

湛水土壌中直播栽培技術

北村 新一

(宮城県農業センター)

Cultivation Techniques of Direct
Under-ground Sowing of Rice
on the Submerged Paddy Field
Shinichi KITAMURA

(Miyagi Prefectural Agricultural Research Center)

1 はじめに

我が国の土地利用型作物の基軸をなす稲作は、米需給の不均衡、貿易の自由化等厳しい情勢下であり、稲作の生産性向上が強く望まれている。

生産性の向上には、(1)10a当たり収量の向上であり、(2)生産費の低減である。図-1は東北、宮城、山形における年収量、生産費（第一次生産費）及び投下労働時間の変遷を示した。10a当たり年収量をみると東北平均では、昭和35年には413kgに対し、60年には534kgとなっており、25年間に約30%の伸びを示した。同様に高収量県の山形では約28%、低収量県の宮城で約25%の伸びとなっている。

一方、10a当たり投下労働時間は、昭和45年以降一般に定着した田植機械が急速に労働時間を短縮させており、東北では35年当時169.8時

間であったのが60年には56.8時間で約30%になった。宮城、山形はそれぞれ26%、30%であり宮城の短縮が東北平均を若干うわまわっている。

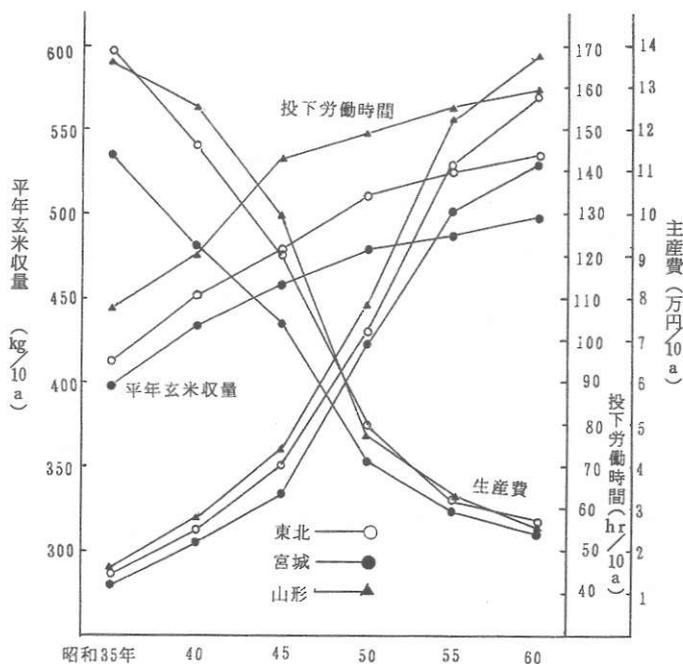


図-1 稲作の単収と投下労働時間及び生産費

表-1 宮城県の米生産費

区 分	45年	50年	55年	60年
費用合計	38,968	84,453	105,713	124,647
賃借料及び料金	1,741	5,893	10,354	9,760
農機具費	6,343	14,619	25,885	34,910
労働費	19,808	31,022	39,785	45,606
60kg当たり ササニシキ(県北) 自主流通米販売価格	8,877	16,587	20,007	22,694

宮城県の10a当たり生産費は、表-1に示したが45年の60kg当たりササニシキ自主流通米の4.4俵、50年には5.1俵、55年には5.3俵、60年には5.5俵分に相当し漸増の傾向にある。米の生産性向上は、幾多の努力により着実に進められてきているものの、62年産米は6%、63年産米では4.6%の値下げから見られるように米をめぐる世論から、より低コスト稲作の推進が必要である。

東北地域でも、水稲生産費の中で大きなウェイトを占める労働費、農機具費、資材費等の節減を目的とした技術の開発を行い、個別経営や生産組織の規模拡大に対応できるようにするため、昭和59~62年まで「地域低コスト稲作技術

体系確立」の試験が実施された。

宮城、山形では育苗、田植作業を省略することができるために、低コスト稲作技術として注目されている「湛水土壤中直播栽培」を担当したが、これらの試験で得られた成果と残された問題点の一端について述べる。

2 これまでに得られた成果

(1) 適応性品種の選定

現在栽培されている品種は、移植栽培に適するよう品種改良されているものである。湛水土壤中直播栽培では、湛水下で土中から一斉に出芽・生育し、安全限界日までに収穫することが必要であり、宮城¹⁾での試験結果を表-2に示した。目標収量550kg/10a、出穂期8月16日として、県内主要品種を対象として検討し、サトホナミとチヨホナミを選定した。サトホナミはササニシキに比べて耐倒伏性があり、多少出穂期が遅れても登熟歩合が高く、穂数の多い栽培条件で多収となる。チヨホナミはサトホナミと同程度の収量性があり、短秆であることから倒伏抵抗性が強く、また中生の早であるのでサトホ

表-2 品種と収量(宮城農セ)

区 分	出 穂 期(月・日)								玄 米 重 (kg/a)							
	59		60		61		62		59		60		61		62	
播種期	4/21	5/10	4/23	5/10	標肥	多肥	標肥	多肥	4/21	5/10	4/23	5/10	標肥	多肥	標肥	多肥
アキヒカリ	8.8	8.10	8.8	8.15	8.9	8.9			54.6	47.0	57.3	53.2	44.1	49.1		
ササミノリ	8.12	8.12	8.11	8.17					59.8	46.4	59.0	53.6				
奥羽312号	8.12	8.12	8.11	8.17					58.4	54.6	53.5	54.3				
ササニシキ	8.14	8.18	8.16	8.20	8.15	8.15			67.9	60.0	56.1	53.2	54.8	55.0		
サトホナミ	8.14	8.18	8.17	8.20	8.15	8.15	8.15	8.12	70.0	62.3	55.7	50.5	55.8	57.9	46.9	48.9
チヨホナミ					8.12	8.12	8.12	8.12					51.7	55.8	47.1	46.6

ナミより播種適期幅が広いと推測される。

山形での試験結果を表-3に示した。播種期との組み合わせにより検討した結果、全般に生育量が大で一穂粒数の多い穂重型品種の収量が多い傾向が見られ、チヨニシキは収量が高かったが出穂の遅れが目立ち600～700kgの収量性のあるアキヒカリ、はなひかりが適応性の高い品種としてあげられる。

しかし、両県において良質・良食味品種として銘声の高いササニシキは熟期や耐倒伏の点で湛水土壌中直播栽培には不適であるとされ、良質・良食味品種の出現と現行品種を用いる限り安全出穂期確保の点からどうしても播種期が早くなり出芽・苗立ちは極めて不安定となる。こうしたことから良質・良食味で低温出芽性の高い湛水直播用早生品種や出芽・苗立率の安定化技

表-3 品種と収量 (山形農試)

区 分	出 穂 期 (月日)				玄 米 重 (kg/a)							
	5 9	6 0		6 1	現地	5 9	6 0		6 1		現地	
播 種 期	5/8	4/25	5/10	5/8	5/15	5/12	5/8	4/25	5/10	5/8	5/15	5/12
ハヤニシキ		7/29	8/6	8/9	8/12			69.1	65.5	68.3	64.1	
アキヒカリ	8/1	8/1	8/10	8/11	8/17	8/13	65.7	71.1	62.5	74.5	68.5	64.6
アキユタカ	8/3	8/3	8/10				70.8	67.3	51.5			
はなひかり	8/1	8/2	8/10	8/11	8/14	8/14	64.2	63.8	57.2	70.6	67.5	61.9
キヨニシキ	8/5	8/6	8/12	8/13	8/18	8/18	69.3	66.0	62.5	71.2	67.4	63.6
ササニシキ		8/10	8/16					64.6	47.9			
ふ系 131 号	8/1						65.4					
奥羽 312 号	8/5						69.0					
山形 22 号	8/6						76.8					
庄内 32 号				8/12	8/16	8/16				68.3	61.4	62.8

術の開発が望まれるところである。

(2) 好適播種期間

播種期決定で重要なのは、播種時期の早限と晩限である。早過ぎれば気温の低いシーズンに播種することから、出芽不良となって出芽・苗立率の低下となる。また、遅播きでは安全出穂日を過ぎての出穂となることから、登熟不良をおこすことになる。

中村によれば、一日の平均気温が13～15℃になるころを早限播種期の目安としているが、気温平年値から最初に14℃の出現日は、仙台では5月9日、山形では5月6日となり、移植栽培の田植期間等と競合してしまい適応技術として

の効果が半減する。

宮城では、湛水直播の播種期は従来5月上・中旬とされてきたが4月下旬まで播種期を早める播種期拡大の検討をしたところ表-4のとおりであり、早生品種では4月下旬～5月上旬、中晩生種では4月下旬に播種期拡大が可能である。

早生品種では4月下旬から5月上旬までの播種期の違いによる収量差は小さいが、分げつ発生の少ないアキヒカリの4月下旬播種では、苗立歩合が低く㎡当たり苗立数が少ない時には、穂数が少なく収量が低かったため、苗立歩合が低くなる条件下では、播種量を多くする必要が

あると考えられる。

中晩生種では、4月下旬播種で出芽・苗立率は低いが出量は最も高く、播種時期が遅れるほど穂数少なく出穂期も遅れ収量も低くなる傾向が見られた。

このように、宮城で4月下旬に播種できるのは、図-2で示したように水田地表温が日射量の関係から、最低気温よりもかなり高くなるため

と考えられる。

山形では⁵⁾、70%の出芽率を得るには、日平均気温が約14℃以上が必要であり、高位安定が得られる安全出穂日から見た播種晩限はアキヒカリで表-5のとおり5月15日である。

ササニシキでは、出穂晩限が8月10日とその播種晩限は5月1～2日となり、山形県内の湛水直播栽培には不適である。

表-4 播種時期別生育・収穫（宮城・古川農試）

品種名	年次(昭)	播種期(月・日)	出芽期(日)	出芽期間(日)	同左平均気温(℃)	出芽率(%)	苗立率(%)	苗立数(本/㎡)	穂数(本/㎡)	出穂期(月・日)	玄米重(kg/a)	同左比(%)	登熟歩合(%)
アキヒカリ	59	4.21	5.10	19	13.1	68	43	57	322	8.10	46.9	(100)	92.3
		4.27	13	16	13.1	69	46	61	363	8.9	55.2	118	90.7
		5.4	19	15	13.2	72	50	66	394	8.11	57.4	122	82.8
		5.11	25	14	13.9	79	57	75	425	8.12	55.9	119	80.2
		5.18	28	10	15.5	85	68	90	399	8.13	54.5	116	77.9
	60	4.19	5.5	16	13.0	71	62	83	297	8.6	48.3	(100)	94.0
		4.26	5	9	3.9	63	58	77	311	8.5	47.7	99	92.7
		5.2	11	9	4.1	54	51	68	345	8.9	50.4	104	89.0
		5.9	18	9	5.0	68	58	78	368	8.10	51.3	106	85.3
	61	4.18	5.6	18	12.6	59	44	58	380	8.11	47.9	(100)	79.3
		4.25	7	12	12.6	66	64	83	480	8.12	47.2	99	73.1
		5.1	12	11	14.7	67	60	80	475	8.14	50.6	106	79.5
5.9		18	9	4.4	78	86	99	512	8.16	49.0	103	71.3	
ササニシキ	59	4.21	5.9	18	13.2	66	42	55	406	8.14	51.5	(100)	75.5
		4.27	13	16	13.1	69	45	59	433	8.13	52.6	102	67.5
		5.4	18	14	13.1	69	46	61	484	8.16	52.0	101	59.4
		5.11	25	14	13.9	67	56	78	513	8.16	48.9	95	55.5
		5.18	29	11	15.5	88	70	92	408	8.17	47.3	92	56.9
	60	4.19	5.5	16	13.0	49	38	50	396	8.16	55.3	(100)	69.0
		4.26	5	9	3.9	81	74	98	447	8.13	56.9	103	81.0
		5.2	11	9	4.1	52	39	52	418	8.16	51.2	93	71.1
		5.9	18	9	5.0	65	53	71	491	8.17	53.1	96	65.5
	61	4.18	5.6	18	12.6	55	40	53	492	8.19	54.5	(100)	63.3
		4.25	7	12	12.6	68	60	79	439	8.18	55.8	102	76.0
		5.1	12	11	14.7	70	61	81	511	8.21	52.6	97	61.7
5.9		18	9	4.4	82	80	106	479	8.24	50.1	92	64.5	

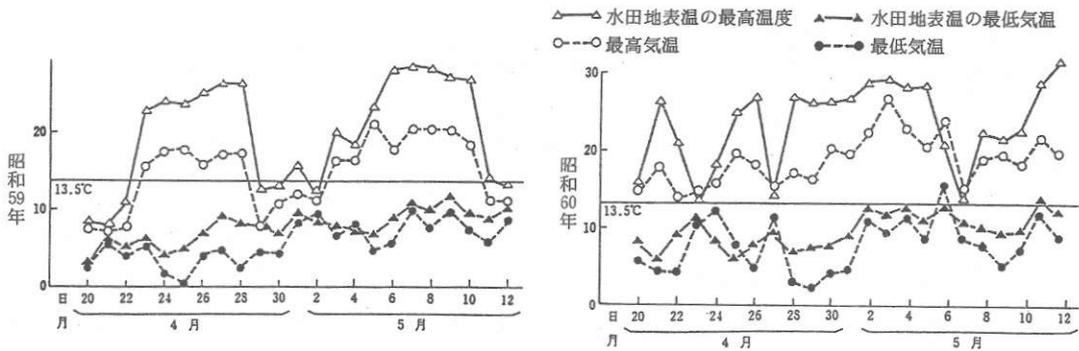


図-2 気温と湛水田地表温度との関係 (宮城農セ)

表-5 成熟・収量調査 (山形農試)

項目 播種日	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	成熟期			倒伏 程度	玄米重 (kg/a)	m ² 当 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)
			稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)					
5月1日	8/7	9/17	77.9	18.1	467	0~1	75.2	405	83.9	74.0
5月8日	8/11	9/21	83.6	19.4	537	0~1	74.2	467	71.2	74.9
5月15日	8/17	9/28	81.8	18.6	500	2	68.5	423	71.0	72.8
5月22日	8/20	10/9	84.0	19.3	458	2	60.1	380	69.3	73.8
5月29日	8/26	10/21	87.0	19.2	450	2	58.6	370	70.1	57.3
(比)移植	8/4	9/10	72.4	17.2	422	0~1	74.7	377	89.7	84.1

以上のことから播種期の決定は、品種や気温と関係することになるが、各県の現行品種では、出芽・苗立率向上のための水管理による地温上昇策などにより、南東北ではおおむね4月下旬から5月上旬となるものと思われる。

(3) 出芽・苗立率の安定化技術

出芽・苗立率は年次間差があり、播種後の気温や土壌条件及び播種深等により大きく変動し、湛水土壌中直播栽培の不安定要因となっている。出芽・苗立率の向上には種子への酸素供給剤のコーティングなどの技術開発がなされてきたが、更に安定化が必要である。

1) 出芽・苗立率と土壌条件

播種機で播種作業が行われることから、播種時の土壌条件が関係し、土壌の均平や硬度について適正条件の設定が必要となる。

宮城では²⁾、播種時の土壌硬度を検討した結果表-6のとおりであり、下げ振り深で7~10cmが適当であるという見解を得た。土壌が軟らかいと播種深が浅くなり、硬いと機械播種は困難と思われた。

また、適切な土壌条件を設定するため砕土後無代掻きで播種する方法も検討したが均平度で問題があった。

山形では²⁾、代掻き法及び播種作業と出芽・苗立ちについて検討し、表-7, 8の結果を得た。パディハロー2回かけで表層5cmまでの土塊割合は84%であった。耕土深は19.8cmと深くスリップ率は14.3%とやや高く、播種量は設定よりやや多くなった。代掻き時の均平作業については、パディハロー及びカゴローターを用いたが2回かけの均平度は±2cm以内が90%で出芽に

表-6 土壌硬度と播種深 (宮城農セ)

土壌硬度 (cm)	耕土深 (cm)	播種量 (粒/m ²)	苗立ち率 (%)	播 深 (mm)
7.2	19.2	142.2	73.3	6.2
10.4	20.9	142.8	74.0	6.0
15.5	21.7	143.5	75.8	2.4

注. 土壌硬度は下げ振り深の値

播種時の圃場と機械走行

区	播 種 日 (月・日)	水 深 (cm)	耕土深 (cm)	下げ振り深 (cm)	作業速度 (m/s)	スリップ率 (%)
P	4.24	2.1	12.8	5.9	0.55~0.59	9.0~9.1
	4.28	0.2	10.4	6.3	0.56~0.58	7.8~10.8
R	4.24	2.0	17.7	7.0	0.57~0.59	9.8~10.0
	4.28	0.8	14.2	8.2	0.55~0.59	8.7~10.6

注. Pはパディハロー, Rはロータリー

播種深・苗立ち

区	播 種 日 (月・日)	播 種 深 度	発 芽 率	苗 立 歩 合
P	4.24	0.5+0.19 (cm)	75.4 (%)	69.3 (%)
	4.28	0.6+0.16	80.8	75.0
R	4.24	0.6+0.17	83.4	72.1
	4.28	0.7+0.11	78.8	73.4

表-7 播種時の圃場・機械条件 (山形農試)

圃場条件	耕土深 (cm)	19.8
	さげ振り深 (cm)	8.1
	耕盤のかたさ (kg/cm ²)	12.7
機械条件	走行ギヤ位置	2速
	エンジン回転数 (rpm)	1,000前後
	播種量調整レバー	3
	フロート調整レバー	4/5 (固い方へ)

表-8 播種作業結果 (山形農試)

種 子	品 種	ササニシキ
	コーティング種子100粒重 (g)	5.2
作 業	設定播種量 (kg/100)	4.0 (乾籾)
	作業速度 (m/s)	0.511
	スリップ率 (%)	14.3
	播種量 (kg/100)	4.2
苗 立	対設定量比	105
	立 率* (%)	53.8
	(m間苗立数)	(28.5)

注. *: 4葉期調査

は問題がなかった。

2) 播種深と出芽・苗立ち

¹⁾ 宮城における検討結果では、播種深は深くなるほど、出芽・苗立率は低くなる傾向にあり、m²当たり苗立数が同じ場合の収量は播種深 1.0 cm > 1.5 > 2.0 > 0.5 の順で 0.5 cm では 1~2 cm より明らかに低収であった。

また、a 当たり 400 g 相当の播種量で検討しても播種深 0.5 cm では 1.0~1.5 cm より出芽率は高いが苗立率が下がり穂数不足で低収となった。このように、播種深が浅いと稲の根圏が浅く、除草剤の影響や肥料吸収の点から、生育不良になると思われ適播種深は 1~1.5 cm と考えられる。

表-9 播種深度と出芽・苗立率及び収量, 並びに m^2 当たり苗立数を50本にした時の播種深度と収量 (宮城農七)

播種深度 (cm)	出芽率 (%)	苗立率 (%)	苗立数 (本/ m^2)	収量 (kg/a)	苗立数50本/ m^2 の時の収量 (kg/a)
0.5	75.4	68.4	109	46.9	50.3
1.0	67.3	61.8	109	54.5	56.2
1.5	65.4	55.4	89	52.7	55.4
2.0	56.8	42.4	55	52.2	53.3
3.0	36.5	14.3	38	49.2	

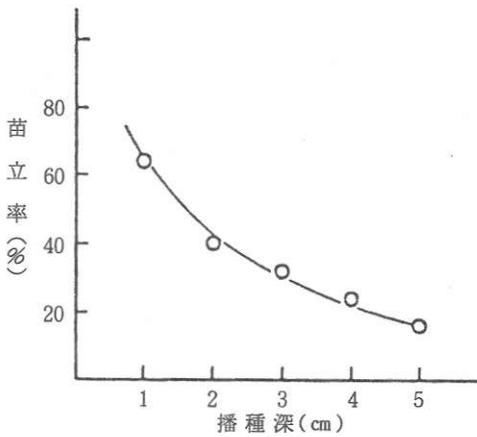


図 3 播種深苗率 (山形農試)

機械播種²⁾の場合, 出芽時の種粒埋没深が1 cmの深度を確保するための機械における設定播種深度は1.5~2.0 cmであった。これらの結果は, 表-9とした。山形では, 図-3のとおり

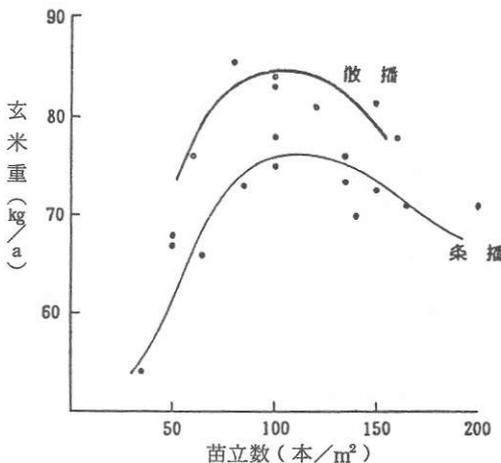


図-4 苗立数と収量の関係 (山形農試)

宮城と同様の傾向を得た。

3) 播種様式と出芽・苗立ち

播種様式には, 大きくわければ条播と散播があるが, 宮城では代掻き直後に自然落下と動力散布機で散播する方法を検討した。カルパー粉剤の粉衣のみでは軽く適正な播種深度の確保は困難と思われたので, 水田土を更に粉衣して播種し, その結果を表-10, 11とした。土量が多くなるほど深度が深くなり出芽・苗立率は漸減した。播種量が500 g/aの場合乾籾重の土量10倍で m^2 当たり籾数も多く, 多収であったが土量については再検討を要する。

山形では, 6条, 8条播種機の条播と背負動力散布機の散播について検討した結果は図-4, 5である, 散播の苗立率は75.9%, 条播の苗立

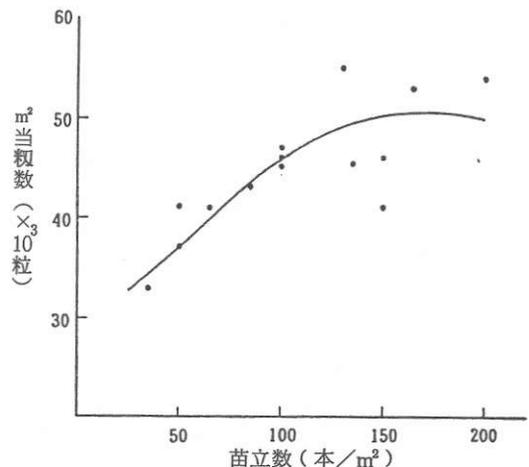


図-5 苗立数と籾数の関係 (山形農試)

表一 10 粉衣土量別における生育等 (宮城農セ)

播種法	粉衣 土量 (倍)	1 粒 当 たり			出芽 率 (%)	苗立 率 (%)	出芽籾の地下部深		6月28日		9月22日
		縦径 (mm)	横径 (mm)	重量 (mg)			平均 (cm)	90%区間 推 定 (cm)	草丈 (cm)	100粒	100粒
										当 た り 茎 数 (本)	当 た り 穂 数 (本)
自然 落 下 (1 m)	0	7.10	0.39	54	83.8	77.8	0.03	0 ~ 0.18	28.1	180	255
	1.0	7.16	0.42	79	96.3	93.5	0.14	0 ~ 0.40	27.8	208	284
	2.5	7.35	1.44	144	94.8	93.0	0.12	0 ~ 0.35	28.4	204	274
	5.0	7.88	2.78	278	91.3	87.8	0.53	0.1 ~ 0.96	30.0	218	250
	7.5	7.72		480	92.3	86.8	1.04	0.4 ~ 1.69	30.1	223	258
	10.0	9.11		752	89.8	89.0	1.18	0.58 ~ 1.77	29.7	229	281
	15.0	10.57		1,162	83.5	83.3	1.37	0.91 ~ 1.83	31.3	222	268
	20.0	11.02		1,681	81.5	80.8	1.65	1.18 ~ 2.13	30.6	200	250
	30.0	13.93		2,495	65.5	65.5	1.65	1.12 ~ 2.18	30.3	176	247

表一 11 粉衣土量別における収量及び収量構成要素 (宮城農セ)

播種法	粉衣 土量 (倍)	収量 (kg/a)	収量比 (%)	m ² 当 り株数 (株)	一 株 総 数 (本)	m ² 当 り穂数 (本)	一 穂 粒 数 (粒)	m ² 当 り粒数 (千粒)	千粒重 (g)	登 熟 歩 合 (%)
自然 落 下 (1 m)	0	49.8	100	104	3.2	339	71.0	24.2	22.3	92.9
	1.0	51.0	102	124	3.0	378	65.2	24.6	22.2	93.0
	2.5	49.2	99	124	2.9	365	64.5	23.5	22.4	93.6
	5.0	48.4	97	117	2.8	333	72.2	23.9	22.5	90.0
	7.5	56.3	113	116	3.0	343	77.9	26.8	22.4	94.3
	10.0	63.1	127	118	3.2	374	80.9	30.1	22.5	93.5
	15.0	56.0	112	112	3.1	349	81.1	28.4	22.4	88.4
	20.0	50.8	102	108	3.1	333	75.2	25.0	22.6	89.9
	30.0	53.0	106	85	3.9	329	80.2	26.6	22.6	89.5
動 力 散 布 機	0	48.2	100	199	1.8	361	62.2	22.4	22.8	94.2
	5	48.3	100	153	2.4	366	61.0	21.8	22.7	95.5
	10	52.1	108	174	2.2	388	62.0	24.0	22.8	95.5

率は63.5%と散播の方が12%も高く、条播に比べて茎数確保が早く玄米粒数歩合、千粒重も上回った。多収のための散播の適正苗立数は80~100本/m²で穂数が520~560本/m²、粒数は44,000~45,000粒/m²である。背負動力散布機を使用する場合の播種深1cmを確保するための、土壌硬度は下げ振り深で10cm程度である。

4) 有機物使用及びEh₆と出芽・苗立ち
有機物を施用した場合の出芽・苗立率について山形で行われた。有機物を100kg/a施した場合、無施用及び50kg/aより出芽・苗立ちが不良で初期生育が悪かった。

また、Eh₆は播種後10日過ぎから急に下がり、その程度は有機物施用区で大きかったが、播種後22

表-12 有機物と出芽・苗立率及び生育収量 (山形農試)

項目 有機物施用	苗立率 (%)	苗丈 (cm)	葉数 (葉)	20本 乾物 (g)	分けつ数 (本/株)			玄米重 (kg/a)	m ² 当 粗数 (×100)	登熟 歩合 (%)	千粒 重 (g)
					1節	2節	3節				
0 kg	35.2	20.9	4.4	1.45	0.56	0.46	0.00	76.9	409	83.1	22.5
5 kg	43.8	20.9	4.8	1.75	0.58	0.81	0.04	78.0	432	79.9	22.6
10 kg	33.9	21.7	4.7	1.80	0.50	0.71	0.06	76.6	410	81.9	22.8

日ではEh6が150mv以上で60%以上の苗立率を得ている。具体的データは表12, 図-6とした。

5) 生育調節剤と出芽・苗立ち

湛水土壤中直播栽培では、土中に種子が播種されることから、出芽・苗立ちの安定化を図るため酸素供給剤(カルパー)など出芽促進のための資材が利用されている。

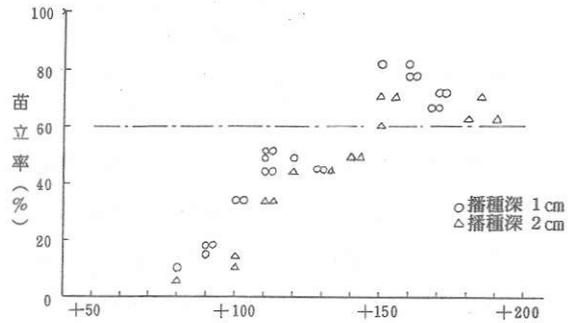


図-6 Eh6と苗立率 (山形農試)

表-13 コンテナ播種及び本田播種における種子予措方法と出芽・苗立ち (宮城農セ)

浸漬液	カルパー粉衣 時の噴霧液	コンテナ (4月20日播)					本田 (4月23日播)				
		播種31日後			45日後		m ² 当たり			精玄米重 (kg/a)	くず米重 (kg/a)
		出芽率 (%)	苗立率 (%)	草丈 (cm)	最長根長 (cm)	根数 (本)	出芽数 (100粒当たり) (本)	苗立数 (100粒当たり) (本)	穂数 (100粒当たり) (本/m ²)		
水	(水)	71 (100)	22 (100)	7.6 (100)	4.9 (100)	3.6 (100)	142 (53)	40 (15)	123 (46)	13.8 (100)	0.8 (100)
	(尿素 500倍)	71 (100)	42 (190)	7.6 (100)	5.9 (120)	4.4 (122)	195 (73)	56 (21)	294 (120)	35.4 (257)	0.8 (100)
	(コーゲン MOX 100倍)	78 (110)	56 (245)	6.4 (84)	5.5 (112)	4.4 (122)	171 (64)	72 (27)	320 (130)	45.0 (326)	1.1 (138)
	(コーゲン MOX 100倍)	97 (137)	59 (268)	8.3 (109)	6.4 (131)	4.2 (117)	195 (73)	75 (28)	470 (176)	72.2 (523)	1.1 (138)
	(コーゲン MOX 100倍)	92 (130)	51 (232)	8.1 (107)	6.5 (133)	4.8 (133)	128 (48)	69 (26)	414 (155)	71.0 (514)	1.1 (138)
	(硫酸 500倍)	87 (123)	57 (259)	7.3 (96)	6.4 (131)	4.1 (114)	198 (74)	45 (17)	195 (73)	25.6 (186)	1.0 (125)
	(コーゲン 100倍)	79 (111)	40 (182)	7.6 (100)	6.0 (122)	4.8 (133)	168 (63)	72 (27)	322 (120)	48.0 (348)	0.3 (38)
	(MOX 100倍)	98 (138)	65 (295)	7.2 (95)	5.4 (110)	4.1 (114)	174 (65)	83 (31)	379 (142)	56.6 (410)	0.8 (100)
	(ペーハー 5倍)	92 (130)	66 (300)	6.9 (91)	5.5 (112)	4.0 (111)	174 (65)	61 (23)	370 (153)	61.9 (449)	0.6 (75)
	尿素 500倍	(水)	82 (115)	22 (100)	6.7 (88)	5.3 (108)	3.9 (106)	125 (47)	51 (19)	310 (116)	47.0 (341)
(尿素 500倍)		76 (107)	49 (223)	5.3 (70)	5.8 (118)	3.6 (100)	163 (61)	53 (20)	398 (149)	62.2 (451)	1.4 (175)
(コーゲン・MOX 100倍)		93 (131)	57 (259)	6.6 (87)	5.3 (108)	3.9 (108)	152 (57)	77 (29)	346 (129)	47.0 (341)	2.4 (300)
COMOX混合 500倍	(水)	76 (107)	33 (150)	7.5 (99)	5.3 (108)	3.8 (106)	136 (51)	43 (16)	190 (71)	23.2 (168)	0.5 (63)
	(尿素 500倍)	90 (127)	57 (259)	8.0 (105)	6.3 (129)	4.4 (122)	174 (65)	69 (26)	286 (107)	42.7 (309)	0.5 (63)
	(コーゲン・MOX 100倍)	90 (127)	54 (245)	8.5 (112)	5.7 (116)	4.1 (114)	195 (73)	59 (22)	339 (127)	50.9 (369)	0.8 (100)

注. () 内数字は水浸漬-水噴霧区を100とした指数

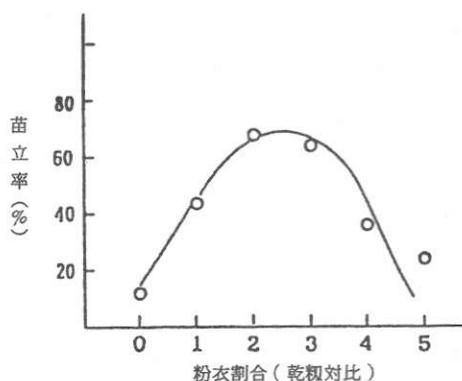


図-7 粉衣量と苗立ち (カルパー-A)
(山形農試)

宮城の結果は表-13としたが、種子粉浸漬液の資材添加効果とカルパー粉衣時に噴霧液に混和させて粉衣した場合等について検討した。種子粉浸漬液としては明らかな効果は認められなかったが、噴霧液としてコーゲンG・MOX、硫安、尿素、ペーハー、及びタチガレエース水和剤が若干の効果が認められたものの再検討を要する。

山形での結果は表-14とした。カルパー単用との比較がなされ、タチガレエース処理では15℃条件で出芽・苗立ちに有効であったが20℃では処理の影響は認められなかった。生育調節剤ではカルパー単用効果より優るものはなかったがGA4はカルパーとの併用で効果があった。MO2は乾物量の1.25倍の粉衣量増により、カルパーに比べ出芽・苗立率が4~6%高まり効果が認められた。

以上、出芽・苗立率の安定化について数多くの試験が行われ、土壌条件や播種深等明らかになったものもある。これらの試験を通じ適正苗立数の目安として㎡当たり、宮城では70本、山形では100本程度が示された。

(4) 省力播種技術

播種作業に要する時間は、10a当たり宮城で

表-14 出芽・苗立歩合の推移 (山形農試)

播種期	5月1日			5月15日		
	+9	+14	+29*	+11	+18*	+34*
区名						
MO2	24.0	67.5	59.0	36.0	68.0	57.0
カルパー	18.0	63.0	55.0	32.0	56.0	53.0
GA4	22.0	34.0	32.0			
GA3	20.0	30.0	32.0			
GA4	カ44.0	62.0	64.0			
GA3	カ38.0	61.0	62.0			

注. *は1L以上の稲の割合

は8条播種機条播で約33分、山形では、表-15のとおり詳しく調査されており、6条播種機で37.4分となっている。動力散布機での散播では12分であった。その場合の生育、収量を表-16に示した。

省力播種技術としての散播法では、適正播種深の確保などの問題点は残るがカルパー粉剤に重みを与えるか、または適当な重みのある補助剤の開発によって粒剤の水面施用するような形で飛散させて、適正深度1cmぐらいが確保できる技術が開発されれば、大型播種機の導入等を考えなくても、省力播種は可能でありより低コスト技術となる。

(5) 施肥技術

宮城における省力施肥技術の成績は、表-17とした。移植栽培並の収量600kg/10aを目標

表-15 作業時間 (分/10a)

項目	栽培体系	
	条播	散播
播種	29.2	10.6
旋回	5.2	—
種子補給	3.0	1.4
計	37.4	12.0

表-16 生育及び収量 (山形農試)

項目	7月10日		成熟期			玄米重 (kg/a)	籾数 (10a粒/m ²)	玄米粒数歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	月・日		倒伏 程度	
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)						出穂期	成熟期		
体系	条播	54.2	947	85.1	18.1	533	75.0	450	78.2	21.3	63.5	8.4	9.14	3
	散播	49.1	852	80.7	18.0	564	83.9	453	82.4	22.5	64.6	8.3	9.13	3

表-17 施肥法と収量 (昭59~62年平均) (宮城農セ)

No	基肥追肥	糞重 (kg/a)	精糞重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	収量比 (%)	穂数 (本/m ²)	籾数 (10 ³ /m ²)	一穂 籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	籾/糞 比
1	無窒素	46	43	34.1	60	341	16.7	50.4	93.0	21.9	0.93
2	対照 基肥	74	69	55.3	98	347	26.0	75.0	94.5	22.5	0.93
3	2.5L	81	75	59.0	104	478	31.0	64.9	86.4	22.0	0.92
4	幼	76	75	59.3	105	544	32.2	66.0	85.8	21.6	0.99
5	減	81	71	56.5	100	513	29.1	59.7	90.6	21.7	0.98
6	GU 基肥	64	62	48.8	86	408	24.4	59.7	90.2	22.2	0.96
7	2.5L	81	72	56.6	100	492	30.4	61.9	86.5	21.5	0.99
8	幼+減	88	81	62.2	110	552	36.5	66.2	77.9	21.9	0.92
9	IB 基肥	75	69	55.0	97	412	26.7	64.8	92.7	22.2	0.92
10	2.5L	73	73	57.4	102	438	28.5	65.0	92.5	21.8	0.99
11	LP 基肥	79	72	57.2	101	531	31.5	64.3	85.5	21.1	0.91
12	2.5L	85	77	60.9	108	459	31.4	68.3	87.9	22.1	0.91
13	側条 幼+減	76	71	57.0	101	416	27.7	66.5	92.3	22.3	0.94
14	(ペー 8L+減	84	77	60.6	107	500	35.9	73.7	80.3	21.5	0.92
15	スト) 8L+穂	85	76	59.7	106	476	30.7	64.6	89.5	21.7	0.90

として、省力施肥管理体系を普通化成肥料を用いて、基肥窒素 5 kg/10a, 出芽期追肥 1.5 kg/10a, 減数分裂期追肥 2 kg/10a と確立した。

更に、省力化のため、側条、緩行性肥料などの技術を組み合わせた検討では、LP 化成では基肥窒素 7 kg/10a に 2.5 葉期 1.5 kg/10a 追肥で 600 kg/10a レベルの収量が可能である。ペー スト肥料の側条施肥は基肥窒素 5 kg/10a, 8 葉伸長期 1.5 kg/10a, 減数分裂期 2 kg/10a の窒素追肥が良いと判断された。

施肥法と苗立数の関係では、1 葉期から 4 葉期までの範囲での追肥効果は明らかな結果は得られなかったが 2.5 葉期から分けつ盛期にかけての土壤窒素と籾数に密接な関係を認め、分けつ初期の土壤窒素が 6 mg/m² 以上の場合は初期追肥の省略が可能となった。

合理的施肥技術としての山形での成績は表-18 とした。窒素基肥量は 6 kg/10a 以上で出芽苗立ちが劣り、しかも生育中期が過剰となりやすく、4 kg/10a でやや生育量が不足し、基肥適量

表-18 追肥時期と収量構成要素 (山形農試)

No.	年次	品種名 (播種期) 苗立数 (本/㎡)	追肥時期及び量 (Nkg/a)					玄米重 (kg/a)						
			苗立 2.5 ~4L	分け つ5 ~6L	穂首 分化 期	幼 形 期	穂 期	穂 揃 期	基肥量 (Nkg/a)					
									0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	
1	59	アキユタカ				0.2					71.7		73.4	71.0
2		5月8日	0.2			0.2					73.7		71.8	
3		85		0.2		0.2					73.8		70.1	
4		アキヒカリ	0.2			0.2					78.5			
5	60		0.2			0.2						70.2		
6		アキヒカリ		0.2		0.2					71.2	72.3	73.9	
7		5月8日	0.2	0.2		0.2						71.9		
8			0.2			0.2	0.2					75.1		
9		100		0.2		0.2	0.2	0.2				72.9	80.8	69.9
10			0.2	0.2		0.2	0.2					64.1		
11	61	アキヒカリ		0.2		0.2					69.8	75.1		
12		5月8日		0.2		0.2	0.2				70.4	80.4		
13		100		0.2		0.2	0.2	0.2			72.1	82.9		
14		はなひかり		0.2		0.2	0.2				70.5	72.1		
15	62	アキヒカリ		0.2		0.2	0.2					71.4		
16		5月8日		0.2		0.2	0.2					71.1		
17		120		0.2	0.2	0.2	0.2					70.7		
⑬		○:基肥が				0.2	0.2				63.9	66.0		68.4
⑭		側条施肥			0.2	0.2	0.2				68.7	70.4		60.3

No.	㎡当穂数 (本/㎡)					㎡当粒数 (千粒)					登熟歩合 (%)				
	基肥量 (Nkg/a)					基肥量 (Nkg/a)					基肥量 (Nkg/a)				
	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
1		393		477	487	39.1		44.3	44.0		83.0		75.8	73.1	
2		435		485		41.5		47.4			80.4		68.0		
3		452		480		43.5		47.9			76.8		67.1		
4		447				42.6					84.2				
5			446					43.0					76.7		
6		470	443	509		43.7	42.2	49.7			73.7	79.4	68.6		
7			490					43.8					75.0		
8			516			48.6	45.9	50.7					78.4		
9		493	472	539				46.4			70.4	78.1	66.1		
10			535					47.9					64.1		
11		460	477			33.2	36.7				77.8	79.7			
12		476	497			34.2	38.6				79.8	82.6			
13		495	517			35.7	40.4				77.4	85.9			
14		454	474			37.1	38.1				73.2	79.8			
15			523					41.8					77.1		
16			536					43.3					74.7		
17			600					54.8					60.0		
⑬	527	605		645		37.3	39.2		40.4		75.5	75.4	75.5		
⑭	647	673		667		46.8	49.7		46.8		66.9	65.5	62.9		

は宮城と同程度の5kg/10aである。

初期生育促進のための初期窒素追肥の効果が認められ、苗立期2.5～4.0葉期より、分けつ初期5.0～6.0葉期が勝った。穂ばらみ期追肥は、有効茎歩合を高め穂数、粒数の確保が有利であった。しかし気象条件等による苗立数の変動があり、最高茎数が㎡当たり900本以上では不要である。

また、側条施肥（ペースト）は初期の生育量の拡大には極めて有効であるが、過繁茂になりやすく適応性は低いと考えられた。

以上、施肥体系では年による生育や土壌窒素の出現に違いがあるが、施肥体系を考えると、窒素で基肥5kg/10a、出芽期～分けつ初期に1.5～2.0kg/10a、幼穂形成期～減数分裂期2kg/10aとなり、稲の生育状況に合わせての応用技

術である。

(6) 病虫害防除技術

湛水土壌中直播栽培において、病虫害の発生の特徴は苗腐敗病とイネヒメハモグリバエの加害であろう。

^{1), 4), 5)} 宮城における苗腐敗病の発生、防除試験の結果は表-19とした。苗腐敗発病苗からの分離菌は藻菌類が多く、次いでフザリウムであった。これらの分類菌を接種した結果では立枯病の発生が見られた。防除法として、耕種的には芽干し（出葉期落水、数日間田面露出）によって苗立歩合が向上する傾向があり、防除に効果的であると推察される。薬剤による防除では、カルパーとタチガレエース粉剤の混和粉衣に、播種後1～7日後にリドミル粒剤2の4kg/10aの水面施用が効果的である。

表-19 苗腐敗苗防除試験（宮城農セ）

種粒処理 / 水面処理	リドミル粒剤 無処理	リドミル粒剤 2 kg/10 a	リドミル粒剤 4 kg/10 a
カルパー粉衣単用	①	⑤	⑦
カルパー＋タチガレエース粉剤1.5%量	②	—	—
カルパー＋タチガレエース粉剤3%量	③	⑥	⑧
カルパー＋タチガレエース粉剤5%量	④	—	—

除草効果と薬害

項目 区	4月23日播種				4月28日播種			
	調査苗数	不発芽粒数	腐敗苗数	健全苗数	調査苗数	不発芽粒数	腐敗苗数	健全苗数
①	94本	13.8%	17.0%	69.1%	88本	30.7%	13.6%	55.7%
②	89	18.0	18.0	64.0	93	33.3	11.8	54.8
③	91	14.3	9.0	75.8	92	21.7	9.8	68.5
④	94	13.8	10.6	75.5	93	36.6	9.7	53.8
⑤	95	12.6	6.3	81.1	87	28.7	6.9	64.4
⑥	97	13.4	6.2	80.4	89	22.5	5.6	71.9
⑦	96	19.8	3.1	77.1	97	37.1	2.1	60.8
⑧	96	9.4	2.1	88.5	87	24.1	2.3	73.6

しかし、防除コストが安価で有効な方法の検討が更に必要である。移植栽培でも問題となる、いもち病、紋枯病やイネヒメハモグリバエ等について更に検討が必要である。

また、山形では最近急に問題害虫となった、イネミズゾウムシの防除には、シクロプロトリン粒剤の2回散布(1.5 kg/10a)が極めて有効であると報告がある。

(7) 雑草防除

移植栽培における、除草作業時間は昭和60年の生産費調査による作業別労働時間でみると、宮城4.3時間、山形3.8時間で東北の平均は4.33時間である。

湛水土壤中直播栽培でも、代掻き後出芽期までの期間が長く、一般的には雑草にその生育が追い付けないということになるから、雑草防除が大きな問題である。もし除草剤が使えないと

いうことになれば、手取り除草となり除草時間が非常に大きくなり低コストどころではなくなる。したがって除草剤の安全性と効果の面から^{1), 4), 5)}検討してきたが、宮城では、播種後から2日以内にサンバード粒剤3 kg/10aを散布し、播種後30~35日にバサグラン粒剤を処理すると、葉害はないが特にノビエの残草が多いことから、上記の体系に更にヒエ剤として稲1.0葉期にグラノック粒剤3 kg/10aを散布する体系を確立した。これらの結果は表-20とした。

更に雑草防除水準を検討したが、図-8のとおり㎡当たりノビエ5本の場合の収量比は79%、10本では57%、20本では48%になり、ノビエの要防除水準は㎡当たり5本以内と推定された。山形では²⁾播種直後~稲2葉期の深水管理及びサンバード粒剤に播種後20日ところにプッシュ粒剤3 kg/10aの体系で効果を確認した。

表-20 除草効果と葉害(宮城・古川農試)

試験年度	除草体系	処理時間	残草量(風乾重対無処理区比) %							合計	葉害及び雑草害
			ノビエ	一年生	マツパイ	ネタルイ	ウリカワ	ミズガヤツリ			
61年	~BAS	~+30	16	30	4	5	17	3	25	雑草害	
	ACN~BAS	+21~+30	5	0	13	57	0	36	22	"	
	MTB~BAS	+15~+30	t	0	1	t	16	0	1		
	MTB~BAS	+20~+30	t	0	4	4	0	3	3		
	MTB~BAS	+21~+30	1	0	1	5	0	2	2		
	CC~BAS	+21~+30	1	0	2	6	0	3	3		
	無処理(g/㎡)		55.3	1.0	21.3	22.3	1.2	6.9	108.0		
62年	~BAS	~+35	44	0	0	0	0	0	27	雑草害	
	MTB~BAS	+14~+35	3	0	0	0	0	0	2		
	MTB~BAS	+17~+35	t	0	0	0	0	0	t		
	CC~BAS	+17~+35	t	0	0	t	0	0	t	葉身枯れ	
	無処理(g/㎡)		89.5	5.0	30.0	16.7	0	3.4	144.6	7月2日抜取	
	SL	+17	0	0	0	40	0	0	8		
	MM	+17	10	0	t	30	0	70	15	葉身枯れ	
無処理(g/㎡)		11.0	0.5	12.2	7.2	0	0.7	31.6	6月17日抜取		

注. 除草剤 SW:サンバード ACN:モゲトン BAS:バサグラン MTB:グラノック
CG:ソルネット SL:ワンオール MM:オーザ

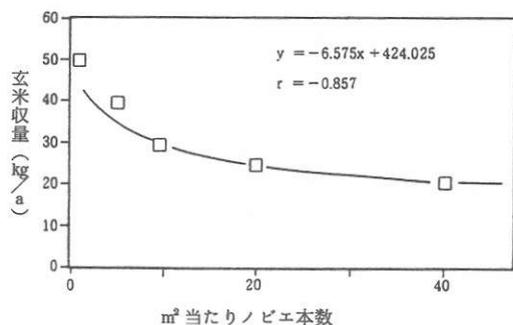


図-8 ノビエの本数と玄米収量との関係
(宮城・古川農試)

しかし、除草剤の開発も進んできていることから、新しい剤を含めて検討が必要である。

(8) 体系化と経営的評価及び適用条件の解明

宮城県農業センター²⁾と山形県立農業試験場²⁾で、得られた個別技術を駆使して実施した成績を表-21とした。収量レベルが違うものの両県とも目標とした収量に達している。

経営的評価と適用条件の解明については、宮城では湛水土壤中直播栽培技術を慣行栽培技術と比較して評価を行うために、チェックリスト

表-21 体系化試験(昭62年)

試験場所	宮城農セ	山形農試	
品 種	サトホナミ	アキヒカリ	アキヒカリ
播 種 法	条 播	条 播	散 播
播種量(kg/10a)	4.0	5.2	4.0
播種期(月・日)	4.22	5.8	5.8
苗立数(本/m ²)	68	121	117
施肥(Nkg/10a)	基5.0 出1.5 減2.0	基5.0 幼2.0 分2.0 点2.0	基5.0 幼2.0 分2.0 点2.0
玄米重(kg/10a)	555	750	839
籾数(10 ² 粒/m ²)	285	450	453
登熟歩合(%)	91.0	78.2	82.4
千粒重(%)	21.4	21.3	22.5

を作成7ha規模の農家にあてはめた場合30a区画圃場が1団地にまとまっていることを条件として、表-22のように10a当たり労働時間で19.4時間と慣行栽培の73%、10a当たり費用合計は81,218円と慣行栽培の96%であった。10a当たり費用のうち種子予措、苗代一切で5,675円と慣行栽培の96%であった。

しかし、異なる作業区分では利用限界があることや全体の技術評価には難点があった。山形では、10ha規模農家において検討し7~10haの個別経営に適用する場合の条件を明らかにした。10ha農家の10a当たり第1次生産費は100,166円で7ha農家の87%、県平均の73%、労働時間は26.8時間で7ha農家の79%、県平均の53%であった。

更に、山形²⁾では10ha農家の実態を把握し、稚苗、湛水土壤中直播、短期密播苗の各技術を組合わせて適用条件を検討した。7ha農家に適用した例では、面積、労働力が現状のままの場合

全面積に、稚苗を選択すると所得が最大となった。これより面積が増加したり、労働力が減少した場合、湛水直播の収量が稚苗より5%低下しても、1~2haに湛水直播を入れた方が所得が大となった。また、収量水準が下がらない場合、全面積で湛水直播を実施した方が純収益が最大となった。湛水土壤中直播栽培を入れて適期に作業できる面積は5月上旬の作業が競合して8.5haである。

表-22 稲作チェックリスト

作業名	慣行栽培技術					湛水直播栽培技術				
	労働時間 (hr)	費用(10a当り)				労働時間 (hr)	費用(10a当り)			
		資材費 (水利費含) (円)	機械費 施設費 (円)	労働費 (円)	合計 (円)		資材費 (水利費含) (円)	機械費 施設費 (円)	労働費 (円)	合計 (円)
種子予措苗代一切	4.9	5,018	4,411	3,861	13,290	0.8	(86) 4,331	(16) 714	(16) 630	(43) 5,675
耕起整地	3.7	561	6,746	2,916	10,223	3.0	(187) 1,051	(47) 3,140	(81) 2,364	(64) 6,555
基肥	1.7	5,756	3,475	1,340	10,571	1.5	(114) 6,534	(81) 2,809	(88) 1,182	(100) 10,525
田植直播	3.3	497	1,759	2,600	4,856	0.7	(22) 108	(292) 5,131	(21) 552	(119) 5,791
除草	0.6	4,768	502	473	5,743	0.9	(138) 6,572	(19) 97	(150) 709	(128) 7,378
追肥	0.4	1,158	1,222	315	2,695	0.6	(159) 1,841	(12) 146	(150) 473	(91) 2,460
かん排水管理	2.9	5,822	1,429	2,285	9,536	4.0	(113) 6,598	(29) 420	(138) 3,152	(107) 10,170
病虫害防除	0.1	2,789	920	79	3,788	0.9	(243) 6,789	(110) 1,008	(897) 709	(225) 8,506
刈取・脱穀	5.6	587	7,483	4,413	12,483	4.0	(100) 587	(99) 7,416	(71) 3,152	(89) 11,155
乾燥・調製	1.5	2,478	7,452	1,182	11,112	3.0	(32) 786	(132) 9,853	(200) 2,364	(117) 13,003
合計	24.7	29,434	35,399	19,464	84,297	19.4	(120) 35,197	(89) 30,734	(79) 15,287	(96) 81,218

注. なお、湛水直播栽培技術の費用の()内は慣行栽培技術を100とした場合の指数

しかし、問題点もあるが今後個別経営や生産組織での規模拡大がなされた場合の適用効果は十分と考える。

3 残された問題点

- (1) 良質・良食味の低温出芽力の高い適応性品種の開発
- (2) 出芽・苗立率の安定化技術と適正苗立率の把握
- (3) 散播法と適正播種深度の確保技術
- (4) 省力施肥技術の確立

- (5) 省力病虫害防除技術の確立
- (6) 新剤等体系は正剤による低コスト除草法の確立
- (7) 作期等を考慮した体系化技術と適用条件の解明
- (8) 鳥害防止対策

4 おわりに

低コスト稲作は、厳しい現状におかれている米作り農家の最大努力目標であり、内外の世論に答えなければならない。

湛水土中直播栽培の試み4箇年、数多くの試験研究がなされ一応の体系化と経営的評価もなされたがなお難しい問題が残っている。

今後、湛水土壌中直播栽培を省力、低コスト技術として定着させるためには、適応条件を拡大させるための研究を続けると共に余剰労力対

策など抜本的改善を図り、東北農業米作り農家の位置を堅固なものに再構築を図る必要がある。

最後に本稿をまとめるに当たって、意の尽くすような成果報告になってない点もあるかと思うが、お許しをいただき本研究に携わった先輩諸兄に感謝申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 宮城県農業センター. 1988. 北上川下流地域における低コスト稲作技術の確立. p. 10 - 119.
- 2) 農林水産技術会議事務局振興課. 農業研究センター. 1988. 地域低コスト稲作技術体系確立のための試験研究 研究成果(総集編) p. 123 - 157, 198 - 225.
- 3) 中村喜彰. 1983. 低コスト増収の米作り①, 湛水土壌中直播栽培. 家の光協会. p. 73 - 74.
- 4) 東北地域『低コスト稲作』研究推進会議事務局. 1987. 昭和61年度東北地域農業プロジェクト研究推進会議資料 —低コスト稲作— p. B 1131 - B 1146.
- 5) —————. 1988. 昭和62年度東北地域農業プロジェクト研究推進会議資料 —低コスト稲作— p. B 1132 - B 1146, B 4323.