

稲作機械化技術の展開と課題

—新たな移植技術と直播を中心として—

Development and Subjects on Rice Mechanization Technology

-Recent trend of new rice planting methods and direct seeding-

梅本 雅* (Masaki UMEMOTO)

<要約>

本論では、稲作機械化技術、特に近年省力化技術として注目されているロングマット水耕苗移植技術と直播栽培技術を中心に、その展開や課題を整理し稲作技術の開発と普及の今後の取り組み方向を、次の3点に整理した。

第1は多くの農業者が求め、また、消費者からも要望が高い技術である有機栽培、あるいは減農薬・減化学肥料栽培に関する技術開発への取り組み強化である。

第2に乾田直播における除草剤の散布回数の削減である。特に、直播栽培を技術体系として安定性の高いものとすると同時に、生産者に受け入れ易い技術の高度化研究が不可欠の課題となっている。

第3は水田輪作体系の構築という点から見た、望ましい稲作技術の明確化である。特に地力低下への対応、雑草制御のあり方、作付体系のあり方など、総合的な研究の取り組みが必要である。

Key Words : 稲作機械化技術, ロングマット水耕苗移植, 直播栽培, 乾田直播, 水田輪作体系

1. 問題意識

米は日本農業の基幹作物であるとともに、日本人の生活や文化において象徴的な意味を持っている。そのため、長年に渡って稲作に関する試験研究や技術開発がなされてきた。その結果として、日本の稲作技術は、生産性や、そこから生み出される米の品質において、また、一つの技術体系という観点からも世界的に優れたシステムへと築きあげられてきた。

しかし、後述するように1970年代から80年代にかけて中型機械化体系が形成され、それが安定性、省力性、あるいは日本的な美的感覚からも満足のいく標準化された栽培システムとして確立されて以降、稲作に関する技術開発は、大きなターゲットを見失っているように思われる。特に、水田における総合的な技術の体系化という観点から将来方向は十分提示されておらず、また、様々な技術革新がなされたにもかかわらず、それらはわが国の水田農業の構造変革をもたらす得なかった。

このような問題意識から、本論では稲作機械化技術を中心に、その展開や課題を整理し、構造変革の手段としての技術開発・普及に今後どう取り組むべきかを考察する。なお、稲作に関してこの機械化技術、及び機械化体系^{注1)}に注目するのは、その技術開発・普及において、まさに日本的特質を持った展開が見られたからであり、このことは、今後の稲作技術の開発や試験研究のあり方を考えていく上で重要な示唆を与えると考えるからである。そのため、以下では、これまでの稲作機械化技術の開発・普及動向や技術的特徴を主な作業場面毎に検討するとともに、今日の水田作経営の技術的課題を踏まえながら、今後の稲作技術開発の方向について考察する。

2. 稲作機械化技術に関する試験研究・普及の動向と特徴

1) 戦後の稲作技術の展開

日本の稲作は、戦後、様々な技術開発により生産性を

* 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 中央農業総合研究センター 総合研究第1チーム長
(Head of project research group 1, Department of Farming System Research National Agriculture Research Center)

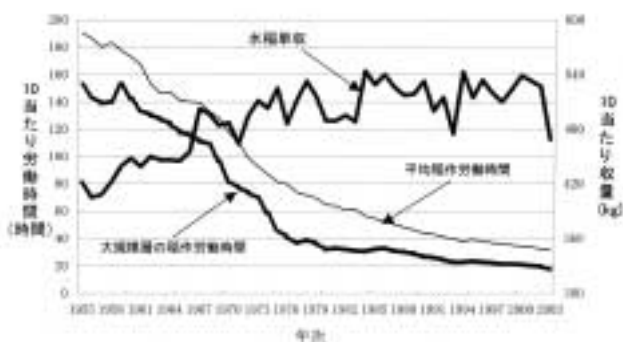


図1 稲作における単収と労働時間の推移

資料：農林水産省統計情報部「米及び麦類の生産費」各年次。なお、労働時間の大規模層は、1970年以降は5ha以上、それ以前は3ha以上層のデータである。

向上させてきた。図1は、1955年以降の水稻の10a当たり収量(土地生産性)と全階層平均及び大規模層の10a当たり稲作労働時間(作業効率)の推移を示したものである。水稻収量は、1950年代から60年代に大きく増加しているが、これは、保温折衷苗代の普及や、耐病性、耐冷性、耐倒伏性を備えた品種の開発と、それら品種特性に合った栽培方法の改良によるものであった。

一方、戦後の除草剤の開発や動力耕耘機の普及により農業者は手作業による除草や耕起などの重労働から解放され、稲作労働時間は1950年代から60年代にかけて大きく減少した。さらに、1970年代に入ると、トラクタ、田植機、バインダ、コンバインを中心とする中型機械化体系が形成され、稲作の一層の省力化が進んだ。特に、これら機械化技術は大規模層で早期に導入され、その稲作労働時間は、1980年代には10a当たり30時間程度にまで減少した。

この中型機械化体系が確立される過程では、試験研究機関、普及組織、機械メーカー、農業者等が、栽培方法の改善や機械の改良、営農現場での実証・普及に向けて総力を挙げて取り組んだ。そのため、単に作業が機械化されただけでなく、育苗方法の改善も含め、一つの総合的な技術として体系化が図られたという点も見逃すことができない。このような背景のもとで中型機械化体系は、わずか10年という短期間で国内のほぼ全ての稲作経営に普及するに至った。これは、労働手段の導入を伴う体系化技術としてはかなり特異な普及過程を示すものであったと言える。

1980年以降も、機械の高性能化、機種シリーズ化、自動化などが進められるとともに、例えばグレンタンク付きコンバインや高速田植機などの開発も進められた。

しかし、それらは技術体系の基本的性格という点では大きな変更をもたらすものではなく、今日なお、1970年代に形成された中型機械化体系が、日本の稲作技術の骨格となっている。

2) 中型機械化体系の問題点

上述したように、中型機械化体系の開発によって、兼業農家による休日を利用した稲作でも安定した収量が確保されるなど、日本の稲作技術は高度に標準化された技術として定着した。一方、省力化によって、1970年代には1戸当たり3ha程度が限界規模であったのに対して、現在では、労働力2人で水稻を10ha以上栽培する大規模な家族経営も現れている。このように、栽培システムとしては一見すると完成されたとも言えるが、同時に、現実の営農場面では様々な技術的課題が生じている。

例えば、大規模経営では図1に示したように、ここ数年10a当たり労働時間は概ね同水準で推移しており、省力化に関してほぼ限界に達してしまっている。そのため、規模拡大とともに追加的な機械施設投資が必要となりコストダウンが進まない、あるいは、育苗や移植の際の苗箱の取扱いや、畦畔草刈り、糶摺調製など人力で行わなければならない作業が多く、作業者の労働負荷が大きいなどの課題が生じている。特に、この人力作業に頼らなければならないことや、労働負荷が大きいという点は、高齢化の進展や、収益性を確保するための大規模化が要請される中で、水田作経営にとって大きな問題となっている。

3) 中型機械化体系形成以降の稲作機械化技術開発の動向と特徴

このような状況を踏まえ、中型機械化体系の形成とその普及・定着が図られた以降も、様々な技術開発が進められてきた。それは、大別すると、①耕起及び代かき作業の省力化、②耕起から移植までの春作業全般にかかわる省力化・軽労化、③中間管理作業の改善、④直播栽培技術の開発である。以下、これらの新技術開発の動向や特徴を整理する。

(1) 耕起及び代かき作業の省力化

中型機械化体系形成以降の稲作においては、春の時期の労働競合が最も大きくなっている。そのため、移植前

の本田作業の省力化を図るものとして、①トラクタで植付け部分のみ耕起し、同時に移植を行っていく部分耕移植栽培、②耕起後、通常の代かきを行わず表層部分の代かき作業と同時に移植を行っていく表層代かき(無代かき)移植栽培、そして、③耕起・代かきを行わずに作溝して移植していく不耕起移植栽培などが試みられた。なお、これらは、単に省力化という面のみならず、例えば、部分耕移植では田植機を使用せずトラクタの汎用利用を図ろうとしたこと、また、不耕起移植においては、環境変化に強い稲を栽培するとともに、生態系の維持という観点を重視した取り組みが行われたということで、既存の稲作技術開発に対する問題提起となるものであった。



写真1 ロングマット苗をロール状に巻き取る

しかし、部分耕移植は、トラクタが空転して移植精度を欠くという技術的な問題があったこと、また、他の二つの技術は専用の田植機を必要としたことや、透水性の高い圃場ではこれらの方式は十分適用できず、基盤整備と連動した解決策が必要であった。さらに、代かき作業が果たしている役割に変わる機能を担保し得なかったこと、技術の省力効果が限定的であるといった理由から、現時点においては必ずしも広範な普及を見ていない。

(2) 春作業全般の省力化・軽労化

ア. 乳苗移植栽培

稲作において春作業の労働時間が多い理由に、播種、育苗機への搬入、育苗ハウス展開と苗箱搬出、移植時の苗補充などの作業が必要となることがある。また、その際には複数の労働力を必要とし、さらに、人力での作業を強いられるという、補助者の確保や労働負荷に関わる問題があった。このような点を解決する技術として直播栽培があるが、この点は後述するとして、移植栽培においてもそれら問題点の改善を目指した技術開発がなされた。その一つが乳苗移植栽培である。

この乳苗移植とは、葉齢1から2葉未満の苗を移植するというものであり、育苗機で苗丈7~11cm程度に育て、育苗棚から直接本田に搬出して移植するため、ハウスでの育苗や、そのための苗箱展開・搬出という作業を必要としない。また、密植が可能のため、苗箱数を慣行の約2/3に減少させることができるとともに、床土の

代わりにロックウールマットを用いた場合には苗箱も軽くなることから、省力化及び作業の軽労化を図ることができる^{注2)}。

この栽培方法は、特段の設備を必要とせず、技術的にも容易であり、また、出穂がやや遅れるものの稲の生育は安定して確保しやすいなど確実に経営的效果が期待できることから、その水田作経営への定着の可能性は大きいと見られたが、今日なお限定的な普及に止まっている。これには、上述した効果(育苗ハウスの節約、省力化、軽労化)を強く求める経営層に限られていること、その導入による経営的效果が部分的であり、既存の移植栽培の転換をもたらすまでの影響力は持ち得なかったこと、また、それらを求める経営ではより一層の省力化が可能な直播栽培の導入を志向したことなどがその原因である。

イ. ロングマット水耕苗移植栽培

上述した乳苗移植は、ハウスでの育苗を省略し、苗箱数も減少させるが、その他については変わらない。これに対して、従来の苗箱や床土を用いた育苗・移植システムを転換するものとして、ロングマット水耕苗移植技術と呼ばれる新しい栽培方法が開発されてきている^{注3)}。

ロングマット水耕苗移植とは、幅30cm、長さ6mの育苗ベットの播種し、そのまま水耕状態で10日程度育苗した後、その苗をロール状に巻き取り(写真1)、田植機に取り付け、移植していく技術である(写真2)。この技術には、①苗箱の取扱いがないため移植に係る労働時間は

表1 ロングマット水耕苗移植導入に係る初期投資

費用項目	前提及び必要となる費用	初期投資額(円/ハウス)
不織布(26m/ベンチ)	20円/m	3,120
播種装置	28,300円/台	28,300
育苗ベット(4ベット/ベンチ)	79,200円/ベンチ	475,200
養液タンク(500リットル)	31,250円/個・3ベンチ	62,500
養液ポンプ(30リットル/分)	25,000円/個・3ベンチ	50,000
ベンチ設置工事	200,000円/6ベンチ	200,000
合計		819,120

注) 本表の数字は、ハウス内に6ベンチ設置し、1.2ha相当のロングマット苗を育苗する(10a当たり20箱)という前提で試算したものである。なお、育苗ハウスは既存のものを使うと仮定。経費は、メーカーによる価格表を参考に設定している。図2についても同じ。

約半分に減少する、②6条の田植機に6個のロール苗を取り付ければ、水田の標準的な大きさ30a区画圃場の場合、苗補給なしで連続して移植作業が実施できる、③ロール苗1個の重量は約12kgであり、それに相当する苗箱10箱の総重量約60kgに比べて少ないことから、苗の取扱いに係る労働負荷が軽減される、④適用土壌や品種の制約を受けず、移植後の栽培管理も既存技術と等しいため、損傷苗の発生は多くなるものの安定した生育・収量を確保できる、などの利点がある。

このロングマット移植は、従来の体系が土付き苗を育苗箱の中で育て、それを移植するのに対して、水耕で苗を育てることや、ロールの長さの制約はあるものの継ぎ苗をせずに連続して移植を行えるという面で、新たな発想に立った移植栽培技術と言える。このロングマット移植は、育苗過程を水耕栽培としたことで、人工的な環境制御の基で苗を安定的に育てながら稚苗と同様の苗を本田に移植するという栽培方法としての安定性と、苗箱・床土の省略による省資材化及び省力化の同時追求を可能としたのである。

しかし、このロングマット移植はあくまでも移植栽培

であり、生産の安定性や圃場条件等を問わないという栽培面での利点がある一方で、育苗そのものは実施しなければならないこと、また、耕起・代かきという作業を必要とするという制約も負っている。そして、この両者(安定性、圃場条件への適応性と、高い省力性など)を両立させるような圃場基盤の整備、あるいは、極めて出芽性・耐倒伏性の高い直播適性品種の開発といった条件が見出せない現状においては、このロングマット水耕苗移植と直播栽培を状況に応じて組み合わせていくという対応が、今後の水田農業の一つの有力な技術的選択肢となっていくと考えられる。

なお、このロングマット水耕苗移植の留意点として、この技術は育苗施設や改良田植機など新規投資を必要とするという点がある。例えば、仮に1.2ha相当のロングマット苗移植を実施するとすれば、既存のハウスの利用を前提にするとしても、一つのハウス内に6ベンチ設置するとして、表1に示すように約80万円の初期投資が必要となる(田植機の改良費用は除く)。このように施設に係



写真2 ロングマット苗移植。この6個のロール苗を30a連続して移植ができる

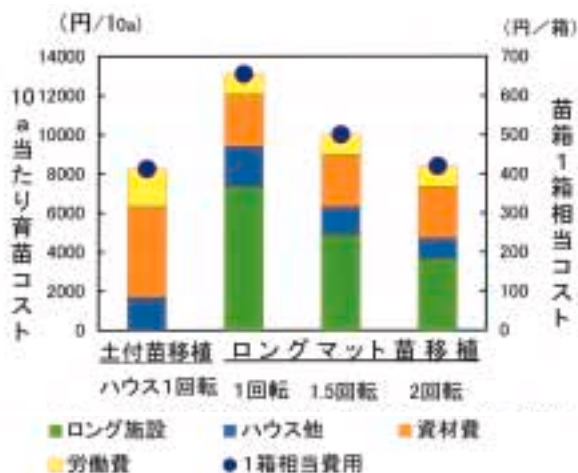


図2 ロングマット水耕苗移植苗と土付き苗移植の育苗コスト比較

る固定費が増加することから、表1と同じ標準的な経費を前提とすると、図2に示すように、ハウスの回転数を高めないと稚苗移植に比べ育苗コストは割高なものになってしまう^{注4)}。

もちろん、この技術のねらいは育苗コストの削減にあるのではなく、その意義は、^{注5)}の文献にも示したように育苗過程の省力化、ワンマンオペレーション化、軽労化など経営全体への影響から評価すべきである。しかし、現実の営農場面においては、稲作の収益性に関する将来動向が不透明な中で、このような新たな施設投資を躊躇する農業者が多いことも事実である。そのため、この技術はまだ一般的なものとはなり得ておらず、現在は主に稲麦二毛作経営など直播栽培の導入が困難な地域や、補助労働力が調達できない大規模経営等において導入が進みつつある。

(3) 中間管理作業の改善

－側条施肥移植及び緩効性肥料を中心として－

以上のような育苗から移植までの作業工程の省力化、軽労化を可能とする技術開発に加えて、施肥や除草剤・農薬散布など栽培管理過程における技術面での改善も進められている。その具体例として、移植と同時に苗の根の近くに肥料を投下していく側条施肥技術がある。この技術は、本来は初期生育の確保や、基肥及び中間追肥作業の省略を目的としたものであった。しかし、近年はそれらに加え、水田からの肥料成分の流出を抑制し環境への負荷を軽減させるという観点に立った、環境保全効果を重視した技術としての導入が進められている。そのため、本技術は省力化を志向する大規模経営のみならず、特に水質保全に対する関心の高い湖沼近隣地域などの稲作経営で多く普及しており、2002年現在の施肥田植機の普及面積から見た普及率は24%にも達している^{注6)}。これは、これまで述べてきた新技術や、後述する直播栽培の普及率が全国平均では1%にも満たないことと比較すると、かなり一般的な技術となっていることを意味する。確かに、側条施肥は、田植機へのアタッチの取り付けのみで実施可能な技術であり、技術習得面で難しい点はない。そのため、他の新技術との単純な比較はできないが、低コスト・省力という点よりもむしろ、今日では環境保全というねらいで技術導入が行われていることを示唆している。



写真3 側条施肥田植機による移植。なお、苗には殺虫・殺菌剤が散布しており、また、田植機の後部において移植同時に除草剤が散布される

このような側条施肥と同時に、計画的に肥料分が溶出するように設計された肥効調節型肥料の開発が進み、その使用面積は全水稲作付面積の23%を占めるに至っている。また、除草剤や殺虫・殺菌剤についても、育苗の際に、あるいは移植作業と同時に散布していく方式が普及してきている(写真3)。そのため、このような栽培管理の同時作業化と、新しい資材を組み合わせることにより、移植後は水管理や畦畔除草を除くと、収穫時期まで水田での栽培管理作業をほとんど行わない経営も生じている。

但し、先にも指摘したように、生育期の栽培管理に関して省力化の面で残された作業と言える水管理や畦畔除草、あるいは、それと関連する農道や水路の維持管理などが、今日の大規模経営にとっての作業面での大きな問題となっている。また、これらの作業が、特に傾斜地など条件不利地域の農業において大きな負担となっていることも見逃せない。これらは、単に技術開発のみで解決し得るものではないが、今日の大規模な水田作経営の作業面での問題は、中型機械化体系形成期の移植・収穫作業から、春作業の省力化・軽労化へと移行し、今日では、それら地域資源の維持管理作業を如何に効率化するかが最大の課題となっていることを認識する必要がある。

(4) 直播栽培技術の開発

ア. 水稲直播栽培技術の展開

日本における直播栽培は、過去何度か普及の兆しを見せながら、広く定着するには至らなかった。その後、1990年代に入って各地で様々な方式の技術開発が進めら



写真4 代かき同時打ち込み式湛水土壤中点播機

れた。特に、ここでは主に播種機の開発を通じた機械化作業体系の確立を基軸として試験研究が進められた。とりわけ、非常に多様な播種様式が開発されたことに注目する必要がある^{注7)}。これは、それぞれの地域条件、土壌条件に対応しようとしたことや、既存の機械の汎用利用を目指す、あるいは高い作業性を求めるなど、それぞれ目標とする技術的ポイントが異なっていた。

このような新たな播種様式の開発を中心とする数々の試験研究が行われるとともに、併せて、①レーザーレベラーによる圃場の均平化、②新しい除草剤の開発、③湛水直播における播種後の出芽苗立ち対策(落水出芽法)の確立、④乾田直播を中心とする緩効性肥料の適用可能性の検討などが進められた。また、⑤播種深度を正確に維持する高精度条播機や、耐倒伏性を向上でき播種後の



写真5 汎用型不耕起播種機による水稻不耕起乾田直播作業

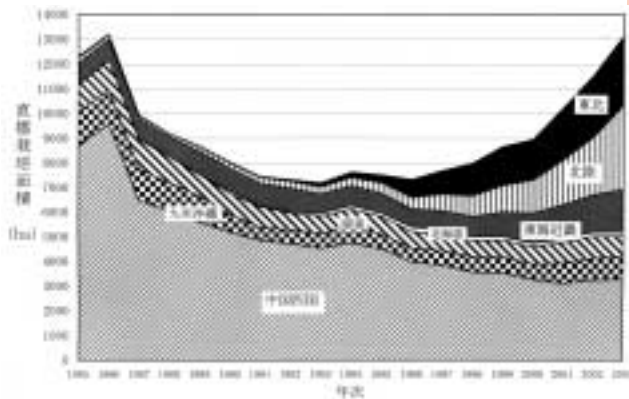


図3 農業地域別水稻直播栽培面積の普及動向

注) 農林水産省生産局農産振興課資料より作成

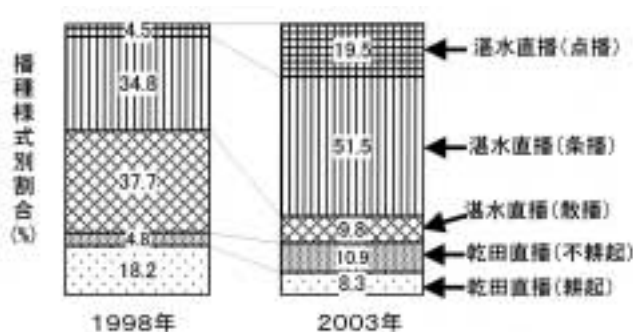
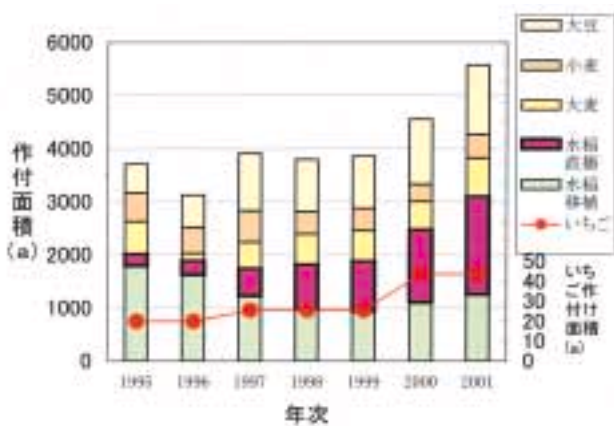


図4 直播栽培における播種様式の変化

注) 資料出所は図3と同じ。図中の数値は、全体の普及面積(なお、全国の中で直播栽培について特異な動向を示している岡山県は除いて整理を行った)に占める各播種様式の割合である。

稲の姿が移植栽培に近い湛水土壤中点播機(写真4)、不耕起乾田直播機(写真5)など新しい播種機の開発やその市販化が進んだ。このような技術開発により、図3に示すように、特に東北、北陸、東海の水田地帯を中心に直播栽培の普及が進み、その面積は、2003年には13,139haに達している。また、直播栽培の播種様式は、図4に示すように、近年は、湛水直播では条播と点播が、また、乾田直播では不耕起乾田直播が相対的に多くを占めるようになってきている。

なお、条播や点播が増加しているのは、出芽苗立ちが安定していること、稲の姿が移植栽培に近いこと、さらに、倒伏しやすいコシヒカリでの直播に適しているからであり、直播栽培であっても、ここでは、安定性を求めつつ、かつ、販売対応面での有利性を前提とした品種選択が行われているという点で、今日の直播裁



年次	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
水稲(全体)	3,199	1,840	1,577	1,718	1,859	2,006	2,125
(10a当たり)	12.46	9.87	9.21	9.25	9.78	8.06	8.84
麦類	199	347	376	392	381	242	395
大豆	385	220	633	433	527	435	616
雑	4,794	5,942	5,127	5,118	6,059	6,199	6,293
経営全体	9,299	8,963	14,134	9,072	10,290	10,265	10,290

図5 水稲乾田直播導入経営の規模及び
投下労働時間の推移

注) 対象事例は、3戸、基幹労働力6名の共同経営。雇用労働力も一部導入であり、詳しくは注7の梅本稿を参照。なお、直播栽培は、不耕起乾田直播栽培である。

培の特色を示していると言えよう。

イ. 直播栽培の普及を抑制している要因

この水稲直播栽培の経済的効果としては、①春の移植時期の省力化、②育苗ハウスや苗箱などの施設、資材が省略できることによる低コスト化、③作業者の労働負担の軽減、④ワンマンオペレーション化が可能、⑤収穫期など作業適期の分散化、⑥規模拡大の促進など様々なものがある^{注7)}。特に、一般に低コスト・省力技術と表現される直播栽培が、作期の分散も含め、それぞれの経営目標を追求する手段として、すなわち、生産技術というよりは一種の経営技術として活用されている所にその特色がある。そして、例えば、図5に関東地域において乾田直播を導入している経営事例の状況を示したが、そこでは、直播栽培を導入することで、育苗ハウスや稲作に係る必要労働時間数を増加させることなく、水稲作付面積で約10ha(導入前の1.5倍)の拡大と、複合部門であるいちごの約2.5倍の作付増加を同時に達成し得たことが分かる。この間、圃場条件、機械施設装備、労働力数は基本的に同水準にあり、この点で、図5に示す経営展開は、直播栽培導入による経営的効果の現れと見ることができるのである。

このように直播栽培導入の経済性は確認できるのであるが、現状においては、移植栽培から直播栽培へとすぐ

に転換していく段階にはなく、その普及率も、増加してきているとはいえ、全国平均ではまだ1%にも満たない状況にある。そして、直播サミットや新技術・新品種導入対策事業など行政部局からも積極な取り組みがあったにもかかわらず上記の普及率に止まっているのは、以下の理由があるからと考えられる。

第1は、直播栽培ゆえの本来の課題である。例えば、①乾田直播では代かきを実施しないため、漏水し易い、あるいは十分な用水が得られないなど、適用できる土壌に制約がある、②本田での栽培期間が長く、麦間直播などの技術的工夫を除くと、麦と水稲直播栽培との二毛作は一般的に困難である、③田植機とは別に専用の播種機が必要となるなどの問題である。また、移植栽培は、一定の葉齢まで生育した苗を本田に移植するのに対して、直播栽培は本田に直接播種することから、安定性や環境変動への適応性という面では当然移植栽培に比べて劣る。これは、施設内での育苗過程を省略することの代償でもある。

第2に、日本型直播栽培といわれるような技術の特質に関わる問題である。直播栽培は、省力技術であるが、粗放的な技術ではなく、丁寧な作業、稠密周到な肥培管理を前提に成り立つ技術として確立されてきた。それだけに、湛水直播では代かきによる土壌の硬さの調節を、また、湛水直播、乾田直播いずれもが、播種深度の確保、圃場の均平化、雑草制御、水管理などに関して細心の注意を必要とする。すなわち、直播栽培はまさに篤農家的技術であり、必要な事項を的確に実施できる者に適用するという技術であるという点が、その普及定着を抑制する要因となっている^{注8)}。

直播栽培の普及が進まない要因の第3として、鳥害の問題がある。上述したような技術的改善から、適切な対応を実施すれば、かなり安定した苗立ちや収量を確保できるようになってきている。しかし、鳥害に対しては、まだ、基本的な対策は見出し得ていない。確かに、落水出芽法に伴う水の駆け引き(落水・入水)でズメやカモの被害を回避する、あるいは、乾田直播では播種深度を深くし、かつ、確実に覆土するといった方式が提案されている。また、広い面積において普及した場合には、被害の密度は低下し、大きな問題とならなくなっていることも事実である。しかし、小面積において試行的に実施する場合、どうしても鳥害の被害を受けやすく、その

回避のためには細心の注意を払わなければならない。現実の問題として、この鳥害を容易に、かつ、確実に回避できる方策があれば、直播への取り組みはより促進されるとともに、また、1度試行した経営がその導入を断念するという事態も減少すると考えられるのである。

直播栽培の普及に関わる第4の問題として、その普及に向けた指導機関の意識が必ずしも高くはない地域も多いという点も指摘できる。なぜならば、前述したように、直播栽培技術の確立が図られる中で、同様の気象条件下にあっても、地域によって普及率にかなりの格差があるからである。また、この点に対しては、稲作における構造変化の遅れから、そのような直播栽培の効果をそれほど強く必要とする経営がまだ少ないことも影響していると思われる。しかし、直播栽培を必要とするような経営や営農組織の育成など地域営農再編と合わせた技術普及への取り組みが進められている地域においては直播の導入が進んでおり、このことは、水田農業の再編に向けた取り組みと新技術の普及とは一定の関連性があることを示唆している。

最後に、直播栽培の普及に関わる本質的な問題として、現段階の栽培方法が、一つの技術として十分確立されたと見なし得るかどうかという点も再検討する必要がある。

例えば、湛水条播を実施している北陸地域のある大規模水田作経営の経営者は、代かきの際の土壌の硬さ、播種深度、落水出芽、雑草制御などに対して細心の注意を払って直播栽培を実施しているが、それでもなお、移植栽培に比べ1俵近く収量が低くなるという問題を指摘している。約1.5kg/10aの播種量で、当初の予定通りの苗立ちは得られているが、それでも収量が移植栽培並みに確保できない。倒伏を回避するために施肥が控えられる面があるが、それだけの問題ではないようである。本来的に高単収地帯であるという地域性的問題や、直播栽培ゆえの草型や分けつの仕方、及び過繁茂となりやすいといった生育特性などの影響もあるが、現段階において技術的に最も適切と思われる対応を行っていてもなお、対移植栽培で1俵近い収量の低下を回避できないとすれば、農業者にとってはその導入拡大を躊躇させる要因となろう。地域性や、乾田直播と湛水直播の違いもあるが、直播栽培において同一品種の移植栽培と比較した場合どこまで収量水準の確保が可能かは、技術論的に検討され

るべき大きな課題であると思われる。

3. 水田作経営の技術的課題と今後の稲作機械化技術の開発方向

1) 水田作経営の技術的課題

現在の稲作における作業面から見た問題点は先に整理したが、米政策改革が施行された今日における水田作経営に要請されている課題を技術的視点から改めて指摘しておこう。

その第1は、いかに売れる米を生産していくかである。これは、もちろん技術だけの問題ではなく、販売対応の適否に大きく関わる課題であるが、しかし、近年の米流通においては、粒形の大きい米、乳白や未熟粒等がない米、さらに安全・安心と言われるような栽培方法を工夫した米が求められており、それらの生産を可能とする栽培技術への要請が強い。もちろん、品種への期待も大きいですが、仮に差別化が可能な品種であっても、JAS法や薬事法等に係る表示の問題や、販売面では一定ロットをまとめる必要があること、あるいは、売り先を確保した上での品種導入が求められるなど、品種のみで高価格が期待できる状況にはない。この点で、有利販売につながる技術開発に対する農業者の要望は強い。

第2は、コストダウンに係る技術的課題である。稲作の収益性が低下している中で、その影響を軽減するために、少しでも費用が節減できる技術への期待は大きい。しかし、これまでの新技術が広く普及しなかった背景には、省力によるコストダウンは実現したが、物財費に係る削減が十分期待できなかったことがある。この点で、今後は、物財費の削減を可能とする省資材型の技術、あるいは、生産物当たりのコスト低下につながる収量向上に向けた技術開発が求められている。

第3は、先述した有利販売とも関連するものとして、有機農業や環境保全型農業、あるいは自然環境との共生への配慮が重視されてきているという点である。換言すれば、環境に負荷を与える栽培方法はもはや採用され難い状況にある。このような状況の中で、例えば、販売戦略の一つとして、有機農業、あるいは、二酸化炭素の排出量等から見た環境負荷のより少ない技術を求める農業者も現れており、このような営農現場の要請に対する技術開発のあり方についても検討が必要であろう。

2) 今後の稲作機械化技術の開発方向

本論では、これまでの稲作技術の展開を機械化を中心に検討したが、それらを踏まえつつ、今後の稲作機械化技術開発の方向について3点指摘する。

第1は、今日、多くの農業者が求め、また、消費者からも要望が高い技術として、有機栽培、あるいは減農薬・減化学肥料栽培にどのように応えていくかである。特に、有機農業を想定した場合、土地利用型の作物に対する大規模に適用可能な省力性を持った技術開発については、試験場技術としては取り組みは少なく、むしろ、民間の農業者の独自対応が先行している状況にある。これらの研究面での取り組みが少ない背景には、農薬や化学肥料を利用しない研究への関心が相対的に低いということがある。また、新たな雑草や病虫害に対してどのような除草剤や農薬を使用していけばいいかといった農業者からの要望は常に多く、無農薬栽培を求める者は一部に限られるという現実認識もあろう。しかし、このような有機栽培などの技術は社会的ニーズも大きく、また、将来に向けた国際的な市場競争の中での優位性を確保していくためには、稲作におけるそれら栽培方法の確立はやはり避けて通れない課題である。この点で、今後はこのような分野への研究を深化していく必要がある^{注9)}。

第2に乾田直播の場合、除草剤の散布回数が多くなるという問題がある。これは、本技術の本来の目的であるコスト削減と矛盾するとともに、低農薬使用の農産物が求められる中で、販売対応を重視する生産者においてはその導入が躊躇されるであろう。確かに、乾田直播は、裸地に播種し、出芽後生育まで時間がかかることから、雑草も発生する。そのため、技術的に可能と考えられる具体的な方策は容易に見出し難い。しかし、種々な手段、例えば、雑草の草種を踏まえた除草剤の選択、耕種的防除との組み合わせ、水田作付体系全体を通じた雑草制御などを通して、移植栽培と同等程度の除草回数とする方策はないのだろうか。すなわち、直播栽培を技術体系として安定性の高いものとすると同時に、生産者に受け入れ易いものとするための技術の高度化に向けた研究上の課題も多い。

最後に、水田輪作体系の構築に対して稲作技術開発からどのようなアプローチを実施していくかという点について付言しておきたい。水田輪作に対しては、合理的な輪作体系の構築という観点から見てどのような稲作技術

が最も望ましいかという点について十分な検討はなされていないように思われる。

例えば、田畑輪換を長期的に実施した場合の地力低下という問題が指摘されているが、稲作における化学肥料の施用量はかなり減少してきており、堆厩肥・稲わら施用がそれを補う状況にはない(図6参照)。このような点も、水田の地力に当然影響を与えているであろう。この施肥削減の背景には、コスト低減というよりも、省力化や、食味を落とさないための施肥の手控えがあると思われるが、このことは、長期的に見れば水田の生産力に関わる大きな問題を生じさせる。

また、前述した雑草制御のあり方等についても、輪作体系の中での一定の可能性を見出せるかもしれない。さらに、輪作体系という場合には作物として稲、麦、大豆が中心とされる場合が多いが、地力維持を考慮した場合に果たしてそれでいいか、大面積に堆肥を投入していく地域的なシステムの構築は可能か、あるいは、緑肥等を導入した新たな輪作体系を設定していく必要はないか、また、そのような作付体系の中で水稲はどのような位置付けを持つかといった点について、稲作研究の観点からも検討が必要である。

なお、直播栽培、とりわけ乾田直播栽培の導入は、水田輪作体系の構築という観点から見た場合に、従来の日本の稲作に係るシステムの改善として、換言すれば、稲単作的技術体系からの転換につながる契機と見なすことができよう。現状は、移植栽培と同様の発想に立った機械化技術の開発が進められつつあるが、その中型体系の基本的枠組み自体の転換が必要である。その意図する所は、稠密な管理を前提としつつも、移植栽培と同等の安

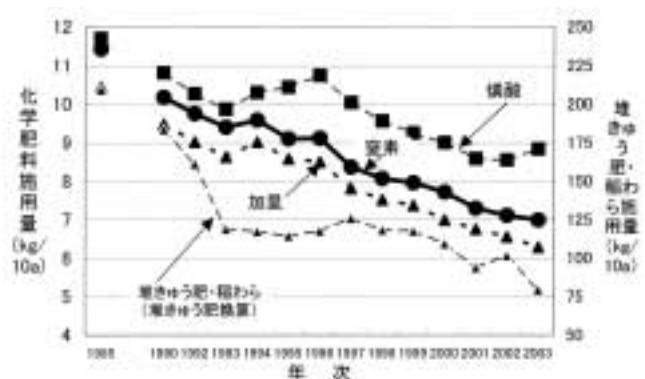


図6 地域別水稲化学肥料及び堆きゅう肥施用量の動向
資料出所は農林水産省統計情報部「米及び麦類の生産費」各年次。
なお、稲わらは堆きゅう肥換算されて示されている。

定性・収量性を持ち、かつ、中間管理作業を除くと基本的に播種と収穫のみから構成される省力性の高い作業方式に裏付けされたものであり、さらに、田畑輪換を前提に、地力低下の防止や環境面への配慮を含めた水田作付体系の中に組み込まれる技術体系である。そして、そのような内容を機械化技術開発に求めるのは、それに必要な労働手段及び技術を導入できる経営が、それがゆえに生産力的優位性を発揮し、そのことで構造再編への基礎となることをねらいとしているからである。

このような技術体系の構築と、地域的土地利用調整を組み合わせれば、アジアモンスーン風土の下での生産性の高い水田輪作体系の構築が可能となるのではないだろうか。この点で、稲という一つの作物研究のみならず、水田作研究という観点からの課題設定が、今、改めて求められていると言えよう。

注1) 本論では、稲作機械化技術に焦点をあてて考察を行うが、その「技術」とは、「一定の目的を達するための手段および操作の総体」であり、それゆえ、農業技術は、農業生産行為を目的に実現するために必要な農業生産手段や作業のやり方等を結合する働きをもつ。そして、この生産手段は、一般に、労働手段（機械、施設、土地など）と、労働対象（種子、肥料、飼料など）に区分される。機械化技術は、この前者の労働手段を基軸として展開されるものである。一方、労働対象の上に具体化する技術、例えば改良された品種なども、労働手段の体系化とならんで重要な農業技術の内容をなすが、本論ではこれらについては考察を行っていない。なお、文中においては機械化体系という表現も用いるが、これは、生産過程における一局面である部分技術（作業）が組織的かつ主体的に統一されたものという理解のもとで使用している。これらの概念について詳しくは、梅本雅. 2004. 農業経営と生産技術、『新編農学大事典』、養賢堂、p155-158を参照されたい。

注2) この乳苗移植や他の移植栽培技術の内容及びその経済性については、稲作省力化技術（移植編）. 1997.『農業改良資金新技術導入の手引き』、農業改良資金協会を参照されたい。

注3) このロングマット苗移植技術の内容及び経済性については、北川壽. 2005. ロングマット苗移植技術の導入効果－人にも環境にも優しい田植え技術－、米麦改良2005年2月号、p10-19及び、梅本雅. 2001. ロングマット水耕移植技術の経営的效果と導入条件、農業技術56(11)、p481-486を参照。

注4) 育苗コストの削減に向けては、育苗期間を長くして施設の回転数を高める、あるいは、花や野菜苗の栽培も行って施設の汎用利用を試みるといった対応が必要となる。ただ、この点につい

ては、農業者独自の工夫の余地もあると思われる。例えば、現在でも平置き出芽（育苗機を使用せず、ハウス内で出芽させる）や、プール育苗（ハウス内にビニールを敷き、その上に苗箱を並べ、湛水状態で育苗する）が試みられつつあるが、これと同様の方式でハウス内でロール苗が育苗できるとすれば、かなりコストは削減できると考えられる。

注5) この水稲直播栽培の経営的效果については、小室重雄編著. 1999.『水稲直播の経営的效果と定着条件』農林統計協会、及び梅本雅. 2002. 水稲直播栽培技術普及の現状と特徴、関東東海農業経営研究第93号、p45-56を参照。

注6) 例えば、環境こだわり農業を進めている滋賀県では、この側条施肥田植機の普及率は45.6%と、富山県に次いで全国2位の高い値となっている。

注7) なお、これらについては、屋代幹雄. 1997. 機械作業技術、『日本型直播稲作導入指針』、農業研究センター、p140-164に詳しい。

注8) なお、これらの背景には、この直播栽培が、本当に深い理解に立った技術体系として、農業者や指導機関の共有の財産とはまだなり得ていないという問題もあるように思われる。また、これまでの技術開発の展開を見ると、例えば、播種といった作業方式を改善していくことが中心となっており、中型機械化体系の形成過程で見られたような、栽培方法及び栽培理論と作業方式との整合性及び体系性を同時に考慮した技術開発は少ない。換言すれば、研究の目標がいつも省力・低コスト化におかれ、一定の目標収量、労働時間、コスト水準を満たす作業体系の成立が到達点とされてしまっているためか、技術論的裏付けを持った技術体系として十分確立し得ていないように思われるのである。

注9) なお、無農薬栽培に向けて取り組まれつつある機械化技術それ自体の課題も考慮すべきであろう。例えば、有機農業を大規模に実施している経営で多く採用されているのが機械除草であり、移植後、稲の生育に合わせて、概ね1週間から10日ごとに約3回、乗用型の機械除草機で除草を行っている。ただ、作業機が移動する際に生じる欠株や苗の損傷、さらに、それに伴う生育遅延などから、収量が慣行栽培よりも1～1.5俵少なくなるとともに、草種によっては抑制が困難なものもあり、農業者は、除草を行う時期の設定や、確実な除草の実施に苦慮している。また、この機械除草の方式は、システムとしては除草剤が開発される前の人力作業を乗用機で実施する方式に他ならず、技術体系としての進歩と見なし得るか疑問な点も多い。しかも、そこでは、除草という作業に注目するためか、稲の生育への配慮、すなわち、作物の栽培面からの検討が必ずしも十分ではないように思われるのである。この点で、この機械除草という作業を科学的知見をもって技術体系として構築していく方策の検討が必要であろう。