

九州における夏季牛乳生産量

減退に関する要因分析

小林 康 平

研究目的

(一) 研究目的とその意義

(二) 畜産学分野からのアプローチ

研究方法

(一) 研究方法

(二) 調査

(三) 畜舎の気温と夏季産乳量比率

分析

(一) 夏季産乳量比率の説明要因推計モデル

(二) 計測結果

考察

(一) 変数の考察

(二) 夏季産乳量を増加させる方策

要約

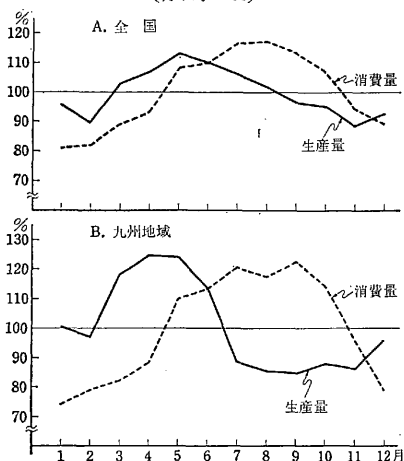
一 研究目的

(一) 研究目的とその意義

本稿の目的は、西南暖地、特に水田地帯の酪農家で顕著に現われている夏季の牛乳生産量減退について、それが生起する要因を、主として酪農経営の技術的側面から明らかにし、分析を加え、あわせてそれを克服する際の基礎的資料を提供しようとするものである。

わが国における飲用牛乳消費の大きな特徴は、季節的に消費量が大きく変動していることである。年間の月平均

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

第1図 牛乳生産量と飲用乳消費量の季節変動
(月平均=100)

注. 資料は農林省『牛乳・乳製品に関する統計』, 昭和39年から43年までの5年分を用いた。この期間は、生産量と消費量が毎年増加している傾向にあるので、この趨勢変動を除去した。すなわち、季節変動比率の算出は次の方法で行なった。まず、5ヵ年間の時系列データに、趨勢変動を表わすモデル $Y = a + bX_i$ (Y : 各月の乳量, X_i : 各月を表わす系列数値) をあてはめ、最小自乗法によってパラメーターを推定し、原数値から趨勢変動を除去した。

次に、その5ヵ年間について、各月ごとの平均値を求めた。最後に、それぞれの月平均値について、12ヵ月平均を100とした比率を求めて、季節変動比率とした。

九州地域は、九州7県の合計である。

ある。(1) この消費の季節形態は、果物ジュースやココラ等の清涼飲料水と同じである。近年、食生活が高度化し

て、炭水化物を中心とした伝統的食品構成から、動物性タンパク質を多く摂取した構成に移行しつつあり、牛乳は高級タンパク質源として重要な食料品であるけれども、いまだ常食として消費されるまでにはいたっていない。

他方、わが国における牛乳生産量の季節変動を見ると、全国平均では春五月が最高で、一一月が最低である。しかし、地域別に観察すると、生産量の季節変動は一樣ではない。飲用牛乳需要が旺盛となる夏季に焦点を絞って生

量を基準とした各月の比率を見ると、第一図Aに示すとおりで、夏の七、八月に高く、冬の一、二月に低く、その格差は三%余りで

産量の季節変動を見よう。北海道および東北地方の諸県は、夏季七月に生産量が最高となり、消費量の季節変動の形態とほとんど同じカーブを描く。ところが、関東地方から西日本の諸府県に向かうと、生産量が最高に達するのは春四月または五月で、七、八月にかけて急激に減少する(第一図B参照)。この減少の程度、すなわち、春のピークに達した月の乳量に対する夏の減少量の比率(以下夏季減少率と呼ぶ)

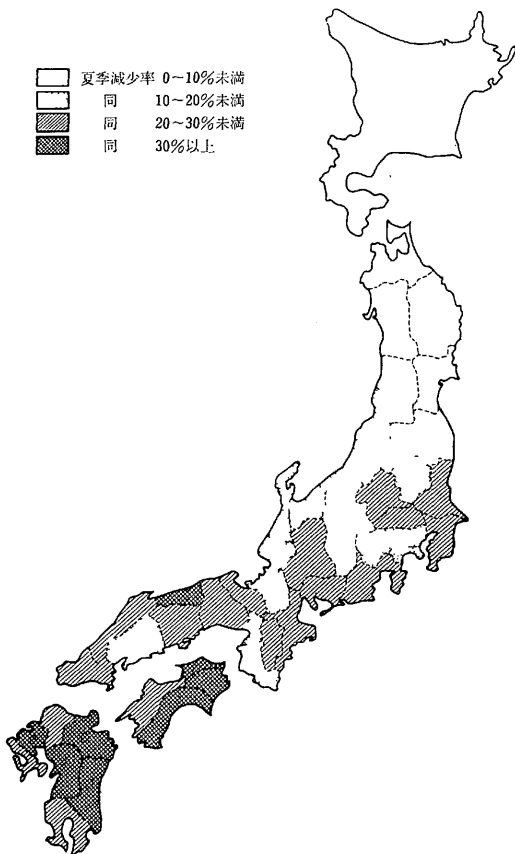
$$\text{夏季減少率} = \frac{\text{最高月の乳量} - \text{夏1ヵ月の乳量}}{\text{最高月の乳量}} \times 100$$

を全府県について計算してみると第二図に示すとおりである。北海道、東北地方および長野県は夏季減少率一〇%以下であるが、西南日本、特に九州、四国へ進むに従って比率は大きくなっている。

このように、わが国における牛乳の生産量と消費量の季節変動は不一致であり、冬から春にかけては飲用量を上まわる余剰乳が発生するにもかかわらず、夏から初秋にかけては地域的に不足をもたらしめている。

この需要供給量の季節的不均衡は、牛乳流通過程で次のような大きな問題を提起している。余剰乳は加工乳製品原料に向けられるが、季節的余剰であるため、乳業メーカーは年間常時は操業しない遊休施設を装備していなければならぬ。その費用は特に中小規模の乳業者にとっては大きな負担である。加工用原料乳およびその製品は、輸入製品と同一市場で販売されるので、原料の価格に比べて相対的に著しく安い価格がつけられることになる。それ故、乳業者は余剰乳が多ければ多いほど利潤は少なくなり、その結果乳業者から酪農家へ支払われる価格も夏季は相当高い値がつけられるけれども、他の季節は逆に著しく引き下げられて、酪農経営を圧迫する。特に加工用原料乳地帯では低乳価の季節が長く、深刻な問題であった。昭和三三年の酪農不況と三七年から三八年にかけて起こっ

第2図 都道府県別にみた牛乳生産量の夏季減少率



九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

注: 夏季減少率 = $\frac{\text{最高月の乳量} - \text{夏1ヵ月の乳量}}{\text{最高月の乳量}} \times 100$ 資料: 第1図と同じ。

た酪農不況は、このような性格を有する余剰乳が市場に滞貨したことが発端であつて、やがて、昭和四一年に制定された乳価不足払い制度（加工原料乳生産者補給金等暫定措置法）を生む原因となつた。⁽²⁾ 余剰乳はこのような流通過程で大きな問題であるけれども、その経済的考察は本稿の目的ではないので、別の機会に稿を改めたい。

西南地帯で、夏季減少率が大きい反面、他の季節に余剰乳が大きく生ずるということは、この地帯の酪農家がある致命的欠陥である。一般的に言つて、わが国における酪農業の適地は北海道や東北地方であつて、西南暖地は相対的に不適地である。そのような傾向を指摘する幾つかの研究報告もある。たとえば、清水良平氏はマルコフ過程モデルを用いて、酪農家の階層分布の構造変化について農業地域別に分析を行ない、次のように結論している。九州地域は、「昭和三九年の普及率は四・〇〇%であるが、終局状態では二・五三%という現在の〇・六三様に減少する傾向をとっている」。そして、階層別平均余命について、「東日本の諸地域では大きく西日本の諸地域では小さいが、そのなかでも九州は近畿よりも小さく、乳牛飼養にとつての環境条件はこれまでの諸地域のなかで最も劣っているといふことができる」、と結論している。

このように、わが国における酪農業の適地は北海道や東北地方であることは容易に理解し得る。そして、西南地方、特に九州に向かうほどその自然環境は劣悪となるわけである。しかし今日の九州の農業にとつて、酪農が重要な基幹作物であることは變りない。最近年、特に乳価不足払い制度発足後はこの地域の乳牛飼養頭数も牛乳生産量も一層伸びている。九州は北海道や東北地方に比較して、高温多雨により生草飼料の反収が高く、かつ生草の給与期間が年間を通じて可能である、という長所もある。もし夏季の暑熱に対する有効な方策が発見され、致命的欠陥を克服することができれば、それは九州酪農を發展させる上で大きな貢献となるであらう。

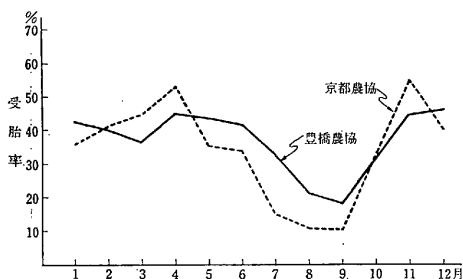
(二) 畜産学分野からのアプローチ

西南日本の牛乳生産量が、夏季に減少することを左右する大きな要因は二つある。一つは、初夏の時期に分娩の頻度が落ち、真夏から初秋にかけて泌乳する乳牛の個体数が他の月よりも減少するからである。分娩の頻度がこの時期に落ちる主な原因は、乳牛の受胎の時期に関係している。乳牛の分娩は受胎後二八五日目に起こるから、初夏の時期に分娩の頻度が落ちるということは、それから逆算して二八五日前の受胎の頻度が低いということであり、それは晩夏から初秋に当たる八、九月である。筆者は、以前に、乳牛の受胎の実態を季節別に検討するために、福岡県行橋市京都酪農協同組合と愛知県豊橋市豊橋酪農協同組合で「乳牛人工授精台帳」の記録を整理し、延べ四、九六六頭について、月別に受胎率を計算したことがあったが、その結果は第三図に示すとおりである。受胎率は七月から減少傾向を示し、九月に最低に至り、一〇月から回復を始め、一一月から常態にもどり六月まで維持される。常態での受胎率は約四五%であるから、人工授精牛二・二頭に対し一頭の割合で受胎しているが、九月の受胎率は一〇%ないし一八%であるから、人工授精牛五・五頭ないし一〇頭に対し一頭の割合で受胎していることを示している。

夏季に乳牛の受胎率が低下することは、家畜繁殖学の分野でも大きな問題で、内外の学者から今までに大きな研究論文が報告されている。それらをここに要約することはできないが、一語で言えば、われわれに明らかにされているのは経験的事実だけで、人間にはコントロールし難い未解明の問題として残されている。

従って、本研究でもこの点、つまり夏季に泌乳頭数が減少することによって牛乳生産量が減少する、という点にはふれないことにする。

第3図 乳牛の人工授精による受胎率の月別分布



注 1. 受胎率とは、 $\frac{\text{受胎した牛の延頭数}}{\text{人工授精した牛の延頭数}} \times 100$ である。

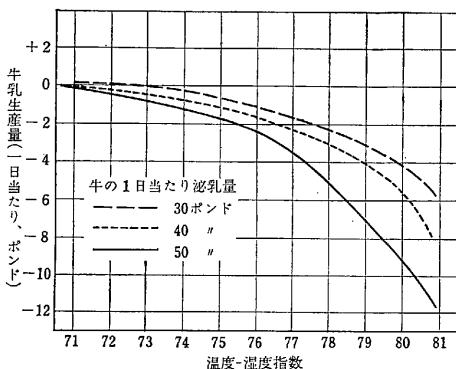
2. 資料は、福岡県京都酪農協同組合（行橋市と京都郡にまたがる）と愛知県豊橋酪農協同組合にあった「乳牛人工授精台帳」の記録を整理したものである。京都酪農協の分は、昭和37年に組合員に飼養されていた乳牛のうち、同農協の指導員が人工授精した607頭について調べた。豊橋酪農協の分は、昭和35、36、37年の3ヵ年にわたり、組合員が飼養していた延べ4,391頭について調べたものである。

夏季に牛乳生産量が減少するもう一つ大きな要因は、夏には暑熱の影響を受けて生理的に泌乳量が減退せしめられるという点である。この事実も古くから注目されて、内外の畜産学者達の実験結果や酪農家を対象とした調査結果が多数報告されている。筆者はこの研究の出発点に彼らの研究成果をそのまま土台としているので、その中から

米国ミヅリー大学⁽⁵⁾のグループと中西喜彦氏⁽⁶⁾の実験結果を借用して、必要な点だけを述べよう。

ミヅリー大学農学部および同農業試験場の畜産学分野の一グループは、「舎内家畜に関する環境生理学と保護工学」と題する共同研究を行ない、その成果の一つとして、一九六二年に「ホルスタイン牛の牛乳生産に関する種々なる温度・湿度結合の効果」と題する論文を発表した。それによると、乳牛の快適気温区間（Comfortable Zone）は華氏四〇—六五度（摂氏約四・四度—一八・三度）の範囲内で、気温の上昇が泌乳量の低下に影響を与えないのは華氏六五度が上限である。気温がこれを

第4図 温度-湿度指数と牛乳生産量の関係



注. 温度-湿度指数 = $0.55 \times D. B. + 0.2 \times D. P. + 17.5$

出所: H. D. Johnson, 他 4 名, *Effect of Various Temperature-Humidity Combinations on Milk Production of Holstein Cattle*, University of Missouri, Agr. Exp. Sta. Bul. 791, 1962.

越えると泌乳量が減退するが、その際、気温に含まれている湿度も関係している。また、乳牛がどの程度の影響を受けるかは乳牛個体の資質によって異なり、泌乳能力の大なる牛の方が小なる牛よりも大きく影響を受けるという結果を得、第四図を描いた。

ミヅリー大学の以上の結論は、実験に供した四〇頭の牛を、温度と湿度が調節されている舎内に入れて、その時の泌乳量を計測するという方法で実験的に得られたものである。だが、気温と湿度が上昇すると何故泌乳量が減少することになるのか、という生理学的解明には進んでいない。中西氏は実験用鼠(マウス)を用いてその点にせまり、次のような結論を得て昭和四五

年に発表した。「高温環境下における泌乳能力の低下は、ほとんど採食量の減少によって起り、採食量以外の要因の介入する余地は少ないものと考えられる。」極めて明解な結論で補足説明を加える必要はないが、筆者の言葉でくり返せば次のように表わせる。高温環境下においては、暑さのために乳牛の食欲が減退して飼料の食い込む量が

少なくなり、その影響で泌乳量が低下すると。中西氏の研究は、実験にマウスを用いているので、その結論をそのまま乳牛に類推することには多少のためらいを感じけれども、高温がもたらす泌乳量低下のメカニズムを生理学的に解明しているから、酪農政策・経営の実践の面でそれに対処できる戦略を示唆している。

注(一) この三五%という格差がいかに大きな変動幅であるかは、他国の事例と比較すると一層はつきりする。たとえば、米國ニューヨーク市で、一九一九年から二四年まで五カ年間を対象とした調査では、消費量が最高となるのは七月、最低は一月で、その格差は一二・三%であった。最近この格差は一層減少し、一〇%以内であることが報告されている(H.A. Ross, *The Demand Side of the New York Milk Market*, Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 459, 1927, p. 44)。

(2) この間の実情については、次の論文にくわしく記述されている。榎勇「戦後における加工原料乳取引機構の変貌過程」『農業総合研究』第三巻第四号、昭和四四年）、および倉内宗一「酪農経営の階層分化と不足払い法の成立」(農政調査委員会編『成長メカニズムと農業』一九七〇年)。

(3) 清水良平「地域別にみた規模別乳牛飼養農家の階層変動について」(『農業総合研究』第三巻第三号、昭和四三年) 一四〇頁から一四一頁の記述を引用した。また、次の二つの論文にも同様の指摘がある。黒柳俊雄「北海道酪農の発展条件」(『農業経済研究』第四一巻第四号、一九七〇年)。河野敏明「日本農業変貌の立地的考察」(阪本楠彦・梶井功編『現代日本農業の諸局面』一九七〇年)。

(4) ここでは次の数編だけ掲げる。

G. W. Salisbury and N. L. VanDenmark, *Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of Cattle*, 1961.

R. E. Erb and D. R. Walgo, "Seasonal Changes in Fertility of Dairy Bulls in Northwestern Washington," *Journal of Dairy Science*, Vol. 35, No. 3, 1952.

D. J. Annis, R. E. Erbs and W. R. Winter, *Influence of Month and Season of Calfing on Yields of Milk and Fat*, Washington State University, Agr. Exp. Sta. Bul. 606, 1959.

- 、岡本昌三・石井尚一「雌牛の性成熟と精液中の Hyaluronidase」(『九州農業試験場彙報』第五卷第四号、一九五九年)。
(5) "Environmental Physiology and Shelter Engineering with Special Reference to Domestic Animal" と云う大きなテーマのもとに、数十編の小論文が報告されているが、ここでは本稿に引用したその中の一編を掲げておく。

H. D. Johnson, 他四名 "Effect of Various Temperature-Humidity Combinations on Milk Production of Holstein Cattle, University of Missouri Agr. Exp. Sta. Bul. 791, 1962.

- (6) 中西喜彦「マウスの乳腺発達および泌乳能力に及ぼす環境温度の影響に関する研究」(『鹿児島大学農学部学術報告』第二十一号、昭和四六年)。筆者は、氏が同一原稿を昭和四四年に九州大学へ学位論文として提出したものを翌年春読んだ。

二 研究方法

(一) 研究方法

分析に用いた資料は、筆者自身が昭和四五年に鹿児島県における三カ所の酪農地帯で計四一戸の酪農家を対象とした調査によって得た。分析の手順は、先ず実際の酪農経営において夏の暑熱期に産乳量がどのくらい減少しているかを量的に推計し、次に夏季減少量に影響していると思われる多数の自然的、経営技術・経済的諸要因を探し、その中から確かに減少量に影響していると思われる要因を主成分分析法 (Principal Component Analysis) を用いて選別し、最後に一般の線型回帰方程式をあてはめてそれらの要因が影響している程度を計測した。

だが、夏の暑熱による産乳減少量を推計することは非常に困難な作業であった。何故なら、実際の酪農経営には乳牛から搾られた乳量が存在するだけで、暑熱のために泌乳できなかった乳量がどのくらいあったかは誰にも全く不明だからである。それで、次のような調査計画を立案し、調査農家の協力を得て作業を進めた。

- (1) 調査地で、気温が乳牛の快適範囲にあたる四月二四日から五月二三日(昭和四五年)にかけて三〇日間、各調

査農家の牛舎に最高と最低気温が計れる温度計を吊し、毎日舎内の最高気温と最低気温を計って貰った。温度計は、舎内の中央部の柱で床上一・五メートルの高さに吊し、畜舎全体の平均気温が計れる場所を選んだことは勿論である。またこの期間、毎日、各農家の産乳総量を計って記録して貰った。そして更に、この期間内の二日間、五月五日と一五日、泌乳中の乳牛全部について、個体別に産乳量を計って貰った。農家は普通搾乳機を用いて搾乳しているので、その農家の一日当たり産乳総量は簡単に計れるが、乳牛一頭当たりの量を計ることは面倒であり、従って三〇日間のうち二日間のみとした。

別に、各乳牛について、同年五月時点における年齢、その産乳期が始まった分娩の月を調べた。

- (2) 岡本正幹氏等が作製した『九州における高等登録検定の記録による産乳量の季節変動』⁽¹⁾と、米国の乳牛群改良協会 Dairy Herd Improvement Association (D H I A と略称) が作製した『D H I A の乳量に関する年齢別補正係数』⁽²⁾を用いて、調査農家の各牛について、年齢と分娩の月による補正を行ない、「産乳能力指数」を算出した。補正に用いた二つの資料はすでに畜産学界でよく知られたものであるが、産乳能力指数は筆者が便宜的に造ったものである。ここでこの指数は次のことを意味する。鹿児島および宮崎県の高登録検定を受けた牛について、年齢六年から八年三ヵ月までを成牛として標準にした場合、調査農家の各牛はどの程度の産乳能力を持っているか、を表わす指数である。

- (3) 夏の暑熱期の気温と産乳量を計るために、(1)と同じ記録を、七月二五日から再開して八月二三日まで三〇日間毎日つけて貰った。

各乳牛については、同年八月時点における年齢と分娩の月による補正を行ない、更に(2)で算出した産乳能力

指数を乗じて、「夏季標準産乳量」を求めた。この夏季標準産乳量も筆者の造語であるが、次の内容を意味する。高等登録検定牛を年齢六年から八年三カ月の成牛に標準化して、調査農家の乳牛の産乳能力を評価した場合、それらの牛は夏季にこれだけの乳量を出し得る筈である。各牛の夏季標準産乳量を農家別に集計した値が、各農家で夏に生産される筈の乳量である。

(4) 夏に実際に搾乳した一農家当たり乳量と夏季標準産乳量との差を夏季産乳減少量とした。つまり、

$$\text{夏季産乳減少量} = \text{夏季標準産乳量}(A) - \text{実際の産乳量}(B)$$

$$\text{夏季産乳減少比率} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

ところが、農家によってはAよりもBの方が大きく現われている場合があるので、この表現では比率に負を持つ数値が現われて混乱する。それで次のように、標準産乳量に対する実際の乳量の比をとることに改め、一農家当たりの夏季実際産乳量比率とした。

$$\frac{B}{A} \times 100 = \text{夏季実際産乳量比率}$$

以上の方法で各農家の夏季実際産乳量比率（以下単に夏季産乳量比率と呼ぶ）を推計し、経営調査で得た資料を用いて、この数値に対する諸要因を分析した。経営調査は昭和四五年八月二五日から約一週間、調査表を用意して各農家を訪ねて聞き取り調査した。

調査地として鹿児島県を選んだのは、同県が日本の最南端に位置し、夏に最も暑熱の影響を大きく受けていると思われたからである。前掲第二図で見たように、牛乳生産の夏季減少率は県平均では必ずしも最高ではないが、これは県内の酪農家の多くが山間地域に立地することを意味するもので、平地の年平均気温は九州の他県よりも高いと想像される。

調査対象として、同県内の三カ所の酪農地を選んだのであるが、それは夏季減少率（第二図で用いた同じ数値）を二段階（大、中、小）の基準に分けて、各段階に該当する地区一町村を鹿児島県酪農協同組合傘下の市町村の範囲から、同農協職員の見解を得て、行なった。選ばれた地域は、始良郡栗野町（夏季減少率、小）、同郡溝辺町（同、中）、および薩摩郡宮之城町（同、大）である。

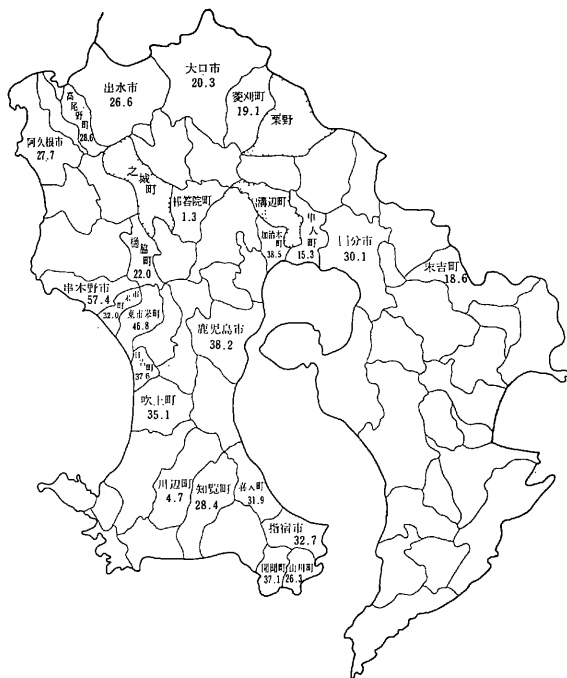
調査農家戸数は予め四一戸と定めた。三地区には合計約一三〇戸の酪農家があるので、四一戸は各地区の農家数に比例させて三分の一ずつ選んだ。調査農家のサンプリングは次の方法で行なった。各地区とも酪農家を乳牛飼養頭数の大なる順位に並べて一覧表を作り、それを三戸毎にグループ分けし、各グループの中から農協職員の助言を得て一戸を抽出した。抽出された農家数は、栗野地区一五戸、溝辺地区一二戸、宮之城地区一四戸であった。

(二) 調査

1 調査地の概況

調査地の鹿児島における位置は第五図に示されている。また、鹿児島県酪農協同組合の資料を用いて、同県を市町村単位に、昭和四三年から四五年までの三カ年平均の夏季減少率を算出した数値は、同図の市町村名の下に記入

第5図 鹿児島県における市町村別，牛乳生産の夏季減少率



九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

- 注 1. 点で囲まれた地区が調査地。
 2. 資料は鹿児島県酪農協同組合の集乳所別集乳量（昭和43年から45年まで3ヵ年の平均）による。図で空白の所は同農協の集乳量1日当たり300kg以下、またはゼロの地区である。
 3. $\text{夏季減少率} = \frac{\text{最高月の乳量} - \text{夏1ヵ月の乳量}}{\text{最高月の乳量}} \times 100$
 4. 町村名の下に数字は夏季減少率を示す。

されている。同図で白紙の部分は、同農協に加入している農家が存在しない所、あるいは存在していても一集乳所当たりの集乳量が少なくて、夏季減少比率の信頼し得る数値が求められなかった所である。

三地区の夏季減少率は、栗野町七・三%、溝辺町二五・六%、宮之城町三〇・八%である。地区の特徴は、栗野町が山間地帯、宮之城町は水田地帯、溝辺町は前二者の中間的性格の所で畑作地帯である。

2 調査農家の概況

三地区の酪農家の経営形態は大きく異なっている。栗野地区では水田を全然持たない完全な草地専業酪農経営が四戸あり、その他の農家でも水田面積は小さい。

ところが宮之城地区ではその逆で、一戸当たり水田面積は相当大きく、逆に畑が少なく、採草地や放牧地も殆ど皆無である。従って、青刈生草の作付も、栗野地区ではその多くを畑に依存しているけれども、宮之城地区では水田の裏作を利用している。

調査農家の性格を見るために、主要な経営概況を示すと第一表の通りである。乳牛飼養頭数は一戸平均九・八頭である。鹿児島県庁の資料で⁽³⁾同県平均を見ると、昭和四四年一二月現在一戸平均五・〇頭（二年以上のみ）であるから、調査地は県内でも特に多頭化が進んでいる地域である。

調査農家一戸平均の労働力は、年間一〇〇日以上自家農業に従事する者男女合わせて二・五人である。経営耕地面積は一八二・八アール、そのうち水田が五六・二アール、残り一二六・六アールが普通畑と樹園地であるが、樹園地は極めて少なく、僅か五戸が平均三二アールを有しているにすぎない。耕地以外の土地利用を見ると、草刈生草や牧草を提供する採草地または放牧地は、一戸平均約五〇アールである。しかしこれは殆ど栗野地区に限られて

第1表 調査農家の概況

調査地区	乳牛飼養規模	調査農家数	乳牛飼養頭数 (成牛のみ)	労働力 (年間の100日以上使 事する者)	経営土地面積				主な機械			
					耕 地		耕地以外の土地利用		耕 作 機		牛乳冷却機	
					水田	普通畑・ 園地	小計	探査地・ 放牧地	山林・ 原野	小計	耕 作 機	牛乳冷却機
栗野地区	A(1~4頭)	戸	頭	人	テール	テール	テール	テール	テール	テール	台	台
	B(5~8頭)	1	3.0	2.0	10.0	140.0	150.0	0	30.0	30.0	1.0	1.0
	C(9~14頭)	3	6.7	3.0	66.7	156.7	223.4	33.3	380.0	413.3	1.0	1.0
	D(15頭以上)	6	11.3	2.6	52.8	151.7	204.5	103.3	1,171.6	1,274.9	0.7	1.7
	小計	5	18.2	3.2	30.0	151.1	181.0	246.0	198.0	444.0	1.2	2.0
溝辺地区	A(1~4頭)	戸	頭	人	テール	テール	テール	テール	テール	テール	台	台
	B(5~8頭)	1	12.1	2.8	45.1	151.7	196.8	130.3	612.7	743.0	1.2	1.0
	C(9~14頭)	2	4.0	2.0	16.0	85.0	101.0	0	70.0	70.0	1.0	1.0
	D(15頭以上)	4	7.0	2.3	24.0	155.3	189.3	0	150.0	150.0	0.8	1.0
	小計	6	11.7	2.5	35.3	177.5	213.0	9.2	271.7	280.9	1.0	1.5
宮之坂地区	A(1~4頭)	戸	頭	人	テール	テール	テール	テール	テール	テール	台	台
	B(5~8頭)	2	8.8	2.4	28.4	158.0	186.4	4.6	197.5	202.1	1.0	0.8
	C(9~14頭)	4	6.6	2.3	99.9	51.3	151.2	0	78.9	83.3	1.0	0.7
	D(15頭以上)	9	11.2	2.2	77.6	111.8	189.4	0	108.0	108.0	1.2	1.2
	小計	5	8.2	2.3	91.9	72.9	164.9	2.9	89.3	92.2	1.1	1.1
合 計	41	403	102	2,305	5,192	7,497	2,045	12,819	14,864	4.4	29	8
全 平均	-	9.8	2.5	56.2	126.6	182.8	49.9	312.6	362.5	1.1	0.6	0.2
												55
												1.3

注 1. 成牛とは年令1年8ヵ月以上の牛である.

2. 乳牛飼養頭数1戸平均9.8頭のうち、経産牛は9.0頭であった.

いる。

農家が所有している主要な農業用機械類を見よう。耕耘機は一戸当たり一台の所有である。耕耘機をその馬力によって小型（一〇馬力以下）、中型（一〇～二〇馬力未満）、大型（二〇馬力以上）に分けると、栗野地区では大型三台、中型一〇台、小型四台であり、溝辺地区では小型のみ一二台、宮之城地区では中型一台、小型一四台である。トラックとミルカーも、耕耘機の場合と同じように三地区で同様な所有傾向を示している。牛乳冷却機の導入はまだ少ない。

(三) 畜舎の気温と夏季産乳量比率

調査農家から得られた畜舎内の春と夏の気温、夏季の実際の産乳量、夏季標準産乳量および夏季産乳量比率は、第二表に示すとおりである。調査地の春の気温は、ミゾリー大学が定めた快適気温の範囲と比較して、宮之城地区はやや高いけれども、栗野と溝辺地区はちょうど合致している。またこの期間は、年間を通じて季節別に牛乳出荷量を見た場合に出荷量が最高となる時期でもある。

注(1) 岡本正幹他「乳牛の耐暑性の遺伝に関する統計的研究」の第二報、「九州における高等登録検定の記録による産乳量の季節変動」(『九州大学農学部学芸雑誌』第二〇巻第二号、昭和三八年)二〇一頁の第三表(b)南九州を参照。乳牛のサンプル数は二二三頭である。

- (2) 岡本正幹「乳牛の選抜——量的形質に関する統計遺伝的考察——」(『畜産の研究』第一三巻第九号、一九五九年)。
- (3) 鹿児島県畜産課「鹿児島県の酪農」(昭和四五年四月)。

第2表 調査地における気温と夏季産乳比率

	4月24日～5月23日			7月25日～8月23日			夏季標準 産乳量 (A) kg	夏季実測 産乳量 (B) kg	夏季産乳 比率 $\frac{B}{A} \times 100$ %
	最高気温 度	最低気温 度	平均気温 度	最高気温 度	最低気温 度	平均気温 度			
栗 野 地 区	A 19.0	11.5	15.3	28.7	21.9	25.3	718.5	504.5	70.2
	B 21.4	12.5	17.0	30.4	22.3	26.4	2,721.5	2,191.9	79.6
	C 21.7	13.7	17.7	29.5	22.0	25.8	3,781.5	3,264.5	85.9
	D 21.0	13.6	17.3	28.6	21.8	25.2	6,252.5	6,786.9	108.2
平 均	21.2	13.3	17.3	29.3	22.0	25.7	4,189.0	4,040.1	91.0
溝 辺 地 区	A 21.6	15.4	18.5	28.9	24.3	26.6	1,949.3	1,083.7	54.6
	B 23.1	15.8	19.5	31.6	23.9	27.8	2,771.2	1,997.1	75.6
	C 21.1	14.6	17.9	28.8	19.9	24.4	4,365.3	3,184.0	72.9
	平 均	21.8	15.1	29.8	22.0	25.9	-	-	-
宮 之 城 地 区	B 22.0	13.6	17.8	31.2	23.6	27.4	2,327.1	1,827.0	77.8
	C 21.5	14.6	18.1	31.5	19.0	25.3	3,226.7	2,503.5	60.4
	平 均	21.8	13.9	17.9	21.9	26.6	2,648.4	2,068.6	71.6
全 平 均	21.6	14.0	17.8	30.9	22.0	26.5	3,441.1	2,898.1	78.5

注. 調査は昭和45年である.

三 分 析

(一) 夏季産乳量比率の説明要因推計モデル

分析の焦点は、第二表に示した夏季産乳量比率に影響を及ぼしている要因を、調査で得たデータの中から発見することである。同比率は、先に述べたように夏季減少比率と逆の関係にあるから、夏季の産乳量を増加させる要因として同比率に影響する要因を発見することは、同時に夏季産乳量の減少を阻止する要因を発見することでもある。先ず調査農家四一戸の経営調査資料を基に、夏季産乳量比率に直接または間接に影響していると推測される要因全部をとりだした。それらは全部で一三箇に達した。これらの変数は次に行なう計算にそのまま使うので、変数を示す記号 X に添字番号を与えて次のタームに整理した。

X_1 ……畜舎の最高気温。昭和四五年夏、つまり七月二五日から八月二三日まで牛舎内で計測した三〇日間の平均。

単位、摂氏・度。

X_2 ……畜舎が建っている土地の標高。単位、メートル。

X_3 ……水田率。調査農家の耕地面積に対する水田面積の割合。単位、パーセント。

X_4 ……経営耕地面積。単位、アール。

X_5 ……乳牛飼養頭数規模。牛の年令一年八ヵ月以上を成牛として、その飼養頭数。単位、頭。

X_6 ……畜舎の一頭当たり床面積。畜舎の建坪延面積を、成牛一頭当りに換算したもの。単位、坪。

X_7 ……運動場一頭当たり面積。畜舎のわきにある牛の運動場および放牧地を合わせた面積で、成牛一頭当たりの

変数間の相関々係

X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
1.000									
0.617	1.000								
-0.037	-0.113	1.000							
0.272	0.538	0.134	1.000						
0.123	-0.112	0.258	0.196	1.000					
0.017	0.251	0.176	0.296	0.123	1.000				
-0.170	-0.150	0.083	-0.106	0.042	-0.161	1.000			
0.143	-0.004	-0.014	-0.103	-0.153	0.357	-0.250	1.000		
0.058	0.094	0.421	0.212	0.248	0.314	-0.089	0.190	1.000	
0.110	0.220	-0.171	-0.168	-0.068	0.206	-0.009	0.223	-0.131	1.000

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

割合で換算したもの。放牧地は改良牧草地と未改良地の両方を含む。単位、坪。

X_8 ……青刈生草作付延面積を一頭当りに換算した面積。

水田と畑の両方に作付された青草の延作付面積で、成牛一頭当りに換算したもの。単位、アール。

X_9 ……夏季一日当たり青草給与量。昭和四五年七月二五日

から八月二三日までの三〇日間に、成牛一頭当りに与えた青草およびサイレージ給与量の平均日量。単位、キログラム。

ログラム。

X_{10} ……濃厚飼料給与量。 X_9 と同じ期間にわたり成牛一頭当りに与えた濃厚飼料給与量の平均日量。単位、キログラム。

X_{11} ……乳牛の年齢五年未満の牛の数の比率。飼養されている成牛頭数のうち、昭和四五年八月二三日現在において、年齢五年未満の頭数の比率。単位、パーセント。

X_{12} ……雑種牛比率。乳牛の資質を表わす変数。飼養されている飼牛頭数のうち、日本ホルスタイン協会に登録され

第3表 変数の平均値と

要 因	単 位	平 均	X_1	X_2	X_3
最 高 気 温 X_1	(摂氏・度)	30.198	1.000		
標 高 X_2	(m)	241.902	-0.719	1.000	
水 田 率 X_3	(%)	30.349	0.494	-0.761	1.000
経営耕地面積 X_4	(a)	193.829	-0.234	0.376	-0.221
飼養頭数規模 X_5	(頭)	9.829	-0.262	0.529	-0.440
畜舎床面積 X_6	(1 頭当たり・坪)	3.622	-0.208	0.139	-0.042
運動場面積 X_7	(1 頭当たり・坪)	81.120	-0.600	0.616	-0.296
青刈作付面積 X_8	(1 頭当たり・a)	39.393	-0.319	0.410	-0.283
生 草 給 与 量 X_9	(1 頭当たり・kg)	54.073	-0.078	0.417	-0.315
濃厚飼料給与量 X_{10}	(1 頭当たり・kg)	5.834	-0.065	-0.027	-0.103
5 年未満牛比率 X_{11}	(%)	45.788	0.201	-0.014	-0.085
雑 牛 比 率 X_{12}	(%)	36.180	-0.258	0.508	-0.583
気 温 格 差 X_{13}	(度)	7.120	0.668	-0.218	0.167

第4表 夏季産乳量と変数との相関係数

要 因	相関係数
最 高 気 温 X_1	-0.409
標 高 X_2	0.450
水 田 率 X_3	-0.236
経営耕地面積 X_4	0.389
飼養頭数規模 X_5	0.654
畜舎床面積 X_6	0.145
運動場面積 X_7	0.407
青刈作付面積 X_8	-0.007
生 草 給 与 量 X_9	0.032
濃厚飼料給与量 X_{10}	0.117
5 年未満牛比率 X_{11}	-0.011
雑 牛 比 率 X_{12}	-0.019
気 温 格 差 X_{13}	0.007

ていない牛の頭数の比率。単位、パーセント。
 X_{13} ……畜舎の気温格差。 X_1 と同じ期間、同じ方法で計測した
 一日の最高と最低気温の格差の三〇日間平均。単位、摂氏
 ・度。
 調査資料について、これらの要因の基本的性格を知るため
 に変数の平均値と変数間の相関々係を見たのが第三表であり、
 夏季産乳量と変数との相関々係を見たのが第四表である。
 これら一三箇の変数のうち、いずれが強く夏季産乳量に影

表5 主成分推計結果表

要 因	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分	第6主成分	第7主成分	第8主成分	第9主成分	第10主成分	第11主成分	第12主成分	第13主成分
最高気温 X_1	-0.385	0.308	0.191	0.197	0.071	-0.037	-0.010	-0.257	-0.057	0.087	-0.385	0.639	0.204
標高 X_2	0.471	0.006	-0.023	0.083	-0.087	-0.001	0.145	-0.003	0.049	-0.032	0.593	0.540	0.310
水田率 X_3	-0.387	-0.019	-0.088	-0.222	0.448	0.197	-0.086	0.179	-0.108	0.379	0.311	-0.129	0.495
経営耕地面積 X_4	0.222	0.306	-0.311	0.016	0.262	-0.505	-0.296	0.244	0.193	0.416	-0.053	0.118	-0.251
飼養頭数規模 X_5	0.290	0.382	-0.355	0.109	0.001	0.122	-0.226	-0.198	0.117	-0.283	-0.252	-0.287	0.536
畜舎床面積 X_6	0.137	-0.231	0.402	-0.016	0.457	0.112	-0.602	0.013	0.189	-0.353	0.014	0.125	-0.071
運動場面積 X_7	0.356	0.025	-0.210	-0.124	0.233	0.458	0.015	0.075	-0.623	0.083	-0.244	0.193	-0.226
苜蓿作付面積 X_8	0.211	-0.215	0.173	0.280	0.491	-0.344	0.523	0.146	-0.080	-0.096	-0.250	0.132	0.225
生草給与量 X_9	0.218	0.289	0.375	0.024	0.005	0.494	0.234	0.201	0.496	0.337	-0.138	-0.081	-0.058
濃厚飼料給与量 X_{10}	0.036	-0.287	-0.044	0.697	-0.282	0.138	-0.297	0.407	-0.117	0.196	-0.074	-0.012	0.135
5年未満牛比率 X_{11}	0.007	0.396	0.379	-0.260	-0.237	-0.204	-0.080	0.580	-0.323	-0.244	-0.016	-0.030	0.163
雑牛比率 X_{12}	0.296	-0.028	0.449	-0.016	-0.139	-0.195	-0.211	-0.464	-0.307	0.469	0.018	-0.246	0.136
気温差 X_{13}	-0.142	0.246	0.096	0.247	0.242	0.073	0.047	-0.138	-0.211	-0.150	0.455	-0.220	-0.306
固有値 λ_k	3.989	2.059	1.644	1.103	0.964	0.865	0.798	0.637	0.386	0.240	0.148	0.083	0.083
$\sqrt{\lambda_k}$	1.997	1.435	1.282	1.050	0.982	0.930	0.893	0.798	0.622	0.490	0.385	0.288	0.287
λ_k の寄与率	0.307	0.158	0.126	0.085	0.074	0.067	0.061	0.049	0.030	0.018	0.011	0.006	0.006
同上の累積	0.307	0.465	0.592	0.677	0.751	0.817	0.879	0.928	0.957	0.976	0.987	0.994	1.000

第6表 主成分別にみた変数の寄与率

要 因	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分	寄与率 の合計
最 高 気 温 X_1	59.15	19.53	6.01	4.29	0.49	0.12	89.59
標 高 X_2	88.44	0.01	0.09	0.77	0.73	0.00	90.04
水 田 率 X_3	59.75	0.08	1.27	5.43	19.40	3.36	89.29
経 営 耕 地 面 積 X_4	35.82	19.25	15.92	0.03	6.60	22.07	99.69
飼 養 頭 数 規 模 X_5	29.98	33.47	20.68	1.32	0.00	1.29	86.74
畜 舎 床 面 積 X_6	7.53	10.96	26.62	0.03	20.19	1.09	66.42
運 動 場 面 積 X_7	50.67	0.13	7.25	1.70	5.23	18.17	83.15
青 刈 作 付 面 積 X_8	17.75	9.47	4.93	8.66	23.22	10.25	74.28
生 草 給 与 量 X_9	18.99	17.20	21.10	0.07	0.00	23.12	80.48
濃 厚 飼 料 給 与 量 X_{10}	0.52	17.02	0.32	53.54	7.68	1.65	80.74
5 年 未 満 牛 比 率 X_{11}	0.02	32.25	23.58	7.46	5.42	3.61	72.34
雑 牛 比 率 X_{12}	34.90	0.17	33.14	0.03	1.85	3.29	73.38
気 温 格 差 X_{13}	8.09	29.89	1.51	26.97	5.63	0.46	72.55

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

響しているかを見いだすために、最終的には線型回帰方程式を計測するのであるが、その準備過程の作業として、主成分分析法を用いた。同法によれば、この場合相当数の独立変数をそれよりも少ない数の幾つかのグループに分類して表現することができ、それがうまく適応されれば、原資料の性格をそこなうことなく、独立変数の数を減ずるのに役立つ。

主成分を計算した結果は第五表に示すとおりである。同表は主成分の固有値の高い順位に左から右へ第一主成分から第三主成分まで並んでいる。各主成分の寄与率は固有値合計 λ_k に対するその成分の固有値の占める割合である。寄与率の累積は第一主成分から始めて順次各成分の寄与率を累積したものである。寄与率は第一主成分から第六主成分まで、全体の八一・七%を占めている。ここでは第六主成分までを採用し、第七主成分以下は固有値が小さいので切り捨てた。

第五表をもととして、同表で採用した六箇の主成分について、各主成分の寄与率を変数別に見たのが第六表である。第一から第六主成分までに、 X_i を除いて、各変数とも九九%か

ら七二%以上の寄与率を占めている。同表を用いて、各主成分の構成の中から寄与率が高い変数を、その主成分の性格に応じて取り出してみよう。

第一主成分……最高気温、標高、水田率、運動場面積、経営耕地面積、青刈作付面積

第二主成分……飼養頭数規模、五年末満牛比率

第三主成分……雑牛比率

第四主成分……濃厚飼料給与量

第五主成分……畜舎床面積

第六主成分……生草給与量

各主成分について取り出された変数をもとに、それらの変数から構成される内容をグループとして、できるだけ忠実に表現することが出来る因子におきかえてみよう。たとえば、第一主成分で選ばれた五箇の変数は、農家の酪農部門の自然立地条件として総括し得るものであるから、自然立地因子とする。第二主成分で選ばれた二つの変数は明らかに酪農部門の飼養頭数規模に関係するものであるから、乳牛飼養規模因子とする。第三主成分は変数一箇だけ選ばれたので、その変数をそのまま因子とする。このようにして各主成分を次の因子で表わした。

第一主成分……自然立地

第二主成分……乳牛飼養規模

第三主成分……雑牛比率

第四主成分……濃厚飼料給与量

第五主成分……畜舎床面積

第六主成分……生草給与量

さて次は上記の各因子を計測可能な変数でおきかえることである。六箇の主成分のうち、第三、四、五、六はもともと一箇しかなかった変数をそのまま因子におきかえたのだから、そのまま変数にもどせばよい。問題は第一および第二主成分である。第一主成分に選ばれた六箇の変数について、前掲第三表で変数間の相関々係を見ると、青刈飼料作付面積は棄却率5%以下であるが、他はいずれも棄却率1%以下の高い水準で有意である。従って第一主成分は六箇の変数のうちいずれか一つの変数を取り出すことによって、他をも代表させることができるわけで、ここでは最高気温を選んだ。第二主成分についても同様な検討をしてみると、飼養頭数規模と五年未満牛比率の間の規模係数はマイナス〇・〇〇四で、全く相関々係は認められず、互に独立な変数が結びついている因子であるから、両方を取り上げることにした。

かくして変数一三箇のうち、回帰分析に用いられる変数は次の七個である。

最高気温(X_1)、飼養頭数規模(X_2)、五年未満牛比率(X_{11})、雑牛比率(X_{12})、濃厚飼料給与量(X_{10})、生草給与量(X_9)、畜舎床面積(X_6)

計測モデルとしては左のような線型回帰方程式を用いた。調査農家数は四一戸であるが、計算に用いたデータ数は四〇戸分である。

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_6 + eX_9 + fX_{10} + gX_{11} + hX_{12} + \mu$$

ここで Y ……1農家当たり夏季産乳量比率、単位、パーセント

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}$ …前述した変数

a, b, c, d, e, f, g, h …推定すべきパラメーター

μ …確率誤差

(三) 計測結果

計測結果は次のとおりである。

$$Y = 46.2936 - 2.7040X_1 + 2.4242X_2 + 2.5783X_3 - 0.1907X_4 + 1.5138X_5 + 0.1826X_6 - 0.1314X_7 + \dots \quad (1)$$

(12.3393) (1.1959) (0.4077) (1.0861) (0.1566) (0.9093) (0.1081) (0.0662)

$$R^2 = 0.7960$$

$$Y = 46.7003 + 0.0333X_1 + 2.1204X_2 + 3.1000X_3 - 0.2963X_4 + 1.4179X_5 + 0.1895X_6 - 0.1879X_7 + \dots \quad (2)$$

(11.6399) (0.0147) (0.4620) (1.0815) (0.1624) (0.9118) (0.1088) (0.0757)

$$R^2 = 0.7962$$

注: () は標準誤差, * は有意水準1%, * は同5%, † は同10%, †† は同20%

(1)式は前節で行なった主成分分析によって選抜された変数のみを用いた計測結果である。だが前節で見たように、第一主成分については、自然条件因子を表わす変数は最高気温(X_1)だけでなく、標高(X_2)もまた同じ因子内にあり、二つの変数は第三表で見たように相関係数が高い。それで(2)式では X_1 の代わりに X_2 を代入して計測を試みた。

方程式のあてはまりは良好である。前節の主成分分析の過程で第六主成分まで採用して全情報量の八一・七%を得ていたから、決定係数 $0 \cdot 八$ に近い推計結果は満足すべきものである。

四 考 察

調査農家の資料を用いて夏季産乳量に影響する諸変数を選定し、影響する程度の測定を前章で行なった。本章では計測結果を考察し、更に関連する文献や農村の先進農家の事例を見ながら、夏季産乳量を増大させる方策を検討してみよう。

(一) 変数の考察

推定式は従属変数(Y)が比率で示されているので、独立変数が影響する程度を量として理解するためには多少の暗算を施さなければならぬ。それで一見して影響の程度が読みとれるように、パラメーターを基に影響の程度を夏季産乳量とその販売金額に換算して第七表および第八表に示した。第七表は、推定式を基に各変数の投入量に対応する夏季産乳量を示し、更にその乳量を乳価で評価した。たとえば調査農家の平均農家(成牛九・八頭、夏一カ月の産乳量二、九七一キログラム)を基にして、変数最高気温は、平均三〇・二度より一度下降する毎に、一農家当たり夏季一カ月の産乳量は九五・五キログラム増加し、その価額は鹿児島における昭和四四年夏の乳価(一キログラム当たり五〇円八六銭)で評価すると四、八五五円に相当する。乳量の増加分九五・五キログラムは、農家の夏一カ月の平均産乳量の三・二二%に相当する。そして第八表に続き、調査農家の最高気温の分散の幅は二五・六度から三三・四度であるから、最高気温を変化させる場合の考察は、三〇・二度を基準にその分散の範囲内で有効である。この範囲は、乳量で表わせば二、九七〇・五キログラムプラス四三九・三キログラムからマイナス三〇五・

第7表 夏季産乳量に寄与する変数の大きさ

	平 均	乳量に対 する寄与	乳量を乳 価で評価 した額
		kg	円
最高気温、1度の変化	30.2度	95.5	4,855
標高、100mの変化	241.9m	117.7	5,984
飼養頭数規模、1頭の増減	9.8頭	85.6	4,352
畜舎床面積、1頭当たり1坪の増減	3.6坪	91.0	4,629
生草給与量、1頭1日当たり増減	54.07kg	6.7	342
濃厚飼料給与量、1頭1日当たり	5.83kg	53.4	2,718
5年末満牛の比率、10%の変化	45.8%	64.5	3,278
雑牛比率、10%の変化	36.2%	46.4	2,359

注 1. 鹿児島県における県酪産段階の乳価は、昭和44年夏季(7,8,9月)平均1キログラム当たり50円86銭であった。

2. 調査農家は、平均夏季産乳量3,527.2キログラム、実際の平均産乳量2,970.5キログラム、平均産乳量比率84.2%である。

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

第8表 変数が夏季産乳量に影響を及ぼす範囲

	平 均	データの 分散の 範囲	産乳量の幅	販売価格の幅
			kg	円
最高気温 (1℃の変化)	30.2度	25.6 ~33.4	2,970.5 { + 439.3 - 305.6	151,080 { +22,343 -15,543
標高 (100m当たりの変化)	241.9m	750~42	同 上 { +598.0 -235.3	同 上 { +30,416 -11,966
飼養頭数規模 (1頭当たりの増減)	9.8頭	3~24	同 上 { +1,215.5 -582.1	同 上 { +61,821 -29,605
畜舎床面積 (1頭当たりの1坪の増減)	3.6坪	1.4~9.3	同 上 { +518.7 -200.2	同 上 { +26,381 -10,182
生草給与量 (1日1頭当たり1kg増減)	54.07kg	23~75	同 上 { +140.9 -207.2	同 上 { +7,166 -10,638
濃厚飼料給与量 (1日1頭当たり1kg増減)	5.83kg	1.0 ~11.5	同 上 { +302.8 -257.9	同 上 { +15,399 -13,118
5年末満牛比率 (10%当たりの増減)	45.8%	0.0 ~75.0	同 上 { +188.3 -295.4	同 上 { +9,579 -15,025
雑牛比率 (10%当たりの増減)	36.2%	0.0 ~100.0	同 上 { +296.0 -168.0	同 上 { +15,056 -8,543

第9表 独立変数が決定係数 (R^2) に寄与する値とその偏決定係数

	最 気 X_1	高 温 濕 度 X_2	飼 養 頭 数 規 模 X_5	畜 床 面 積 X_6	舍 積 生 産 量 X_9	草 量 給 与 量 X_{10}	濃 飼 料 量 X_{11}	5 年 満 期 比 率 X_{12}	雑 比 率 X_{12}
該当する変数を除いた 場合の R^2 の値	0.7583	0.7583	0.6513	0.7543	0.7852	0.7758	0.7752	0.7672	
R^2 に寄与する値	0.0379	0.0379	0.1449	0.0419	0.0110	0.0204	0.0210	0.0290	
偏決定係数 r^2	0.1560	0.1568	0.4150	0.1697	0.0503	0.0901	0.0925	0.1237	

六キログラムであり、その価額は一五一、〇八〇円プラス二二、三四三円からマイナ
ス一五、五四三円である。以下各変数について詳細に考察してみよう。

最高気温 (X_1)。予想どおり気温が産乳量に与える影響は大きい。

標高 (X_2)。一〇〇メートル当たり一七・七キログラムの増減は、調査農家の平均
産乳量の三・九六%に相当する。標高の高い土地に立地するということは、低い土地
に立地する農家よりも、それだけで大きな有利性がある。

飼養頭数規模 (X_5)。調査農家の一戸平均乳牛飼養頭数九・八頭のうち経産牛は九・
〇頭である。成牛一頭当たりの増減により一戸当たり夏季産乳量が八五・六キログラ
ム変化することは、一ヵ月分の産乳量の二・八八%に相当する。ただしこの変数の考
察で注意しなければならないのは、前掲第三表に示したように、飼養頭数規模と標高
の相関係数が〇・五二九でやや高いことである。従って、これら二つの変数の回帰係
数の値が大きく現われているのは、両変数間の線型重合の作用が考えられ、両変数個
有の値は推計結果よりやや小さいのではないかと考えられる。

畜舎床面積 (X_6)。一坪の増減に対し乳量九一・〇キログラムの変化は、調査農家平
均乳量三・〇六%に相当する。畜舎の建物の広さは、繋がれている牛と牛との間隔、
通風を通じて畜舎内の気温を左右し、牛の食欲減退に影響を及ぼすものである。乳
牛でも、住居は広い方が快適であるわけで、狭くなるほど健康は害され、夏には産乳

量にまで響くわけである。

生草給与量(X_9)。調査地では主として禾本科のトウモロコシ、ソルゴー、ホトクリ(雑草)が与えられ、その給与量は一頭一日当たり二三キログラムから七五キログラムの幅があったが、推計結果は一頭一日当たり五四キログラム以上多く与えても、牛が食い込むことにはならないことを示唆している。

濃厚飼料給与量(X_{10})。栄養価の高い飼料を多投することは効果がある。この変数は飼養乳牛一頭一日当たり給与量で計算されているから、一戸当たりでは九・八キログラムその一ヵ月分は二九四キログラムである。一ヵ月間これだけの濃厚飼料を増投することによって五三・四キログラムの乳量増加を得る。しかし、濃厚飼料の増投分と泌乳量の増加分を時価で換算してみると、飼料の方がはるかに多額である。従って、現在の飼料と乳価の価格比の下では濃厚飼料多投による収益増は望めない。

五年未満牛比率(X_{11})。この変数は、高年齢の牛よりも若年齢の牛の方が暑熱に対する抵抗力が大きいことを立証している。暑熱が乳牛の受胎に影響する場合、若年齢の牛の方が高年齢の牛よりも被害を受ける程度が少ないことはすでに一章二節で指摘したが、全く同じことが夏季の暑熱についても言える。もちろん年齢五年は一応の目安であって、何年から暑熱の被害を蒙るかは、個体、飼養管理のあり方による。飼養頭数のうち、一頭が五年以下の若い牛におきかえることができれば、一ヵ月当たり六四・五キログラムの乳量増加があり、それは一戸当たり平均産乳量の二・一七%に相当する。

雑牛比率(X_{12})。この変数は日本ホルスタイン牛協会が定めた基準によって乳牛の資質を表わすものである。計測結果は、同協会に登録されている牛の方が、そうでない牛よりも暑熱に対する抵抗力が大であることを示している。

農家が一頭を雌牛から登録牛におきかえれば一ヵ月当たり四六・四キログラムの乳量の増加があり、それは一戸当たり産乳量の一・五六％に相当する。ただし、ここでも問題になるのは登録牛の価格である。登録牛の価格が雌牛の価格よりどの程度の高さであるかによって、雌牛から登録牛におきかえることが収益増に結びつくかが決まる（なお、この変数の計測結果は第四図と矛盾しているように見えるが、そうではない。 X_{12} は乳牛の資質を現わしているが、第四図は牛の泌乳量が多い時期と少ない時期に受ける温度・湿度の影響を表わしているものである）。

(二) 夏季産乳量を増加させる方策

しからば、西南暖地における酪農家は、夏季の暑熱に対していかなる対策を講ずることが夏季の産乳量を増加させる有効な方策になるであろうか。

前節で考察した回帰係数、つまり偏回帰係数の値は、夏季産乳量比率に対して、各独立変数が相対的にどれほど貢献しているかを具体的に示している。次に偏決定係数を計測してそれぞれの変数の相対的重要性を検討してみよう（第九表参照）。何故なら、偏回帰係数の値が大きくても、偏決定係数の値が小さければ、農業経営改善という実践の場で、その実現性が薄いからである。

偏決定係数の値が最も大きいのは、乳牛飼養頭数規模である。次に大きな値が畜舎床面積で、畜舎を広くすることが気温の低下をもたらすという点で容易にうなずける。最高気温と標高は同じ値である。その後は雌牛比率を少なくして高い資質の牛をそろえること、五年未満の若年齢牛をそろえること、濃厚飼料の給与を増すことの順位である。最後に、生草給与量を適正に与えることも示唆している。

特筆すべき点は、標高(X_2)の偏決定係数が 0.1568 であり大きくないことである。雑牛比率(X_{12})、五年未満牛比率(X_{11})、濃厚飼料給与量(X_3)の三変数の偏決定係数を合計すると 0.3063 と標高のそれを大きく上まわる。このことは、畜舎の立地する標高の高い土地よりも、逆に標高の低い土地であっても、牛の資質、年齢、濃厚飼料給与量等が良く組み合わせられて飼養管理されれば、より多くの夏季産乳量を実現し得ることを意味している。

以上の推論は計測結果から導かれたものであるが、しかしその実局面への普及ということになると、前述の推論をそのまま結びつけることはできない。本稿でたちいることのできなかった費用および収益の面を当然問題にしななければならないからである。本稿ではその点にまでは及び得なかった。だが夏季の暑熱対策としていろいろな方法が先駆的農家の工夫で実施され、また研究者によって考察されている。ここではとりあえず、筆者が鹿児島県と高知県で調査した数戸の農家の事例を補論的に記しておこう。ここでは彼等の工夫で独創的な施設を低費用で造り、好成績をあげていた。

A 農家。高知県香美郡土佐山田町。水田酪農家、搾乳牛一三頭。昭和四一年に中古品の室内用ルームクーラー三台を買ってきて、畜舎内の天井に据え付け、地下水をポンプで揚げて運転し、冷却された空気を六台の扇風機で舎内全体に吹きつけている。それにより舎内の気温は、真夏でも舎外より一ないし二度下がる。施設の経費は、クーラー三台の購入代金一二〇、〇〇〇円、扇風機一五、〇〇〇円、ポンプ二、五〇〇円であった。配管と機械の据え付けは自分でやった。その後の稼働費用は電気料が一日約五〇〇円である。

効果は著しく大きい。この施設を導入する以前は、盛夏の産乳量は泌乳能力の約六〇%しかあげられなかったが、導入後は食欲は全然衰えないし、乳量は泌乳能力の九五%を發揮していると思う、と話していた。筆者がこの農家

を訪ねた昭和四六年七月二〇日現在の牛乳出荷量は一日当たり二〇〇キログラムであったから、その三五％は七〇キログラムで、約三、五〇〇円の額である。電気代五〇〇円を支払っても、一日三、〇〇〇円の増収である。

B 農家。鹿児島県出水市。平地畑作地帯、搾乳牛二〇頭。昭和四五年春、自分で考案したルームクーラーを試作し、畜舎に据え付けた。その構造を簡単に説明しよう。畜舎の外側の屋根に近い高い壁に、八〇センチ四方、奥行き一五センチの箱の中に棕櫚の皮を詰め込んで取り付け、地下水（一六度）をポンプで揚げて注ぎ込む。同時に換気扇で外気をその箱に吹きつける。風は棕櫚の間を通過する間に冷却される。その風を、トタン板で作った直径三〇センチの管で畜舎内に導く。管は舎内の牛の頭の高さのところを奥まで通じ、各牛の頭上には直径五センチの穴があいていて、そこから冷却された風が噴出する。

施設費は、換気扇、トタン板、電気配線工事、冷気送風箱等合計六九、〇〇〇円である。経常費は、換気扇をまわす電気料のみで一ヵ月当たり約七〇〇円である。

この装置の運転中は、気温は舎外より二ないし三度低下する。牛は、呼吸の状態が良くなり、流涎が減少し、飼料の食い込み量が増加し、夏バテが防げた。乳量については、前年の据え付け前と比較して、二〇ないし三〇％の増加であった（同農家の経営資料は、全国酪農業協同組合福岡支所『第二回九州酪農青年経営研究発表会報告書』、昭和四六年三月に収録されている）。

C 農家。高知県香美郡土佐山田町。水田酪農家、搾乳牛一九頭。舎内で回転翼八台をまわしているが、それをまわす動力源は二台のモーターだけである。この点がこの農家が工夫したポイントである。その構造は一台のモーターで一本のシャフトを回転し、そのシャフトからベルトで、舎内の天井に取り付けた回転翼をまわし、扇風機と同

じように風を吹きつけている。シャフト一本で四本の回転翼をまわし、それが二組み据えてある。

経費は、モーター、シャフト、回転翼の据付料等八五、〇〇〇円で、經常費としては電気料が一日三五〇円である。効果の点では、前記A、B農家ほど大きくはなかったが、乳牛の食欲は減退せず、従って乳量も平常と余り変わらない、ということであった。

以上紹介した三戸の事例は、防暑対策として安い経費で大きな効果をあげ、特に秀れた方法である。最近、畜舎内に扇風機や換気扇を取り付けることは西南暖地ではすでに一般化して、ここであえてその是非を記述する必要はないであろう。

将来の西南暖地の酪農業の展望として、もう一つ付け加えておきたいのは里山利用方法による経営である。実際にこの経営方式を取り入れている農家は、まだ数少ないけれども、この経営方法の下では夏季の暑熱問題は全く解消されている。すでに好成績をあげている農家の事例が幾つか紹介されているので、本稿では触れないことにする。

注(一) たとえば次のような文献がある。

江本博正『西南暖地の畜舎構造』(昭和三九年)。

G. L. Nelson and G. W. A. Mahoney, *Hot Weather Shelter for Lactating Dairy Cattle*, Oklahoma State University, Agr. Exp. Sta. Bul. T-87, 1961.

(2) 『山地酪農について』(現代経済研究所 昭和四三年) および小林康平「水田酪農の担い手」(農業総合研究所九州支所『研究資料』第二十六号、昭和四五年)。

五 要 約

(一) 西南暖地の酪農業において最も大きな問題点は、飲用乳需要の最も旺盛となる夏季に、牛乳生産は逆に著しく減少することである。本稿の目的は、夏季の牛乳生産量減退について、それが生起する要因を酪農経営と立地条件の面から明らかにし、それを克服する方策を考慮することである。

(二) 分析に用いた資料は、昭和四五年に鹿児島県の三カ所の酪農地帯で延べ四一戸の酪農家を対象とした調査によって得た。主要な資料は、(1)乳牛の「快適気温の期間」に畜舎内で、同年四月二四日から五月二三日までの三日間毎日測定した最高・最低気温と産乳量の記録、(2)夏季の暑熱が最も厳しい七月二五日から八月二三日までの三日間測定した(1)と同一の記録、(3)酪農経営調査である。

(三) 分析の手順は、先ず実際の酪農経営において、夏季の産乳量は、暑熱の影響を受けない場合に泌乳する筈の夏季標準産乳量に比較して、どの程度であるかを前記の資料(1)と(2)を基にして量的に推計した。これを夏季産乳量比率と呼ぶ。次に資料(3)を用いて、夏季産乳量比率に影響していると思われる変数を一三箇選んだ。更に主成分分析法を用いてそれらを七箇の変数に選抜した。最後に一般の線型回帰方程式をあてはめ、七箇の変数が夏季産乳量比率に影響を及ぼしている程度を計数的に把握した。

四 七個の変数とは、最高気温(X_1)、乳牛飼養頭数規模(X_5)、畜舎の乳牛一頭当たり床面積(X_6)、乳牛一頭当たり生草給与量(X_9)、同濃厚飼料給与量(X_{10})、飼養乳牛のうち年齢五年未満の牛の数の比率(X_{11})、同雌牛頭数の比率(X_{12})である。また、最高気温(X_1)と畜舎が立地する標高(X_2)は相関々係が高いので、 X_1 の代わりに X_2 を代入した回

付表1 道府県別の牛乳生産量夏季減少率の推移（昭和39～43年）

（単位：％）

県 名	昭 39	40	41	42	43	合 計	平 均
全 国	10.1	8.4	13.8	14.9	12.4	59.6	11.9
北海道	6.9	7.6	11.1	6.8	8.6	41.0	8.2
青森県	3.7	0.2	4.1	4.8	3.6	16.0	3.2
岩手県	8.8	7.8	9.8	4.0	5.2	26.7	5.3
宮城県	3.1	3.7	16.1	12.0	9.6	44.5	8.9
秋田県	5.2	2.9	6.7	12.1	3.3	30.2	6.0
山形県	11.1	3.2	15.3	3.3	3.5	36.4	7.3
福島県	8.1	3.0	10.2	16.0	8.3	45.6	9.1
茨城県	22.2	20.6	24.2	26.5	23.7	117.2	23.4
栃木県	19.7	10.5	19.4	21.1	17.6	88.3	17.7
群馬県	23.3	24.4	25.7	26.6	26.1	126.1	25.2
埼玉県	20.9	17.3	23.5	22.4	19.9	104.0	20.8
千葉県	19.0	23.8	19.0	24.5	23.4	109.7	21.9
東京都	11.6	9.4	9.8	12.5	12.4	55.7	11.1
神奈川県	7.9	10.0	13.7	13.2	13.1	57.9	11.6
新潟県	14.7	15.6	15.3	18.2	13.4	77.2	15.4
富山県	13.1	16.8	21.8	15.7	18.2	85.6	17.1
石川県	15.9	14.4	12.2	18.1	12.7	73.3	14.7
福井県	16.5	9.6	15.1	15.2	13.9	70.3	14.1
山梨県	13.0	2.5	12.3	13.1	10.5	51.4	10.3
長野県	13.8	4.0	12.4	10.0	6.1	46.3	9.3
岐阜県	15.6	16.9	22.8	23.1	23.2	101.6	20.3
静岡県	20.5	25.1	25.4	22.6	16.9	110.5	22.1
愛知県	20.7	22.2	25.7	25.7	27.3	121.6	24.3
三重県	18.7	27.3	21.0	26.7	26.9	120.6	24.1
滋賀県	18.3	15.7	15.4	20.1	15.1	84.6	16.9
京都府	20.7	22.2	20.3	22.3	19.4	104.9	21.0
大阪府	20.0	10.3	16.4	22.8	14.7	84.2	16.8
兵庫県	21.1	22.1	28.7	31.7	31.4	135.0	27.0
奈良県	22.3	25.5	31.9	26.7	28.5	134.9	27.0
和歌山県	16.3	24.1	16.8	15.6	20.6	93.4	18.7
鳥取県	33.5	25.8	34.9	32.2	28.9	155.3	31.1
島根県	14.5	15.5	25.1	26.9	20.1	102.1	20.4
岡山県	25.0	25.3	28.5	27.4	22.6	128.8	25.8
広島県	14.7	11.4	19.1	17.3	17.7	80.2	16.0
山口県	21.8	20.3	23.9	25.3	26.0	117.3	23.5
徳島県	31.1	35.4	37.0	38.2	38.3	180.0	36.0
香川県	31.3	31.8	32.0	29.5	27.1	151.7	30.3
愛媛県	20.3	22.0	24.7	25.6	24.7	117.3	23.5
高知県	32.0	34.6	31.7	28.7	30.5	157.5	31.5
福岡県	27.4	24.7	32.8	29.7	32.7	147.3	29.5
佐賀県	28.6	33.6	32.7	32.6	28.5	156.0	31.2
長門県	15.0	24.3	25.1	27.7	24.8	116.9	23.4
熊本県	26.1	34.9	37.8	36.0	38.6	173.4	34.7
大分県	18.3	22.5	68.8	26.7	24.1	160.4	32.1
宮崎県	20.4	33.5	42.3	38.1	41.4	175.7	35.1
鹿児島県	19.3	32.4	33.2	23.1	32.3	140.3	28.1

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

一〇

注. 夏季減少率 = $\frac{\text{最高月の乳量} - \text{夏1ヵ月の乳量}}{\text{最高月の乳量}} \times 100$

資料：農林省『牛乳・乳製品に関する統計』，昭和39年から43年まで。

婦式も推計してみた。夏季産乳量比率に対するこれら変数の回帰方程式推計結果はすでに示した第(1)および(2)式のとおりである。

(四) 計測結果の考察から、西南暖地における夏季の産乳量減退に対する対策として次のような知見が得られた。

(1) 夏季の産乳量に量的に大きく貢献している変数は、 X_1 や X_2 で畜舎内の気温を示すものである。西南暖地で夏季の産乳量を上げるためには、防暑対策として通風のよい畜舎という面で充分な配慮がなければならない。

(2) 牛の年齢は五年を基準にして、それより若い方が暑熱に強い。

(3) 日本ホルスタイン協会で定めた基準で、資質の高い牛の方が暑熱に強い。

(4) 濃厚資料は、乳牛一頭一日当たり給与量五・八三キログラムよりもや多く与えることは効果がある。

(5) 青刈生草飼料は、調査地で一般的に給与されているトウモロコシ、ソルゴー、雑草を与える限り、乳牛一頭一日当たり五四キログラム以上給与しても、牛が食い込むことにはならず、従って乳量の増加をもたらさない。

(6) 夏季の産乳量を増加させるという点で標高の低い地域は高い地域に比較して不利であるけれども、それは絶対克服できないことではない。標高の低い水田地帯でも、年齢が若くて、資質の良い牛を選び、適正な飼料を給与すれば標高の高い土地に立地する農家に負けない産乳量をあげることが可能である。

(六) 西南暖地において、すでに先駆的な酪農家は夏季の防暑対策として独創的な工夫をこらし、舎内に経費のかからない簡単な施設を据え付けて大きな効果をあげている。筆者が鹿児島県と高知県下で見た三戸の事例を紹介した。また、本稿では紹介しなかったが、里山利用による酪農経営は、防暑対策の面からも、西南暖地で将来有望な経営方式である。

受胎率の月別，年齢別統計

(単位：頭，%)

5	6	7	8	9	10	11	12
39	51	27	18	21	39	31	40
69	48	33	14	20	44	59	63
60	52	31	33	20	34	50	79
74	86	54	61	67	78	72	114
134	114	95	86	106	117	108	113
136	123	83	78	99	123	119	124
48.8	46.7	39.2	28.9	22.4	36.8	46.8	51.9
23	24	17	6	25	34	32	43
27	36	11	12	19	39	41	56
53	30	19	20	18	34	57	69
64	58	56	64	86	91	79	106
87	88	60	74	106	116	85	100
132	93	77	80	95	135	135	149
36.4	37.7	24.4	17.4	21.6	31.3	43.5	47.3
28	25	10	5	9	18	20	27
41	24	15	7	9	28	33	41
29	29	17	9	7	20	42	46
63	53	31	34	60	68	68	77
36	68	50	51	64	84	73	88
81	78	45	50	73	88	90	110
54.4	39.2	33.3	15.6	12.7	27.5	41.1	41.5
16	10	18	6	6	12	23	33
21	21	6	7	6	22	41	30
31	23	17	9	8	21	32	37
51	32	38	26	44	54	61	86
61	53	31	42	60	70	63	62
84	66	46	34	48	87	74	90
34.7	35.8	35.7	21.6	13.2	26.1	48.5	42.0
106	110	72	35	61	103	106	143
158	129	65	40	54	133	174	190
173	134	84	71	53	109	181	231
437	373	221	146	168	345	461	564
252	229	179	185	257	291	280	383
318	323	236	253	336	387	329	363
433	360	251	242	315	433	418	473
1,003	912	666	680	908	1,111	1,027	1,219
43.6	40.9	33.2	21.5	18.5	31.1	44.9	46.3

九州における夏季牛乳生産量減退に関する要因分析

付表2 乳牛の人工授精による

牛の年齢		年 次	1 月	2	3	4
3 年 未 満	受 胎 数	昭和35年	56	39	49	52
		36	50	49	44	69
		37	52	53	43	41
	種 付 回 数	35	105	102	111	89
		36	99	91	103	122
		37	114	108	107	113
	受 胎 率	3 ヲ年平均	49.7	46.8	42.4	50.0
3 ~ 5	受 胎 数	35	35	30	25	24
		36	34	31	36	32
		37	57	37	35	55
	種 付 回 数	35	91	65	63	58
		36	87	79	83	87
		37	125	108	110	117
	受 胎 率	3 ヲ年平均	41.6	38.9	37.5	42.4
5 ~ 7	受 胎 数	35	35	28	30	28
		36	33	20	26	34
		37	40	35	23	39
	種 付 回 数	35	97	83	74	57
		36	83	60	96	102
		37	108	85	87	92
	受 胎 率	3 ヲ年平均	37.5	36.4	30.7	40.2
7 年 以 上	受 胎 数	35	29	13	15	30
		36	21	22	16	29
		37	32	22	17	31
	種 付 回 数	35	71	38	50	56
		36	62	53	55	66
		37	80	71	73	82
	受 胎 率	3 ヲ年平均	38.5	35.2	27.0	44.1
全 体	受 胎 数	35	155	110	119	134
		36	138	122	122	164
		37	181	147	118	166
		計	474	379	359	464
	種 付 回 数	35	364	288	298	260
		36	331	283	337	377
		37	427	372	377	404
		計	1,122	943	1,012	1,041
	受胎率(%)	合 計 平 均	42.2	40.2	35.5	44.6

注. 受胎率とは $\frac{\text{受胎した牛の延頭数}}{\text{人工授精した牛の延頭数}} \times 100$

資料：愛知県豊橋酪農協同組合の『乳牛人工授精台帳』を整理したものである。

〔附記〕 本研究については、九州大学沢田収二郎教授に大変お世話になった。また鹿児島大学農学部中西喜彦助手からは有益な助言を戴いた。

昭和四五年度假村研究員・辻薩男氏（鹿児島県酪農協同組合酪農部長）には、鹿児島県で行なった酪農家調査および資料収集の際に全面的に御協力を戴いた。記して感謝の意を表する。

（研究員）