 5	98± 7	81± 2
	+ 7	2	101± 3	105± 9	98±10
		5	101± 3	107± 3	100± 7
		10	96± 3	101± 8	98± 3
	ノビエ2.0L (+ 8)	2	98± 1	102± 7	96± 5
		5	101± 2	102± 5	109± 13
		10	100± 4	102± 7	96± 6
ベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤	イネ 1 L (+ 8)	2	96± 5	91± 5	88± 2
		5	100± 3	98±15	92±10
		10	99± 7	97±13	91±12
	+ 9	2	98± 3	91± 4	96± 5
		5	98± 3	92± 6	92± 4
		10	99± 4	95±12	93± 3
	ノビエ2.5L (+10)	2	96± 6	88±11	92± 8
		5	97± 8	95±16	91± 4
		10	98± 3	93± 8	87±12
ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤	イネ 1 L (+ 8)	2	94± 7	90±10	79±15
		5	97± 5	95± 3	89±11
		10	98± 7	93±12	83±21
	ノビエ2.5L (+10)	2	94± 9	89± 4	85± 8
		5	96± 5	94± 2	90± 5
		10	98± 5	95± 9	85±11
	ノビエ3.0L (+11)	2	92± 6	84± 8	85± 8
		5	94± 5	92± 2	86± 7
		10	96± 6	93± 3	92±14
無処理	—	2	39.6±1.4cm	3.81±0.06本	0.42±0.03g
		5	39.5±0.7	3.64±0.29	0.41±0.04
		10	39.5±0.8	3.59±0.12	0.43±0.03

注) a) 1/2,000a ポット試験, 1997年5月29日水稲播種。水稲生育量は播種後27日目調査。

b) 除草剤処理時期は播種後日数を示した。

c) 無処理区は個体当たりの実数, 除草剤処理区は無処理区に対する比率(%)。±は標準偏差。

の検討

①落水期における茎葉処理型除草剤の適用性の検討

供試圃場ではノビエ、アゼガヤ、タカサブロウ等の発生が極めて多く、水稻播種後14日目の茎葉処理型除草剤の処理時期には各草種とも極めて高密度で発生した状態であった(第6表)。

各供試除草剤による雑草防除効果を第7表に示した。これは無処理区を除き、全て播種後22日目にベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤を処理した後の残草量である。すなわち、シハロホップブチル・ベンタゾン液剤による体系処理では、広葉雑草は完全に枯殺された。しかし、ノビエが残草し、入水時には再生を開始した状態で、

入水後の除草剤処理では防除できなかった。一方、シハロホップブチル乳剤による体系処理では、ノビエは完全に枯殺されたものの、適用外雑草のタカサブロウが残草した。また、ビスピリバックナトリウム塩液剤による体系処理では、ノビエおよび広葉雑草は完全に枯殺されたが、アゼガヤに対する除草効果が低く、アゼガヤが残草した。

②体系処理による雑草防除効果

供試圃場はヒメタイヌビエ、アゼガヤ、タカサブロウ、その他の一年生広葉雑草の発生が非常に多かった。各除草体系における残草量および水稻生育量を第8表に示した。各除草体系ともに残草はほとんど認められず、除草効果が高かった。また、シハロホップブチル・ベンタゾン液剤処理後3日と5日

第6表 茎葉処理型除草剤処理時までの主要雑草の発生本数

発生本数 (本/m ²)					その他の発生草種
ノビエ	アゼガヤ	タマガヤツリ	タカサブロウ	コナギ	
146	428	202	260	48	アメリカミソハギ, キカシグサ, チョウジタデ, アゼナ, ミゾハコベ

注) ノビエは大部分がヒメタイヌビエであった。

第7表 長期落水期間に処理した各種茎葉処理型除草剤による除草効果

除草剤名	残草量				
	ノビエ	アゼガヤ	タマガヤツリ	タカサブロウ	その他
シハロホップブチル・ベンタゾン液剤	22 (38)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—
シハロホップブチル乳剤	0 (0)	0 (0)	0 (0)	88 (317)	—
ビスピリバックナトリウム塩液剤	0 (0)	57 (194)	0 (0)	0 (0)	—
無処理	76.0 (129.1)	8.7 (4.8)	3.0 (1.2)	17.3 (6.4)	0 (0)

注) a) 1997年6月10日水稻播種。播種後14日目に供試除草剤処理。無処理区以外は播種後22日目にベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤を処理した。残草量は播種後56日目に調査。

b) 無処理区はm²当たりの本数および()内は乾物重:g, 除草剤処理区は無処理区に対する比率(%)。

第8表 長期落水管理の防除試験における各除草体系の雑草防除効果および水稻への影響

除草体系	播種日	残草量				水稻の生育量	
		ヒメタイヌビエ	アゼガヤ	その他	合計	草丈	茎数
I	5月19日	0	0	t	t	98	95
	6月10日	0	0	t	t	100	105
II	5月19日	0	0	0	0	98	97
	6月10日	0	0	t	t	103	96
III	5月19日	0	0	t	t	102	95
	6月10日	0	0	2	t	100	103
IV	6月10日	0	0	1	t	98	105

注) a) 1998年に行った。残草量は各播種日とも8月6日, 水稻生育量は播種後48~50日目に調査した。残草量は無処理区に対する比率(%) , 水稻生育量は完全除草区に対する比率(%)。

b) 除草体系は, 第2表参照。

c) その他の草種はコナギ, アゼナ, スズメノトウガラシであった。

の落水期間の違いによる除草効果の変動は認められなかった。入水後のダイムロン・ベンスルフロメチル・メフェナセット粒剤をノビエの2.5葉期に処理すると仮定した場合の最長落水期間は、体系処理の1回目の除草剤としてシハロホップブチル・ベンタゾン液剤を用いた方が、ピラゾレート粒剤およびプロメトリン・ベンチオカーブ粒剤を用いた場合よりも約7日間長くなった。その結果、6月播種でも最長で20日間の落水期間が得られた（第2表参照）。

水稻への影響は、シハロホップブチル・ベンタゾン液剤で葉害症状が若干認められたが、播種後50日頃における生育量への影響はなかった。

4. 考 察

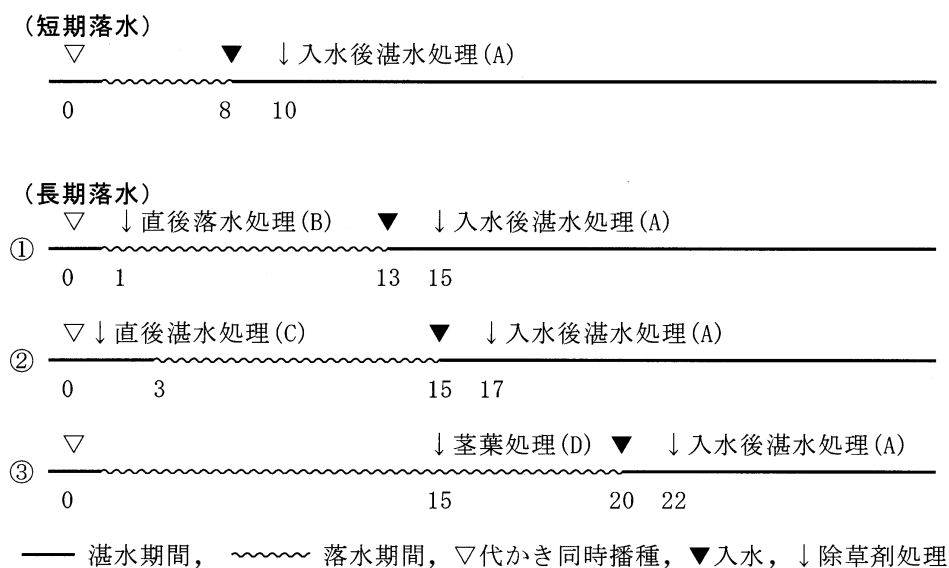
暖地における水稻湛水直播栽培では、種々の目的のために水稻播種後に落水管理が行われる。本研究においては、水稻の出芽・苗立ちの安定のための比較的短期間（播種後1週間程度）の初期落水管理を「短期落水」、スクミリングガイによる食害回避を目的とした落水管理や、地域の水利慣行による入水時期の制約に起因する比較的長期間（播種後2～3週間程度）の落水管理を「長期落水」と呼び、これらに対応した雑草防除技術の開発を目的とした。

水稻直播栽培における雑草防除手段の中心として除草剤の利用を考えた場合、その効果発現のために

必要とされる除草剤処理時の水管理状態は、除草剤の種類により落水条件か湛水条件の2通りに大別され、少なくとも処理後2～3日間程度は処理時の状態を維持する必要がある。現在利用可能な除草剤の種類と期待される除草効果を念頭に置いて、これらの条件に当てはめた場合の除草剤処理時期について第2図に模式図を示すとともに、主要な除草剤の種類を第9表に例示した。

本研究では、これらの除草剤を用いてその除草効果および葉害について検討した結果、適正な使用条件下では概ね期待された性能を発揮することが確認された。しかし同時に、いくつかの注意すべき点が明らかとなった。

まずはじめに、除草剤処理時期の指標とされるノビエの葉齢進展であるが、初期の落水管理によって常時湛水された場合よりも葉齢進展が早まる可能性が示された。ノビエの葉齢進展には地域差があり、水稻播種後日数で見ると、寒地から暖地にかけて葉齢進展速度が速まることが示されている¹⁰⁾。これらのことを考え合わせると、水稻播種から除草剤処理の晩限までの日数は暖地ほど短く、落水管理によってさらに短くなることが予想される。したがって、水稻の出芽・苗立ちを目的とした短期間の落水およびスクミリングガイ等の防除を目的とした長期間の落水管理の双方において、除草剤処理のタイミングが早まることに注意する必要がある。



第2図 播種後落水管理に対応した除草剤使用法の模式図

注) 数字は代かき後の日数（除草剤処理時期等の大まかな目安）。

第9表 水稲播種直後～再入水後までに使用可能な除草剤の一例

A			B	C	D
ノビエ2葉期	ノビエ2.5葉期	ノビエ3葉期			
イマゾスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤	ベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ・メフェナセット粒剤	ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤	プロメトリン・ベンチオカーブ粒剤	ピラゾレート粒剤	シハロホップブチル乳剤
エトベンザニド・ピラゾスルフロンエチル粒剤	ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤	シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤	プロメトリン・ベンチオカーブ粒剤	ピラゾキシフェン粒剤	シハロホップブチル・ベンタゾン液剤
	ピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤	シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル・メフェナセット粒剤			

注) a) A, B, C, Dの処理時期は第2図参照。Aの除草剤は種類によって処理適期のノビエの最大葉齢が異なる。

b) 各除草剤の有効成分含有率 (シハロホップブチル・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤: 1.5% + 4.5% + 0.51% + 7.5%, シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル・メフェナセット粒剤: 1.5% + 0.3% + 7.5%, プロメトリン・ベンチオカーブ乳剤: 5% + 50%, ピラゾキシフェン粒剤: 10%, その他の除草剤は第1表参照)

次に、短期落水管理において入水後に処理される一発処理除草剤の残効期間の問題がある。湛水直播栽培における初期落水管理は、常時湛水管理よりも雑草の発生期間が長くなることが認められている⁷⁾。また、直播栽培と移植栽培とでは、播種または移植後の水稲の葉齢進展には当初より3葉以上の差があり、水稲の草冠による田面の遮蔽は、直播栽培が移植栽培よりも遅い。これらのことは、水稲の草冠が田面を覆うことによる雑草の発生抑制と生育抑制が期待できるまでの期間が、直播栽培でより長くなることを意味している。したがって、直播栽培では、一発処理除草剤に期待される抑草期間は移植栽培よりも長いことになる。近年開発が進められているノビエ3葉期を処理晩限とする一発処理除草剤は、他の一発処理除草剤に比べて遅い時期に処理できることから、水稲播種後の抑草期間を長くすることが可能である。第4表の結果は、一発処理除草剤の単独処理の場合、より遅い時期に処理した除草剤で残効期間が長かったことを示している。江口ら²⁾は、水稲湛水直播栽培において播種後40日間の除草により雑草害が回避されることを示した。播種後4週間以上雑草の発生を抑制した場合に雑草害が認められなかった本試験の結果は、江口ら²⁾の結果よりも必要とされる抑草期間が若干短い、発生した雑草の絶対量等の影響があったものと推察される。以上のことを総合すると、水稲湛水直播栽培の初期落水

管理において雑草害を回避するためには、播種後30～40日間の雑草抑制が必要で、入水後に処理される一発処理除草剤にはこれに相当する期間の残効性が要求される。

また、短期落水管理において入水後に処理される一発処理除草剤の薬害についてであるが、水稲の出芽向上のための落水期間は、通常3～7日間程度と考えられる。この時期のイネの葉齢は0.5～1.5葉程度であり、除草剤に対する感受性が非常に高い時期である。本試験では、薬害の変動要因として播種深度を取り上げたが、薬害における播種深度の影響は必ずしも明確ではなく、除草剤の種類や処理時期による差が認められた(第5表参照)。一方、藤田³⁾は湛水直播水稲に対する各種除草剤の薬害は、播種深度1 cmの場合よりも0 cm(表面播種)で大きかったことを報告している。これらの結果の違いは、本試験における播種深度が2 mm～1 cmの範囲であり、いずれの場合も少なからず土中播種であったことが原因と推察される。このことは、薬害回避のために土中播種が有効であることを示しており、确实な土中播種が可能な打ち込み式代かき同時土中点播機による播種方法は、除草剤の薬害回避面からも有効な手段であると考えられる。

長期落水管理において、水稲播種から再入水までの期間の除草剤使用回数を1回に限定した雑草防除を考えた場合、除草剤処理のタイミングとしては第

2 図に示したように、①播種直後に落水状態で土壌処理型除草剤を処理する、②湛水状態で初期除草剤を処理してその後落水する、③入水前に茎葉処理型除草剤を処理する、の3通りの方法が想定される。第2表および第8表に示した試験では、ノビエ2.5葉期を処理晩限とする一発処理除草剤の入水後処理を前提として、落水期間中に処理した除草剤によって入水時期がどの程度まで延長できるかを検討した。その結果、入水前に茎葉処理型除草剤（シハロホップブチル・ベンタゾン液剤）をノビエの4.5葉期までに処理する方法で、最も長い落水期間が確保された。この方法によれば、概ね20日間程度の落水期間が確保されることから、スクミリングガイによる食害回避が可能と考えられる。また、第7表に示されたように、この時期に使用可能な茎葉処理型除草剤は、その種類によって対象草種および除草効果が異なるので、発生草種を確認した上で除草剤の選定を行う必要がある。

近年の水田雑草防除を取り巻く問題として、除草剤抵抗性雑草の出現がある。九州地域においても佐賀県⁹⁾や宮崎県⁵⁾、福岡県¹³⁾などで、多くの一発処理除草剤の主成分となっているスルホニルウレア系成分（ベンスルフロンメチル、ピラゾスルフロンエチル、イマゾスルフロン等）に抵抗性を持つ雑草種の出現が報告されている。抵抗性雑草の防除には、スルホニルウレア系成分を含まない初期除草剤や中・後期除草剤、或いはスルホニルウレア系成分以外にも当該草種に除草活性を持つ成分が混合された一発処理除草剤が有効である⁸⁾が、直播水稲に適用のある有効除草剤は限られており、早期の実用化が望まれる。一方、抵抗性雑草対策は、同一の有効成分を連用することなく、異なった作用機作を有する除草成分のローテーション使用によって抵抗性雑草の出現を未然に防ぐことが肝要であり⁸⁾、現場指導での十分な啓蒙が期待される。

最後に、本研究に用いた各種除草剤はすべて直播水稲への登録はあるが、適用地帯に九州地域が含まれていないものもある。また、除草剤によって適用土壌や使用時期、使用方法が異なるので、本成果の活用にあたっては、各地域における除草剤使用基準を確認する必要がある。また、落水後に再入水して除草剤を処理する場合には減水深が安定している必要があるが、入水から除草剤散布が可能となるまで

の日数は土壌条件によって異なることから、処理適期を逃さないために入水時期の設定には十分な注意が必要である。

5. 要約

水稲湛水直播栽培の播種後の落水管理に対応した効率的な雑草防除技術を開発するため、ノビエの葉齢進展、各種除草剤による雑草防除効果および水稲への影響について調査した。

ヒメタイヌビエの葉齢進展には年次間差が認められ、落水条件では、常時湛水条件に比べて葉齢進展が早まる傾向が認められた。

播種後の短期落水管理に対応した雑草防除法として、数種除草剤を処理晩限に処理した場合、いずれも除草効果は高く、ノビエ3葉期まで使用可能な一発処理除草剤（ブタミホス・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤またはピリミノバックメチル・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤）は、残効期間が長く収量への影響もなかった。水稲への葉害は、各供試除草剤ともに草丈および茎数よりも地上部乾物重に対して大きく認められ、処理時期による差が認められたが、播種深度（2 mm～10mm）による違いは認められなかった。

播種後の長期落水管理に対応した雑草防除法として、水稲播種から再入水までの期間に除草剤を1回処理し、再入水後に一発処理除草剤を処理する体系処理の除草効果を検討した結果、各除草体系ともに残草はほとんど認められず、除草効果が高かった。この内、再入水前に茎葉処理型除草剤（シハロホップブチル・ベンタゾン液剤）を用いる方法で、概ね20日間の落水期間が確保された。

6. 引用文献

- 1) 土居健一・大隈光善・真鍋尚義（1986）湛水土壤中直播栽培における2、3の問題点．第3報 土壌の還元化程度と出芽率．九州農業研究 48：32.
- 2) 江口末馬・高林実（1987）湛水直播栽培における除草期間と水稲の収量．雑草研究 32（別）：97-98.
- 3) 藤田究（1999）播種深度の異なる湛水直播水稲

- の初期生育に及ぼす数種土壌処理型除草剤の影響. 雑草研究 44:43-50.
- 4) 福島裕助・藤吉臨・石丸知道 (1998) 水稲湛水直播栽培における初期水管理がスクミリンゴガイの被害軽減に及ぼす影響. 九州農業研究 60:13.
- 5) 初山聡 (2001) 宮崎県下で発生したスルホニルウレア系除草剤抵抗性水田雑草. 九州の雑草 31:27-29.
- 6) 鍛冶原俊夫・泉恵市・加賀山文雄・清田洋次・横山威・郡司掛則昭 (1989) 麦跡湛水直播栽培技術体系の確立. 熊本農試研報 15:1-30.
- 7) 川名義明・児嶋清 (1996) 初期落水管理をする水稲湛水土中直播栽培における雑草の発消長と数種除草剤の除草効果. 雑草研究 41 (別 I):164-165.
- 8) 小荒井晃 (2000) 水田におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性生物型雑草の研究の現状と防除法. 植調 34:433-440.
- 9) 三原実・横尾浩明・市丸喜久・大段秀記・児嶋清 (2001) 佐賀県における S U 系除草剤抵抗性雑草の発生. 雑草研究 46 (別):218-219.
- 10) 森田弘彦 (1995) 水稲直播栽培における雑草防除の現状と問題点. 植物防疫 49:225-231.
- 11) 柴田義弘・原田皓二・大隈光善 (1988) 砂壤土水田における水稲湛水土壌中直播栽培の施肥法と初期水管理. 福岡農総試研報 A-7:15-18.
- 12) 手塚隆久・伊藤延男・上原泰樹 (1986) 湛水土中直播栽培における芽干しの効果. 九州農業研究 48:33.
- 13) 内川修・福島裕助・長尾宏臣・大段秀記 (2002) 福岡県におけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性雑草の発生と各種除草剤の効果. 雑草研究 47 (別):60-61.

7. 研究課題名

代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発

大豆「サチユタカ」の狭畦密植栽培による 雑草生育抑制効果と効果的雑草防除法

大段秀記

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

九州北部における大豆作の雑草防除は、播種直後の土壌処理除草剤と、大豆生育期中耕・培土の組合せで行われている(中村1994)。しかし、播種適期が梅雨期にあたることから、播種直後に除草剤を処理できないことも多い。また、中耕・培土は炎天下の作業であると同時に、降雨により作業適期を逃すことも少なくない。したがって、現在の大豆栽培における雑草防除は必ずしも効果的に行われているとは言い難い。大豆は茎葉の繁茂が早いことから、密植することによって雑草の生育を抑制することが可能である(中谷・野口1991, 野口ら1993)。しかし、現在の九州北部における主要品種の「フクユタカ」では密植すると倒伏しやすいことから、雑草防除を目的として密植栽培を行うことは困難である。温暖地向けに開発された新品種「サチユタカ」は九州北部にも導入が始められており、早生・短茎で密播適性が高く、耐倒伏性に優れていることから(松永ら2003)、密植栽培による雑草防除効果が期待できる。本研究は、「サチユタカ」の条間を狭めた狭畦密植栽培の雑草に対する生育抑制効果を明らかにするとともに、除草剤を組み合わせた効果的雑草防除技術を確立するために行った。

2. 研究方法

試験はすべて九州沖縄農業研究センター水田作研究部(福岡県筑後市)試験圃場(灰色低地土, 前作小麦作付け)で行った。

試験1. 大豆の狭畦密植栽培の雑草に対する生育抑制効果

1) 2001年

7月9日にリン酸と加里をそれぞれ成分で8kg/

10aとなるように施肥して、耕起した。7月10日に「サチユタカ」および「フクユタカ」を条間70cm(7.1株/m²), 35cm(14.2株/m²), 25cm(20株/m²)の3水準を設定し、播種した。いずれも1株2本立て、株間20cmとした。試験区として「無除草区」と播種直後にトリフルリン粒剤を製品量で5kg/10a(有効成分量125g/10a)処理し、栽培期間中に適宜手取り除草した「除草区」を設けた。いずれも1区面積5.9m²(1.4m×4.2m)の2反復とした。中耕・培土は行わなかった。

除草区の大豆茎葉による植被率(算出方法は後述)を経時的に調査するとともに、播種後51日目の8月30日に無除草区における雑草の地上部乾物重(70℃で72時間通風乾燥)を1区あたり35cm(条間25cm区は37.5cm)×40cm, 2反復で調査した。植被率は畦内に70cm×60cm(条間25cm区は75cm×60cm)の枠を設置し、午前11時から12時の間に高さ約170cmの位置からデジタルカメラで枠内を撮影し、画像処理により算出した。発生雑草としてはノビエを主体とするイネ科雑草が優占した。

2) 2002年

播種日は7月8日とし、雑草の地上部乾物重の調査日は播種後56日目の9月2日とした。その他については2001年と同様に試験を行った。さらに、無除草区に30cm×30cmの枠を1区あたり5個設置し、播種後28日目まで適宜発生雑草を抜き取り、雑草発生本数を調査した。植被率は2001年と同様に調査した。また、除草区における条間中央部の地表面の光量子量を測定し、裸地の光量子量との比率により、遮光率を算出した。光量子量は、光量子センサー(LI-COR社製)を用いて、晴天の日の午前11時30分から12時の間に10秒間測定した。発生雑草はアオゲイトウを主体とする広葉雑草が優占した。

試験2. 「サチユタカ」の狭畦密植栽培と除草剤

の組合せによる雑草防除

1) イネ科雑草優占圃場

2003年7月9日に「サチユタカ」を条間70cm および35cmで播種した。いずれも1株2本立て、株間20cmとした。リン酸と加里をそれぞれ成分で8kg/10aとなるように耕起前に施肥した。除草剤処理区として、播種日と同日にベンチオカーブ・ペンディメタリン・リニュロン細粒剤を製品量で5kg/10a(それぞれ有効成分量400g/10a, 40g/10a, 60g/10a) 処理する区(土壌処理除草剤区)、ノビエ3~4葉期にイネ科雑草対象の茎葉処理除草剤であるテプラロキシジム乳剤を製品量で75mL/10a(有効成分量7.5g/10a) またはクレトジム乳剤を製品量で30mL/10a(有効成分量6.9g/10a)をそれぞれ希釈水量100L/10aで処理する区を設けた。また、対照区として無処理区を設けた。いずれも1区面積4.8m²(1.4m×3.4m)の2反復とした。播種後51日目に雑草の地上部乾物重(70℃で72時間通風乾燥)を調査した。中耕・培土は行わなかった。イネ科雑草はヒメタイヌビエが主体であった。

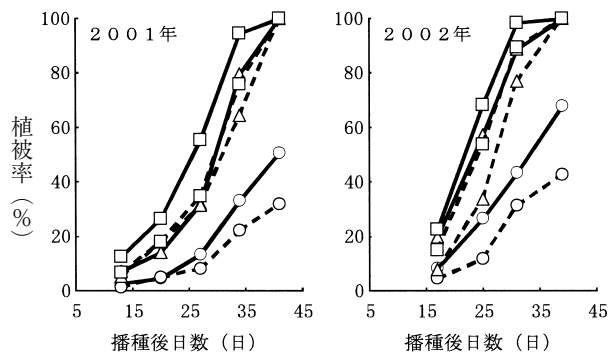
2) 広葉雑草混生圃場

施肥条件, 条間の設定, 除草剤の処理, 試験区面積, 反復数は前記のイネ科雑草優占圃場と同様にした。2003年7月31日に「サチユタカ」を播種し, 播種後55日目に雑草の地上部乾物重(70℃で72時間通風乾燥)を調査した。中耕・培土は行わなかった。広葉雑草の主体はセンナリハウズギであった。

3. 結果

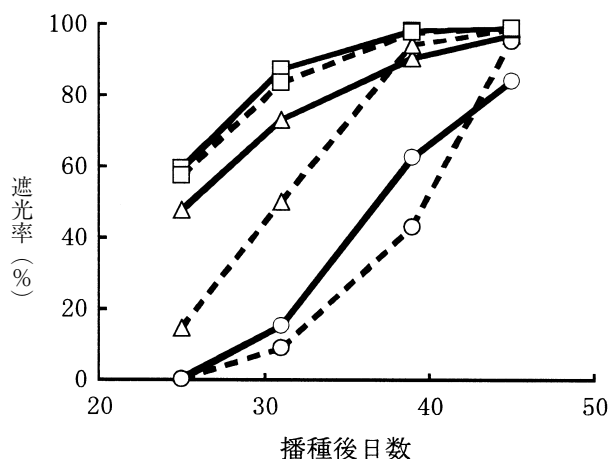
試験1. 大豆の狭畦密植栽培の雑草に対する生育抑制効果

「サチユタカ」と「フクユタカ」の茎葉による植被率の推移を第1図に, 条間中央部における地表面の遮光率の推移を第2図に示した。植被率は2001年, 2002年ともに同様の傾向を示し, 「サチユタカ」は「フクユタカ」に比べて高く推移し, 茎葉による地表面の被覆が早かった。また, 両品種ともに条間35cm および25cmの狭畦密植栽培では条間70cmの慣行栽培に比べて地表面の被覆が早かった。遮光率についても植被率と同様の傾向を示し, 「サチユタカ」は「フクユタカ」よりも高く推移し, 条間の狭いほうが高かった。



第1図 異なる条間で栽培したサチユタカとフクユタカの植被率の推移

注) 実線: サチユタカ, 点線: フクユタカ
○: 条間70cm, △: 条間35cm, □: 条間25cm
いずれも除草区で測定した。



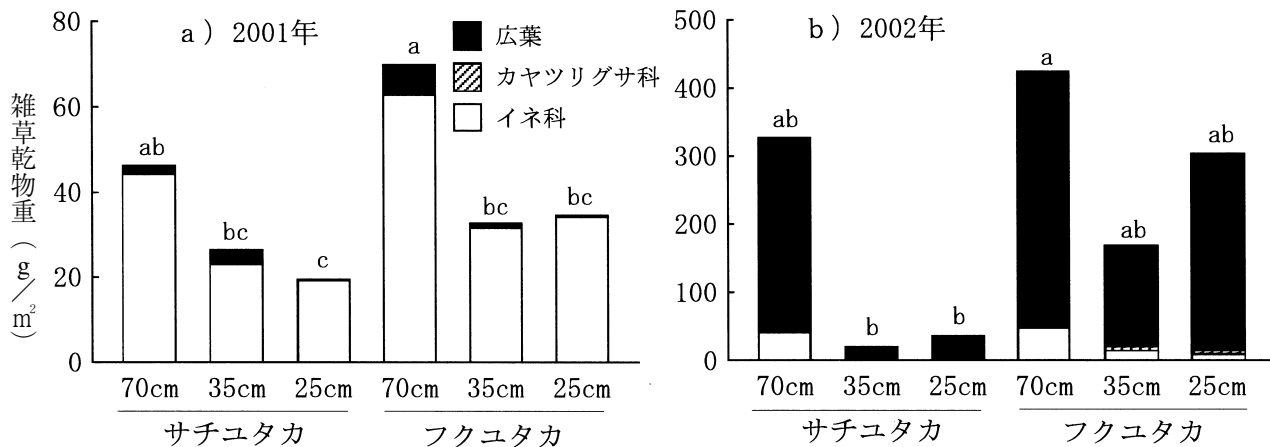
第2図 異なる条間で栽培したサチユタカとフクユタカの条間中央部の地表面の遮光率の推移(2002年)

注) 実線: サチユタカ, 点線: フクユタカ
○: 条間70cm, △: 条間35cm, □: 条間25cm
いずれも除草区で測定した。

第1表 無除草区における播種後28日間の雑草の発生本数(2002年試験)

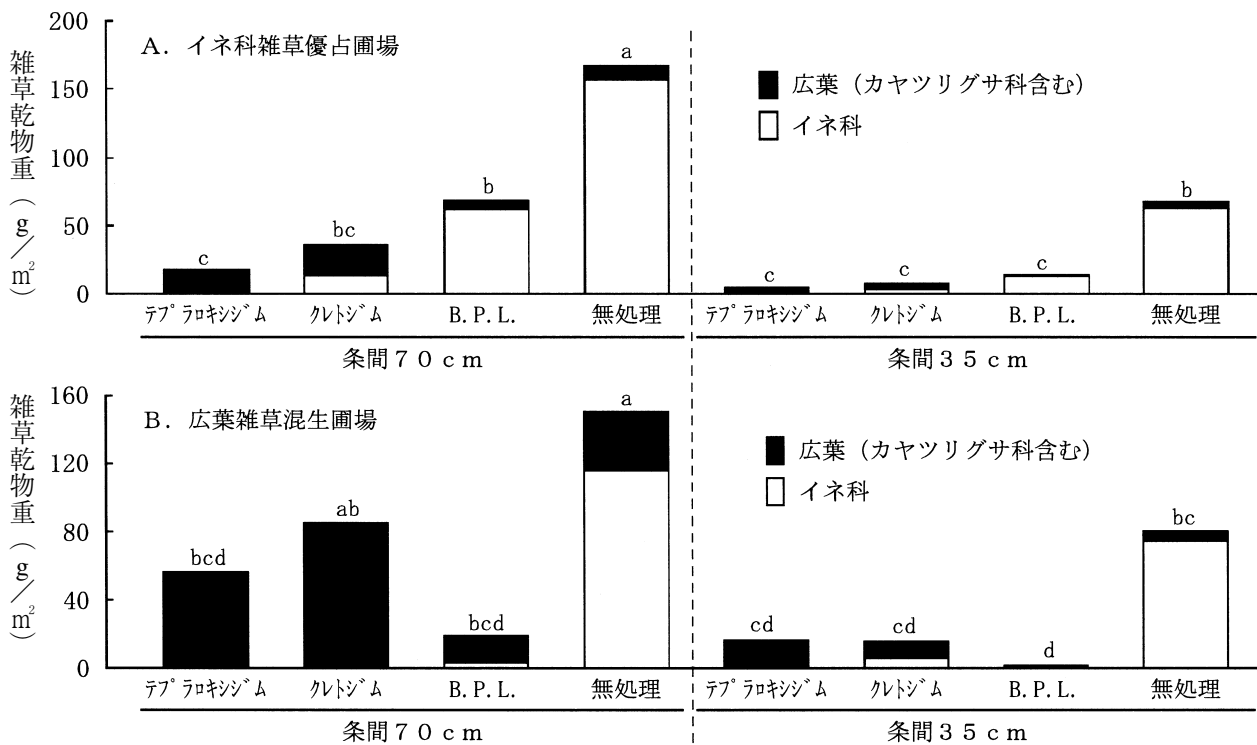
大豆品種	条間	イネ科	カヤツリグサ科	広葉
サチユタカ	70cm	104	313	283
	35cm	112	120	105
	25cm	62	633	168
フクユタカ	70cm	66	186	193
	35cm	90	649	259
	25cm	69	1021	158
大豆品種		ns	ns	ns
条間		ns	ns	ns

注) 値は1m²あたりの本数。nsは二元配置の分散分析により有意差がないことを示す。



第3図 異なる条間で栽培した大豆圃場における雑草量

- 注) 1) 2001年は播種後50日目, 2002年は56日目に調査。
 2) 横軸は条間を示す。
 3) 同一年内の同一英文字の処理間には5%水準で有意差がない (TukeyのHSD検定)。



第4図 サチユタカの狭畦密植栽培と除草剤の組み合わせによる雑草防除効果 (2003年)

- 注) 1) B.P.L.はベンチオオリーブ・ペンディメタリン・リニユロン細粒剤を播種直後に土壌処理した。
 2) 茎葉処理除草剤はイネ科雑草3~4L期に処理した。
 3) イネ科雑草優占圃場は7月9日に播種し, 播種後51日目に調査, 広葉雑草混生圃場は7月31日に播種し, 播種後55日目に調査。
 4) カヤツリグサ科雑草の乾物重は極めて少なかったため, 広葉雑草に含めた。
 5) 同一圃場の同一の英文字の処理間には5%水準で有意差がない (TukeyのHSD検定)。

条間の異なる条件での無除草区の雑草発生本数および地上部乾物重を第1表および第3図に示した。雑草の発生本数はイネ科、カヤツリグサ科、広葉いづれも大豆品種および条間による有意な差は認められなかった。地上部乾物重については、2001年、2002年ともにいずれの品種においても、慣行の条間70cmに比べて狭畦の条間35cmもしくは25cmで少なく、広葉雑草が優占した2002年の「サチユタカ」において、その傾向は強かった。また、品種間で比較すると、いずれの年においても「サチユタカ」のほうが「フクユタカ」よりも雑草の地上部乾物重は少ない傾向にあった。

試験2.「サチユタカ」の狭畦密植栽培と除草剤の組合せによる雑草防除

結果を第4図に示した。慣行の条間70cmの場合、イネ科雑草優占圃場では、イネ科雑草対象茎葉処理除草剤（テプラロキシジムまたはクレトジム）を処理した区の雑草量は、それぞれ無処理区の11%または22%となり、防除効果が高かったが、土壌処理除草剤処理区の雑草量は無処理区の41%となり、防除効果が劣った。また、広葉雑草混生圃場では、土壌処理除草剤処理区の雑草量は無処理区の13%となり、高い防除効果が得られたが、イネ科雑草対象茎葉処理除草剤処理区は残草量が多かった。

一方、条間35cmでは条間70cmと同様の傾向であったものの、イネ科雑草優占圃場および広葉雑草混生圃場いずれにおいても、土壌処理除草剤処理区およびイネ科雑草対象茎葉処理除草剤処理区の雑草量は無処理区の3~21%となり、防除効果が高かった。

4. 考 察

大豆は一般的に清潔作物と呼ばれ、初期の雑草防除を行えば、その後は茎葉の繁茂による雑草の生育抑制が可能であり、輪作体系の中に組み入れる上での利点とされている（大久保1976, 大久保1980, 斉藤1961）。また、密植により、雑草に対する生育抑制効果が高まることが指摘されている（中谷・野口1991, 野口ら1993）。本試験でも、狭畦密植で雑草量が減少し、雑草に対する生育抑制効果が高まることが確認された。また、品種によって雑草量に差が認められ、雑草に対する生育抑制効果には品種間差

があることも明らかとなった。

第1図、第2図および第3図に示した結果から、狭畦密植栽培による雑草に対する生育抑制効果の向上および品種間差は、大豆茎葉による植被率および遮光率の違いに起因すると推察される。すなわち、植被率または遮光率が高い品種あるいは栽植様式ほど雑草の生育抑制効果が高いと考えられる。

一方、第1表に示したように、品種および条間の違いは雑草の発生本数に影響しなかったことから、植被率と遮光率が高いほど雑草の個体当たりの生育量を抑制するものと考えられる。

野口（1986）は、相対照度が10%以下になると雑草の生育が著しく抑制されることを明らかにし、関東地域における大豆の除草必要期間を約30日と設定した。九州地域における大豆の必要除草期間は、慣行栽培で約15日である（草薙1982）。本試験における狭畦密植栽培では、慣行栽培に比べて遮光率が高く推移したことから、必要除草期間はさらに短くなると考えられる。試験2において、狭畦密植栽培で土壌処理除草剤の効果が高かったのはこのためであろう。

試験1で認められた植被率および遮光率の推移の品種間の差には、生育速度や草型の違いが影響したものと考えられる。生育速度については、初期の葉の展開速度の差が大きく関与したものと推察されるが、大豆の生育速度、特に初期の生育速度が雑草抑制に及ぼす影響についてはこれまでに報告がなく、今後の検討課題である。また、本試験の「サチユタカ」の出芽が「フクユタカ」に比べて半日~1日早かったことから、そのことも一因と考えられる。

草型については「サチユタカ」と「フクユタカ」はともに分枝型に含まれる（農水省2001）と考えられるが、個葉の大きさや葉柄の開度の違いが植被率や遮光率の差に影響したものと考えられる。

水稻では草型と雑草抑制力との関係が解析されているが（小荒井ら1994, 小荒井ら1995, 橘ら1997, 橘ら1999, 橘・渡辺2000）、大豆では同様な解析は行われていない。大豆の茎葉被覆を利用した耕種的雑草防除技術の確立のためには、雑草に対する生育抑制効果の高い草型の解析や品種開発が不可欠であり、今後の研究進展が期待される。

雑草の種類では、2001年のイネ科雑草よりも2002年の広葉雑草に対して、抑制効果が高かった。年次

による諸条件の違いも考慮されるが、試験2の結果(第4図参照)も加味すれば、広葉雑草のほうがイネ科雑草よりも大豆の被覆効果を受けやすいものと推察される。

以上のことから、「サチユタカ」は「フクユタカ」よりも雑草に対する生育抑制力が高く、株間を変えずに条間を狭めて密植することで、雑草に対する生育抑制力がさらに高まり、雑草量を著しく低減できると考えられる。試験1では条間35cmと25cmとの間に雑草に対する生育抑制効果に明確な差異は認められず、条間35cmでは倒伏がほとんど認められなかったものの、条間25cmでは一部で倒伏が認められたことから、実用的には条間を35cm程度にすることが適すると考えられる。

試験2では、慣行の条間70cmの無中耕・無培土条件では発生雑草の種類によっては、土壌処理除草剤もしくは茎葉処理除草剤のいずれか1回の除草剤処理では十分な雑草防除効果が得られなかったが、狭畦の条間35cmでは雑草の種類にかかわらず、1回の除草剤処理で十分な雑草防除効果が得られた。このことは、播種時期が梅雨にあたる暖地での大豆栽培において、降雨等により土壌処理除草剤が処理できなかった場合には、条間35cmの狭畦密植栽培では生育期にイネ科雑草対象茎葉処理除草剤を処理することにより、無中耕・無培土条件でも効果的な雑草防除が可能であることを示している。

前述のように、条間を狭めることで雑草抑制が高まり、その効果は特に広葉雑草に対して高いものの、イネ科雑草に対しては必ずしも十分とは言えなかった。狭畦密植栽培と土壌処理除草剤もしくはイネ科雑草対象茎葉処理除草剤の組み合わせは、暖地においてはイネ科、広葉両草種に対して効果的で、かつ中耕・培土を省略できる省力的な雑草防除法であると考えられる。

暖地の水田転換畑における優占雑草はノビエを中心としたイネ科雑草であるとされてきたが(草薙1982)、近年では大豆の作付け割合が増加したことにより、広葉雑草の発生も懸念されている。本研究の結果、「サチユタカ」を条間35cm程度で狭畦密植栽培することにより、今後の草種の変遷にも対応した安定的な雑草防除が可能と考えられる。

「サチユタカ」の密植栽培は、増収効果(森田ら2004、内川・福島2003、松永ら2003)、最下着莢位

置の上昇(松永ら2003)等によるコンバイン収穫適性の向上(内川・福島2003)など、栽培上のメリットも大きい。一方で、種子量の増加や、中耕・培土を行わないことによる圃場の排水性の悪化などのデメリットも考えられる。したがって、雑草防除を目的とした「サチユタカ」の狭畦密植栽培の普及のためには、これらのことを勘案した経済評価と管理技術の確立が望まれる。

5. 要約

大豆茎葉による植被率および遮光率は慣行の条間70cmに比べて、狭畦の条間35cmおよび25cmで高く、品種間では「サチユタカ」のほうが「フクユタカ」よりも高く推移した。また、雑草に対する生育抑制効果も「サチユタカ」のほうが大きく、その効果はイネ科雑草よりも広葉雑草に対して高かった。「サチユタカ」を条間35cmで栽培すると、播種直後土壌処理除草剤もしくは生育期イネ科雑草対象茎葉処理除草剤いずれか一方の処理だけで、中耕・培土を行わなくても高い雑草防除効果が得られた。

6. 引用文献

- 小荒井晃・須藤充・芝山秀次郎(1994) 水稲の品種間におけるコナギとの競合性の差異. 雑草研究 **39** (別): 100-101.
- 小荒井晃・須藤充・森田弘彦(1995) 草型を異にする水稲品種のノビエとの競合性の差異. 雑草研究 **40** (別): 160-161.
- 草薙得一(1982) 水田利用再編のための転作技術— 8. 雑草防除—. 農業技術 **37**: 390-395.
- 松永亮一・高橋将一・小松邦彦(2003) 耐倒伏性に優れるダイズ新品種「サチユタカ」の密植・無中耕無培土栽培. 日作九支報 **69**: 53-55.
- 森田弘彦・山下浩・古畑昌巳・脇本賢三(2004) 大豆「サチユタカ」の稔実莢数における密度反応. 日作九支報 **70**: 34-35.
- 中村大四郎(1994) 佐賀県における転換畑大豆作の雑草問題. 九州の雑草 **24**: 4-8.
- 中谷敬子・野口勝可(1991) 転換畑の大豆不耕起栽培における栽植様式の差異が雑草の抑制効果に及ぼす影響. 雑草研究 **36** (別): 170-171.

野口勝可 (1986) 畑作物と雑草の光競合に関する生態学的研究. 雑草研究 31 : 96-101.

野口勝可・Alfredo Alvarez Gimenez・中谷敬子 (1993) 大豆の狭畦栽培による雑草抑制効果. 雑草研究 38 (別) : 156-157.

農林水産省生産局 (2001) 水陸稲・麦類・大豆奨励品種特性表. p280-285. 農業技術協会, 東京.

大久保隆弘 (1976) 作物輪作技術論. p105-106. 農文協, 東京.

大久保隆弘 (1980) 雑草防除技術. 「大豆の生態と栽培技術」(大久保隆弘・斉藤正隆編)p147-152. 農文協, 東京.

斉藤光夫 (1961) 田畑輪換栽培. p168-187. 農文協, 東京.

橘雅明・伊藤一幸・内野彰・汪光熙 (1997) 寒冷地における水稻の草型の差異とタイヌビエの生育

量の関係. 雑草研究 42 (別) : 180-181.

橘雅明・渡辺寛明・内野彰・古原洋 (1999) タイヌビエ生育量を抑制する水稻草型形質の時期別解析. 雑草研究 44 (別) : 200-201.

橘雅明・渡辺寛明 (2000) 草型の異なる水稻6品種とタイヌビエとの競合関係にみられる年次間差異. 雑草研究 45 (別) : 62-63.

内川修・福島裕助 (2003) 大豆「サチユタカ」の茎水分からみたコンバイン収穫適期. 日作九支報 69 : 56-57.

7. 研究課題名：担当小課題名

代かき同時土中点播栽培における効率的雑草防除技術の開発

現地実証試験地域における集落水田農業の 動向予測と主要な担い手

倉知哲朗・田口善勝

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

地域総合研究「直播稲作型」の現地実証試験地域である福岡県夜須町は、筑紫平野北部の稲麦二毛作地帯に位置し、水稻・麦・大豆を中心とした土地利用型農業が広汎に展開している。しかし、この地域においても農業労働力の高齢化や農外就業の増加等に起因する担い手不足が深刻化してきており、水稻作を中心に省力化・低コスト化の技術開発が強く求められている。本報告では、現地実証試験地域の夜須町を対象に集落農業の動向を予測し、開発技術（水稻直播栽培技術）の受け手となる、今後の水田農業の主要な担い手を明らかにする。

なお、本研究の一部は、倉知：水田作農業の動向予測と主要な担い手、として九州農業研究第63号（2001. 5）に掲載された。

2. 研究方法

まず、現地実証試験地域の夜須町農業の現状と特徴を農業関係機関調査（役場、農業改良普及センター）、統計資料等により明らかにする。ついで、現地実証試験実施集落（1集落）および対照集落（2集落）の全農家に実施した営農実態および将来の営農意向に関するアンケート調査をもとに1999年を基準にした10年後（2009年）の各集落の農家、農業労働力、水田貸借面積等の農業構造を予測する。予測結果等をもとに、現地実証試験地域における今後の水田農業の主要な担い手を明らかにして、最後に水稻直播栽培の普及可能性に言及する。

予測には、農家意向積み上げ型地域農業動向予測シミュレータ¹⁾を用いる。これは、集落レベルでの農業構造の変化を農家の対応（意思決定）行動から明らかにするもので、農家1戸1戸の予測結果を

積み上げて将来の農業構造を予測する手法である。

予測方法の特徴を予測の手順にしたがい整理すると、次の①～⑤のとおりである。

①農家ごとの予測は、1年を単位に時間を動かし、世帯主や家族構成員等の加齢に伴い農業労働力に変化が生じた場合と現在利用している主な農業機械が耐用年数に達した場合に当該農家がどのような対応行動をとるかという意思決定にもとづいて実施する。

②農家の意思決定は、個々の農家の意向調査結果をもとに判定する。農業労働力の変化は、高齢化による農業生産からのリタイアや死亡、結婚、進学や就職による離農、後継者の新規就農、定年退職による帰農等の条件を判定し決める。また、主な農業機械（トラクター・田植機・コンバイン等）が耐用年数に達した場合の対応は、機械更新、作業委託、水田貸付等の農家意向を判定し決める。

③農業労働力の条件変化については、地域（県等）の年齢階層別平均余命、リタイア確率、結婚率、進学率、新規就農率、帰農率に関する統計数字にもとづく確率パラメータとして定義し、その出現確率を一様乱数で与えてシミュレーションを実施する。

④乱数を用いた予測を農家ごとに繰り返し実施し、平均余命、農業労働力のリタイア、新規就農や定年退職による帰農を確率的に処理した場合の農業労働力、農地、農業生産の増減に関する将来動向の発生頻度を推計する。予測は、確率シミュレーション方式を採用しているため、安定的な推計結果（確率値）を得るために、農家1戸当たりのシミュレーションを1,000回程度実施する。

⑤農家ごとの予測結果を集落全体で集計し、集落農業の構造変化を予測する。

3. 結果

1) 夜須町農業の現状と特徴

夜須町は、前述したように筑紫平野北部に位置しており、福岡市、久留米市の通勤圏に属する兼業深化地域である。1戸当たり経営耕地面積は、県平均の2倍の188aと大きい。主要作物の作付面積は、水稲が772ha、小麦577ha、二条大麦443ha、大豆401ha(平成12年産)であり、稲麦、大豆麦の二毛作田比率が高い。大豆は生産調整作物として導入され、ブロックローテーション方式により計画的に団地化され、作付けられている(第1表、第1図)。

同町は、機械の共同利用組織等のオペレーター農家を核にした農業生産の組織化が進んでいる(第2

第1表 夜須町農業の概況

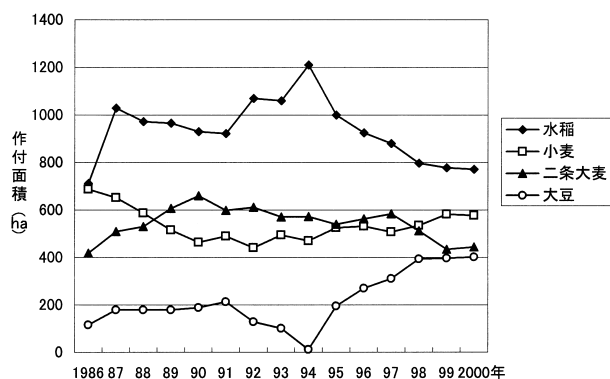
		夜須町		
		福岡県	平坦水田地域 ^{a)}	
専業的農家率 ^{b)}	(%)	22	18	21
恒常的勤務農家率 ^{c)}	(%)	29	27	25
水田率	(%)	91	81	89
1戸当たり経営耕地面積	(a)	188	95	110
水稲作付田のうち二毛作をした田	(%)	76	27	49
1戸当たり基幹的農業従事者数	(人)	0.92	0.78	0.85

資料) 2000年農業センサス。

注) a) 平坦水田地域は「農林統計に用いる地域区分」の平地農業地域水田型の19市町村。

b) 専業的農家率は男子生産年齢人口のいる専業農家と世帯主農業専従の1兼農家の合計の総農家に対する比率。

c) 恒常的勤務農家率は世帯主が恒常的勤務の2兼農家の販売農家に対する比率。



第1図 水稲・麦・大豆作付面積の推移

資料) 福岡農林水産統計年報

表)。しかし、機械利用の組織化の程度は集落によって異なる(第2図)。同町の北東山間部集落では圃場条件が悪いため機械利用組織が形成されず、水稲作業は個別で対応している。現地実証試験実施集落の曾根田集落が属する山麓扇状地集落では、基幹3作業(耕起・田植・収穫もしくは代かき・田植・収穫)が機械利用組織により実施され組織化が進んでいる。他方、南部平坦地集落では、田植・収穫の2作業や収穫作業のみが機械利用組織により実施され組織化の程度は弱い。南部平坦地集落におい

第2表 共同利用組織・受託組織参加農家率

単位: %

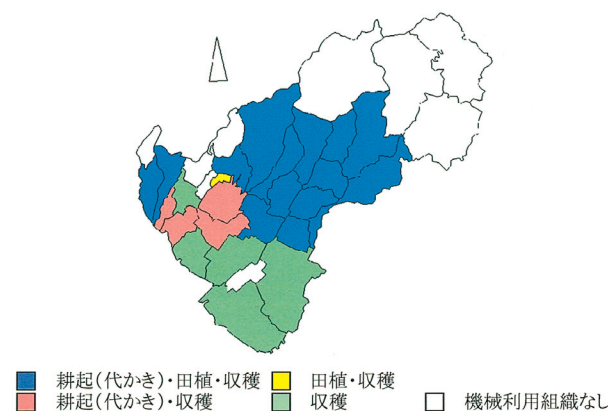
年次	生産組織	夜須町		
		福岡県	平坦水田地域	
1995年	機械・施設の共同利用組織			
	水稲作 ^{a)}	48	9	15
	麦作 ^{b)}	48	26	24
	農作業の受託組織			
2000年	水稲作 ^{a)}	23	3	3
	麦作 ^{b)}	27	7	6
	機械・施設の共同利用組織 ^{c)}	65	19	27
	農作業の受託組織 ^{c)}	23	6	9

資料) 1995年, 2000年農業センサス。

注) a) 水稲作の参加農家率は、水稲作付農家に対する割合。

b) 麦作の参加農家率は、麦収穫農家に対する割合。

c) 2000年は、作物別に調査されていないので、参加農家率は販売農家に対する割合。



第2図 機械利用組織の水稲作業種類別集落区分(夜須町, 1999年)

資料) 朝倉地域農業改良普及センター。

注) 耕起(代かき)は、耕起か代かきのいずれか1作業か耕起と代かきの2作業。

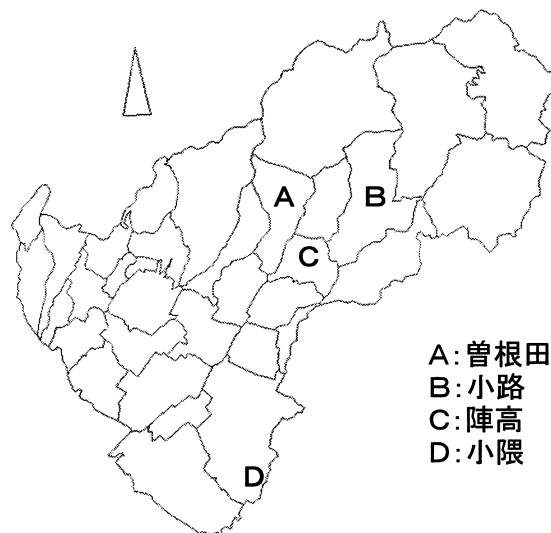
て組織化の程度が弱い要因の一つとして、水田率の高い同町のなかでも南部平坦地には、果樹、野菜作の比重の大きな地域があり、これらの集落では相対的に労働力が農業内に残っていることがあげられる。南部平坦地集落では相対的に恵まれた労働力を保有していたことが、山麓扇状地の集落に比べて水稲作の組織化の進展を弱めたものといえる。

2) 分析対象集落農家の将来営農意向

分析対象集落は、現地実証試験実施集落であり機械利用の組織化が進展している曾根田集落²⁾と、曾根田集落と同様に夜須町の中で組織化が進展している小路・陣高集落、逆に機械利用の組織化が弱い小隈集落の3集落である(第3図)。ここでいう小路・陣高集落は、農業センサス集落の小路と陣高を合わせた地域であり、小隈集落は農業センサス集落の下高場の一部地域である。いずれも、機械利用組織の単位地域である。

曾根田、小路・陣高両集落は山麓扇状地に位置し稲麦中心の、兼業化が進展している集落であり、機械利用組織は基幹3作業を行っている。他方、小隈

集落は南部平坦地に位置し稲麦への依存度が低く果樹(梨)中心の、相対的に労働力がまだ農業内に残っている集落であり、機械利用組織は収穫作業のみを行っている(第3表)。



第3図 分析対象集落の位置(夜須町)

注) a) 地図上の境界は、農業センサス集落界を示す。
b) 小路・陣高集落はセンサス集落BとCを合わせた地域、小隈集落はセンサス集落Dに属し、その南部に位置する地域

第3表 分析対象集落の農業生産と機械利用組織の概況

集 落	曾根田	小路・陣高	小隈
〈組織化の程度〉	進展	進展	弱
〈農業生産〉			
農家数	(戸) 27(専5, 1兼7, 2兼15)	31(専2, 1兼9, 2兼20)	16(専4, 1兼6, 2兼6)
専門的農家率	(%) 26	23	50
恒常的勤務農家率	(%) 42	23	19
経営水田面積	(ha) 67	49	14
水田率	(%) 98	89	54
1戸当たり経営耕地面積(うち水田)	(a) 254 (249)	176 (158)	165 (90)
水稲作付田のうち二毛作田の割合	(%) 92	94	95
水稲・麦・大豆作付面積	(ha) 水稲40, 麦52, 大豆22	水稲28, 麦37, 大豆13	水稲9, 麦12, 大豆4
果樹栽培面積	(ha) —	梨2	梨10
1戸当たり基幹的農業従事者	(人) 1.1	1.0	1.3
〈機械利用組織〉			
参加農家数	(戸) 26	28	6
水稲作業面積	(ha) 代かき32 田植20・直播11 収穫32	耕起12, 代かき8 田植24, 収穫27	収穫5
麦作業面積	(ha) 収穫40	収穫35	収穫8
大豆作業面積	(ha) (播種22, 収穫22) ^{a)}	播種13, 収穫13	(播種3, 収穫4) ^{a)}

資料) 数値は農家調査(1999年)による。ただし、専門的農家率、恒常的勤務農家率、二毛作田の割合、1戸当たり基幹的農業従事者は2000年農業センサスより算出した。

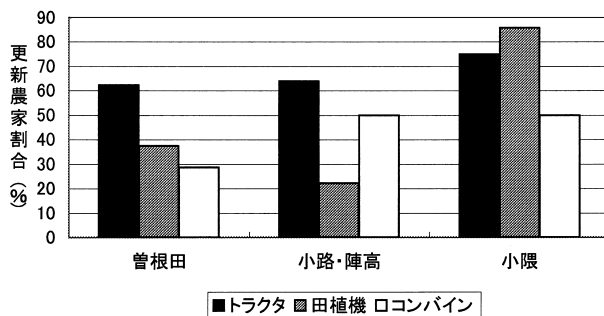
注) a) 曾根田、小隈集落の大豆の播種、収穫作業は、水稲、麦とは別のより広域の機械利用組織で対応。

稲作農家における水稲生産の将来の営農意向からみた農業機械の更新意向は、トラクターが3集落とも更新農家割合が大きいのに対して、田植機は集落間で違いがみられる。機械利用組織が基幹3作業を行って組織化が進展している曾根田、小路・陣高集落は田植機、コンバインとも更新農家割合が小さいが、収穫作業しか組織化されていない小隈集落では田植機の更新農家割合が大きい(第4図)。また、「将来、世帯主が高齢化して働けなくなった」場合の意向では、組織化の進展している曾根田、小路・陣高集落は引き続き機械利用組織への作業委託農家割合が大きく、水田貸付農家割合は小さい。しかし、組織化の弱い小隈集落では逆に作業委託農家割合が小さく、水田貸付農家割合が大きい(第5図)。集落における機械利用の組織化の程度の違いが、農業機械の更新の有無や世帯主の高齢化による対応の違いに明確に現れている。

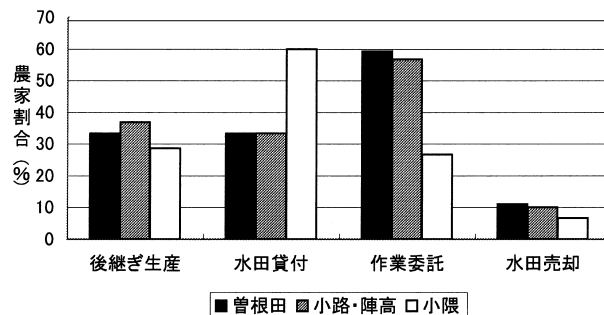
3) 集落農業の動向予測

集落農家全戸における、これらの将来の営農意向をもとにした10年後(2009年)の農家、農業労働力、水田貸借の予測結果から機械利用の組織化の進展している曾根田、小路・陣高集落では農家数が22~26%、農業従事者数が24~31%減少することが予測された。特に農業従事者の中で非オペレーター層の補助労働従事者の減少が大きいことが明らかになった。また、水田貸付面積は集落水田面積の12%に達することが予測された。ただし、両集落ではこれを上回る借入面積も見込まれた。これに対して、機械利用の組織化の弱い小隈集落では農家数が38%、農業従事者数が36%減少することが予測された。また、水田貸付面積は水田全体の61%と大幅な増加が見込まれるが、集落内には借入面積の増加が全く見込まれず、耕作放棄による荒廃が予想された(第6図、第7図、第4表、第5表)。

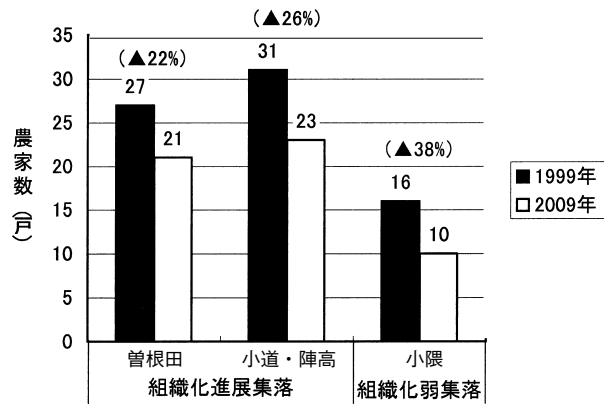
集落ごとの農業動向予測結果から、現地実証試験地域においては、機械利用の組織化が進展している集落ほど農家、農業労働力等の減少率が小さく、今後の集落農業の動向には機械利用の組織化の程度が大きく影響してくるものといえる。機械利用組織は個別経営の補完組織として機能しており、組織化の進展している曾根田、小路・陣高集落では機械利用組織が農家や農業労働力の減少を緩和する役割を果たしている。これに対して組織化が弱い小隈集落は、



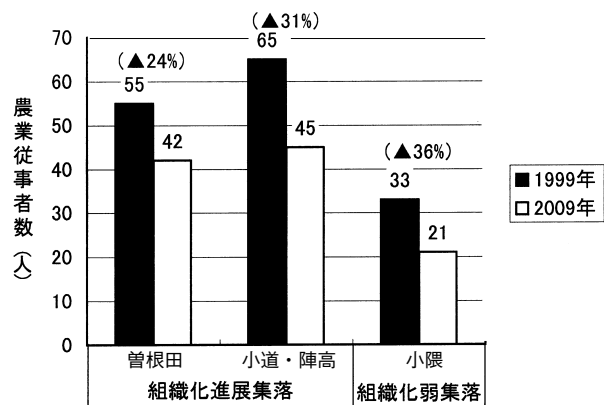
第4図 農業機械の更新意向



第5図 水稲作農家の営農意向



第6図 農家数の予測結果
注) () は10年間の減少率を示す。



第7図 農業従事者数の予測結果
注) () は10年間の減少率を示す。

第4表 オペレーター等の予測結果（曾根田機械利用組合）

農業労働力 ^{a)}		1999年	2009年	増減数
オペレーター労働	農業従事者	7	7	0
	農業就業人口	3	5	2
	65歳未満の農業就業人口	3	4	1
オペレーター以外の出役労働	農業従事者	14	10	▲4
	農業就業人口	9	8	▲1
	65歳未満の農業就業人口	5	3	▲2

単位：人

注) a) 曾根田集落在住の組合員のみを対象とした。

第5表 水田貸借農家数・面積の予測結果

		組織化進展集落						組織化弱集落		
		曾根田			小路・陣高			小隈		
		1999年 (現状値)	2009年 (予測値)	増減数	1999年 (現状値)	2009年 (予測値)	増減数	1999年 (現状値)	2009年 (予測値)	増減数
貸付	農家数	1	7	6	3	10	7	6	10	4
	面積 ^{a)}	130	814 (12%)	684	93	598 (12%)	505	391	878 (61%)	487
借入	農家数	11	10	▲1	13	11	▲2	4	4	0
	面積	3,188	4,355	1,167	1,522	2,352	830	255	255	0
売却	農家数	—	1	1	—	1	1	—	—	—
	面積	—	100	100	—	30	30	—	—	—

単位：戸，a

注) a) 貸付面積の予測値の下の()は集落水田面積に対する割合を示す。

現時点では労働力が農業内に残っているものの、10年後の予測結果では組織化が弱いがために農家、農業労働力の減少がより急激に顕在化することが明らかになった。

4. 考察

1) 水田農業の主要な担い手

現在、曾根田、小路・陣高両集落の機械利用組織は、オペレーター農家が中核になっており、これらオペレーター農家が水田農業の中心的な担い手になっている。オペレーター農家は、水稻と、主として麦大豆作、施設園芸、畜産との複合経営である(第6表)。そして、これら農家は、自らの経営の補完組織として機械利用組織を位置づけ、経営展開を図っていることに特徴がある。すなわち、機械利用の組織化が進展している曾根田、小路・陣高両集落では、基幹作業を行うオペレーターと苗補給、水管理、収穫物運搬等を分担する補助労働従事者との組

織的な作業対応によって農業生産が可能な仕組みになっており、オペレーター農家は苗補給等の補助作業部分を機械利用組織を通じて非オペレーター農家に補完されている。他方で、機械利用組織の非オペレーター農家は、機械利用組織が存在することにより、オペレーター農家に機械作業を依存し農業生産を維持している。こうした集落の機械利用組織に支えられ、経営展開を図っているオペレーター農家が水田農業の主要な担い手になっている。

10年後の動向予測結果では、機械利用の組織化が進展している曾根田、小路・陣高両集落では、小隈集落と比較すると農家や農業労働力の減少率が小さく、集落内の水田は貸付面積を上回る借入面積が見込まれている。

機械利用組織における基幹作業を担当するオペレーター農家と苗補給等の補助作業を担当する非オペレーター農家との作業対応が、集落の農家や農業労働力の減少を緩和し、貸付面積を上回る借入面積の存在を可能にしており、オペレーター農家を中核

第6表 経営規模拡大意向農家の経営概況と拡大意向面積 (曾根田集落)

農家	専兼別	経営類型	機械利用 組合 ^{a)}	同オペレー ター ^{a)}	農業従事 者 ^{b)} (人)	経営水田面積 (a)	
						現状	将来
A	専	水稻・麦・大豆	○	○	4 (2)	987	1,287
B	専	水稻・麦・大豆			6 (4)	1,385	1,585
C	2兼	水稻・麦・大豆	○	○	2	271	571
D	専	水稻・麦・大豆・施設園芸	○	○	4 (4)	765	865
E	専	水稻・麦・大豆・肉用牛	○	○	3 (2)	500	800

注) a) 機械利用組合, 同オペレーターの○は組合加入農家, オペレーターのいる農家を示す。

b) 農業従事者の () は65歳未満農業就業人口を示す。

とする機械利用組織が集落の農業生産の維持に不可欠な存在になっている。現地実証試験地域における水田農業の主要な担い手は、今後も、こうした集落の機械利用組織の中核であり、同時にその機械利用組織に支えられ、経営展開を図っているオペレーター農家と想定できる。

2) 水稻直播栽培の普及可能性

最後に、水稻直播栽培の普及可能性について言及すると、今後の水田農業の主要な担い手と考えられる、機械利用組織の中核であり、同時にその機械利用組織に支えられたオペレーター農家が存在する曾根田、小路・陣高集落においても予測結果では、2009年に農業従事者の24～31%の減少が予測される。しかも、曾根田集落の予測結果ではオペレーター労働は減少しないが、補助労働に従事するオペレーター以外の出役労働の減少が大きい。このまま推移すれば機械利用組織の中核になるオペレーターに対する労働負担の増大が予想される。したがって、育苗、苗運搬、苗補給作業を削減する直播栽培は補助労働の代替につながる効果が大きく、水稻直播栽培の普及可能性は高いといえる。

他方、機械利用の組織化の弱い小隈集落では農業従事者の一層の減少と水田貸付の増加への対応として、水稻直播栽培の普及可能性はあるといえる。ただし、小隈集落は、今後、水田の貸付超過が生じ、その受け手が存在なくなると予測される状況では、集落外をも含めた担い手の確保が直播栽培導入より先に検討すべき重要な課題になる。

5. 要約

機械利用の組織化が進展している現地実証試験実

施集落 (曾根田集落)、実施集落と同じように組織化が進展している集落 (小路・陣高集落)、逆に組織化が弱い集落 (小隈集落) の3集落を対象に実施した集落全農家への営農実態および将来営農意向アンケート調査結果をもとに、集落ごとの農業構造の動向予測と水田農業の主要な担い手の特定を行った。1999年を基準にした10年後 (2009年) の集落ごとの農業構造の動向予測により、現地実証試験地域においては、農家、農業労働力の減少は組織化の弱い集落がより激しく、水田は大幅な貸付超過になること、水田農業の主要な担い手は、集落の機械利用組織の中核であり、同時にその機械利用組織に支えられ、経営展開を図っているオペレーター農家であることを明らかにした。また、組織化進展集落でもオペレーター以外の補助労働力が大幅に減少し、その対策として水稻直播栽培の普及可能性が高いこと、組織化の弱い集落では労働力の減少への対応として水稻直播栽培の普及可能性はあるが、動向予測結果から判断すると、直播栽培の導入より先に、集落外をも含めた担い手の確保が重要な課題になることを指摘した。

6. 引用文献

- 1) 門間敏幸 (1999) 農家意向積み上げ型地域農業動向予測シミュレーターシム・ルーラルの構造と機能ー、「農家経営行動論ー農家の行動論理と意思決定支援ー」(浅井 悟, 門間敏幸) 東北農業研究叢書 2:309-348.
- 2) 笹倉修司, 笹原和哉 (1999) 暖地における水稻直播栽培の意義と課題, 「水稻直播の経営的効果と定着条件」(小室重雄編著) 総合農業研究

叢書 36：163-192.

7. 研究課題名：担当小課題名

対象地域における農業経営の動向解析

集落営農組織への水稲直播栽培技術導入の影響と 組織運営改善効果

笹倉修司・笹原和哉¹⁾・田口善勝²⁾・井上裕之

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

北部九州の水田地域、とりわけ筑後川流域の水田地域においては、集落を主要な活動範囲とした営農組織の展開がみられるが、多くの組織で構成員の高齢化や兼業の深化等に伴うオペレータや補助出役者不足が問題となっている。また、水稲、麦類、大豆によって構成される二毛作体系下においては、暖地とはいえ作付切り替え時期における作業競合が生じている。こうした問題への対処方策として、育苗や苗運搬、あるいは作業機への頻繁な補給を必要とせず、従ってワンマンオペレーティングが可能な水稲直播栽培技術の導入が試みられている。

水稲直播栽培技術の個別経営への導入効果等に関しては既に多くの研究が存在する。例えば松田ら¹⁾は全国各地域における水稲直播の導入事例を分析しているが、現地資料等による簡単な経済性評価にとどまっている。一方、小室ら²⁾は詳細な実証データを基に全国各地域での水稲直播の導入効果を分析しているが、その対象は個別経営が中心であり、概ね大規模経営においてその効果がより強く発揮されるとする結果となっている。しかしながら、北部九州の現状をみると、必ずしも大規模経営が広範に展開する状況にはなく、このことを踏まえれば、より現実的な導入場面としてはやはり営農組織が主な対象となろう。ところが、既存の研究においては、集落営農組織を対象としてその導入の影響や効果を明らかにしたものは少く、このことが水稲直播栽培技術が普及しにくい要因の一つとなっている。

そこで本稿では、組織的に水稲直播栽培技術を導入した福岡県夜須町S機械利用組合を分析事例として、導入に伴う出役構造やコスト構造の変化を分析し、水稲直播栽培導入の組織運営への影響や組織運

営改善効果を明らかにする。

2. 研究方法

1) 分析対象組織の概要

まず、分析対象としたS機械利用組合（以下、S組合と略す）の概要に触れておく。S組合はS集落の大半の農家と隣接するM集落の一部の農家32戸で構成されている。組合員農家の経営水田面積は約60haであるが、施設園芸用のハウス用地等を除くと、概ね50ha強が水田作に利用されている。そのほぼ全面積に冬作の麦類が作付けられる一方、夏作では生産調整割合が約4割であることから水稲作付面積が約30ha（うち直播栽培10ha強）、転作作物としてはほぼ全てに大豆が作付けられている（面積約20ha）。転作については数集落によって構成される地域ブロック単位でブロックローテーションが実施されているが、4割の生産調整割合に対応し、基本的には3年一巡と2年一巡を組み合わせた、5年に2回の転作を行う輪作体系によってローテーションされている。

S組合が組織として実施する作業は、水稲の代かき（直播、移植とも）、田植、直播における塩水選・種子粉衣・播種・除草剤散布、収穫・運搬および麦類の収穫・運搬である。これらの作業は組合員の出役によって実施するが、その他に組合所有機械の組合員への貸し出し（所有機械の員内共同利用）も行っていて、乗用管理機を用いた麦類および大豆の中耕・培土作業の利用面積が大きい。なお、転作大豆に関わる作業は別の組織、SM大豆生産組合が担っていることから、S組合は稲麦を対象とした集落営農組織であるといえる。また、水稲の移植栽培用の種子予措・播種・育苗や麦類播種、あるいは耕

九州沖縄農業研究センター総合研究部農村システム研究室：〒861-1192 熊本県菊池郡西合志町須屋2421

1) 現、九州沖縄農業研究センター総合研究部経営管理研究室

2) 現、九州沖縄農業研究センター総合研究部動向解析研究室

起作業は個別農家を実施しS組合は関与しない。さらに、防除作業は地域内の中核的な農家が設立した有限会社Fが一手に引き受け、乾燥・調製は一部は個人所有機械を利用するものの、大半はJAのカントリーエレベータに搬入されるというように、地域の水田農業は重層的な組織によって担われている。

ところで集落営農については農水省が「農業集落を単位として、農業生産過程の一部又は全部についての共同化・統一化に関する合意の下に実施される営農」という極めて広い定義付けを行っているが、S組合の現状は、その中の集落共同作業組織と位置づけることができる。

組合員の出役による共同作業と述べたが、出役状況から組合員は次の5つのグループに分類することができる。

まず1つ目は中核オペレータ群とも呼ぶべきグループであり4名が存在する。このうち3名は水田作複合専業経営の経営主であり、前述の大豆生産組合や有限会社の構成員・オペレータでもあって、まさに地域の中核的な担い手といえよう。また1人は兼業農家の経営主であるが、農繁期中はほぼ毎日出役する等中核オペレータとしての役割を担っている。これらのオペレータはS組合が実施する各種作業にほぼ全期間出役しており、40歳代から50歳代の働き盛りである。

2つ目のグループは兼業オペレータ群である。30歳代後半から50歳代で比較的安定した農外勤務に従事しつつ、農繁期には機械作業のオペレータとして従事するグループで7名が存在している。

3つ目のグループは補助作業にのみ出役する補助出役者群であり、年によって若干異なるが概ね12～13人が該当する。この中には高齢者（オペレータの親世代を含む）や女性、一部は野菜専業農家で野菜部門が忙しいため補助作業にのみ出役する者がいる。

4つ目は組合長と副組合長の2人の役員層（いずれも60歳代）であり、全体を統括するとともに作業の進捗状況を見ながら水利施設の調整も行う、いわば監督的作業従事者群である。

最後に、全く出役しない非出役者群が8戸程度いる。出役はしていないが、前に述べた個別で実施する作業は行って貸付農家ではない。

S組合が所有する主要な機械を第1表に示した。トラクタは補助事業での導入であるが、既に償却済

みとなっているし、自脱コンバインも当初は補助事業で導入したが、その後自己資金で更新するなど、大半の機械は自己資金（近代化資金借入）によって装備している。このことからS組合の財政運営は極めて健全であることが伺えよう。

ところで、S組合所有機械のみではS組合が実施

第1表 S組合における主要機械装備

機械・作業機	大きさ・機能	台数等
トラクタ	60ps	1台
代かきハロー	3m	1台
直播機	8条播(2.4m)	1台
自脱コンバイン	5条刈	2台
田植機	6条植(同時施肥機付)	2台
乗用管理機	21ps	1台
コーティングマシン		1台

する作業全てをまかなうことができない。その場合は、組合員が所有する機械を借り上げ（リース）という形態で利用している。主にリースしているのは、収穫物の運搬や代かき時の水廻り、田植時の肥料運搬等に使用するダンプトラック、軽トラック等の車両と、代かきや直播に使用するトラクタである。これらについてはS組合が定める時間借り上げ単価に基づいて利用されている。

S組合の設立は1993年である。当初は水稻は全て移植栽培であった。しかし、それでは短期間に多人数の出役者が必要であり、機械台数も多くならざるを得ない。S組合では通常、移植作業は3人の組作業編成（オペレータ+苗補給・肥料補給補助2人）で行うことにしているが、第2表に見るように、直播導入前には出役者数が確保できず2人体制での作業が多い状態となっており、それに対する対応策が求められていた。そうした状況の中で出会ったのが水稻直播栽培技術である。

S組合が水稻直播栽培を本格的に導入したのは1998年である。本格的導入に至る経緯について若干触れておく。1996年の直播サミットは福岡県で開催され、九州農業試験場（当時）開発の代かき同時土中点播直播技術に出会う。翌年、その九州農業試験場が開始した本プロジェクト研究の営農試験地となり、S組合の中核オペレータが耕作する圃場が実証圃となった。実証圃での栽培状況を具にみて、オペレータや役員層は、出役者数の削減や作業時期の分

第2表 移植作業における田植機の総稼働台数と3人未満組作業人員台数

年次	直播導入前			直播導入後						
	96年	97年	平均	98年	99年	00年	01年	02年	03年	平均
総稼働台数	19	17	18.0	12	16	12	10	12	8	11.7
3人未満台数	9	3	6.0	1	1	1	0	1	0	0.7

散等により組織運営改善に効果があると判断して本格導入を決意し、自己資金で直播機を購入して1998年から10ha規模での栽培が開始されたのである。以後、最大で17ha、最小でも10haの水稲直播栽培が実施されている。面積変動は、基本的には水掛かりと転作ローテーションとの関係からくるものである。

2) 分析方法

組織への水稲直播導入の影響、効果を知るという観点からすれば、導入前後における比較が基本的な分析方法となる。S組合は法人格を有しない任意組合とはいえ、費目別の詳細な経費を算出し毎年の総会に決算報告を行っている。主な費目として、支出では人件費（オペレータおよび補助員賃金）、賃借料（リース料）、農機具修理費、燃料費、格納庫借料、借入金返済金、役員報酬、保険料、会議費等がある。収入の大半はもちろん作業料金であり、あとは貸し出し機械の使用料収入が若干といったところである。また、出役については作業別、日別の出役者名、出役時間、作業対象圃場（面積）を記載した作業日誌を記帳している。

そこで、作業別、出役者グループ別の出役日数、出役時間等については、導入前は1996年および97年の2年間の、導入後は98年から2004年まで7年間の作業日誌データを用いて比較分析を行った。導入前データとして1995年以前の値を用いなかったのは、やや欠損値が存在すること、機械の機種構成が違い（小型機の存在）、かえって正確な比較が行えないと判断したためである。また、費用算出については主に2003年の会計報告の基礎データを用いた。年次が古くなると、例えば燃料費等の単価が異なりコスト比較が困難なためである。その他圃場作業時間等については、1996年以降筆者らが実施した作業時間調査データで補足した。なお、S組合における出役時間は格納庫に集合した時点から解散までの時間を記帳しており、作業手順等の打ち合わせや機械の準備、終了前の片付け、圃場へおよび圃場間の移動時間等

も含まれる。圃場作業の時間のみを用いる研究事例が見受けられるが、それでは現実より過小に算出されることになる。その意味で本稿の分析結果は、より現実の組織活動に即したものとイえる。

作業料金、出役労賃、リース料等を第3表に示した。作業料金は夜須町の標準作業料金よりもかなり低い。一方、出役労賃、特にオペレータ賃金はかなり高い設定となっている。オペレータ賃金については夜須町が福岡市への通勤地域であることから、中核的な働き手に対しては農外就業に見合う賃金が必要との認識で設定したというが、これで組合の財政が健全であるということは、極めて効率的な作業遂行が実現していることに他ならない。

ところで、これまでの筆者らの作業時間調査やS組合の作業日誌等の分析結果からは、水稲直播栽培導入の作業遂行への影響は春作業にのみ現れ、秋作業においては移植との違いが認められない。そこで、ここでの分析対象時期は春作業のみに限定する。ただし、自脱コンバイン等による収穫作業のコスト算出に当たっては、年間の稼働時間、稼働面積が必要である。そこで、収穫作業に係る費用算出については稲刈りも含めて分析を行うこととした。

さて、水稲直播栽培技術導入による出役構造やコスト構造の変化を、導入前後の比較により明らかにすると述べたが、具体的な分析手順について述べよう。

目的の一つが春季農繁期、麦類から水稲への作付切り替え期における作業競合回避の効果如何であるから、まず、各作業の作業時期や作業遂行状況を導入前後で比較する。すなわち、麦類の収穫から代かき、田植へとつながる組織活動が、代かき—直播が加わることで、作業時期や1日の作業面積、出役時間、使用機械台数等にどのような影響を与えるかを分析する。次に、多人数の出役者の確保が困難となっている状況に対して、直播導入はその解決策たり得るか否かの解明が目的であるから、総出役時間やそのグループ別割合等の変化を比較分析する。す

第3表 S組合における作業料金・労賃・リース料と夜須町標準料金等

S組合		夜須町
作業料金		
代かき	3,000円/10a	4,800円/10a
田植え	5,000円/10a	6,800円/10a (手伝い人・苗作りは別)
直播	5,000円/10a	—
水稲収穫	11,000円/10a	16,300円/10a (運搬・カッター付き)
麦収穫	7,000円/10a	13,200円/10a (運搬・カッター付き)
労賃		
	2,500円/時 (収穫オペレータ)	5,500~6,000円/8時
	2,200円/時 (その他オペレータ)	(一般農作業まかないなし)
	1,500円/時 (収穫補助)	
	1,300円/時 (その他補助、水廻り)	
リース料		
トラクタ	1,700円/時	
運搬車	700円/時	
軽トラック	300円/時	

注) 1) 夜須町の標準料金等は「平成14年農作業労務基本賃金表 (農業委員会)」より。

2) S組合の田植えには補助 (手伝い人) を含む。また、収穫作業は補助、運搬・カッター付きの料金。

なわち、オペレータ群の出役や補助出役者、特に高齢補助者が出役が移植のみの段階と直播導入後ではどのように変化したかを分析する。

以上の分析によって直播導入による出役構造の変化を明らかにし、その分析結果、出役時間の変化や使用機械台数の変化を踏まえて、それらが組織としてのコストにどのように反映されるか、人件費や機械償却費等のコスト構成や水準がどのように変化するかを明らかにする。ここで留意すべきことは、あくまで組織としてのコストが対象であり、直接的な直播と移植との比較ではない、ということである。従って、前に述べたような組織として実施する作業、麦類の収穫と、移植では水廻り、代かき、田植、直播では塩水選・種子粉衣と水廻り、代かき、播種という異なった作業の比較を行う。

ここで、なぜ異なる作業を対象に、しかも「組織コスト」を用いるのか、ついて述べておきたい。研究目的でも触れたように、大規模経営が広範に展開していない北部九州においては、営農組織が水稲直播の導入対象となろう。組織の構成員やリーダーにとっては、移植と直播という様式別の比較分析情報も必要ではあるが、実際に組織が実施する作業を対象にして、直播導入に伴い組織としての働き方がどう変化しコストはどうなるのか、という情報のほう

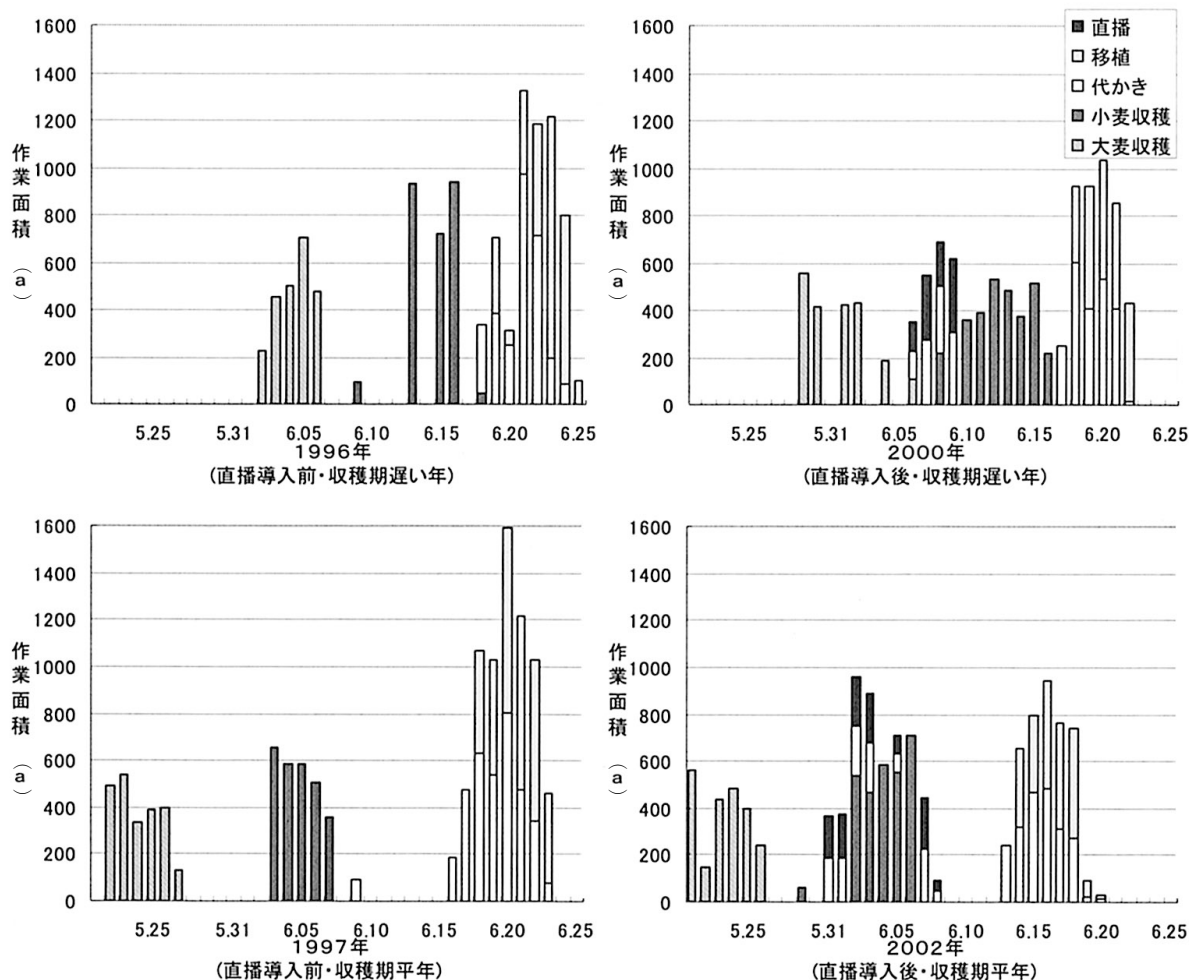
がより現実的であり、直播導入の意思決定において重要である。一方、新たな米政策改革においては、集落営農の経営体への移行が強く求められている。「経理の一元化」に向けて、組織における会計の健全性如何を明確にする上でも組織コストの把握が必要といえる。

3. 結果

1) 作業時期および日作業面積の変化

作業種類別の作業日と1日の作業面積を第1図に示した。麦類の収穫時期はかなり大きな年次変動があるが、1997年および2002年はほぼ平年の作業時期を、1996年および2000年は収穫が遅い年の作業時期を、水稲直播導入前後についてそれぞれ代表させている。

ここから指摘できる第一の点は、代かきおよび移植作業における1日の作業面積が小さくなり、作業ピークが緩和されたことである。その理由はもちろん直播が導入されることで移植作業 (必要) 面積が減少し、かつ直播の作業時期が6月上旬に移動したため、6月中下旬の移植面積が減少したことにある。1日当たりの移植面積の縮小は機械装備台数の削減につながる。トラクタおよび田植機の台数、特に1



第1図 直播導入前後における日作業面積の変化

日の最大投入台数の変化を第4表に示したが、直播導入前においては5台のトラクタおよび3～4台の田植機を必要としていたものが、導入後は3台のトラクタと2台の田植機での作業遂行が可能となっているのである。こうした必要機械台数の削減は組合としての機械装備台数の削減による機械償却費の低減、あるいは前述のような借り上げ方式においてはリース料の低減によって組織コスト低減に寄与することになる。この点については後述する。

指摘すべき第二の点は、移植作業終了日が早まり、6月25日の適期内遂行が可能となった点である。対象地区は複数の異なる水源から用水を確保している。地区内を流下する小河川からの直接堰上げ、小河川から取水し一旦ため池に貯留した用水の利用、そして両筑用水（江川ダム）からの取水であるが、最大かつ安定した水源である両筑用水の取水開始日が6月18日であり、移植（およびそのための代かき）作

業はそれに規定される。しかし、6月25日を過ぎると収量への影響が現れてくることから、それ以前に終了したいのである。第1図の終了時期の早まりは、移植の必要面積が減少したことに伴い、この適期内作業が可能になったことを示している。

指摘される第三の点は、直播作業が6月上旬に移動したことに伴い、今度はこの時期に新たなピークが発生するとともに、麦類、特に小麦の収穫作業と直播およびそのための代かき作業とが同時期化した点である。現在の水稲の主力品種であるヒノヒカリの場合、6月中旬以降の播種は若干の不安定性を有しており適期は6月上旬である。すると、第1図に示されるように麦類の収穫がほぼ平年並みの年にそうした同時期化が発生することになる。このことは同時に異種の機械作業が平行して実施されること、つまり、それに応じたオペレータの確保が必要なることを意味している。

第4表 機械機種別にみた1日の最多投入台数

	全移植体系			直播・移植組み合わせ体系				
	96年	97年	98年	99年	00年	01年	02年	03年
トラクタ ^{a)}	5台	4台	3台	3台	3台	3台	3台	3台
田植機	4台	3台	3台	3台	3台	2台	2台	2台
自脱コンバイン	3台	2台	2台	2台	2台	2台	2台	2台

注) a) 全移植体系では全て移植対応代かき用, 直播・移植組み合わせ体系では代かき+直播用の台数を示す。

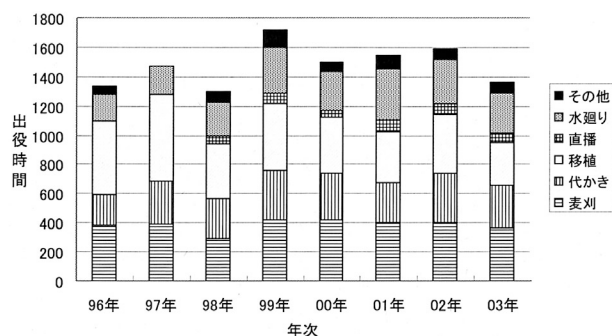
2) 作業種類別およびグループ別出役時間の变化
作業種類別の出役時間の推移を第2図に示した。若干の年次変動はあるものの、直播導入前に比べ導入後はやや増加しているようにも見える。しかし、各作業の面積そのものにも若干の変動があることから、平均的な同一面積で示したのが第3図である。ここではS組合の平均値から、麦類の収穫面積を51ha、水稻については33haとし、直播導入前はこれが全て移植、導入後は直播12haと移植21haとしている。また、前述の移植作業における労働過重な組作業編成の実態を考慮し、ここでは必ず3人の組

作業とすることを想定した補正を加えている。

これを見ると、麦類の著しい不作年であった1998年の麦類収穫時間が短くなっているが、その点を除くと、導入前後における総出役時間にはほとんど差がないといえる。しかし、作業種類別にみると構成はやや変化しており、移植時間は減少し、同一面積である移植対直播+移植でも減少傾向が指摘できよう。それに対して、水廻り時間は明らかに増加し、また代かき時間もやや増加傾向が認められる。さらに、直播導入に伴って塩水選・種子粉衣時間が付け加わっているのである。なぜ、水廻り時間や代かき時間が増加するのか。この点についてはグループ別出役時間の变化をみた後に再度その要因について検討することにしよう。

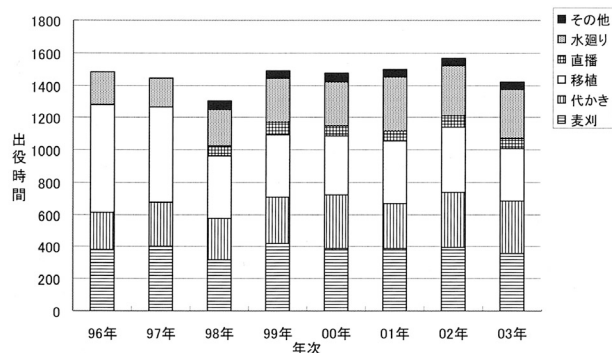
そのグループ別出役時間の推移を構成比として示したのが第4図である。ここでは補助出役者群をさらに、概ね70才代以上の高齢補助出役者群と、兼業従事者や経営主の妻等の兼業等補助出役者群に分けて示している。明らかに高齢補助出役者群の出役時間が減少し、これに対して兼業オペレータ群や兼業等補助出役者群の出役時間が増加している。また、補助出役時間全体としても減少傾向が認められる。

そこで、各群別に作業種類別出役時間の变化をみたのが第5図から第8図である。まず、中核オペ



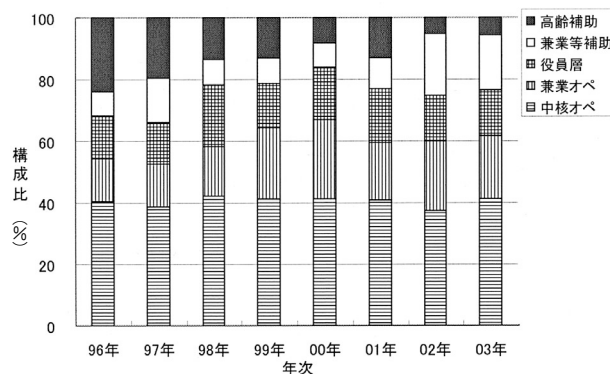
第2図 総出役時間の推移 (春作業、作業種類別)

注) 96年, 97年が全移植, 98年以降が直播・移植組み合わせの値。



第3図 面積同一化後の総出役時間推移 (春作業、作業種類別)

注) 麦刈51ha, 水稻33ha (全移植は全て移植, 組み合わせは直播12ha + 移植21ha) に同一化して補正。



第4図 グループ別出役時間構成割合の推移

レータ群については構成比で示しているが、麦収穫作業、代かき作業が4割、移植が2割程度の構成比であったものが、麦収穫は2割程度まで、移植作業は1割強まで減少し、一方で、代かきは5割まで増加、その他も増加し、新たに直播が追加されて1割弱を占めるようになってきている。直播導入前は麦の収穫と代かき・移植の時期が分離されていたため、中核オペレータは麦の収穫と代かきに中心的に従事し、さらに移植は代かき後1～2日後に行うため、作業期間後半では移植作業にまで従事していたのであるが、導入後は代かきと直播に特化する傾向となっている。前述の麦収穫と代かき+直播作業の同時期化の影響がここに現れており、同時期化した場合は、最も熟練を要しその後の栽培管理にまで影響を与える、いわばキー作業である代かきに集中し、麦収穫は兼業オペレータに主として依存する構造に変化したことを意味している。

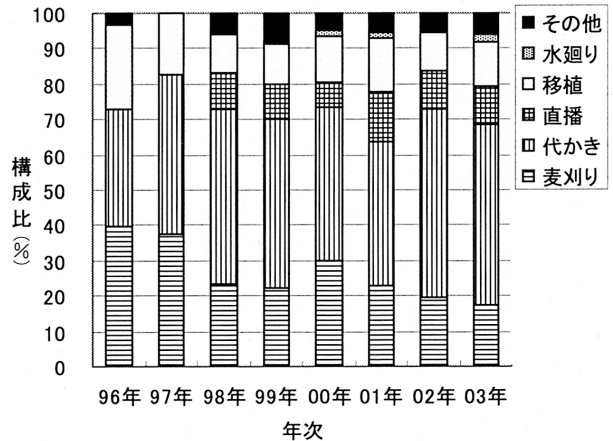
このことは第6図の兼業オペレータの出役時間推移をみれば明らかであり、麦収穫作業への出役時間が大きく増加している。また、移植作業への出役時間の増加も認められるが、それは次の役員層の出役時間構成とも関連する。第7図にみるように、役員層の出役時間構成は導入前後で大きく変化し、導入前は移植作業や代かき作業にまで従事し、ある意味でオペレータ的な役割も果たしていたのであるが、導入後はほぼ水廻り作業にのみ従事することで、組織全体の監督・調整役としての役割に特化してきたのである。

このことは直播導入の影響とともに組織の進化としての意味も有する。単なる寄り集まり的な集団活動、協業編成から、分業に基づく協業編成への進化である。その直接的な契機となったのが直播導入である。移植作業は代かき後1～2日して同一圃場の作業を行うのに対して、直播は代かきと同日作業であるため作業の進行管理がより重要になる。また、作業期間が長期化したため、水源の状況、取水能力を勘案した作業進行が求められることになる。そのことが水廻り作業を、単なる水利施設の開閉という機能から諸作業全体の調整機能を持つ作業へと変化させ、役員層が主に担う作業になったのである。

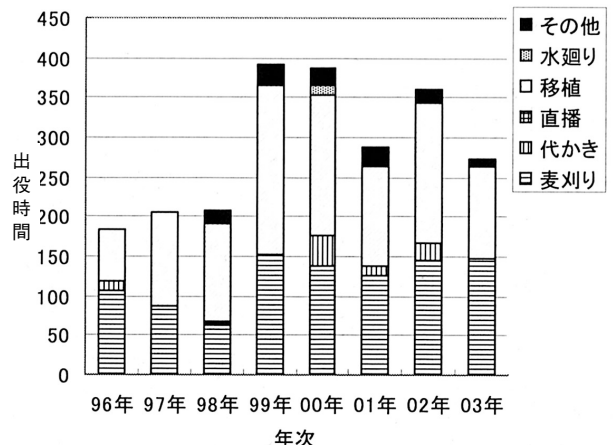
高齢補助者群の出役時間の推移からもそうした変化は読み取れ、水廻り作業には役員層が主に従事するようになったことで高齢者の当該作業への出役時

間が減少している。また、移植補助の減少も著しいが、これはもちろん直播導入による補助作業労働の削減という直接的効果によるものといえよう。

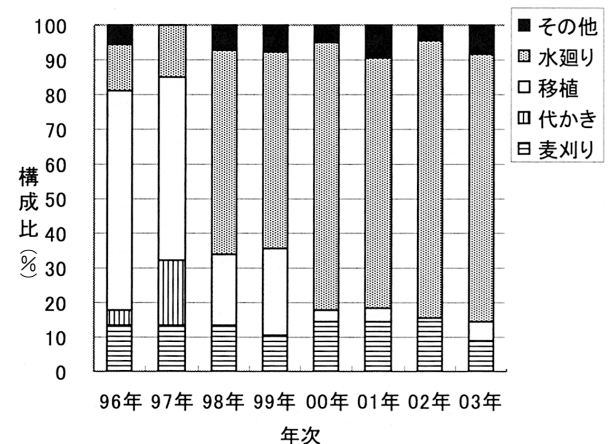
水廻り作業が他の作業の付随的な位置から重要な機能を有するものへと変化したことは、作業日誌の



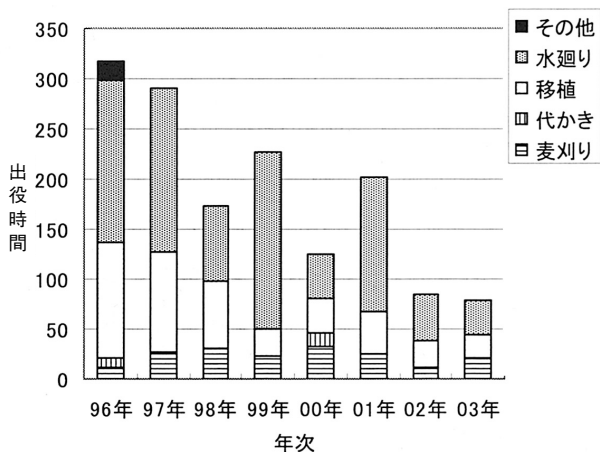
第5図 中核オペレータの作業種類別出役時間構成割合



第6図 兼業オペレータの作業種類別出役時間の推移



第7図 役員層の作業種類別出役時間構成の推移



第8図 高齢補助者の作業種別出役時間の推移

記帳状況にも現れている。当初は、他の作業の作業日誌に追加的に記帳され、一部には記載漏れもあったというが、その後独立した冊子に記帳されるようになった。1996年、97年の水廻り時間が少ない要因の一つは、こうした記載漏れにある。

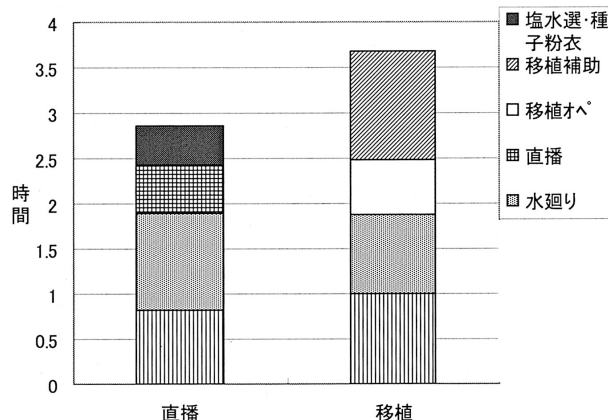
3) 単位面積当たり労働時間

前項では面積を同一にして比較しているから、当該面積で除せば単位面積当たりの出役時間となる。しかし、水廻り作業の性格変化等があることから、ここでは近年、2001～2003年における移植と直播に係る作業について10a当たりの出役時間を算出し、これを労働時間とみなして両者を比較する。

それを示したのが第9図である。前述のように対象とする作業種類は異なっているが、合計値で見ると、直播は移植に比べて約0.8時間、23%の労働時間削減を実現しており、確かに省力技術であるといえる。構成をみると、移植作業の補助時間は大きく減少しているが、水廻りは直播がやや増加し、一方で代かきはやや減少している。水廻りの増加は前述の水源の多様性に関係している。直播は6月上旬に実施されるが、その時期に水利用が可能な圃場は限定される。生産調整のブロックローテーションの動きによっては複数の水系で直播栽培を行わざるを得ず、このことが安定した通水の下で比較的まとまった作業進行が可能な移植に比べてやや増加する要因となっている。また代かきの減少についてであるが、筆者らの作業時間調査では直播と移植ではほとんど違いがない。にも関わらずこうした差が生じるのはなぜか。実は、直播機には水田ハローが装着され代かき作業も可能であるため、直播機のオペレータは

他の圃場における代かきの進捗状況を見つつ、自らも代かき作業を行っているものの、その時間と直播作業とを区別せずに直播作業への出役として記帳しているのである。つまり、代かき時間は現実よりやや短くカウントされ、直播時間はやや長くカウントされているのである。

以上のように、直播の代かき時間は、見かけ上(組合の作業日誌データでは)移植よりも減少する。



第9図 直播と移植の10a当たり労働時間の比較

であれば、直播導入後の代かき時間全体も減少するはずである。にもかかわらず第3図にみるように、代かき時間はむしろ増加の傾向を示している。直播導入後、移植における代かき時間が増加したということになる。なぜか。直播栽培圃場は比較的まとまっているが、水系(水源)別に完全な団地にはなっておらず移植圃場が点在する。このことは、一つには移動時間の増加をもたらして代かき時間の増加を引き起こす。また、他の区域でも移植のための代かき作業を行っており、零細な水源に頼る区域では、仕付け水確保に要する時間が増加し、水足を伸ばしつつの代かき作業を余儀なくさせ、これも代かき時間の増加につながる。以上の結果が、直播導入後の移植における代かき時間の増加となって現れているのである。

4) 想定面積下における作業遂行モデル

以上、S組合の現実に即して分析を進めてきたが、ここまでの結果をまとめつつやや一般化して把握するため、以下のような想定の下で作業進行をモデル的に提示してみる。

ここに水田面積50haの集落があり、生産調整率40%の下、全て大豆で転作している(20ha)。大豆後作は大麦とし、水稻(30ha)後作は小麦とする。

ローテーション年次	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬
50ha	10ha	直播 小麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	大麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	大麦
	10ha	(大豆) 大麦	直播 小麦	小麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	大麦	移植 小麦	小麦
	10ha	移植 小麦	(大豆) 大麦	直播 小麦	小麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	移植 小麦	小麦
	10ha	(大豆) 大麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	大麦	直播 小麦	小麦	移植 小麦	小麦
	10ha	移植 小麦	(大豆) 大麦	直播 小麦	小麦	移植 小麦	小麦	(大豆) 大麦	直播 小麦	小麦

第10図 集落営農組織の作付構成と規模（5年1巡ローテーション前提）

- 注) 1) 組織的にショットガン直播を導入した福岡県S機械利用組合のデータを基に作成。
 2) 直播・移植組み合わせ体系の図、全移植体系では直播部分が移植になる。
 3) 熟期の関係から水稲後は小麦、大豆後は大麦。また、直播はスクミリンゴガイ回避も想定して大豆-大麦後とした。
 4) 水稲はヒノヒカリを想定。

	作業時期	5月下旬	6月上旬	6月中下旬	全期間
全 移 植 体 系	作業種類と面積・日数	大麦収穫20ha、5日	小麦収穫30ha、7日	代かき30ha、7日 移植 30ha、7日	
	使用機械	自脱コンバイン 2台	自脱コンバイン 2台	トラクタ+ハー 田植機 3台	
	日出役者数と期間中出役時間				人日計 時間計 構成比%
	中核オペ 兼業オペ 指揮・調整 収穫補助 移植補助 計	2人、75時間	2人、112時間	3人、239時間 4人、246時間 3人、264時間	44人日 426時間 28.6 24人日 246時間 16.5 22人日 264時間 17.7 22人日 187時間 12.5 38人日 368時間 24.7 150人日 1491時間
		4人、150時間	4人、224時間	6人、368時間 16人、1117時間	
組 み 合 わ せ 体 系	作業種類と面積・日数	大麦収穫20ha、5日 塩水選 10ha、1日 種子粉衣10ha、1日	小麦収穫30ha、7日 代かき 10ha、6日 直播 10ha、6日	代かき20ha、7日 移植 20ha、7日	
	使用機械	自脱コンバイン 2台 コーティング機 1台	自脱コンバイン 2台 トラクタ+ハー 2台 トラクタ+直播機 1台	トラクタ+ハー 3台 田植機 2台	
	日出役者数と期間中出役時間				人日計 時間計 構成比%
	中核オペ 兼業オペ 指揮・調整 収穫補助 移植補助 計	3人、84時間 4人、33時間	3人、137時間 2人、112時間 2人、106時間	3人、201時間 2人、123時間 2人、176時間	49人日 421時間 30.0 32人日 268時間 19.1 25人日 282時間 20.1 22人日 187時間 13.3 26人日 246時間 17.5 154人日 1404時間
		2人、75時間 9人、192時間	2人、112時間 2人、112時間 9人、467時間	4人、246時間 11人、745時間	

第11図 想定規模下における全移植体系と直播・移植組み合わせ体系の組織作業内容等（春作業）

- 注) 1) 水田規模50ha、生産調整率40%、転作は大豆を想定し大豆跡大麦（20ha）、水稲跡小麦（30ha）。直播は6月上旬のみの制約下で1台導入の場合。降雨や麦収穫遅れリスクを考慮して10ha規模。10ha単位5年一巡ローテーション（大豆-大麦-直播-小麦-移植-小麦-大豆-大麦-移植-小麦）を前提。第10図参照。
 2) 試算の前提条件は以下の通り。
 ①各作業の時間数は上記想定作付面積をS組合の時間当たり作業面積の平均値で除した（小数点以下四捨五入）。
 ②日数は1日の作業可能時間を10時間（麦刈は9時間）とし、各作業の時間数をこれで除した（端数切り上げ）。ただし、直播代かきは直播と同日に実施のため1日の可能時間を8時間として進度を合わせた。
 ③ただし、移植はS組作業圃場への両筑用水からの本格的な通水開始6月18日から収量低下をもたらさないとされる25日までの8日間に作業を終了させることとし、代かき翌日から移植作業開始として設定。
 ④中核オペ3人がに優先して出役することにし、他作業と競合し中核オペのみでは対応不可能な場合に兼業オペが出役することとした。競合の場合、中核オペは代かきや直播を、兼業オペは麦収穫・移植を主に担当。
 ⑤補助は麦刈は1人、移植は2人とし、オペと同一時間の出役とした。また、指揮・監督は全体を指揮し水利施設の調整を行うが、他作業より早めの出役が必要のため1日の可能時間を11時間として設定。

ここに直播機1台を導入すると考えるが、麦類の収穫遅れや降雨による作業可能日数の制約を考慮して10haを直播とし、残り20haを移植とする。なお、直播は6月上旬のみ、移植は6月中旬の後半から下旬前半(第4, 5半旬)とし、田植機は2台を装備する。これにより第10図のような10haを単位とする5年1巡のローテーションが組まれているとする。この体系を直播・移植組み合わせ体系と呼び、直播を導入しない体系を全移植体系と呼んで、その作業進行の違いを示したのが第11図である。なお、全移植体系では面積と期間との関係から田植機は3台の装備水準としている。全移植体系では6月中下旬に出役時間の約75%が投入され、1日の最多出役者数も16人と多人数を要する。しかし、5月下旬および6月上旬は麦収穫作業しかなく、中核オペレータと補助のみでの遂行が可能である。これが組み合わせ体系になると、6月中下旬の投入時間が占める割合は5割強と小さくなり、1日の最多出役者数も11人に削減される。しかし、5月下旬は塩水選や種子粉衣のため、6月上旬は代かきや直播のために出役者数や出役時間が増加し、それに伴って兼業オペレータが必要とされるようになるのである。とはいえ、全体としてみれば、直播導入に伴うオペレータ比率の高まりと総出役時間の減少が指摘できる。

ここから全移植体系は短期・多投入型構造を示し、直播・移植組み合わせ体系は長期・重複・少投入型構造となっているといえよう。

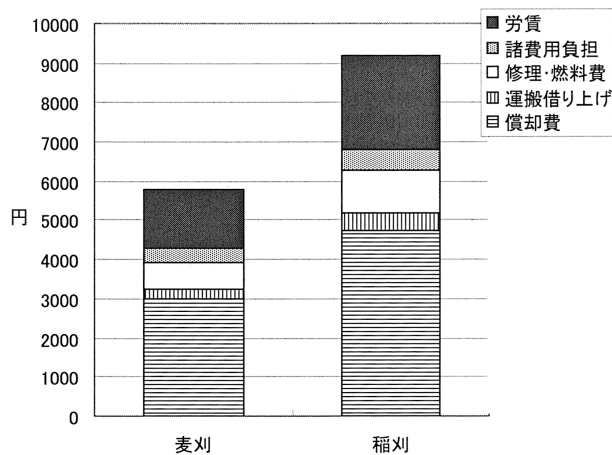
5) 「組織コスト」に及ぼす影響

直播導入によるコスト変化は、春作業における直播に関係する組織的活動と移植に関係する活動のコストを比較することで明らかになるが、その前に、麦類や水稻の収穫作業、すなわち自脱コンバイン関連コストのS組合の実績について若干触れておく。

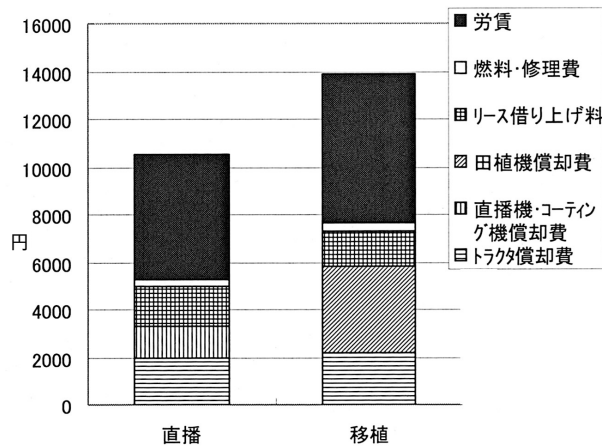
第5表に麦刈および稲刈の出役時間を示した。麦刈は稲刈に比べて作業速度が早く面積が多い上に、短期間に集中して作業を行うため移動時間も短い等の要因から対稲刈比約1.6倍の能率が得られている。そこで、単位面積当たり出役時間でウエイト付けし、

第5表 稲刈・麦刈作業における能率比較

	収穫面積/時間	稼働時間/10a	労働時間/10a
稲刈	16.8 a	0.59時間	1.19時間
麦刈	26.8 a	0.37時間	0.75時間



第12図 麦刈および稲刈の10 a 当たり組織コスト



第13図 直播と移植の10 a 当たり組織コスト

麦刈51ha, 稲刈33haの面積で按分して10 a 当たり費用を算出した(第12図)。町の標準料金どころかS組合の作業料金よりもさらに低くなっていて、いかに効率的な作業が行われているかを示している。

それでは水稻における移植と直播のコストはどうか。それを示したのが第13図である。2者の明らかな違いは労賃および機械償却費であり、労賃は移植の6,230円が16%減の5,240円に、機械償却費のうち田植機償却費の3,600円が直播機+コーティング機償却費の1,390円へと61%もの削減につながっているのである。

ここでの比較は全移植体系における移植と直播・移植組み合わせ体系における直播のコスト比較であるが、全移植体系と直播・移植組み合わせ体系全体、つまり直播と移植を含めた水稻全体のコストにおいても、10 a 当たり費用は1,000円強の削減となっており、組織としての費用節減効果が認められるので

ある。

なお、ここで算出された10a当たり費用は、移植については第3表でみた町の代かき+田植の標準料金並でしかない。しかし、町の標準料金には田植えの手伝人費用は含まれず、また、水管理労賃、つまり水廻り労賃も含まれていない。さらに労賃評価が大きく異なる。そこで、ここでの費用のうち労賃水準を町の一般農作業労賃から750円/時間とし、水廻り労賃や移植補助労賃を差し引いて求めると移植の費用は8,840円/10a、直播では6,730円/10aとなり、町標準料金よりはかなり低い費用に抑え得ているといえる。

このように、対象や労賃水準をそろえれば町標準料金より低い水準に押さえ得ているが、S組合の作業料金と比較すると費用のほうが高い。つまり、春季の水稲作業部門を独立させれば赤字状態にあるといえ、料金設定の適正化が必要であろう。しかし、収穫作業とほぼ同水準の労賃設定下での結果であることを考えると、春季の水稲作業が基本的に高コスト構造にあり、解決のための抜本的対策としては、後述するように、より組織コストの小さい直播面積の拡大が必要といえる。

4. 考 察

分析結果においても若干、考察にまで及んだところもあるが、ここではそれらも含めて考察する。

水稲直播栽培は省力性に特徴を有し分析結果からもその点は明らかであるが、むしろ移植のみの体系において生じる作業集中の解消、作業時期の分散の効果が大きく現れるといえる。こうした作業集中の解消は、機械装備台数の削減による機械償却費の低減効果として働くし、また1日の必要出役者数の削減は高齢化する農業労働力構成の中で、より少数の出役者によって地域農業を維持することを可能にする。もちろん、直播導入の直接的な省力効果である移植補助労働の削減が、組織コストにおける人件費削減をもたらすことは、分析結果が示している。

しかし、麦類との二毛作体系下においては別の影響を生じさせる。麦類の収穫作業との同時期化に伴う兼業オペレータの必要性の高まりである。新たな米政策改革では特定農業団体からさらに集落型経営体への展開が展望されているが、この分析結果から

すれば、少数の中核的オペレータのみで集落の水田農業を維持・発展させることは困難であり、兼業農家もまた担い手として位置づけることの重要性が指摘できよう。面として水を利用し、繁閑の差が必然的に生じる水田農業においては、必要な時にのみ機械作業を担う、こうした担い手の確保が不可欠なのである。

いずれにしても、直播導入は組織の出役構造あるいは機械装備も含めれば資源投入構造と言い換えてもよいが、それを短期・多投入型から長期・重複・少投入型へと変化させた。そのことがまた、単なる協業編成から分業に基づく協業へと、組織における労働編成にまで影響を与える契機となったのである。

資源投入構造の変化は、しかし、全ての集落営農組織に適合するわけではない。当然、構成員の存在状況によって異なり、特に、前述の兼業オペレータの確保の可能性に左右されるといえる。例えば、少数の中核的なオペレータと多数の補助労働力の確保が容易な組織においては組織コストは高くなるとはいえず、むしろ全移植体系のほうが適格的であろう。

なお、ここまでの分析は水稲直播の播種適期を6月上旬に限定している。移植に比べて直播の組織コストが低いことを考えれば、直播面積の拡大（移植面積の縮小）がより根本的なコスト低減に寄与することになる。他章で示されているように、スクミリンゴガイの被害回避の視点を考慮しても、大豆後は全て直播とするところ（水稲面積の3分の2）まで直播を拡大できれば、補助出役時間の削減やさらなる機械償却費の削減を通じて、一層のコスト削減が可能であるといえよう。

ただし、その際に留意すべきことは、直播および移植圃場の団地化と水利の改善である。これらが相まってこそ、直播導入の効果はより明確に生じるのである。

5. 要 約

集落営農組織への水稲直播栽培技術導入の影響と組織運営改善効果について分析した。直播導入は集落営農組織の資源投入構造を短期・多投入型から長期・重複・少投入型に変え、これに伴って機械装備台数の削減や、移植補助出役者の減少による補助労働時間の削減をもたらした。しかし、麦類の収穫作

業と直播関連作業の同時期化に伴って新たな作業ピークが発生することとなり，そのために兼業オペレータの重要性が高まった。

また，直播導入を契機として組織内における協業編成も変化し，単なる組作業編成から分業に基づく協業編成へと進化した。

組織として実施する水稲春作業の10 a 当たり労働時間は，移植補助労働の削減により直播は移植より約23%の減少が見込まれた。また，組織としての費用も機械償却費の低減や労賃の削減により約4分の1の低減が可能となる等，組織運営の改善効果が認められた。

6. 引用文献

- 1) 松田藤四郎・小野功・新沼勝利編著 (1996) 水稲直播による経営革新. 262p. 農林統計協会.
- 2) 小室重雄編著 (1999) 水稲直播の経営的効果と定着条件. 253p. 農林統計協会.

7. 研究課題名

開発技術の定着のための地域的支援方策の策定

圃場管理システムの特徴と地域および 集落営農組織における活用

樽本祐助・笹倉修司・田口善勝¹⁾・井上裕之

(2004年11月30日 受理)

1. 背景と目的

1) 背景

米の生産調整施策への対応における北部九州の特徴の一つに、集落を単位としたブロックローテーションの取り組みがある。2000年農業センサスの結果によれば、福岡、佐賀の田のある集落のうち集団転作を実施した集落割合はそれぞれ18%、31%と、都府県平均の12%を上回る。そのうち集落全体を単位としたものが福岡で53%、佐賀で65%を占める。また、ブロックローテーションの実施割合は福岡76%、佐賀89%と都府県平均の59%を大きく上回っている。ブロックローテーション方式は個別農家における生産調整負担の平等性確保が主目的といわれているが、転作団地の形成は転作物物生産における作業効率向上や湿害回避など生産面におけるメリットも大きい。また、集落を単位とすることで、集落に生産調整実施を委ねるとともに、集落全体としての生産調整達成が可能になる。

こうした集落を単位としたブロックローテーションは、生産調整に対応した農地の有効利用にとって長所を持っている。しかしながら、転作圃場の設定などの転作計画を策定する際には、団地の形成を考慮するとともに、集落や個人別に生産調整の達成率を算出する必要があり、計画策定の効率化が求められている。

2) 目的

「直播稲作型」は平成9年度から開始され15年度までの7年間実施された。当初4年間は代かき同時湛水土壤中点播直播（通称ショットガン直播）を主たる技術とし、その確立を図ってきたが、当該技術開発の進捗を踏まえて平成13年度から大幅な見直しを行い、水稻直播に加えて早生小麦や早生大豆新品

種導入も含めた稲麦大豆輪作技術体系の確立に研究の力点を移すことになった。これら新品種の導入や直播導入は、輪作における作期変化を生じさせることが予想された。一方、生産調整施策は、平成8年以降2年おきに対策名称の変更や生産調整割合の見直しが行われ、現地実証試験の対象地域では、施策変化のたびに新たな土地利用調整（転作団地設定）を必要としていた。こうしたことから、開発技術の現地実証試験の対象地域への定着を促進することを目的として、生産調整割合の変更に対応しつつ、新品種などの特性を活かし、前後作の対応関係も踏まえた作物別・品種別団地設定が簡易に行えるシステムの開発に取り組んだ。

福岡県夜須町では、生産調整対応を「ブロック」と称する数集落を単位とした地域に委ねている。生産調整では、まずブロック長および各集落から選出された推進員などの担当者（以下「生産調整の担当者」と略記）が、転作の計画素案を作成する。次に該当集落農家による検討を経て、計画の修正・見直しを行ったうえで決定するというプロセスが採られている。その際、稲麦作や大豆作の主要な機械作業が生産組織によって担われていることから、生産組織の役員にも効率的な作業遂行からみた団地設定の妥当性について相談している。こうしたことから、圃場管理システムのユーザーには、生産調整の担当者や生産組織のリーダーを想定し、彼らが操作可能なシステムを開発目標とした。

生産調整の計画策定では次のような作業を行っている。まず生産調整の担当者は白地図に団地予定場所を設定し、そこに含まれる圃場1筆ごとの面積を集計して集落としての達成率を算出している。一方、個人別の達成率も計算し、単年度の転作率の高低だけでなく、複数年を単位とした平等性が確保されて

いるかも確認しているため、極めて面倒な作業が毎年行われている。

また、生産組織の作業計画では、白地図に品種別の作付圃場を色塗りするとともに、作業料金徴収のための個人別・作業種別面積を集計することが必要であった。

以上のように、現地実証試験の対象地域では生産調整実施にも、組織的活動にも面的な把握と集計を簡便に行えるシステムが必要とされていた。

これまでにも農地管理や生産調整の計画策定を目的にした農地管理システムが開発され、市販されている。こうしたシステムは農地台帳と地図を連携させていることに特徴がある。また農地管理を目的としたものは、主に税務的な利用を行うために農地利用状況を管理することを目的としており、そのユーザーは市町村である。一部の農地管理システムには、農地の利用計画支援や転作計画の支援の機能を持つものもある。しかし、農地の利用計画支援という機能は、十分に活用されていない農地を地図化することによって、その有効利用を推進することを目的としており、そのユーザーは農業委員会である。また、転作計画の支援という機能も割当られた転作率を農業者の耕作面積に応じて配分するという機能にとどまっている。こうしたことから、既存の農地管理システムには、市町村や農業委員会などが活用することを主目的としており、生産調整の担当者が試行錯誤しながら生産調整の計画を策定する機能を十分に備えているとはいえない。そのため生産現場で利用できる圃場管理システムが求められている。

2. 圃場管理システムの概要と適用対象

1) システムの概要

圃場管理システムは市販のGISアプリケーションであるArcView3.3¹⁾をカスタマイズすることにより開発した。また本システムは、対象地域の地図情報と、地図に結合された各種属性データで構成されている。さらに、属性データを効率的に管理するための機能には、データベースアプリケーションであるAccessを利用している。

圃場管理システムでは、ArcViewを利用することにより、市販されている農地管理システムに比べて導入コストを抑えることができる。また、ArcView

が持つ基本機能を利用することもできるため、圃場管理システムの機能だけでなく、さまざまな分析や集計に応用することができる。

圃場管理システムを導入する際には、地図情報の整備が必要である。そのためには市町村が管理している圃場図を利用し、その電子化を行う必要がある。市町村でGISが導入されていれば、そのデータを活用することができる。しかし、地図情報が電子化されていない場合は、圃場図から圃場1筆ごとにトレースする作業が必要になる。こうした作業を委託することもできるが、そのためには多くの費用が必要となる。

圃場管理システムでは、圃場1筆ごとに、属性情報が関連づけられている。属性情報には、地番や面積などの農地情報や耕作者の情報、栽培履歴や転作などの農地利用情報が必要である。栽培履歴は、耕作台帳などを用いて対象圃場におけるデータベースを作成する。

圃場管理システムの基本的機能は、(1)圃場の属性情報を地図上に表示すること、(2)地図および属性データの管理画面から属性データの入力・修正を行うこと、(3)地図を印刷すること、(4)属性データを集計したり計算することなどがある。しかし、こうした機能は、既存の農地管理システムでも実現可能なものである。圃場管理システムでは、これらの機能に追加して圃区を利用した転作計画や作付計画を策定することが可能であることに特徴がある。一般的に、転作団地化に際しては、圃区を単位として設定される場合が多い。圃区とは、道路と水路(通常は排水路)によって囲まれた単位であり、圃場1筆を示す耕区、道路で囲まれた単位である農区の中に位置する大きさの単位である。こうした圃区の単位を圃場管理システムに導入することで転作計画策定の効率化を図っている。

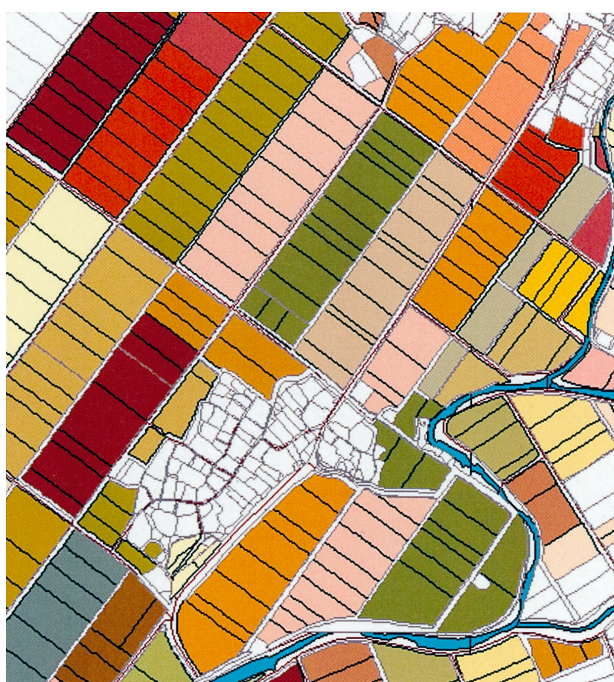
2) システムの適用対象

圃場管理システムの適用対象として夜須町の中で水稻直播栽培に取り組んだS集落を選定した。S集落は、ブロックローテーションへの取り組みに対して積極的であり、また生産組織の活動も活発であるためである。

S集落では、集落農家の稲麦作に関わる主要機械作業を担うS機械利用組合(以下「S組合」と略記)が活動していて、水稻直播に関わる作業も当該

組合が実施しているが、活動範囲には集落構成員が他集落へ出作している圃場も含まれる。S集落農家は夜須町の中で最も出作が多いといわれており、S集落界内の地図だけではS集落の営農活動を把握することができない。

また前述のように、夜須町では数集落をまとめた地域ブロックを単位として生産調整を実施しており、このことから周辺集落を含めた適用を図ることが必要と考えられた。そのため、S集落およびS集落農家の耕作水田が含まれる周辺5集落を対象とした。なお、対象地域では電子化された地図情報がなかったため、1/1500の夜須町土地利用管理基本図17枚をもとに、圃場1筆ごとにトレースし、11844筆の圃場を作成している。さらに生産調整の担当者への調査により、対象地域において157か所の圃区を作成した(第1図)。



第1図 圃区の設定状況

3. システムの活用方法

1) 作業計画策定への活用

S組合では、これまで作業計画の策定は、役員や中核オペレータが、組合員からの作業申し込みを受けて白地図に麦種・品種別の作付圃場を塗り分け、特に収穫作業についてはントリーエレベータの運営委員による圃場巡回結果を踏まえながら、効率的

な作業進行を念頭に策定していた。

ここで、作業計画を規定する要因には後作の作業内容(作付計画)も関係する。例えば、麦の収穫については、後作が水稻の直播か、移植か、あるいは大豆かによって作業期間の余裕の違いがある。このことを踏まえ、作業計画策定における地図表示では、後作の情報も重ね合わせた表示ができるようにしている。

これにより、役員や中核オペレータは、対象圃場の塗り分け地図を見ながら、後作の関係も考慮した作業計画を策定することができる。

次に具体的な作業進行への活用である。上述の作業計画の策定に基づいて出役表が作成され、オペレータや補助出役者は、それに従って出役する。作業当日は、朝に打ち合わせを行い、彼らに当日の作業対象圃場を指示するが、そこでは地図表示画面を打ち出した地図を利用する。また、対象圃場の存在状況によって画面を適当に拡大させて地図を打ち出し、これをオペレータなど責任者に持参させて作業を実施することで、圃場の間違いなどを防ぐことができる。これまでは、打ち合わせ場所に色分けした地図を用意し、該当する領域部分を白黒コピーして持参させていたが、本システムでは、より簡便に、かつ適切な地図の切り出しを行える。

2) 生産調整計画策定への活用

生産調整計画の策定は、基本的にはブロック長と該当集落から選出された推進員が集まって一次案を策定し、これを各集落におろして検討した後、再度関係者が協議して調整・修正を行っている。なお、各集落は独自の判断で自己の集落界内の転作団地を設定する権限を持っている。したがって、その集落に入作している他集落の農家は、当該圃場が転作団地に組み入れられた際には、その判断に従わなければならない。S集落の場合、町内で最も出作が多いため、周辺集落での転作団地設定を考慮しつつ、個人および集落の達成率が満たされるように設定している。

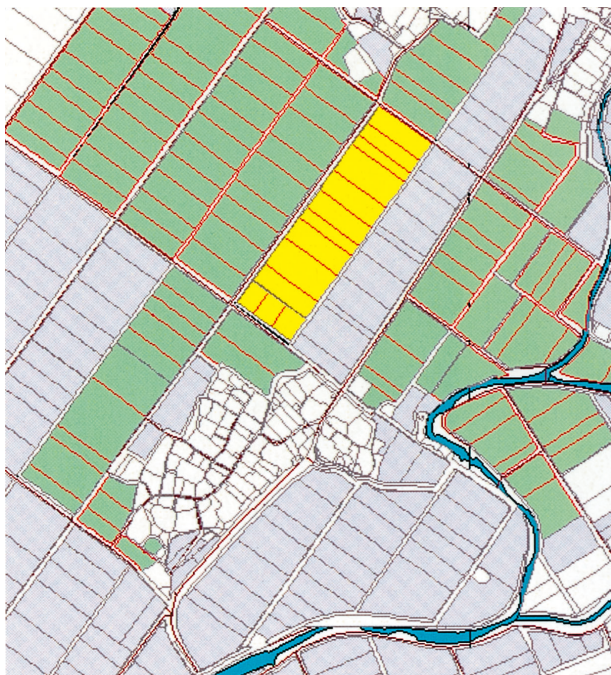
例えば、出作圃場での転作が少なければS集落界内の転作を多くしなければならぬし、逆であれば少なくする、といった調整が行われている。そこで、前年の転作状況を主に考慮するが、前々年さらにその前まで遡っても調整を加えている。

本システムでは既に1996年から2001年までの夏作

作付実績が入力されており、それ以降のデータを追加すれば、遡っての検索、転作実施状況確認も容易に行える。これによって、複数年での平等性を確保した生産調整計画の策定が可能となる。

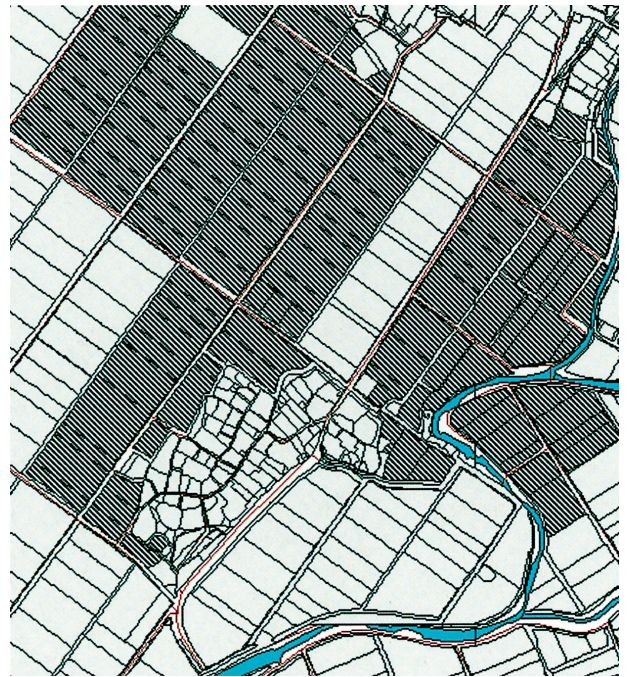
生産調整計画を策定する場合、団地化を図るため、一定の圃場のまとまりで設定する。前述のように、その最も基本的な単位が圃区である。しかし、対象地域では水利の系統が極めて複雑であり、地図上ではやや離れている圃場もひとまとまりとして認識されている場合もある。そこで、本システムでは通常のパラセル（道路と水路によって囲まれた区域）設定と同時に、こうした地域で認識されている区域によるまとまりでも設定している。したがって、ある圃場を選択して転作団地を設定しようとすると、その圃場が含まれる圃区あるいは区域が転作団地として設定される。このとき、地図画面を見ながら設定することが便利である。そこで、本システムでは、地図画面と、転作設定にともなう個人別・集落別の生産調整実施割合が同時に確認できるようにしている。

こうした圃区に基づく転作計画や作付計画の策定は、圃場管理システムが持つ特徴的な機能である。そこで地図を用いて詳しく説明する。(1) 転作計画の策定では、圃区単位で、転作するか、転作しないかを地図上で選択する(第2図)。個人別・集落別の集計結果を参考にして、転作計画を決定する。この転作計画は作付計画の骨格部分となる。(2)

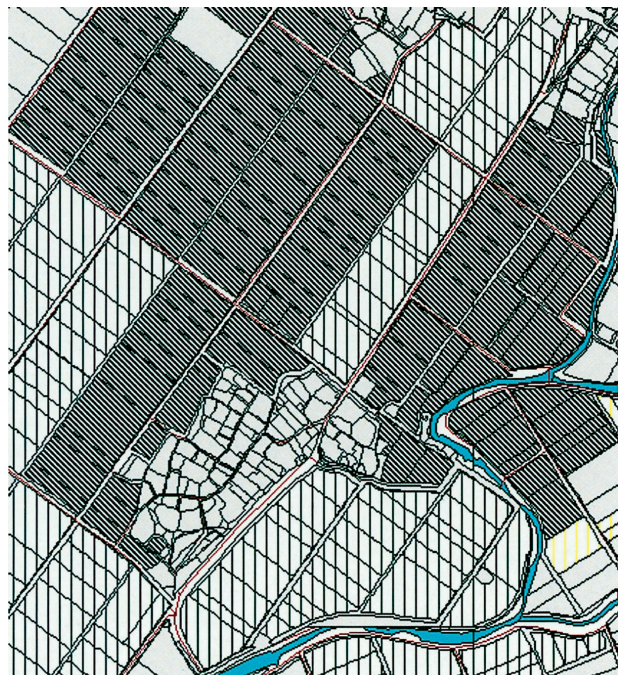


第2図 圃区単位による転作圃場の設定

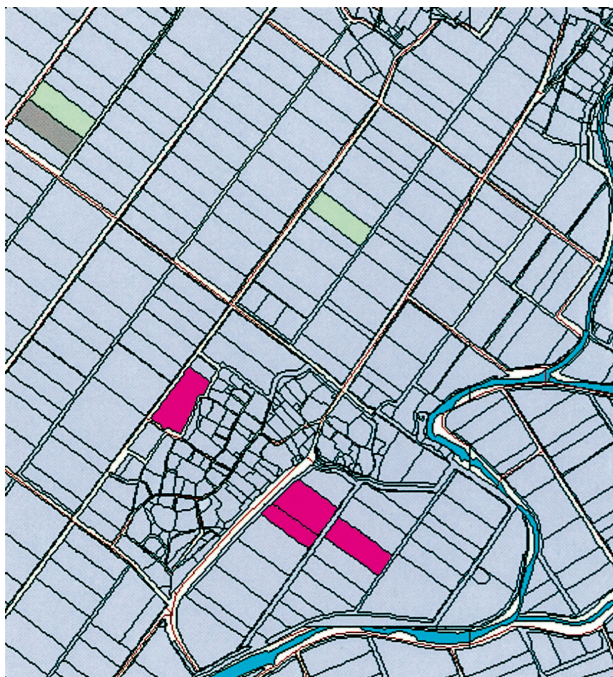
作物別の作付計画は、夏作と冬作に分けて設定する。まず圃区単位で、作物ごとに地図を用いて作付作物を選択する(第3図、第4図)。一つの圃区が複数の作物から構成されている場合は、最も多い作物を選択するか、作物の設定を行わない。(3) 圃区単位の作物登録により作成された作付計画を一筆単位で修正することができる(第5図)。これは、圃区単位ですでに作物が登録されている際に、その作物



第3図 圃区単位による大豆圃場の設定



第4図 圃区単位による水稻圃場の追加設定

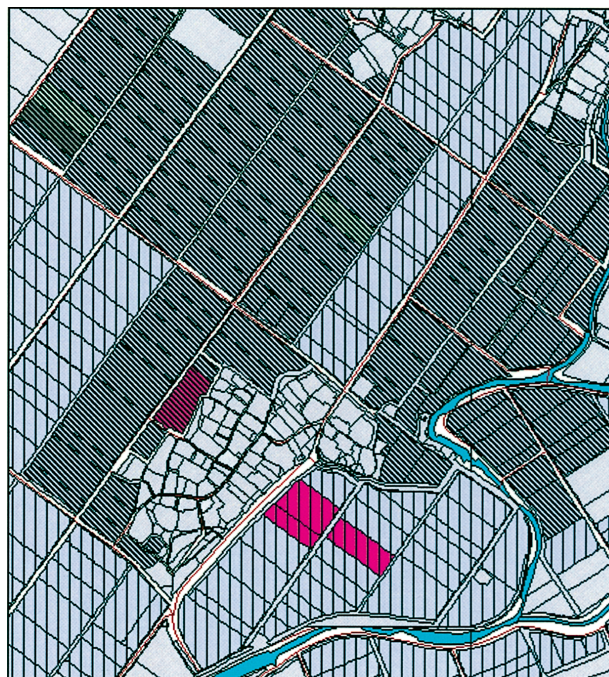


第5図 一筆単位による圃場データの修正

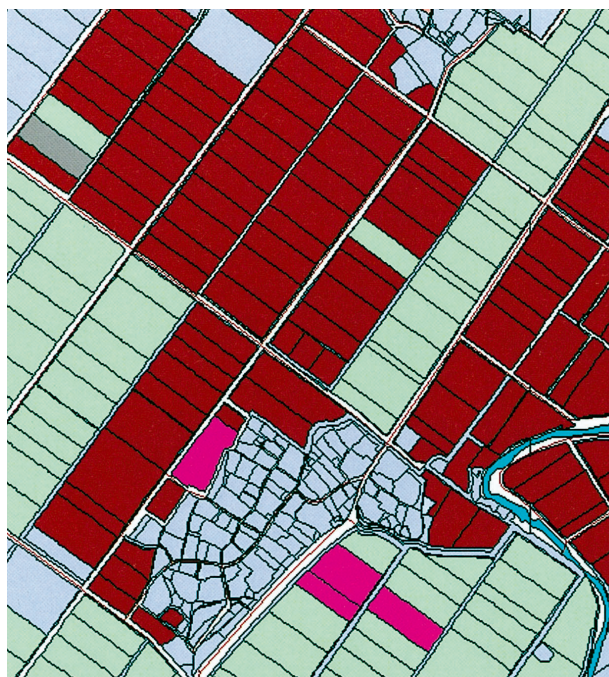
の一部を変更する場合や、圃区に作物が登録されていない場合に用いる。第5図では、施設園芸のハウスや、登録された作物データの抹消を行っている。(4) 一筆単位でのデータ入力を効率化するため、圃区ですでに登録された作物を表示し、これを下絵として参照しながら一筆単位の作物登録を実施することができる(第6図)。(5) 一筆単位の作物登録が完了すれば、圃区と一筆単位のデータを統合した地図を作成することができる(第7図)。以上のような作付計画の策定プロセスにおいても、個人別・集落別の集計結果を参考にして、計画を修正し、確定する。この際、集計は圃区単位のデータに対して一筆単位のデータを優先させることにより、一筆単位での修正が反映される仕様になっている。

以上のように地図を活用して、圃区単位にまず大枠での計画を作成し、次に一筆単位で詳細な計画を確定することができる。

このようなブロックローテーションに基づく転作団地設定は、既に何年もの実績、経験があるため、基本的には前年の実績を踏まえて圃区単位で行われる。そのため、従来の方式でもそれほどの面倒はない。しかし生産調整の達成率の算出は、手計算で試行錯誤しつつ行われている。そのため、本システムを利用すれば、即時にそれらが自動計算されるうえ、その後の微調整などによる変化も容易に把握できるようになる。



第6図 圃区と一筆単位データの重ね合わせ



第7図 圃区と一筆単位データの統合

さて、これまでの生産調整では、水稻以外の作付圃場の面積がわかれば転作率は算出可能であった。しかし、今次の米政策改革では「ポジ配分」となり、生産目標が示されて、これに対する実施率が必要となった。その場合、水稻の品種毎に異なる平均収量に基づいて生産目標が達成されたか否を判断しなくてはならない。ということは、水稻以外の作付面積だけでなく、水稻についても品種別の作付面積が把

握できていなければならないことになり、より面倒な事務的作業が必要となった。つまり、水田の利用全体を把握し計算しなければならないのである。本システムでは、構成員農家の当該年度の作付計画データを個人別、圃場別に組み込んだことで、品種別の収量を入力すれば、個人別の実施率を算出できる。つまり、生産調整計画策定場面だけでなく、その実施確認場面においても、本システムの機能を活用することができる。

4. 今後の方向と課題

圃場管理システムの営農現場における定着を図っていくには、大きく2つの課題がある。1つは導入コストの問題であり、2つは圃場管理システムを管理する担い手の問題である。

まず導入コストでは、地図作成が大きな制約になる。こうした地図データの作成を委託すれば多くの費用がかかる。そのため圃場管理システムを導入することだけを目的とした地図作成は現実的ではない。しかし、平成16年8月に農林水産省でまとめられた新たな食料・農業・農村基本計画の策定に向けての中間論点整理では、「農地に関し、各地域が直面している課題に的確に対応するため、各地域において、必要に応じて地図情報等を活用し、農地利用の実態を高い精度で把握しておくことも重要な課題である」という指摘があり、地図情報の電子化が政策的に進められる可能性も高い。このような地図情報の整備により、生産調整の担当者が利用できる圃場管理システムの重要性はより高まると考えられる。

次に圃場管理システムの担い手については、操作上の問題と業務集中が課題になる。本システムでは

GISアプリケーションの ArcView を用いているが、こうした GIS アプリケーションは地図データと属性データを統一的に管理するため操作は容易とはいえない。そのため本システムの担い手となる担当者はアプリケーションの操作技術を習得する必要があり、導入時の制約要因になる。さらに圃場の属性データは、毎年追加されるだけでなく、農地の所有権移動や利用権の設定状況などを通じて耕作者などの変更が必要になる。そのため担当者は、圃場管理システムの活用だけでなく、地図情報の維持管理といった業務も求められる。こうしたことから圃場管理システムの活用には、地図情報の維持管理も含めた業務の集中に対応できる担い手を育成することが求められる。また、耕作者の把握などでは、農業委員会などとも連携した対応が必要であり、こうした関係機関との連携も重要である。

最後に、こうした担い手の問題に対応する方法の一つとして、圃場管理システムの活用方法についてのマニュアル作成がある。今回対象地域となった S 集落には、圃場管理システムの活用について意欲的な担当者がおり、研究成果の受け渡しを図る計画である。今後、担当者からの要望などを反映した圃場管理システムの改善とマニュアル作成に取り組み、圃場管理システムの普及・定着に資することにした。

【注】

- 1) ArcView3.3の動作環境は、Pentium 以上の CPU を搭載した IBM-PC/AT 互換機が必要である。OS には、Windows XP, Windows 2000, Windows NT 4.0, Windows 95/98のいずれかが必要である。また定価は288,000円である。

代かき同時土中点播直播稲作技術を核とした 暖地水田輪作技術体系の経営的評価

笹原和哉

(2004年11月30日 受理)

1. 研究目的

本稿では打込式代かき同時土中点播直播稲作技術（以下、ショットガン直播，または直播）を核とした，暖地水田輪作技術体系（以下，新技術体系）の経営的評価を行い，新技術体系の経営改善効果や導入条件等を明らかにする。

新技術体系とは，稲・麦・大豆作の新品種導入とショットガン直播技術の改良である。

水稻の新品種「ふくいずみ」は既存の「ヒノヒカリ」より晩播適性と水稻直播適性が高く，直播導入の効果を拡大することが期待される。

小麦の新品種「イワイノダイチ」は収穫時期が早進化することにより，後作水稻の適期作業を促すことが期待される。

大豆の新品種「サチユタカ」は既存の「フクユタカ」に比べ収穫時期が半月（5日間）程度早い早生品種であり，後作麦の適期播種を促すことが期待される。近年大豆収穫時期が以前より遅れる傾向にあ

る（第1表）。原因は転作率の増大に伴う大豆作付面積の増大が影響していると考えられる。大豆の収穫作業は後作の麦の播種作業と競合する関係にあり，大豆の収穫時期の遅れに従って，後作の麦の播種時期が遅れ，特に小麦が作付可能となる期間が減少する。さらに遅れると，単位面積あたりの農業所得がより小さく，かつ不適な時期の大麦作付のみが行われる。5日程度であっても早生大豆の導入効果は大きいと期待されるからである。

すなわち，これら新品種は稲・麦・大豆作の輪作体系のもとでの作期競合を回避する目的で導入されている。一方，技術体系としてはショットガン直播機を用いて稲・麦・大豆作全ての播種を行うとともに，稲・麦作については播種同時施肥を行えるように改良されている。他に，スクミリングガイ対策となる網の設置，大豆作後の麦作における施肥法の改善が行われている。

本稿では，経営的評価を行うために，個別大規模経営（稲・麦・大豆作に係わる機械類をほぼ所有す

第1表 福岡県における大豆収穫日の年次変動

月 日	11															12															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	
H 3						盛									終																
H 4		始								盛							終														
H 5							始									盛							終								
H 6	始									盛													終								
H 7					始												盛						終			終					
H 8			始								盛												終								
H 9								始																終							終
H10											盛																				
H11									始								盛										終				
H12									始									盛													終
H13												始										盛									終

注) 始：福岡県の収穫開始日 盛：福岡県の収穫最盛期 終：福岡県の収穫終了日。引用：作物統計ほか

る10ha以上の経営)を想定した営農モデルを策定し、経営シミュレーション分析を用いる。あわせて、暖地水田作経営において、これら新技術体系が普及、定着するための条件を明らかにする。営農モデルは北部九州における典型的な稲・麦・大豆作地域である、福岡県朝倉郡夜須町の個別大規模経営の農作業日誌データおよび、基幹農作業時間調査、販売実績調査等から策定した。

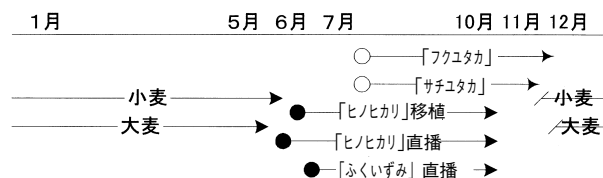
2. 研究方法

1) 営農技術体系評価システム

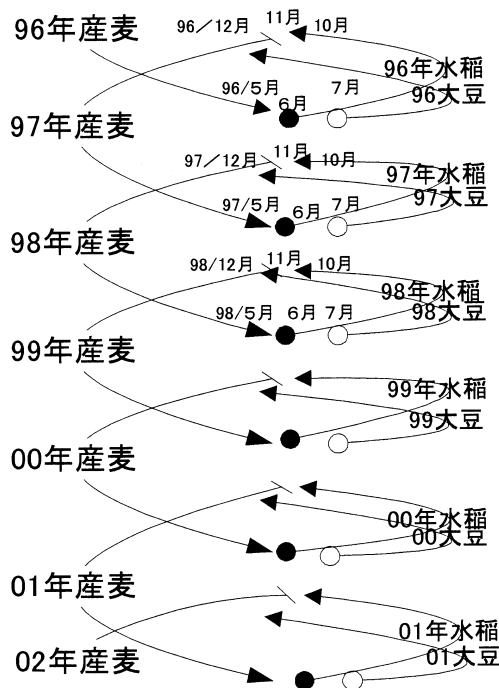
営農モデルの策定にあたっては、南石晃明氏が開発した「FAPS(営農技術体系評価・計画システム)」を用いる。FAPSは主要作業に関して作業の限度を超えた降水量の場合はその作業を行えないよう設定することが可能で、降雨制約を考えた経営シミュレーションを行うには特に有効であるためである。ただし、本稿の分析目的に即して、以下のようなシステムの改変を行った。

通常FAPSを用いる場合には、1年単位で各営農プロセスを設定する(第1図)が、稲・麦・大豆作の輪作体系を評価する場合には、麦作の作付面積は麦自体の制約だけではなく、前作の大豆収穫時期(大豆成熟時期の年次変動と大豆収穫時期の降雨が制約する)と後作の水稻を作付けする時期に影響される。大豆の収穫時期が遅れるような場合、その後作への影響を明示的に表現しにくい。そこで、6年間という長期間の営農モデルを作成できるようにFAPSのシステムを改変し、例えば大豆収穫日の変化による麦品種選択への影響や、その後の水稻作付け方式の選択への影響を表現できる営農モデルを策定した(第2図)。

また、通常FAPSにおいては圃場占有期間や、各作業を行う時期を旬単位で設定するが、「サチユタカ」は「フクユタカ」よりも半月程度収穫時期が早



第1図 FAPSで作成する通常の営農モデルにおける稲・麦・大豆輪作体系



第2図 本稿における営農モデルのイメージ

く、それに伴って、麦収穫時期とその後の水稻の作付けについても半月単位で細かく作業の競合を表現する必要がある。そこで、2点目の改変として、半月単位で営農モデルを策定することとした。

2) 営農モデルの前提条件

第2表に営農モデルを策定する前提条件となる各作物や技術ごとの収穫時期と利益係数を示す。設定する営農プロセスは水稻直播(「ヒノヒカリ」, 「ふくいずみ」), 水稻移植(「ヒノヒカリ」, 「ニシホマレ」), 大豆(「フクユタカ」, 「サチユタカ」), 小麦(「ニシホナミ」, 「イワイノダイチ」), 大麦(「アサカゴールド」)である。在圃期間の設定にあたっては現地の営農組合の作業日誌と現地の営農体系を参照した。このうち、大豆の収穫時期は毎年変動させ、「サチユタカ」は「フクユタカ」と播種時期は変わらず、収穫時期が半月早まると設定している。水稻と麦の収穫時期は固定している。小麦「ニシホナミ」と大麦は11月第3半旬から播種が行われる。大麦は12月第3半旬まで播種を行う。「ニシホナミ」は大麦より在圃期間が長く、収穫時期が一部水稻の作付けと重なる。「イワイノダイチ」の播種および収穫時期は、現地試験の結果に基づき設定している。

利益係数は福岡県夜須町の収量と、平成14年福岡県産についての生産者価格を参照した。水稻の単収

第2表 営農モデルの作付、収穫時期と利益係数の設定

	作付け(播種)期	→	収穫期	利益係数(万円/10a)	使用モデル ²⁾
水稲直播 「ふくいずみ」	毎年	6/11~6/25	→ 10/6~20	11.7(90%の場合は10.2 80%は8.8 70%は7.3)	③④
〃 「ヒノヒカリ」	〃	5/26~6/10	→ 10/6~20	11.7	②③④
水稲移植 「ヒノヒカリ」	〃	6/6~20	→ 10/6~20	11.8	全モデル
〃 「ニシホマレ」	〃	6/6~20	→ 10/16~31	8.9	
大豆 「サチユタカ」	'96	7/6~25	→ 11/6~15	3.7(7/21以降播種のみ3.1)	③④⑤
〃	'97	〃	→ 11/11~20		
〃	'98	〃	→ 11/6~15		
〃	'99	〃	→ 11/11~20		
〃	'00	〃	→ 11/11~20		
〃	'01	〃	→ 11/16~25		
大豆 「フクユタカ」	'96	7/6~25	→ 11/11~20	3.7(7/21以降播種のみ3.1)	全モデル
〃	'97	〃	→ 11/16~25		
〃	'98	〃	→ 11/11~20		
〃	'99	〃	→ 11/16~25		
〃	'00	〃	→ 11/16~25		
〃	'01	〃	→ 11/21~30		
小麦 「イワイノダイチ」	毎年	11/6~10・12/1~5	→ 5/26~31・6/1~5	1.32・1.73 ¹⁾	③④⑤
〃 「ニシホナミ」	〃	11/11~30	→ 6/1~20	2.2 ¹⁾	全モデル
大麦 「アサカゴールド」11月播種	〃	11/11~30	→ 5/21~6/10	1.67 ¹⁾	全モデル
〃 「アサカゴールド」12月播種	〃	12/1~15	→ 6/6~10	播種日が5日遅れるごとに1.5, 1.4, 1.3と漸減 ¹⁾	全モデル

注) 1) 大豆後の麦作は施肥量を減らせることから、表示より0.23万円利益係数が増大する。

2) 各営農プロセスについて、2-3)にて設定するモデル①~⑤のうちどれで用いるかを示す。

は、現地において既に「ヒノヒカリ」の直播と移植が同じであるため、直播と移植は同等とした。直播はコーティングと除草剤のために若干10aあたりのコストが高く、利益係数が小さい。なお、「ふくいずみ」は単収は「ヒノヒカリ」と同等以上であるが、実際の販売実績がないため、経営シミュレーションでは福岡県産「ヒノヒカリ」と同価格とする場合と、90%、80%、70%の場合について分析を行った。とくに断らない限りは「ヒノヒカリ」と同価格と設定する。

大豆は最後の播種時期となる7月第5半旬播種に限り、単収が下がると設定している。現地JAにおける平成14年産大豆の仮渡し金を参考に「サチユタカ」と「フクユタカ」の生産者価格は同額とする。

「イワイノダイチ」の生産者価格は「ニシホナミ」より2円/kg低価格と設定した。近年の価格動向から、小麦は大麦より利益係数が高い。大麦の12月播種は在圃期間が短いゆえに減収することがあるため、晩播になるほど次第に収量が下がると設定している。なお、営農モデル策定にあたっては現地の状況を反映して、転作率は40%、借地料は23,000円

／10aとする。営農モデルの労働力は2名で、農地の所有面積は1ha、それ以上は全て借地とする。

3) 営農モデルのパターンと経営シミュレーションの方法

営農モデルはさらに5種類に分ける。

- ① 水稲移植体系のみ保有する。
- ② ①に従来型ショットガン直播のみを導入する。
- ③ ②に新技術体系を導入する。全ての技術が導入され、選択できる。
- ④ 新技術体系の下、直播を用い、移植体系を持たない。
- ⑤ ①に麦・大豆の新品種のみを導入する。

各営農モデルの農業用機械類を中心とした固定費の設定を第3表に示す。

策定した各営農モデルについて、農業所得を最大にすることを目標に、経営面積を10haから5haきざみで経営面積を変化させながら、生産調整面積を全て大豆でまかなう作付け可能上限規模となる経営面積(以下、最大経営面積)や、そこでの効果を計測する経営シミュレーションを行う。

また、全品種、技術を導入する営農モデル③を用

第3表 各営農モデルの固定費の内訳 (単位:万円/年)

施設・機械名	①および⑤	②	③	④	各固定費
田植機	○	○	○		44.1
苗箱播種機	○	○	○		2.3
ショットガン直播稲作機		○	○	○	30.6
々同時施肥, 汎用播種装置			○	○	4.0
コーティングマシン		○	○	○	3.0
大豆播種機	○	○	○	○	2.9
麦施肥播種機	○	○	○	○	7.1
トラクタ 2台	○	○	○	○	79.1
ロータリー	○	○	○	○	12.8
自脱コンバイン	○	○	○	○	162.0
マニュアルプレッダ	○	○	○	○	13.5
大豆専用コンバイン	○	○	○	○	77.6
倉庫	○	○	○	○	67.5
パワーショベル	○	○	○	○	23.6
フォークリフト	○	○	○	○	27.0
軽トラック	○	○	○	○	22.2
その他小農具	○	○	○	○	47.1
土地改良・水利費	○	○	○	○	17.0
固定費合計	606	639	643	597	

いて、対象とする1作目だけを作付けしない場合との比較を行うことで、各新品種の導入効果を解明する。

3. 結果

1) 新技術体系全体の導入効果

まず新技術体系の導入によって最大限どれだけの効果が経営にもたらされるかを評価する。第3図に示すように、まずショットガン直播を導入する(①から②に至る)ことによって規模が拡大し、作付けの構成が変化する。

さらに、新技術体系を導入する(②から③に至る)ことにより最大経営面積は拡大し、主に晩播水稲「ふくいずみ」の効果から、直播が水稲の作付面積全体の7割以上を占める作付けの構成となる。そして最大経営面積は、大豆と小麦の作付面積が増加することにより、②の段階の24.9haから③の27.3haへ拡大する。大豆は作付面積が若干増大し、大半が「サチユタカ」に変化する。ただし、「イワイノダイチ」の導入面積は小さい。ショットガン直播のみの導入時に比較して、新技術体系の導入は農業所得が最大約270万円増大する(第3図1,325万円

と1,598万円との差)。

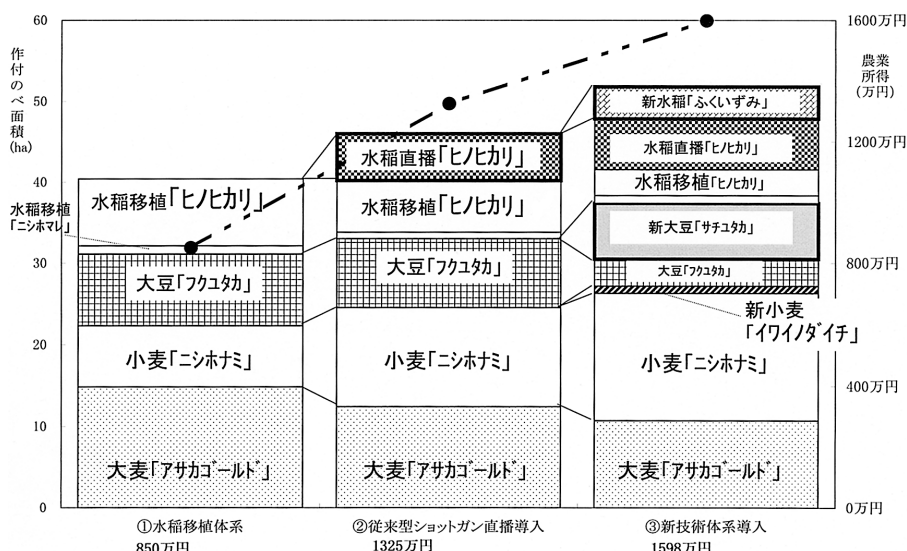
2) 新技術体系導入時における直播と移植の併用と直播のみの比較

20ha以下の経営においては、③と④を比較すると、④が固定費が少ないために所得が大きい(第4表)。しかし、冬作である小麦の導入面積が広がるにつれて、作期分散により水稲移植体系との併用効果が表れ始め、20haを超えたところで、固定費の差を超えて直播と移植を併用する効果が現れる。その結果、20haを超えた経営規模においては③は④よりも農業所得が高く、ショットガン直播だけよりも水稲移植との併用が優位性を持つ。

また、新技術体系のもと、④直播のみを保有する経営と⑤水稲移植体系のみを保有する経営との比較を行うと、④の方が農業所得が大きい結果となる。10haではわずかな差であるが、規模拡大につれて差が広がるのがわかる。最大経営面積においては600万円近い所得差が現れる。新技術体系の下では、直播のみを保有することが水稲移植体系のみを保有する経営よりも所得が大きく、規模拡大の効果が大きい。

3) 新品種の導入効果

新技術体系を構成する新品種を導入する場合と導



第3図 最大経営面積における、技術導入段階毎の作付構成と農業所得

第4表 新技術体系導入の農業所得への効果

(単位：万円)

経営面積	10ha	15ha	20ha	25ha	最大経営面積時 (その経営面積)
②ショットガン直播導入（従来型直播採用段階）	222	630	1006	1325	1325 (24.9ha)
③新技術体系導入	232	656	1063	1430	1598 (27.3ha)
④新技術体系導入，水稲直播体系のみ保有	271	690	1068	1377	1555 (26.7ha)
⑤「サチユタカ」，「イワイノダイチ」を導入するが水稲移植体系のみ保有	270	668	910	964	964 (24.4ha)
(③-⑤) 新技術体系の下，移植に直播を加える場合の所得への影響	-38	-13	+153	+466	+634
(④-⑤) 新技術体系の下，移植から直播に置き換える場合の所得への影響	+1	+21	+158	+414	+591

第5表 新技術体系に含まれる個別技術の導入効果

(単位：万円，ha)

経営面積	10ha	15ha	20ha	25ha	最大経営面積時
「サチユタカ」導入による，所得増大効果	3	11	29	68	125
「サチユタカ」作付面積	0.8	2.3	4.8	6.7	7.0
「フクユタカ」作付面積	3.2	3.7	3.2	3.2	3.2
「サチユタカ」導入による，大豆作付面積の増加	0.0	0.2	0.5	1.1	1.7
〃 ，12月播種の大麦が小麦に移行する面積	0.0	0.0	0.5	1.4	0.3
〃 ，水稲作付面積の増加（注）	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
「ふくいずみ」（「ヒノヒカリ」と同価格）導入による所得増大効果	0	1	8	27	90
「ふくいずみ」（〃）導入による水稲直播面積の増加	0.0	0.0	0.6	2.2	2.9
「ふくいずみ」導入（価格「ヒノヒカリ」の90%）による所得増大効果	0	0	2	4	55
〃 （ 〃 80%） 〃	0	0	0	0	47
〃 （ 〃 70%） 〃	0	0	0	0	2
「イワイノダイチ」導入の農業所得への効果	0	0	1	2	2
「イワイノダイチ」導入による小麦作付面積の増加	0.0	0.1	0.4	1.0	0.8
大豆後の麦への肥料費減少による所得増大効果	9	14	21	27	28

注）転作大豆の作付可能面積が増加すると，輪作体系維持可能な経営面積の最大値が増大し，水稲作付面積も増大する。

入しない場合の差を示す(第4表)。

「サチユタカ」の導入は最大経営面積において1ha以上の水稻、大豆の規模拡大をもたらし、12月の大麦播種を減らし、小麦の作付面積を増加させるため、所得は約120万円増大する。

また、「ふくいずみ」の導入は水稻直播面積を2.9ha拡大させるなど、最大で90万円所得が増大する。「ふくいずみ」は最大経営面積の場合のみ、価格を10%ずつ低下させても80%程度までは導入効果がある。

「イワイノダイチ」導入による所得の増大は小さく、収穫時期早進化の特性が活かされていない。「ニシホナミ」より低価格であることや「ふくいずみ」を利用できること、が影響している。

4) その他の新技術体系の導入効果

輪作圃場の小麦生育に関して、大豆後の麦作に対する必要な窒素施肥量が減少することが示された。そこで、大豆後の麦作の施肥量がチッソ分4 gm^{-2} 減少すると設定して農業所得への影響を分析すると、③の経営シミュレーション条件において、最大28万円の所得が増大する効果がある。なお、スクミリンゴガイ対策について、水稻直播圃場の入水口に網を設置することが有効であることが示されている。③の条件の下、全水稻直播圃場に500円/10aの費用を投じて網を設置する場合、最大約5万円の所得の低下でスクミリンゴガイを防止できる。

4. 考 察

経営シミュレーションの結果からショットガン直播の移植に対する優位性が導き出された。ショットガン直播と水稻移植の技術体系を保有する営農モデルはショットガン直播が移植に比較して除草剤使用回数の多さ、カルパーコーティングの資材のために10aあたりの利益係数が小さくなる。このため、既存の分析¹⁾においても経営規模が10ha程度の段階では移植のみを選択し、20ha前後のより大規模経営に至った際に直播と移植を併用することが有利となる結果を導き出す傾向が見られる。しかし、第3表に示した新技術体系のもと移植のみを用いる経営と、直播のみを用いる経営を比較した際、10ha段階においてもわずかに直播のみが有利となる結果を得た。

以下の分析結果から新技術体系を含めたショットガン直播の普及可能性は大きいと考えられるが、現実には容易に直播の普及が進むと考えることはできない。

新技術導入は移植機を保有している経営にとって、直播機を新たに取り入れる際直播と移植を併用することが多いと想定される。導入を検討する際、新品種の導入を含めるならば、第3表の③の場合と⑤の場合との比較となる。移植体系に直播を加える、すなわち⑤から③へ移行するには、年間固定費の増大が壁となり、15ha以下ならば直播導入のメリットを経営者は感じられない。

一方、新技術体系のもと移植体系か直播体系のどちらかを選択するならば、10~20haの経営面積において⑤より④が農業所得が大きく、規模拡大効果も高いことから、農業経営が直播導入へ踏み切る可能性がある。20ha以下の経営に対し、田植機の買い換えとしてショットガン直播を勧めてゆくことが考えられる。ただし、移植体系の不保持は移植へ戻る退路を断って直播を導入するため、実現は容易ではない。例えばショットガン直播の現実の普及例において、初年度は倒伏が起りやすい。減収、刈りにくさの影響を耕作者が被るが、圃場に応じた施肥管理法の習熟が必要になる。また、現地の営農組合長は水稻直播未経験の農業経営にとって、ジャンボタニシの食害に対する懸念が根強いと指摘する。すなわち、直播導入に伴う栽培技術上の支援が普及をはかる場合の課題である。

なお、直播導入が効果的となる前提として、「サチユタカ」、「ふくいずみ」の産地作り戦略が必要となる。例えば、「サチユタカ」導入経営の意向を受けて、現地では米政策改革に伴うビジョン作りに際し、「サチユタカ」の作付けに対する助成金が検討されている。このような施策の上に、「ふくいずみ」や「サチユタカ」が「ヒノヒカリ」や「フクユタカ」と匹敵する商品として定着することで、農業経営は直播を核とした新技術体系の導入効果を実感することができる。

5. 要 約

ショットガン直播を核とした新技術体系の導入はショットガン直播のみを導入する場合よりも最大

270万円所得が増大する。その効果は多くは早生大豆品種「サチユタカ」,「ふくいずみ」の導入によってもたらされる。

新技術体系のもと、直播のみを保有する経営と水稲移植体系のみを保有する経営との比較を行うと、直播のみの経営が農業所得が大きく、最大600万円近い差が現れる。ショットガン直播を核とした新技術体系の導入は、20ha以下の場合には水稲移植体系を置き換えて導入することに優位性がある。20ha以上の大規模経営においては、水稲移植との併用によって導入することに優位性がある。

6. 引用文献

- 1) 笹倉修司・笹原和哉（1999）暖地における水稲直播栽培の意義と課題「水稲直播の経営的効果と定着条件」（小室重雄編著）p.163-192. 農林水産省農業研究センター.

7. 研究課題名

開発技術の経営的評価と営農モデルの策定

転載・複製について：本九州沖縄農業研究センター研究資料から転載・複製する場合は、九州沖縄農業研究センターの許可を得てください。

Reproduction of articles in this publication is not permitted without written consent from the National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region

九州沖縄農業研究センター研究資料 第91号

2005年3月31日発行

編集・発行 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
九州沖縄農業研究センター
〒861-1192 熊本県菊池郡西合志町大字須屋2421

印刷 株式会社 トライ
〒861-0105 熊本県鹿本郡植木町味取373-1
