

# 露地野菜作における環境保全型農業技術の収益性

徳田博美\*

## 目 次

I 緒言 .....	109	V 考察 .....	118
II 対象経営の特徴 .....	108	VI 摘要 .....	119
III 数理計画モデルの概要 .....	112	引用文献 .....	120
IV 分析結果 .....	115	Summary .....	121
1. 土壌消毒代替技術の経営的評価 .....	115		
2. 作付順序を考慮した経営モデル .....	116		

## I 緒 言

今後の農業技術開発においては、環境負荷の軽減を目的とした環境保全型生産技術の開発は最重要な課題の一つである<sup>(3)</sup>。地域先導技術総合研究「関東平野における高品質野菜の環境保全型生産技術の確立」(以下「関東平野高品質野菜」という)は、露地野菜作で営農現場に普及定着しうる環境保全型生産技術の確立を目的としたプロジェクト研究である。

ところで、環境保全型生産技術は環境負荷の軽減を目的としているが、それが実際に普及する上では、慣行栽培技術に劣らず、しかも農業経営として自立しうる収益を実現することが不可欠の条件となる。すなわち環境と収益の両立が環境保全型生産技術には求められているのである。往々にして環境保全型生産技術は収益面では慣行栽培技術に劣る場合が多く<sup>†</sup>、それが普及を阻む主要な原因の一つとなっている。ところが、「関東平野高品質野菜」の実証試験地においては、輪作を基本とし、当プロジェクト研究で取り上げている太陽熱処理を導入した環境保全型生産技術が多くの経営ですでに実践されている。これは、ある程度の収益を犠牲にしても環境負荷の軽減を図っているものであろうか、あるいは高い収益を維持した上で環境負荷の軽減を図っているの

であろうか。

本報告では、「関東平野高品質野菜」の実証試験地においても先進的に環境保全型生産技術を実践している経営を取り上げ、その経営データに基づく線形計画モデルを作成し、実際の経営が収益の最大化を実現しているかどうかを明らかにすることで、一つの事例に過ぎないが、露地野菜作における環境と収益の両立の可能性を示すことを課題とする。ここで取り上げる環境保全型生産技術は、土壌消毒に替わる線虫防除技術として「関東平野高品質野菜」でも取り上げている太陽熱処理、実証試験地で併せて実践されている線虫拮抗植物であるマリーゴールドの作付、および露地野菜作における環境保全型生産技術の基本である輪作体系である。

なお、ここで取り上げている環境保全型生産技術が環境負荷軽減にどの程度寄与しているかを明らかにすることは、本報告の課題ではない。ここでは、これらの技術が環境負荷の軽減に何らかの貢献をし

<sup>†</sup> 環境保全型農業の収益性に関する具体的な数値を示している研究は少ないが、全般的には価格面ではある程度の有利性は指摘されているが、生産コストは上昇すると指摘しているものが多い<sup>(1)(2)(4)(5)</sup>。

ていることを前提として、その導入が収益面でどのように評価できるかを明らかにすることが課題となる。また本報告は「関東平野高品質野菜」の中のいわゆる経営的評価の課題の成果に基づいている。通常、地域総合研究の経営的評価では、そこで開発された新技術が実証試験地に導入された場合の経営的な効果を示すことが課題となる。しかし「関東平野高品質野菜」は他の地域総合研究とは異なり、実証試験地に新たな技術を持ち込むのではなく、太陽熱処理等の現地で経験的に実施されていた技術を取り上

げて、その有効性等を科学的に明らかにすることが主眼となっている。そのため、ここで作成する線形計画モデルも実証試験地における現行の品目、技術体系のみによって構成され、新たな品目、技術体系は組み込まれない。したがって、その結果も新たな技術導入の効果でなく、実証試験地における現行の環境保全型生産技術の経営面からの評価となる。それは実証試験地の環境保全型生産技術の他地域への普及可能性を経営面、特に収益性という視点から示すものでもある。

## II 対象経営の特徴

本報告で対象とするのは、「関東平野高品質野菜」の実証試験地の中でも先進的に環境保全型生産技術を実践しているA経営である。A経営には1998～2001年に作業日誌を記帳してもらうとともに、1994～2001年の圃場別作付実績と1998～2000年の資材投入量と経営収支に関するデータの提供を受けた。

A経営は経営主が48歳（2000年現在）であり、その妻と70代の父母の合計4人の農業専従労働力

を有する2世代専業経営である。経営耕地面積は260aであり、すべて自作地である。地目はすべて畑地である。図1に圃場図を示したが、経営耕地は10枚に分かれており、すべて集落内、しかも多くが自宅に隣接している。圃場が比較的まとまっているために、圃場間で極端な土地利用の違いはないが、⑧、⑨、⑩の圃場では、“日陰になりやすい”“面積が小さい”という理由から春ニンジンと春ダイコンの作付はなるべく避けている。また面積が大きい②、④の圃場以外では複数品目を同時に作付けることはなく、作付品目はつねに一品目となっている。

過去8年の品目別作付面積を表1に示したが、地力維持、線虫防除を目的としたギニアグラス、マリーゴールドを除くと、ほぼすべて露地野菜である。作付品目数は、主な販売品目だけで5品目あり、作型も分けると7品目となる。最も作付面積の大きいレタスでも平均して1ha程度であり、経営耕地面積の4割程度を占めるに過ぎない。A経営は野菜専業経営であるが、多品目化しており、野菜複合経営となっている。

図2にA経営の作付品目の作型を示したが、春ニンジン、春ダイコン、レタスのように冬に植え付けられ、春から初夏に収穫される品目、サトイモ、ネギのように春先から初夏にかけて植え付けられ、秋に収穫される品目、秋冬ニンジン、秋冬ダイコンのように夏に植え付けられ、晩秋から初冬にかけて収穫される品目に分けられる。またマリーゴールド、ギニアグラスという非販売品目は夏季に作付けされている。図3には時期別の土地利用を示したが、各品目の作期がずれているため、12月、1月を除いて、

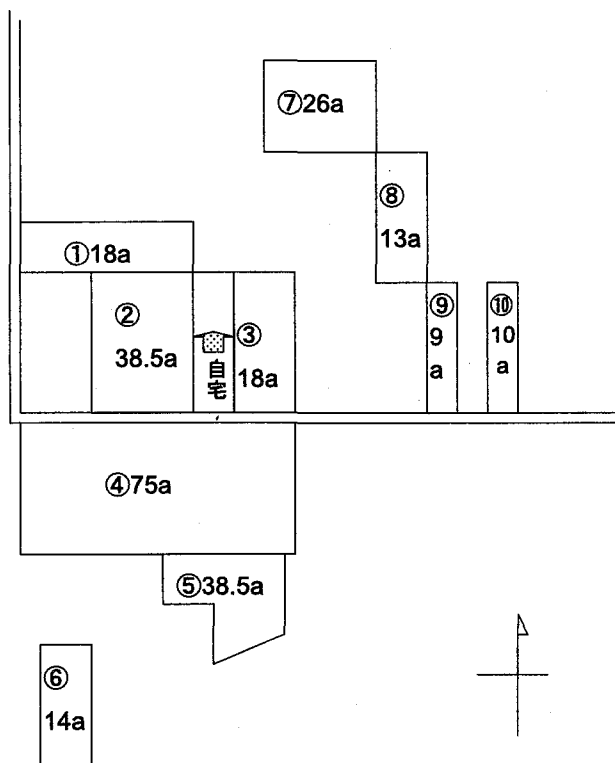


図1 A経営の圃場図

表1 A経営の品目別作付面積

		(a, %)								
		1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	平均
販売品目	春ニンジン	59	59	83	49	50	49	50	50	56.0
	春ダイコン	35	35	5	35	31	32	34	34	30.0
	レタス	112	107	110	101	85	126	98	94	104.0
	サトイモ	48	27	44	38	47	49	46	45	42.9
	ネギ	26	27	28	27	39	14	22	23	25.6
	秋冬ニンジン	18	49	33	33	27	27	23	19	28.6
	秋冬ダイコン	62	64	65	14	57	72	73	63	58.8
	その他	3	3	4	3		3	2	2	2.9
	小計	363	371	372	300	335	371	347	329	348.3
非販売品目	マリーゴールド	143	112	115	92	48	79	70	97	94.4
	ギニアグラス					68	40			54.0
合計		506	483	487	392	451	489	417	426	456.3
耕地利用率 (販売品目のみ)		139.4	142.5	143.2	115.5	128.8	142.5	133.3	126.5	134.0
耕地利用率 (非販売品目含む)		194.5	185.6	187.5	150.7	173.5	188.1	160.3	163.8	175.5

注) 販売品目の中の「その他」の中には、主に自給用のものも含む。

経営面積260 aの相当部分に作物が作付けられている。耕地利用率は1994～2001年平均で販売品目のみで134.0%，マリーゴールド等も加えると175.5%となっており、年2作に近い土地利用がなされている。環境保全型生産技術に関わっては、マリーゴールドが作付けられている6～8月は、夏作から秋冬作に切り替わる時期であり、野菜の作付が減り、土地に余裕が生まれている。マリーゴールドはそこを利用して作付けられていることは、注目しておく必要がある。

図2に戻るが、各品目の収穫時期はあまり重なってなく、しかも1～3月及び7月下旬～8月上旬を除いて切れ目なく収穫がある。そのため、労働ピークとなる収穫作業が分散されている。図4に時期別

労働時間を示したが、収穫のない1～3月及び7月下旬～8月上旬は労働時間が少ないが、他の時期は労働の平準化が図られている。6月上旬と8月下旬が最も大きな労働ピークであるが、それでも310時間ほどであり、家族労働力4人で割れば1人80時間弱となる。最も労働時間の長い経営主でもこの時期の労働時間は90時間ほどであるので、極度の労働過重とは言えるほどのものではない。その一方で年間の労働時間は2000年において家族労働力全体で6,972時間であり、1人当たり1,743時間である。経営主については、2,005時間となっている。労働過重というほどでもなく、さりとて過少とも言えない適度な年間労働時間と云っていいだろう。労働の平準化が図られ、労働の有効利用が実現されている。また

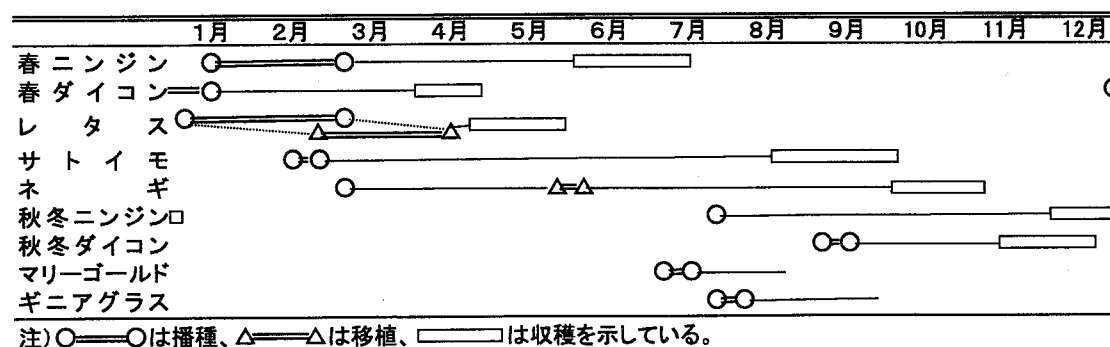


図2 A経営の作付品目の作型

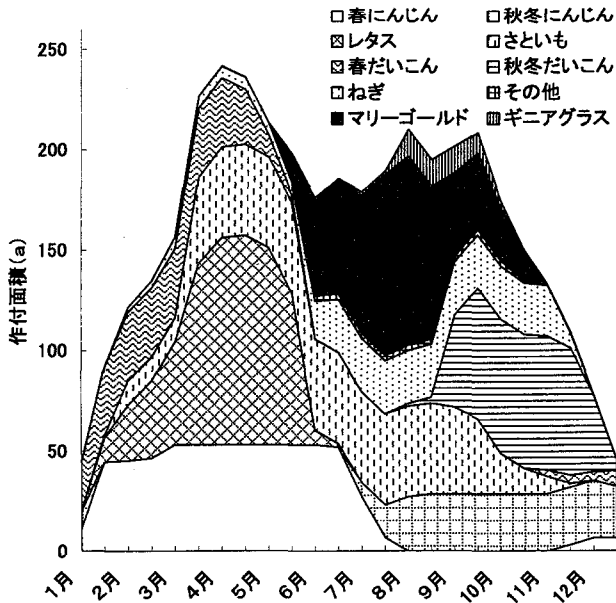


図3 A経営の時期別作付状況

注) 1994～2001年の平均である。

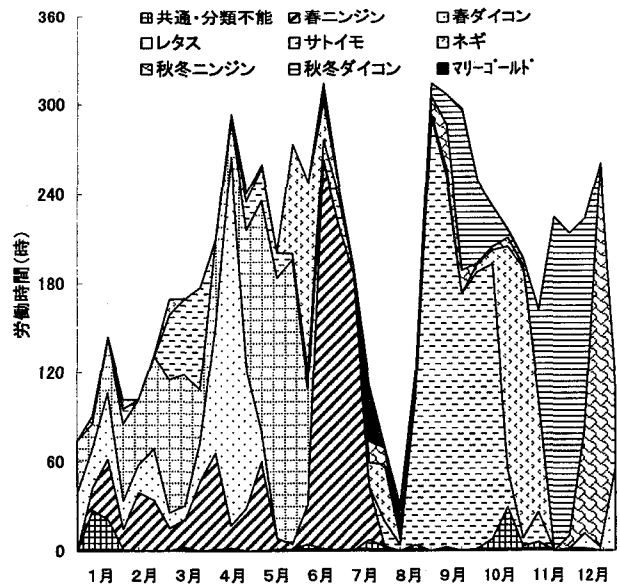


図4 A経営の旬別労働時間

注) 2000年の実績値である。

労働面でも太陽熱処理，マリーゴールドの作付が実施されている夏期は労働時間が少なく，労働でも余裕のある時期であることは留意しておく必要がある。

A経営では野菜の複合化により土地と労働の有効利用が図られているのである。A経営の野菜複合化の効果はそれのみではない。収入の安定化という複合化の効果も実現している。それは第一に、収穫の途切れる時期が少ないために、年間を通じて継続的に収入が得られることである。このことは年間を通じたキャッシュフローを安定化させる効果を持っている。第二には年次間の収入の安定化が図られていることである。表2に品目別の10 a 当たり粗収益

の変化を示した。野菜は収量，価格の変動による収入の変動が大きい。表2でも品目ごとの変動係数は30%程度と大きい。しかし、経営全体としての10 a 当たり粗収益の変動係数は16.3%であり、品目ごとでみた場合の半分となっている。多品目化することで、個々の品目ごとの収入の変動を相殺し、収入の安定化が図られている。

複合化の効果としては、以上に挙げたものとともに、重要な効果として輪作の導入による病虫害の発生抑制等の実現がある。次にA経営においてどのような輪作がとられているかをみていく。

表3に1999～2001年の圃場ごとの品目別作付面

表2 A経営における品目別10 a 当たり粗収益の変化

(千円、%)

	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	平均	標準偏差	変動係数
春ニンジン	404	698	428	292	496	550	430	614	272	435	350	294	415	127	28.9
春ダイコン	615	825	1,074	672	702	418	693	848	361	675	802	355	614	204	30.4
レタス	527	459	281	373	473	298	487	373	436	595	222	146	378	127	32.6
サトイモ	295	504	404	415	565	612	373	640	459	413	437	283	466	109	24.1
ネギ	507	502	458	408	431	483	423	300	537	517	999	331	492	168	34.2
秋冬ニンジン	380	596	345	403	342	703	300	238	230	491	274	307	365	139	36.2
秋冬ダイコン	374	543	547	361	190	607	322	295	296	681	301	422	386	143	34.8
経営全体	436	580	458	409	441	486	433	453	369	527	402	284	423	72	16.3

注) 経営全体の10 a 当たり粗収益は、非販売品目を除いた作物作付面積で計算している。

積を、表4には1994～2001年の品目ごとに前後作の品目別面積を示した。この2つの表からは固定的な前後作関係はほとんどみられない。A経営では前後作関係を明確に設定しているのは、秋冬ニンジンの前作をレタスとするというのみである。これはレタス作付前に豚フンたい肥を施用し、その肥力で秋冬ニンジンも栽培しているためである。これ以外では、秋冬ダイコンの前作はマリーゴールドであ

る、春ダイコンの後作はマリーゴールドになる、という2つで比較的強い前後作関係がみられる。線虫による被害が大きいのがダイコンであるので、秋冬ダイコンの前にはなるべくマリーゴールドを作付けするようにしていることもあるが、各品目の作期の関係からマリーゴールドは春ダイコンの後、秋冬ダイコンの前に入りやすいということも影響している。このようにA経営では、固定した前後作関係は少な

表3 A経営の圃場ごとの品目別作付面積

圃場 番号 (a)	面積	1999年	2000年	2001年
①	18.0	レタス→秋冬ニンジン	レタス(13.5)→ネギ	春ダイコン→マリーゴールド→秋冬ダイコン
②	38.5	マリーゴールド→秋冬ダイコン レタス→ (20) (8.5) 落花生(3.3)	春ニンジン(26.5) 春ダイコン(7.5) ネギ(4)	レタス(34)→マリーゴールド(38)
③	18.0	レタス→マリーゴールド→秋冬ダイコン	サトイモ	レタス→マリーゴールド→秋冬ダイコン
④	75.0	春ダイコン(31.5)→マリーゴールド(31.5) 春ニンジン(22.5)→秋冬ダイコン(17.6) レタス→秋冬ニンジン(9) (18.3) ネギ(11)	サトイモ(28) レタス(36)→落花生(2.3) →マリーゴールド(44) →秋冬ダイコン	春ダイコン(15.5) 春ニンジン(20) サトイモ(19) 春ニンジン(5)→秋冬ダイコン(5) 落花生(2.3) レタス(11)→秋冬ニンジン(19.2)
⑤	38.5	サトイモ	レタス→秋冬ダイコン(32)	春ニンジン(30)→秋冬ダイコン(5)
⑥	14.0	レタス→ギニアグラス→秋冬ダイコン	春ニンジン→秋冬ダイコン	レタス→マリーゴールド→秋冬ダイコン
⑦	26.0	春ニンジン→ギニアグラス	春ダイコン→マリーゴールド→秋冬ダイコン	サトイモ
⑧	13.0	レタス(10) ネギ(3)	秋冬ニンジン	レタス(7.5)→ネギ
⑨	9.0	レタス→マリーゴールド→秋冬ダイコン	春ニンジン	レタス→マリーゴールド→秋冬ダイコン
⑩	10.0	サトイモ	レタス→秋冬ニンジン	ネギ

注1) 品目名の後の( )内の数値は作付面積を示しており、単位はaである。( )のないものは圃場全体に作付けられている。  
2) 圃場番号は図1と同一である。

表4 A経営の前後作関係

	後 作											合計	
	春ニンジン	春ダイコン	レタス	サトイモ	ネギ	秋冬ニンジン	秋冬ダイコン	マリーゴールド	ギニアグラス	落花生	ジャガイモ		
前	春ニンジン	0	1	115	0	0	0	94	156	54	0	0	420
	春ダイコン	0	26	27	8	0	0	0	213	0	3	0	277
	レタス	14	0	9	5	115	209	42	359	52	16	0	821
	サトイモ	98	57	162	0	0	0	0	0	0	0	0	317
	ネギ	68	32	24	39	0	12	0	13	0	0	0	188
	秋冬ニンジン	0	56	70	20	62	0	0	4	0	0	0	212
	秋冬ダイコン	77	4	233	126	6	2	0	0	0	0	16	464
作	マリーゴールド	79	29	80	117	26	5	372	0	0	2	0	710
	ギニアグラス	0	31	28	0	0	7	14	0	0	0	0	80
	落花生	9	4	3	0	3	0	0	0	0	0	0	19
	ジャガイモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	合 計	345	240	751	315	212	235	522	745	106	21	18	3,510

注) 1994～2001年の作付実績より作成しており、数値はその間の合計値で、単位はaである。

いが、同一品目の連作はほとんどみられず、連作は回避している。

A経営の作付体系は固定した作付順序に基づくものではない。土壌病害の回避等のために作付順序に関するいくつかの規則を設定し、それをできるだけ満たすように毎年の作付配置が決定されているのである。A経営が設定している作付順序に関する規則は、先に上げた①秋冬ニンジン、レタスの後に作付けする、②連作は避ける、ということ以外では、③サトイモの後作には春ニンジンを作付けしない、④ネギの後作には春ニンジンを作付けしない(③④シラキヌ病の回避)、⑤ネギの後作にはレタスを作付けしない(灰色カビ病の回避)、⑥サトイモの作付間

隔は少なくとも2年以上とする(カンブ病の回避)、⑦キタネグサレセンチュウの拮抗植物であるマリーゴールドかこの線虫密度の低下に効果のあるサトイモを少なくとも3年に1度は作付けする、というものである<sup>1)</sup>。

A経営の農業粗収益は1998～2000年の平均で約1,400万円である。また同期間平均での所得率は71.8%と高い。この高い所得率は後でも示すように肥料や農薬等の資材費の低さが大きな要因となっている。また労働1時間当たりの所得は約1,400円である<sup>2)</sup>。A経営は農業専業の家族経営として高い所得を確保しており、露地野菜経営としては高い労働生産性を実現していると言える。

### Ⅲ 数理計画モデルの概要

A経営は野菜の複合化により、土地と労働力の有効利用と収入の安定化を図り、さらに上で述べたような輪作体系を導入し、合わせて太陽熱処理、マリーゴールドの作付という環境保全型生産技術を実施している。本節では、輪作体系やこれらの環境保全型生産技術の経営的評価を、線形計画モデルを用いて行うが、その際にも複合化による土地と労働力の有効利用というA経営の特徴に留意していく。

数理計画モデルで利用したデータは、労働時間と費用についてはA経営の2000年の実績値であり、粗収益はA経営の1996～2000年平均の10a当たり粗収益である。品目ごとの生産、販売の特徴を表5に示した。表に示した茨城県の経営指標の数値は対象地が異なり、一部作期がずれているために、数値の差も大きく、単純に比較することはできないが、肥料費、農薬費はA経営の方が小さい品目が多い。A経営で減化学肥料、減農薬が進んでいるとみていだろう。一方10a当たり粗収益は茨城県の経営指標の方が高い品目が多い。粗収益の違いは単収、販

売単価の違いによるが、全般的にA経営の販売単価が低くなっている。これは実証試験地が小規模な野菜産地であり、産地の市場評価が必ずしも高くないとみられること、表にも示した出荷形態等の違いが影響しているのであろう。例えばA経営ではネギを泥付きのまま出荷しており、それが粗収益の低さに反映している。労働時間についても茨城県の経営指標との違いがある。この点でも出荷形態の違いの影響が大きい。サトイモでは小袋詰めしているために労働時間が長くなり、逆にレタスではラップ包装していないので、労働時間が短くなっている。

経営耕地と労働力はA経営の実態をそのまま当てはめた。経営耕地はすべて畑地で面積は260aで、実際のA経営の圃場配置と同じように10枚に分かれている。労働力はすべて家族労働力で4人とし、旬別の労働時間の上限は10～4月は280時間、5～9月は320時間とした。

選択可能品目は、A経営が実際に導入している春ニンジン、春ダイコン、レタス、サトイモ、ネギ、

<sup>1)</sup> 表4をみると、上で示した作付順序に関する規則に違反している点があくつかみられる(例えば、ネギ後の春ニンジン)。これは、やむを得ず規則に違反して作付けされている場合があるとともに、その規則が試行錯誤によって順次設定されているので、表4で扱っている1994～2001年の途中から設定されたものがあるためである。

<sup>2)</sup> 環境保全型農業の経営的な問題として労働過重を指摘するものが多い<sup>(1)(9)</sup>。A経営は経営主でも年間の労働時間は2,000時間あまりである。労働1時間当たり所得も『平成12年度農業経営部門別統計』の露地野菜単一経営・経営面積2ha以上の家族労働1時間当たり所得の1,196円を上回っており、露地野菜作の中では高水準と評価できる。

表5 品目別の生産、販売の特徴

	肥料費 (万円)	農業費 (万円)	農業散布 回数	単収 (t/10a)	10a当たり 粗収益(万円)	労働時間 (hr/10a)	出荷 卸売市場	出荷形態に関する備考
春ニンジン	12,974 (19,250)	8,503 (10,880)	1～3回	4.5	39.3 (40.6)	228 (195)	柏	市場を通じた量販店との固定的取引
春ダイコン	4,571 (4,380)	238 (4,262)	1回	7	60.8 (57.9)	220 (237)	柏	
レタス	8,861 (57,900)	2,359 (0)	1～2回	3.7	35.4 (54.2)	122 (236)	柏	市場を通じた量販店との固定的取引
サトイモ	4,009 (8,250)	2,002 (6,700)	1回	2	44.6 (62.5)	334 (121)	土浦	小袋詰めして出荷
ネギ	18,008 (58,000)	796 (46,930)	0回	4	53.8 (97.1)	354 (379)	土浦	泥付きのまま出荷
秋冬ニンジン	1,634 (14,810)	1,764 (17,823)	4回	4.5	30.8 (35.4)	213 (122)	柏	
秋冬ダイコン	7,985 (17,570)	7,078 (23,775)	4回	6.8	39.9 (33.6)	144 (85)	柏	

注1) 肥料費、農業費、労働時間は2000年の実績値であり、10a当たり粗収益は1996～2000年の平均値である。

2) 農業費、肥料費、労働時間、10a当たり粗収益の( )内の数値は茨城県の経営指標(経営改善のための主要作目・作型別経営指標1(野菜・普通作)、1998.3)の数値である。品目によっては作期が若干異なっており、地域も実証地域とは異なっている。

3) 単収は平年作のものであり、聞き取り調査による。

秋冬ニンジン、秋冬ダイコンとし、さらに本報告で分析対象としているマリーゴールドを加えた<sup>1)</sup>。

太陽熱処理、マリーゴールドの作付に関する分析に用いた分析モデルは、後述する輪作体系の分析のためのモデルと異なり、圃場ごとに各品目のプロセスは分けず、経営全体として作付面積は決まるようになっていいる。太陽熱処理は秋冬ニンジンの線虫防除のために作付前に実施しているのので、秋冬ニンジンについて作付前に土壌消毒を実施するプロセスと太陽熱処理を実施するプロセスを設定した。マリーゴールドは秋冬ダイコンの作付前に作付けされることが多いので、秋冬ダイコンについても作付前に土壌消毒を実施するプロセスとマリーゴールドを作付けするプロセスを設定した。そして、それぞれ2つのプロセスの優位性を比較分析した。

輪作体系に関しては、10枚の圃場ごとに各品目のプロセスを設けて、圃場ごとに作付品目が決定されるようにした。その上でA経営が設定している作付順序に関する規則や実際の作付順序を参考として作付品目に関する制約条件を設け、圃場ごとにその作

付履歴に基づいて、その制約条件をモデルに組み込んだ(表6)。ここで設けた作付品目に関する制約条件は以下のとおりである。

- ①秋冬ニンジンの前作はレタスとする
- ②同一品目は作型が異なっても連作しない
- ③同一作型・品目を3年間続けては作付けしない
- ④ネギの後作にはレタス、春ニンジンには作付けしない
- ⑤サトイモの後作には春ニンジンには作付けしない
- ⑥サトイモの作付間隔は2年以上とする
- ⑦サトイモかマリーゴールドを3年に1回以上作付けする

またA経営の実際の作付行動に従って、面積の大きい②、④の圃場\*\*を除いて複数の品目が同時に栽培しないようにし、⑧、⑨、⑩の圃場では春ダイコンと春ニンジンには作付けされないようにした。

このように圃場ごとの作付順序が配慮された線形計画モデルにより輪作を維持していく中で作付品目構成がどのように変化するかを試算した\*\*\*。

<sup>1)</sup> 春作では播種、移植を何回かに分けて実施し、収穫期も長いので、いくつかの作期に分けてプロセスを設ける場合が多いが、本報告では後で説明するように耕地ごとにプロセスを設定しているためにプロセス数が膨大となるので、プロセス数を減らすために、各品目ともに作期全体を1本のプロセスとした。実際の経営においても販売面から特定の時期に極端に

片寄ることは難しいので、1本のプロセスにしても問題はないと考える。

\*\* 耕地の番号は、図1と同様である。

\*\*\* モデルの計算には、農業研究センター(現農業研究機構中央農業総合研究センター)で開発したXLPを使用した。

表6 作付順序を考慮した線形計画モデルの単体表 (1999年版・一部)

	制約量	関係	圃1 レタス	圃1 春ダイコン	圃1 秋冬ダイコン	圃1 春ニンジン	圃1 秋冬ニンジン	圃1 ネギ	圃1 サトイモ	圃1 マリーゴールド	t11	*t12	*t13	*t14	*t15	t16	*t17	*t18	圃10 秋冬ニンジン	圃10 ネギ	...	*t1007	*t1008	
利益係数			286	492	306	280	218	482	415	-9									...	218	482	...		
圃1 1月~5月	1	≧									1	1		1		0.3	1		...	...				
圃1 6月	1	≧										1		1		1	1		...	...				
圃1 7月	1	≧													1	1	1	1						
圃1 8月~12月	1	≧											1	1	1	1								
圃1 レタス-ニンジン	0	≧	-1				1																	
圃1 ダイコン連作回避	1.8	≧		1	1					-1														
圃1 作付制限	0	≧				1			1															
d11	0	≧	1								-1.8													
d12	0	≧		1								-1.8												
d13	0	≧			1								-1.8											
d14	0	≧				1								-1.8										
d15	0	≧					1								-1.8									
d16	0	≧						1								-1.8								
d17	0	≧							1								-1.8							
d18	0	≧								1								-1.8						
...	...	...																						
圃10 1月~5月	1	≧																					1	
圃10 6月	1	≧																					1	
圃10 7月	1	≧																					1	1
圃10 8月~12月	1	≧																					1	
圃10 サトイモ・マリー作付	1	≧																						1
圃10 TKレタス-ニンジン	0	≧																						1
d1001	0	≧																						
d1002	0	≧																						
d1003	0	≧																						
d1004	0	≧																						
d1005	0	≧																	1					
d1006	0	≧																		1				
d1007	0	≧																						-1
d1008	0	≧																						-1
労1月上旬	210	≧	3.59	11.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									0.00	0.00				
労1月中旬	279	≧	1.66	7.96	0.00	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00									0.00	0.00				
労1月下旬	279	≧	3.75	13.36	0.00	8.20	0.00	0.35	0.00	0.00									0.00	0.35				
...	...	...																						
労12月上旬	280	≧	0.00	0.55	26.14	0	33.58	0.00	0.00	0.00									...	33.58	0.00	...		
労12月中旬	280	≧	0.00	0.22	4.94	0	98.10	0.00	0.00	0.00									...	98.10	0.00	...		
労12月下旬	240	≧	0.00	18.43	0.00	0	32.17	0.00	0.00	0.00									...	32.17	0.00	...		

注1) \*が付いているプロセスは整数値のみをとる  
 2) 単体表は大きなものであるため、その一部のみしか表示していない。そのため本文中の作付品目に関する制約の中で③、④については表中には示されていない。



## IV 分析結果

### 1. 土壌消毒代替技術の経営的評価

まず線虫を防除する太陽熱処理、マリーゴールドの作付を土壌消毒に替わって導入した場合の収益性と導入されるための条件を検討する。表7に秋冬ニンジンおよび秋冬ダイコンについて土壌消毒を行った場合と太陽熱処理、マリーゴールドの作付を行った場合の物財費と労働時間を示した。秋冬ニンジン、秋冬ダイコンとともに土壌消毒を行った場合の方が物財費、労働時間ともに少ない。したがって、収益性からみれば、土壌消毒を実施した方が有利であり、太陽熱処理、マリーゴールド作付は収益面では不利なように見える。しかし、A経営では線虫防除対策として太陽熱処理、マリーゴールド作付とともに実施されている。これは収益性を犠牲にして環境負荷の軽減を図っていると評価していいだろうか。

秋冬ニンジンについては、A経営では太陽熱処理に使用したマルチ資材をサトイモに再利用することで、資材の有効利用、物財費の節約を図っている。そこでマルチ資材費をサトイモと折半すると、秋冬ニンジン（太陽熱処理）の物財費は173,646円となり、土壌消毒の場合よりも小さくなる。しかし、労働時間は依然太陽熱処理の場合の方が長く、労働費を含めた生産費では土壌消毒の場合の方が小さいであろう。しかし、A経営の労働および土地利用の以下の特徴を考慮する必要がある。既述のように太陽熱処理が実施される7月中旬は栽培されている品目は少なく、土地に余裕が生じている。また労働時間も短い。土地、労働力ともに余裕のある時期に実施できることが、太陽熱処理の有利な点となる。実際、A経営のデータに基づく線形計画モデルでは、マルチ資材費をサトイモと折半して節約した場合には、

太陽熱処理を導入した方が収益は大きくなる。

次にマリーゴールドの作付については、A経営ではキタネグサレセンチュウの防除効果のあるマリーゴールドとサトイモを3年に1回以上作付けすることになっているように、複数年の防除効果を期待している。またマリーゴールドはすき込んでおり、緑肥としての効果も期待している。そこでパラメトリック分析により、土壌消毒1回分の効果に加えてどの程度の追加的な利益があれば、土壌消毒に替わってマリーゴールドの作付が選択されるかを計算すると、2,870円の追加的な利益が必要となる。1回の土壌消毒剤の費用が約7千円であるので、マリーゴールドの防除効果が1.4年以上であれば、あるいは緑肥等による効果が2,870円以上であれば、土壌消毒よりもマリーゴールドの作付の方が収益面においても優位性を持っていることになる。

以上の点をまとめたのが表8である。物財費をすべて見込んで、効果面での違いがないとすれば、収

表8 線形計画法による土壌消毒代替技術の導入可能性評価

	ケース1	ケース2	ケース3	
レタス	123.1	123.1	123.6	
春ニンジン	53.1	53.1	52.7	
春ダイコン	31.0	31.0	31.0	
サトイモ	46.4	46.4	46.4	
ネギ	21.2	21.2	21.0	
作付面積 (a)	秋冬ニンジン (太陽熱)	0.0	24.7	24.7
	秋冬ニンジン (土壌消毒)	24.7	0.0	0.0
	秋冬ダイコン (マリーゴールド)	0.0	0.0	74.0
	秋冬ダイコン (土壌消毒)	74.0	74.0	0.0
労働時間(hr)	7,246	7,259	7,393	
農業所得(千円)	9,263	9,271	9,338	

表7 土壌消毒と土壌消毒代替技術の比較

		(円、時)	
		物財費	労働時間
秋冬にんじん	土壌消毒	176,569	205:05
	太陽熱	178,021	213:07
秋冬だいこん	土壌消毒	183,302	132:15
	マリーゴールド	184,810	151:51

注) 作付面積10a当たりの数値である。

- 注1) ケース1は、太陽熱処理、マリーゴールド作付ともに、1回の土壌消毒を節約する効果があると評価した場合の試算、ケース2は、太陽熱処理で使用するマルチ資材をさといものマルチに再利用することで、太陽熱処理ではマルチ資材の費用をサトイモと折半した場合の試算、ケース3は、ケース2に加えてマリーゴールドの効果も2年以上あるとして2回の土壌消毒を節約する効果があると評価した場合の試算である。
- 2) ケース1および2では、太陽熱処理、マリーゴールドの作付およびマリーゴールドと同様にセンチュウ防除効果のあるサトイモの作付がない圃場ではすべて土壌消毒を実施することとし、ケース3ではマリーゴールドとサトイモの作付は2年のセンチュウ防除効果があると、その作付の2倍の面積で土壌消毒は不要とした。
- 3) 各ケースともに線形計画法による収益最大化の最適解である。

益を高めるためには土壌消毒が選択される(ケース1)。しかし、マルチ資材を再利用することで資材費を節約できれば、太陽熱処理を実施する方が収益を高められる(ケース2)。さらにマリーゴールドの作付に2年の防除効果を見込めば、マリーゴールドの作付の方が収益は高くなる(ケース3)。太陽熱処理、マリーゴールドの作付は労働時間では土壌消毒よりも長く、これらの技術の導入が収益面で優位性を持つのは、これらの技術が土地、労働力ともに余裕のある夏季に実施されていることが重要な要因となっていることにも留意する必要がある。

太陽熱処理、マリーゴールドの作付は、それだけを取り出して費用、労働時間をみれば、土壌消毒よりも劣っている。しかし資材の再利用により費用を節約し、土壌消毒以上の効果が期待できるのであれば、太陽熱処理、マリーゴールドの作付の方が経営的に有利となる。その背景には、これらの技術が土地、労働力ともに余裕のできる夏期に実施されていることが重要な条件となっている。まさに土地と労働力の有効利用という点においてこれらの技術の優位性が現れている。

マルチ資材の再利用は野菜の複合化により可能となっている。またマリーゴールドの作付は、キタネグサレセンチュウの防除効果だけを期待するならば、効果の程度には違いがあるかもしれないが、同様の効果を持つサトイモの作付で代替しうる。収益面では、当然収入のあるサトイモの方が優っている。しかし、サトイモは8~9月に大きな労働ピークを形成するために作付面積は制限され、サトイモのみで全圃場のキタネグサレセンチュウ防除を担うことはできない。そこでサトイモとマリーゴールドの作付を組み合わせることでそれを実現している。太陽熱処理、マリーゴールドの作付とともに野菜に複合化と輪作という条件の下で有効な技術となっているのである。

## 2. 作付順序を考慮した経営モデル

輪作はA経営にとって最も基本的な技術となっている。ここでは、既述のような作付に関する制約条件に基づく輪作が収益の最大化を図る上での障害となっているのかを示していく。

表9には圃場ごとの作付順序を考慮した線形計画モデルによって計算した4年間の圃場別作付品目を示

した。表の1年目は、A経営の1997、98年の実際の作付履歴に基づいて作付品目に関する条件を設定し、その後は順次計算結果に基づいて次の年次の作付品目条件を設定した。

まず4年間の作付面積の変化をみると、マリーゴールドを除いて各品目の作付面積は年次ごとの変化は小さく、安定している。特に秋冬作の秋冬ニンジン、秋冬ダイコンは全く変化がない。また表中に作付順序に関する規則を設定しなかった場合の作付面積を示したが、それとの違いも小さい。レタスの作付面積がやや減少し、その分ネギの作付面積が増加しているが、これは⑧、⑨、⑩の圃場で春ニンジン、春ダイコンが作付けされない等、春作の制約が大きいことが、作付面積の大きいレタスの作付に影響しているためとみられる。品目別作付面積の違いが小さいので農業所得もほとんど差がない。しかも、ここで設定している技術係数は輪作を基本としているA経営のものであり、輪作がなされない場合には、農薬費の増加や収量の低下により収益は低くなることが予想される。そのため、輪作を実施することで実施しない場合よりも高い収益を実現することが可能となっていると考えられる。

次に表9と表1に示したA経営の実際の作付面積と比較すると、表9の方がレタスの作付面積がやや大きく、その分春ニンジンの作付面積が小さいなどの違いはあるが、品目別作付面積に大きな違いはない。また1年目の圃場ごとの作付面積を表3に示したA経営の1999年の作付面積と比較すると、①、⑤、⑨の圃場で作付品目が一致している等、類似している点が多い。このように表9はA経営の実際の作付行動を相当程度再現しているものとなっている。

ここで示されていることは、A経営が行っている作付に関する規則に基づく輪作は、収益の最大化を実現する上でほとんど障害とはなっていないことである。

表9 作付順序を考慮した経営モデルの圃場別作付品目

圃場 番号	1年目(1999年)	2年目	3年目	4年目
①	レタス 秋冬ニンジン	サトイモ	レタス 秋冬ダイコン	レタス(13.4) ネギ(15.4)
②	レタス(20.2) 春ニンジン(6.5) 春ダイコン(111.8) 秋冬ニンジン(6.7) 秋冬ダイコン(20)	レタス(11.5) 春ニンジン(5.3) 春ダイコン(3) サトイモ(18.6) 秋冬ニンジン(6.5) 秋冬ダイコン(13.4) マリーゴールド(13.4)	レタス(23) 春ダイコン(9) サトイモ(6.5) 秋冬ダイコン(23)	レタス(26.5) 春ニンジン(10.9) 春ダイコン(1.1) 秋冬ニンジン(24.7) 秋冬ダイコン(12.7)
③	レタス マリーゴールド	春ニンジン	レタス	春ニンジン マリーゴールド
④	レタス(16.9) 春ニンジン(45.5) 春ダイコン(5.3) ネギ(24.2) 秋冬ダイコン(9.1) マリーゴールド(37)	レタス(18.3) 春ニンジン(28.6) 春ダイコン(28.1) 秋冬ニンジン(18.2) 秋冬ダイコン(28.6)	レタス(45.1) 春ニンジン(13.1) 春ダイコン(8.2) サトイモ(5) ネギ(12.3) 秋冬ニンジン(24.7) 秋冬ダイコン(33) マリーゴールド(33)	レタス(28.6) 春ニンジン(8.9) 春ダイコン(4.1) サトイモ(33.4) 秋冬ダイコン(41.1) マリーゴールド(3.6)
⑤	サトイモ	レタス 秋冬ダイコン(32)	春ニンジン	レタス マリーゴールド
⑥	春ダイコン	レタス	春ダイコン マリーゴールド	春ニンジン 秋冬ダイコン 春ダイコン
⑦	レタス 秋冬ダイコン	レタス(10.7) ネギ	サトイモ	サトイモ
⑧	サトイモ(7.9)	レタス	ネギ	レタス
⑨	レタス マリーゴールド 秋冬ダイコン	レタス	サトイモ	秋冬ダイコン(6.3)
⑩	レタス マリーゴールド 秋冬ダイコン	サトイモ	レタス(9.5) ネギ(1.6)	ネギ
合 計 面 積 (a)				
	レタス 118.1	115.0	113.6	116.0 (123.2)
	春ニンジン 52.0	52.0	51.6	51.8 (52.9)
	春ダイコン 31.1	31.2	31.2	31.2 (31.0)
	サトイモ 46.4	46.6	46.5	46.4 (46.7)
	ネギ 24.2	26.0	26.8	25.4 (21.2)
	秋冬ニンジン 24.7	24.7	24.7	24.7 (24.7)
	秋冬ダイコン 74.0	74.0	74.0	74.0 (74.0)
	マリーゴールド 74.0	13.4	47.1	60.1 (40.1)
	総作付面積 444.5	382.9	415.5	429.6 (413.8)
	農業所得 9,329	9,392	9,339	9,339 (9,387)

注1) 品目名の後の( )内の数値は作付面積で単位はa(アール)である。( )のない品目は圃場全体に作付けされる。  
 2) 合計面積の右の( )内の数値は、作付順序等による作付制約がまったくない場合の面積である。ただサトイモとマリーゴールドが3年に1回は作付けされるように両品目の作付面積の合計が経営耕地面積の1/3以上とする条件を課した。

## V 考 察

「関東平野高品質野菜」の実証試験地において先進的に環境保全型生産技術を実践しているA経営の特徴を明らかにするとともに、経営データに基づく線形計画モデルによりA経営が実践している太陽熱処理等の環境保全型生産技術の経営的評価を行った。

A経営は野菜の複合化により、土地と労働力の有効利用と収入の安定化を図っている。太陽熱処理やマリーゴールドの作付にしても輪作にしても、野菜の複合化というA経営の特徴の中に組み込まれていることで、有効な技術として効果を発揮していると言える。

太陽熱処理とマリーゴールドの作付については、土地と労働力に余裕のある夏期に実施されていることが経営に導入されるための重要な条件となっている。また太陽熱処理に使用したマルチ資材をサトイモに再利用することで、資材費を抑え、物財費を土壌消毒以下にしている。またマリーゴールドの作付は複数年の線虫防除効果があり、すき込むことで、緑肥としての効果も期待できる。A経営ではマリーゴールドと同様にキタネコブセンチュウの防除効果のあるサトイモと組み合わせることで圃場全体の線虫防除を図っている。このようにこれらの技術が土地、労働力および資材の有効利用を実現しているという点で経営的にみても有効な技術となっており、他の品目との組み合わせも考慮して導入されている。

輪作体系については、一般的に“品目A→品目B→品目C→品目A”というような固定した作付順序を想定しがちである。しかし作付順序が固定されると品目ごとの作付面積割合も固定され、ほとんどの場合収益を最大化する品目ごとの作付面積を実現することができなくなる。また圃場がいくつかに分散し、圃場ごとの面積が異なれば、固定した作付順序を維持すること自体が難しい。

A経営の輪作では、固定した作付順序はほとんどなく、病虫害の回避等のためにいくつかの作付順序に関する規則を設定し、それをできる限り満たすように作付体系は形成されている<sup>1)</sup>。そのため、作付

順序や品目別作付面積には柔軟性があり、作付順序に関する規則を満たしながら、収益の最大化を図ることが可能となっている。

環境保全型農業は、これからの農業で最も重要な課題となっている。環境保全型農業が今後拡大していくためには、それが環境面で適正な農業であるのみでなく、収益面でも慣行農業に劣らないものであることが求められる。そのためには環境保全型農業が持つ経営面での優位性が発揮されることが重要である。環境保全型農業の経営面での優位性は、まず農薬等の削減による物財費の削減と土壌の改善等による単収や品質の向上が上げられる。この点に関しては、本報告では土壌消毒剤の節約等は分析しているが、残念ながら全面的な分析は行っていない。

露地野菜に関しては、環境保全型農業の経営面での優位性として複合化の経営的効果が上げられる。露地野菜における環境保全型農業では輪作が基本であろうが、それは多品目の導入、複合化が前提になる。そのため土地や労働力等の有効利用や収入の安定化等といった複合化の経営的効果が発揮されることが期待でき、それを実現することは重要な課題であると言える。本報告の分析はこの点が中心となっている。線形計画法で示されるのは、土地と労働力を有効に利用することで実現可能な最大収益と云っていいだろう。A経営では上で述べたような複合化の経営的効果が発揮されており、太陽熱処理等の環境保全型農業技術はそれらの効果が発揮される上での障害とはなっていない、むしろその効果を活かしている。この点にA経営が実践している環境保全型生産技術の大きな特徴がある。

A経営が実施している輪作は、技術的にみて必ずしも理想的なものとは言えないであろう。A経営が設定している作付順序に関する規則は、これまでの経験の中で順次設定されたものであり、それは主に土壌病虫害の抑制という観点で設定されており、肥料養分の有効利用という点はあまり考慮されていない。技術的にみて理想的な輪作に近づけていくには、

<sup>1)</sup> 小麦、テンサイ等の普通畑作物の輪作がなされている十勝地域の畑作経営においてもいくつかの作

付順序に関する規則に基づいて輪作体系が形成されているという実態は観察できる<sup>2)</sup>。

より多くの作付順序に関する規則を設定することが必要となることも考えられる。そうすると、輪作を前提としない場合に得られる収益を確保することが困難となることもあり得る。A経営の現状の輪作は収益の最大化に障害とならない範囲での輪作とも言えるものである。環境と収益との両立とは結局のところ、どのような水準で両者の折り合いを付けるかということになる。両者がともに最高の水準に達することは現実的には不可能であろう。より高い水準で両者の折り合いを付けていくことが目標となる。具体的には慣行栽培技術と比較しても許容しうる収益を実現しながら、環境負荷を軽減していくことである。A経営の実践している環境保全型生産技術はより高い水準で環境と収益の折り合いを図っているものとして評価できる。

A経営の実践している環境保全型生産技術は、他の経営や地域にも普及可能なものである。しかし、経営的視点からは他の経営や地域への普及にはいくつかの課題も指摘できる。最後にこの点を簡単に指摘する。

第一にA経営は高い技術・技能や細かな観察・記録が基礎にある。A経営の経営主は、いわゆる篤農家であり、高い生産技術を保有しているとともに営農に関する細かな記録を付けている。それに基づいて作付順序に関する規則も設定している。A経営の環境保全型生産技術を他の経営に適用するとすれば、高い技術力と営農に関する細かな記録は必須の要件となるであろう。

第二に圃場間で土地利用の違いが小さいという土

地条件である。A経営の圃場は自宅周辺に比較的まとまっており、一部の圃場では春ニンジン、春ダイコンの作付は避けているというような土地利用上の制約はあるが、圃場間の土地利用の違いが小さいので、全耕地を利用した輪作の確立が容易となっている。耕地が広く分散している場合には、距離によって土地利用の違いが生じることが多く、全耕地を利用した輪作を確立することを難しくしている<sup>(6)(7)</sup>。輪作を実施していく上では、耕地を集積すること等により、耕地間の土地利用の違いを小さくすることが重要な要件となる。

第三には多品目の野菜の販売が可能な市場条件である。A経営が所在している地域には多数の地方市場があり、A経営では複数の地方市場を利用し、品目によって販売先を変えている。野菜産地の多くで単品目による産地化が図られており、多品目の野菜をそれぞれ安定して販売しうる条件がない場合もある。輪作を確立するためには多品目の野菜が生産されることが大前提であり、それぞれの野菜が安定して販売できる市場があることは必須の条件となる。それが地方市場である必要はなく、産直や直売所等、様々な販売チャネルが想定されるが、地域の条件に応じて多品目の野菜を安定して販売しうる市場条件が形成されていることが求められる。

第四に太陽熱処理、マリーゴールド作付に関しては、これらの技術が実施される時期が土地利用および労働面で他の作物と競合し、その作付を排除してしまうことのない地域ということが条件となる。

## VI 摘 要

「関東平野高品質野菜」の実証試験地で実践されている露地野菜作の環境保全型生産技術が慣行栽培技術に劣らない収益を実現しうるか、また可能であるとするとその要因は何かを先進的に環境保全型生産技術を実践している経営を事例として、線形計画モデルを用いて検討した。

事例経営は野菜の複合化により土地や労働力の有効利用等の複合化の経営的効果を実現していることに大きな特徴がある。太陽熱処理、マリーゴールドの作付は、土地と労働力の有効利用を図りながらも余裕が生じている時期に実施されることが経営に導

入される重要な条件となっており、また資材を他品目に再利用し、資材費を節約しているという点で複合化の経営的効果を活かしている。

また事例経営の輪作は、病虫害の回避等のためにいくつかの作付順序に関する規則を設定し、それを満たすように形成されている。そのため作付順序や品目別作付面積に柔軟性を持たせることができ、収益を最大化する品目別作付面積を実現する上で輪作はほとんど障害とはなっていない。

以上の点から実証試験地で実践されている環境保全型生産技術は環境負荷の軽減を図りながら、収益

の最大化も実現しうるものであると言える。それは土地や労働力の有効利用等の複合化の経営的効果を

発揮する上での障害とはならず、むしろその効果を活かしている点が大きな要因となっている。

## 引用文献

1. 合田素行 (1996) 日本における環境保全型農業の現状とその可能性. 農業経済研究, 68(2), 88-96
2. 波多野豪 (1999) 有機農業の技術と経営. 農業と経済, 1999年臨時増刊号, 52-61
3. 今村洋 (1997) 環境保全型農業の現状と今後の方向. 農業と経済, 63(12), 17-23
4. 荻間昇 (2000) 野菜作経営における拮抗植物導入の経済的評価. 農業経営通信, 203, 26-29
5. 徳田博美 (1993) 大都市近郊地域における都市化と農業の展開. 農業研究センター研究報告, 22, 1-37
6. 徳田博美 (1998) 調査農家の作付作目構成と土地利用. 北海道農試農業経営研究, 78, 44-55
7. 辻雅男 (1984) 圃場分散と圃場利用秩序. 農業経営研究, 22(1), 10-19
8. 八巻正 (1997) “環境保全型稲作の今日的性格と課題”. 現代稲作の担い手と技術革新, 農林統計協会, 200-240
9. 山本毅 (1996) タマネギと稲作を対象とした減農薬・減化学肥料栽培の経済的評価. 農業経営通信, 189, 14-17

## Profitability of the Sustainable Crop Production in Vegetable Farming

Hiromi Tokuda\*

### Summary

Sustainable crop production is one of the most important subjects in agriculture of today. Sustainable crop production requires not only decrease in environmental pollution but also profitability being equal to the conventional farming for its diffusion. In this paper, we analyzed the profitability of the sustainable crop production in vegetable farming in case study of the solar-heated disinfection, marigold cultivation, and the crop rotation system in Yawara village, which is the demonstration site of the project research "Development of the sustainable production of high-quality vegetables in the plains of Kanto".

1. The solar-heated disinfection and marigold cultivation are the nematode control technologies substitute for soil fumigation. The material cost and working hours of these technologies are estimated higher than theirs of soil fumigation. But the Surveyed farm in the site succeeded to make these technologies more profitable than soil fumigation by reusing covering material used for the solar-heated disinfection to the other crop for reducing the material cost and obtaining the supplementary function such as green manure from marigold.

2. The crop rotation system practiced by the surveyed farm is based on the several cropping rules for avoiding diseases and harmful insects. In this way, cropping order isn't fixed and the proportion of each crop's cultivating area has flexibility. Therefore the farm succeeded to cultivate optimal area of each crop for gaining maximum income with practicing the crop rotation system.

3. In conclusion, the survey farm is estimated to gain the maximum income under the sustainable crop production. Namely the sustainable crop production in the site is estimated to cope with both sustainability and profitability. The important points are that each sustainable farming technology should be integrated into the total farming efficiently such as recycling the materials, and crop rotation system should have flexibility in cropping pattern.