

田畑輪換における作付方式と乳牛規模の決定について

—線型計画法の適用—

山本 晃一 † 千葉 誠†

I 緒 言

報告の対象とした田畑輪換経営は、田畑輪換による酪農導入により、水田単作経営の合理化を目標に設けられた経営試験農場(東旭川町)である。当農場は昭和28年に設置して以来7年を経過したが、前5ヶ年で田畑輪換の前提となる排水施設と、酪農に必要な諸施設の整備がほぼ完了し、昭和33年以降本格的な輪換経営が実施できる段階にいたった。この間において、従来部分的な経営の検討を行なつてはきたりが、計画的な輪換経営の実施が可能となつた昭和34年以後は、この間における成績を検討してえた次の諸点に、経営の目標をおいて現在試験を続行している。

すなわち、イ) 牧草単位面積当たり収量の増加を図ること。ロ) 輪換畑期間を3年とし、その作付方式を燕麦(牧草混播)一牧草一牧草に統一すること。ハ) 搾乳牛飼養頭数を3頭程度とすることなどである。ここで線型計画法により、当農場の経営設計を試みた目的も、その結果を実際に利用したいという点にあつた。最近、線型計画法による経営設計が試みられているけれども、作付決定には各作目をそれぞれ生産過程としており、作付方式を生産過程としてとつたものはほとんど見られない。本報告は田畑輪換における各輪換方式をそれぞれ生産過程としてとり、与えられた生産水準のもとにおける作付方式と乳牛規模の決定を試みた。

II 経営の概況とその成績概要

まず本経営の概況を説明しておこう。昭和33年における当農場の家族数は7人、農作業従事者は3人、成男換算労働歩合は2.3人である。経営面積は310a、うち水田283a(畦畔ぬき257a)、畑15a

である。田畑輪換は昭和27年より開始し、輪換畑の作付体系は当初第1年目燕麦(牧草混播)、第2年目牧草、第3年目牧草とデントコーンのように3年間で水田に還元する計画であつたが、排水施設の推抄状況ならびに飼料需要などの関係からそのようにはいかず、第2表でみるように畑期間は2~3年から、小面積ではあるが4~6年畑もできた。乳牛は昭和27年より飼育を開始し、昭和33年は搾乳牛2頭、犏1頭を飼育している。小家畜として綿羊2頭、鶏15羽がいる。

この年における当農場の成績の概要をみると、水稻の収量は第3表でみるように、連作田に比較

第1表 経営の概況(昭和33年 年度始)

経営者家族(人)	家	族	員	数	7	
	農	作	従	事	者	
	業	者	者	者		
	男	女	合	合	2	
	歩	歩	合	合	1	
	合	合	合	合	2.3	
	合	合	合	合	5.2	
土地 利用 状況 (a)	水 田	連 還 還 還 還 還	作	田	146	
			1	年	田	29
			2	年	田	11
			3	年	田	22
			4	年	田	6
			(小計)	計	(214)	
	用 地	輪 換 輪 換 輪 換	1	年	畑	21
			2	年	畑	11
			3	年	畑	7
			6	年	畑	4
			(小計)	計	(43)	
畦	畔	ぬ	き	の	26	
				計	283	
普	宅	通		畑	15	
総				地	12	
				計	310	
家 畜	乳	牛	成	仔	2	
			成	成	1	
	綿	羊	成		2	
			成		15	

† 経営部

第2表 田畑輪換作付状況

(単位 a)

昭和27年	作物面積	燕 麥 (牧草混播) 18										(連作田) 水 稻 239				
昭和28年	作物面積	牧 草 16		甘 藍 2		燕麥(牧草混播) 31					水 稻 208					
昭和29年	作物面積	水 稻 7	デントコーン 8	馬鈴薯 3	牧 草 25	大 根 6	燕麥(牧草混播) 26					水 稻 182				
昭和30年	作物面積	水 稻 7	水 稻 9	小 豆 2	水 稻 12	デントコーン 19	牧 草 26		燕麥(牧草混播) 18			水 稻 164				
昭和31年	作物面積	水 稻 7	水 稻 9	(固定畑)	水 稻 12	水 稻 15	デントコーン 4	水 稻 13	牧草 7	デントコーン 6	水 稻 9	牧 草 9	燕 麥 (牧草混播) 20	水 稻 144		
昭和32年	作物面積	燕 麥 (牧草混播) 16		(固定畑)	水 稻 12	水 稻 15	苜蓿 4	水 稻 13	水 稻 7	デントコーン 6	水 稻 9	水 稻 4	デントコーン 5	牧 草 20	水 稻 146	
昭和33年	作物面積	牧草 11	水 稻 5	(固定畑)	水 稻 6	燕麥(牧草混播) 16	デントコーン 9	水 稻 13	水 稻 7	水 稻 6	水 稻 9	水 稻 4	水 稻 5	牧草 7	水 稻 13	水 稻 146

第3表 水稲と輪換畑作物の収量 (単位 kg/a)

項	目	収 量	比 率	
水 稲	連 作 田	45.12	100	
	還 元 田	1 年 目	56.04	124
		2 年 目	42.24	95
		3 年 目	45.84	101
		4 年 目	43.74	97
	平 均	49.38	109	
連作田 + 還元田		46.44	103	
燕 麥	31.56	—		
牧 草	783	—		
デ ン ト コ ー ン	546	—		

第4表 牛乳の生産と処分 (単位 kg,円)

総 生 産 量	12,300
販 売 代 金	11,111
(販 売 代 金)	(262,400)
飲 用	690
積 貯	473
そ の 他	26

すると還元1年目はかなり高収を示しているが、還元2年以降では連作田より収量の低い場合もみられる。輪換畑の生産力はかなり高く、特に牧草の収量が高い。乳牛飼料の給源の主体は輪換畑にあり、その自給率をみるとF.E.が70%、D.T.P.が58%である。搾乳量は逐年増加してきており、昭和33年には第4表で示すように12,300kgに達

した。購入飼料費の牛乳販売収入に対する比率は42%である。

III 線 型 計 画

以上で当農場の昭和33年における経営状況と成績の概要をみたが、次にこの年の成績を基本とした線型計画法による経営設計の手続きと結果をのべる。

1. 生産過程の設定

イ) 水田の作付方式は下記のように、昭和34年以降の輪換畑作物である燕麥、牧草の2作物と水稲を組み合わせた輪換作付方式3型と、還元4年以降を含めた連作水稲作付方式を設けて、各方式の最適作付面積を求めることとした。

〔水田作付方式〕

輪 作 (I) (P₁) 燕麥(牧草混播)一水稲一水稲一水稲

輪 作 (II) (P₂) 燕麥(牧草混播)一牧草一水稲一水稲一水稲

輪 作 (III) (P₃) 燕麥(牧草混播)一牧草一牧草一水稲一水稲一水稲

連作(水稲) (P₄) 水稲一水稲一…

各方式からの生産物は、玄米は販売、稲わら、燕麥子実、牧草ならびに畦畔草は乳牛の飼料となる。各水田作付方式と普通畑(P₅)デントコーンの10a当り飼料産出量、堆肥施用量、現金収支と

第 5 表 生産方式別飼料生産と利益

(10a当り)

項 目	輪 作 (I) P ₁			輪 作 (II) P ₂			輪 作 (III) P ₃			連 作 (水稲) P ₄			普 通 畑 P ₅		
	生産量	F.E.	D.T.P.	生産量	F.E.	D.T.P.	生産量	F.E.	D.T.P.	生産量	F.E.	D.T.P.	生産量	F.E.	D.T.P.
水 稲	kg		kg	kg		kg	kg		kg	kg		kg	kg		kg
	374.3	—	—	305.1	—	—	256.0	—	—	451.3	—	—	—	—	—
燕 麥	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	466.4	133.2	4.0	414.5	118.4	3.6	285.5	81.6	2.4	447.0	127.8	3.8	—	—	—
牧 草	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	97.4	81.1	7.3	77.9	64.9	5.8	64.9	54.1	4.9	—	—	—	—	—	—
豚 草	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	87.6	—	—	70.1	—	—	58.4	—	—	—	—	—	—	—	—
デントコーン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	234.4	36.1	3.6	1,776.2	273.3	27.3	2,753.8	423.7	42.4	—	—	—	—	—	—
飼 料 生 産 計	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	281.7	18.0	—	487.9	39.8	—	590.7	52.8	—	159.1	6.9	7,875	829.4	50.1
(イ) 現金収入	円			円			円			円			円		
	25,792			21,026			17,640			31,103			—		
(ロ) 小農具費	297			247			214			297			47		
	1,252			1,058			984			1,261			1,229		
現種苗費	255			204			170			—			700		
	504			403			336			635			—		
支光熱薬剤費	744			595			496			789			—		
	176			140			117			234			—		
出作物保険計	3,228			2,647			2,317			3,216			1,976		
	22,564			18,379			15,323			27,887			— 1,976		
堆肥肥施用量	kg			kg			kg			kg			kg		
	1,406			1,125			938			1,875			3,750		

備考 現金収入は玄米の販売のみである

田畑輪換における作付方式と乳牛規模の決定について

利益を示したのが第5表である。

ロ) 家畜は搾乳牛、綿羊、鶏がいるが、綿羊は昭和34年以降飼養を中止し、鶏は自家用のための飼育なので計画より除外し、ここでは搾乳牛の飼養頭数のみを求めることとした。この搾乳牛(P₉)は生体重600kg、年間堆厩肥産出量9,375kg、牛乳は脂肪率3.5%で年間生産量6,000kg、生産費は受胎率80%、性確率50%、牝犊6ヵ月飼育で売却するものとして、これの1頭当り1ヵ年の利益と必要飼料を示すと第6表と第7表のとおりである。

ハ) 購入飼料(P₇)は実際には種類は多いが、計算が繁雑になるので配合飼料に統一して必要量を求めることとし、その基準を10kg当り9.1F.E., D.T.P. 1.6kg, 価格280円とした。

第6表 搾乳牛の利益

項 目		金 額
(イ) 現金収入	牛乳	141,660円
	牝犊	24,000
計		165,660
(ロ) 現金支出	建物補修費	1,334
	農具修繕費	480
	小農具費	39
	飼育用品費	3,930
	光熱料費	91
支 出	飼料販賣	1,577
	家畜保険	9,711
	計	4,045
利 益 (イ) - (ロ)		21,226
利 益 (イ) - (ロ)		144,434

備考 1. 牛乳の現金収入は小売と市乳販賣を含む単価により算出
2. 飼料費はカルシウム剤と塩

第7表 搾乳牛の必要飼料

項 目	必 要 量	
	F. E.	D. T. P.
維持飼料	1,606.0	109.5kg
生産飼料	2,040.0	288.0
妊娠要求量	184.0	25.9
牝犊飼料	435.7	63.6
合 計	4,265.7	487.0

ニ) 各作付方式と搾乳牛の労働を旬別にみて、春期の5月中旬(P₈), 同下旬(P₉), 6月上旬(P₁₀)ならびに秋期の9月下旬(P₁₁), 10月上旬(P₁₂), 同中旬(P₁₃), 同下旬(P₁₄)の雇傭労働時間を求めることとした。なお雇傭労賃は賄い費を含めて1時間当り春期85円, 秋期70円である。この時期における各過程の旬別所要労働時間は第8表のとおりである。

以上のように生産過程は、全部で14過程を設定した。

2. 資源の制限量

土地、飼料、堆厩肥、搾乳牛、労働など諸資源の制限量は、土地は水田全面積の257a, 普通畑は蔬菜作を控除した飼料作面積13.3a, 飼料と堆厩肥は0とし、飼料の不足分は購入する。搾乳牛は現在の施設では6頭まで飼養可能であり、それ

第8表 生産過程別所要時間 (10a当り)

旬 別	方 式	輪作 (I)	輪作 (II)	輪作 (III)	連作本稻	普通畑	搾乳牛
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
5月中旬	12.5	10.5	8.8	15.8	—	24.0	
5月下旬	11.3	9.1	7.6	15.9	—	24.0	
6月上旬	3.1	2.8	2.6	4.9	25.6	23.0	
9月下旬	4.1	3.5	3.1	13.6	—	23.0	
10月上旬	9.9	7.9	6.6	5.1	—	23.0	
10月中旬	8.9	7.1	5.9	11.3	—	23.0	
10月下旬	5.9	4.7	3.9	8.0	—	23.0	

第9表 家族労働の供給時間 (単位 時間)

項 目	経営主	妻	父	計	備 考	
(労働歩合)	(1.0)	(0.8)	(0.5)	—		
1日作業時間	13	13	8	—		
1旬作業時間	130	130	80	—		
同上成男換算 (イ)	130	104	40	274		
控 除 時 間	耕種畜	17	—	—	17	蔬菜作, 堆厩肥製造, 肥料購入
	経営一般	—	7	—	7	鶏飼育管理
	経営外	8	—	—	8	消耗品購入 農具修繕
	計 (ロ)	—	46	—	46	家事一般
家族労働の計画使用可能時間(イ)-(ロ)	105	51	40	196		

以上飼育するとなれば新たに施設を要するので、6頭までとした。労働は第9表のようにして求めた家族労働に、例年手伝いとして見込み得る労働を含めて制限量とした。この手伝い見込み時間は9月下旬67時間、10月中旬8時間である。

3. 目的式と条件式

線型計画法によつて、最大の利益をあげることを目的としている。各生産過程Pの値(面積、頭数、時間などで表わされる稼働水準)をX、総利益をZとし、この目的を式で表現すると(1)のようである。

$$Z = 22,564X_1 + 18,379X_2 + 15,323X_3 \\ + 27,887X_4 - 1,976X_5 + 144,434X_6 \\ - 280X_7 - 85X_8 - 85X_9 - 85X_{10} - 70X_{11} \\ - 70X_{12} - 70X_{13} - 70X_{14} \quad (1)$$

問題は、諸資源の制限内において各過程を選択導入し、Zを最大にすることである。次に資源と生産過程の間における条件を示すと(2)のようである。

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 1X_4 \leq 25.7 \quad (\text{土地—水田})$$

$$1X_5 \leq 1.33 \quad (\text{土地—畑})$$

$$-281.7X_1 - 487.9X_2 - 590.7X_3 - 159.1X_4 \\ - 829.4X_5 + 4,265.7X_6 - 9.1X_7 \leq 0$$

(飼料F.E.)

$$-18X_1 - 39.8X_2 - 52.8X_3 - 6.9X_4 \\ - 50.1X_5 + 487X_6 - 1.6X_7 \leq 0$$

(飼料D.T.P.)

$$1,406X_1 + 1,125X_2 + 938X_3 + 1,875X_4 \\ + 3,750X_5 - 9,375X_6 \leq 0 \quad (\text{堆厩肥})$$

$$1X_6 \leq 6 \quad (\text{搾乳牛})$$

$$12.5X_1 + 10.5X_2 + 8.8X_3 + 15.8X_4 + 24X_5 \\ - 1X_6 \leq 196 \quad (\text{労働5月中旬})$$

$$11.3X_1 + 9.1X_2 + 7.6X_3 + 15.9X_4 + 24X_5 \\ - 1X_6 \leq 196 \quad (\text{労働5月下旬})$$

$$3.1X_1 + 2.8X_2 + 2.6X_3 + 4.9X_4 + 25.6X_5 \\ + 23X_6 - 1X_{10} \leq 196 \quad (\text{労働6月上旬})$$

$$4.1X_1 + 3.5X_2 + 3.1X_3 + 13.6X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{11} \leq 263 \quad (\text{労働9月下旬})$$

$$9.9X_1 + 7.9X_2 + 6.6X_3 + 5.1X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{12} \leq 196 \quad (\text{労働10月上旬})$$

$$8.9X_1 + 7.1X_2 + 5.9X_3 + 11.3X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{13} \leq 204 \quad (\text{労働10月中旬})$$

$$5.9X_1 + 4.7X_2 + 3.9X_3 + 8X_4 + 26X_5 \\ - 1X_{14} \leq 196 \quad (\text{労働10月下旬})$$

Xの値(各生産過程の稼働水準)が0以下になることは現実にはありえない。この条件は(3)のように表わされる。

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, \\ X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0, X_9 \geq 0, X_{10} \geq 0, \\ X_{11} \geq 0, X_{12} \geq 0, X_{13} \geq 0, X_{14} \geq 0 \quad (3)$$

次に各資源の各生産過程で使用した残量を表わす「調整方式」を設け、土地(水田)はP₁₅、土地(畑)はP₁₆、F.E.はP₁₇、D.T.P.はP₁₈、堆厩肥はP₁₉、搾乳牛はP₂₀、労働5月中、下旬、6月上旬、9月下旬、10月上、中、下旬はそれぞれP₂₁、P₂₂、P₂₃、P₂₄、P₂₅、P₂₆、P₂₇で表わし、各調整方式Pの値(面積、頭数、時間などで表わされる資源残量)をXとして、これを目的式(1)に導入すると(1')のようになる。なお資源の残量は評価をしていない。

$$Z = 22,564X_1 + 18,379X_2 + 15,323X_3 \\ + 27,887X_4 - 1,976X_5 + 144,434X_6 \\ - 280X_7 - 85X_8 - 85X_9 - 85X_{10} - 70X_{11} \\ - 70X_{12} - 70X_{13} - 70X_{14} + 0X_{15} + 0X_{16} \\ + 0X_{17} + 0X_{18} + 0X_{19} + 0X_{20} + 0X_{21} + 0X_{22} \\ + 0X_{23} + 0X_{24} + 0X_{25} + 0X_{26} + 0X_{27} \quad (1')$$

条件式(2)に調整方式を導入すると(2')のように示される。

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 1X_4 + 1X_{15} = 25.7$$

(土地—水田)

$$1X_5 + 1X_{16} = 1.33 \quad (\text{土地—畑})$$

$$-281.7X_1 - 487.9X_2 - 590.7X_3 - 159.1X_4 \\ - 829.4X_5 + 4,265.7X_6 - 9.1X_7 \\ + 1X_{17} = 0 \quad (\text{飼料F.E.})$$

$$-18X_1 - 39.8X_2 - 52.8X_3 - 6.9X_4 \\ - 50.1X_5 + 487X_6 - 1.6X_7 + 1X_{18} = 0$$

(飼料D.T.P.)

$$1,406X_1 + 1,125X_2 + 938X_3 + 1,875X_4 \\ + 3,750X_5 - 9,375X_6 + 1X_{19} = 0$$

(堆厩肥)

$$1X_6 + 1X_{20} = 6 \quad (\text{搾乳牛})$$

$$12.5X_1 + 10.5X_2 + 8.8X_3 + 15.8X_4 + 24X_5 \\ - 1X_6 + 1X_{21} = 196 \quad (\text{労働5月中旬})$$

$$11.3X_1 + 9.1X_2 + 7.6X_3 + 15.9X_4 + 24X_5 \\ - 1X_6 + 1X_{22} = 196 \quad (\text{労働5月下旬})$$

$$3.1X_1 + 2.8X_2 + 2.6X_3 + 4.9X_4 + 25.6X_5 \\ + 23X_6 - 1X_{23} = 196 \quad (\text{労働6月上旬})$$

$$4.1X_1 + 3.5X_2 + 3.1X_3 + 13.6X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{24} = 263 \quad (\text{労働9月下旬})$$

$$9.9X_1 + 7.9X_2 + 6.6X_3 + 5.1X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{25} = 196 \quad (\text{労働10月上旬})$$

$$8.9X_1 + 7.1X_2 + 5.9X_3 + 11.3X_4 + 23X_5 \\ - 1X_{26} = 204 \quad (\text{労働10月中旬})$$

$$5.9X_1 + 4.7X_2 + 3.9X_3 + 8X_4 + 26X_5 \\ - 1X_{27} = 196 \quad (\text{労働10月下旬})$$

第10表 計 算 表 (計画A)

			調 整 方 法												
第 一 段 階	C			制限量	土地 (水田)	土地 (畑)	F.E.	D.T.P.	堆厩肥	搾乳牛	労働 5・中	労働 5・下	労働 6・上	労働 9・下	労働 10・上
	資 方	源 式	P ₀	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	
	土地(水田)	P ₁₅	10 a 25.7	1											
	土地(畑)	P ₁₆	10 a 1.33		1										
	F. E.	P ₁₇				1									
	D.T.P.	P ₁₈	kg				1								
	堆 厩 肥	P ₁₉	kg					1							
	搾 乳 牛	P ₂₀	6頭						1						
	労働5・中	P ₂₁	196時							1					
	労働5・下	P ₂₂	196時								1				
	労働6・上	P ₂₃	196時									1			
	労働9・下	P ₂₄	263時										1		
	労働10・上	P ₂₅	196時											1	
	労働10・中	P ₂₆	204時												
	労働10・下	P ₂₇	196時												
	Z														
	Z - C														
最 終 段 階 (15)	70	厩備10・中	P ₁₃	84.31	10.79	8.18	0.02	-0.1	0.01						
	280	購入飼料	P ₇	824.53	28.02	78.3	0.22	-1.85	0.04						
	85	厩備6・上	P ₁₀	29.49	7.02	34	0.01	-0.09	0.01				-1		
	144,434	搾乳牛	P ₀	5.31	0.19	0.36	0.001	-0.003	0.0002						
	1,976	普通畑	P ₅	1.33		1									
		搾乳牛	P ₂₀	0.69	-0.19	-0.36	-0.001	0.003	-0.0002	1					
	15,323	輪作(Ⅲ)	P ₃	13.65	0.52	0.19	-0.003	0.02	-0.002						
	85	厩備5・中	P ₈	178.24	14.12	8.46	0.02	-0.12	2.02		-1				
	70	厩備10・中	P ₁₄	36.46	8.62	8.25	0.02	-0.11	0.01						
		労働9・下	P ₂₄	56.28	-7.61	-8.33	-0.02	0.09	-0.01					1	
85	厩備5・下	P ₉	160.22	13.34	9.94	0.02	-0.15	0.01			-1				
70	厩備10・上	P ₁₂	111.51	11.54	8.16	0.02	-0.11	0.01						-1	
18,379	輪作(Ⅱ)	P ₂	12.05	0.48	-0.19	0.004	-0.02	0.001							
	Z		916,000	30,900	22,000	51	0.000	18		85	85	85		70	
	Z - C		916,000	30,900	22,000	51	0.000	18		85	85	85		70	

		生 産 過 程													
		22,564	18,379	15,323	27,887	-1,976	144,434	-280	-85	-85	-85	-70	-70	-70	-70
労働 10・中 P ₂₆	労働 10・下 P ₂₇	輪作(I) P ₁	輪作(II) P ₂	輪作(III) P ₃	連作 (水稻) P ₄	普通畑 P ₅	搾乳牛 P ₆	購入 飼料 P ₇	雇傭 5・中 P ₈	雇傭 5・下 P ₉	雇傭 6・上 P ₁₀	雇傭 9・下 P ₁₁	雇傭 10・上 P ₁₂	雇傭 10・中 P ₁₃	雇傭 10・下 P ₁₄
		1	1	1	1	1									
		-281.7	-487.9	-590.7	-159.1	-829.4	4,265.7	-9.1							
		-18	-39.8	-52.8	-6.9	-50.1	487	-1.6							
		1,406	1,125	938	1,875	3,750	-9,375								
							1								
		12.5	10.5	8.8	15.8		24		-1						
		11.3	9.1	7.6	15.9		24			-1					
		3.1	2.8	2.6	4.9	25.6	23				-1				
		4.1	3.5	3.1	13.6		23					-1			
		9.9	7.9	6.6	5.1		23						-1		
1		8.9	7.1	5.9	11.3		23							-1	
	1	5.9	4.7	3.9	8		23								-1
		-22,564	-18,379	-15,323	-27,887	1,976	-144,434	280	85	85	85	70	70	70	70
-1		-0.72			-1.32										1
		3.55			22.79			1							
		1.15			0.48						1				
		0.07			0.11		1								
						1									
		-0.07			0.11										
		0.37		1	0.3										
		-1.03			1.16				1						
	-1	0.15			0.5										1
		0.22			7.46							-1			
		1.51			3.45					1					
		-0.95			5.71									1	
		0.63	1		1.3										
70	70	52,926	18,379	15,323	28,793	-1,976	144,434	-280	-85	-85	-85		-70	-70	-70
70	70	3,362			906							70			

$$11.3X_1 + 9.1X_2 + 7.6X_3 + 15.9X_4 + 24X_6 - 1X_9 + 1X_{22} = 196 \quad (\text{労働5月下旬})$$

$$3.1X_1 + 2.8X_2 + 2.6X_3 + 4.9X_4 + 25.6X_5 + 23X_6 - 1X_{10} + 1X_{23} = 196$$

(労働6月上旬)

$$4.1X_1 + 3.5X_2 + 3.1X_3 + 13.6X_4 + 23X_6 - 1X_{11} + 1X_{24} = 263 \quad (\text{労働9月下旬})$$

$$9.9X_1 + 7.9X_2 + 6.6X_3 + 5.1X_4 + 23X_6 - 1X_{12} + 1X_{25} = 196 \quad (\text{労働10月上旬})$$

$$8.9X_1 + 7.1X_2 + 5.9X_3 + 11.3X_4 + 23X_6 - 1X_{13} + 1X_{26} = 204 \quad (\text{労働10月中旬})$$

$$5.9X_1 + 4.7X_2 + 3.9X_3 + 8X_4 + 23X_6 + 1X_{14} + 1X_{27} = 196 \quad (\text{労働10月下旬})$$

そこで問題は (2') を条件として、(1') を最大にすることとなる。なお X の条件は (3') のようである。

$$\left. \begin{aligned} X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, \\ X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0, X_9 \geq 0, X_{10} \geq 0, \\ X_{11} \geq 0, X_{12} \geq 0, X_{13} \geq 0, X_{14} \geq 0, X_{15} \geq 0, \\ X_{16} \geq 0, X_{17} \geq 0, X_{18} \geq 0, X_{19} \geq 0, X_{20} \geq 0, \\ X_{21} \geq 0, X_{22} \geq 0, X_{23} \geq 0, X_{24} \geq 0, X_{25} \geq 0, \\ X_{26} \geq 0, X_{27} \geq 0 \end{aligned} \right\} (3')$$

4. 計 算 表

各調整方式が資源の制限量と等しい、すなわち生産過程が計画に導入されていない最初の段階から、各生産過程を選択し、1個ずつ計画に導入して資源を使用いき、総利益が最大となる最終段階にいたるまで計算を進めた。この計算表の第1段階と最終段階を示すと第10表のようである。計算表の第1段階は、目的式(1')と条件式(2')より作製した。すなわちC行には(1')式で示した各過程の利益を転記し、P₀列には(2')式の右辺で示された資源量を転記し、更に調整方式と生産過程に分けて、(2')式の左辺に示されているそれぞれの係数を該当する箇所に転記した。P₁, P₂, …, P₂₇と表わされている各列は、固有の方式または過程を示す。計算表の最終段階では、この計画に導入された各過程Pの値、XがP₀列に示されている。これを第10表でみると、最上行から雇傭労働10月中旬(P₁₃)が84.31時間、購入飼料(P₇)が8,245.3kg、雇傭労働6月上旬(P₁₀)が29.49時間

搾乳牛(P₉)が5.31頭などと示されているのが生産過程の稼働水準であり、搾乳牛(P₂₀)0.69頭と労働9月下旬(P₂₁)56.28時間は調整方式で、残量を示している。

5. 線型計画の結果

計算表によつて求めた最終解を整理して第11表の「計画A」で示した。すなわち「計画A」とは33年までの実績にもとづいた経営計画であり、水田作付方式は輪作(II)121a、輪作(III)136a、普通畑13.3a、搾乳牛5.3頭、購入飼料8,245kg、雇傭労働599時間をもつて経営を遂行すれば、総利益は916,000円となることを示している。

田畑輪換の有利性には、輪換畑の生産性が強く影響することは、従来の研究結果から明らかである。昭和33年における乳牛の主要な飼料源である輪換畑牧草の収量をみると、1a当り輪換2年目が794kg、輪換3年目が764kgとかなり高い収量をあげてはいるが、これは従来の試験成績よりみて適切な肥培管理を加えれば、それぞれ1,100kg、900kgまでは生産を高めることが可能であるとみられ、昭和34年よりそのための改善技術を実施している。次にこれが達成した場合の経営設計を試みた。この計画では輪換2、3年目の牧草を含む生産過程の飼料産出量は増加するが、購入肥料を増加するので利益は低下する。すなわち10a当り輪作(II)の飼料産出量は581.9F.E., D.T.P. 49.2kg、利益18,280円、輪作(III)の飼料産出量は703.9F.E., D.T.P. 64.1kg、利益15,165円となり、ほかの条件は「計画A」と同じである。この場合の経営設計を「計画A」と同じ方法で求め、その結果を第11表の「計画B」で示した。この計画は輪作(III)243a、水稲連作14a、普通畑13.3a、搾乳牛6頭、購入飼料8,096kg、雇傭労働629時間をもつて経営を遂行すれば、総利益は995,100円となり、「計画A」のそれより79,100円高い利益をあげることを示している。

各方式の利益は現金収支より算出した比例利益であるが、乳牛償却費も飼養頭数の増減に伴ない比例して変動する重要な費用とみなされる。そこで搾乳牛の減価償却費8,700円を前掲の乳牛利益より差し引くと、その結果「計画A」と「計画B」

第 11 表 線型計画の結果と昭和33年の実績

項 目		計 画 A	計 画 A'	計 画 B	計 画 B'	昭 和 33 年 の 実 績
作 付 計 画	輪 作 (I)	— a	— a	— a	— a	14 a
	輪 作 (II)	121	23	—	—	33
	輪 作 (III)	136	159	243	205	58
	連 作 (水 稲)	—	75	14	52	152
	普 通 畑	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
水 田 内 容 作 付 容	連 作 田	—	75	14	52	152
	連 作 元 田	140	93	122	103	62
	連 作 燕 麥 (牧草混播)	47	31	40	34	16
	連 作 牧 草	70	58	81	68	18 デントコーン9
搾 乳 牛 飼 料 購 入	乳 牛 購 入 量	5.3頭	4.4頭	6頭	5.4頭	2頭
	飼 料 購 入 料 費	8,245kg 230,900円	6,526kg 182,700円	8,096kg 226,700円	7,233kg 202,500円	—kg 110,500円
雇 傭 勞 働	春 期 勞 働	367時	299時	366時	310時	288時
	秋 期 勞 働	232	289	263	244	—
	年 間 勞 働	47,530円	54,160円	49,650円	43,450円	26,310円
總 利 益		916,000円	864,200円	995,100円	946,500円	728,800円
備 考		昭和33年の実績にもとづく経営設計	計画Aにおいて乳牛償却費を算入した場合	牧草収量が目標に達した場合の経営設計	計画Bにおいて乳牛償却費を算入した場合	乳牛償却費を算入していない

は共に計画が変更されて、第11表に示した「計画A'」、「計画B'」のようになる。「計画A'」では輪作(II) 23a, 輪作(III) 159a, 水稻連作 75a, 普通畑 13.3a, 搾乳牛 4.4頭, 購入飼料 6,526kg, 雇傭労働588時間をもつて経営を遂行すれば864,200円の総利益をあげ、「計画B'」では輪作(III) 205a, 水稻連作 52a, 普通畑 13.3a, 搾乳牛 5.4頭, 購入飼料 7,233kg, 雇傭労働554時間をもつて経営を遂行すれば、総利益は946,500円で、「計画A'」のそれより82,300円高いことを示している。なお33年における実績を第11表でみると、総利益は728,800円である。ここでは搾乳牛の利益を牛乳の小売りを含む価格で算出したので有利ではあるが、小売りが行なわれなくても乳牛1頭当り利益は142,564円で、その差は僅少であり、計画には影響がない。

第11表で示された結果を総括すると、当農場の33年の生産水準においては、輪換方式輪作(II)と輪作(III)の2方式を行ない、搾乳牛飼養頭数を5頭程度とする。牧草の単位面積当り収量の増加が

目標に達した場合は牧草生産量の最も多い輪換方式輪作(III)をもつて搾乳牛飼養頭数を6頭とする。乳牛利益に減価償却費を含めると両計画とも搾乳牛飼養頭数は1頭程度減少し、これに当たった輪換畑を水稻作付とする以外は大きな変化はない。これは乳牛利益の許容変動限界が、当初の利益144,434円に対して、「計画A」では上限が145,000円、下限が136,200円、「計画B」では制限頭数の6頭を飼育するので上限は無限大であるが、下限は142,200円と、その範囲が小さいからである。なお利益の許容限界とは、上限と下限の範囲内で利益が変動しても、計画には影響がないことを示す。

IV 結 論

当農場の経過、34年以降目標としている経営計画、ならびに線型計画法による経営設計の結果を比較すると、輪換畑期間は当初3カ年の計画であつたが、さきに農場の経過でみたように実際には2~3年が多い。これは線型計画の結果からみて適切であつたといえよう。牧草収量の増加に伴な

う輪換作付方式として34年より輪作(III)の方式に整理しつつあるが、この場合の線型計画の結果も輪作(III)のみであり、この点も一致している。次に乳牛飼養頭数についてみると、当農場では昭和33年まで2頭、34年に当初目標とした3頭に達したが、線型計画法による結果では4頭以上を要求している。すなわち今後の方針として輪換方式を輪作(III)に統一してその面積を拡張し、搾乳牛の飼養規模も拡大して4頭以上とすることが、より多くの利益をあげる経営設計であることが示された。

しかし上述の線型計画では、牧草を除く作物の生産水準の変動を考慮していない。特に乳牛と競合する水稻の生産水準は、技術改善により増加することも可能であり、実際にも技術改善を行な

いつつある。従つてこの結果を適用するに当つては、こうした与件の変動を考慮して適切な経営の設計を行なわなければならないと考えられる。また当農場で適用した線型計画の内容にも検討を要する点があり、今後は更に修正を加えて、実際の経営設計に適用していきたいと考えている。

文 献

- 1) Heady, E. D. & Candler, W. 1958; Linear Programming Method, 53~130.
- 2) 河辺守弘, 1956; リニア・プログラミングによる経営計画, 81.
- 3) 工藤 元, 1959; 農業経営の線型計画法—その理論と適用—
- 4) 千葉 誠, 1958; 上川地方における田畑輪換経営について, 北海道立農業試験場集報, 3, 53~62.