

水稲湛水直播の導入効果に及ぼす労働力・面積条件の影響

前川英範*・山田正美*

Effect of Labor Force Levels and Farm Scales on Introduction of Rice Direct Sowing in Flooded Paddy Fields into Rice Farming Unit

Hidenori MAEGAWA and Masami YAMADA

水稲経営における直播栽培の導入効果を見るため、移植のみによる体系と、移植に直播を組み合わせた体系とを同じ労働力、経営面積条件において比較し、農業所得の増加率を明らかにした。これらの分析は数理計画モデルを用いて分析し、その所得増加率は、労働力水準と経営面積を横軸と縦軸に取ったグラフに、等高線の形で示すことができた。分析で用いた直播体系は、湛水直播栽培の条播栽培と散播栽培である。

本分析の結果から、労働力制約が顕著な場合、および経営面積の拡大が可能な条件において、直播導入効果が高くなることを明らかにした。

Keywords : 水稲湛水直播栽培, 所得増加率, 労働力水準, 経営面積条件

1. 緒言

今日、水稲直播技術は低コスト・省力技術として社会的な注目を集め、稲作技術開発の中心的課題となっており、経営研究の分野においても数多くの研究が行われている¹⁾。

農業経営体において、直播栽培導入効果としての最大の関心は、直播導入によってもたらされる所得増大効果であろうと考えられる。直播技術の導入により、水稲経営面積の拡大や、複合部門の拡大が可能となり、その結

果所得を増加させることが可能となる。直播導入によるこうした所得増大効果を定量的に把握するには、特定の経営体を想定した数理計画モデルによる分析が有効である。

第1表は、数理計画手法を用いた既往の直播栽培導入効果の分析事例のうち、移植のみと直播栽培を導入した場合の両者の結果を示している分析事例を整理したものである。なお、類似の整理は宮本¹⁰⁾が行っているが、本稿ではさらに3事例の分析結果を加え、分析の前提条件も明示した。分析事例のほとんどが現状の労働力水準で

第1表 直播導入効果の分析事例

播種方式	地域	経営体	<前提条件>				<分析結果>			<参考>							
			労働力 (人)(注1)	収量水準(kg/10a) 移植	収量水準(kg/10a) 直播	転作物 作物	作業受 託有無	機械作 業制約	面積増加 (%)	所得増加 (%)	対全水稲 直播比率	経営面積(ha) 移植のみ	経営面積(ha) +直播	農業所得(万円) 移植のみ	農業所得(万円) +直播	直播面 積(ha)	引用 文献
湛 水 直 播	宮城	個別	1.5人	486~499	388	大小麦,大豆	有	有	0	0	0	10.9	10.9	816	816	0	13)
	富山	組織	8	546~555	471	大豆	-	有	0	5.2	36.9	46.6	46.6	1,228	1,292	12.5	20)
	"	"	8→6	"	"	"	-	有	9.2	22.1	43.6	42.3	46.2	1,043	1,274	14.6	"
	"	"	8→4	"	"	"	-	有	11.3	21.3	32.8	32.8	36.5	544	660	7.8	"
	石川	個別	2+α	560~630	3,550	なし	-	-	11.0	-	9.9	12.7	14.1	-	+220	1.4	7)
	兵庫	個別	3+α	540~600	513	なし	-	-	8.6	5.7	33.1	22.0	23.9	1,570	1,659	7.9	10)
	福岡(単作)	個別	2+α	不明	5%減収	小麦,大麦	-	-	4.8	7.7	15.2	56.2	58.9	3,507	3,777	6.7	12)
	"(二毛作)	個別	2+α	"	"	小麦,大麦	-	-	37.7	20.1	31.5	23.1	31.8	1,688	2,027	7.5	"
	大分	組織	不明	531	542	大麦	-	不明	11.5	15.1	100.0	30.5	34.0	3,191	3,672	34.0	1)
	新潟	個別	3+α	不明	510	大豆	-	-	25.0	7.0	32.1	21.6	27.0	1,972	2,111	6.9	5)
"	組織	12+α	"	"	"	-	-	27.0	12.5	20.9	78.4	99.6	6,912	7,777	16.6	"	
乾 直 播	兵庫	個別	3+α	540~600	513~570	なし	-	-	25.5	29.6	27.9	22.0	27.6	1,570	2,035	7.7	10)
	茨城	組織	5	480~540	480~500	大小麦,大豆	-	有	22.9	13.7	35.7	47.1	57.9	4,118	4,682	19.7	13)
	茨城	組織	5	不明	48~68kg減	麦,大豆,複合作物	-	-	20.2	-	27.3	43.0	51.7	-	-	11.3	21)
	"	"	5	"	"	麦,大豆	-	-	35.0	-	44.9	47.1	63.6	-	-	23.7	"

注) モデルの前提条件における労働力の設定人数。「a+α」: aは基幹労働者数, αは臨時雇用あるいは補助労働の設定があること。
「b→c」: bは現状モデルの労働力, cは労働力減少時の労働力を表す。

* 福井県農業試験場作物・経営部地域営農研究グループ

経営面積の拡大を前提とした最適解の比較である。これらの分析の所得増加率は、直播全体で0~30%、湛水直播（以下、湛直）全体で0~20%と幅がある分析結果となっており、ほとんどが経営面積の増加を伴っている。また労働力条件を変化させた分析には、条播を対象にした津田²⁰⁾の分析があり、現状の労働力条件では所得増加率5%であるが、労働力を減少させた場合には21~22%という結果が示されている。このことから、投下される労働力条件と直播導入による所得増加率には密接な関係があり、定量的分析の必要があると思われる。また、同じ経営面積条件であっても、直播を導入することで作業受託等の部門を拡大させることによる所得増加も可能と考えられ、労働力条件だけでなく経営面積条件も併せて分析する必要があると思われる。

そこで、本報告では、同一経営体を想定した数理計画モデルを用いて、直播導入による所得増大効果を、移植栽培との比較における所得増加率で表し、特に労働力水準や経営面積条件の影響に着目しながら、定量的分析を試みる。対象とする直播技術については、湛水直播栽培における条播技術と散播技術とした。

なお、本稿の分析に用いた数理計画モデルは、前川ら²⁾が分析に用いたのと同じモデルを使用しており、その直播導入の経営的効果と労働力水準とに密接な関係があるという指摘に対し、さらに経営面積条件との関係も含めて定量的に分析を行っている点が異なる。

本稿の分析にあたって、東北農業試験場南石晃明氏には、様々な面でご指導いただいた。この場を借りて感謝の意を示したい。

II. 対象経営および直播栽培技術体系の概要

1 対象経営の概要

対象経営体は、福井県坂井平原地域にあるF生産組合（福井県金津町）とした。F生産組合は、集落総農家数34戸のうちの18戸が組織している機械共同利用・共同作業型の組織である。組合員18戸の水田面積は20.7haであるが、員外農家から組合員に相対で管理委託されている水田があり、組合員が管理する水田は24.6haとなる。F生産組合では、水稻の基幹作業（耕起・代かき、田植、稲刈）を集落内外から受託している。なお基幹作業以外はそれぞれの農家が行っている。また組合は転作大麦の作業受託も行っており、大麦収穫後は期間借地により跡地に大豆を作付けしている。1996年の実績は水稻作業を各23~24ha程度、転作作業を11ha受託している。

F生産組合は、1991年から3年間条播機による湛直を行った経験があり、また95年から4年間は福井農試の現地実証圃場として散播方式の湛直を1.6haで行ってい

る。

2 直播栽培技術体系の概要

今回比較対象とした条播技術は、市販されている条播機を利用した技術で「湛水土中直播機による耕起代かき土中条播」¹⁶⁾に分類される播種方式である。過酸化カルシウム粉衣粉10a 当たり4kg（乾初換算）を使い、播種後の管理は動力散布機を利用する栽培体系である。

一方、散播技術は、福井農試で開発したスターホイール⁶⁾というタイヤ（星形鉄車輪）を装着したトラクタを管理機として利用し、10a 当たり12kgの浸漬粉をブロードキャストで播種する技術¹⁹⁾で、「トラクタ+ブロードキャストによる耕起代かき表層散播」¹⁶⁾に分類される播種方式である。播種後の管理にも、このスターホイールタイヤをはいたトラクタを利用する。品種はどちらもキヌヒカリである。

III. データおよび方法

1 利益係数の設定

分析に用いた栽培体系は、移植の早生ハナエチゼンと中生コシヒカリ、直播では条播および散播のキヌヒカリ、その他大麦、大豆、水稻と転作の作業受託とした。作付体系図は第1図、変動費および利益係数は第2表のとおりである。

収量の年次変動をふまえたモデルを作成するため、1992年以降の6年間の収量データを推計し、この平均収量を用いた。水稻移植の単収は「作物統計」⁴⁾と現地農家の聞き取りから品種別年次別収量データを推計し、散播キヌヒカリの単収は県内湛水散播栽培実証圃成績の集計データと現地実証実績データから推計した。また現地における大麦、大豆の収量データは「作物統計」⁴⁾の単収をそのまま用いた。散播の収量は、現地実証試験が5月上旬播種であったので、中旬播種の場合は生育期間短縮の影響として、5%減収するものとした。また条播の収量は散播と同じであると仮定した。なお、厳密に条播と散播を比較するためには、同一の圃場条件、気象条件、管理条件の下における収量データが必要となるが、実際には、そうした条件下における正確な収量データを得ることは困難である。このため、本稿では、収量水準は同じと仮定することとした。

米価については96、97年の農家仮渡し額の平均額を用いた。各営農プロセスの粗収益、変動費、利益係数は第1表のとおりである。条播キヌヒカリの10a 当たり利益係数が89,465~95,803円、散播キヌヒカリが90,522~96,860円でその差は1,000円程度であり、ほぼ同じとみてよいであろう。これら直播の利益係数は、移植コシヒカリの69%~75%、移植ハナエチゼンの75%~81%にとどまっている。

営農プロセス名	3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月	
	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上
条播 キヌヒカリ(強化30%4)5上旬播種			←耕起(2)→				粉衣代播 播種	除草剤	除草剤				穂肥								←収穫→					←耕起(1)→
播 キヌヒカリ(強化30%4)5中旬播種			←耕起(2)→				粉衣代播 播種	除草剤	除草剤				穂肥								←収穫→					←耕起(1)→
散播 キヌヒカリ(浸漬・荒代)5上旬播種	耕起(1)		←耕起(1)→				基肥荒代 播種	除草剤	除草剤				穂肥								←収穫→					←耕起(1)→
播 キヌヒカリ(浸漬・荒代)5中旬播種		耕起(1)	←耕起(1)→	耕起(1)			基肥荒代 播種	除草剤	除草剤				穂肥								←収穫→					←耕起(1)→
移 コシヒカリ(中生)4下旬田植	播種		←耕起(2)→	代播田植								穂肥1	穂肥2								←収穫→					←耕起(1)→
植 コシヒカリ(中生)5上旬田植		播種	←耕起(2)→	代播田植								穂肥1	穂肥2								←収穫→					←耕起(1)→
輪 ハナエチゼン(早生)4下旬田植	播種		←耕起(2)→	代播田植							穂肥1	穂肥2									←収穫→					←耕起(1)→
作 ハナエチゼン(早生)5上旬田植		播種	←耕起(2)→	代播田植							穂肥1	穂肥2									←収穫→					←耕起(1)→

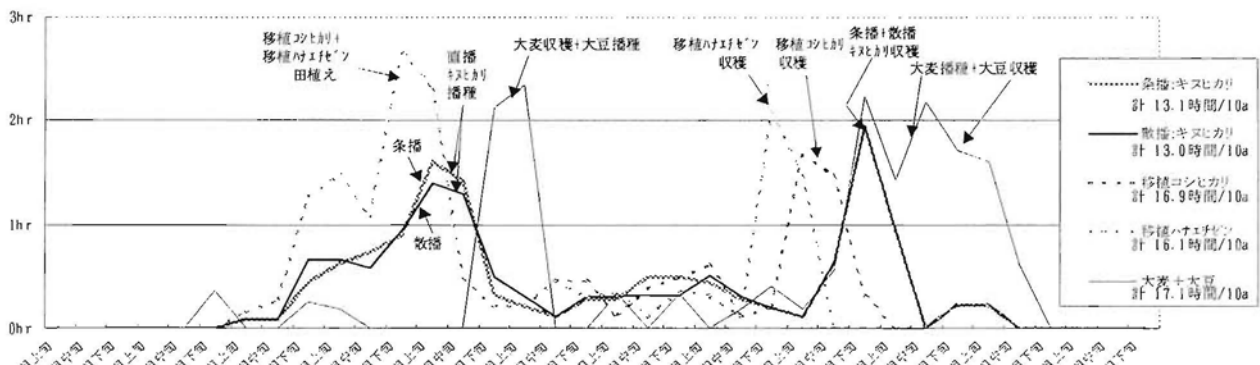
第1図 営農プロセス毎の作型体系図

注)「耕起(2)」は2行程による耕起作業を、「耕起(1)」は1行程による作業を表している。また「代播」は慣行の2行程仕上げによる代かきを、「荒代」は1行程仕上げによる代かきを表す。なお散播においては、荒代による雑草繁茂をおさえるため、「耕起(1)」を2回に分けて行うものとする。

第2表 営農プロセスの変動費および収益性

体系	品種	移植(播種)時期	収穫時期	10a当平均収量(kg)	単価(60kg)円	作業料金円	共済受取円	粗収益計円	第1次変動費計円	利益係数(注2)	10a当作業時間(注3)時間
水稲単作体系	① 移植	コシヒカリ 4下	9上	543.3	16,962	-	-	153,577	24,199	129,378	16.90
	② 移植	コシヒカリ 5上	9上中	543.3	16,962	-	-	153,577	24,199	129,378	16.84
	③ 移植	ハナエチゼン 4下	8下	568.9	15,144	-	-	143,590	23,844	119,746	16.16
	④ 移植	ハナエチゼン 5上	8下9上	568.9	15,144	-	-	143,590	23,844	119,746	16.10
	⑤ 条播	キヌヒカリ 5上	9中下	502.1	15,144	-	-	126,735	30,932	95,803	13.16
	⑥ 条播	キヌヒカリ 5中	9下	477.0	15,144	-	-	120,397	30,932	89,465	13.10
	⑦ 散播	キヌヒカリ 5上	9中下	502.1	15,144	-	-	126,735	29,875	96,860	13.05
	⑧ 散播	キヌヒカリ 5中	9下	477.0	15,144	-	-	120,397	29,875	90,522	12.99
輪作体系	⑨ 移植+大麦播種	コシヒカリ 4下	9上	543.3	16,962	-	-	153,577	24,199	129,378	20.45
	⑩ 移植+大麦播種	ハナエチゼン 4下	8下	568.9	15,144	-	-	143,590	23,844	119,746	19.71
	⑪ 移植+大麦播種	ハナエチゼン 5上	8下9上	568.9	15,144	-	-	143,590	23,844	119,746	19.65
作業受託	⑫ 大麦	ミナミキ 前年10上中	5下	281.8	7050/50	-	-	39,738	26,709	13,029	3.40
	⑬ 大麦+大豆	ミナミキ+ソイ 6上	10下	140.8	13,740	-	+4,557	76,545	48,052	28,493	13.54
	⑭ 作業受託	水稲基幹 4下5上	8下9上	-	-	40,500	-	40,500	2,359	38,141	6.95
	⑮ 作業受託	大麦 10上	5下	-	-	22,000	-	22,000	2,075	19,925	4.44
	⑯ 作業受託	大麦+大豆 10上,6上	5下,10下	140.8	13,740	22,000	4,557	58,807	23,121	35,686	14.58
	⑰ 調整水田								5,583	-5,583	1.39

注1) 輪作体系においては、転作前年の⑨、⑩、⑪の合計面積と、転作年の⑫、⑬の合計面積が一致するような制約を設定した。
 注2) 利益係数は、粗収益計から第1次変動費計を控除した10a当たりの値である。なお変動費は栽培面積に比例して変化する費用をいい、第1次変動費は地代や労働費を除く種子、肥料、農薬、出荷経費などの生産・出荷にかかる費用がこれにあたる。
 注3) 同じ体系・品種において10a当作業時間が異なるのは(①と②、③と④、⑤と⑥、⑦と⑧、⑩と⑪)、作期の遅い作型では、作期短縮により水管理の作業時間が短縮されるためである。



第2図 旬毎10a当たり作業時間

2 労働係数の設定

主要機械については、圃場内機械作業時間の標準化を図るため、タイムスタディデータを元に機械作業シミュレーション⁸⁾を行い、平均圃場面積である20a区画(100m×20m)における時間を推計した。また、機械作業リスクの考慮については、対象地に近いアメダス観測地点(福井、地点番号57066)の87年から10年間における時間降水量データから、南石ら¹⁰⁾の方法により機械作業可能日数の推定を行った上で、降雨パターンの標準化を目的として、年次降雨パターンに正規分布を仮定し、80%の確率で支障無く作業が行える作業可能日数を推計して分析に用いた^{8,9)}。

労働係数のうち、圃場内作業係数を推計した主要機械作業については組作業とし、それ以外の水稻の管理作業は組合員の作業日誌データから、大麦および大豆の管理作業は組合の出役記録からそれぞれ算出した。

各プロセス毎の10a当たり作業時間を比較すると(第2表)、中間管理作業にスターホイルトラクタを想定している散播キヌヒカリの作業時間は約13.0時間で、条播キヌヒカリの約13.1時間とほぼ同じであり、移植コシヒカリの78%、移植ハナエチゼンの81%まで省力化になっている。第2図に旬毎の10a当たり作業時間を図示した。春の農繁期にあたる4月下旬から5月中旬において、移植に比べ条播および散播の作業時間が短縮かつ分散されていることが分かり、また条播と散播の比較では、過酸化カルシウムの粉衣作業を行わない散播が、やや作業時間が短くなっている。

3 モデルの前提条件

現在のF生産組合を忠実に再現するモデルは、労働力、経理管理、経営目標等の面で組合と農家の2段階を考慮する必要があるが、組合としての目標が明確でないこともあり定式化が難しい。そこで本稿では、協業方式による任意生産組合を仮定し、全体の労働力と収支を組合の段階で一元化した数理計画モデルを作成することとした。

モデル生産組合における肥培管理を含む全ての作業は、組合員が所有面積に応じて均等に出役するものとする。そして組合は、出役者に対して労賃を、組合員に対して地代(利益配当を含む)を支払い、組合は利潤の全てを組合員に還元する。組合員個人にとっては、労働報酬と地代が所得として扱われる。よって、全組合員の農業所得の合計額は、労賃および地代を支払う前の配分可能金額から、組合員水田に対する土地改良費総額を控除することで求められる。本稿では、この全組合員の所得額合計(以下、所得)を基準として、経営成果の把握を行うこととする。

出役者はオペレータ作業も補助作業も可能であるとし、作業は週7日のうち6日、1日当たり9時間を上限として、1日当たりの平均出役可能人数を設定した。例えば

出役人数7.5人は、組合員が18戸であるF生産組合の場合、1戸当たり週2.5日の出役に相当する。員外からの借地については、組合員の名義で借地できるものとし、地主に地代として26,000円/10aを支払い、土地改良費は地主の負担とした。転作率は25.6%以上、転作助成金は一般作物(本稿では大麦)40,000円/10a、調整水田15,000円とし、とも補償拠出金は水田当たり3,000円/10aを拠出するものとし変動費に算入した。

機械施設設備は53psトラクタ2台、8条田植機2台、4条コンバイン2台、育苗および乾燥施設一式をはじめとする2セットの移植体系機械を基本として装備するものとした。これらの機械施設固定費は採用される栽培様式や規模によって異なるが、950.7~1,018.3万円である。このほかの一括した固定費は、一般管理費合計288.1万円、土地改良費456.1万円(平均23,033円/10a)の合計744.2万円とした。

分析には、目標計画法および確率的計画法に基づく「営農技術体系評価・計画システム FAPS(Ver2.1)」¹⁵⁾を用いた。

IV. 結果および考察

1 分析結果の詳細

1) 現状の経営面積および労働力における分析

F生産組合における現状の経営面積は24.6ha(自作地20.7ha、借地3.9ha)であり、必要に応じて組合員への出役要請により労働力を確保することが可能である。従って現状モデルの前提条件は、労働力にまだ若干の余裕がある出役可能人数上限7.5人の時(前提1)に相当する。

現状経営面積および労働力のモデルでは、移植技術のみ(直播技術なし)で、移植18.3ha、作業受託面積9.9haで、所得1,243万円の計画が可能である(第3表、計画A)。このとき労働力にはまだ余裕があるが、4月中旬のトラクタと9月上旬のコンバインとが作業可能時間の上限値に達している状況にあり、前者の制約が水稻作業受託の面積を4.7haに規定している。

この現状のモデルにおいては、条播および散播のいずれを組み合わせても、直播は採用されず、移植技術のみと同じ最適解(計画A)となった。このことから、現状の生産組合の経営面積で労働力にまだ若干の余裕がある場合には、移植技術のみで十分に対応できるため、条播、散播のいずれの直播技術も有利性をもっていないことがわかる。

2) 経営面積拡大が直播導入におよぼす影響

借地による経営面積の拡大が可能で、労働力が現状の7.5人しか投入できない場合(前提2)を分析すると、第3表(計画B、C、D)のようになった。

移植技術のみ(計画B)では、経営面積33.3ha、所得

第3表 適正規模と最適部門構成

		1. 現状規模	2. 規模拡大可能な場合			3. 労働力減少の影響		
前提条件番号		前提1	前提2			前提3		
前提条件	借地の上限	3.9ha	上限なし			3.9ha		
	出役可能人数上限	7.5人	7.5人			5人		
導入技術		移植	移植	移植+	移植+	移植	移植+	移植+
		(+条播)		条播	散播		条播	散播
		(+散播)						
計画記号		計画A(注1)	計画B	計画C	計画D	計画E	計画F	計画G
	農業所得(万円)	1,243	1,572	1,730	1,840	811	923	918
	労働時間(時間)	4,765	5,347	5,824	6,029	3,999	4,477	4,382
	経営面積 (ha)	24.6	33.3	37.3	42.1	22.2	24.6	24.6
最適解	水稲：移植	18.3	23.2	20.3	16.6	15.5	10.2	8.0
	水稲：直播	0	—	7.4	14.1	—	8.2	10.3
	(対水稲直播比率)	—	—	(26.8%)	(45.9%)	—	(44.5%)	(56.4%)
	大麦	6.3	10.1	9.5	11.3	6.7	6.3	6.3
	大豆	2.0	5.8	5.3	6.1	2.5	2.0	1.7
	期間借地：大豆(注2)	5.1	1.3	1.9	0.1	4.7	5.1	5.1
	水稲作業受託	4.7	0	0	0	0	4.7	4.9
	転作大麦作業受託	5.1	1.3	1.9	0.1	4.7	5.1	5.1
制約量上限	労働力(旬)	—	4下,5上	4下,5上	4下,5上	4下,5上	4下,5上	4下,5上
	トラクタ(旬)	4中,6上	6上,10上	4中,4下,6上,7中	6上,7中	6上,10上	4中,6上	4中,6上
	田植機(旬)	10上	—	6上,10上	10上	—	10上	7中,10上
	コンバイン(旬)	9上	9上	9上	9上,9中	9上	9上	—

注1) 前提1の時は「移植のみ」「移植+条播」「移植+散播」いずれも同じ結果となった。

注2) 期間借地により大豆栽培は地代なしで行われ、転作大麦作業受託と一体的に行われるため、経営面積として計上していない。

1,572万円の計画が可能である。同じ労働力条件で条播技術と組み合わせた場合(計画C)には、条播キヌヒカリが7.4ha(水稲面積の27%)採用され、経営面積37.3ha(同条件移植対比12%増)、所得は1,730万円(同10%増)となる。また散播技術を組み合わせた場合(計画D)には、散播キヌヒカリが14.1ha(水稲面積の46%)採用され、経営面積42.1ha(同条件移植対比26%増)、所得は1,840万円(同17%増)となる。

制約量の状況をみると、計画B, C, Dともに、4月下旬と5月上旬の労働力が制約量の上限値に達しており、9月上旬コンバインが作業可能時間の制約量の上限値に達している。計画Cでは、条播が採用されたため4月中下旬のトラクタが制約量の上限値に達した。また計画Dでは、散播が採用されたため、作期拡大により9月中旬のコンバインが制約量上限に達するとともに、施肥作業を行う7月中旬のトラクタが制約量上限に達した。

3) 労働力減少が直播導入におよぼす影響

ここでは高齢化等によって労働力が減少した場合について検討する。出役可能人数上限を現状の7.5人から5人(33%減)に設定し、借地上限面積は現状と同じ3.9haとして(前提3)分析を行った(第3表, 計画E, F, G)。

分析結果は、移植技術のみ(計画E)では経営面積22.2ha、所得811万円の計画となり、現状に比べ所得で35%減少する。なおこのときの経営面積は、現状規模である24.6haを下回る結果となっている。同じ条件で条播技術を組み合わせた場合(計画F)には、条播キヌヒカリが8.2ha(水稲面積の45%)採用され、経営面積24.6ha、所得は923万円(同条件移植対比14%増)となる。また散播技術を組み合わせた場合(計画G)には、

散播キヌヒカリが10.3ha(水稲面積の56%)採用され、経営面積24.6ha、総所得は918万円(同条件移植対比13%増)となる。このように投下できる労働力が減少した場合には、条播や散播を導入することで、所得減少を少しでも補うことが可能である。

2 労働力水準と経営面積に着目した所得と直播導入による所得増加率

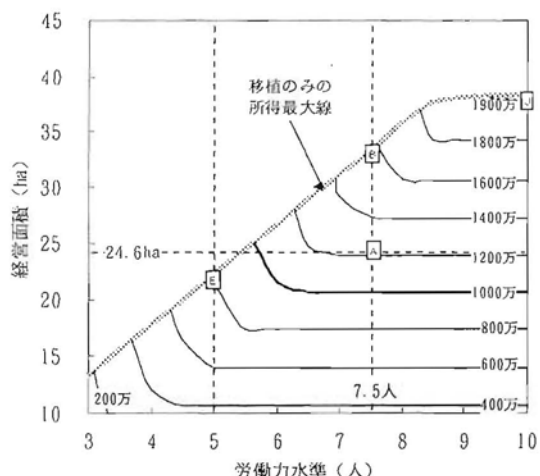
特に労働力水準と経営面積との関係に着目し、所得額の変化を把握するとともに、直播栽培導入による所得増加率の定量的分析を試みる。

1) 労働力・面積条件を変化させたときの所得変化

本分析にあたって、まず移植のみ、移植+条播、移植+散播の3体系について、投下労働力条件と経営面積条件を様々に変えて分析を行い、それぞれの最適解における所得額を把握した。その結果から、第3図、第4図、第5図のように、横軸に労働力水準、縦軸に経営面積をとった平面図に、所得額を等高線の形で示した。

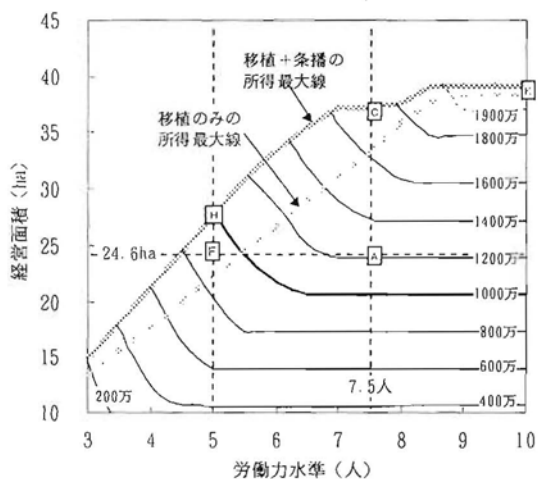
変化させた労働力水準は3人から10人まで0.5人間隔の15水準を設定し、また経営面積は15haから40haまで2.5ha間隔で経営面積の上限値をそれぞれ設定して、最適解計算を行った。農業機械は同一の装備のもとで計算しているが、直播作業機および育苗施設については、その装備の使用の有無を確認して、適宜所得額の修正を行った。また、等高線図は、近い2点間で線形補完を行い、200万円毎に作図した。

第3図の移植のみの場合の所得等高線図をみると、同じ労働力水準においては、経営面積の増加に伴って所得額が増加し、また同じ経営面積で労働力が減少すると、ある労働力水準から所得が減少していく。一つの等高線



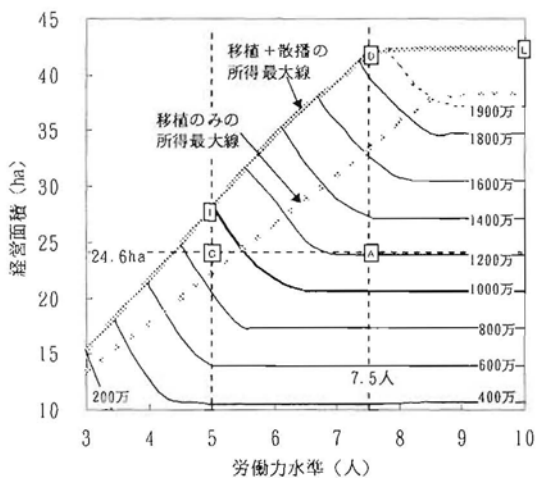
第3図 移植のみの場合の所得等高線

注1) □内の記号は、第1表の計画記号と合致する点である（一部は第3表とも合致）。
 注2) 図をxy軸の平面図で表したが、z軸方向に所得の軸を考えると理解しやすい。



第4図 移植+条播の場合の所得等高線

注) 第3図に同じ。



第5図 移植+散播の場合の所得等高線

注) 第3図に同じ。

に着目すると、労働力が減少するに従い、同じ所得額を確保するためには、経営面積を増加させなくてはならないことが分かる。

この図では、所得最大線として、当該労働力水準において、経営面積の上限値を設定せずに最適解計算を行った結果を図示している。経営体にとっては当該労働力条件で最大の所得額を確保できる経営面積である。なお、この所得最大線より経営面積が大きい経営も可能であるが、その時の所得額はこの所得最大線上の所得額より減少することになる。

次に、条播および散播を導入した場合の所得等高線図である第4図および第5図をみると、図中には、太い波線で移植のみの場合の所得最大線を示しているが、条播および散播を導入することで、経営面積の拡大と所得の増加が可能となっていることが分かる。なお、図の右下の等高線が平行になっている部分は、条播および散播が導入可能であるという前提であっても、直播が導入されない解であり、移植のみの場合と同じ解、同じ等高線になっている。

所得最大線の形状についてみてみると、いずれの図においても、労働力の増加にともなって経営面積も増加するが、ある労働力水準から経営面積が一定となる曲線になっている。これは、労働力が十分に確保できる状態であっても、主要機械の処理能力が限界に達するためである。その変化点は、移植のみでは8~9人、移植+条播で7~8.5人、移植+散播で7.5人となっており、その違いは、主として機械作業体系とその作業能率によるものと考えられる。

ここで条播と散播について所得最大線の比較を行うと、その違いとして移植+散播の所得最大線が、移植+条播に比べて上方に位置していることがあげられ、これは、散播が条播に比べて経営面積拡大が可能な体系であることを示している。

第4表には、前項までの分析結果を示した第3表の計画に加えて、労働力水準5人と10人について、その所得増加率と所得額の結果の一部をまとめ、その計画記号を第3~5図中に示している。

2) 直播導入による所得増加率の変化

直播を導入することで、経営面積の拡大と所得の増加が可能となることが分かったが、さらに、その所得の増加率を図示することで、直播導入の経営的効果を定量的に明らかにしていく。

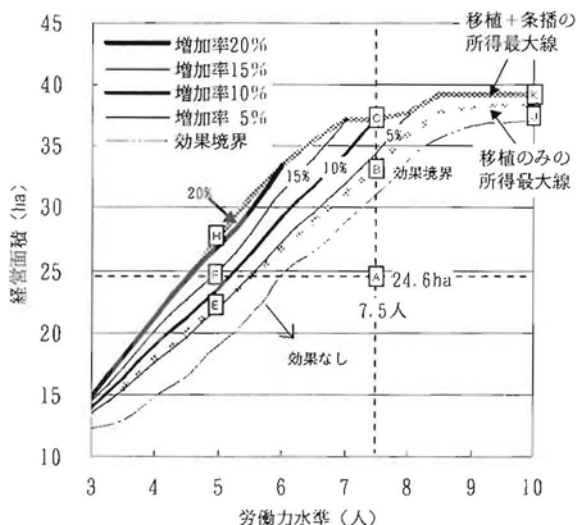
第6図と第7図は、横軸に労働力水準、縦軸に経営面積をとり、条播および散播栽培を導入した場合の所得増加率を等高線図の形で示したものである。所得増加率は、分子に移植+直播の所得額、分母に同じ労働力・経営面積条件における移植のみの所得額を用いて算出し、その値から1を控除して増加分のみを示した。

第6図をみると、労働力7.5人で経営面積24.6haの点

第4表 労働力水準毎の所得増加率および所得額（一部）

導入技術	労働力水準											
	5人				7.5人				10人			
	計画記号	経営面積 (ha)	所得額 (万円)	所得増加率	計画記号	経営面積 (ha)	所得額 (万円)	所得増加率	計画記号	経営面積 (ha)	所得額 (万円)	所得増加率
移植のみ	E	22.2	811	-	A	24.6 ^(注2)	1,243	-	J	38.3	1,903	-
					B	33.3	1,572	-				
移植+条播	F	24.6 ^(注2)	923	13.7%	C	37.3	1,730	10.1%	K	39.2	1,929	1.4%
	H	27.6	988	21.8%								
移植+散播	G	24.6 ^(注2)	918	13.2%	D	42.1	1,840	17.0%	L	42.4	1,989	4.5%
	I	28.2	994	22.6%								

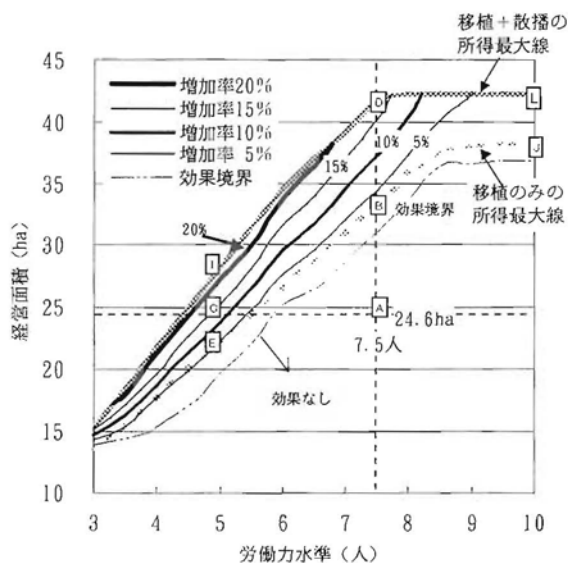
注1) 計画記号は、第3～7図、第3表の計画記号と一致する。
 注2) 前提条件として経営面積の上限（借地上限）を設定している。



第6図 条播導入による所得増加率

注1) 所得増加率（所得増大効果）の算出式

$$\text{所得増加率} = \frac{\text{移植・直播の所得額}}{\text{（同労働・面積条件）移植のみの所得額}}$$
 とする。ただし、移植のみの所得最大線より上方の値については、分母を「（同労働条件）移植のみの所得最大線上の所得額」と読み替える。
 注2) □内の記号は、第4表の計画記号と合致する点である（一部第3表とも合致）
 注3) 図をx-y軸の平面図で表したが、z軸方向に所得増加率の軸があると考えると理解しやすい。そのときの所得最大線は、x-y平面上にある、z軸とは関連のない曲線となる。



第7図 散播導入による所得増加率

注) 第6図に同じ。

は、現状条件での解である第3表の計画Aと同じ点であり、このときの所得増加はみられず、直播導入効果が認められないことを示している。労働力が7.5人のまま経営面積を拡大していくと、30haを過ぎたところから直播の導入効果が現れる。同労働力水準での移植のみの所得額が最大となる計画Bでは、2.9%の所得増加率となる。なお、計画Bの点においても直播導入効果が認められるのは、直播導入によって作業受託を拡大でき、結果として所得増加が可能となるからである。同じ労働力水準では、経営面積の拡大にしたがって、直播導入による所得増加率も大きくなっていく。そして、移植+直播の所得額が最大となる計画Cの点において、所得増加率は10.1%で最大となる。

一方経営面積を24.6haに固定して、労働力水準を減少させていくと、労働力約6人の所から直播導入効果が現れる。さらに労働力が減少するにつれて所得増加率が大きくなり、労働力約4.5人の約24%で最大となる。

第7図の散播導入による所得増加率についても、図のイメージは、基本的に第6図と同様になるが、散播の経営面積拡大が顕著である労働力水準7～8人のところで、所得増加率も約17%と大きくなっている。

なお、今回の分析では所得最大線より経営面積の大きい場合の分析は行わなかった。本稿で用いた平均所得最大化目標による数理計画分析では、これより経営面積の大きくなるような最適解は得られないが、経営面積目標を最優先する目標計画分析を行うことによって分析可能である。もしそのような分析を行った場合には、所得最大線の上方に、経営面積が最大となる規模限界線が引けるであろう。所得最大線と規模限界線の間における所得額の等高線は、面積が増加するほど所得額が減少する右肩上がりの曲線になると思われる。また、所得増加率の等高線は、所得最大線をはさんで所得増加率が減少する等高線になると思われる。

また、今回の分析では、経営面積が固定されていても作業受託の追加受託が可能であるという前提で分析を行っているが、作業受託の追加受託が不可能な前提で分析することも可能である。この場合の等高線図のイメージ

は、第6, 7図における、直播導入効果があらわれる効果境界が、移植のみの所得最大線のやや上方に位置し、移植+条播・散播の所得最大線上の所得増加率はほぼ本分析と同じとなり、所得増加率の等高線は、上方に込み合う図になると考えられる。

V. おわりに

本稿では、労働力水準や経営面積条件が直播導入による所得増加率に及ぼす影響について定量的分析を行った。このことより、労働力水準が小さいほど、またある範囲内では経営面積が大きくなるほど直播導入効果が大きくなることが明らかとなり、あらためて、直播技術は、省力性および作業時期分散という技術的性格を活用し、労働力制約が顕著な場合、また経営面積の拡大が可能な条件において、所得増加率が大きくなるという性格をもった技術であると判断された。また、条播と散播の比較に関しては、散播の方がより経営面積拡大が可能な技術であり、現状程度の労働力水準である7~8人で所得増加率の差が大きくなるが、所得増加率の幅としては条播が1~22%、散播が5~23%となり、散播がやや所得増大効果が高いという結果となった。

今回分析対照としたF生産組合は、福井県内の平均集落規模である耕地面積21ha、農家数24戸¹⁷⁾、また任意生産組合の平均水稲作業面積規模である16.5ha^{3, 17)}に比べ、やや大きい規模の生産組合であると考えられるものの、この規模においては標準的な機械装備を行っている²⁾。このことから、この数理計画モデルをもとにした直播導入による所得増加率の等高線イメージは、県内においてある程度の適応性をもっていると考えられる。

最後に、水稲直播栽培導入の経営的效果の分析における今後の課題を整理する。まず、播種方法を比較する上で、同一の栽培条件下における播種方式毎の収量水準や収量変動、品質等のデータ収集・蓄積が重要である。また、開発技術が兼業化、高齢化の進展した農家に適する技術かどうかの検証が必要である。

引用文献

- 1) 安部勇徹・渡辺幸一(1997). 大区画水田の組織経営体における水稲湛水条播直播の経営的評価. 九州農業研究成果情報. 第12号上巻. 九州農業試験場研究推進会議. pp. 187-188.
- 2) 福井県(1994). 特定高性能農業機械の導入計画及び参考資料. pp. 14-25.
- 3) 福井県地域(7)農業改良普及センター(1999). 担い手・生産組織育成の目標. 平成11年普及指導計画書.
- 4) 北陸農政局福井統計情報事務所(1998). 平成9年産福井作物統計. 福井農林統計協会. pp. 33. pp. 48.

- 5) 星野康人(1997). 大規模稲作経営における水稲直播栽培の導入効果. 北陸農業の新技術. 第10号. pp. 45-53.
- 6) 北倉芳忠・鹿子嶋 力・尾嶋 勉・岩田忠寿(1995). 試作ロータリー車輪(スターホイール)を装着したトラクタによる圃場管理法. 農作業研究. 第30巻第2号. pp. 121-134.
- 7) 小林 一(1990). 大規模水田作経営の適正規模-水稲・麦・大豆2年3作型輪作体系による-. 鳥取大学農学部研究報告. 第43巻. pp. 185-191.
- 8) 前川英範(1998). 大規模稲作経営におけるスターホイールトラクタによる湛水直播栽培の経営的評価-福井県坂井平田地域を対象として-. 東北農試総合研究(B). 第12号. pp. 17-30.
- 9) 前川英範・南石晃明(1999). 水稲湛水直播栽培の導入効果-条播および散播を対象とした数理計画分析-. 農業経営研究第37巻3号. pp. 31-41.
- 10) 宮本 誠・松本 功・岩井正志(1998). 水稲直播栽培の規模拡大・コスト低減効果とその限界. 農業経営研究. 第36巻第2号. pp. 25-34.
- 11) 宮武恭一(1998). 稲作技術の経営的評価-水稲直播技術を中心として-. 農業経営研究成果集17. pp. 43-50.
- 12) 中原秀人・堀内久太郎(1997). 家族経営における水稲直播栽培導入の可能性-福岡県の大規模稲作経営を対象として-. 農業経営研究. 第34巻第3号. pp. 78-81.
- 13) 南石晃明・長野間 宏・小柳敦史(1996). 大規模水田作経営における不耕起乾田直播栽培技術の経営的評価-確率的多目的計画モデルによる分析-. 1996年度日本農業経済学会論文集. pp. 23-28.
- 14) 南石晃明・長野間 宏・小柳敦史・土田志郎(1997). 時間降水量データによる稲・麦・大豆体系の作業可能時間の推定方法. システム農学. 13(1).
- 15) 南石晃明(1998). 営農技術体系評価-計画システム FAPS 97 利用方法. 東北農業試験場研究資料. 第21号.
- 16) 農業研究センター編(1997). 日本型直播導入指針. pp. 6.
- 17) 農林水産省統計情報部(1996). 1995年農業センサス. 農林統計協会.
- 18) 齋藤 隆(1998). 水稲専作個別経営体をモデルとした水稲直播栽培の技術評価-宮城県北部平田値を対象として-. 東北農試総合研究(B). 第12号. pp. 83-95.
- 19) 土田政憲・鹿子嶋 力・山田正美・前川英範・北倉芳忠・小島佳彰(1998). スターホイールトラクタによる湛水直播作業体系. 北陸農業研究成果情報. 第14号. 北陸農業試験場研究推進会議. pp. 109-110.
- 20) 津田 靖(1998). 大区画ほ場における営農組織の水稲直播栽培を導入した営農モデルの作成-富山県婦負郡婦中町神保地区を対象として-. 東北農試総合研究(B). 第12号. pp. 45-82.
- 21) 梅本 雅(1996). 水田複合経営における水稲乾田直播栽培技術導入の経営的評価. 農業研究センター経営研究. 第35号. pp. 25-39.

Effect of Labor Force Levels and Farm Scales on Introduction of Rice Direct Sowing in Flooded Paddy Fields into Rice Farming Unit

Hidenori MAEGAWA and Masami YAMADA

Summary

An effect of the introduction of two rice direct sowing methods, rows and broadcasting, into the same farming unit was analyzed by the mathematical programming method. Under the analysis, the effects of income increase by the introduction of the direct sowing to a rice farming unit were compared expressly on the same conditions of a labor level and a farm scale. The result of the income increase rate was shown as a contour line on a chart with labor level axis and farming scale axis.

From the result of the analysis, it has become apparent that the introduction of direct sowing methods were gained advantage at conditions of limited labor level and expansive farming size.