

稲作の担い手不足に対応した技術開発

児 玉 徹

(秋田県農業試験場)

Technical Developments Matching to Agricultural

Labor Shortage in Rice Cropping

Tooru KODAMA

(Akita Prefectural Agricultural Experiment Station)

1. はじめに

近年、兼業化が深化する一方で農家人口が高齢化し、稲作の担い手不足が急速に表面化している。これに伴って、大規模経営及び組織等が成立するための経営的条件と、大規模経営を可能にする新たな省力、低コスト、作期拡大などの技術開発が要請されている。

また、平成4年6月に農林水産省が発表した「新農政プラン」²¹⁾の中で、10年後には稲作を中心にした10～20ha規模の個別経営が増加し、労働時間の短縮とコスト低減が実現できると想定している。しかし、モンスーン地帯でしかも北東北に位置する秋田県では、そのような大規模化が一気に進むとは考えられない。このためには新たな視点での技術開発が望まれる。

そこで、今後の水田農業において重要な役割を持つとされる、大区画・大規模経営と栽培技術の接点を明確にし、担い手不足に対応した新稲作技術の開発と、そのための試験研究課題について秋田県を例に述べる。

2. 秋田県農業の現状

(1) 農家人口及び農業就業人口の動向

秋田県の農家人口は1990年現在、男女合計で45万人であるが、2000年には36万人に減少すると予測²⁵⁾されている。1990年時点の年齢構成をみるとかつての「ピラミット型」から、三つのこぶを持った「釣り鐘型」に変化してきている。こぶは50～64歳と30～44歳そして5～14歳で、年齢層の若い階層ほど小さいこぶになっているのが特徴である。これが、2000年になると各階層が10歳ずつシフトすることになり、64歳以下の層、とくに14歳以下の幼少人口が一層減少すると予測されている。

また、農業就業人口は1990年の男女合計の12万人から、2000年には10万人に減少すると予測され、その年齢構成は若年層の減少と65歳以上の高齢者の増加が予測され、「逆ピラミット型」がより強調された形になる。

(2) 経営耕地面積規模・兼業別農家数の動向

経営耕地面積規模別農家数をマルコフ過程分

析²⁴⁾の予測によってみると、農家数は1990年の96,000戸が2000年には82,000戸となり、14,000戸が離農することになる。「新農政プラン」²¹⁾では全国の農家数が20～35%と大幅に減少することを見込んでいる。これに対して、秋田県では15%にとどまる予測であり、土地所有に対する執着が根強く残っている。2000年の経営耕地面積規模別農家数⁶⁾は、1990年に対して5 ha以上の農家と自給的農家が増加し、5 ha未満の農家数が減少する予測である。また、2000年の規模別農家比率は3 ha以上層が12%であり、依然として経営規模拡大は鈍いことも併せて予測している。

専業・兼業別農家数の予測をマルコフ過程分析²⁴⁾に基づいて行なうと、専業及び第1種兼業では専従者のいない農家が増加する。これは、農業就業人口の高齢化や、後継者が農業を引き継がないケースの兼業化に拍車がかかっていることを示している。したがって、第2種兼業の中では兼業が主で、恒常的勤務の兼業と自給的農家が増加することになる。

(3) 機械の利用効率と作業規模拡大の制約条件

農業機械の規格別出荷台数をみると²²⁾、トラクターでは30～40馬力、田植機では6～8条植えが伸び、コンバインでは刈り取り幅が1.2 m以上（4条以上）が普及しており、今後もこの傾向が続くものと思われる。

このように近年、農業機械は年々高馬力・大型化に移行しており、これが農機具費の増加に結びついている。機械の大型・高性能化は作業能率・精度向上、労働強度の低下をもたらした技術の高度化に大きく貢献したが、兼業化に拍車をかける要因になっていることも事実である。

したがって、これらの農業機械をいかに経費節約的に利用するかが稲作経営改善の大きな課題である。

農機具費に占める固定費の割合は高いが、この固定費節減の一つとして作業規模の拡大、つまり機械の有効利用¹⁰⁾があげられる。32馬力のトラクターでは約7 ha、乗用6条田植機では約10 ha、グレンタンク付自脱型コンバインでは約9 ha以上で、それぞれが作業受委託料金と均衡する損益分岐点面積となる。したがって、これ以上の面積で初めて利用効率が高くなる。また、稲作機械化作業体系別の損益分岐点としては、

「側条施肥乗用6条田植機・3条刈りコンバイン・軽トラック体系」では約5 ha以上、「側条施肥乗用8条田植機・グレンタンク付5条刈りコンバイン・ダンプトラック（2 t）体系」では約11 ha以上の作付面積で県平均の10 a 当たり農機具費を下まわる低コスト利用となる。しかし、個別経営での面積拡大は受託圃場の分散、移動のためのロス時間の増大、組作業人数の制約、特定品種への集中などにより作業面積の増大が制約される。

また、作業面積は当然作期等の自然条件の影響を受ける。このため、秋田県を県北、中央、県南の3地域に分けてそれぞれの作業別負担可能面積²⁾をみると、自然条件の制約が大きい県北で可能面積が少なく、県南では多くその差は約2 haとなる。

(4) 稲作を中心とした経営の展開方向

稲作経営の改善の方向¹¹⁾としては、第1に生産量の増大、単収の向上である。第2は生産物の販売単価の上昇で、第3は費用の節減である。第1と第2の要因は、稲作の栽培技術の改善に関連した分野であり、これについては後述する。

第3の要因としてはスケールメリットが極めて重要な役割を持ち、大区画圃場化・団地化と経営規模の拡大が大きく影響する。

大区画圃場化・団地化は機械の大型化・高能率・高性能化による作業能率の促進、規模拡大を可能にする。これを最大限利用すべき主体形成に主眼をおくと、作業の高能率化を進めるためには、当然小区画圃場では効率が悪くなるので、受託組織や生産組織化³⁾によって団地化を促進する必要がある。さらに、大区画圃場化を進め省力化による労働費の軽減と、スケールメリットによる農機具費の軽減が図られることによって、よりコストの低下が可能になる。しかし、とくに作業受託拡大による規模拡大の場合、良食味米の“あきたこまち”へ集中する恐れがあり、作業の競合を避けるための作期移動による作業の分散が必要になる。

自作地面積5haを基準に借地、作業受託によって稲作経営の規模拡大を図り、1千万円以上の所得額を目標にする場合、秋田県では次のような制約^{28), 29)}を受ける。まず、試算の前提条件として組作業人数を4人、圃場区画の大きさを30ha以上、圃場の分散を1カ所として想定した。受託類型別の所得1千万円到達規模は次のようになる。①自作地型（自作地+自作地で拡大）は9.2ha以上で目標に到達し、最大負担可能面積は約17haになる。②自作地+借地型では6.4haを受託し、作業面積の合計11.1haで目標到達になり、上限は約15haとなる。③自作地+借地+作業受託型では借地と作業受託地がそれぞれ3.86haで合計が12.7haで目標に到達し、上限は約14haになる。しかし、④自作地+作業受託型では、10.7haの作業受託を行ない合計で15.7haの作業面積で1千万円になるが、この規

模が負担面積の限界を越えることからこの類型は不成立となる。したがって、稲作規模が小さい経営で1千万円以上の所得をめざすためには、稲作の受託による規模拡大に加えて、集約的な野菜等を導入⁵⁾する必要がある。

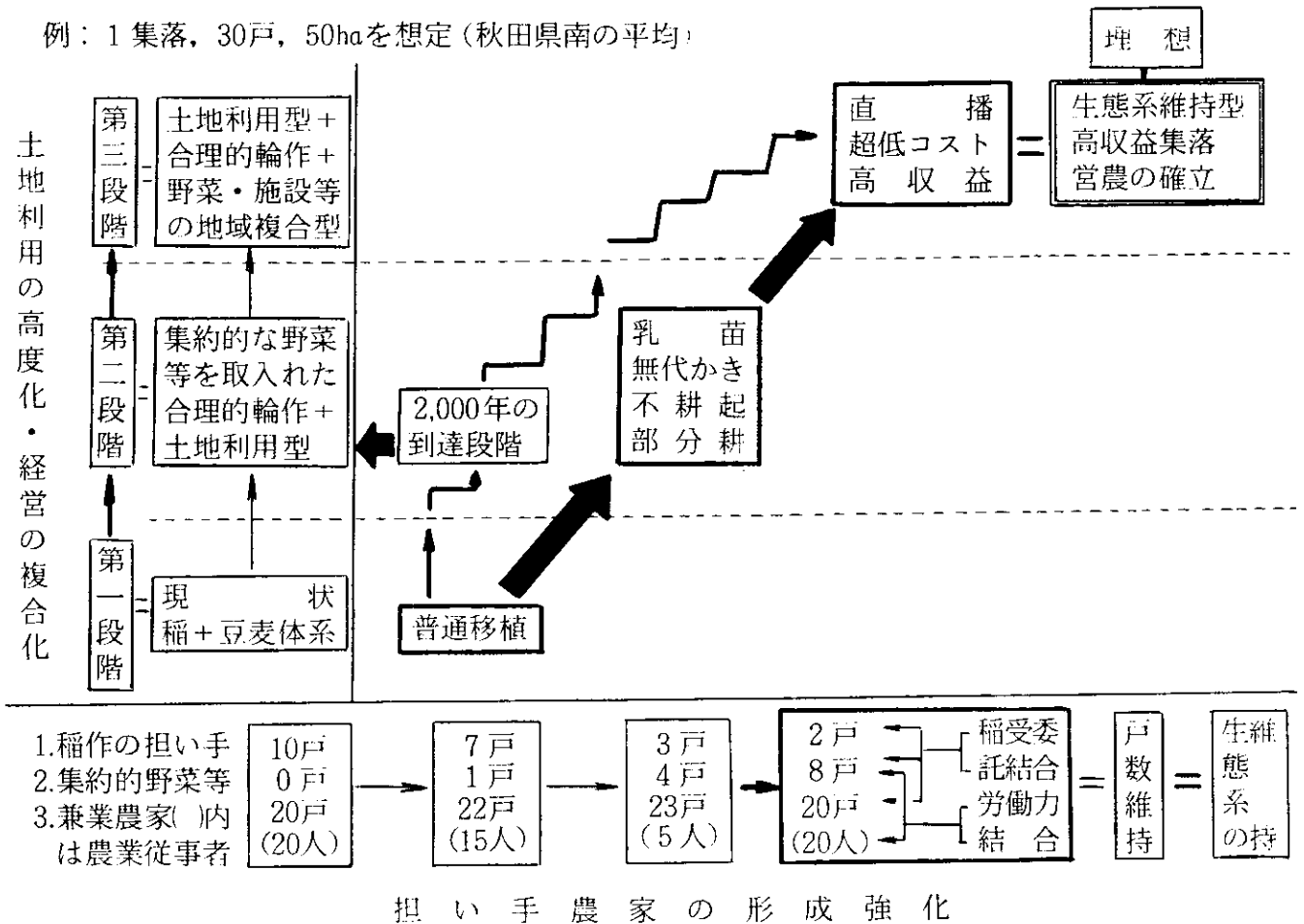
以上のことから、稲作経営の規模⁶⁾は自作地の面積によって異なるが、1千万円の目標所得は14~17haで可能になり、これに減反割合を20~25%として換算すると1農家の経営面積（水田面積）は約18~22haになる。これ以上の面積を耕作するためには、個別農家では組作業人数等の制約から無理で、機械も2台以上の集団体系にならなければならない。1戸当たり経営面積の約18~22haは、前述した地域別・機械種類別・機械の大きさ別の水稻負担可能面積である16.0~17.6haとはほぼ一致する。

3. 担い手強化の段階的ルート

土地利用型農業の担い手不足は厳しく、稲作を中心に専門的農家として自立するためには、団地的な受託面積の確保、省力技術の導入等克服すべき課題も多い。これまで述べてきた秋田県の現状と稲作経営の目標を踏まえて、県南部における平均的な集落を対象に、担い手強化への段階的なモデル化を試みた。1集落の農家数30戸、経営面積50haを想定した場合、稲作を中心にした担い手強化の方向は図-1に示したもののとなろう。

水利用等のため集落を維持していくためには、現在の農家戸数を大幅に減少させないことが前提となる。一方、稲作生産の担い手としては、現在の10戸から農地の受委託、作業委託の過程を経過し、最終的には機械の効率利用等を考慮すれば、15ha規模の稲作経営2戸で集落全体の

例：1 集落，30戸，50haを想定（秋田県南の平均）



図－1 稲作を中心とした担い手強化の段階的ルート

稲作生産が賄えることになる。しかし、このためには農協等が担い手農家・委託者間の農用地利用調整や、担い手農家間の組織化等を支援する必要がある。同時に稲単一経営だけでなく集約的野菜・施設等を結合させた複合経営農家の育成，あるいは水田面積をすべて委託化し，野菜・花き等に取り組む専門的農家の育成にも指導を強化すべきである。農地を委託した一部の農家は他産業に就業することになるが，土地利用型農業では広大な面積を要するので，水管理，畦畔草刈り等手作業に労力がかかり，また，農道や用排水路等の維持管理も不可欠の作業となる。

したがって，これらの作業では専業と兼業農家が結合して，集落の農地を維持することも重

要になる。集約的な野菜や施設利用等の場合でも専業・兼業農家の労働力結合が不可欠になる。特定の担い手農家に大量に農地が集積するとすれば，地域内で多くの農家や住民により，農業環境の維持を図るべき新たな地域計画作りが必要となろう。

地域内の農地が一定程度集積され一部に大規模経営が成立し，また，一方に野菜等集約的な作目導入農家が育成されると，土地利用の高度化と団地化が要求され，地域としての土地利用型農業と複合型農業の組合せが重要になる。図－1に示したように，土地利用の高度化と経営の複合化を第1段階から第3段階まで設定し，現状の豆・麦体系から集約的な野菜・花き等を取り入れた合理的な輪作体系を経て，最終的に

は土地利用型+合理的な輪作と野菜・施設等の地域複合型の農業を目標とした。

地域の最終的な方向として「生態系維持型高収益集落営農」の確立を目指すとするれば、これに接近するための稲作の技術としては、現状の普通移植栽培から第2段階では乳苗，無代かき，不耕起，部分耕などの省力移植栽培が主流になると思われる。さらに，第3段階では生態系を考慮した稲作体系の確立が必要になり，直播栽培が導入され超低コスト稲作経営が理想になる。しかし，これら栽培技術の定着は一足飛びに進むことはありえず，農家に定着するまではかなりの時間と指導が必要になるものと考えられる。

しかし，マルコフ過程分析による予測で述べたように，現段階では第2段階に入った時点で

稲作の栽培は旧態依然とした普通移植が主流である。21世紀には秋田県でも実用化の目途がついた乳苗¹⁸⁾・無代かき¹⁴⁾・不耕起¹⁶⁾などが稲作経営の中に定着する段階に到達するものと推察される。

4. 担い手不足と技術課題の接点

現状の2種兼業の増加，高齢化の進行，農家数の減少，機械の過剰装備等の問題があり，しかも，農業の担い手が激減している中で，集落を維持させ，水田農業を発展させるには，少い担い手農家による大規模経営をめざすか組織化する以外に方策はない。この規模拡大に対応した技術的課題の接点を図-2のフローに示した。

水田農業の発展のためには規模拡大が前提に

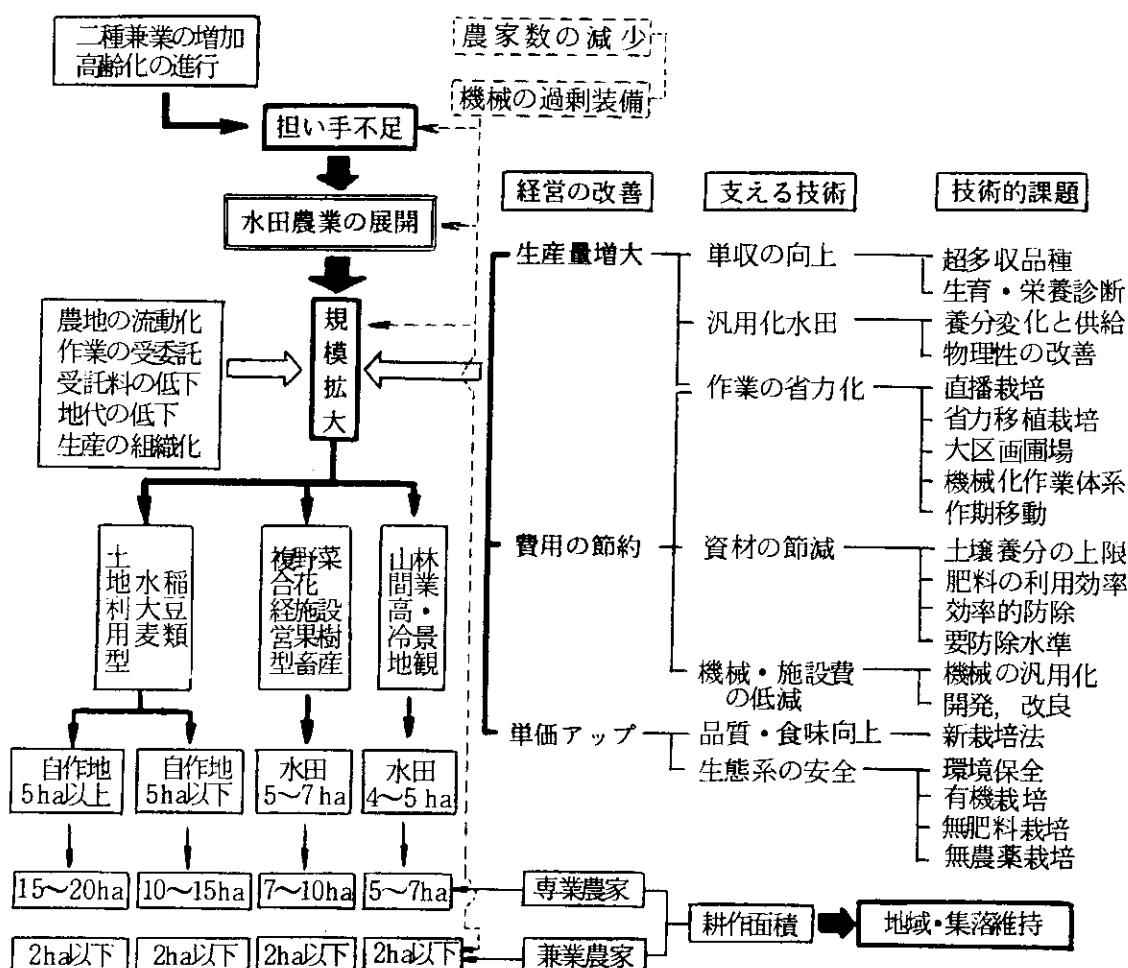


図-2 担い手不足と技術課題の接点のフロー

なり、農地の流動化、作業の受委託化、生産の組織化が解決されなければならない。秋田県の場合は委託料金が全国的にみても安く、地代は東北の中でも高い。このため、委託農家のメリットは多いが受託側が不利で、農地の集積や受委託が進まない要因の一つになっている。

規模拡大による1農家の可能面積は水稲+豆麦体系の土地利用型では自作地を5ha以上所有していれば15~20ha、自作地を5ha以下では10~15haが限界である。水稲+野菜、花き、果樹、畜産、施設等を取り入れた複合経営型では、稲作面積が5~7haで転換畑を含めた1農家の耕作面積は7~10haになる。また、山間・高冷地では4~5haの水田面積を集積し、耕作面積は5~7ha経営を行なうことになる。当然、地域集落は2ha以下の兼業農家を抜きにしては成立がむずかしく、前述したように兼業農家を離農させることなく段階的に進ませる方向をとるべ

きものと思われる。

規模拡大にともなう経営改善は生産量の増大、費用の節約、単価アップの三方向がある。経営改善の目標を達成するための支える技術としては、一つ目の生産量の増大では単収の向上、汎用化水田の有利性を生かすこと、作業の省力化等、二つ目の費用の節約では作業の省力化、資材の節減、機械・施設費の低減、三つ目の単価アップでは品質・食味の向上と有機栽培、無肥料・無農薬栽培等の生態系の安全を考慮した栽培法がある。支える技術としての具体的な課題については後述する。

5. 大区画圃場・大規模経営の作付け体系

(1) 土地利用型農業の稲作経営と栽培技術

稲作を中心とした土地利用型農業の栽培技術の接点を示したのが図-3である。

農業所得の目標を900万円~1,000万円にす

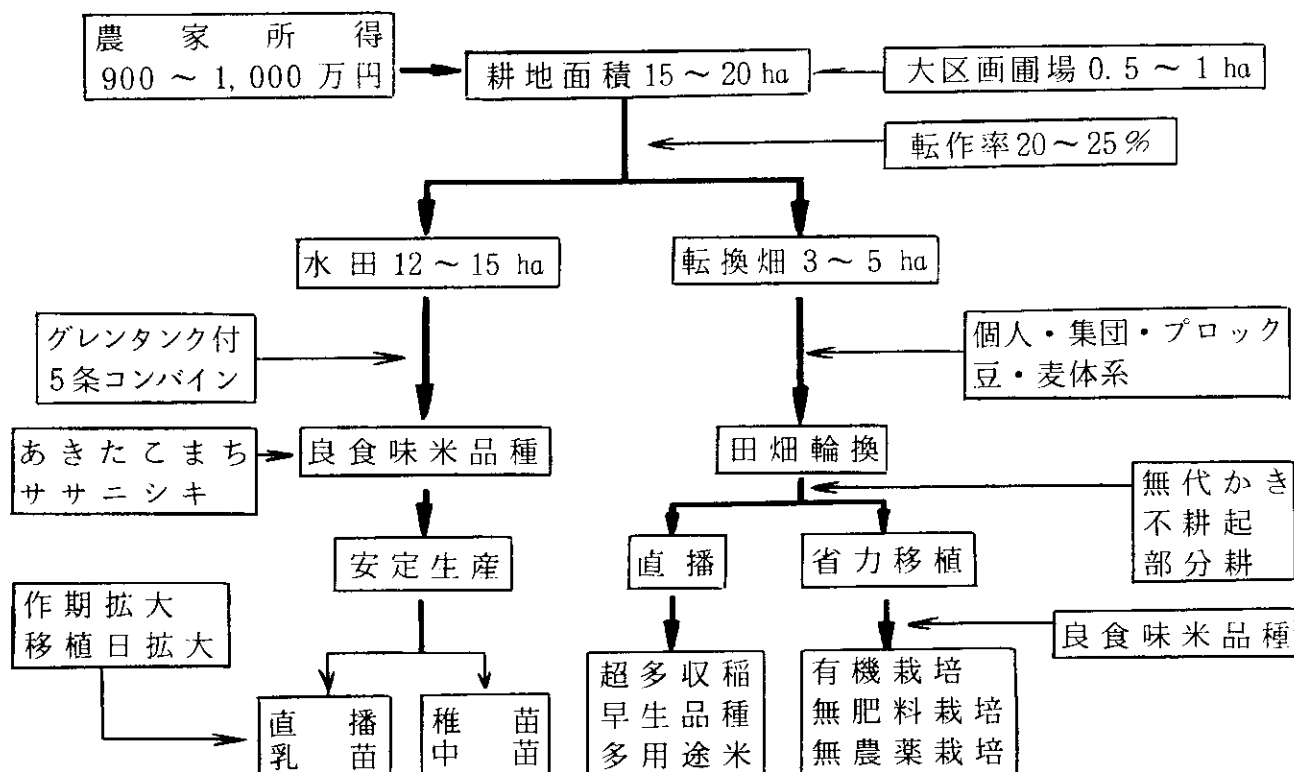
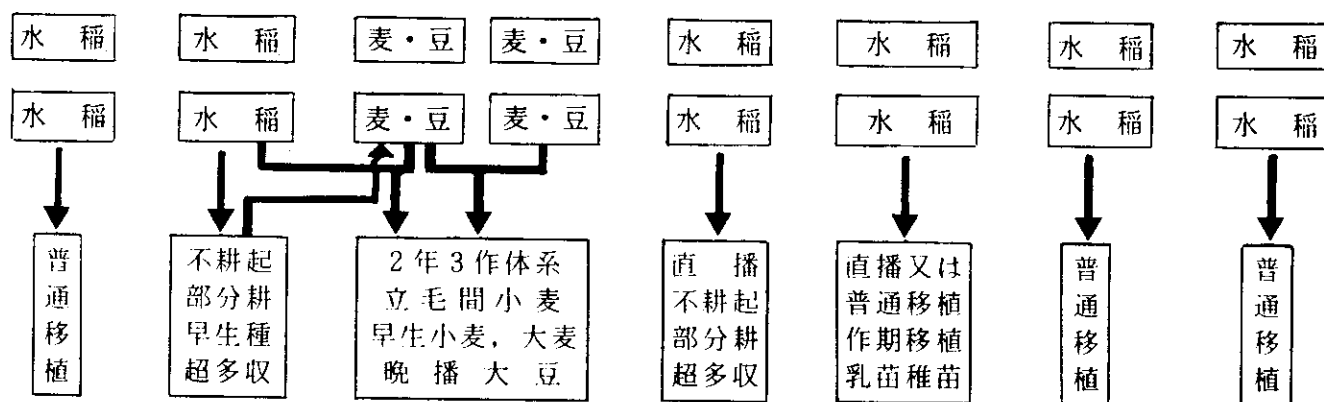


図-3 土地利用型農業の稲作経営と栽培技術導入の模式図

ると、耕作面積は15～20haになり、この面積を消化するためには0.5～1haの大区画圃場が前提になる。そして、転作率を20～25%にすると水稲作付面積は12～15haになり、水稲は良食味米品種である“あきたこまち”・“ササニシキ”の作付をおこなう。北東北に位置する秋田県では安全作期を考慮し高位安定生産を目標にするが、規模拡大を図ることにより農作業が一時期に集中する場合が多く、移植日や苗質によって作期の拡大を図り、栽培期間中の作業集中を分散する必要がある。

一方、転換畑の3～5haにおいては個人、集団、ブロックローテーション等による豆・麦体系の田畑輪換方式を導入し、その前後の作付けで直播栽培、無代かき、不耕起等の省力移植栽培技術が有利に展開される。また、有機栽培、無肥料・無農薬栽培は田畑輪換の有利性を考慮して導入するべきである。具体的には後述する。

(2) 田畑輪換の作付け体系と栽培技術の導入
土地利用型における田畑輪換の有利性を述べてきたが、その作付け体系と栽培技術の導入を図-4に示した。



例、1ha区画が16枚の場合

図-4 田畑輪換の作付け体系と栽培技術導入の模式図

1 農家の耕作面積を16haとし、1区画1haを想定した場合、2年3作の豆・麦体系を導入して、その前後に水稲の不耕起あるいは普通移植の早生品種を用いた超多収生産を行なう。豆・麦体系では大豆の跡作に立毛間小麦・大麦の作付を行なう。とくに、グライ土壌の多い秋田県では、不耕起栽培により土壌構造が発達¹⁷⁾して水田から畑への移行がスムーズに行なえる。このように、土壌条件が改善された畑跡の復元田では、水稲の直播・不耕起栽培等で早生種による超多収生産を行なうことも可能である。土壌タイプによっては、復元2年目に直播または普

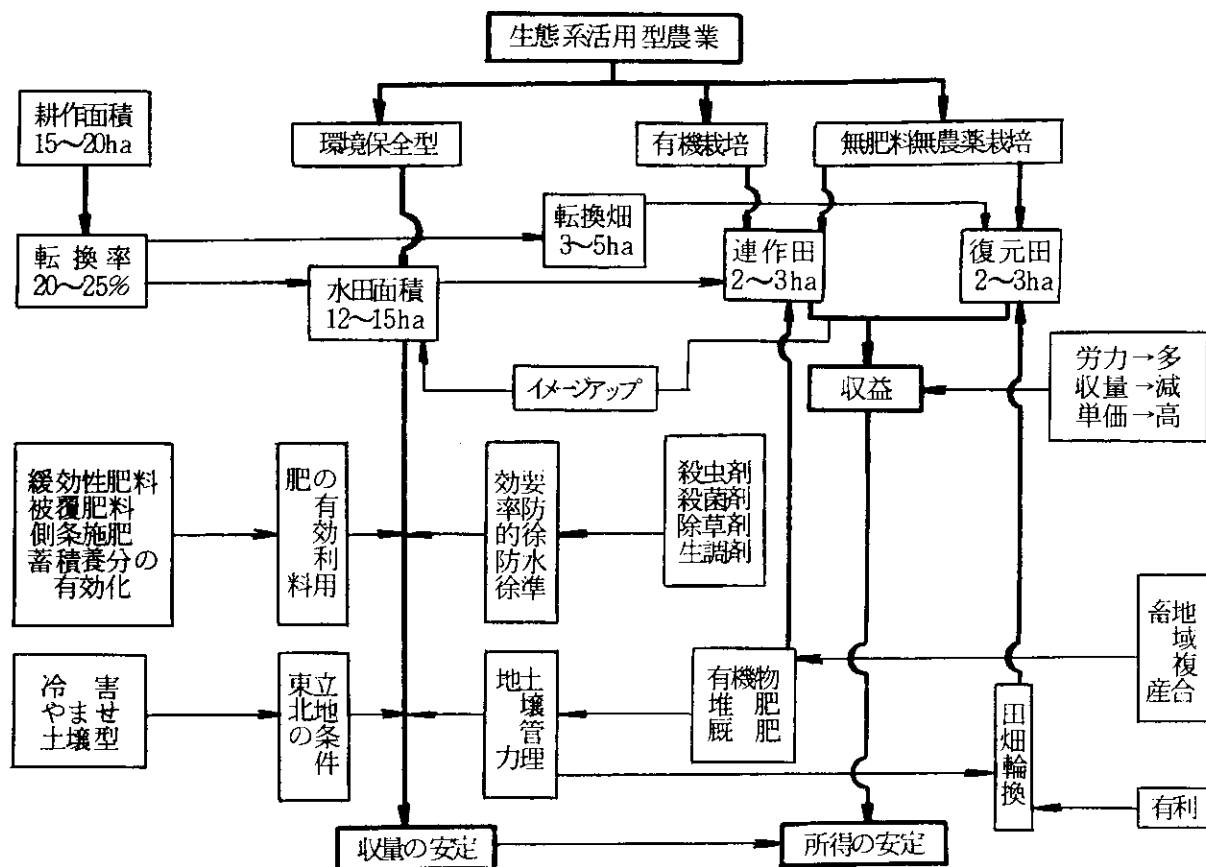
通移植を導入するが、稲作面積が多いと作業が集中するので、乳苗等で作期移動を行なう必要がある。

複合経営型では水田面積を6haにすると2年間は野菜を導入し、高収益を目指すことになるが、ここでは省く。

(3) 土地利用型農業と生態系活用型農業の接点

水田面積と稲作面積を同じ条件に設定して、土地利用型農業と生態系活用型農業の接点と位置付けを図-5に示した。

環境保全型農業を進めるに当っては東北の立



図一五 生態系活用型農業の位置付けとフロー

地条件である冷害、やませ、土壌タイプを考慮して進めなければならない。また、肥料形態では緩効性肥料や被覆肥料の有効利用、側条施肥等の効率的な施肥法、土づくり肥料による蓄積養分の有効化等を解決して、収量の安定化を図らなければならない。さらに、高生産を目指した地力向上と、そのための土壌管理技術の確立が必要である。一方では殺虫・殺菌剤及び除草剤の効率的な使用と要防除水準の作成に関する研究が必要である。

有機栽培、無肥料・無農薬栽培を全稲作面積で作付けすることは、管理作業時間が多くかかり不可能である。また、これら栽培法を行なった場合当然収量が低下するので、その分だけ単価をアップしなければ農家経営が成り立たない。したがって、このような栽培法では作付面積は

2～3haが限界であると思われる。また、有機栽培では堆肥やきゅう肥等の有機物を投入しなければならず、地域の畜産と結びつかないと稲作面積を確保できないことになる。この点では田畑輪換が有利に働くものと考えられる。

しかし、農業経営の中でこのような有機栽培、無肥料・無農薬栽培を取り入れることは、稲作の全体的なイメージアップにつながり、この点では有利に働くものと考えられる。

6. 規模拡大にともなう支える技術と解決すべき技術課題

(1) 生産量の増大

1) 単収の向上

a. 超多収品種の開発

単収の向上の一つとして超多収品種の開発が

表一 1 寒冷地北中部における超多収育成系統

(東北農試)

系 統 名	組 合 わ せ	収 量 (kg/ 10a)	収量 比率 (%)	熟 期	倒 伏	いもち抵抗性			耐 冷 性	品 質
						遺伝 子型	葉い もち	穂い もち		
奥羽 315 号	アキヒカリ／アキユタカ	70.7	105	早晚	強	pi-k	中	中	や強	5
奥羽 316 号	曲系／トヨニシキ	70.1	104	中晩	極強	pi-a,b	や弱	中	や強	4
奥羽 325 号	レイメイ／Romeo	74.9	110	中	や強	pi-a	極強	強	中	4
奥羽 326 号	密陽23号／2*アキヒカリ	68.9	101	中晩	極強	pi-a,b	や弱	強	中	8.5
奥羽 330 号	奥羽 310 号／コチミノリ	69.6	102	中晩	強	pi-a	や強	や強	強	5
奥羽 331 号	コチヒビキ／奥羽 316 号	79.6	113	中	強	pi-a,b	—	—	や弱	4.5
奥羽 335 号	奥羽 316 号／鴻	74.4	110	中晩	強	pi-a,b	—	—	強	6
奥羽 339 号	奥羽 312 号／ふ系 137 号	65.0	101	早早	強	pi-a	中	や弱	中	4.2
奥羽 交 1 号	熱研 2 号／新青 1 号	81.8	124	中	極強	—	—	—	弱	7.5
奥羽 342 号	奥羽 315 号／雲83-144	68.4	112	中	強	pi-k	強	強	強	7.0
奥羽 P L 2 号	奥羽 315 号／科情 3 号	62.5	102	中晩	強	pi-k	中	強	極強	7.5
奥羽 P L 3 号	奥羽 315 号／科情 3 号	63.8	104	中晩	強	pi-b	中	—	極強	6.0
アキヒカリ	(比 較)		100	早	強	pi-a	や強	中	や弱	4.5

(東北農試水稻育成系統配付に関する参考成績書より作成)

ある。表一 1 は東北農試水田利用部で育成した超多収品種の系統名である。東北地域の超多収品種の条件は早生、耐倒伏性、耐いもち病、耐冷性、品質等を付与しなければならない。しかも、近年はこれらに加えて食味に優れた品種でなければ普及に移すことができない。いずれの系統を見てもそれぞれ一長一短があり、超多収品種の開発をより一層難しくしている。

また、良食味品種の開発は穂数型に偏っており、穂相による収量の向上には栽培上に限界があり、穂重型の品種の開発も進める時期にきている。注目すべき点は「奥羽交 1 号」のハイブリット米である。ハイブリット米については種子の供給等、普及性についてはいくつかの問題はあるが、従来の多収品種「アキヒカリ」より 24%増収になっており、超多収品種の開発の一つの方向性を示唆している。

さらに、田畑輪換において畑跡の水田では土

壌窒素の放出が多く、水稻の倒伏が予想されるので、復元田の増収効果を十分生かすような耐倒伏性品種の開発も急がれる。

b. 生育・栄養診断による増収技術

単収の向上の二つ目は生育・栄養診断による増収技術である。秋田農試大潟支場で田畑輪換において土壌窒素の供給量を最大限活用した場合に生育・栄養診断により 900 kg/10 a 以上²⁰⁾をあげている。この生育・栄養診断システムは水稻の窒素吸収量を逐次推定し、目標収量を得るために必要な窒素吸収量から差し引き、地温から読みとった土壌窒素（地力窒素）の推定量を加味して、最適窒素追肥量を算出し、追肥を行ない多収を上げている。こうした合理的な追肥システムは労力と追肥量の節約につながり、田畑輪換土壌にとらわれず水稻連作圃場においても進めるべきである。

東北地方のような寒冷地では、地力窒素の発

現量が温度の影響を大きく受けるので、画一化した施肥法では対応が難しくなっている。そこで、土壌の窒素供給量を把握しそれに基づいて施肥を行なうことが、ここ10年ほど前から東北地方²⁶⁾を中心に活発にすすめられている。また、東北農試では東北各県の多収事例をデータベース³⁰⁾にして、水稻の各生育時期別に理想生育量を決定しているが、これらを基にした連絡試験等で各県が実証すべきであろう。

さらに、大区画圃場が定着した場合は、現在各県が開発した生育栄養診断の方法では、圃場全体の生産量を把握することは不可能であり、一部で研究を進めているリモートセンシング等を取り入れた研究開発が望まれる。

2) 汎用化水田の土壌管理技術

a. 灰色低地土の養分変化と土壌管理

田畑輪換を行なう場合には、土壌タイプによって化学性及び物理性の変化が異なるため、土壌型別の改善策と土壌管理技術が重要になる。復元田における地力の活用可能年限は1～2年であるので、これ以降は普通移植による栽培体系に戻ることになる。

秋田県農試が1979～1987年に行なった灰色低地土の田畑輪換では、畑作期間における養分の収奪が多く、水田－畑の交互利用した場合においては、地力的養分が急速に低下することを指摘²³⁾している。したがって、畑作期間には有機物の施用を行なって地力の維持を図ることになる。この場合は地域の畜産と結びついた有機物の循環体系システムを確立しなければならない。また、灰色低地土では復元田での透水性が高く漏水が大きいことから、畑期間をあまり長くしないでおおむね2～3年が良いと考えられる。

b. 低湿重粘土の物理性の改善

秋田県農試大潟支場の低湿重粘土壌では、田畑輪換にともなう土壌断面の形態変化を報告¹⁷⁾している。連作水田では土壌の酸化層が13cm程度で、その下層はほとんどグライ層である。しかし、田畑輪換で畑作期間に大豆を3年作付した輪換畑では、土壌の酸化層が52cmまで進み、下層土の構造の発達も見られている。したがって、このような復元田に水稻を作付けすると、畑期間で発達した土壌の構造面に沿って水稻根が伸張し、酸化層全体から養水分を吸収し多収を上げることが可能となる。しかし、低湿重粘土壌であることから転換畑では湿害が発生し易く、生育・収量の低下が見られるので暗渠の設置が必須条件である。八郎潟干拓地では暗渠排水を60～70cmに埋設して土壌の酸化層の拡大に努めている。暗渠排水を実施していないと畑期間の酸化が進まず、復元した場合には水稻の増収が期待できないことになる。また、田畑輪換で畑期間が長くなると、暗渠に用いた籾殻が腐熟して目づまりを起こし、6年に1回は改設が必要であり、畑期間は3年が限度である。

このように、土壌タイプによって化学性や物理性が異なるので、田畑輪換を行なうための土壌管理技術のマニュアルを作成する必要がある。

(2) 費用の節減

1) 作業の省力化

経営改善の中に生産性の増大と費用の節約があり、この両方に関連するのが作業の省力化である。作業の省力化は必ずしも生産量の増大に結びつくものではないが、ここでは農作業が省略されることによって生じる労働時間の余剰分を、規模拡大によるスケールメリットとして期待したい。

稲作の作業行程の中で種子予措、除草、かん排水・管理、防除、稲刈り、脱穀、もみ乾燥・調製等は省略することができない。しかし、苗代・育苗一切、本田耕起・整地・代かき、基肥、田植、追肥等は作業の一部を省略したり二つ以上の作業を同時に行なうことができる。これら作業別10 a 当りの費用は費用金額合計の中で、個々の構成比をみると6.3～12.2%¹⁾である。どの作業を省略するか、同時に行なうかで栽培法が異なり、直播栽培、不耕起栽培、部分耕栽培、無代かき栽培、乳苗栽培等の確立によって低コスト稲作が可能になる。以下、各栽培法について現状と開発の方向を述べる。

a. 直播栽培

水稻栽培で最も省力・低コストになるのが直播栽培で、栽培法は湛水直播、折衷直播、乾田直播の三つに大別される。湛水直播は1918年に北海道を中心にして約160,000 ha作付けされた。乾田直播栽培体系が確立された1974年頃には、全国で55,000 haまで普及を見たが、機械移植栽培に比較して生育・収量の安定性に欠けるため、1992年には7,318 haと全水田面積の0.4%以下に低下した。しかし、直播栽培に対する期待は非常に大きく、問題点が明確にされていることから、冷害の危険性が高い秋田県でも直播栽培の実用化研究に取り組んでいる。

直播栽培の定着には第一に品種の開発が不可欠である。直播品種の特性は低温発芽性、強還元抵抗性はもちろん、安全出穂期の範囲内で早生で耐冷性の強い品種が望まれる。また、耐倒伏性や密播条件で短穂化しないことなど栽培面からの特性も付与する必要がある。

栽培面からは雑草防除の確立、出芽・苗立ちの安定化、苗立数や地力に応じた施肥法の確立

等が急務である。しかし、直播栽培は出穂後の登熟期間¹²⁾が長くても50日しか確保できないので、一農家が全面積で直播栽培を行なうのは多くのリスクを負わなければならない。安全性を考慮すれば前項でも述べたように、作期移動の面や超多収によるコスト低減として局部的に経営に取り入れるべきであると考える。

秋田農試では1991年から直播栽培の試験を実施しており、水稻－豆・麦体系の土地利用型農業を想定して、大区画・大規模経営で折衷直播の栽培法と機械化作業体系の確立に取り組んでいる。播種までの作業体系は、前作大豆における畦畔の取り崩し、均平作業のあと畑雑草を非選択性のラウンドアップで除草する。4月下旬に緩効性肥料とコーティング種子を施肥耕起同時播種機で播種作業を行ない、発芽に必要な温度を確保するために播種後直ちに湛水する。供試品種は“あきたこまち”を用いているが、目標苗立ち数の120本/㎡を確保するために播種量を7 kg/10 a とし、苗立ち数が目標より多くなった場合はその後の栽培管理で生育を制御し理想生育に近づける。このような栽培法で1992年に約540 kg/10 a の収量を達成した⁹⁾。

b. 省力移植栽培

水稻作における代かき作業は本田準備の仕上げ作業として、①肥料の混和・均一、②田面の均平、③田植時の移植精度向上、④漏水防止、⑤雑草の埋設等の目的があるが、施肥耕起と並んで春の主要作業である。

現行の移植体系では育苗や耕起、代かき、田植等に多くの時間がかかり、これらのうちのいずれかの部分を省力できれば規模拡大ができる。栽培技術の開発としては乳苗のような新しい育苗方法による栽培もあるが、ここでは作業行程

の一部を省略する栽培法について述べる。

a) 無代かき移植栽培

無代かき移植栽培の作業体系は耕起・整地→灌水・自然落水→はしり水程度の灌水→田植→一般管理の体系である。耕起は普通ロータリー耕では碎土率が悪く移植精度は劣るが、二軸ロータリーによって碎土率を上げることで問題は解消される。現在市販されている機種は、移植と同時に側条施肥とともに植付け部分を小さいハローで表層を代かきしており、この点では移植精度がかなり向上している。秋田農試で1989年に行なった無代かき栽培の収量¹⁵⁾は、慣行代かき栽培の収量 680 kg/10 a と同等の収量を上げている。

問題点の一つは、碎土率を向上させる必要があることである。灰色低地土や田畑輪換の復元田では碎土率は高まるが、水稻連作の強粘土壤やグライ土壤では二軸ロータリーによる耕起は難しく、今後検討を要する課題である。二つ目は、代かきを行なわないので透水が良い水田や漏水が懸念される水田では、肥料の流亡が多いことと地力窒素の発現が少なく生育量が確保できないので実施できない。三つ目は除草体系である。現行の除草剤の使用は問題はないが、復元田の畑雑草と春先に発生する雑草の防除をどうするかである。雑草が多い場合は非選択性茎葉処理剤で耕起前に散布する必要があるが、散布時間と処理量及び草種と要防除水準の設定が必要になる。四つ目は施肥体系である。側条施肥に使用する肥料の形態をどうするか、緩効性肥料のタイプや割合をどうするか等の検討が必要であり、機械メーカーと共同開発が望まれる。このようなことから、無代かき移植栽培は碎土率、除草体系が確立すれば田畑輪換で重要な、

土壤管理技術の一つとして効果が発揮される技術であると考えられる。

b) 不耕起・部分耕移植栽培

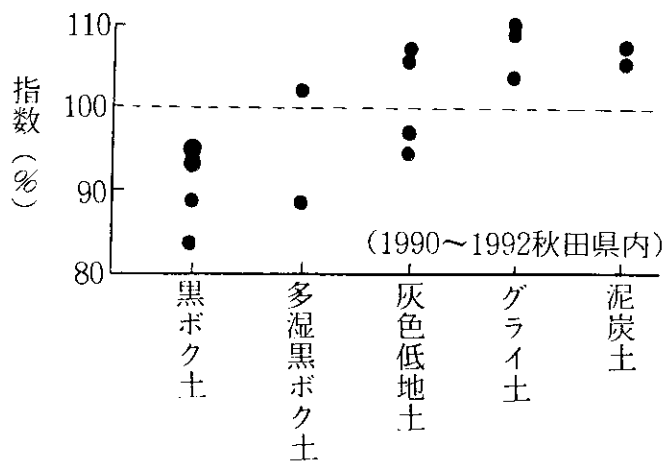
不耕起及び部分耕移植¹⁷⁾は土壤を泥状にする耕起と代かき作業を省略した栽培法である。不耕起移植は従来の田植機の移植爪の前に付けた駆動デスクで田面に溝を付けながら移植する方法である。この場合、田面に放置された前年の稲わらを溝に押し込まないように、駆動デスクは進行方向に対して逆転させているのが特徴である。田面の凹凸が少ない場合は切株と切株の中央に移植し、凹凸が多い場合は切株の近傍が最適である。

部分耕移植はトラクターを田植機の作業機とし、移植部分を幅10cm×深さ10cm程度をロータリーで耕起しながら移植する方法である。

秋田農試大潟農場で行なった試験結果では、慣行代かき移植より不耕起移植栽培で増収し、部分耕移植栽培で同等の収量を上げている。

栽培上の留意点はとくに移植精度を高めることが重要であり、一つは移植する時の土壤の硬度と灌水時期である。土壤が硬いと浮き苗による欠株が多くなり、移植時に田面水が多いと稲わらが浮いて田植機の走行が悪くなったり、植付精度が劣るようになる。この他は無代かき移植栽培で述べた問題点とはほぼ同じである。

また、不耕起移植・部分耕移植は適用土壤が図-6に示したように、グライ土壤や重粘土壤で増収効果が期待できるが、灰色低地土では透水性や漏水等の圃場条件によって導入効果が少なくなり、黒ボク土壤や礫質土壤では適さない。今後の検討課題は、①適地判定基準の策定、②連続可能年数、③耕起・代かき栽培と組み合わせた作付け体系の実証、④粒状側条施肥が可能



図一 6 不耕起の適用土壌判定
(秋田農試1992)
(普通移植に対する不耕起栽培
の収量指数)

な高精度不耕起田植機の開発, ⑤緩効性肥料を利用した効率的な施肥技術の確立等である。

c) 大区画圃場と機械化作業体系

土地利用型農業を進めるには規模拡大が必要で, この時の条件として大区画圃場の整備が前提になる。また, 作業機械は大型化, 高能率・高性能化になり, これらを有効利用するためにも, スケールメリットを考慮し大区画圃場によりコストの低下を進めなければならない。これまでの10~30a区画で行なってきた作業体系は, 0.5~1ha区画になると今までの作業時間が長く, しかも多くの労力を必要とするので, 効率

良く進めなければならない, 機械化による一貫した作業体系の確立が重要になる。たとえば, 追肥, 防除等の作業で背負い動噴で大区画・大規模を想定した場合は当然できないことになる。

1ha区画の長辺が200mの場合は現在市販している田植機で往復することは無理である。農道ターン方式であれば問題は解決されるが, それでも苗を渡す人が農道の両側にそれぞれ一人ずつ必要になる。したがって, 初期生育を早期に確保するために田植機を改良して密植を行なうか, あるいは新栽培法を確立するか早急に検討をする必要がある。初期生育の早期確保は田植機が普及してから容易に達成できるようになったので, 今後の開発が望まれる。

d) 苗質による作期移動

規模拡大により一農家の稲作面積が増加すると, 農作業が重なり, 適期に作業が実施できない場合が多くなる。とくに, 収穫作業が問題でカントリーエレベーター, ライスセンター, 自己完結型の乾燥・調製を行なうにしても1日の作業に限界があり, 作期移動の必要性が大きくなる。表-2は苗質による成熟期を示したが, 移植時期と苗質により中苗の5月10日と乳苗の

表一 2 发育ステージ (品種: あきたこまち) (月・日)

苗種別	STAGE1 移植時期	STAGE2 幼穂形成期	STAGE3 減数分裂期	STAGE4 出穂期	STAGE5 成熟期
乳 苗	5月10日	7. 15	7. 29	8. 07	9. 13
乳 苗	5月24日	7. 25	8. 05	8. 17	9. 24
稚 苗	5月10日	7. 12	7. 26	8. 04	9. 10
稚 苗	5月24日	7. 20	7. 31	8. 12	9. 22
中 苗	5月10日	7. 06	7. 18	7. 29	9. 08
中 苗	5月24日	7. 15	7. 29	8. 06	9. 15

(秋田農試1989)

5月25日では成熟期が16日の差になっている。栽培法では直播や不耕起・部分耕においても普通移植に比較して成熟期が遅くなるので、これらと組み合わせた作付体系が必要である。北東北は登熟期間が短いので寒冷下気象に対応した、安全作期の範囲内で移植日を決定する必要がある。

また、乳苗は育苗期間が短いので、野菜、果樹、施設等複合経営の農業において、春作業の緩和に役立つものと考えられる。

2) 資材の節減

a. 土壌養分の上限と有効利用

秋田県の代表土壌群別土壌養分と目標値及び上限値（暫定案）を表－3に示した。大部分の

土壌では目標値を達成しており、中には上限値を上回り養分の蓄積がかなり進んでいるものもある。これは土作り肥料の投入による効果と思われるが、これまでの慣行施用基準のとおりに行なう必要がないケースも考えられる。したがって、土壌タイプ別に上限値を設定し、土壌診断による土作りマニュアルを作成し、これに基づいて投入量を決定する必要がある。

また、これまでに蓄積した養分を有効化させ、作物が吸収利用できる手立てが必要である。とくに、可給態リン酸と可給態珪酸については寒冷下気象条件を考慮した形で試験研究を早急に進めるべきである。

表－3 秋田県の土壌群別土壌養分の平均値（水田）

（秋田農試1991）

土壌群 項 目	多 黒 ボ ク 湿土	黒 グ ラ イ ク土	黄 色 土	褐 低 地 色土	灰 低 地 色土	グ ラ イ 土	黒 泥 土	泥 灰 土	目 標 値	上 限 値 (案)
作 土 深 (cm)	14.3	13.6	12.6	13.1	13.9	14.0	14.3	15.4	15～20	15～20
pH (H ₂ O)	5.6	5.1	5.6	5.5	5.4	5.5	5.7	5.7	5.5～6	5.5～6
可 給 態 N mg/100 g	21.1	16.8	17.1	19.7	16.3	22.3	21.3	26.3	—	—
C E C mg/100 g	34.5	23.8	25.5	24.3	24.5	29.6	28.7	39.3	20	25～35
置換性CaO mg/100 g	298	184	184	243	244	308	323	406	200 以上	500 ～ 600
置換性MgO mg/100 g	69	83	57	65	71	104	71	99	25以上	70～80
置換性K ₂ O mg/100 g	16	30	28	22	21	21	18	18	15以上	40～50
塩 基 飽 和 度 (%)	41.7	46.2	37.9	49.3	50.8	55.0	53.4	51.4	60～80	70～80
可給態P ₂ O ₅ mg/100 g	18.1	17.4	16.7	23.4	20.3	20.6	24.0	33.3	10以上	25～30
可給態SiO ₂ mg/100 g	49.6	31.0	29.6	32.5	28.7	36.5	65.8	51.6	15以上	60～80

b. 窒素肥料の利用効率向上

これまでの施肥体系は目標とする水稻の窒素吸収量に近づけるために、生育診断を行ないながら、きめこまかな追肥で対応してきた。近年は各種のコーティングを施した溶出量の異なる緩

効性肥料が開発され、水稻の目標窒素吸収量から土壌窒素無機化量を差し引いた不足分を、窒素吸収パターンに合った緩効性肥料を施用し、目標の収量を上げる基肥一発型無追肥方式が普及している。

表一 4 緩効性被覆肥料全量基肥施用と慣行施肥における施肥窒素の水稻による吸収利用率²⁷⁾

肥 料	年次	成熟期における 吸 収 利 用 率
緩効性被覆窒素肥料 (全量基肥)	1989	61.5
	1990	59.5
	平均	60.5
(慣行法)		
硫安基肥	1989	32.8
硫安追肥 1 回目	1989	54.5
硫安追肥 2 回目	1989	56.3

(山形農試, 上野ら, 1991)

山形農試では各種の緩効性肥料を用いた全量一発施肥の試験を実施²⁷⁾しており、現地においても慣行施肥と同等の収量を得ている。表一 4 に施肥窒素の利用率を示したが、慣行施肥よりも緩効性肥料の一発施肥で施肥窒素の利用率が高くなっており、施肥窒素を効率良く吸収していることになる。

しかし、1989年の生育遅延や1991年6月の異常高温¹⁹⁾では緩効性肥料の溶出がコントロールできず、生育・収量の不安定を招いている。とくに、生育初期に低温に遭遇すると初期生育の確保ができず、生育中期の溶出量が多くなり倒伏を助長する結果になっている。現在の緩効性肥料は25℃で溶出するパターン¹³⁾が多いので、北東北の寒冷地では18℃か20℃の低い温度で溶出するコーティング材の開発が望まれる。また、肥料の利用効率を高める研究・開発は必要であるが、従来の全層施肥は利用効率の悪い分だけ土壤に吸着し、翌年以降に施肥窒素の一部が地力窒素として放出され水稻に利用されてきた。この点についても試験研究を進めなければなら

ない。

いずれにしても、緩効性肥料は作物生産にとって有利に働き、水田系外への流亡も少なく環境にもやさしいというキャッチフレーズで普及性が高く、さらなる開発が期待できるものと思われる。

c. 要防除水準と効率的防除

水稻の増収には品種の開発や栽培法の進歩とともに、除草剤、殺虫剤、殺菌剤等の農薬の開発と利用が大きく貢献している。現在は病害等の発生が見られなくても予防剤として散布する方法をとっている。資材の節減という観点からみると、いまだ要防除水準が決定されていない病虫害が多いと思われる。これは環境保全問題にも係わっているが、雑草、害虫、病害等の発生予測と、これに基づく予防剤及び治療剤の薬剤名の散布時期や散布量等の処理方法の総合的なシステム開発が必要である。また、これら予防剤もローテーションに組み入れた防除方法の試験、天敵やフェロモンによる防除の研究も新しく取り組む必要がある。

(3) 機械・施設費の節減

費用節約に複合部門を含めた機械及び施設の有効利用と汎用化がある。土地利用型農業は水稻－豆・麦体系を基本とするので、一つの作業の中で共通する部分は汎用化できるような開発・改良が望まれる。たとえば、播種機では水稻の直播と豆・麦の播種、不耕起・部分耕では水稻の移植及び直播と豆・麦の播種等多くの共通できる部分がある。水稻の田植機は移植部分をアタッチメントにして、他の管理機を装着できるようにする。すでに、各社では費用の節約を念頭において開発が試みられている。

3) 単価アップ

経営改善の三つ目は単価アップである。これには品質・食味の向上と、有機栽培や無肥料栽培、無農薬栽培等の生態系の安全を考慮した栽培法がある。

a. 品質・食味の向上

最近では消費者の「おいしい米」需要から、各県の品種開発は品質・食味に重点がおかれ、数多くの銘柄米を創出している。「おいしい米」は品種でほとんど決定されるが、地域、土壌、栽培法等で食味に少なからず差があると言われている。米の食味を左右する代表的な成分はたんぱく質とアミロースであり、現在、各県で食味向上の試験研究に取り組んでおり、新栽培体系の確立に期待する。

b. 生態系の安全と環境保全

a) 側条施肥

生態系の安全と環境保全についてはこれまで数多く述べてきたが、その中の一つに側条施肥がある。側条施肥の本来の目的は中山間高冷地

や冷水地帯、強還元土壌等で、水稻の初期生育を早期に確保する有効な手段として開発した技術である。全層施肥に比較して側条施肥は田植と同時に根ぎわに肥料を施用するので、水稻の施肥窒素吸収利用率⁸⁾が高くなっている。このため、その分だけ水田以外の系外に流出する量が少なくなり、環境を汚さないことになる。さらに、側条施肥に緩効性肥料を用いると、水稻の吸収利用率が高まることは前述したとうりである。

b) 有機栽培、無肥料及び無農薬栽培

有機栽培には施用する有機物の種類や施用量、それに数多くの栽培法があり、有機米の基準が明確でなくその判断が非常に難しい。表-5は秋田県農業試験場で慣行施肥区と堆肥連年施用区の収量を比較した場合、堆肥+肥料区はやや増収する堆肥単用区では約20%の減収である。いずれの場合も有機物を施用した栽培法であるが、堆肥単用区では減収分を上積みした形で単価アップがなければ経営として成立しない。

表-5 堆肥の連年施用と収量および収量構成要素

試験区名	玄米重 (kg/a)	同左 比率 (%)	平均 1穂 粒数 (粒)	穂 数 (/m ²)	m ² 当り全 粒数 (千粒)	登熟 歩合 (%)	玄米 千粒 重 (g)
堆肥+肥料区	61.1	103	74.1	508	37.6	80.1	20.7
慣行施肥区	59.4	100	70.2	421	29.7	88.6	21.5
堆肥区	47.1	79	67.5	387	26.3	90.9	21.1
無施用区	40.1	68	62.5	309	19.4	95.2	21.4

注 1989～1992年の平均、堆肥施用量は10アール当り2トン。

無肥料栽培の収量減を秋田県の12農業改良普及所のシステム基準圃から年度別に抜粋した結果を図-7に示した。無肥料区の収量は約450 kg/10aで年次による差がなく、全国の過去10

年間の平均収量490 kg/10aに匹敵する単収であった。しかし、診断区や追肥区に比較すると約120 kg/10a以上少なく、有機栽培と同様に減収分を上積みした単価アップが必要になる。

無農薬栽培の無除草区の収量を表-6に示した。手取り除草区と慣行除草剤体系は同等の収量であるが、無除草区では20%以上の減収である。手取り除草に費やす労力を考えると、単価アップが必要である。手取り除草の代替として合ガモやドジョウによる除草を行ない、無農薬栽培米として販売して成功した例はあるが、規模にすると1haが限界であると思われる。また、異常気象条件下では病気（とくに穂いもち）が発生した場合は減収が著しく、この点からも発生予測と要防除水準の確立に基づく、最低限の防除が必要であると思われる。

これら栽培法は15~20haの土地利用型農業を進めるにはリスクが大きすぎると思われ、小面積で行なうことはできても全面積を行なうことは難しいと考える。

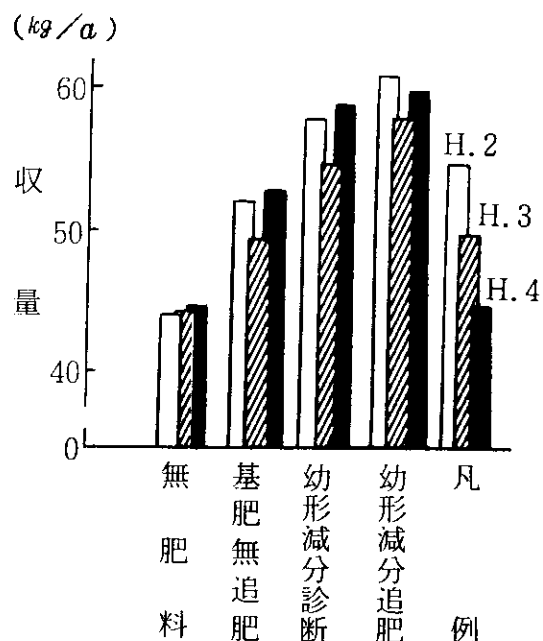


図-7 窒素追肥と収量(あきたこまち)
(12普及所システム圃場)

表-6 除草方法の比較

(秋田農試 1990~1992年)

項 目	生 育 調 査					収 穫 物 調 査								
	7月9日		出穂期 月・日	穂揃の良否	成熟期 月・日	穂数 本/m ²	収量 kg/a	同左比率 %	全重 kg/a	重 kg/a	精粳重 kg/a	重 kg/a	屑米重 kg/a	千粒重 kg/a
	草丈 cm	茎数 本/m ²												
慣行除草剤 手取り 無除草	37.8	534	8.8	良	9.22	448	57.4	100	149.8	69.6	74.0	1.2	2.9	20.8
	39.9	660	8.8	良	9.22	476	57.5	100	143.4	71.0	74.7	1.3	3.4	20.8
	42.1	521	8.7	良	9.22	402	44.6	77	121.5	58.5	58.4	1.7	3.0	21.0

7. まとめ

高齢化や兼業化にともない農業の担い手不足が進行し、集落や地域の維持さえ危うくなっている。このため、受委託を含めた規模拡大は避けてとおれない状況である。また、機械の大型化や高エネルギー・高性能化に拍車がかかっているが、必ずしもスケールメリットをより引き出す効率的利用になっていない。したがって、21世紀に予測される農業形態も、規模拡大の進行が鈍く、

兼業農家の益々の増加を前提の上に成立するものとなる。

この背景には、土地利用型農業で経営として成り立つ農用地条件を整えることが、よりいっそう規模拡大を難しくしている要因である。土地利用型農業の発展は単に作物生産性向上の問題だけではなく、地域の環境や集落を維持する重要な役割も担っている。土地利用型農業の理想は、生態系を維持した高収益集落営農で、土

地利用も田畑輪換方式を取り入れ、野菜・施設等の合理的輪作体系の確立を図るものである。土地利用を前提とした農業においては技術革新等において規模拡大が可能になり、地域的な土地利用の合理化を進めなければならない。

こうした中で、稲作経営の担い手不足に対応して、農協を窓口にした作業受委託が組織化され、委託化された農地を担い手農家に再委託しつつ集積し、余剰農地の活用、合理的土地利用を行なっている事例が県内にも3～4地域⁴⁾で見られる。

このような事例をみるにつけても、試験研究機関が確立した技術や栽培法を、現地に入って実証する時期にきているのではないかと思われる。すでに、数多くの栽培技術や栽培法、作業体系等が実用化あるいは普及に伝達する事項として成果が上がっている。しかし、農家の中では大区画・大規模経営でこれら栽培法の導入に戸惑いのあることも事実である。そこで、規模拡大にともなう導入条件、栽培条件、生育相と収量性等を1農家の経営規模を考慮した試験規模で、展示や実証を進めるべき時期である。

引 用 文 献

- 1) 阿部健一郎, 柴田昭治郎, 石山六郎, 渋谷 功. 1989. 大規模稲作経営の構造と米生産費. 秋田県農業試験場研究時報 25: 63-85.
- 2) ———, 石山六郎, 高橋栄治郎, 渋谷 功. 1990. 機械化・集団化による低コスト稲作. 秋田県農業試験場研究時報 27: 29-35.
- 3) ———. 1991. コスト低下に果たす大規模圃場の役割. (東北農業試験場, 東北地域農業研究会発表資料). p. 1-3.
- 4) ———, 高橋栄治郎, 柴田昭治郎. 1992. 水田農業再編の展開ルート. 秋田県農業試験場研究時報 30: 79-80.
- 5) ———. 1993. 今後の稲作経営の課題について. (秋田県農業試験場経営部, 大曲農業総合指導センター稲作講習会資料). p. 2-6.
- 6) 秋田県農業試験場経営部. 1993. 労働力保有の予測. 秋田県農業試験場経営部資料. p. 2.
- 7) ———. 1993. 経営規模の予測. 秋田県農業試験場経営部資料. p. 3.
- 8) 秋田県農業試験場施肥改善担当. 1991. 新肥料の利用技術. 2. 重窒素利用によるペースト二段施肥試験. 平成4年度試験研究成績概要集. p. 232.
- 9) 秋田県農業試験場水稻栽培担当. 1992. 直播栽培の実用化試験. 平成4年度試験研究成績概要集. p. 72-76.
- 10) 秋田県農政部. 1989. 低コスト稲作を目指して. 一秋田新稲作り運動の低コストモデル— p. 6.
- 11) 嶽石 進, 福田兼四郎. 1990. 湛水土壤中直播栽培の安定化. 秋田県農業試験場研究報告 30: 1-16.
- 12) 新井 肇. 1978. やさしい農業経営診断. (全国農業会議所). p. 19-23.
- 13) Fujita, T. ; Maeda, S. ; Shibata, M. ; Takahashi, C. 1989. Research & Development of Coated Fertilizer, Proceedings of the Symposium on Fertilizer, Present and Future. Japanese Society of Soil Science & Plant Nutrition. p. 78-100.
- 14) 伊藤俊一, 神谷清之進, 岡田晃治, 柴田義彦. 1991. 水稻無代かき整地移植作業法. (秋田県農業技術開発推進会議, 実用化できる試験研究成果(平成2年度)). p. 5-6.
- 15) ———. 1991. 無代かき整地移植作業. 機械化農業 3: 13-15.
- 16) 金田吉弘, 山谷正治, 栗崎弘利. 1992. 低湿重粘土水田の不耕起移植栽培. (秋田県農業技術開発推進会議, 実用化できる試験研究成果(平成3年度)). p. 15-16.
- 17) ———. 1993. 八郎潟千拓地低湿重粘土における田畑輪換効果の解明と水稻安定多収技術に関する研究. 秋田県農業試験場研究報告 33: 1-45.
- 18) 児玉 徹. 1992. 乳苗稲作栽培. (秋田県農政部, 平成4年度稲作指導指針). p. 184-187.
- 19) 児玉 徹, 宮川英雄, 庄司 宰, 嶽石 進. 1993. 平成3年度水稻の作柄に及ぼした気象要因と技術対策. 秋田県農業試験場報告 33: 47-82.
- 20) 長野間宏, 金田吉弘, 児玉 徹. 1989. 輪換水田における土壌窒素の無機化予測を組み入れた水稻窒素栄養診断

システム（第1報）（第2報）．東北農業研究 42：87－89．

- 21) 農林水産省．1992．新農政プラン．（全国農業会議所，新しい食料・農業・農村政策の方向）．p. 93．
- 22) 農林水産省農蚕園芸局肥料機械課しらべ．1993．平成5年における主要農業機械の導入見込台数調査結果．日本農業機械化協会．p. 11－14．
- 23) 尾川文朗．1988．田畑輪換技術研究．－土壤管理の視点から－．東北農業研究 別1：75－89．
- 24) 応用統計ハンドブック編集委員会編．1978．マルコフ連鎖による予測と分析．（応用統計ハンドブック）．養賢堂．p. 581－587．
- 25) 渋谷 功．1992．農業の動向と予測による市町村農業診断システム．秋田県農業試験場研究時報 31：1－7．
- 26) 東北地域土壤窒素無機化パターン研究グループ．1988．東北地域における土壤窒素無機化パターンのモデル化とその活用技術の現状．農業技術 43：161－164，208－213．
- 27) 上野正夫，熊谷勝己，富樫政博，田中伸幸．1991．土壤窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術．土肥誌 62：647－653．
- 28) 梅川正男．1992．大規模稲作経営における高生産性経営モデルの策定．（秋田県農業試験場，平成3年度試験研究成果概要）．p. 22．
- 29) ———，阿部健一郎．1993．大規模稲作受託経営の成立類型と展開阻害条件．（秋田県農業技術開発推進会議，実用化できる試験研究成果）．p. 1－2．
- 30) 梅本貴之，石川哲也，石倉教光．1989．水稻作における栽培管理支援エキスパートシステム，第2報 多収事例のデータベース化．東北農業研究 42：91－92．