

水稻の有機物活用と省農薬栽培

藤 崎 祐一郎

(宮城県農業センター)

Low Input Sustainable Culture of Rice in Miyagi Prefecture

Yuichiro FUJISAKI

(Miyagi Prefectural Agricultural Research Center)

1. はじめに

近年、米に対する消費者の嗜好の多様化に伴い、安全性と高品質の面から、社会の関心は農薬、化学肥料などの化学合成物質の使用軽減をめざす有機農業、いわゆる生態系活用型農業への関心が高まっている。しかし、県内の有機栽培米の生産状況については1987年以前の記録はなく不明であり、特に、特別栽培米に至っては栽培と経営の実態が多様なため把握に困難な面がある。

一方、これらの米の生産量は年々増加傾向にあるものの、これらに関する栽培技術には解明されていない面が多く、技術体系としても総合評価もなされてはいない。このため、これ等の技術の解明と共に、有機質資材の利用と省農薬防除を柱とした全国5県共同の「生態系活用型農業による水稻の生産技術の確立」に関する研究を実施した。ここではその一環として病害に強く、安全、高品質かつ低コストの生産技術を確立し、宮城県を始めとするヤマセ地帯の稲作

に資するため1989～1991年の3年間にわたり検討した結果を紹介する。

2. 有機物の利用技術

1) 緑肥すき込み

1989～1991年に省化学肥料、地力増強を目的として緑肥をすき込み、ササニシキの生育・養分吸収量及び土壌への影響を検討した。土壌条件は低湿な強粘土壌である。レンゲ2 t / 10 a, ライムギ3 t / 10 a すき込みにより、化学肥料はレンゲ基肥無施用では減数分裂期追肥、ライムギでは基肥のみとしても、慣行栽培の10%程度の減収に止まった。

土壌アンモニア態窒素の推移をみると、レンゲ区は基肥窒素無施用でも堆肥区に近い推移で、速効性窒素源としての効果が大きかった。ライムギ区の土壌アンモニア態窒素濃度のピークは、レンゲ区に比べ約2～3週間遅れの7月上旬であった(図-1)。すき込み緑肥の分解(乾物重減少)率は地上部全体で見ると、成熟期まで

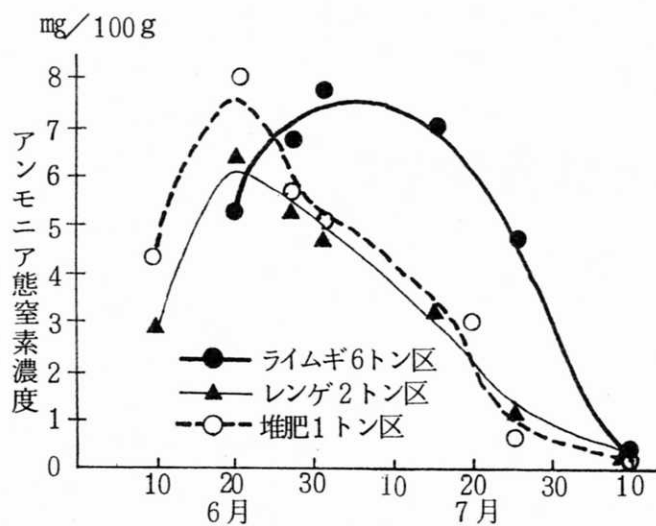


図-1 作土アンモニア態窒素濃度の推移
(1989～1991年平均)

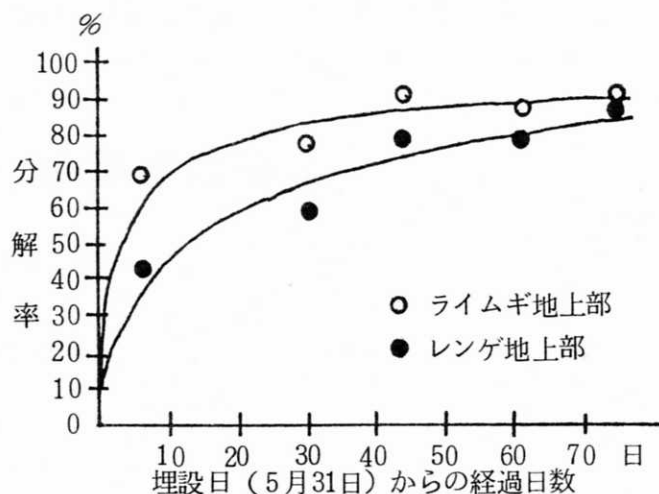


図-2 ライムギ、レンゲの地上部分分解率推移

にレンゲでは85%，ライムギでは70％程度だが、ライムギの茎部では50％程度に止まった（図-2）。

以上のように栄養成長期の窒素の供給は緑肥のみでも供給でき、土壌アンモニア態窒素の推移もレンゲでは予測どおりであった。しかし、緑肥区は酸化還元電位が低下し、有機酸を主とする分解生成物が生育並びに養分吸収を阻害した。吸収阻害は窒素では最高分けつ期頃まで、珪酸では穂揃期頃まで継続し、緑肥を有効に活用できない要因となった。

養分吸収の障害は小西ら¹⁾の指摘したように水稻根の代謝活性の低下に起因すると考えられる。障害の軽減には磷酸の多施用が有効との脇本ら⁵⁾の報告もあり、石灰、鉄等の資材、落水

による還元防止等の軽減対策を検討中である。

緑肥区の収量は堆肥施用区に比較して10％程度の減収となったが、これは緑肥区では一穂粒数は多いが、倒伏により登熟歩合が低下したことが主要因であった（表-1）。また、緑肥区の窒素吸収量は穂揃期以降に多くなるため、玄米の窒素濃度も上昇したが、食味への影響は少ないと見られた。跡地土壌の30℃インキュベーション生成窒素は5週間目で、レンゲ2、ライムギ3（t/10a）区は堆肥の標準量（1t）区よりも1mg/100g多く、ライムギ6tすき込み区は堆肥区を5mg上回った（図-3）。

このように、緑肥の水田すき込みによる地力増強効果は明らかであり、有効な利用方法の一つとして検討している。

表-1 生育・収量（1989～1991年平均）

No.	区名	項目 月日 単位	茎数（/m ² ）				穂数	精玄米重 （kg/a）	同左比 （%）	粒数 （×100/m ² ）	登熟歩合 （%）
			6/13	6/30	7/11	9/18					
1.	レンゲ地下部区		183	508	666	464		51.2	92	321	75
2.	レンゲ2トン区		175	493	691	526		50.2	90	384	62
3.	ライムギ3トン区		188	510	710	532		54.5	98	411	64
4.	ライムギ6トン区		205	521	722	551		50.6	91	420	59
5.	堆肥1トン区		315	741	904	540		55.6	100	346	75

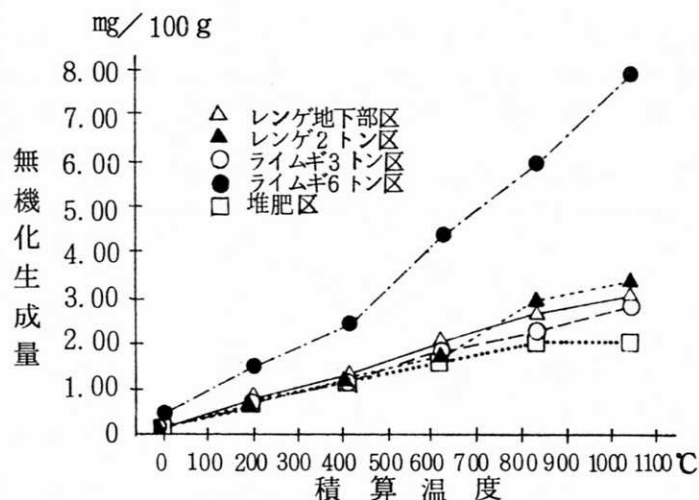


図-3 作土土壤（春）の窒素無機化生成量（30℃，1991年）

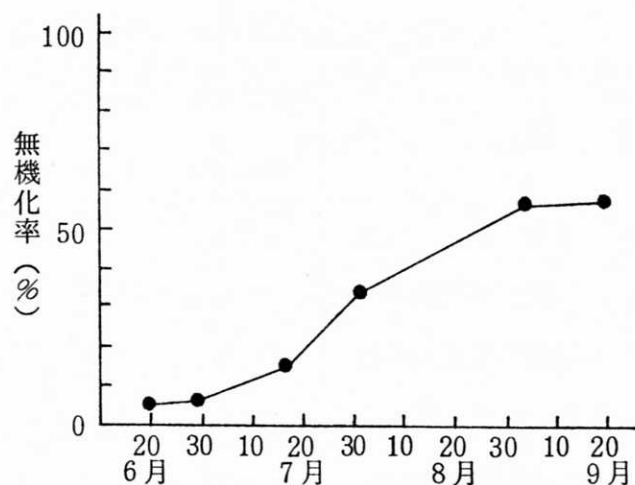


図-4 有機質肥料の圃場インキュベーション無機化率（1990年）

2) 有機質肥料の施用

ひまし油粕を主体に、骨粉及び魚粕等を原料とした有機肥料（窒素：リン酸：加里＝5：6：0％）の肥効を化学肥料を対照として検討した。

3カ年の試験結果から、有機肥料では化学肥料に比較して初期生育は劣るが、収量的には同等であり、米の窒素濃度及び食味に対する影響も少ないものと判断された。成熟期までの無機化窒素量は全窒素含量の60％程度であった（図-4）。この値は野口³⁾の30℃室内培養法による無機化試験結果にもほぼ一致していた。有機肥料の肥効特性を反映して茎数は最高分けつ期頃までは化学肥料区よりは劣ったが、幼穂形成期

頃にはその差は減少し、穂数で有機肥料区の方が勝る結果となった（表-2）。収量では有機肥料区は化学肥料区に比較して、同等ないし勝る結果となっている。これは化学肥料区に比較して、穂数と粒数が多かったことによるものである。登熟歩合、玄米千粒重では有機肥料区は化学肥料区より低い傾向にあった（表-3）。

玄米の窒素濃度は有機、化学肥料区間に有意差はなかったが、堆肥2t/10aを併用すると、有機肥料区のほうが高くなった。ただし、粗蛋白濃度は良食味レベル内にあった。また、食味官能試験では各処理区とも総合評価に有意差はなかった（表-4，図-5）。

表-2 生育調査結果（1989～1991年平均）

No.	区名	月日 項目	6/9	6/19	7/6	9/17	6/9	6/19	7/6	9/17
			草 丈			稈長 穂長	茎 数			穂数
1.	堆肥だけの区		29	33	46	71 16.6	142	274	440	323
2.	堆肥化学肥料の区		29	37	58	77 16.4	278	613	787	481
3.	堆肥有機肥料の区		28	36	58	84 16.7	250	558	813	488
4.	化学肥料だけの区		29	39	60	80 17.0	333	637	811	446
5.	有機肥料だけの区		27	37	58	79 16.8	294	591	784	460

注．堆肥施用量は10アール当たり2トン。

表-3 収量及び収量構成要素 (1989~1991年平均)

No.	区 名	精玄米重 (kg/a)	同左比 (%)	1穂粒数 (粒)	穂 数 (本/m ²)	粒 数 (×100/m ²)	登熟歩合 (%)	玄 米 千粒重 (g)
1.	堆肥だけの区	41.0	88	70	323	226	84	21.7
2.	堆肥化学肥料の区	46.7	100	59	481	282	79	20.9
3.	堆肥有機肥料の区	50.9	109	75	488	360	69	20.7
4.	化学肥料だけの区	53.0	100	69	446	308	82	21.2
5.	有機肥料だけの区	52.3	99	69	460	313	80	21.0

表-4 粗蛋白含有率 (白米) 及び玄米品質の年次変動

処理区No.	粗タンパク含有率(%)			玄米整粒歩合 (%)			未熟粒歩合 (%)		
	H 1年	H 2年	H 3年	H 1年	H 2年	H 3年	H 1年	H 2年	H 3年
1. 無肥料区	7.4	7.5	7.4	88.2	94.3	86.0	10.9	5.0	12.3
2. 化学肥料単用区	7.6	7.4	7.6	85.7	92.1	76.8	12.7	6.4	19.9
3. 有機質肥料区	7.2	7.4	7.8	83.1	91.6	79.2	14.9	7.1	17.0
4. 無肥料+堆肥区	7.3	7.1	7.4	87.9	93.9	80.8	11.2	5.5	16.3
5. 化学肥料+堆肥区	7.1	7.3	7.3	84.7	91.3	74.6	13.7	7.3	20.9
6. 有機質肥料+堆肥区	7.6	7.6	7.6	82.5	91.0	80.8	15.2	8.0	15.5

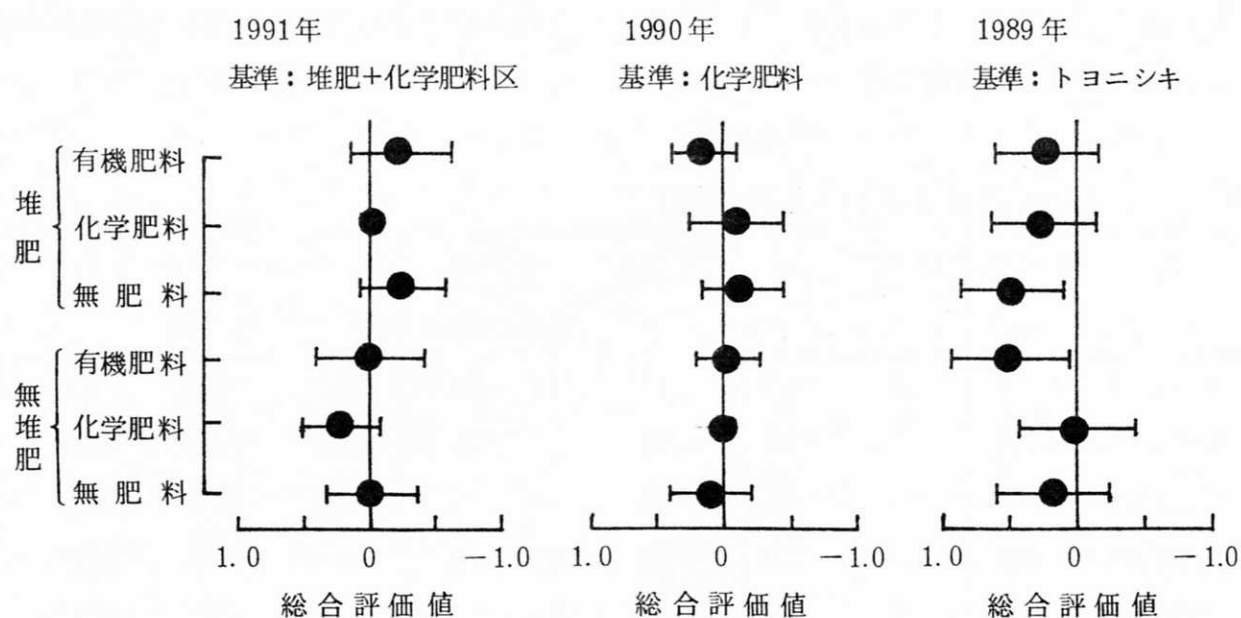


図-5 食味官能試験結果 (1989~1991年)

3. 病害虫の省農薬防除技術

1) 本栽培法における病害虫，特にいもち病の発生特異性

各施肥条件下で省農薬防除，慣行防除及び無防除の場合のいもち病の発生状況について検討したところ，1990年の場合穂いもち堆肥区では無堆肥区に対し，発病が多くなる傾向が認められた。1991年の穂いもち堆肥は，肥料の種類別に見ると，無肥料＜化学肥料＜有機質肥料，堆肥の有無別では無堆肥＜堆肥，防除区別では慣行＜省農薬＜無農薬の傾向が認められた。

2) いもち病抵抗性品種の利用

ササニシキは穂数確保が容易で，いもち病少

発年の場合は収量性がある。しかし，いもち病多発年の場合は被害が著しく，収量の安定性に欠ける。このため，宮城県古川農業試験場で育成したいもち病真性抵抗性の異なるササニシキの同質遺伝子型系統の内，東北IL3号，5号及び6号についていもち病の発生状況，品質及び食味特性を検討した。

その結果，稈長等の諸形質はササニシキと大差なく，3カ年ともいもち病の発生は無～極微で，実用的な耐病性は強く収量は安定して高い。本栽培法ではこれ等いもち病真性抵抗性同質遺伝子型系統の利用価値は極めて高い（表－5，6）が，実際場面での利用方法としての混播，

表－5 葉いもちの年次別発生状況

品種・系統名	平成元年（7月26日）		平成2年（7月25日）		平成3年（8月1日）	
	発病株率	病斑面積率	発病株率	病斑面積率	発病株率	病斑面積率
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ササニシキ	0	0	92	3.76	100.0	0.54
サトホナミ	0	0	100	0.63	100.0	0.56
チヨホナミ	0	0	100	8.75	—	—
ひとめぼれ	—	—	—	—	0.0	0.0
(参) 東北IL3号	1	0.00	0	0.00	0.0	0.0
(参) 東北IL5号	0	0	4	0.01	0.0	0.0
(参) 東北IL6号	0	0	0	0.00	0.0	0.0

表－6 穂いもちの年次別発生状況と収量

品種・系統名	平成元年		平成2年		平成3年		収量比(%)		
	発病株率	発病穂率	発病株率	発病穂率	発病株率	発病穂率	平1	平2	平3
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
ササニシキ	76	4.9	80	9.11	100	58.9	100	100	100
サトホナミ	72	6.1	70	5.95	100	25.6	95	100	216
チヨホナミ	92	13.2	80	11.89	—	—	98	86	—
ひとめぼれ	—	—	—	—	48	5.9	—	—	296
(参) 東北IL3号	76	6.9	4	0.20	20	1.3	102	111	320
(参) 東北IL5号	80	3.6	0	0.00	24	1.7	100	108	315
(参) 東北IL6号	68	3.4	8	0.38	92	20.0	99	102	310

混植といもち病菌のレース変遷への対応など早期実用化が問題として残されている。

3) 寄生菌によるイネミズゾウムシの防除

ツマグロヨコバイから分離した黄きょう病菌 *Beauveria bassiana** とクリシギゾウムシから分離した黒きょう病 *Metarrhizium anisopliae** は何れもイネミズゾウムシ越冬後成虫の密度抑制に有効であることが認められた。ただ、菌の大量培養法と散布法の確立等が問題として残されている（表-7）。

表-7 寄生菌によるイネミズゾウムシの防除効果

散布糸状菌	被害 葉率 (%)	8株当たり 幼虫・蛹数個				
		若齢	中齢	老齢	土繭	合計
黒きょう病菌	75.3	29.0	25.3	2.7	0.3	57.3
黄きょう病菌	83.4	36.7	29.3	3.0	0	69.0
無 散 布	87.7	35.0	45.3	4.0	0.3	84.6

4) 雑草の耕種的防除

1989～1991年の3カ年間にササニシキ栽培田で、雑草発生最盛期の移植後20日目頃から終期の35日目頃にかけて中耕除草機で除草し、その後、水稻の分けつ終期に当たる移植後50日目に拾い草程度の手取り除草を行った。

その結果、雑草の発生量と水稻の収量との関係は次のとおりである。

(1) 雑草の発生量：無除草の場合の雑草発生量は、初年目に比較し2年目、3年目にはそれぞれ2.1倍、5.0倍になった。草種別ではノビエ、マツバイが多くなり、逆に一年生の広葉雑草は減少した（図-6、7）。機械除草では株間、株元の除草が不十分なため年次を経るに従

い雑草の発生量は多くなり、また除草時期が遅いほどその傾向が顕著であった。しかし、機械除草を2回実施した場合は、雑草の増加割合は低かった（図-8）。

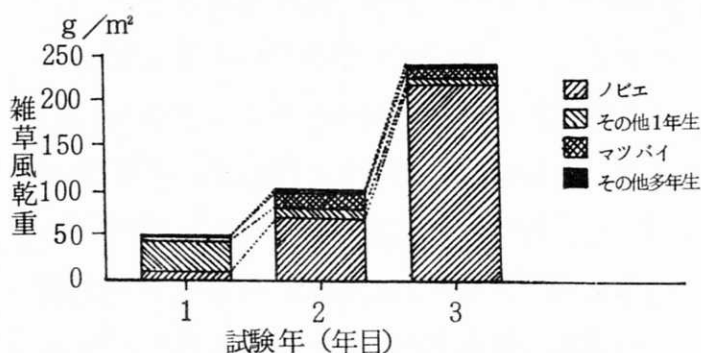


図-6 移植後50日前後の雑草量（無除草区）

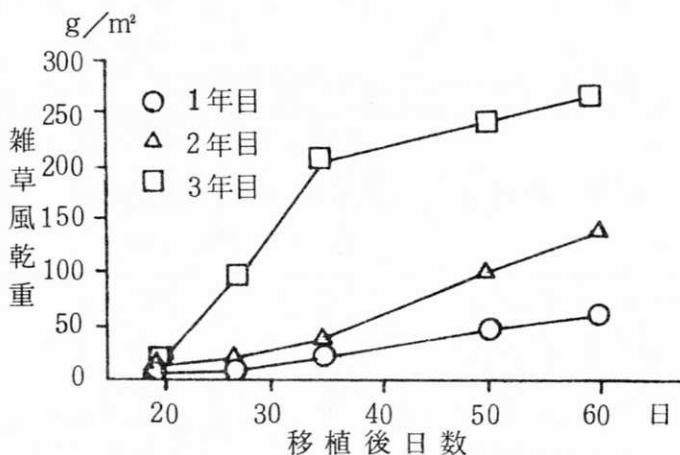


図-7 移植時期別雑草発生量（無除草区比）

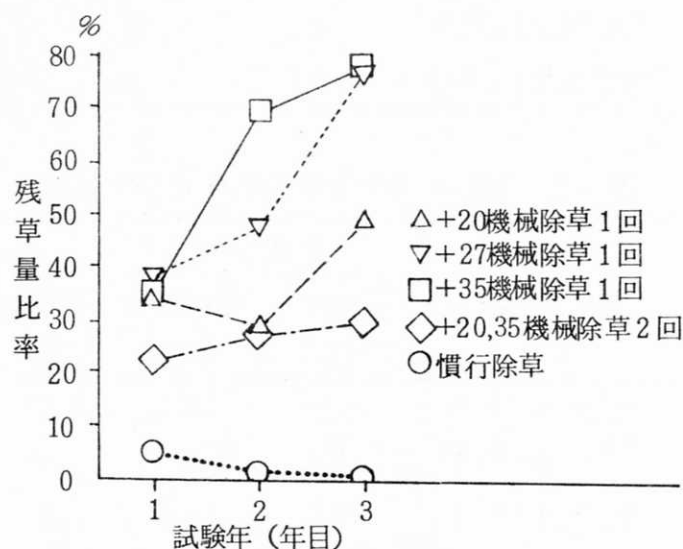


図-8 除草法別残草量比率
(移植後50日無除草区比)

注) *: 本県園試より譲渡

(2) 水稻の収量：収量は雑草の発生量を反映して年々減収し、2年目は除草剤体系との収量比は81～96、3年目では67～83で、除草時期が遅いほど減収した。減収の主因は穂数の減少である。機械除草を2回実施した場合、2回目の除草効果は見られたが、収量に与える影響は小さかった（表－8）。

以上の結果から、収量は除草剤体系から機械

除草に切り替えると年々雑草の発生量が多くなり水稻は減収し、減収率を10%以内に維持できるのは2年目までであった。除草の時期は雑草が揃えば早めの実施が良い。

なお、分けつ終期頃に拾い草をする場合は、切り替え3年目までであれば、機械除草は1回で良い。この除草法の実用性は高いが、株間に残される雑草発生抑制法の解決が望まれる。

表－8 成熟期の生育及び収量（慣行除草を100とした指数）

No.	機械除草時期	穂 数			収 量		
		1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目
1.	移植後20日	102	91	79	98	90	83
2.	移植後27日	102	90	73	105	96	78
3.	移植後35日	100	81	69	99	79	67
4.	移植後20,35日	105	90	76	100	89	83
5.	慣行除草	100	100	100	100	100	100
同上実数（本/㎡, kg/a）		523	409	464	51.4	54.0	52.3

注1) 1～4区は移植後50日目に手取り除草実施。

2) 慣行除草はプレチラクロール粒剤（+3）→モリネートSM剤（+20）体系処理。

4. 技術の体系化

1) 技術の体系化とその実証

実証区即ち生態系活用型栽培区は生育量や出穂期は慣行区と比べやや遅延的傾向を示し、穂数もやや少ないが1穂粒数がやや多く、単位面積当たり粒数や収量は慣行区並みであった（表

－9）。一方、本田後期以降において、実証区の機械稼動時間は1990年が手取り除草をのぞいて13.42時間で、慣行区に比較して6.4時間多く、1991年の延べ作業時間は21.12時間で8時間16分多く労働力を要した。

作業別に見ると両年次共に除草関係作業と収

表－9 草丈、茎数の推移（1991年）

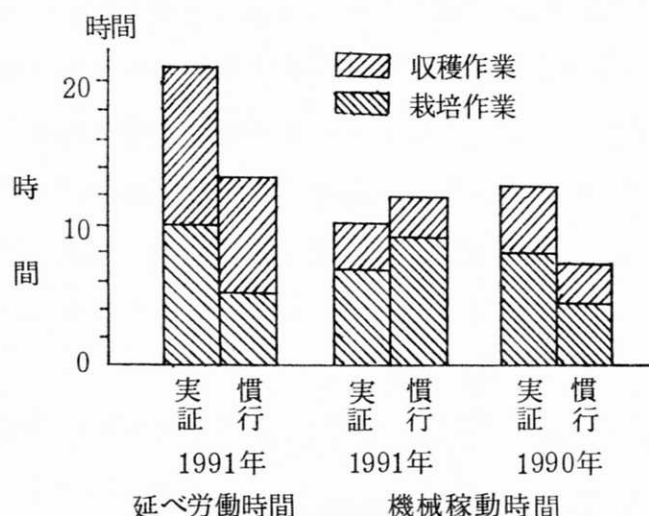
試験区	草丈 (cm)			茎数 (本/㎡)			稈長 倒伏 (cm)	穂 数 (本/㎡)	一穂 粒数 (粒)	登熟 歩合 (%)	精玄 米重 (kg)	同左 比率 (%)	
	6/14	6/25	7/5	6/14	6/25	7/5							
実証 A	35.2	47.4	69.9	368	680	735	86.2	多	453	76.8	69.2	499	98
慣行区	33.7	48.9	72.7	459	835	915	86.9	中	497	71.6	72.0	512	100

穫作業が慣行区と比べ多くの時間を要している。

以上のことから実証区は除草を適切に行なえば作業時間の短縮は可能と考えられる（図－9）。

2) 経営評価

県内で本栽培法を実施している1集団当たりの面積が5ha前後であることから、想定規模を5haとして経営試算^{2),4)}を行なった。その結果、総労働時間は実証区が1,749時間、慣行区が1,338時間となった。粗収益は実証区が10,513千円、慣行区が10,395千円で費用合計は実証区



図－9 本田の作業時間

表－10 10a 当たり労働時間

(単位：時間)

区名 年度	実 証 区		慣 行 区		県平均
	平 2	平 3	平 2	平 3	平 2
種 子 予 措	0.60	0.60	0.60	0.60	0.6
苗 代 一 切	6.30	6.30	6.30	6.30	6.3
耕 起 ・ 整 地	1.15	1.97	1.15	2.19	3.3
基 肥	—	1.82	—	0.64	1.6
田 植	1.00	1.77	0.53	1.51	5.7
追 肥	—	0.00	0.06	0.00	0.5
除 草	2.35	3.97	0.18	2.15	1.9
灌 排 水 管 理	8.20	8.20	8.20	8.20	8.2
防 除	0.12	0.22	0.12	0.25	0.7
稲 刈 ・ 脱 穀	5.70	7.95	1.55	1.75	11.0
乾 燥 ・ 粳 摺	2.85	2.17	3.18	3.17	1.9
合 計	28.27	34.97	21.87	26.76	41.7

注) 種子予措、苗代一切、灌排水管理及び県平均は東北農林統計速報（平成3年7月）より引用。

表－11 5ha 規模の収益性（試算）

(単位：円)

区 名	実 証 区	慣 行 区
粗 収 益	10,513,200	10,395,050
費 用 合 計	5,712,650	5,129,500
所 得	6,407,400	6,495,150

注) 実証区の単価については平成元年ヘルシーライス販売実績、また慣行区については平成2年自主流通米価格で算定した。

5,712千円、慣行区5,129千円で、所得は実証区が6,407千円、慣行区が6,495千円であった(表-10, 11)。

5. 他県の試験取り組み状況と今後の展開

本試験は1989年から1991年までの3カ年間宮城、新潟、長野、鳥取及び佐賀の5県からなる地域重要新技術開発促進事業の共同試験として実施された。その背景にあるのは低投入持続型農業の思想であり、本年を含めて今後3年間の中期、さらに、その後の3年間の後期と9年間試験が続行される予定である。

1) ここで、参考のため、簡単に他県の現状に触れてみると次のとおりである。

(1) 5県共通：有機物のみで栽培した場合は慣行の90%の収量水準は確保できることが判明した。有機物の種類はレンゲ、牛糞＋おがくず、醗酵鶏糞である。

(2) 長野県：深水管理による雑草抑制法は一年生雑草には効果が高かったが、多年生雑草には抑制効果が劣った。

(3) 鳥取県：田植え時の再生紙マルチにより雑草の発生を抑制することができる。

(4) 佐賀県：植付け本数を少なくすることでトビイロウンカ多発時の被害を抑制できる。

2) 今後取り組む課題は、次の項目である。

(1) 有機物の連用と地力変動

①地力変動：5県 ②栄養診断：5県、
長野県は穂肥中心、鳥取県は雑草抑制技術に対応した栄養管理

(2) 有機物が作物の品質及び病虫害の被害に及ぼす影響とその制御

①品質・食味に与える影響：5県

②病虫害の被害許容水準策定：宮城、新潟及び佐賀の3県

(3) 省化学肥料のための有機物の施用技術

①水稻の生育・養分吸収抑制の回避法：
宮城県

②合理的肥料節減法：長野県

(4) 省農薬のための病虫害制御技術

①品種（いもち病真性抵抗性遺伝子型系統、耕種的・物理的雑草抑制法の適品種）：宮城県、長野県

②害虫の落水処理、天敵利用による防除：
宮城、新潟、長野及び佐賀の4県

③物理的（再生紙マルチ）手法による病虫害防除：鳥取県

(5) 除草剤に頼らない雑草制御技術

①深水管理と株間の縮小：宮城県

②腐熟粃殻マルチと中耕除草：長野県

③再生紙マルチと中耕除草：鳥取県

(6) 技術の体系化と実証

①現地実証と適用：5県

最後に宮城県が米生産県として環境に調和した農業技術に取り組むべき方向は、雑草を含む病虫害制御の手法として、省農薬防除を重点とすべきであると考えられる。一方では、このために生産費の上昇が生じるので、産米に対する高い付加価値を与えることも必要となろう。

なお、この内容は当センター土壤肥料部作物栄養科、農産部稲作科、営農機械部作業機械科並びに経営生活科及び作物保護部病虫害科並びに病虫害発生予察科の各担当者の分担協力のもとに実施された結果をまとめたものであることを申し添える。

引用文献

- 1) 小西千賀三, 山崎欣多. 1953. レンゲ施用水田における養分の消長に関する研究(第1報). 北陸農業研究 3 : 1-61.
- 2) 宮城県農政部. 1991. 営農基本計画指標 —平成3年3月—
- 3) 野口勝憲. 1992. 有機質肥料の成分組成とその分解による土壌微生物相の変化. 片倉チッカリン筑波総合研究所特別研究報告 1 : 1-215.
- 4) 農林水産省東北農政局. 1991. 東北農林統計速報 3-東北-18(経-7) : 1-6.
- 5) 脇本賢三, 清野 馨. 1982. 麦稈施用に伴う水稻の初期生育障害とその回避技術の検索. 九州農業試験場報告 22 : 569-588.