

畑地型酪農経営におけるアルファルファの導入条件

鶴川 洋樹¹⁾・相原 克磨²⁾・原(福與)珠里³⁾・藤田 直聡¹⁾

はじめに—目的と方法—

1999年7月に施行された「食料・農業・農村基本法」に基づく「食料・農業・農村基本計画案」(2000年3月)では、食料自給率の向上が大きな政策課題とされ、供給熱量総合食料自給率を1998年の40%から2010年には45%に高めることが目標とされている。なかでも、我が国における食料自給率低下の大きな要因となっている畜産部門に関しては、飼料自給率を1998年の25%から2010年には34%に高めることとされている。また、酪農・肉用牛生産分野の実行計画である「酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針」(2000年4月)の経営指標(10年後の目標値)では、北海道酪農(土地条件の制約が小さい地域)の飼料自給率は70%とされている。ところが、土地利用型畜産の中核を担ってきた北海道酪農においても、飼料自給率は1975年の75%が1998年には54%にまで低下している。このようなことから、我が国において食料自給率を高めるためには、畜産部門の中で自給率向上に寄与できる土地利用型畜産の飼料自給率を向上させることが不可欠と考えられる。

酪農経営において飼料自給率が低下してきた要因は、いくつかの視点から検討することができ、詳し

くは後述するが、生産現場レベルの経営対応としては、乳牛の個体乳量増加のために輸入飼料である濃厚飼料が多給されるようになったことが大きい。さらに近年になって、個体乳量の増加は濃厚飼料の多給にとどまらず、粗飼料の高品質化まで求めるようになり、北海道においてもルーサンヘイなどの高品質輸入粗飼料の購入が珍しくなくなりつつある。我が国では濃厚飼料の生産には極めて大きな制約があることから、酪農経営において飼料自給率を高めるためには、個体乳量の高い乳牛に給与しうる高品質自給飼料生産の拡充が課題になる。

この課題に応えるために、北海道農業研究センターでは地域先導技術総合研究「アルファルファを導入した畑地型酪農営農システムの確立」(1998~2002年度)を実施している。このプロジェクト研究では、同所で開発されたアルファルファ新品種^{†1)}を十勝・網走地域に普及・定着させるために、単播アルファルファの安定栽培、低水分サイレージ調製・貯蔵技術及び高泌乳牛に対応した飼料給与技術を開発し、飼料価値の高いアルファルファを組み入れた高品質自給飼料生産・給与体系を確立することが目標とされている^{†2)}。このような開発技術が生産現場で使われるためには、生産現場での利用条件をふまえた技術開発が必要である。そのために技術開発の事前評価として、酪農経営における技術開発ニーズや開発技術の導入条件をふまえた技術開発方向が明らかにされなければならない。

本稿では、技術開発の事前評価として、酪農経営にアルファルファが導入されるための条件を明らかにし、生産現場に普及するための技術開発目標を提示することを目的とする。そのために、はじめに北海道酪農における飼料自給率の決定要因を検討したうえで、事例牧場として畑地型酪農経営を取り上げ、そこでの技術係数などにに基づき、畑地型酪農経営の計画モデルを線形計画法に依拠して構築し、このモデルを用いてアルファルファが導入されるために必

平成13年5月11日原稿受理

¹⁾ 総合研究部動向解析研究室

²⁾ 総合研究部経営管理研究室

³⁾ 総合研究部農村システム研究室, 現 中央農業総合研究センター

^{†1)} 「マキワカバ」と「ヒサワカバ」。両者とも慣行品種に比べ、土壌凍結に強い特性を持つ。これまで凍害により普及が阻まれていた十勝など土壌凍結地帯における導入が期待されている。

^{†2)} ここで想定されている酪農経営は、飼養頭数80頭(経産牛50頭, 育成牛30頭), 乳量8,000kg, 飼料畑40haで、到達目標は所得1,400万円, 飼料自給率(TDN)70%, 乳飼比17%である。

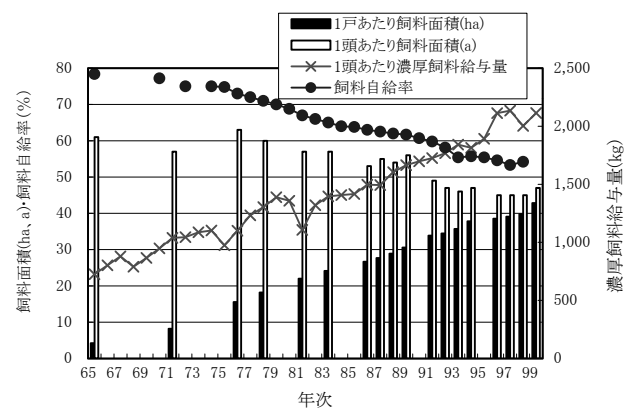
要な経営的な条件(アルファルファ単収など)を明らかにする。

アルファルファの生産技術に関する研究は、品種開発を中心に取組まれてきたが、これまでアルファルファが広範に普及したことがなかったことから、アルファルファに関する既往の経営・経済的研究としては、酪農総合研究所²⁾と鶴川⁴⁾の報告があるのみである。前者では、アルファルファ利用のメリットとして、「1. 乳牛の正常な発育に必要な栄養素の供給 2. 生まれた仔牛の健全な発育促進 3. 搾乳牛には良質な牛乳の多量生産 4. 牛乳生産コストの低減」²⁾をあげ、これらの成果が経営に反映していることが農家事例により考察されている。しかし、この論考では経営全体の成果とアルファルファ利用との関連が明示的ではなく、これは30年前の経営実態に基づく分析であり、「牛乳の多量生産」の水準が今日とは大きく異なる。また、後者では、十勝地域でアルファルファを導入している先進的酪農経営の事例分析が行われ、今後の研究課題が項目として整理されている。したがって、既往の研究では、具体的な技術開発目標を提示するための、経営的なアルファルファの導入条件については検討されていないと考えられる。

1. 北海道酪農における飼料自給率決定要因

北海道酪農は我が国における土地利用型畜産の中核を担いながら、その生産力を急速に増大させてきたが、そこでは土地利用型畜産の形骸化が同時に進行した。それは、生産力増大のための経営規模拡大過程において、飼養頭数規模の拡大テンポが飼料生産面積規模のそれを上回って進み、その結果実現された酪農生産力の急速な増大が、飼養管理と飼料生産の跛行的展開によってもたらされたことを意味する。一般に、北海道酪農の飼料基盤では、粗飼料は自給するが、濃厚飼料は購入に依存し、農地の拡大に制約の大きい地帯や経営では、粗飼料の一部を購入する経営も珍しくない。購入される濃厚飼料の全てと粗飼料のほとんどは、輸入飼料である。したがって、北海道では、酪農経営における土地利用は粗飼料生産に限定されることになる。このような条件下で、濃厚飼料多給技術や多頭数飼養管理技術が酪農経営に導入された結果、1戸あたり飼料作面積や乳用牛飼養頭数は大きく増加したが、乳用牛1頭

あたり飼料作面積は減少した。『畜産統計』によれば、1戸あたり飼料作面積および乳用牛総飼養頭数は、加工原料乳の「不足払い法」が施行された1966年の4.8ha、7.7頭から最近年の1999年には42.8ha、85.3頭に増加したのに対し、成牛換算1頭あたり飼料作面積は1966年の0.74haから1999年の0.57haに減少したのである(第1図)。その結果、飼料自給率は1965年の78%から1998年の54%に低下した(『畜産物生産費調査』)。

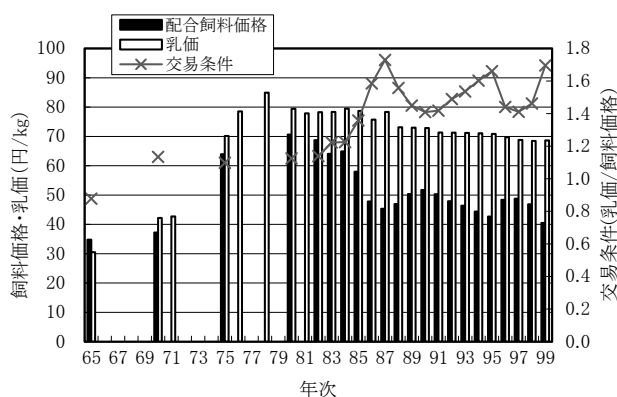


第1図 北海道酪農における飼料生産
資料) 畜産統計, 畜産物生産費調査

1. 比較有利性の原則と地代負担力競争

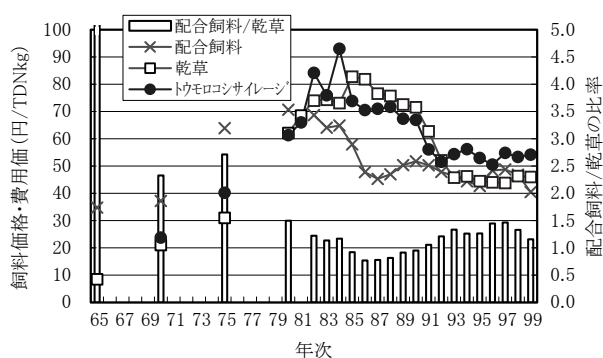
このような飼養管理と飼料生産の跛行的展開を酪農経営にもたらした一義的な要因は、我が国では飼料の輸入が戦前期から自由化され、酪農経営は輸入飼料を低価格で利用できる環境にあったことである。酪農経営では、乳用牛への給与飼料を自給するか、購入するかを選択が可能であり、それは両者の相対的有利性の比較に基づき決定される。濃厚飼料については、早い時期から輸入飼料が低価格で購入できたことから(第2図)、自給の有利性は低く(第3図)、自給飼料は粗飼料に限定されてきた。したがって、酪農経営における飼料生産展開の枠組みには当初から大きな制約があり、その後の濃厚飼料多給技術＝粗飼料給与節約技術の導入に伴い(第1図)、その制約は一層大きくなった。

十勝地域のような畑作経営と酪農経営が混在する畑地帯では、地域の農地利用は経営間の地代負担力競争によって決定される。一般的には、離農跡地などをめぐる農地取得競争では、地代負担力の高い経営が勝者となり、飼料作や普通畑作物に利用されることになる。地代負担力は経営方式や農産物価格などの経営環境により規定されることになるが、酪農



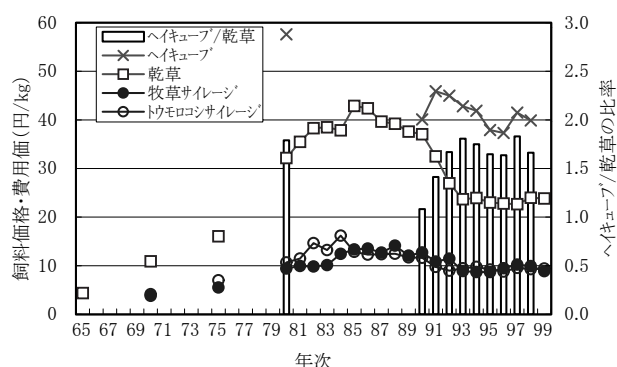
第2図 混合飼料価格と乳価

資料) 飼料月報, 畜産物生産費調査



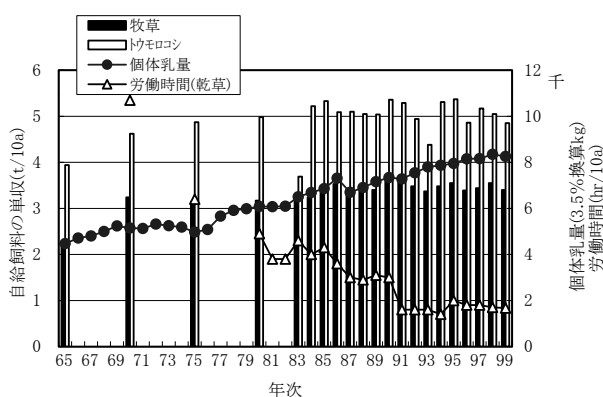
第3図 混合飼料価格と自給飼料費用価(TDN換算)

資料) 飼料月報, 畜産物生産費調査



第4図 自給飼料費用価とヘイキューブ 価格

資料) 畜産物生産費調査, 自給飼料課調べ



第5図 自給飼料生産と個体乳量

資料) 作物統計, 畜産物生産費調査

経営より畑作経営の地代負担力が高い場合が多い。したがって、この点においても、飼料生産の発展には制約が生じる。他方、根釧地域のような草地形酪農の専業地帯では、上述した地代負担力に由来する飼料生産に対する制約はない。しかし、近年の円高等に伴い、輸入粗飼料(ヘイキューブやルーサンヘイなど)の購入価格も低下し(第4図)、北海道においても粗飼料の購入割合が高まっている。酪農経営では給与飼料を自給あるいは購入する選択が可能であるなかで、粗飼料においても購入の有利性が高まれば、自給飼料の生産規模が制約されたり、高泌乳牛に求められる高品質粗飼料を購入に依存し、自給飼料には繊維質のみを期待するような制約が生じる。

2. 飼養管理技術の高度化と自給飼料生産技術の停滞

酪農経営における飼養管理と飼料生産の跛行的展開をもたらしたもう1つの要因として、飼養管理技術の高度化に対する自給飼料生産技術の停滞がある。飼養管理技術は、乳用牛が輸入種であることにみら

れるように、国際的な共通性が高く、我が国には酪農先進国から高度な技術が大量に輸入・導入され、個体乳量や衛生的乳質の水準は先進国レベルに達している。他方、飼料生産は自然条件に大きな影響を受けることから、輸入技術を我が国に直ちに適用することは困難である場合が多い。したがって、飼料生産技術は自ら開発・改良しなければならず、その発展度合いは、飼養管理技術の急速な高度化に比べ、停滞的とならざるを得ない(第5図)。しかも、既述のように、濃厚飼料を輸入に依存することが前提とされたことから、自給飼料生産それ自体に対するインセンティブが低下し、自給飼料生産技術は粗飼料生産に限定されるなかで、品質への期待が低下し、量的生産が重視された。また、飼養頭数規模の拡大が常に先行したため、酪農経営では労働過重が常態化し、そのはけ口が飼料生産の省力化に向けられた。そのため、輸入技術が適用できる飼料の収穫調製作業は大幅に省力化されたが、自給飼料生産力の高度化には結びつかなかったのである。

これには生乳の商品特性として個体間価格差が極めて小さいことが関連している。そのため、酪農経営間の収益格差は乳価ではなく、費用によって規定されることになり、酪農経営では、生乳を高価格で販売するために集約的な生産方式に向かうことはなく、飼養頭数規模拡大に基づく低コスト生乳生産の追求が、一般的な展開方向となったのである。また、もう1つの商品特性として、生産の連日性がある。「土一草一家畜」の技術構造は、長期的(経年的)には循環農法として位置付けられるが、短期的(日常的)には、「草+購入飼料→家畜」の反復である。飼料生産は一年一作で、最終生産物である生乳にとって迂回生産であるのに対し、飼養管理は一日二回搾乳で、直接的に生乳の生産を目の当たりにすることができる。そのなかで、経営者の関心が長期的にしか制御できない飼料生産よりも、短期的に結果が左右される飼養管理に集中することは、容易に想像できる。つまり飼料給与と搾乳が日々繰り返されるなかで、飼養管理技術は毎日更新され得るのに対し、飼料生産技術の進歩の機会は極めて制約されている。

3. 飼料自給率と経営成果

北海道酪農畜産協会の経営診断結果によれば(第1表)、飼料自給率の高い経営の特徴として、次の点が指摘できる。それは、家族労働力が少ない、経産牛頭数が少ない、乳牛1頭あたり飼料面積が大きい、

個体乳量が低い、濃厚飼料給与量が少ない、乳飼比が低い、酪農所得額が高い、所得率が高い、生乳生産費が低い、自給飼料生産費が低いことである。このことは、飼料自給率が高いほど経営成果も高まる傾向を明確に示している。しかし、現実の北海道酪農の動向は、既述のように、経営規模を拡大し、個体乳量を増加させるような方向を辿り、飼料自給率の低下を招いている。

これまでみてきたように、酪農生産をめぐる経営環境は、自給飼料生産の比較有利性や地代負担力の低下、自給飼料生産技術の相対的停滞を招き、酪農経営における飼料自給率の低下に作用してきた。こうした経営展開はそれ自体合理的な経営対応であったといえるが、他方で、飼料自給率を高め、高い経営成果を上げている酪農家も少なくない。今後、飼料自給率を高めるためには、飼料自給率の低下を招いてきた経営環境要因を縮小させるとともに、経営成果を高めるためには酪農経営の展開方向の転換も必要である。

II. アルファルファの作付動向と事例牧場の経営概況

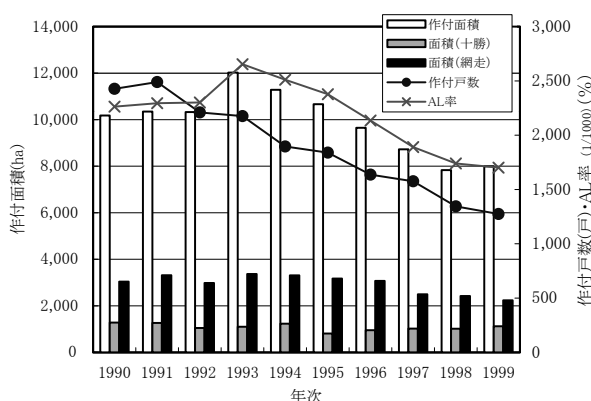
1. 北海道におけるアルファルファ生産

1990年代の北海道におけるアルファルファの作付動向をみると(第6図)¹³、作付戸数はほぼ一貫して

第1表 TDN自給率水準別にみた酪農経営の成果(1998)

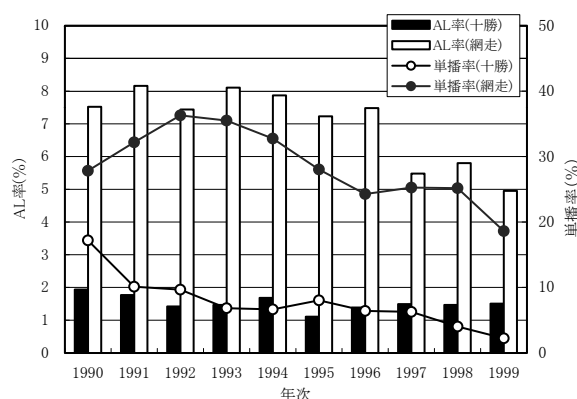
区分	単位	全体	～40%	40～50%	50～60%	60%～
集計数	戸	103	23	36	25	19
家族労働力	人	2.8	3.5	2.9	2.5	2.1
飼料作面積	ha	52.6	55.3	52.9	51.1	50.8
経産牛頭数	頭	56.2	65.1	61.4	47.6	47.0
成換1頭あたり飼料面積	ha/頭	0.66	0.62	0.60	0.74	0.76
生乳生産量	t	436.1	543.8	473.2	364.2	329.9
経産牛あたり乳量	kg	7,760	8,353	7,707	7,651	7,020
濃厚飼料給与量(経産牛)	kg/頭	3,138	3,981	3,236	2,840	1,868
乳飼比(全体)	%	35.6	40.3	37.1	33.7	25.1
TDN自給率	%	48.7	33.9	45.2	54.4	65.9
酪農売上高	千円	37,373	45,270	40,784	31,162	29,523
酪農所得額	千円	7,407	5,875	8,097	6,928	8,582
経産牛1頭あたり酪農所得	千円/頭	132	90	132	146	183
生乳生産費	円/kg	86.0	88.4	86.7	87.0	78.2
所得率	%	19.8	13	19.9	22.2	29.1
牧草単収	kg/10a	3,648	3,546	3,561	3,732	3,798
自給飼料生産費(TDN)	円/kg	35.3	44.5	35.6	32.1	29.3
濃厚飼料購入価格(TDN)	円/kg	64.5	62.5	61.3	64.6	65.5

資料) 北海道酪農畜産協会『北海道の畜産経営～平成11年度診断・調査結果から～』(2000)



第6図 アルファルファ(AL)の作付動向(北海道)

資料)北海道農政庁酪農畜産課調べ



第7図 十勝と網走におけるアルファルファ(AL)生産

資料)北海道農政庁酪農畜産課調べ

減少し、1990年の2,427戸が1999年には1,274戸になっている。作付面積は1993年の12,024haをピークに、以降減少傾向にあり、1999年は7,996haである。牧草の総作付面積に占めるアルファルファの割合も1993年をピークに変動しているが、この間は2～1%台で推移していることにみられるように、北海道の牧草地のなかでは少数の地位に留まっている。

アルファルファの導入が期待される畑地帯で酪農生産の比重が高い十勝・網走地域における作付状況を見ると、網走の作付面積が十勝の2～3倍も多い^{†4}。これを牧草の総作付面積に占めるアルファルファの割合で見ると(第7図)、網走は5～8%と高いのに対し、十勝は1%台に留まっている。また、アルファルファ作付のなかの単播割合を見ると、網走はほぼ20～30%程度であるのに対し、十勝は1990年の17%が以降減少し1999年には2%にまで低下してい

る。他方、作付面積の動向では、網走は1990年代後半以降減少傾向にあり、かつての約3千haが約2千haに減少しているのに対し、十勝は1990年代後半以降やや増加傾向にあり、約1千haを維持している。

このように、アルファルファ生産は北海道の牧草地全体で見るとマイナーな草種であり、しかもその比重は1990年代後半以降低下傾向にある。畑地帯のなかでは、網走地域はアルファルファの作付率が高く、牧草地のなかで一定の地位を確保している。他方、十勝地域におけるアルファルファの比重は小さいが、1990年代後半以降も一定の面積を維持し、今後の拡大が期待される。

2. 帯広川西農協管内におけるアルファルファ生産

地域先導技術総合研究「アルファルファを導入した畑地型酪農営農システムの確立」では、帯広市(帯広川西農協)^{†5}をフィールドに技術開発を進めている。帯広川西農協管内の全酪農家を対象に実施した調査結果^{†6}によれば、回答酪農家44戸(第2表)のうち21戸(47%)は現在アルファルファ草地があり(「現在栽培者」)、12戸(27%)は過去にアルファルファを栽培した経験があった(「以前栽培者」)。栽培経験のない回答者(「栽培未経験者」)は11戸(25%)に過ぎなかった。「現在栽培者」のアルファルファ草地の平均面積は6.7ha、回答酪農家のアルファルファ草地面積は合計で141haで、牧草地面積に占める割合は18%になる^{†7}。なお、アルファルファ草地は、北海道農業研究センターが依頼している現地試験農家3戸が、それぞれ約2haの単播栽培を行っている他は、すべてチモシーとの混播栽培である。

^{†3} アルファルファの作付面積は農業統計の調査対象外であることから、ここでは北海道農政部の業務統計を用いる。この業務統計の数値は、支庁からの報告に基づき作成されているものであることに留意を要する。

^{†4} 網走地域は十勝地域に比べ積雪量が多く、土壌凍結が少ないことからアルファルファの栽培は容易と考えられる。

^{†5} 十勝酪農の地域性と川西酪農の動向については、鶴川ほか⁵⁾を参照。

^{†6} 川西酪農振興会に所属する酪農家62戸を対象にアルファルファの栽培実態などに関する郵送調査を農村システム研究室が2000年11月実施し、44戸から回答を得た(回収率71%)。

^{†7} 十勝平均のアルファルファ作付率1.5%(1999年)に比べ、かなり高い。

第2表 帯広川西地区におけるアルファルファの導入 (2000)

アルファルファ 栽培経歴	回答 農家数	酪農 専業率	経産牛 頭数	出荷 乳量	個体 乳量	経営耕地面積					家族 基幹 労働力
						計	牧草	うち アルファルファ		普通 畑作	
								トウモロコシ	アルファルファ		
戸	%	頭	t	kg	ha	ha	ha	ha	ha	人	
現在栽培者	20	45	56	458	8,123	39.6	19.4	6.8	9.1	4.3	2.9
以前栽培者	12	58	45	341	7,652	28.2	16.7	-	7.6	3.9	2.6
栽培未経験者	11	36	45	297	6,542	31.0	15.9	-	7.4	7.7	2.7

注) 「現在栽培者」のうち法人経営1戸を除いて集計

資料) 北海道農業研究センター農村システム研究室調査

アルファルファの栽培経験別に酪農家の特徴をみると、「栽培未経験者」では酪農専業経営の比率が36%と低く、経産牛は45頭で、酪農部門の規模が小さい傾向にある。また、「以前栽培者」の酪農専業率は58%で、「現在栽培者」の45%に較べて高いが、経産牛頭数はそれぞれ44頭、56頭であり、「以前栽培者」より「現在栽培者」の方が酪農部門の規模は大きい。個体乳量は、「現在栽培者」8,123kg、「以前栽培者」7,652kg、「栽培未経験者」6,542kgの順に高い。

アルファルファの長所についての考えをみると、最も期待されている点は「飼料品質向上」で、「乳量増加」「嗜好性がよい」が続く。他方、「乳質改善」や「単収増加」についてはあまり期待されていない。アルファルファの栽培経験別にみると、「現在栽培者」では「飼料品質向上」への評価が高く、「以前栽培者」では「乳量増加」や「購入飼料減少」「牛の健康増進」についての評価が高くなっている。「栽培未経験者」では、「嗜好性がよい」ことへの期待が相対的に高い。

アルファルファの短所、問題点についての認識は、「永続しない」「圃場条件がむずかしい」「栽培管理がむずかしい」「定着がむずかしい」で高い。栽培経験別にみると、「以前栽培者」では「永続しない」という指摘が非常に高く、他の項目についても「以前栽培者」の指摘率は高いものが多い。「現在栽培者」の回答の特色は、これらの問題点とくに「永続しない」という認識が「以前栽培者」より低いこと、また「踏圧に弱い」といった栽培上の具体的な問題の指摘がみられることである。「栽培未経験者」

では、回答率が相対的に低い項目が多いだけではなく、「永続しない」「圃場条件がむずかしい」などよりも「栽培管理がむずかしい」という項目の回答率が高い点で経験者との違いがみられる。どの酪農家においても「永続しない」ことが共通の問題点であり、こうした栽培管理上の技術的課題が克服されればアルファルファの普及が進むと考えられる。

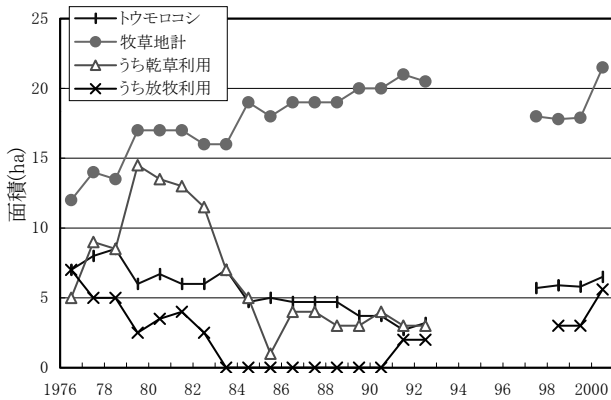
以上のことから、川西地区では、経営規模が大きく個体乳量の高い酪農家で混播アルファルファの導入が進んでいる傾向がみられるなかで、全ての酪農家でアルファルファの評価は高く、その栽培技術が確立されれば広く普及する可能性は高いと考えられる。1998年と1999年に行った酪農家への面接調査結果^{†8}では栽培農家(13戸)の平均で、アルファルファはチモシーとの混播で5.8ha利用され、1999年に新播された2haの牧草地のうち1.8haがアルファルファで占められていた。また、アルファルファの栽培歴が長いほどその作付面積が多く、飼料作に占める割合が高いが、現段階ではアルファルファの作付規模が小さいため、給与量も少なく、その導入効果が経営全体の収益性や個体乳量を左右する水準には達していないと考えられる。

3. 事例牧場の経営概況とアルファルファの導入

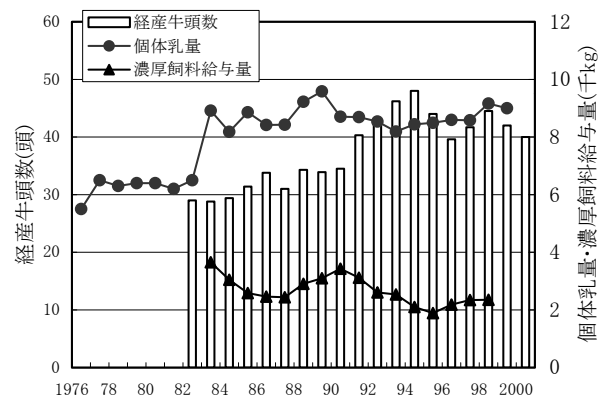
ここで事例とした牧場は、帯広川西農協管内の家族経営^{†9}で、1980年代にアルファルファを導入して以降、継続的にアルファルファを栽培・利用している。事例経営は、1975年に総合施設資金でバルククーラーや牛舎等(繋ぎ式牛舎+パイプラインミルク)を新設し、それまでの畑酪経営から酪酪経営に転換し、更に1989年からは畑作(小豆)を止め酪農専業経営になっている(第8～9図)。現在(2000年)は、労働力は2人(夫婦)、経営耕地面積は28ha(畑)、家畜飼養頭数は経産牛40頭、育成牛28頭である。2000年の作付面積は、トウモロコシ6.5ha、牧草21.5ha(アルファルファ9.5ha^{†10}、チモシー主体6.4ha、放牧専用

^{†8} この調査結果の詳細については、鶴川ほか⁵⁾を参照。

^{†9} この農家は、地域先導技術総合研究「アルファルファを導入した畑地型酪農専業システム確立」で現地実証試験を依頼している農家(3戸)のうちの1戸である。事例経営の1980年代までの経営展開については、鶴川ほか³⁾を参照。



第8図 事例経営における飼料生産の推移



第9図 事例経営における飼養管理の推移

第3表 事例経営における給与飼料 (1998)

種類	粗飼料			濃厚飼料		
	トウモロコシサイレージ	ロール ^{a)} サイレージ	ビートパルプ	配合(CP18)	大麦	大豆
搾乳牛	22	6+自由 ^{b)}	3	2~8	1	0.3

a) 3月のみアルファルファ，他の期間はチモシー。
b) パドックで自由採食。

5.6ha)である。飼料の収穫調製方式は、トウモロコシはコントラクタに委託しサイレージに、牧草は3回刈までに行い個別作業でロールベールサイレージにしている。飼料調製の大半を占める牧草サイレージは、給与粗飼料の主体になり、全ての牛群でロールベールサイレージがパドックで自由採食されている(第3表)。なお、1998年時点ではアルファルファの作付面積が2.5haと少なかったことから、その給与期間も1カ月と短かったが、2000年には作付面積が9.5haに増加している。

事例経営の経営規模(面積、頭数)は、川西地区にあって、酪専経営の中では平均的な大きさであるが、ロールベールサイレージへの依存度が高いことに特徴がある。近年、川西地区の酪農経営では飼料生産における収穫調製作業のコントラクタへの委託が広範にみられ、牧草サイレージの調製方式はロールベール(個別作業)から細切(委託作業)への転換が進んでいる。このようななかで、事例経営ではトウモロコシの収穫についてはコントラクタへ委託しているが、牧草については個別作業を続けている。その要因は事例経営のロールベールサイレージ調製技術の際立っ

た高さ＝牧草サイレージの品質の高さにあり(第4表)、それは経産牛1頭1年あたり出荷乳量が地区平均7,742kgを大きく上回る8,975kg(1999年1～10月)であることに裏付けられている。元々事例経営の使用する飼料生産用機械はトラクタを含め全て共同所有・共同利用(3戸)であったが、牧草の適期内(早刈)収穫調製と個別作業化への要請からロールベール(サイレージ)が導入された。つまり、牧草を1人で作業できるロールベールサイレージに調製することにより、雨の降り易い1番刈の頃に、乾草では調製期間が長く雨にあたる確率が高いのに対し、サイレージでは調製期間が短く雨にあたる確率が低いことから、品質の高い飼料を安定的に調製することが可能になり、このことが粗飼料多給で乳量水準の高い飼養管理に結びついているのである(第9図、第3表)。一方、コントラクタの作業能率は極めて高く、個別の酪農経営における作業時間は大幅に短縮されるが、収穫作業時期を酪農経営が個別に決めることができないため、適期の刈り取りの実施が難しい。事例経営においても、牧草収穫の一部をコントラクタに委託していた時期もあったが、作業委託の長所と短所を経営のなかで比較検討し、今日の方式が採用されている。

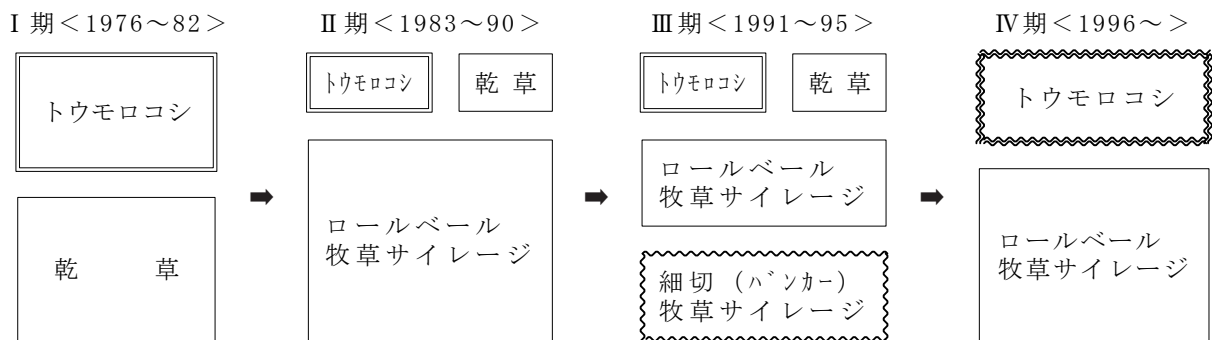
このような最近の展開を含め、事例経営における飼料生産調製の推移を模式的に整理すれば(第10図)、作付作物はトウモロコシ→牧草→トウモロコシ、牧草の調製方式は乾草からサイレージへ、作業方式は共同→個別→委託へと展開していることがわかる。このような飼料生産調製方式の展開の基本的な方向は、飼養管理に適合した飼料の高品質化(＝乾物単収の低下)にあるとみなすことができる。ここで、高品質飼料の主体になったのは、I期ではトウモロ

^{†10}アルファルファ草地の内訳は、チモシーとの混播6.7ha、単播(新播)1.8ha、混播(新播)1.1haである。このうちの単播アルファルファ1.8haが現地試験用に造成した草地である。

第4表 事例経営における粗飼料品質(1990, 91) (乾物当たり%)

種 類	T D N	C P	〔乾物・刈取〕 〔単収・ステージ〕
トウモロコシサイレージ	64.3	9.6	—
牧草サイレージ (細切)*	68.0	18.0	57 穂ばらみ
牧草サイレージ (ロール早刈)	64.0	16.8	81 出穂始め
牧草サイレージ (ロール)	61.0	12.0	100 出穂
乾草	58.0	9.2	100 出穂

(注) *は1991年の超早刈1番草の推定値。

牧草の単収は出穂期を100としたときの指数。北海道立根釧農業試験場土壌肥料科『チモシー基
幹草地の早刈りによる植生変化とその対策』平成3年度北海道農業試験会議資料(1992)。

第10図 事例経営における飼料生産調製の展開

(注) □ 個別作業 □ 共同作業 □ 一部委託作業 □ 委託作業

コシサイレージ, II期では牧草サイレージ(ロールベール), III期では牧草サイレージ(バンカー, ロールベール), IV期ではアルファルファを含む牧草サイレージ(ロールベール)である。このような推移を酪農経営の展開として整理すれば, 個体乳量水準の上昇にふさわしい高品質飼料を得るために, I~II期では飼料生産の集約化を行い, III~IV期では飼養管理の集約化と飼料生産の高品質化・省力化を同時に実現するために, 牧草の一部やトウモロコシの収穫調製作業の委託化が進められたといえる。この経営展開には, II期からIII期にかけて, 土地利用の集約化から飼養管理の集約化へという大きな転換をみることができる。このような転換を, 乳価の傾向的低下=牛乳生産の低コスト化という制約下で実現するには, 飼料の高品質化及び高品質化にともない不足する飼料の調達を低コストで行う必要があり, それを満たすものが, IV期のトウモロコシ面積の増加およびその収穫調製作業の委託化とアルファルファ面積の増加である。

経営規模(面積, 頭数)の拡大に大きな制約のある畑地帯における, 安定的な飼料基盤をもつ酪農経

営の展開方向は, 一定の飼養頭数規模の下で, 飼養管理の集約化と飼料の高品質化を実現することであると考えられる。飼料生産の外部への委託とアルファルファの導入はその1つの方法であり, 個々の酪農経営がもつ地域や経営の条件に応じた仕組みがそれぞれ形成されるべきである。このように, 事例牧場は畑地型酪農経営でアルファルファを導入し, 粗飼料多給依存で高い個体乳量を実現していることから, 以下で検討する計画モデルの対象経営としてふさわしいと考えられる。

III. 畑地型酪農経営の計画モデル

線形計画法に基づく畑地型酪農経営の計画モデルの枠組みは樋口¹⁾に依拠し, 一定の労働力と農地面積・乳牛飼養頭数の条件下で, 乳牛の必要栄養量を自給飼料あるいは購入飼料で賄いながら農業所得を最大にすることを目的とする単体表とした¹¹⁾。単体表を作成するために必要な諸係数は, 事例牧場の1999年実績および地域先導技術総合研究「アルファルファを導入した畑地型酪農営農システムの確立」

の「到達目標」に基づき以下のように設定した。なお、計画モデルの飼養管理方式は通年舎飼とし、牛舎型式(繋ぎ式牛舎, パイプラインミルク搾乳)を変えない前提で検討を進める。

はじめに、農地面積の制約条件としては、「到達目標」に基づき、総計で40haを上限とし、うちトウモロコシ作付面積は10ha、採草地は40haを上限とした(第5表)。同様に経産牛の飼養頭数は50頭を上限とし、育成牛頭数は経産牛頭数の0.9~1.0倍の範囲に設定した。搾乳牛の年間生産乳量は8,845kgで、その泌乳ステージを4つに区分した。第Ⅰ期は分娩直後で日乳量35kg、第Ⅱ期は日乳量29kg、第Ⅲ期は

日乳量26kg、第Ⅳ期は日乳量17kgに設定した(第6表)。各泌乳ステージにおける必要栄養量と給与量の上限も第6表に示した。経産牛の養分要求量と乾物摂取量の上限は、体重650kg、乳脂肪4.19%、乳蛋白3.26%に基づき算出した値に安全率10%を乗じて設定した。なお、北海道酪農の実態から、搾乳牛の給与飼料全体に占める粗飼料(=自給飼料)の乾物割合を50%以上に設定した。経産牛の乾乳期と育成牛に関する設定も第6表に示した。自給飼料生産は、アルファルファとチモシーの牧草サイレージ、トウモロコシサイレージの3種類とし、10aあたり利用収量(原物)をアルファルファ2,102kg、チモシー1,890kg、トウモロコシサイレージ3,845kgに設定した(第7表)。なお、自給飼料の養分割合は第7表に示したとおりであり、購入飼料の養分割合と購入価格も併せて示した。

次に、生産プロセス(部門)別の労働係数は1999年に実施した事例牧場における作業日誌の記帳結果に基づき、自給飼料生産に関わる作業のある4月中旬から11月中旬までの期間の旬別に設定した(第8表)。

第5表 計画モデルの制約条件

農地面積(ha)	40
うちトウモロコシ採草利用	10
家族労働力(人)	2
経産牛頭数(頭)	50
年間個体乳量(kg)	8,845

第6表 計画モデルにおける養分要求量の設定と飼料給与量の上限

(kg/日・頭、%)

乳期	期間	日数	日乳量	養分要求量		上限給与量				下限粗飼料率
				TDN	CP	乾物	コーンサイレージ	単味大麦	ビートパルプ	
Ⅰ期	2月~5月中(3.42℃)	110	35	16.21	3.480	23.64	20	3	3	50
Ⅱ期	5月中~8月中(19.4℃)	80	29	14.37	3.000	21.11	20	3	3	50
Ⅲ期	8月中~10月(13.9℃)	80	26	13.67	2.800	19.84	20	3	3	50
Ⅳ期	11月(0.77℃)	35	17	10.28	1.942	16.04	20	3	3	50
乾乳		60	0	6.35	1.480	11.55		3	3	80
育成				3.97	0.633	6.25				80

注1) 経産牛の体重650kg, 乳脂肪率4.19%, 乳蛋白率3.26%, 年間乳量8,845kg, ()は平均気温

注2) 単体表では, TDN・CP・乾物は, 安全率を見込んで養分要求量の10%増に設定

資料) 日本飼養標準(乳牛1999年版), Nisso乳牛飼料&アミノ酸評価システム

第7表 計画モデルの飼料生産技術水準と購入飼料

[単収]

	利用収量	DM	CP	TDN	生産費用*	DM	CP	TDN
	(原物kg/10a)	(原物%)	(原物%)	(原物%)	(千円/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)
トウモロコシサイレージ	3,845	31.6	2.80	20.10	24.1	1,215	108	773
チモシーサイレージ	1,890	43.8	6.10	27.80	15.0	828	115	525
アルファルファサイレージ**	2,102	39.4	8.80	25.20	15.0	828	185	530
配合(CP含有率18%)	-	87.4	18.0	74.0	40***			
単味(大麦)	-	88.2	10.6	74.1	36***			
ビートパルプ	-	86.6	10.9	64.6	27***			

*ただし, 減価償却費及び労働費を含まない

**アルファルファは, 表示した数値を基準に増減させた

***購入価格(円/kg)

*11この単体表では, アルファルファ導入による高品質粗飼料利用のメリットを表出するため, 必要栄養量に関する制約式を搾乳牛の4つの泌乳ステージ別に設定した。

第8表 計画モデルの部門別作業時間

月	旬	トウモロコシ	採草地	経産牛	育成牛
		(時間/10a)		(時間/頭)	
4	中	0.0121	0.0122	3.2547	0.3616
	下	0.0121	0.1361	3.3070	0.3674
5	上	1.3241	0.0422	2.9512	0.3279
	中	0.2345	0.0757	3.4535	0.3837
6	下	0.0491	0.0496	4.3901	0.4878
	上	0.0578	0.2007	3.0610	0.3401
7	中	0.1414	0.3785	2.5169	0.2797
	下	0.2552	0.1541	2.9250	0.3250
8	上	0.0000	0.0283	3.0558	0.3395
	中	0.0069	0.0070	3.0610	0.3401
9	下	0.2328	0.4348	3.1513	0.3501
	上	0.0284	0.3352	2.6477	0.2942
10	中	0.0000	0.0630	3.0924	0.3436
	下	0.0284	0.0874	3.5477	0.3942
11	上	0.0190	0.1800	3.0924	0.3436
	中	0.2776	0.2365	2.8622	0.3180
12	下	0.9129	0.1209	3.0767	0.3419
	上	0.0888	0.1352	3.6628	0.4070
1	中	0.5129	0.0380	2.5430	0.2826
	下	0.2233	0.0589	2.8779	0.3198
2	上	0.1466	0.0652	2.4017	0.2669
	中	0.0000	0.0522	2.9773	0.3308

利益係数も事例牧場の1999年の部門別経営収支実績に基づき、第9表のように設定した。ここでの利益係数は、経営収支から購入飼料費および機械建物償却費を差し引いた値を生産規模(作付面積や飼養頭数)で除して算出した。なお、購入飼料費は購入飼料給与プロセスの利益係数(費用)に計上してある。また、計画モデルでは事例牧場の現有機械施設規模を前提にすることから、機械建物償却費は固定費として事後的に勘案した。

なお、計画モデルにおける自給飼料のTDN 1kgあたり生産費は、牧草サイレージ(チモシー)45.6円、トウモロコシサイレージ44.6円である^{†12}。計画モデルでは、アルファルファサイレージの生産費用はチモシーサイレージと同水準に設定し、酪農経営にアルファルファが導入されるためのアルファルファサイレージ生産費用水準を検討する。

これまで述べてきた諸係数に基づき作成した単体表を第10表に示した。この単体表では農業所得の最大化を目的に、搾乳牛の泌乳ステージ毎に、必要養

^{†12}減価償却費及び労働費を除く生産費は牧草サイレージ(チモシー)28.6円、トウモロコシサイレージ31.2円になる(第7表)。

^{†13}線形計画法の計算には、XLP(農業技術研究機構中央農業総合研究センターの大石亘氏開発)を使用した。

第9表 計画モデルの部門別利益係数 (千円)

科目	計	乳用牛		飼料生産		部門 共通
		経産牛	育成牛	牧草	トウモロコシ	
雇用労賃	533	533				
飼料購入費	6,898	6,870	28			
種苗費	474			257	217	
肥料費	1,707			1,366	341	
農薬費	267				267	
養畜費	1,416	944	472			
診療衛生費	371	247	124			
諸材料費	472			378	94	
動力光熱費	1,795	898		808	90	
建物修理費	646	215		388	43	
機械修理費	576	288		259	29	
小農具費	316				316	
賃料金	748	748				
運賃	1,229	1,073				156
諸負担金	1,382					1,382
租税公課	1,390	989				401
共済掛金	378					378
その他雑費	1,672	1,672				
乳牛償却費	679					
建物償却費	2,707	1,524	169	1,354	339	
機械償却費	579					
支払地代	209					579
支払利息	209					209
農業経営費合計	26,444	16,001	793	4,809	1,736	3,105
牛乳代	30,948	30,948				
育成牛販売			988			
雄子牛販売			707			
農業粗収入	33,051	31,356	1,695			
農外収入	94					
農家総収入	33,145					
農業所得	6,607					
(元金償還額)	3,242					
差引収支	6,607	15,355	902	-4,809	-1,736	-3,105
利益係数*		552.3	40.7	-15.0	-24.1	
固定費**						6,491

* (差引収支+購入飼料費+機械建物償却費)/生産規模

**部門共通費+機械建物償却費

分量を自給飼料あるいは購入飼料によって賄うように設定してあり、選択できる飼料の種類は、トウモロコシサイレージ、チモシーサイレージ、アルファルファサイレージ、ビートパルプ、大麦、配合飼料(CP18)、配合飼料(CP14)である。乾乳期は、これらからアルファルファサイレージと配合飼料を除いたメニューになる。育成牛のメニューはチモシーサイレージと配合飼料(育成用)のみとした。

計画モデルの最適解を第11表に示した^{†13}。計画モデルの「アルファルファ・20ha規模」は1999年の事例経営の農地面積規模に合わせて試算した数値である。この数値と事例経営の実態を比較すると、事例経営では放牧が行われているのに対し、計画モデルでは放牧は考慮されていないため飼養頭数に違いがみられることを除けば、作付構成や飼料給与量などはほぼ一致している。したがって、この計画モデルの妥当性は高いと判断できる。同じ表に、アルファルファのプロセスを除いた計画モデルの最適解を示した。このモデルの最適解では、配合飼料の給与量

第11表 計画モデルの最適解

	事例牧場*	計画モデル		
		アルファルファ		チモシー
		20ha規模	40ha規模	
土地利用(ha)				
トウモロコシ	5.8	5.5	7.9	0.3
採草地(チモシー)	12.4	9.5	17.1	39.7
採草地(アルファルファ)	2.5	5.7	15.0	-
放牧地	3.0	-	-	-
計	23.7	20.7	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)				
経産牛	42	34	50	50
育成牛	22	31	45	45
飼料構成(kg/搾乳牛1頭)				
日乳量	(平均**)	35.0	35.0	35.0
配合(CP18)	2~8	8.0	2.3	4.8
配合(CP14)	0.0	0.0	0.0	3.2
単味(大麦・大豆)	1.3	3.0	3.0	0.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ [†]	22.0	20.0	20.0	0.0
チモシーサイレージ [†]	0.0	0.0	0.0	35.9
アルファルファサイレージ [†]	6.4+自由	14.9	31.6	-
放牧草	0.0	-	-	-
購入濃厚飼料総量(t)	104.6	152.6	150.1	173.7
飼料自給率(TDN,%、経産牛)		47.6	60.1	53.1
飼料自給率(CP,%、経産牛)		50.0	67.0	55.4
労働時間(時間)				
(4/中~11/中)	4,866	3,257	5,024	4,897
農業所得(千円)	6,607	4,303	11,103	10,929
乳飼比(経産牛)(%)	22.3	23.1	13.9	17.9

*1999年, **1998年3月期

が増加し、TDN自給率は60%から53%に、CP自給率は67%から55%に低下している。乳飼比も増加し、農業所得は若干減少する。このことから、計画モデルで設定した前提条件(基準)が実現されれば、アルファルファの導入が酪農経営における飼料自給率の向上に寄与できることが期待できる。

IV. 結果と考察—アルファルファの導入条件に関する試算—

ここでは、アルファルファ生産の技術開発目標を、

^{†14}本稿で検討する単収の数値はすべて利用単収であり、圃場での収穫ロスやサイレージ調製時のロスを勘案してある。

^{†15}実際にはアルファルファの単収が増減すれば、それに伴って費用や作業時間などもある程度変化するが、近似的に単収以外の技術系数は不変とした。以下の導入条件の検討でも同様。

この技術の酪農経営への導入条件の視点から検討する。そのため、アルファルファを導入した計画モデルにおける技術係数(単収や個体乳量など)を段階的あるいは連続的に変化させて、各段階で得られた最適解に基づき、この技術が酪農経営に導入されるための条件を明らかにする。

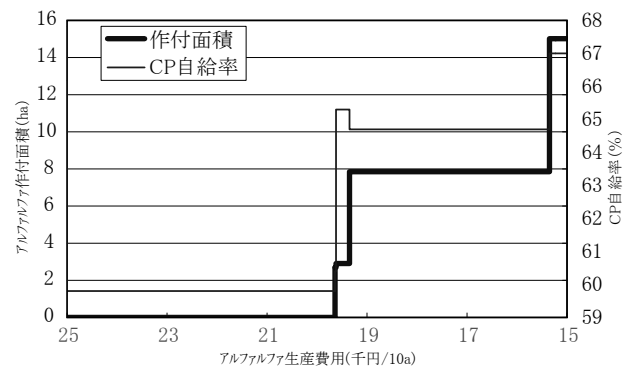
はじめに、アルファルファの単収^{†14}に関する導入条件を検討する。計画モデルでは、チモシーと同水準に設定した利用単収(乾物)920kg/10aを基準に、単体表におけるアルファルファ単収を10%刻みで、+30%から-20%まで増減させた場合の最適解を求めた(第12表)^{†15}。この最適解のなかから、酪農経営への導入条件の検討で指標になるアルファルファ作付面積とCP自給率を取り上げると、アルファルファ単収の増減は両指標に大きな影響を及ぼすことがわかる。アルファルファ作付面積とCP自給率の大きさは、単収の増減に正比例して変動する。アルファルファを導入する場合に、経営全体として一定の効果が得

第12表 アルファルファの単収と作付面積

アルファルファ単収(対基準比)	30%増	20%増	10%増	基準	10%減	20%減
アルファルファ単収(原物kg/10a)	2,733	2,522	2,312	2,102	1,892	1,682
土地利用(ha)						
トウモロコシ	0.0	0.0	7.9	7.9	7.9	5.0
チモシー	17.1	17.1	17.1	17.1	23.5	35.0
アルファルファ	22.9	22.9	15.0	15.0	8.6	0.0
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)						
経産牛	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量35kg)						
配合(CP含有率18%)	2.2	2.2	2.3	2.3	2.5	7.1
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0
ビートパルプ*	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ*	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0	6.9
チモシーサイレージ*	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	33.4
アルファルファサイレージ*	47.9	47.9	31.6	31.6	14.1	0.0
購入濃厚飼料総量(t)	126.8	143.3	139.3	150.1	153.8	158.1
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	66.4	61.9	63.1	60.1	59.3	60.7
飼料自給率(CP,%、経産牛)	79.2	74.8	70.6	67.0	62.8	58.0
労働時間(時間)						
(4/中~11/中)	4,892	4,892	5,024	5,024	5,024	4,957
農業所得(千円)	12,761	12,097	11,536	11,103	10,842	10,736
乳飼比(経産牛)(%)	11.4	13.2	12.8	13.9	14.6	15.6

られる最小面積と想定されるアルファルファ面積10haが作付される単収の下限は、基準(=920kg/10a)と10%減(=828kg/10a)の間になる^{†16}。また、単収が10%減のときのアルファルファ作付面積8.6haまで認容するとすれば、828kg/10aが酪農経営にアルファルファが導入されるためのアルファルファの利用単収の下限になる。このとき、CP自給率は63%になる。

同様に、アルファルファの生産費用に関して、チモシーと同水準に設定した費用15千円/10aを基準に、単体表におけるアルファルファ生産費用を15千円/10aから25千円/10aまで連続的に増加させた場合の最適解を求めた(第11図・第13表)^{†17}。アルファルファの生産費用の増加は、アルファルファ作付面積やCP自給率に大きな影響を及ぼし、それらは生産費用が増加するほど減少する。ここでアルファルファ作付面積が10ha以上になるのは生産費用が約15千円/10a以下の場合であり、同作付面積を7.9haまで認容す



第11図 生産費用の増減とアルファルファ利用

れば約19千円/10aが酪農経営にアルファルファが導入されるためのアルファルファの生産費用の上限になる。このとき、CP自給率は65%になる。

次に、アルファルファのCP含有率に関して、原物あたり8.8%を基準に10%刻みで、+30%から-30%まで増減させた場合の最適解を求めた(第14表)。アルファルファのCP含有率が基準を上回る場合、アルファルファ作付面積(15ha)やCP自給率(67%)は全く変化しない。他方、CP含有率が基準を下回ると影響があらわれ、20%減(=CP含有率7.0%)より低くなるとアルファルファ作付面積が増加し、トウモロコシ面積が減少する。

給与飼料のCP含有率は個体乳量水準との関わりが大きいことから、CP含有率に関する導入条件を詳細

^{†16}表出していないが、単収が1%でも低下するとアルファルファ作付面積は約8haに減少することから、単収の下限は920kg/10kgに近い数値になると考えられる。

^{†17}生産費用については、パラメトリック線形計画法で、最適解を求めた。併せて、10%刻みで増減させた場合の最適解を第13表に示した。後述の総農地面積制約(第17表)についても同じ。

第13表 アルファルファの生産費用と作付面積

アルファルファ費用(対基準比)	基準	10%増	20%増	30%増	40%増
アルファルファ費用(千円/10a)	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0
土地利用(ha)					
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	5.0
チモシー	17.1	24.2	24.2	29.2	35.0
アルファルファ	15.0	7.9	7.9	2.9	0
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)					
経産牛	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量35kg)					
配合(CP含有率18%)	2.3	2.5	2.5	5.5	7.1
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ	20.0	20.0	20.0	20.0	6.9
チモシーサイレージ	0.0	15.3	15.3	21.5	33.4
アルファルファサイレージ	31.6	14.1	14.1	7.3	0
購入濃厚飼料総量(t)	150.1	147.8	147.8	148.1	158.1
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	60.1	61.0	61.0	62.8	60.7
飼料自給率(CP,%、経産牛)	67.0	64.7	64.7	60.4	58.0
労働時間(時間)					
(4/中～11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	4,975
農業所得(千円)	11,103	10,969	10,969	10,741	10,736
乳飼比(経産牛)(%)	13.9	14.0	14.0	14.6	15.6

第14表 アルファルファのCP含有率と作付面積

アルファルファのCP含有率(対基準比)	30%増	20%増	10%増	基準	10%減	20%減	30%減
アルファルファのCP含有率(原物%)	11.44	10.56	9.68	8.80	7.92	7.04	6.16
土地利用(ha)							
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.2	3.6
チモシー	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
アルファルファ	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.8	19.4
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)							
経産牛	50	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量35kg)							
配合(CP含有率18%)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.7	2.8
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	7.4
チモシーサイレージ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アルファルファサイレージ	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	30.3	40.1
購入濃厚飼料総量(t)	150.1	150.1	150.1	150.1	150.1	152.5	164.3
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	59.7	56.5
飼料自給率(CP,%、経産牛)	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.1	66.3
労働時間(時間)							
(4/中～11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,012	4,952
農業所得(千円)	11,103	11,103	11,103	11,103	11,103	11,073	10,924
乳飼比(経産牛)(%)	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	14.2	15.5

に把握するために、個体乳量水準を変えた場合を検討する^{†18}。その際、CP含有率増減の影響が表れやす

^{†18}後述するように、個体乳量を変えたとき(付表参照)、第6表に示した養分要求量も変わる。

いように生産費用10%増で試算した。はじめに、《基準に対して個体乳量を20%減の7,076kg、生産費用を10%増の16.5千円/10aにした場合》でみると(第15表)、アルファルファのCP含有率が基準を上回る場合、アルファルファ作付面積は減少し、チモシー

面積は増加する。CP含有率が基準より低くなると、アルファルファとチモシーの作付面積は増加し、トウモロコシ面積が減少するが、CP含有率が基準の30%減の6.2%まで低下すると、アルファルファ作付面積は0になる。これはCP含有率が高まるほど、ア

ルファルファの必要量が減少し、その作付面積が減少するのに対し、CP含有率が30%減にまで低下するとアルファルファ以外の飼料作を作った方が有利になるからである。次に、≪基準に対して個体乳量を20%増の10,614kg、生産費用を10%増の16.5千円

第15表 アルファルファのCP含有率と作付面積 (個体乳量20%減・生産費用10%増の場合)

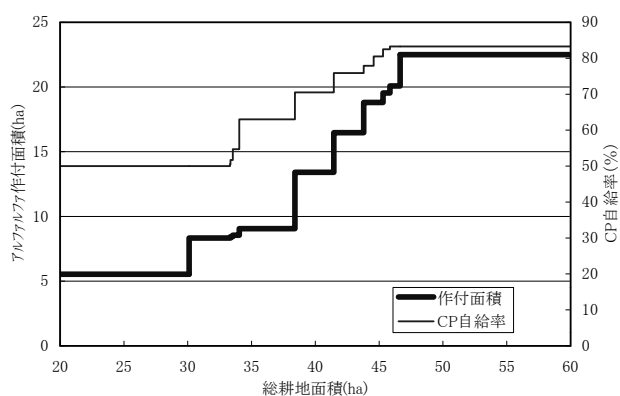
アルファルファのCP含有率(対基準比)	30%増	20%増	10%増	基準	10%減	20%減	30%減
アルファルファのCP含有率(原物%)	11.44	10.56	9.68	8.80	7.92	7.04	6.16
土地利用(ha)							
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8	7.5	5.6
チモシー	28.1	27.4	26.4	24.9	22.4	17.8	34.4
アルファルファ	4.0	4.7	5.7	7.2	9.7	14.7	0.0
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)							
経産牛	50	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量28kg)							
配合(CP含有率18%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	1.0	8.3
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	14.6
チモシーサイレージ	19.0	18.0	16.5	14.2	10.2	0.0	15.7
アルファルファサイレージ	6.7	7.9	9.6	12.2	16.7	25.5	0.0
購入濃厚飼料総量(t)	105.1	105.1	105.0	105.0	105.1	106.0	113.1
飼料自給率(TDN,%,経産牛)	68.1	68.1	68.1	68.1	68.0	68.2	70.1
飼料自給率(CP,%,経産牛)	72.4	72.7	73.1	73.7	74.6	76.3	68.7
労働時間(時間)							
(4/中~11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	5,023	5,017	4,986
農業所得(千円)	5,544	5,535	5,523	5,503	5,467	5,389	5,291
乳飼比(経産牛)(%)	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.8	13.4

第16表 アルファルファのCP含有率と作付面積 (個体乳量20%増・生産費用10%増の場合)

アルファルファのCP含有率(対基準比)	30%増	20%増	10%増	基準	10%減	20%減	30%減
アルファルファのCP含有率(原物%)	11.44	10.56	9.68	8.80	7.92	7.04	6.16
土地利用(ha)							
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	6.7	4.4
チモシー	27.4	26.6	25.4	23.7	20.6	17.8	35.6
アルファルファ	4.7	5.5	6.6	8.4	11.5	15.5	0.0
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)							
経産牛	50	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量42kg)							
配合(CP含有率18%)	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	7.3	12.7
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	17.6	7.2
チモシーサイレージ	17.9	16.7	14.9	12.1	7.2	0.0	27.2
アルファルファサイレージ	8.1	9.5	11.5	14.6	19.9	28.5	0.0
購入濃厚飼料総量(t)	190.9	190.8	190.7	190.6	190.5	194.5	202.9
飼料自給率(TDN,%,経産牛)	56.1	56.1	56.1	56.1	56.2	54.9	55.1
飼料自給率(CP,%,経産牛)	57.1	57.5	58.0	58.8	60.2	60.9	52.2
労働時間(時間)							
(4/中~11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,003	4,966
農業所得(千円)	16,482	16,472	16,457	16,434	16,395	16,289	16,185
乳飼比(経産牛)(%)	15.6	15.6	15.6	15.5	15.5	15.9	17.1

第17表 飼料作面積規模とアルファルファ作付面積

飼料作面積の上限(対基準比)	30%増	20%増	10%増	基準	10%減	20%減	30%減
飼料作面積の上限(ha)	52	48	44	40	36	32	28
土地利用(ha)							
トウモロコシ	0.0	3.6	7.9	7.9	7.9	7.9	7.4
チモシー	17.8	17.8	17.3	17.1	17.1	15.7	12.9
アルファルファ	32.0	26.6	18.8	15.0	11.0	8.3	7.7
計	49.8	48.0	44.0	40.0	36.0	32.0	28.0
乳牛頭数(頭)							
経産牛	50	50	50	50	50	50	46
育成牛	45	45	45	45	45	45	42
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭・日乳量35kg)							
配合(CP含有率18%)	2.2	2.3	2.3	2.3	5.4	8.0	8.0
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレージ	0.0	18.5	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
チモシーサイレージ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アルファルファサイレージ	47.9	32.8	31.6	31.6	22.4	14.9	14.9
購入濃厚飼料総量(t)	102.7	104.0	120.7	150.1	178.7	207.8	206.4
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	76.4	76.0	68.2	60.1	53.6	47.6	47.6
飼料自給率(CP,%、経産牛)	86.1	84.5	76.5	67.0	58.5	50.0	50.0
労働時間(時間)							
(4/中~11/中)	5,175	5,182	5,140	5,024	4,909	4,793	4,406
農業所得(千円)	12,061	11,966	11,655	11,103	10,551	9,777	8,109
乳飼比(経産牛)(%)	9.3	9.4	10.8	13.9	17.1	20.8	23.1



第12図 総耕地面積の増減とアルファルファ利用

10aにした場合」の最適解をみると(第16表), アルファルファのCP含有率が基準の10%減(=CP含有率7.9%)より高くなるほど, アルファルファ作付面積は減少し, チモシー面積が増加する。逆に, 基準の10%減(=CP含有率7.9%)より低くなるほどアルファルファとチモシーの作付面積は増加し, トウモロコシは減少するが, CP含有率が基準の30%減の6.2%まで低下すると, アルファルファ作付面積は0になる。

これらのことから, アルファルファのCP含有率はこの計画モデルでは積極的な導入条件にはなり得な

い。それは個体乳量水準にかかわらず妥当する。なお, 個体乳量が20%増あるいは20%減で生産費用が10%増のときにはアルファルファのCP含有率が高まるほど作付面積は減少し, 逆にCP含有率が低下するほど作付面積は増加するが, その場合基準に対して20%減の7.0%が下限になる。

次に, 飼料作面積の制約を20haから60haまで連続的に変化させた場合の最適解を求めた(第12図・第17表)。飼料作面積の制約はアルファルファ作付面積とCP自給率に大きな影響を与え, それらは制約面積の大きさに対応して変動するとともに, 飼料作面積が大きいほどアルファルファの作付率も上昇する。ここで, アルファルファ作付面積が10ha以上になるのは, 制約面積が38ha以上のときであり, アルファルファ作付面積8.3haまで認容すれば, 飼料作面積は30haが下限になる。なお, 飼料作の制約面積が20haに減少した場合でもアルファルファは5.5ha作付けされる。

最後に, 個体乳量に関する導入条件を検討する。搾乳牛あたり個体乳量8,845kg^{†19}を基準に5%刻みで, +20%から-20%まで増減させた場合の最適解を求めた(第18表・付表)。この計画モデルでは, 個体乳量

第18表 個体乳量とアルファルファ作付面積

個体乳量(対基準比)	20%増	15%増	10%増	5%増	基準	5%減	10%減	15%減	20%減
個体乳量(年間kg)	10,614	10,172	9,730	9,287	8,845	8,403	7,961	7,518	7,076
土地利用(ha)									
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
チモシー	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
アルファルファ	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)									
経産牛	50	50	50	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭)									
日乳量	42.0	40.3	38.5	36.8	35.0	33.3	31.5	29.8	28.0
配合(CP含有率18%)	5.8	4.4	3.4	2.9	2.3	1.7	1.2	0.6	0.0
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレーヅ	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
チモシーサイレーヅ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アルファルファサイレーヅ	31.1	32.7	33.2	32.4	31.6	30.8	29.9	29.2	28.4
購入濃厚飼料総量(t)	193.0	182.5	171.5	161.1	150.1	139.6	128.6	118.1	107.2
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	55.1	56.0	57.2	58.6	60.1	61.7	63.4	65.2	67.1
飼料自給率(CP,%、経産牛)	60.9	62.0	63.4	65.1	67.0	68.9	71.0	73.2	75.6
労働時間(時間)									
(4/中～11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024
農業所得(千円)	16,576	15,197	13,839	12,460	11,103	9,725	8,368	6,989	5,629
乳飼比(経産牛)(%)	15.5	15.2	14.8	14.4	13.9	13.5	12.9	12.3	11.6

第19表 個体乳量とアルファルファ作付面積(生産費用10%増の場合)

個体乳量(対基準比)	20%増	15%増	10%増	5%増	基準	5%減	10%減	15%減	20%減
個体乳量(年間kg)	10,614	10,172	9,730	9,287	8,845	8,403	7,961	7,518	7,076
土地利用(ha)									
トウモロコシ	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
チモシー	23.7	23.8	23.9	24.1	24.2	24.4	24.5	24.7	24.9
アルファルファ	8.4	8.3	8.1	8.0	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2
計	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
乳牛頭数(頭)									
経産牛	50	50	50	50	50	50	50	50	50
育成牛	45	45	45	45	45	45	45	45	45
泌乳最盛期の飼料構成(kg/搾乳牛1頭)									
日乳量	42.0	40.3	38.5	36.8	35.0	33.3	31.5	29.8	28.0
配合(CP含有率18%)	6.9	5.5	4.1	3.0	2.5	1.9	1.5	0.8	0.2
単味(大麦)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ビートパルプ	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
トウモロコシサイレーヅ	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
チモシーサイレーヅ	12.1	13.5	15.0	15.7	15.3	14.9	14.2	14.6	14.2
アルファルファサイレーヅ	14.6	14.7	14.7	14.6	14.1	13.8	13.2	12.7	12.2
購入濃厚飼料総量(t)	190.6	180.2	169.2	158.8	147.8	137.3	126.3	115.9	105.0
飼料自給率(TDN,%、経産牛)	56.1	57.1	58.2	59.4	61.0	62.6	64.4	66.1	68.1
飼料自給率(CP,%、経産牛)	58.8	60.0	61.3	62.8	64.7	66.7	69.0	71.2	73.7
労働時間(時間)									
(4/中～11/中)	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024	5,024
農業所得(千円)	16,434	15,057	13,701	12,324	10,969	9,592	8,238	6,860	5,503
乳飼比(経産牛)(%)	15.5	15.2	14.8	14.5	14.0	13.5	12.9	12.3	11.6

の変動はアルファルファ作付面積にあまり影響しないが、CP自給率は個体乳量が低いほど上昇し、基準の10%減(=7,961kg)のときCP自給率は70%を越える。

^{†19}この計画モデルでは、年間の経産牛頭数と搾乳牛頭数が一致するような牛群構成を前提としていることから、搾乳牛あたり個体乳量と経産牛あたり個体乳量も一致する。

さらに、個体乳量に関する導入条件を詳細に把握するために、その影響が表れやすい生産費用10%増の16.5千円/10aにした場合でみると(第19表)、個体乳量が高いほどアルファルファ作付面積は増加し、逆にCP自給率は低下する。これらのことから、アルファルファは個体乳量が高いほど導入され易いといえるが^{†20}、それは生産費用の水準によって表れ方が異なる

り、生産費用が10%増のときに明確に表れる。他方、個体乳量が低くても、その作付面積は減少するがアルファルファの導入は可能である。

これまでの分析結果をまとめると^{†21}、畑地型酪農経営にアルファルファが7～10ha程度導入されるためには、アルファルファの乾物単収828kg/10a以上、生産費用約19千円/10a以下が技術開発目標の下限になり、飼料作面積30ha以上が導入されるための経営条件になる。その他の技術係数については、積極的な導入条件となるようなものはなく、アルファルファの導入を一層拡大させるための条件として位置づけられ、一定の乳量水準までは個体乳量が高いほどアルファルファの導入が進む。また、逆にアルファルファの乾物単収に関しては20%増の1,104kg/10aの場合にアルファルファ作付面積が最大になることから、それ以上単収を高めてもアルファルファの作付面積増加にとって積極的な意味はない。アルファルファのCP含有率については高いほど好ましいことは自明であり、酪農経営においてもアルファルファを導入するからには一定以上のCP含有率が期待されているが、この計画モデルではCP含有率に関して積極的な導入条件を見出すことはできなかった。

上述の技術的な条件が整えば、アルファルファが酪農経営に導入されるための必要条件は満たされるが、アルファルファが実際に導入されるためには、アルファルファの栽培から収穫調製、給与に至るまでの開発技術が一連の体系化技術として確立したうえで、それらの経営的評価が確かな技術係数に基づき分析され、明らかにされなければならない。この点に関する研究は今後の課題とする。

摘 要

我が国における食料自給率を高めるために、畜産部門の中で自給率向上に寄与できる土地利用型畜産において飼料自給率を向上させることが求められている。酪農経営において飼料自給率を高めるために

は、個体乳量の高い乳牛に給与しうる高品質自給飼料生産の拡充が課題になる。この課題に応えるために、北海道農業研究センターでは、当所で開発されたアルファルファ新品種を十勝・網走地域に普及・定着させることを主たる目的に、単播アルファルファの安定栽培、低水分サイレージ調製・貯蔵技術及び高泌乳牛に対応した飼料給与技術を開発し、飼料価値の高いアルファルファを組み入れた高品質自給飼料生産・給与体系を確立するための、プロジェクト研究を進めている。

本稿では、技術開発の事前評価として、酪農経営にアルファルファが導入されるための条件を明らかにし、生産現場に普及するための技術開発目標を提示することを目的とする。そのために、はじめに北海道酪農における飼料自給率の決定要因を検討したうえで、事例牧場として畑地型酪農経営を取り上げ、そこで技術係数などに基づき、畑地型酪農経営の計画モデルを線形計画法に依拠して構築し、このモデルを用いてアルファルファが導入されるために必要な技術開発目標(アルファルファ単収など)を明らかにする。

酪農生産をめぐる経営環境は、自給飼料生産の比較有利性や地代負担力の低下、自給飼料生産技術の相対的停滞を招き、酪農経営における飼料自給率の低下に作用してきた。他方で、飼料自給率を高め、経営成果を上げている酪農家も少なくない。今後、飼料自給率を高めるためには、飼料自給率の低下を招いてきた経営環境要因を縮小させるとともに、経営成果を高めるためには酪農経営の展開方向の転換も必要である。

アルファルファ生産は北海道の牧草地全体でみるとマイナーな草種であり、しかもその比重は1990年代後半以降低下傾向にある。畑地帯のなかでは、網走地域はアルファルファの作付率が高く、牧草地のなかで一定の地位を確保している。他方、十勝地域におけるアルファルファの比重は小さいが、1990年代後半以降も一定の面積を維持し、今後の拡大が期待される。

プロジェクト研究のフィールドである帯広川西地区では、経営規模が大きく個体乳量の高い酪農家で混播アルファルファの導入が進んでいる傾向がみられるなかで、全ての酪農家でアルファルファの評価は高く、その栽培技術が確立されれば広く普及する可能性は高いと考えられる。計画モデル作成のため

^{†20}ただし、この計画モデルの養分要求量の計算では、高泌乳時のバイパス蛋白やミネラルバランス等については考慮されていない。

^{†21}この計画モデルの適用範囲は、耕地面積40ha・経産牛飼養頭数50頭規模程度の北海道の畑地型酪農経営を想定している。

に事例とした牧場は、畑地型酪農経営でアルファルファを導入し、粗飼料多給依存で高い個体乳量を実現していることから、以下で検討する計画モデルの対象経営としてふさわしいと考えられる。

線形計画法に基づく畑地型酪農経営の計画モデルは、一定の労働力と農地面積・乳牛飼養頭数の条件下で、乳牛の必要栄養量を自給飼料あるいは購入飼料で賄いながら農業所得を最大にすることを目的とする単体表とした。単体表を作成するために必要な諸係数は、事例牧場の1999年の実績に基づき設定した。なお、計画モデルでは事例牧場の飼養管理方式(繋ぎ式牛舎、パイプラインミルク搾乳)を変えない前提で検討を進めた。計画モデルの最適解は事例牧場の現状にほぼ一致していることが確認でき、計画モデルとして妥当であると判断できた。

アルファルファを導入した計画モデルにおける技術係数(単収や個体乳量など)を段階的に変化させて、各段階で得られた最適解に基づき、この技術が酪農経営に導入されるための条件を検討した。その結果、畑地型酪農経営にアルファルファが導入されるためには、アルファルファの乾物単収828kg/10a以上、生産費用約19千円/10a以下が技術開発目標の下限になり、飼料作面積30ha以上が導入されるための経営条件になることが明らかになった。その他の技術係

数については、積極的な導入条件となるようなものではなく、アルファルファ導入を一層拡大するための条件として位置づけられ、個体乳量が高いほどアルファルファの導入が進む。また、逆にアルファルファの乾物単収が20%増の1,104kg/10aの場合にアルファルファ作付面積が最大になることから、それ以上単収を高めてもアルファルファの作付面積増加にとって積極的な意味はない。

引用文献

- 1) 樋口昭則(1996)：酪農経営の現状と展望．全国農業協同組合連合会．1-59.
- 2) 酪農総合研究所(1979)：ルーサンの栽培と利用．明文書房．1-269.
- 3) 鶴川洋樹(1992)：新アンモニア処理システムの経営的評価．北海道農業試験場研究資料，(48)，145-151.
- 4) 鶴川洋樹・名久井 忠・落合一彦(1998)：土地利用型酪農経営の展望と課題—十勝におけるアルファルファと集約放牧技術導入に関する予備調査—，北海道農試農業経営研究，(75)，64-75.
- 5) 鶴川洋樹ほか(2000)：畑地型酪農の生産動向と経営構造．北海道農試農業経営研究，(81)，1-86.

付表 泌乳モデル

泌乳ステージ:期間	日数	日乳量(kg/日)								
		20%増	15%増	10%増	5%増	基準	5%減	10%減	15%減	20%減
I期:2月～5月中(3.42℃)	110	42.0	40.3	38.5	36.8	35	33.3	31.5	29.8	28.0
II期:5月中～8月中(19.4℃)	80	34.8	33.4	31.9	30.5	29	27.6	26.1	24.7	23.2
III期:8月中～10月(13.9℃)	80	31.2	29.9	28.6	27.3	26	24.7	23.4	22.1	20.8
IV期:11月(0.77℃)	35	20.4	19.6	18.7	17.9	17	16.2	15.3	14.5	13.6
乾乳	60	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
年間計(kg)	365	10,614	10,172	9,730	9,287	8,845	8,403	7,961	7,518	7,076
経産牛の利益係数(千円)		696.3	660.3	624.3	588.3	552.3	516.3	480.3	444.3	408.3

注) () 平均気温