めん羊の栄養と生産*

菅 井 一 男**

(岡山大学農学部畜産学科)***

世界を通じ、めん羊の飼育は本質的には牧草に依存し、穀物や他の濃厚飼料を多量に要する乳牛の飼養とは異なっている。収穫された飼料(粗飼料と濃厚飼料)によるめん羊の飼育もある地帯では行なわれているが、このような特種のめん羊の飼育管理は広く一般的には実施されていない。したがってめん羊の生産効率改善の問題は牧草の成長と利用の効率改善の問題となる。飼料利用の効率は本質的には飼料の摂取に対する動物の生産物の生産の比率である。生産の効率の改善は生産物の相対的増加あるいは飼料摂取の相対的減少のいずれかまたは両者からなされる。BLAXTER (1961)¹²⁾ は動物の種々の生産過程の効率を論じているが、species (種) の間、あるいは生産物(乳、肉、羊毛、卵)の間の生産の効率は別として、今回はめん羊の生産の効率に関する問題を取り上げることにする。

めん羊の生産性には繁殖、泌乳、成長、羊毛の成長等が考えられるが、繁殖、泌乳、成長および羊毛の成長を決定する種々の生理作用におよぼす栄養摂取の影響の問題について述べることにする。

1. 栄養と繁殖

ある羊群の繁殖性を決定する雌羊の繁殖の循環過程には、次の4つの主なる面がある。

- (a) 排卵される正常な卵子の数
- (b) 授精される卵子の数
- (c) 生き残って生れる胎児の数
- (d) 成熟時まで成長し、羊群の生産活動(繁殖)に入る仔羊の数

あらゆる時期に損失を招き、種々の要因(病気、栄養、気候等)の相対的な重要性は発育の段階によって異なる。

本稿では栄養の水準がこれらの損失におよぼす影響を問題にする。不適当な栄養は個体の斃死をきたすか生産あるいは繁殖機能をそこなうことになる。

フラッシング(Flushing)

フラッシングはそれが仔羊生産の増加をもたらすものとして、交配前の何週間か雌羊の栄養を増すことを意味する。フラッシングについての明かな定義がないために、研究者によって用いられているフラッシングの処理方法は非常に異なっている。

文献にみられる初期のフラッシングに関する報告の大部分は農民に対する質問書の形での調査に基いたものであり(HEAPE 1899⁴⁵⁾; MARSHALL 1905⁵⁵⁾; NICHOLS 1924⁵⁹⁾, 1926a⁶⁰⁾, 1526b⁶¹⁾; WHITE & ROBERTS 1927¹⁶²⁾, 生体重あるいは飼料摂取についての客観的資料を欠いていた。

多くの研究者は交配前(ある場合には交配期間)雌羊を異なった栄養水準におき、生れる仔羊の数(UNDERWOOD & SHIER 1941⁹³⁾; WALLANCE 1953¹⁶¹⁾; TRIBE & SEEBECK 1962⁹⁴⁾), 平均排卵数(CLARK 1934²⁹⁾; MCKENZIE & TERRILL 1937⁵³⁾; EL-SHEIKH et al. 1955³³⁾; ALLEN & LAMMING 1961⁵⁾)に差異のあることを観察している。観察された繁殖性の差異は不妊の雌羊の数の減少よりも、むしろ多排卵の頻度の差異によるものであることに意見の一致をみている(MCKENZIE & TERRILL 1937⁵³⁾; UNDERWOOD & SHIER 1941⁹³⁾; ALLEN & LAMMING 1961⁵⁾; EL-SHEIKH et al. 1955³³⁾; TRIBE & SEEBECK 1962⁹⁴⁾)。

繁殖性の差は次の場合に見出されている。

(i) “flushed” group と “control” group とが共に体重を減少するが、異なった率で減少する場合(TRIBE & SEEBECK 1962⁹⁴⁾)。

(ii) “flushed” group と “control” group とが共に増体するが、異なった率で増体する場合(EL-SHEIKH et al. 1955³³⁾)

(iii) “flushed” group は増体し、“control” group は

Jap. Jour. Sheep. Sci., No. 2, p. 1~11, 1965

* Sheep Nutrition and Production.

** Kazuo SUGAI

*** Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Okayama University.

重さを維持するかあるいは減少する場合 (UNDERWOOD & SHIER 1941⁹⁵⁾; MCKENZIE & TERRILL 1937⁵³⁾; ALLEN & LAMMING 1961²⁾)

用いられた栄養処理並びに実験技術のちがい、研究されためん羊の品種のちがい、その他の要因のため、種々の実験での絶対的な繁殖性の水準を比較するのは妥当ではない。

フラッシングに対する反応が、体重を増加しつつある動物と同様に、体重を減少しつつある動物で得られた事実は、記録された“flushed” group のどれかが最大の繁殖力に達したかどうかの問題を提起する。種々の研究者により報告された繁殖性の水準は、最適以下の異なった栄養水準に対する最大以下の反応である可能性がある。すでに高いコンディションにあっためん羊では、飼料摂取の増加に対する反応はなにもなかったという CLARK (1934)²⁰⁾ の観察は、この可能性を支持するものである。他の研究者達もまた交配のはじめの生体重と双仔の生産との間の関係 (TRIBE & SEEBECK 1962⁹⁴⁾) および交配時の生体重と仔羊の生産率 (lambing percentage) との関係 (WILLIAMS 1954¹⁰⁴⁾) を記している。

報告された多くの実験は不満足のものであったにもかかわらず、現在では高水準の繁殖性は栄養摂取の水準が高い雌羊、元は普通の体の状態にあったとしても、増体しつつある雌羊およびたとえ体重は減少しつつあるが、交配時に比較的良好な体の状態にある雌羊から得られることが示されている。

栄養と胎児の生存

雌羊の栄養が胎児の生存におよぼす影響についてはほとんど明かな証明がない。FOOTE et al. (1959)³⁵⁾ は妊娠 25 日以降の胎児の損失はめん羊では稀であるというが、一方 EL-SHEIKH et al. (1955)³³⁾ および FOOTE et al. (1959)³⁵⁾ はすべて乾草飼料を与えた初産の雌羊と、穀類を与えて充分に飼った初産の雌羊との間には、胎児の生存には、なんら一定の差異がないことを報告している。これらの実験では栄養的処理群には、妊娠期間中母体の組織に正味の増加があったように思われ、このような条件の下では胎児の損失は起らないようである。

妊娠中の胎児の最も大きな損失は妊娠中毒症 (pregnancy toxæmia) による損失である。その他の栄養の不足の症候による損失は妊娠後期には稀であるように思われる。

分娩時の損失

THOMSON & FRASER (1939)⁹¹⁾ は妊娠期間中 3.6 kg 増体した貧弱に飼った雌羊からの仔羊は生時に活力を欠き、多くのものは哺乳の補助をしなければならなかった

ことを観察している。THOMSON & THOMSON (1949)⁹²⁾ は妊娠末期までに約 1 kg の重さを減ずる (母体組織の 4.5 kg から 5.5 kg までの損失に相当する) ように飼った若いチエビオット雌羊について、生時から生後 4 日以内に単仔については 36%、双仔については 86% の斃死率を観察している。GUYER & DYER (1954)⁴³⁾ は放牧地で補充飼料を与えた雌羊と補充飼料を与えなかった雌羊との間に、生時あるいは生時に近い頃の仔羊の損失にはなんら有意の差を見出さなかった。

ALEXANDER & PETERSON (1961)⁴⁾ は仔羊出生時に shelter (避難所) を与えず、補充飼料も与えなかった雌羊からの仔羊については、40% の斃死率を記録しているが、避難所と必要な場合には仔羊の出生時と人工育成との期間補助飼料を受けた雌羊からの仔羊については、わずかに 20% の仔羊の斃死率を記録している。これらの観察は新生の仔羊の損失の減少には、飼料と温度とが重要であることを明かに証明したものであり、観察された羊群中の損失の原因として、母体要因 (maternal factor) と仔羊の活力の重要性を強調したものである。ALEXANDER, McCANCE & WATSON (1955)²⁾ および ALEXANDER & PETERSON (1961)⁴⁾ は出生直後に斃死した仔羊の平均生体重は、生残った仔羊のそれよりも小さかったことを観察している。SCHINCKEL & SHORT (1961)⁸¹⁾ は損失を防ぐために、かなり努力したにも拘わらず、妊娠期間中貧弱に飼養した 25 頭の雌羊からの仔羊に 20% の損失のあったことを記している。良く飼養した雌羊からの 18 頭の仔羊の間にはなんらの損失もなかったという。

妊娠後期の低栄養は、妊娠中毒症に関連した損失に加えて、新生の仔羊の斃死率の増加をきたすことは疑いない。

雌羊の生存

妊娠後期の不適当な栄養水準は妊娠中毒症による雌羊の斃死をきたすことがあるという (FRASER, GODDEN, SNOOK, & THOMSON 1938⁹³⁾, 1939⁸⁷⁾; GROENEWALD, GRAF, BEKKER, MALAN & CLARK 1941⁴²⁾; CLARK 1943²¹⁾; CLARK, GROENEWALD & MALAN 1943²²⁾; UNDERWOOD, SHIER, & CARISS 1943⁹⁷⁾; THOMSON & THOMSON 1949⁹²⁾; THOMSON 1950⁹⁸⁾; HOLMES 1953⁴⁰⁾; GILL & THOMPSON 1954⁴¹⁾; McCLYMONT & SETCHELL 1955⁵²⁾; REID 1958⁷²⁾)。本病は主として双仔をはらみ、体重を減じつつある雌羊にみられる。特にこの点を調べたデータはないが、体重減少率が体のコンディションの程度よりも一層重要である。すなわち貧弱なコンディションにあるが体重を維持している雌羊は妊

娠中毒症にかからないが、非常に良好なコンディションにあるが、体重を減少しつつある羊は懼り易いように思われる。

PARRY (1956)⁸⁷⁾ は妊娠の初期には増体を制限したが、妊娠後期には濃厚飼料を補充して、高い増体を与えた管理方策を採用してからは、England と Scotland の低地の羊群の妊娠中毒症の発生に著しい減少をみたことを報告している。

2. 栄養と泌乳

乳腺の発達と泌乳の開始

乳腺は分娩時には、低い摂取水準で飼った雌羊よりも、妊娠後期に良く飼った雌羊で大きいという (WALLACE 1948¹⁰⁰⁾; THOMSON & THOMSON 1953⁹⁸⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾)。乳腺の大きさは続いて起こる泌乳と正の相関がある (THOMSON & THOMSON 1953⁹⁸⁾; BURRIS & BAUGUS 1955¹⁷⁾; THOMSON & AITKEN 1959⁹⁰⁾)。McCANCE & ALEXANDER (1959)⁵⁰⁾ は妊娠後期の栄養が泌乳の開始と仔羊による初乳の初期の利用におよぼす影響に関する資料を得るために計画された一連の観察を報じ、妊娠後期の栄養の低水準はいくらかの雌羊に、分娩直後の乳腺に泌乳を欠くに至らしめた。仔羊出産の前日には、よく飼った大部分の雌羊の乳腺には、初乳あるいは正常な乳が存在したが、貧弱に飼ったいくらかの雌羊では、出産後 12 時間初乳は存在しなかったという。これらの研究者達はまた妊娠期間中極端に低い水準の栄養で飼ったメリノ雌羊で、出産後最初の 2 日間は 1 時間 13 ± 3.2 ml の泌乳率、出産後 4~5 日まではわずかに 14.3 ± 3.4 ml の泌乳率を記録した。良く飼った雌羊による泌乳率はのおおの 1 時間 82.3 ± 16.2 ml と 47.9 ± 4.9 ml であった。高摂取の雌羊は妊娠期間中 10 kg 増体したが、低摂取の雌羊は 10 kg を減少したという。

乳の生産

乳の生産を測定するためにもっとも普通に 2 つの方法が用いられている。1 つは oxytocin を処理し、人手あるいは機械搾乳によって乳腺を空にする方法であり、他の 1 つは哺乳の直前と直後に測定した仔羊の重さの変化から乳の生産量を推定する方法である。後者の方法は雌羊が乳を生産する能力のみならず、仔羊が乳を吸う能力をも表わすものである。このことは単仔に哺乳する雌羊に比較して、双仔に哺乳する雌羊の乳の生産が大きいことによって証明される (BONSMA 1939¹³⁾; WALLACE 1948¹⁰⁰⁾; BARNICOAT et al. 1949¹⁰⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾; DAVIES 1958²³⁾; ALEXANDER & DAVIES 1959¹⁷⁾)。

妊娠後期の栄養水準と特に泌乳の初期の週間の乳の量との間には、一致した正の関係が見出されている (WALLACE 1948¹⁰⁰⁾; BARNICOAT, LOGAN & GRANT 1949¹⁰⁾; BARNICOAT, MURRAY, ROBERTS, & WILSON 1956⁹⁾; THOMSON & THOMSON 1953⁹⁸⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾; McCANCE & ALEXANDER 1959⁵⁰⁾)。異なった実験で記録された泌乳水準の比較は、めん羊の品種、行なった栄養処理および泌乳の測定に用いられた技術が異なるために困難とされる。妊娠期間に 10 kg 増体した雌羊の最初の泌乳水準が、10 kg を失ったものと比較して異なっていることはすでに述べた (McCANCE & ALEXANDER 1959⁵⁰⁾)。これらの観察では乳量は下垂体後葉の抽出物の助けをかりて測定された。BARNICOAT et al. (1949¹⁰⁾) は哺乳後の重さの増加から、乳量を推定する技術を用い、妊娠の後期 6 週間におおの 7.7 kg および 2.7 kg 増体した雌羊で 1 時間 71 ml と 50 ml の最初の乳量を記録した。妊娠期間高摂取と低摂取 (H/- と L/-), 泌乳期間高摂取と低摂取 (-/H と -/L) で飼った雌羊の 1 日平均の乳量 (12 週の泌乳期間) は H/H で 1400 ml, L/H で 1250 ml, H/L で 960 ml, L/L で 710 ml であった。このように直接の栄養水準の著しい影響と共に、分娩前の飼養の持続的な影響があった。THOMSON & THOMSON (1953)⁹⁸⁾ は妊娠の第 8 週に始まり、泌乳まで続いた高摂取と低摂取の雌羊からの仔羊により、泌乳の第 5 日から第 9 日までに 1040 ml と 580 ml の乳の消費があったことを記している。

牧草のタイプ、収容頭数、年の差と関連し、雌羊の栄養水準の差を反影したと思われる乳量あるいは仔羊の重さの増加の差もまた報告されている (COOP 1950²⁴⁾; OWEN 1957⁶⁴⁾; PAPADOPOULOS & ROBINSON 1957⁶⁶⁾)。

仔羊の生時体重とその後増体との間に正の関係のあることがしばしば観察されている (BONSMA 1939; UNDERWOOD, SHIER & CARISS 1943⁹⁷⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾; BARNICOAT et al. 1956⁹⁾; BURRIS & BAUGUS 1955¹⁷⁾; THOMSON & THOMSON 1953⁹⁸⁾; THOMPSON 1950⁹⁹⁾)。それからまた仔羊の生時体重と母羊の乳量との間には正の相関の傾向があり (BONSMA 1939¹³⁾; BURRIS & BAUGUS 1955¹⁷⁾; OWEN 1955⁶³⁾; 菅井, 寺本 1958⁸⁶⁾)、これは乳を生産する雌羊の食欲と能力よりも乳を得るための仔羊の食欲と能力を反影するものである。同様に生時体重と成長率との相関も乳量に依存する。偏相関分析の統計的手法を用いて、GUYER & DYER (1954)⁴³⁾, BURRIS & BAUGUS (1955)¹⁷⁾ および OWEN (1957)⁶⁴⁾ は乳量が統計的意味において一定に保たれている場合には生時体重と成長率との間には、なん

らの相関も見出さなかった。THOMSON & THOMSON (1953)⁹³⁾は妊娠と泌乳期間ずっと高摂取の下に維持された雌羊から生れ、育成された仔羊の絶対的な成長率は妊娠後期に低摂取に維持された雌羊から生れ、生時に高摂取の雌羊に哺育された仔羊の成長率と比較して有意の差がなかったことを観察した。

3. 栄養と成長

胎児の成長と生時体重

生時体重自体はほとんど本質的価値をもたず、その価値は仔羊の生存に対する関係 (PHILLIPS 1936, 1937⁶⁹⁾,⁶⁹⁾; THOMSON & THOMSON 1949⁹²⁾; VENKATACHALAM, NELSON, THORP, LUECKE, & GRAY 1949⁹⁸⁾; MOULE 1954⁵⁸⁾; ALEXANDER, McCANCE, & WATSON 1955²⁾, 1956; ALEXANDER & PETERSON 1961⁴⁾), 生後の成長に対する関係 (HAMMOND 1932⁴⁴⁾; DONALD & McLEAN 1935³¹⁾; PHILLIPS & DAWSON 1937⁷⁰⁾; PHILLIPS 1937⁶⁹⁾; BONSMAN 1939¹³⁾; UNDERWOOD, SHEIR, & CARISS 1943⁹⁷⁾; THOMPSON 1950³⁹⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾; BARNICOAT, MURRAY, ROBERTS, & WILSON 1956⁹⁾) および成羊の能力に対する関係 (SCHINCKEL & SHORT 1961⁵¹⁾) にある。

生時体重の差は妊娠期間中の雌羊の栄養の差に関係があるという (UNDERWOOD & SHIER 1942⁹⁶⁾; UNDERWOOD, SHIER & CARISS 1943⁹⁷⁾; WALLACE 1948¹⁰⁰⁾; THOMSON & THOMSON 1949⁹²⁾; BARNICOAT et al. 1949¹⁰⁾; COOP 1950²⁴⁾; THOMPSON 1950³⁹⁾; PAPADOPOULOS & ROBINSON 1957⁶⁶⁾; GUYER & DYER 1954⁴³⁾; SCHINCKEL & SHORT 1961⁵¹⁾)。ほとんど例外なく、栄養水準の増加は生体重の増加と関係があり、その影響は通常単仔よりも双仔に著しい。WALLACE (1948)¹⁰⁰⁾は双仔の生時体重は妊娠 91 日以後の栄養により影響を受け、この時期以前の栄養水準はなんらの影響ももたないことを示している。このことは他の研究者達により特に確認されているわけでもなく、また妊娠後期の短い期間の栄養水準の生時体重におよぼす影響について発表された証明もないけれども、一般的には認められている。

仔羊は妊娠期間の最後の 30% の期間に重さの成長の 70% をとげる。最も広い意味では、妊娠初期のでき事は器官形成に関係があり、妊娠後期のでき事は比較的著しい大きさの増加に関係がある。大きさの増加率は母羊の栄養状態により影響されることは驚くべきことではない。

第 1 表は雌羊の栄養が仔羊の生時体重におよぼす影響について得られた資料を要約したものである (第 1 表)。

栄養処理の差は場合により、ペン中のめん羊の飼養を調整し、あるいは放牧を行なって求められた。技術、品種および栄養水準が種々であるために、広義においてのみ、異った結果を直接に比較することができる。

妊娠期間中の母羊の組織の状態は、ほんの少数の発表された報告でわずかに注目を受けている。CLOETE (1939)²³⁾ と WALLACE (1948)¹⁰⁰⁾ の研究から、分娩時の子宮内容物を空にすることによって重さの損失を推定することができる。分娩時における胎児は液、膜および胎児の重さの約 60% を示す。すなわち 5 kg の重さの単仔の出産には、これに伴い母羊には約 3.3 kg の重さの損失がある。このことは母羊の体重が 8.3 kg 以上まで増加しなければ、妊娠期間中に体組織の正味の損失があることを意味する。ある品種では、妊娠期間中の羊毛の成長が 2~4 kg に達することがあり、組織の状態を妊娠期間中の体重の変化に基づいて推定する場合には、これに対してはさらに追加の補正が必要となる。第 1 表により、報告された高栄養処理の多くは、ほとんど雌羊の体組織に正味の増量をもたらしておらず、低栄養処理の大部分は実質的な損失を招いたことは明かである。高栄養と低栄養の雌羊からの仔羊の生時体重にほとんど差がなかった場合 (GUYER & DYER 1954⁴³⁾; PAPADOPOULOS & ROBINSON 1957⁶⁶⁾) には、低栄養の動物は低栄養処理を含めた他の実験の場合よりも大きな増体 (全重量) をなしたという。

初期の栄養が成熟時の大きさにおよぼす影響

栄養のストレスに対して動物が大きい反撥力をもって、その制限を取除いた後は、動物の能力はきびしい長期の栄養低下から回復することはよく知られている。再び正常な栄養を与えた場合には、成長率は正常よりも大きくなることすらある。この事実はラットに対する研究から OSBORNE & MENDEL (1915)⁶²⁾ により、はじめて報告された。年令に対して正常な成長率より大きい成長率を示す現象は BOHMAN (1955)⁸⁾ により代償成長 (compensatory growth) と呼ばれており、この代償成長は特に離乳後の段階の最適以下の栄養の期間に続いて起こる比較的普通の現象であるようである。それはまた離乳前の期間の維持の栄養水準のめん羊にも観察されている (BASSETT 1960¹¹⁾)。代償的成長と成長の阻止とが、どの程度まで交互的に起こるものであり、相互に排他的現象であるかは決定されていない。

成長期の栄養低下の結果として動物の大きさあるいは体組成を制限する永続性についての文献には、かなりの不一致がみられる。OSBORNE & MENDEL (1915)⁶²⁾ は成長の抑圧の非常に長い期間の後に、ラットはその後そ

第1表 妊娠期間の雌羊の重さの変化に關係する仔羊の生時体重。
 栄養的處理により生じた重さの変化 (SCHINCKEL 1963 による)

研 究 者	雌羊の体重の 変 化 kg	変化を生 じた期間 週	生 時 体 重				生時体重の差	
			単 仔		双 仔		単仔 kg	双仔 kg
			♂ kg	♀ kg	♂ kg	♀ kg		
UNDERWOOD, SHIER & CARISS (1943)	1942 + 0.5 0 から +2.3 まで	4~6 4~6	4.95 4.50	4.60 4.20	4.45 3.35	4.20 2.90	} 0.42	} 1.20
	1943 + 4.1 - 0.5	4~6 4~6	4.90 4.15	4.70 3.90	4.45 3.70	4.15 3.15		
WALLACE (1948)	(1) +14.0 + 0.5 - 6.5	6 6 6			5.0 3.5 2.6			} 1.5 } 0.9
	(2) +18.0 - 4.7	6 6			4.7 3.2			
THOMSON & THOMSON (1949)	+13.5 - 2.2	10 10	4.8 3.8		3.5 2.3		} 1.0	} 1.2
COOP (1950)	試験 A 1946 +12.5 + 3.0	20	4.70 4.55	4.50 4.10	3.80 3.65			
	試験 A 1947 + 9.5 - 1.8	20	4.45 4.30	4.20 4.00	3.80 3.15		} 0.18	} 0.65
THOMPSON (1950)	+ 5.0 - 5.0 変化なし	7 7 7	4.25 3.90 4.45		3.40 3.05 3.45			
BARNICOAT et al. (1949)	+ 8.0 + 2.7	6 6	4.65 4.40		3.80 3.40		} 0.25	} 0.40
GILL & THOMSON (1954)	(1) + 5.9 + 2.7 +11.8 +14.5	11 11 11 11			4.80 4.30 5.05 5.25			
	(2) + 9.1 - 1.0 + 6.8	11 11 11			5.00 3.75 4.90			
GUYER & DYER (1954)	1952 単仔 + 9.1 + 1.4	8 8	5.05 4.70				} 0.35	
	1953 単仔 +11.0 + 4.8	8	5.50 5.45					
	1952 双仔 +10.6 + 2.7	8			4.10 3.40		} 0.70	
	1953 双仔 +11.5 + 5.9	8 8			4.40 4.10			
PAPADOPOULOS & ROBINSON (1957)	+24.5 + 9.1	13 13	5.4 5.4		4.6 4.6		} 0.0	} 0.0
SCHINCKEL & SHORT (1961)	+10.0 -10.0	20 20	3.91 2.57					

の種に特有の充分の大きさに到達できると述べている。OSBORNE & MENDEL によって加えられた制限の期間は離乳後であり、他の研究では、それは離乳前（あるいは出生前）であったけれども、この結論は他の人々によって確認されていない（JACKSON & STEWART 1920⁴⁹；McCAY, MAYNARD, SPERLING, & BARNES 1939⁵¹；SCHULTZE 1955⁵²）。また OSBORNE & MENDEL の結論は実験よりも観察にもとづいたものであった。すなわち彼らのデータは成熟時の平均の重さは、栄養的な成長制限の後に、いくらかの個体が達成されたものであることを証明したものであって、これは不変的にあるいは一般的にそうであることを証したものではなかった。

CRICHTON, AITKEN, & BOYNE (1960)²⁷ は生時から最初の仔牛生産までの異なった育成方法が乳牛の成熟時の体重におよぼす影響について報告し、成熟時の体重のわづか 62% に達した 2 歳令まで、低摂取の下で育成された動物でも、6 カ年で体重については大きな減少は見出されなかったという。BANE (1954)⁷ は 1 カ月令と 8 カ月令との期間制限された飼料摂取の下で育成された雄牛の成熟時の体重に小さい低下を観察した。

COOP & CLARK (1955)²⁶ はニュージーランドでコリデール種雌羊での野外試験で、12 カ月令で 13.5 kg の体重の差（その中の 10 kg は離乳後の処理の結果によるものであった）は、その後すべての羊を有利な環境のもとで約 20 カ月間放牧した場合には取除かれたことを観察している。しかしさらにその後の試験では、3 カ月から 18 カ月令までの栄養処理の結果として、17 kg の体重の差があった 2 群の雌羊の間に、2.3 kg の体重の差が 5 歳令でなお存在したという。DONALD & ALLDEN (1959)³⁰ は離乳後の期間に体重を減じた栄養処理はメリノ去勢羊の成熟時の体重あるいは生産性を減じなかったことを観察している。

妊娠期間を通じ、雌羊の栄養摂取が嚴重に調整せられ、また人工育成によって仔羊の栄養摂取が調整された SCHINCKEL & SHORT (1961)⁸¹ による実験（第 2 表）では、生前の期間の母羊と生時から 16 週までの仔羊の栄養低下が体重に永久的影響をおよぼしたという。第 2 表の結果は舍内飼育の条件下で得られたものであり、低摂取の水準は斃死率の低い野外飼育の条件下で得られるものよりも、ずっと低かったものと思われる。その後野外飼育の条件下で SCHINCKEL & LAMBOURNE (1963)⁸⁰ により実験が行なわれたが、その結果を示すと第 3 表の通りである。処理群の間の差の大きさは pen での実験の場合よりも小さいが、その影響はすべて同じ方向にある。なお出生前の低摂取群の中生後の種々の發育

第 2 表 生前と生後初期（生時から 16 週まで）に異なった栄養処理により影響を受けた体重—pen での実験（SCHINCKEL & SHORT 1961 による）

処理 ¹⁾	生時体重 (kg)	16週の体重 (kg)	108 週の体重 ²⁾ (kg)
H/H	3.9±0.44	18.6±0.77	53.2±2.08
H/L		10.3±0.28	48.1±1.23
L/H	2.25±0.29	15.8±0.70	48.5±1.58
L/L		8.6±0.45	44.3±1.45

1) 高摂取 (H) と低摂取 (L) は妊娠期間を通じ、雌羊に、また生時から 16 週間まで仔羊に対し、行われ、すべての動物は 16 週から高摂取とした。

2) 108 週以後の体重の変化は主として直接的栄養供給の差としての体のコンディションの変化によるものであった。羊群の差の順位或は大きさにおいては 3 1/2 才令まで変化はなかった。

第 3 表 生前と生後初期（生時から 37 週まで）の栄養処理により影響を受けた体重—野外実験（SCHINCKEL 1963 による）

処理 ¹⁾	生時体重 (kg)	37週の体重 ²⁾ (kg)	59週の体重 (kg)
H/H	3.8	30.5	44.6
H/L		19.7	40.1
L/H	3.2	30.0	42.4
L/L		18.0	38.7

1) H/ と L/- は妊娠期間中の高、低栄養水準をいう。

-/H と -/L は生後初期の期間の高、低栄養水準をいう。

2) 異なった処理の期間の終り。

段階に存在する動物は、生時体重の小さい仔羊の斃死率が高い結果として、選ばれたものであり、かたよったものである。

野外実験での群では、生前 L/- 処理群で生れたすべての仔羊の平均生時体重は 3.2 kg、生時にあるいは生後数回以内に死んだ仔羊の平均生時体重は 2.9 kg であり、このかたよりはペンでの実験では生じなかったという。

明かに体重の小さい仔羊の出生に導く妊娠後期の雌羊の低栄養あるいは生時から約 16 週までの期間の仔羊の低栄養は、めん羊の成熟時の体重に永久的制限を加えることになる。上のデータでは、成熟時の体重の生後初期の体重に対する関係を量的に明確に表わすことはできない。ここに引用した pen での実験では、成熟時の体重の約 10% の差は、4 カ月令以前の栄養処理の差の結果として得られ、生前と生後の処理両者の差は成熟時の体重に約 20% の差を生じた。また生前と生後の処理の効果は相加的なものであった。

生後初期の体組成については、豚 (McMEKAN 1940⁵⁴；POMEROY 1941⁷¹)、めん羊 (VERGES 1939⁹⁰；WALLACE 1948¹⁰⁰；PALSSON & VERGES 1952⁸⁵)、鶏

(WILSON 1954)¹⁰⁵⁾ および山羊 (WILSON 1958)¹⁰⁶⁾ について広汎な研究がなされているが、生後初期の栄養低下が成熟動物の体組成におよぼす影響について発表された報告はない。すべての研究は体の異なった組織、器官および部分は差別的な影響を受けることを証明している。発達のおそい組織—特に脂肪—は慣習的に受けいれられている正常な屠殺の年令および重さの限界内では、制限された栄養により最も不利な影響を受け、高栄養摂取により、最もよい影響を受ける。

WALLACE (1948)¹⁰⁰⁾ は母羊のきびしい栄養不足の状態は 91 日までの胎児の重さに影響を与えなかったが、91 日と妊娠の終りまでの間の栄養水準は生時体重に著しい影響をおよぼしたことを報告している。また他の研究者は妊娠後期の栄養が生時までの胎児の成長に影響をおよぼしたことを観察している。SCHINCKEL はメリノ単胎児と多胎児との 90 日の重さの間に大きい差を見出し、129 頭の単胎児の平均の重さは 520 g であり、39 頭の実胎児と 3 胎児のそれは 490 g であったという。このことは胎児に対する栄養の供給は 90 日以前には、limiting factor となることを示すように思われる。それからまた胎児の栄養の要求量 (栄養不足に対する被害を受けやすくなること) は約 90 日から妊娠の終りまで、漸増するという生物化学的証明がある (REID & HINKS 1962⁷⁸⁾)。生後は仔羊の栄養供給は全く母羊に依存するが、この依存性は離乳までに漸減する。すべての証明は、仔羊は年令の増加と共に、低栄養の結果として、永久的成長阻止を漸減的に受けることを暗示している。生時から離乳までの飼料摂取の制限は永久的發育阻止を起こさせるが、飼料摂取の制限が非常にきびしくなければ、あるいは不当に延ばされなければ、離乳後の成長阻止は永久的のものでないことが示される。

4. 栄養と羊毛の生産

生後初期の栄養と毛胞の発達

羊毛繊維が生産される形態学的単位は毛胞 (follicle) であり、毛胞については皮膚中に 2 つの型すなわち第 1 次毛胞 (primary follicle) と第 2 次毛胞 (secondary follicle) とがある (WILDMAN & CARTER 1939¹⁰³⁾; CARTER 1943¹⁰³⁾)。この 2 つの型の毛胞は胎児に生成される時期を異にし、これらは関係する附属構造物によって特徴づけられる。第 1 次毛胞は生前の 90 日以前に生成されるが、第 2 次毛胞は 90 日から出生までに生成される。第 1 次毛胞は完全な 1 組の附属構造物—立毛筋 (arrector pili muscle)、汗腺 (sudoriferous gland) および脂肪腺 (sebaceous gland)—をもっているが、第 2 次

毛胞は立毛筋と汗腺とをもたず、1 つの脂肪腺ももたないこともある (WILDMAN & CARTER 1939¹⁰³⁾; CARTER 1943¹⁰³⁾)。

めん羊が生産する羊毛の量は繊維の数と繊維の平均の大きさによって決定される。フリースの構造 (型あるいは品質ともいう) と羊毛貿易におけるフリースの用途は繊維の大きさの平均とその変異によって決定される。メリノと短毛のフリース型のものとは、平均の繊維の大きさの小さいことと、かなりの均一性により、長毛のフリース型は平均の繊維の大きさが大きいことと繊維の大きさの均一であることにより、カーペット羊毛型は繊維の大きさのかなりの変異性により、そして毛髪型は繊維の大きさの極端な変異性によって特徴づけられる (CARTER 1956¹⁰⁾; KRISHNA, RAO, SCHINCKEL, & CLARKE 1960⁴⁹⁾)。

すべての毛胞は仔羊が生れるまでに皮膚の中で作られる (SHORT 1955a⁸⁹⁾; SCHINCKEL 1955b⁷⁹⁾; SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾; DIOMIDOVA 1961²⁹⁾)。メリノ仔羊では、ほんの少数のものが、この時期に実際に繊維を生産する。他の品種では、生時に繊維を生産する毛胞の数はメリノのそれと同様であるが、メリノでない品種の毛胞の数が少ないために、その比率はずっと高い。

すべての第 1 次毛胞は出生前の 90 日頃に生成せられ、胎児の低栄養の影響がないという WALLACE (1948)¹⁰⁰⁾ の証明を考えると、雌羊の低栄養は生時の仔羊の皮膚に存在する第 1 次毛胞の全数に影響しないことが期待される。しかし栄養の良い雌羊からの仔羊では栄養のよくない雌羊からの仔羊よりも第 1 次毛胞の全数が大きいことが示されているので (SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾)、このことは真実とは思われない。これは栄養的処理を受けた羊について、第 1 次毛胞の全数を測定するために試みられた唯一の研究であるように思われる。良く飼われた (H/-) 雌羊からの仔羊は $4.17 \pm 0.18 \times 10^6$ の第 1 次毛胞を、貧弱に飼われた (L/-) 雌羊からの仔羊は $3.84 \pm 0.18 \times 10^6$ の第 1 次毛胞をもつことが推定されている。これらの推定値は用いられた技術のために、高いように思われ、出生前の栄養水準が皮膚の第 2 次毛胞の全数に影響を与え、貧弱に飼われた雌羊からの仔羊の第 1 次毛胞に対する第 2 次毛胞の比率は低かった (18.6 : 1 対 20.4 : 1) という。

一定の遺伝子型の中では、毛胞の生成と発達とは胎児の重さの成長と密接な関係があるように思われる。SCHINCKEL らは毛胞の発達と重さの成長に差別的影響を与えるための種々の実験 (外科的、栄養的並びにホルモンの) を試み、これに成功しなかったが、母体の宮阜

(cotyledon) の高率の除去（これは約 4.0 kg の正常な生時体重を 1.5 kg まで減少させた）のような極端な処理は第 1 次毛胞に対する第 2 次毛胞の比率を 23:1 から約 14:1 にまで、また第 1 次繊維に対する第 2 次繊維の比率を約 4:1 から約 0.8:1 まで減少させたという。胎児の重さと毛胞の発達とは本質的には成長現象であるので、実験的な発育妨害処理に対して、この両者は同様な反応を示したことは驚くべきことではない。

毛胞が成熟に達し、羊毛繊維を生産する比率は仔羊の栄養と成長率とに密接な正の関係があるという (SCHINCKEL 1953, 1955b⁷⁶⁾,⁷⁸⁾; SHORT 1955b⁸⁴⁾; SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾; MARSTON, PEIRCE & CARTER 1943⁸⁷⁾)。良く飼われた仔羊では毛胞の約 80% は 1 カ月令で羊毛繊維を生産するが (SCHINCKEL 1955a⁷⁷⁾; SHORT 1955a⁸³⁾)、貧弱に飼われた仔羊では、それは 20% よりも少くなり、すべての毛胞が繊維を生産するようになるには 6~12 カ月かかるという (SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾)。生後初期の低い栄養は第 2 次毛胞にいくらかの損失をきたすという SCHINCKEL (1955b)⁷⁸⁾ の証明に反して、SCHINCKEL & SHORT (1961)⁸¹⁾ の実験では、生時と 10 週との間の著しい低栄養は毛胞の永久的損失を生ずる事実は見出されなかったという。また生時に甲状腺を除去した仔羊で 11 週令からの補欠療法の後、明かに完全に毛胞の成熟が回復したことは、第 2 次毛胞の成熟を生後初期に妨げても、必ずしも回復の見込みのない状態にするものではないことを示すものである (FERGUSON, SCHINCKEL, CARTER, & CLARKE 1956⁸⁴⁾)。

生後初期の栄養と成羊の羊毛生産

生前と生後初期の栄養制限が、その制限を行なった後長く、成熟時の羊毛生産におよぼす影響については、唯 1 つの報告があるように思われる (SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾)。COOP & CLARK (1955)²⁶⁾ は 12 カ月令で 14 kg の体重の差を生ぜしめるのに十分な離乳前と離乳後の放牧処理は汚毛の生産にはなんら永久の影響を見出さなかった。DONALD & ALLDEN (1959)⁸⁰⁾ はメリノ離乳羊の成長の抑制がその後の生産性にはなんらの影響も見出さなかった。上述の COOP & CLARK (1955)²⁶⁾ や DONALD & ALLDEN (1959)⁸⁰⁾ の試験では、その処理のほとんどあるいはすべては離乳後になされたものであった。SCHINCKEL & SHORT (1961)⁸¹⁾ は毛胞群の成生と発達の期間の低栄養が成熟時の羊毛生産におよぼす影響を研究し、第 4 表に示すような結果を得た。第 4 表はすべての動物に単位体重当り同量の飼料を与えた場合の影響についての要約を示したものである。成羊のと

第 4 表 成熟時における平均体重、1 日当りの羊毛生長および異なった栄養水準で育成された羊の相対的關係 (SCHINCKEL & SHORT 1961 による)

処理 ¹⁾ 生前/ 生後	平均体重 (kg)	1 日当りの 羊毛の成長 (g)	比較のデータ			
			羊毛の 成長	羊 1 頭 当りの 繊維数	繊維の 重さ	体重
H/H	53.2±2.1	13.4±0.45	100	100	100	100
H/L	48.1±1.2	11.7±0.47	87	100	88	90
L/H	48.5±1.6	12.3±0.53	91	82	111	91
L/L	44.3±1.5	10.8±0.51	80	82	98	83

1) H/- および L/- は妊娠期間の高栄養および低栄養を示す。

-/H および -/L は生後初期の高栄養および低栄養を示す。

き、妊娠期間を通じ、貧弱に飼われた雌羊からの仔羊は 9% 体重が小さく、羊毛の成長で約 8.5% 少い羊毛を生産した。またこれらの仔羊は 1 頭当り約 15% 少い毛胞をもっていた。また生時から 16 週までの低摂取の水準は毛胞の損失によらず、繊維の重さの約 10.5% の減少により、成熟時の羊毛の成長率で約 12% の減少を生じた。生前と生後の栄養の影響は単に相加的のものであり、相互作用は観察されなかった。L/L 処理の下で育成されためん羊は H/H 処理の下で育成されたものよりも、成熟時に羊毛の成長で 20% 少い羊毛を生産した。

生前の期間の飼料摂取の制限の第 1 次的な影響は全毛胞数の減少によるものであり、この減少は体の大きさと皮膚面積の減少と関係があった。この影響は、生後の栄養が制限されなかった場合には、生後の制限を受けた場合に比較して、わづかに羊毛繊維の成長が大きいことによって相殺されたという (SHORT 1955b⁸⁴⁾; SCHINCKEL & SHORT 1961⁸¹⁾)。生後初期の制限された飼料摂取の第 1 次的な影響はいくらかの毛胞が繊維を生産する能力を永久に減じたことである。

毛胞が繊維を生産する能力におよぼすこのような影響の生物学的基礎は調べられていないが、それはおそらく毛胞球 (follicle bulb) に存在するように思われ、毛胞球母基 (follicle bulb matrix) 中の間接分裂の活動、この母基の大きさあるいはケラチン化 (keratinization) 前の増殖に続く細胞の成長の程度におよぼす永久的影響と考えられている。

放牧めん羊による羊毛生産

FRÜLICH, SPÜTTEL & TÄNZER (1929)⁸⁸⁾ は羊毛の成長率は夏に高いことを示した古いドイツの研究 (RHODE 1857⁷⁵⁾; GÄRTNER 1926⁴⁰⁾; ZUNTZ 1920¹⁰⁷⁾) について論評している。DUERDEN & BOSMAN (1927)⁸²⁾ は南アフリカのメリノ羊毛のステーブルに沿って繊維の直径が変ることを観察したが、これらの変異を特定の環境要因

と関連させて考えなかった。その後 BOSMAN (1935)¹⁴⁾ は飼料が一定に保たれるならば Karroo 地方では、季節は羊毛織度になんらの影響をもたないと結論した。BURNS (1931a, b)^{15), 16)} はアメリカの Wyoming において、羊毛の成長は夏にわづかに高い率を示したが、羊毛は年間多少均一に成長すると報告している。CARTER & HARDY (1949) は、羊毛の成長率は一定の栄養水準のめん羊では、冬の月よりも夏の月により高いことを示した。COOP (1953)²⁵⁾ は放牧雌めん羊で羊毛成長に著しい季節的型があり夏は最高であり、冬は最低であることを観察した。雌羊を年中同じ栄養水準で飼った場合には、羊毛成長のリズムは続くという。COOP は栄養、妊娠および泌乳のおのおのは羊毛成長のリズムを変えるが、これらの要因を排除した場合にも、そのリズムはなお強く残ると結論した。

オーストラリアでは、放牧めん羊の繊維の直径と羊毛の成長には著しい季節的変異があることが報告されている (MARSTON 1948⁵⁶⁾; SCHINCKEL 1956⁷⁹⁾ HUTCHINSON & PORTER 1958⁴⁷⁾; ARNOLD & McMANUS 1960⁹⁾; ROE, SOUTHCOTT & TURNER 1959⁷⁴⁾; STEWART, MOIR, & SCHINCKEL 1961⁸⁶⁾)。羊毛は最大の成長期間には、最低の成長期間の率の 2~4 倍の率で生産されるという。これらの研究は非繁殖のめん羊でなされたものであり、妊娠と泌乳の影響は含まれていない。羊毛成長におよぼす主なる気候要因 (温度と光) のなんらかの影響は動物の栄養状態によりかくされる傾向がある。羊毛成長の型と気候要因との間には、なんら一定した関係はなく、最高から最低までの成長率の変異は、羊毛成長率の温度あるいは光に対する関係についての実験的観察で見出されたものよりも非常に大きいという (STEWART, MOIR & SCHINCKEL 1961⁸⁶⁾)。観察された羊毛成長率の変異は種々のタイプおよび发育段階の牧草の栄養価値と考えられるものと一致し、また羊毛成長におよぼす既知の栄養の影響と一致する。ある観察 (HUTCHINSON & PORTER 1958⁴⁷⁾) では、羊毛成長は糞の生産から推定される乾物と N の摂取に関係があったという。オーストラリアでのデータでは、季節的な変異 (すなわち最大の成長率の最小の成長率に対する比) の程度は季節的条件並びに農業気候条件と関係があるという証明がいくらかある。

季節的羊毛成長の最も著しい変異は通常牧草の成長に大きい変異を示す地帯に見出される。牧草の成長の変異は有効な水分の変異 (例えば冬~春の降雨および夏~秋の早ばつ) あるいは冬の牧草の成長に対する温度の制約によるものである。牧草の成長が季節間で均一な場合に

は、羊毛成長の変異は少くなる傾向がある。1 年の中の好適な季節に観察された羊毛の最大の成長率は、めん羊に可能な限界に近いものと思われる (1 日 1 平方寸当り 1.6~1.8 mg の純毛量—SCHINCKEL による)。

羊毛成長の変異は通常体重の変異をとまなう。めん羊は乾燥した夏~秋の月には体重を 10~15 kg 減少し、平均 1 日 100 g の減少率が記録されている (SMITH 1942⁸⁵⁾; ROE, SOUTHCOTT, & TURNER 1959⁷⁴⁾)。体重は羊毛成長の減少と同時に減少しはじめないこともある。体重は羊毛の成長が減少する前何カ月間も上昇し続けることもあり、また一定に止ることもあるという (ROE, SOUTHCOTT, & TURNER 1959⁷⁴⁾ STEWART, MOIR, & SCHINCKEL 1961⁸⁶⁾)。増加の期間には羊毛の成長率と生体重の増加率との間には密接な関係がある。

オーストラリアで報告されているものと同じような季節的変異が世界の主なるめん羊飼育地帯で広く存在するかどうかは知られていない。しかし普通程度の大きさの変異は英国 (GALPIN 1947⁸⁰⁾) やニュージーランド (STORY & ROSS 1960⁹⁷⁾; COOP 1953²⁵⁾) で報告されている。羊毛の成長が全体の栄養に非常に敏感であり、また大きいめん羊飼育地帯における牧草の成長に対する気候条件の変異性の点から考えて、羊毛成長のかなりの変異がありふれたものでないとすれば、それは驚くべきことである。羊毛の生産に対し、経済的改良の手段を求めようとすれば、羊毛の成長の変異の特種の栄養的基礎を明かにすることは重要な問題である。

引用文献

- 1) ALEXANDER, G. and DAVIES, H. L.: *Aust. J. Agric. Res.* **10**: 720~724 (1959)
- 2) ALEXANDER, G., MCCANCE, I. and WATSON, R. H.: *Aust. Vet. J.* **31**: 85~90 (1955)
- 3) ———: *Proc. 3rd Internat. Congr. Anim. Reprod.*, Sect. **1**: 5~7 (1956)
- 4) ALEXANDER, G. and PETERSON, J. E.: *Aust. Vet. J.* **37**: 371~381 (1961)
- 5) ALLEN, D. M. and LAMMING, G. E.: *J. Agric. Sci.* **56**: 69~79 (1961)
- 6) ARNOLD, G. W. and McMANUS, W. B.: *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* **3**: 63~68 (1960)
- 7) BANE, A.: *Acta. Agric. Scand.* **4**: 95~208 (1954)
- 8) BOHMAN, V. R.: *J. Anim. Sci.* **14**: 249~55 (1955)
- 9) BARNICOAT, R. C., MURRAY, P. F., ROBERTS, E. M. and WILSON, G. S.: *Parts V-XI. J. Agric. Sci.* **48**: 9~35 (1956)
- 10) BARNICOAT, C. R., LOGAN, A. G. and GRANT, A. I.: *J. Agric. Sci.* **39**: 44~55; 237~248

- (1949)
- 11) BASSETT, J. M.: Ph. D. Thesis, University of Reading (1960)
 - 12) BLAXTER, K. L.: *Fed. Proc.* **20**: (1), Part 3: 268~274 (1961)
 - 13) BONSMMA, F. N.: Univ. of Pretoria Publications. Series **1**: Agriculture No. 48 (1939)
 - 14) BOSMAN, V.: Onderstepoort *J. Vet. Sci.* **5**: 323~326 (1935)
 - 15) BURNS, R. H.: *J. Text. Inst.* **22**: T 98~109 (1931a)
 - 16) ———: *J. Text. Inst.* **22**: T 456~464 (1931b)
 - 17) BURRIS, M. J. and BAUGUS, C. A.: *J. Anim. Sci.* **14**: 186~191 (1955)
 - 18) CARTER, H. B.: *Coun. Sci. Industr. Res. Aust. Bull.* No. 164 (1943)
 - 19) ———: 7th Internat. Congr. Anim. Husb. Subject **4**: p. 7~17 (1956)
 - 20) CLARK, R. T.: *Anat. Rec.* **60**: 125~134 (1934)
 - 21) CLARK, R.: *J. Vet. Sci.* **18**: 279~188 (1943)
 - 22) CLARK, R., GROENWALD, J. W. and MALAN, J. R.: Onderstepoort *J. Vet. Sci.* **18**: 263~278 (1943)
 - 23) CLOETE, J. H. L.: Onderstepoort *J. Vet. Sci.* **13**: 417~558 (1939)
 - 24) COOP, I. E.: *J. Agric. Sci.* **40**: 311~340 (1950)
 - 25) ———: *J. Agric. Sci.* **43**: 456~472 (1953)
 - 26) COOP, I. E. and CLARK, V. R.: *N. Z. J. Sci. Tech. Ser. A.* **37**: 214~228 (1955)
 - 27) CRICHTON, J. A., AITKEN, J. N. and BOYNE, A. W.: *Anim. Proc.* **2**: 45~57 (1960)
 - 28) DAVIES, H. L.: *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* **2**: 15~21 (1958)
 - 29) DIOMIDOVA, N. A.: (A. V. Severtsov Inst. of Anim. Morph.: Academy of Sciences, Moscow, U.S.S.R.) (1961)
 - 30) DONALD, C. M. and ALLEN, W. G.: *Aust. J. Agric. Res.* **10**: 199~218 (1959)
 - 31) DONALD, H. P. and MCLEAN, J. W.: *N. Z. J. Sci. Tech.* **17**: 497~519 (1935)
 - 32) DUERDEN, J. E. and BOSMAN, V.: *J. Text. Inst.* **18**: T 191~194 (1927)
 - 33) EL-SHEIKH, A. S., HULET, C. V., POPE, A. L., and CASIDA, L. E.: *J. Anim. Sci.* **14**: 919~929 (1955)
 - 34) FERGUSON, K. A., SCHINCKEL, P. G., CARTER, H. B. and CLARKE, W. H.: *Aust. J. Biol. Sci.* **9**: 575~585 (1956)
 - 35) FOOTE, W. C., POPE, A. L., CHAPMAN, A. B. and CASIDA, L. E.: *J. Anim. Sci.* **18**: 453~462; 463~474 (1959)
 - 36) FRASER, A. H. H., GODDEN, W., SNOOK, L. C. and THOMSON, W.: *J. Physiol.* **94**: 346~357 (1938)
 - 37) ———: *J. Physiol.* **97**: 120~127 (1939)
 - 38) FRÖLICH, G., SPÖTTTEL, W. and TÄNZER, E.: Wollkunde: Bildung und Eigenschaften der Wolle. Technologie der Textilfasern, Vol. 8, Part I. Publ. by Springer, Berlin.
 - 39) GALPIN, N.: *J. Agric. Sci.* **37**: 275~286 (1947)
 - 40) GÄRTER, R.: cited by FRÖLICH, SPÖTTTEL and TÄNZER (1929, p. 210). (1926)
 - 41) GILL, J. C. and THOMSON, W.: *J. Agric. Sci.* **45**: 229~240 (1954)
 - 42) GROENEWALD, J. W., GRAF, H., BEKKER, P. M., MALAN, J. R. and CLARK, R.: Onderstepoort *J. Vet. Sci.* **17**: 245~296 (1941)
 - 43) GUYER, P. Q. and DYER, A. J.: *Miss. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* No. 558 (1954)
 - 44) HAMMOND, J.: Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep. Oliver & Boyd, Edinburgh (1932)
 - 45) HEAPE, W.: *J. Roy. Agric. Soc. Eng.* **10**: 217, cited by THOMSON, W. and AITKEN, F. C. (1959)
 - 46) HOLMES, J. R.: *Vet. Rec.* **65**: 299~303 (1953)
 - 47) HUTCHINSON, H. J. and PORTER, R. B.: *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* **2**: 33~41 (1958)
 - 48) JACKSON, C. M. and STEWART, C. A.: *J. Exp. Zool.* **30**: 97~128 (1920)
 - 49) KRISHNA RAO, M. V., SCHINCKEL, P. G. and CLARKE, W. H.: *Aust. J. Agric. Res.* **11**: 97~104 (1960)
 - 50) MCCANCE, I. and ALEXANDER, G.: *Aust. J. Agric. Res.* **10**: 699~719 (1959)
 - 51) MCCAY, C. L., MAYNARD, L. A., SPERLING, G. and BARNES, L. L.: *J. Nutr.* **18**: 1~13 (1939)
 - 52) MCCLYMONT, G. L. and SETCHELL, B.: *Aust. Vet. J.* **31**: 170~174 (1955)
 - 53) MCKENZIE, F. F. and TERRILL, C. E.: *Miss. Agric. Exp. Stat. Res. Bull.* No. 264 (1937)
 - 54) McMEE KAN, C. P.: *J. Agric. Sci.* **30**: 276~343, 387~436, 511~569 (1940); **31**: 1~49 (1941)
 - 55) MARSHALL, F. H. A.: *Proc. Roy. Soc. B* **77**: 58~62 (1905)
 - 56) MARSTON, H. R.: *Aust. J. Sci. Res. B* **1**: 362~375 (1948)
 - 57) MARSTON, H. R., PEIRCE, A. W. and CARTER, H. B. (1943): citld by MARSTON (1955)
 - 58) MOULE, G. R.: *Aust. Vet. J.* **30**: 153~171 (1954)
 - 59) NICHOLS, J. E.: *J. Minist. Agric.* **31**: 835 (1924)
 - 60) ———: *J. Minist. Agric.* **33**: 218 (1926a)
 - 61) ———: *J. Agric. Sci.* **16**: 365 (1926b)
 - 62) OSBORNE, T. B. and MENDEL, L. B.: *J. Biol. Chem.* **23**: 439~454 (1915)
 - 63) OWEN, J. B.: *J. Minist. Agric.* **62**: 110~114 (1955)

- 64) ———: *J. Agric. Sci.* **48**: 387~412 (1957)
- 65) PALSSON, H. and VERGES, J. B.: *J. Agric. Sci.* **42**: 1~92; *J. Agric. Sci.* **42**: 93~149 (1952)
- 66) PAPADOPOULOS, J. C. and ROBINSON, T. J.: *Aust. J. Agric. Res.* **8**: 471~493 (1957)
- 67) PARRY, H. B.: *Nature*, **177**: 288 (1956)
- 68) PHILLIPS, R. W.: *Mass. Agric. Exp. Sta. Bull.* **327** (1936)
- 69) ———: *Mass. Agric. Exp. Sta. Bull.* **339**: (1937)
- 70) PHILLIPS, R. W. and DAWSON, W. M.: *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.* 30th Ann. Meet.: 296 (1937)
- 71) POMEROY, R. W.: *J. Agric. Sci.* **31**: 50~75 (1941)
- 72) REID, R. L.: *The Agricultural Review*. **4**: (2), 20~25 (1958)
- 73) REID, R. L. and HINKS, N. T.: *Aust. J. Agric. Res.* **13**: 1092~1111 (1962)
- 74) ROE, R., SOUTHCOTT, W. H. and TURNER, H. N.: *Aust. J. Agric. Sci.* **10**: 530~554 (1959)
- 75) ROHDE, .: cited by FRÖLICH, SPOTTEL and TÄNZER (1929) p. 208 (1857)
- 76) SCHINCKEL, P. G.: *Nature* **171**: 310 (1953)
- 77) ———: *Aust. J. Agric. Res.* **6**: 68~76 (1955a)
- 78) ———: *Aust. J. Agric. Res.* **6**: 308~323 (1955b)
- 79) ———: *Aust. J. Agric. Res.* **7**: 57~75 (1956)
- 80) ———: *Proc. World Conf. Anim. Prod.* **1**: 199~248 (1963)
- 81) SCHINCKEL, P. G. and SHORT, B. F.: *Aust. J. Agric. Res.* **12**: 176~202 (1961)
- 82) SCHULTZE, M. O.: *J. Nutr.* **56**: 25~33 (1955)
- 83) SHORT, B. F.: *Aust. J. Agric. Res.* **6**: 62~67 (1955a)
- 84) ———: *Aust. J. Agric. Res.* **6**: 863~872 (1955b)
- 85) SMITH, C. A. N.: *J. Dept. Agric. S. Aust.* **45**: 485~496 (1942)
- 86) STEWART, A. M., MOIR, R. J. and SCHINCKEL, P. G.: *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* **1**: 85~91 (1961)
- 87) STORY, L. F. and ROSS, D. A.: *N. Z. J. Agric. Res.* **3**: 113~124 (1960)
- 88) 菅井一男・寺本憲太: 岡山大学農学部学術報告 **11**: 61~68 (1958)
- 89) THOMPSON, D. S.: *J. Dept. Agric. S. Aust.* **53**: 352~355 (1950)
- 90) THOMSON, W. and AITKEN, F. C.: *Bur. Anim. Nutr. Aberd. Tech. Commun.* No. 20 (1959)
- 91) THOMSON, W. and FRASER, A. H. H.: *Scot. J. Agric.* **22**: 71~73 (1939)
- 92) THOMSON, A. M. and THOMSON, W.: *Brit. J. Nutr.* **2**: 290~305 (1949)
- 93) ———: *Brit. J. Nutr.* **7**: 263~274 (1953)
- 94) TRIBE, D. E. and SEEBECK, R. M.: *J. Agric. Sci.* **59**: 105~110 (1962)
- 95) UNDERWOOD, E. J. and SHIER, F. L.: *J. Agric. Dept. W. Aust.* **18**: 13~21 (1941)
- 96) ———: *J. Dep. Agric. W. Aust.* **19**: 37~47 (1942)
- 97) UNDERWOOD, E. J., SHIER, F. L. and CARISS, H. G.: *J. Dept. Agric. W. Aust.* **20**: 288~297 (1943)
- 98) VENKATACHALAM, G., NELSON, R. H., THORP, F. Jr., LUECKE, R. W. and Gray, M. L.: *J. Anim. Sci.* **8**: 392~397 (1949)
- 99) VERGES, T. B.: *Suffolk Sheep Soc., Yr. Book.* (1939)
- 100) WALLACE, L. R.: *J. Agric. Sci.* **38**: 93~153, 243~302, 367~401 (1948)
- 101) WALLACE, C.: *J. Agric. Sci.* **43**: 413~421 (1953)
- 102) WHITE, R. G. and ROBERTS, J. A. F.: *Welsh J. Agric.* **3**: 70~79 (1927)
- 103) WILDMAN, A. B. and CARTER, H. B.: *Nature* **144**: 783 (1939)
- 104) WILLIAMS, S. M.: *J. Agric. Sci.* **45**: 202~228 (1954)
- 105) WILSON, P. N.: *J. Agric. Sci.* **44**: 67~85 (1954)
- 106) ———: *J. Agric. Sci.* **51**: 4~21 (1958)
- 107) ZUNTZ, N.: cited by FRÖHLICH, SPOTTEL and TÄNZER (1929, p. 209) (1920)