

熱帯地域における牛の繁殖と  
飼養管理に関する技術

昭和54年2月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 12	000
登録No. 00130	8.7.4
	PL

## は し が き

本テキストは、熱帯地域における牛の繁殖と飼養管理に関する技術について、オーストラリア連邦科学産業研究機構・熱帯家畜研究センター( Tropical Cattle Reserch Centre , Commonwealth Scientific Industrial Research Organization ) において、昭和50年10月14日から昭和52年10月13日までの2年間、当事業団海外長期研修制度により研修を受講した農林水産省福島種畜牧場所属遠藤幸男氏の研修総合報告書である。

近時、開発途上地域における畜産開発協力事業の進展に伴い、この資料がこれらの事業に係わる人々の参考となれば幸甚である。

昭和54年2月

JICA LIBRARY

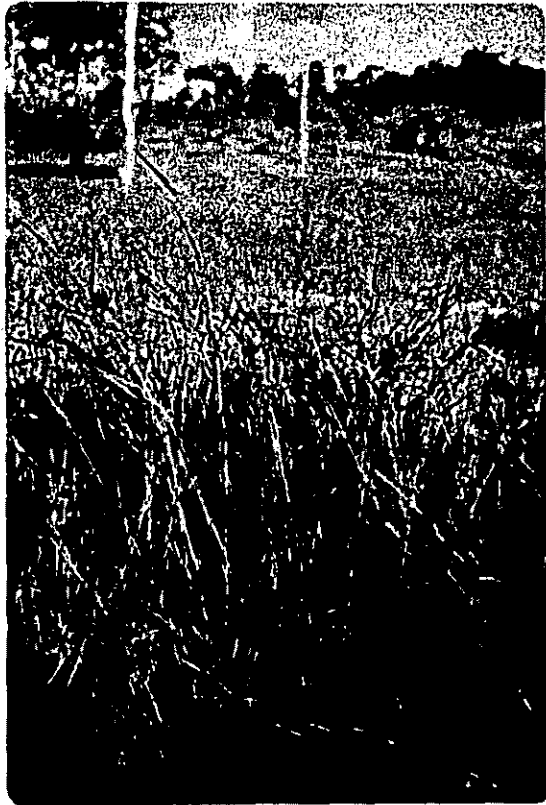


1009300[3]

国際協力事業団



① Central Queensland の Spear Grass Country  
(野草地)



② Black Spear Grass  
(*Heteropogon Contortus*)



③ Green Panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*)

④ Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris*)





⑤ Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)



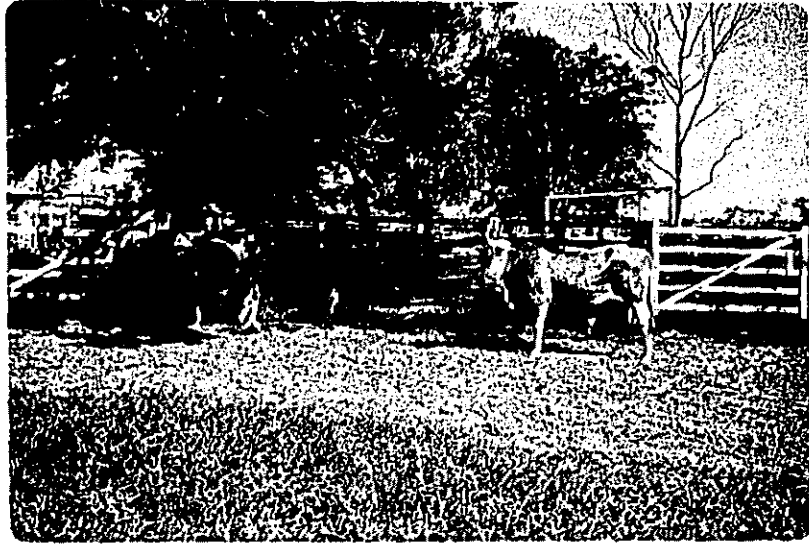
⑥ Africander 種雄牛



⑦ Brahman 種雄牛



⑧ Africander cross (Belmont Red 種) 雄牛



⑨ Brahman cross 雄牛

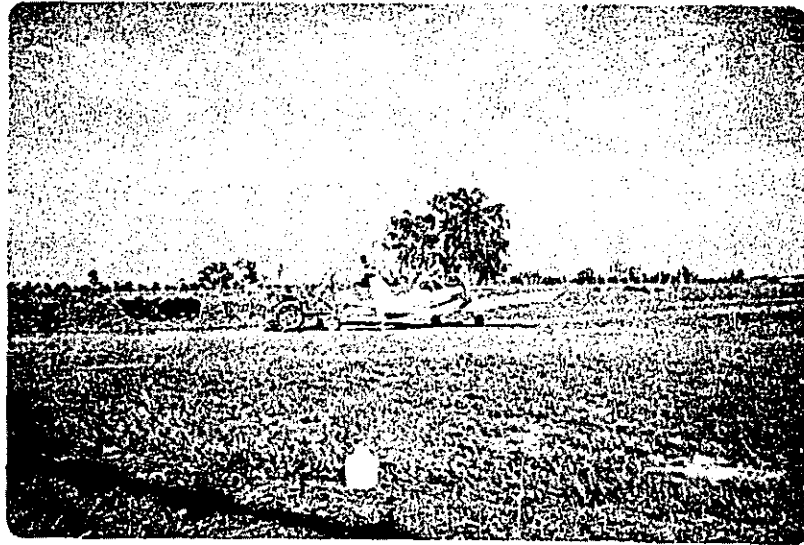


⑩ Shorthorn × Hereford (SH) 雄牛

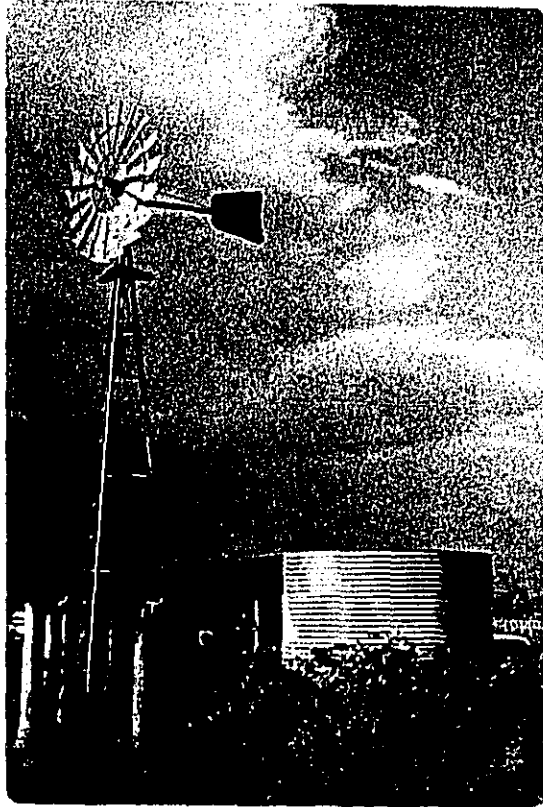




① National Cattle Breeding Station "Belmont"  
のパドック(7月)



② Belmontで施肥のため過燐酸を軽飛行機に積み込んで  
いるところ(10月)



⑬ Wind mill



⑭ Belmont における子牛の Mastering (6月)  
Zebu cross が先を歩き、英国種が遅れて歩いている



⑮ Belmont の Corral へ牛を追い込んだところ(7月)



⑯ Belmont の繁殖雄牛群(2月)



⑰ Belmont の分娩パドックとMathering のようす (12月)



⑱ 子牛のVaccination (3月)



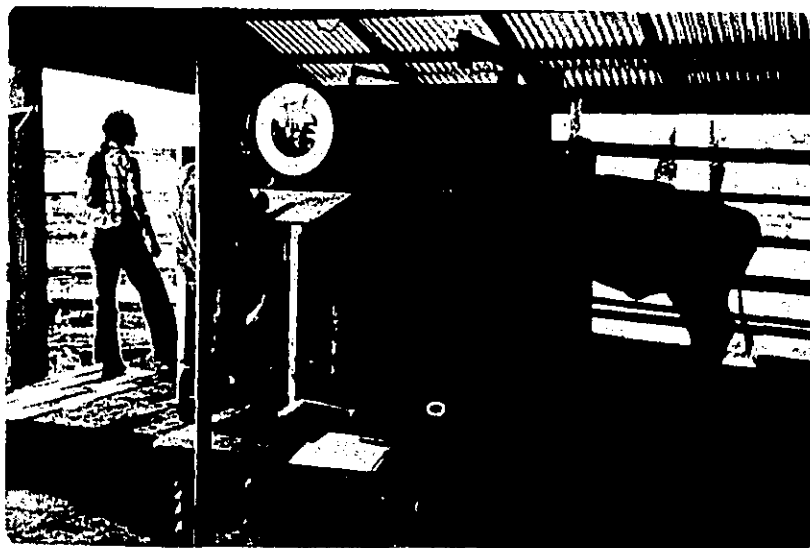
⑱ 子牛の Blinding (3月)



⑳ 離乳子牛群 (5月)。牛を誘導すると Zebu cross (向こう側) は歩きだすが英国種 (手前) は木蔭から出たがらない



㊦ 淘汰雄子牛の去勢のようす  
(6月)



㊧ 体重測定のようす(3月)



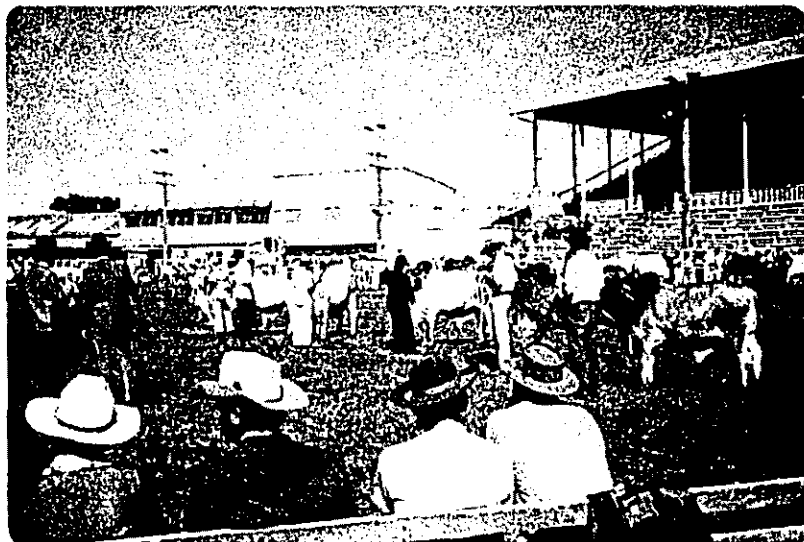
㉓ 薬浴のようす(11月)



㉔ Tick Infestationの準備をしているところ(8月)  
ビンの中に幼ダニ約2万匹が入っている。



㊦ 幼ダニのピンのついた皮ベルトを頸部に装着している。  
数時間後に皮ベルトを外し、21日後に成雌ダニ数を測  
ってダニ抵抗性を調べる。



㊧ Rockhampton Show のひとこま。Brahman 種が巾をき  
かせている。





②⑦ Mt. Eugene のひとこま。この牧場では繁殖性を重点に牛群の選抜淘汰を続けており、高い受胎率を維持している。

## 目 次

第1章 熱帯環境に示す牛の反応の遺伝子型による差異について	
第1節 はじめに	1
第2節 TROPICAL CATTLE RESEARCH CENTRE	
1. 沿革	4
2. "Belmont"における育種プログラム	5
第3節 "Belmont"の肉牛の生産能力における品種による差異	
1. 繁殖性	9
2. 発育率	13
3. 死亡率	17
4. 早魃耐性	20
5. 体組成	25
第4節 環境のストレスへの適合についての量的根拠	
1. 外部寄生虫	26
2. 胃腸ぜん虫	28
3. 疾病	30
4. 暑熱	32
5. 栄養	33
第5節 能力と適合に関連する要因	
1. ダニ抵抗性	35
2. ぜん虫に対する耐性	38
3. Eye-Lid Pigmentation	39
4. 免疫学的能力	40
5. 暑熱耐性	41
6. Coat Characters	43
7. Voluntary Food Intake	49
8. 維持要求量	51
第6節 熱帯において牛の発育が品種により異なることの理由を 表わす一つのモデル	51

REFERENCE .....	56
第2章 オーストラリアの熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性について	
第1節 はじめに .....	58
第2節 熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性に影響を及ぼす要因の検討	
1. 年 令 .....	61
2. 泌 乳 .....	61
3. Body Condition .....	62
4. 季 節 .....	63
5. 牛の品種 .....	64
6. 放牧状態 .....	65
7. 降 雨 量 .....	66
8. 結 論 .....	67
第3節 熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性と栄養との関係について .....	67
1. 給与栄養水準が繁殖性に及ぼす影響 .....	69
2. 栄養と内分泌システム .....	74
3. 低血糖症が栄養性不妊症の要因とするいくつかの報告 .....	84
4. 低栄養時における補助飼料の給与が放牧牛の繁殖性に 及ぼす効果 .....	88
5. クイーンズランド州の熱帯地域に放牧された牛群の繁殖 性を改善するための対策 .....	96
6. クイーンズランド中部の或る農家で牛群の繁殖性を高め るために採られている対策とその成果 .....	98
REFERENCE .....	102

## 第1章 熱帯環境に示す牛の反応の遺伝子型による差異について

### — TROPICAL CATTLE RESEARCH CENTREにおける これでの研究成果より —

#### 第1節 はじめに

オーストラリアにおける牛の飼養の歴史は、クック船長による大陸の発見から12年後の1788年に、英国から来た最初の囚人船により、希望岬で船積みされオーストラリアへもたらされた事に始まり、それ以前には牛は存在していなかった。

その後、移民船や補給船によりもたらされたことにより、1803年には、約2,450頭の牛と11,000頭の綿羊が政府および個人により所有され、開拓の進展にともなって、頭数は増加して、20世紀はじめには乳牛と肉牛とを合わせて約1,200万頭となった。

20世紀中頃における農業開発方針について、C.S.I.R.O.(オーストラリア連邦科学産業研究機構)は、1949年に最初に出した年報の中で次の様に述べている。

「オーストラリアにおいて、農業開発の多くは、東部や南部、西部の温帯地方に集中して行なわれてきたが、今後の農業開発の重点はオーストラリア北部の熱帯地方、特にクイーンズランド州に置かれるべきであり、このことは一般にも合意されている。」

当時、国防や国土利用、その他政治的動機により、オーストラリア北部地方の早急な開発が望まれ、一方、牛肉に対する英国からの需要は、オーストラリア北部の熱帯地方における肉牛産業の推進を刺激するための理論的根拠を提供していた。

オーストラリア大陸の内、熱帯にある北部地方では、開拓の北進にともなってすでに1900年までに多くの肉牛が定着していたが、開拓者の多くが英国系であったことから、これらの肉牛は、ダーウィン付近の水牛やバンテンの野生化した小集団を除いて全て英国種(*Bos Taurus*)のヘレフォードやショートホーン種であった。このことは、熱帯に位置する国の多くが土着の牛(多くは*Bos Indicus*)

を持っていたことと著るしく異なる点である。

1910年から1920年までの間に、少数のブリーダー（牛の育種家）が手持ちの英国種牛（*Bos Taurus*）とZebu牛（*Bos Indicus*）との交雑育種を試みたが、小規模のものであり、数字の上からは有意義なものとはなりえず、北部地方での主要な集団は肉牛を英国からオーストラリア南部経由で輸入することにより、連続的に補充されてきた。このことは、熱帯地方の環境条件への肉牛の適合の進展を著るしく妨げた。

熱帯地方におけるこれらの英国種肉牛がオーストラリア南部の温帯地方におけると同様の生産性を示さなかったことから、1933年に、現在のC.S.I.R.O.の前身であるC.S.I.R.（科学産業研究評議会）とクィーンズランド州の牧畜業者の有志との合意のもとに9頭のブラーマン種（*Bos Indicus*）雄牛と9頭のブラーマン種雌牛、それに1頭のサンタゲルトルーデス補雄牛が米国南部から輸入され、クィーンズランド州のいくつかの牧場に配布されて試験的に交配に用いられた。

シンジゲートの5つの牧場のこれらの牛は1941年までに1,300頭ほどの半血から純血種を含む約7,000頭の子孫を持つにいたり、更に、シンジゲートのメンバーは、この地域ではブラーマンの“血液”の含む割合50%程度が生産性と生存率とから見て適度と判断した。ここに至ってブラーマン種牛の配布制限が取り除かれ、ブラーマン種と英国種との交雑が広範囲に行なわれる様になった。特にクィーンズランド州の沿岸地方でこの普及の度合は急速であり、交雑種が早産時にすぐれた生存率を示したことがこの傾向を更に強めた。

一方、AUSTRALIAN MEAT BOARDとQUEENSLAND DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND STOCK（当時）およびC.S.I.R.O.との間の会議において、クィーンズランド州をはじめとするオーストラリア北部の熱帯地方に適した牧草と、肉牛の育種についての研究計画が樹立され、1952年にブリスベーン市とロックハンプトン市近郊に2つの用地が購入されて、ブリスベーンでは牧草の、そしてロックハンプトン市では肉牛の育種について研究が行なわれる様になった。

1950年から1954年にかけて、C.S.I.R.O.はブラーマン種雄牛15頭

と雌牛16頭、アフリカンダー種雄牛8頭と雌牛2頭、および多数のサンタゲルトルーデス種牛をアメリカ南部から輸入した。これらの輸入牛の内、アフリカンダー種はロックハンプトン市近郊にあるC.S.I.R.O.のNATIONAL CATTLE BREEDING STATIONでブラーマン種牛と並んで育種に用いるためのものであった。又、この時期に、8頭のレッドシンディー種牛と、10頭のサヒワル種牛がパキスタンから輸入された。これらは主として乳牛の育種のためのものであったが、この内、サワヒリ種牛は後になって、肉牛の育種に影響を及ぼす様になった。

1958年6月に、ブルータング病の侵入を防ぐ目的から、生牛の輸入が禁止となり現在に至っている。このため、輸入禁止となる以前に輸入されたBos Indicusに属する牛の総頭数は極めて少なく、これらを基にして創り出された純粋種系は、かなり近親交配の度の高いものであり、特にアフリカンダー種で、この他そうであるが、これらの牛が通り抜けてきた近親交配の隘路は、いくつかの望ましくない形質を取り除き、交雑育種用としての価値を高めて来たものと考えられている。輸入頭数が少なかったことにより、オーストラリアで得られるBos Indicusの遺伝子給源は極めて制限されたものである。

ブラーマン種牛と英国種牛とを用いた品種の合成の試みは、早い頃から行なわれており、創り出された合成品種のうち、Droughtmaster種やBraford種、Brangus種は輸入されて来たSanta Gertrudis種とともに、オーストラリアの熱帯地域に良く定着している。これらの交雑品種の一般的な定義は、含まれているZebu (Bos Indicus)血液のパーセンテージと外面的な品種の特性が基準となっている。

1973年にクィーンズランド州政府が発表した統計報告<sup>1)</sup>は、熱帯品種とその交雑種がクィーンズランド州の各地に広まった度合を示している。熱帯品種(Bos Indicus種或いはBos IndicusとBos Taurusとの交雑種)の占める割合が雌牛より種雄牛に多いという事実は、多くが熱帯品種に向かっている傾向を示唆している。

クィーンズランド州における肉牛のうち、熱帯品種  
(Bos Indicus)の血液を含むものの割合(1973)

Region	Bulls		Cows	
	Total (.000)	Tropical (%)	Total (.000)	Tropical (%)
South	56	28.7	1,544	20.3
Central Coast	35	66.5	920	56.4
North Coast	27	81.3	609	72.0
North West	31	53.7	786	43.8
Central West	20	56.7	506	43.9
Far West	6	20.3	143	12.3
Total	177	48.5	4,508	41.1

Anon (1973) — "Beef Cattle Breeds: Queensland"  
(Bureau of Census and Statistics.)

クィーンズランド州北部とともに、オーストラリアの熱帯地域を構成している。北部特別地域および西オーストラリア州北部における状況は、クィーンズランド州西部に見られるものと似かよっており、熱帯品種の実質的な浸透は、より少ないと考えられている。

## 第2節 TROPICAL CATTLE RESEARCH CENTRE

### 1. 沿革

TROPICAL CATTLE RESEARCH CENTREは、ロックハンプトン市にある研究所とベルモントにあるNational Cattle Breeding Stationとから成る。

National Cattle Breeding Station "Belmont"は、オーストラリア北部の熱帯と亜熱帯環境に適した肉牛の育種に関する研究に施設を提供することを目的として、1952年にAustralian Meat Boardにより購入され、1953年にC.S.I.R.O.の所有に移され、1954年に実験用牛群の最初の交配が行なわれ、同年に、ロックハンプトン市の研究所もスタートした。

Belmontは、ロックハンプトン市の北方約32kmの所にあり、南回帰線のや

や北方に位置する。1953～1972年の20年間における平均年間降雨量は、780 mmで、この内の60%以上が12月～3月の夏の間集中している。最高温度と最低温度の平均値は1月で32℃と22℃、7月で23℃と11℃であり、相対湿度の平均値は63～69%である。

Belmontの用地は約3,600 haあり、この内の半分は境界を接するFitzroy川の洪水にしばしば見舞われる所で、Forest BlueやQueensland Blueが主体草種であるが、1974年に、豆科改良草種であるSiratroの航空機による播種が行なわれ、以来、良く定着している。比較的高所にある用地はユーカリの一種であるNarrow-leaf Ironbarkと、野草のBunch Spear Grassの多い砂質壤土から、アカシアの一種であるBrigalowの多い肥沃な土壌にまで及んでいる。用地の内、1,200 ha以上がGreen PanicやBuffel Grass、Siratroなどの改良草種による改良草地で、2年に1度の割合で、過磷酸とモリブデンの混合肥料の空中散布により維持されている。用地全体で最も大きな問題は、ユーカリと木質永年草の再生である。

ロックハンプトン市の平均気温と湿度

	Jan	Feb	March	April	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean Daily Maximum (°C)	32.2	31.5	30.7	29.0	26.3	23.4	23.2	24.8	27.6	29.9	31.4	32.2
Mean Daily Minimum (°C)	22.4	22.3	21.0	18.2	14.6	12.2	10.7	11.6	14.6	17.7	20.0	21.6
Relative Humidity (%)	68	69	69	67	67	68	65	64	64	63	64	66
Monthly Rainfall (mm)	146	169	116	37	43	36	34	25	24	25	45	67

## 2. "Belmont"における育種プログラム

Belmontにおける交雑育種プログラムは、生理的形質における遺伝分散を研究できるような牛群を作り出すことと、選抜手法を試すことを目的として、デザインされている。プログラムは輸入熱帯品種(Bos Indicus)であるブラーマン(Brahman)種とアフリカンダー(Africander)種、それにこの地域で一般に見受けられる温帯品種のヘレフォード(Herford)種とショートホーン



(Shorthorn)種 — とともに Bos Taurus — で、スタートした。輸入品種のうちアフリカンダー種は、米国テキサス州の King Ranch からのもので、オーストラリアへのアフリカンダー種の輸入は、これが全てである。一方、ブラーマン種は米国の主な系統のいくらか大きな遺伝子給源から輸入されたものであるが、プログラムに用いられたブラーマン雄牛4頭は、全て同一祖先を共通してもつ系統交配により作られたものである。

プログラムの基礎となった雌牛 (Foundation Cows) は、ロックハンブトン市周辺の2つの牧場から購入した同年令のヘレフォード種およびショートフーン種で、1954年から1959年にかけて、ブラーマン種、アフリカンダー種、ヘレフォード種およびショートホーン種の雄牛の内、毎年できるだけ異なる種の雄牛との組合せにより交配された。これは、Zebu-cross (ブラーマン或いはアフリカンダー種と英国種との交雑) が持つであろう優位性のうち、雑種強勢のみによる部分を取り除くためである。

F<sub>1</sub>世代 (雑種第一代) では、アフリカンダー×ヘレフォード (AH)、アフリカンダー×ショートホーン (AS)、ブラーマン×ヘレフォード (BH)、およびブラーマン×ショートホーン (BS) は、それぞれライン内で交配され、ショートホーン×ヘレフォード (SH)、およびヘレフォード×ショートホーン (HS) は、相反的に交配された。交配に用いられた雄牛は、それぞれの同期から無作為に抽出され、雌牛は交配ファミリー内の雌牛の年令と泌乳状態 (泌乳中、或いは乾乳中) が等しくなる様に、異なる雄牛に無作為に割り当てられた。

F<sub>2</sub>世代 (雑種第二代) では、AHおよびASラインは、相反的に交配され、BHおよびBSラインも相反的に交配された。F<sub>2</sub>世代の内、雄牛は数年間 Coat type および PBI レベル、発育率の内、単一形質について上・下の選抜をうけて同類交配されたが、F<sub>1</sub>およびF<sub>2</sub>世代は、比較的均一であり、強度の選抜は幅広い変異が出現するまで故意に行なわれなかった。

F<sub>3</sub>世代からは利点についての選抜が、SHのうちの無作為ラインを除いて始められた。選抜には独立淘汰基準法 (Independent culling levels) が用いられ、選抜強度や種々の形質についての強調の度合は年により、更には品種により異なるが、選抜は雄牛にのみ行なわれ、次に示す項目について選抜の基礎と

なるデータが得られた段階で行なわれた。

- (i) 離乳時体重 — 子牛の日令と母牛の年令効果について補正される。
- (ii) ダニ抵抗性
- (iii) Zebu 交雑種ラインは、2才時の年令(日令)を単位とした体重。選抜 H S 系は耐暑性の外に、1976年から年令を単位とした体重と Coat. type の複合指数。
- (iv) 繁殖性 — 主として精液性状による。
- (v) 欠点 — 先天的或いは事故による欠陥を有し、生産に障害を来たすと考慮されるものは淘汰される。気性が特に悪いものは欠点と見なされる。

Belmont 周辺の一般慣行にならって雄牛は、毎年1月はじめに雌牛と一緒にされたが、分娩期間を短くするため、交配期間は6週間(1964年以降7週間)に制限された。当初、Zebu cross の雌牛は3才で交配グループに加わったが、英国種の雌牛は、ある年には発育が不十分との理由で4才まで加わらなかった。しかし現在では全ての雌牛は2才で交配グループに加わり、1976年からは各々の父系娘牛の75%の無作為サンプルが2才未満の yearling で交配に加わっている。この2才未満の交配は yearling 交配の可能性とその生涯生産に及ぼす影響を評価するために行なわれているものである。

雌牛の数が必要数を越えた場合には、年令と繁殖歴(主に2年間継続して子牛を生産しなかった雌牛を淘汰した)による淘汰が行なわれた。

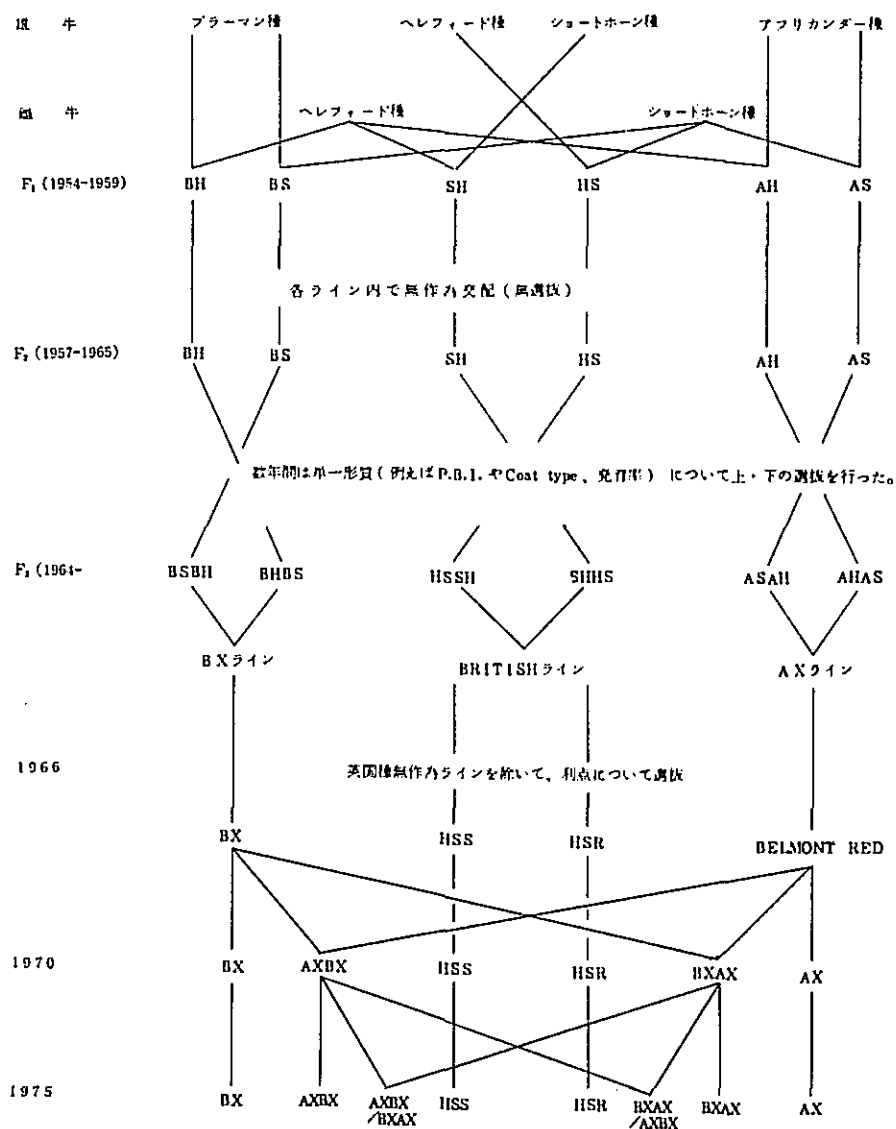
交配には、2才令の若い雄牛のみが用いられ、全ての交配が35~40頭の雌牛に1頭の雄牛を交配ファミリーとする“Single-sire families”であり、更に交配期間が6~7週間に制限されていることは、Belmontにおける分娩率を引き下げ、品種間の差異をきわだたせている。

1971年まで、子牛の離乳は、子牛が8~10ヶ月令の時に行なわれたが、1972年~1974年かけては、子牛の平均日令が220日令の時に離乳が行なわれ、1975年からは子牛の平均日令が離乳が行なわれている。子牛の離乳は放牧地で行なわれ、離乳子牛への補助飼料に特に給与されていない。

Africander cross (AX) および Brahman cross (BX) ラインに含まれる血液のパーセンテージは、Zebu (Bos Indicus) 50%、Hereford 25%、

Shorthorn 25% であるのに対し、英国種ライン (HS) は、Hereford 50%、Shorthorn 50% である。Africander cross (AX) は "Belmont Red" の名のもとに、熱帯に適した新品種として認められており、選抜をうけた Africander cross 雄牛は、交配供用後、一般農家等に販売されている。英国種ラインからは、無作為コントロール群 (HSR) と選抜をうけたライン (HSS) が作られている。

### 交雑種ラインを創り出すための交配計画



High grade Brahman (Brahman の血液を 15/16 以上含むもの) と High grade Africander (Africander の血液を 7/8 以上含むもの) の牛群も少数ではあるが維持されている。これらの牛群では、子牛の近交係数が最少となる様に組み合わせられて交配されているが、特に Africander 種では、輸入頭数が少なかったことと同一牧場から輸入されたことから、高度の近親交配となっている。High grade Africander 種は、研究用としてのみでなく、産業界で "Belmont Red" 牛群を創り出すための基礎雄牛の供給源ともなっている。

現在、Belmont で管理されている牛の頭数は約 2,000 頭で、この内、約 1,200 頭が繁殖雌牛であり、これらは Brahman cross 250 頭、Africander cross 370 頭、Hereford × Shorthorn の選抜系と無選抜コントロール群がそれぞれ 100 頭、それに、Brahman と Africander の純粋種が各々 70 頭を含んでいる。Belmont における放牧率は約 1 頭 / 1.5 ha である。

### 第3節 "Belmont" の肉牛の生産能力における品種による差異

最も直接的に測定できる生産性に関する形質は、繁殖性と発育率、死亡率、身体組成である。しかし、これらの主要点における異なる品種の相対的メリットは、比較が行なわれる環境次第であり、したがって、比較の結果は普遍的には一貫しない。例えば、発育率を例にとれば、選ばれた牛の遺伝子型 (熱帯品種の血液の割合と、それが一代雑種か、戻し交雑種か、或いは雑種を元とした種間交配種か) と発育の相 (離乳前か或いは離乳後か)、そして気温・季節・栄養の状態、寄生虫の寄生の程度などの環境条件により比較の結果は左右される。

#### 1. 繁殖性

Belmont での交配方法が前述したように交配期間を短期間に制限し、2 才令の未経験若雄牛のみを用いた。Single-sire 交配方法であることは、繁殖結果にかなりの圧力を加え、分娩率を押し下げて、その結果、低繁殖性はより明瞭に表われることになり、品種間の差をきわだたせている。更に Belmont では同期牛群が同様の条件の下に管理され、ブルセラ・ビブリオ・トリコモナ

スの様な疾病からフリーであり、加えて、雌牛は *Leptospira pomona* ワクチン接種によりレプトスピロシスに対して免疫性を付与されていることは、品種間の比較をより正確なものとしている。

1954年から1968年にかけて、Belmont breeding Programmeにより交配された結果を、(a)1954年から1959年にかけて交配された基礎雌牛グループ、(b)1957年から1962年にかけて、ライン内交配された $F_1$ 世代、(c)1960年から1968年にかけてAfricander cross (AX)、Brahman cross (BX)、Shorthorn-Hereford (SH)ライン内で交配された $F_2$ 、 $F_3$ 世代の3つのグループに分けて、交配雌牛数に対する死産を含めた生産子牛数(分娩率)<sup>2)</sup>により算出した報告(Seebeck、1973)によれば次の様である。

(a) 基礎雌牛グループ

調査の結果、ヘレフォード雌牛の繁殖性(63.9%)は、ショートホーン(54.7%)より9%高かった。雄牛の品種間の差は有意ではなかったが、Brahman雄牛の平均値(47.4%)は他の3品種(Africander; 63.8%、Hereford; 65.5%、Shorthorn; 60.5%)の平均値より16%低く、更にBrahman種内の雄牛の繁殖性には大きな変異( $p < 0.01$ )が認められた。BelmontでのBrahman雄牛は、オーストラリアへ輸入されたBrahman全血種を代表するものであるから、この事実は注目値する。

雌牛の泌乳状態(哺乳中か乾乳中か)は全体的には分娩率に有意な影響を及ぼしてはいないが、品種との有意( $p < 0.05$ )な相互作用がみられ、泌乳中のショートホーン雌牛は乾乳中のショートホーン雌牛より繁殖性が8%低く、一方ヘレフォード雌牛では、これと逆の結果が認められた。これは恐らく、ショートホーン雌牛に泌乳性無発情(lactational anoestrus)が多かったことによると考えられている。

(b)  $F_1$ 世代

$F_1$ 世代の分娩率に、品種による有意な差は認められなかったが、Brahman crossが最も繁殖性が高かった。雌牛の年齢は全体として、 $F_1$ 世代の繁殖性に有意な効果を及ぼしていないが、3才の雌牛の繁殖性は4才以上の雌牛より10%高かった。これは恐らく、この年齢の雌牛が全て未経産であったた

めと考えられている。乾乳牛の繁殖性は泌乳牛より7%低かった。Brahman種内雄牛間には有意 ( $p < 0.05$ ) の差が見られたが、他の2品種には認められなかった。Brahman cross 雄牛間に繁殖性についての大きな変異があったにもかかわらず、高い繁殖性を維持できたことは驚意である。

(c)  $F_2$ および $F_3$ 世代

この世代の繁殖性に及ぼす品種の効果は有意であり、Africander crossの繁殖性が最も高く、Brahman crossが最も低かった。 $F_1$ 世代での結果と比較すると、AXでは繁殖に変りはなかったが、SHではわずかに低下し、BXでは繁殖性が著るしく低下している。

泌乳状態と品種との間の相互作用は有意 ( $p < 0.01$ ) であり、Zebu cross (AX及びBX)では、泌乳牛が乾乳牛より繁殖性が低かったが、英国種 (SH)では、泌乳牛が乾乳牛より高い繁殖性を示した。この対称的な現象は恐らくZebu crossが分娩後の泌乳性無発情の発症率が高いのに対して英国種では不妊性の反復率が高いことによるものと考えられている。したがって、繁殖性について、もっと厳密に淘汰してゆけば、英国種牛群の表型繁殖性をAfricander crossと同程度に高め得ると考えられている。

異なる父牛による $F_2$ - $F_3$ 娘牛の繁殖性はBrahman crossとHereford Shorthorn crossで有意 ( $p < 0.01$ ) の差があり、Africander crossでは有意の差が認められなかった。これらの父牛効果の分散成分を用いて計算した繁殖性についての推定遺伝率はBXで22%、SHで25%であり、この結果は、選抜により繁殖性を高め得る展望を与えている。

Africander cross (AX)、Brahman cross (BX)および  
Hereford - Shorthorn (HS)の分娩率

		AX	BX	HS
$F_1 \times F_1$	交配数	521 頭	449	291
	分娩率	76.4 %	81.2	70.1
$F_2$ 及び $F_3$	交配数	868	798	515
	分娩率	76.8	60.7	67.1

(年令および泌乳状態、年次の効果について補正を施したもの)

泌乳状態が分娩率に及ぼす影響 (F<sub>2</sub> - F<sub>3</sub>世代)

Breed	LACTATING	DRY
AX	73.0 %	80.6 %
BX	56.0	65.4
SH	75.6	58.6

Belmont における AXラインと BXラインとの相反交配 (Reciprocal Mating) は、1970年代からスタートしたが、当初は極めて限られた規模であった。1973年以降、AXラインと BXラインの全ての雄牛の Mating family (1雄牛あたり34~36頭の雌牛) は約 2/3 を同品種の雌牛、残り 1/3 を相手方の品種の雌牛で構成され、相反交配は 1976年まで引き続き行なわれた。このデザインの特徴は、AXと AXBX、および BXと BXAXとが、それぞれ同じ父牛をもつということである。F<sub>1</sub>世代は、F<sub>2</sub>とそれ以降の世代を作りだすための同系交配 (Inter se mating) あるいは相反交配に用いられる。

AXラインと BXラインとの間の相反交配の主要な目的は、BXにおける低い繁殖性の原因を分割して探ることであるが、結合されたラインにおける選抜計画は AXと BXのもつ補足的なメリットを一緒にすることをねらいとしている。

AXラインと BXラインとの間の相反交配による分娩率は次の通りである。<sup>3)</sup>

雌牛の品種		雄牛の品種		TOTAL
		AX	BX	
AX	1970-72	61 %	58 %	60 %
	1973-75	76	72	75
	ALL	74	70	72
BX	1970-72	41	41	41
	1973-75	73	61	65
	ALL	61	57	59
TOTAL	1970-72	48	48	48
	1973-75	75	65	70
	ALL	69	62	66

1970-1972年のこの交配には、繁殖能力で淘汰された雌牛が用いられた。BXの低繁殖性の原因はAXよりもっと根深いと考えられるから、この期間の分娩率は偏っていると考えられる。1973年以降のデータは、繁殖性で選抜された集団によるものであり（分娩率の低い雌牛は淘汰されてきたから）雌牛成分の比較をするうえで、より偏りが少ないと考えられる。

Brahman crossの低い繁殖性が、雄牛の方からも、また雌牛の方からも表わされていることが、この表により明らかである。これらの交配による後代は新しいAX/BXラインの基礎を形づくるが、BX雄牛による雄後代はBrahman種特有のY-染色体を有しているのに対し、AX雄牛による雄後代は英国種と見分けのつかないAfricander種のY-染色体を有している。これらY-染色体の形態の違いにより派生する影響は、今後の研究により解明されることが期待されている。

英国種の生来持つ繁殖性は高いが、Belmontでの結果は、熱帯環境によるストレスが英国種の安寧を弱め、ストレスの程度が体重の減少をもたらす程のものであれば、繁殖性も低下することを示している。これらのストレスは、Brahman crossでは影響の程度が少なく、その結果、過酷な環境の下での実際の繁殖性は英国種より高いが、温帯環境の下では、Brahman crossの繁殖性が英国種よりも劣ることがNew South Wales州で行なわれた実験で明らかにされており、米国からも同様の結果が報告されている。

## 2. 発育率

オーストラリア北部の熱帯地方でZebu雑種が英国種より早く発育することは、1930年代の後半に当時販売された牛の屠体重と推定年令分布との考察により報告されており、1950年代の初期にはクィーンズランド州政府の幅広い調査により、Zebu雑種の発育の優位性と死亡による損失の少ないことが示されている。他にも同様の結果を示す報告がニューギニアや米国からも提出されている。又、一方Brahman crossの発育に関する優位性が認められなかったとする報告がオーストラリアの温帯地方でなされている。

Belmontでは、全ての牛が主として野草地に混みで放牧され、補助飼料の給



与は強度の旱魃の年に生理的に極度に衰弱している牛への給与を例外として、行なわれていない。従って牧草の質の季節による変化を含めた熱帯環境ストレスの人為的緩和は行なわれておらず、このことは、ストレスの下での発育率における品種の差をきわ立たせている。Belmontにおける牛の発育率の品種間比較の結果をF<sub>1</sub>世代とF<sub>2</sub>およびF<sub>3</sub>世代とに分けて記すと次のとおりである。

(1) F<sub>1</sub>世代

Belmontにおいて1954年から1956年にかけてヘレフォードおよびショートホーン雌牛群にブラーマン雄牛を交配して得られたBrahman crossの雌子牛の生時体重は、ヘレフォードおよびショートホーンより有意に重かったが、アフリカンダー雄牛を交配して得たAfricander crossの雌子牛の生時体重は、これら英国種と差がなかった。しかし、Brahman crossおよびAfricander crossのその後の発育は英国種より早く、2才時では英国種よりそれぞれ79.3Kg、56.6Kg重かった。これらZebu cross (F<sub>1</sub>)の発育の優位性は、離乳後、子牛が全面的に放牧草に依存するようになってより著しく認められた。<sup>4)</sup>

(2) F<sub>2</sub>およびF<sub>3</sub>世代

Belmontにおいて、1964年から1968年にかけて生産されたBrahman cross (BX)ライン( $\frac{1}{2}$  Brahman、 $\frac{1}{4}$  Shorthorn、 $\frac{1}{4}$  Hereford)とAfricander cross (AX)ライン( $\frac{1}{2}$  Africander、 $\frac{1}{4}$  Shorthorn、 $\frac{1}{4}$  Hereford)、英国種ライン( $\frac{1}{2}$  Shorthorn、 $\frac{1}{2}$  Hereford)のF<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>世代の選抜をうけていない雌子牛の生時体重、離乳時体重(8~9カ月令)、13カ月令時体重、18カ月令時体重は次に示すとおりである。なお、雄子牛は離乳後選抜を受けているので、この表には載せていない。

5)

1964～1968年にかけて生産されたAX、BX、SHの  
F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>世代の発育(雌牛のみ)

年 令	合計頭数	AX	BX	SH
生 時	601	29.6Kg	28.4Kg	30.8Kg
離 乳 時	580	183	193	169
13カ月令	502	204	212	181
18カ月令	497	283	295	244

① 生時体重

3品種の生時体重の間には小さな差が認められた( $p < 0.10$ )。雄を含めたSH子牛の生時体重の平均値は31.8KgでBXより2.2Kg重く、AXより0.8Kg重かった。これはF<sub>1</sub>世代で見られる現象と対称的である。この違いは恐らくF<sub>1</sub>世代でのヘテロース効果によるものと考えられている。雄子牛は雌子牛より平均2.4Kg重かった( $p < 0.05$ )。

② 離乳時体重

離乳時において、雄を含めたBX子牛の体重は、199.2Kgで、AXより13.7Kg、SHより28.9Kg重かった( $p < 0.01$ )。雄子牛は雌子牛より6.3Kg重かった( $p < 0.05$ )。

③ 離乳後体重

離乳後約4カ月を経過した時点でのBXの体重はAXより7.5Kg、SHより30.7Kg重かった( $p < 0.01$ )。離乳に続くこの4カ月間(これは冬の乾季の後期にあたる)に、AXは21.5Kg、BXは18.5Kg、SHは11.7Kg増体した。ここに見られる有意な品種間差( $p < 0.05$ )は主として、Zebu cross (AXとBX)とSHとの差によるものである。この期間にAXがBXよりわずかに多く増体したことは飼料の質の低下した乾燥環境にAXが適合していることを示唆している。

離乳後約9カ月に経過した時点でのBXの体重はAXより12.0Kg、SHより50.6Kg重かった( $p < 0.01$ )。前出4カ月に続く、この5カ月間には草地のコンディションが年中で一番良い夏期が含まれており、この期間に

BXは83.1 Kg、AXは78.6 Kg、SHは63.2 Kg増体した ( $p < 0.01$ )。BXがAXより多く増体したことは、前期の乾燥した4カ月間における増体の模様と対称的である。

これらの調査結果から Belmont の環境のもとではAX、BXのF<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>世代はSHの同世代より早く発育し、そしてBXはAXより早く発育すると結論しうる。

F<sub>1</sub>世代とF<sub>2</sub>世代との直接比較の例は少なく、そして必ずしも結果が一致してはいないが、一般的根拠としてはF<sub>2</sub>世代の子牛はその母親であるF<sub>1</sub>世代の乳汁生産が他の世代の母牛より多いことにより離乳前の発育が優位であるのに対して、F<sub>1</sub>世代の子牛はそれ自身が離乳前と離乳後の発育においてヘテロシスによる優位性をより多く持っているということである。

BXのF<sub>1</sub>世代からF<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>世代にかけてのヘテロシスの大きなロスは、特に生時体重で認められたBXで5 Kg低下したのに対し、AXではわずかに低下したのみであった。一方、F<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>世代のBXで離乳時体重が他の品種より高いのは、BX母牛の子牛を哺乳する能力が優れていることを反映しているものである。BX雌牛の泌乳性は他の品種より持続性があり、そして、BXおよびAXのBos indicus × Bos taurus 交雑種でHS (英国種) よりも乳汁生産量が多く、これが子牛の発育に影響を与える要因となっていることが報告されている。

1969年から1972年にかけて生まれた雌子牛を用いた最近のデータは、<sup>3)</sup> 次の通りである。

BREED	BIRTH WEIGHT	WEANING WEIGHT	800 DAY WEIGHT	AVERAGE D.G. WEAN-800 DAY
AX	30.3 (Kg)	192 (Kg)	344 (Kg)	0.272 (Kg/日)
BX	27.9	189	346	0.281
HSS (選抜系)	28.1	156	294	0.250
HSR (ランダム系)	28.6	156	285	0.237

BXとHSに較べてAXの体重が全てのステージで増加していることは、これまでになされてきたAXラインにおける体重の増加についてのより強度な選抜

庄を反映していると考えられる。

### 3. 死亡率

熱帯の過酷な環境のストレスのもとでは、牛の死亡率が肉牛の生産性を左右する重要な要素の1つとなっている。当然の事乍ら、牛の死亡率は品種がもつ環境への適合の度合により異なる。

牛の死亡は、死亡時の牛の年齢に応じて次の4つのタイプに分類される。

- (i) Perinatal mortality
- (ii) Pre-weaning mortality
- (iii) Post-weaning mortality
- (iv) Adult mortality

この分類に添って、1954年から1969年までに亘る Belmont での生時から10才にいたるまでの死亡例をもとにした調査の結果は次の通りである。<sup>6)</sup>

#### (1) Perinatal mortality

品種による差 —  $F_1$ および $F_2$ - $F_3$ 世代を通して、Africander cross (AX) 子牛の死亡率は Brahman cross (BX) および Shorthorn × Hereford (SH) より少なく ( $p < 0.05$ )、また世代による死亡率の差は AX で認められなかったが、BX では  $F_1$  で死亡率が高く  $F_2$  で低く ( $p < 0.01$ )、SH では逆に  $F_1$  で低く  $F_2$  で高かった ( $p < 0.01$ )。BX および SH で世代により死亡率に差があるのは、 $F_1$ BX と  $F_2$ SH の子牛の生時体重が大きいことによると考えられている。一方、Brahman と Africander の純粋種の死亡率が  $F_3$  世代以降の交雑種のいずれよりも高かったことは、近親交配の進んだ純粋 Zebu 子牛の生時体重が小さかったことと、活力に乏しかったことによると考えられている。

性による差 — 各世代において雄の死亡率は雌よりも高く、特に BX の  $F_1$  世代の雄子牛の死亡率が 10.3% と格別高かったのは、生時体重が大きかったことによると考えられている。

母牛の年齢による差 —  $F_1$  世代と  $F_3$  世代以降および総体的に、3才令の若い母牛から生まれた子牛の死亡率が、より年齢の進んだ母牛の子牛より高か

った。特に3才令の英国種母牛から生まれたF<sub>1</sub> Zebu 交雑種子牛の死亡率が高(10%)かったことは、英国種にZebu 雄牛を交配する際に留意しなければならない事を示唆している。

双子による影響 — 11組の双子の内、生後はじめの1週間をそろって生存しえたのは2組のみであり、さらに双子として生まれた22頭の子牛の内、生后1週間以内に16頭が死亡した。このことは熱帯の過酷なストレスのもとでは、双子として生まれたことが生存に不利となることを示している。

#### (2) Pre-weaning mortality

品種による差 — 交雑種の死亡率では、SH子牛が最も高く、AX子牛が最も低かった。一方、Brahmanの純粋種の子牛の死亡率はAfricanderの純粋種およびAfricander crossのF<sub>3</sub>以降の世代よりも高かった。

性による差 — F<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>世代で雄の死亡率は雌より高く、F<sub>3</sub>世代では逆に雌の方が高かったが、品種間の性による死亡率の差のパターンは各世代に亘って一貫していなかった。

母牛の年齢による差 — 品種と世代の全てに亘って、5~7才令の母牛から生まれた子牛の死亡率が他の年齢グループの母牛から生まれた子牛より高かった。

#### (3) Post-weaning mortality

総体的にSH子牛の死亡率は、AX或いはBXより高かった。一方、子牛の性による死亡率の差、および母牛の年齢による差は認められなかった。

#### (4) Adult mortality

品種による差 — 死亡率は全体的に低かったが、英国種の純粋種と英国種同志による交雑種の死亡率は、Zebuの純粋種とZebuと英国種との交雑種より高かった。品種間の死亡率の差を作り出している1つの要因として、分娩の間の母牛の死亡率が品種により異なっていることが挙げられる。SHの場合、分娩の1.4%が母牛の死亡に帰着しているのに対し、AXでは0.6%、BXでは0.3%と低かった。

年齢による差 — 牛の死亡率は、年齢と共に増加し、8~10才令グループで最も高かった。

総合的にF<sub>1</sub>交雑種の死亡率が各々の両親である純粋種の平均値より低かったことは、ヘテロシスが一生を通して生存に有利な効果を及ぼしていることを示している。しかし、英国種の初産雌牛から生まれたF<sub>1</sub> Zebu 交雑種だけは例外であり、Perinatal mortalityが高かった。Perinatal mortalityは、全ての交雑種において二項分布を示しており、したがって交配方針は中程度の生時体重の子牛を生産するように方向づけることが望ましい。

離乳以降において、Zebu 交雑種は、英国種より明らかに優れた生存性を示しているが、離乳後ではA Xのみが優位であった。Zebu の純粋種での死亡率が生時から離乳までの間で高く、それ以降で著るしく低かったことは生時から離乳までの間の高い自然淘汰率が、それ以降の死亡率の低さに反映していると考えられ、環境が母牛と子牛の両者の生存を許さない程の過酷な場合における生存性の自然選抜の結果と思われる。このことは、恵まれた環境条件のもとで作られてきた英国種に見られる状態と対照的である。分娩時に見られる母牛の死亡率における品種による差もまた、このような自然による選抜の結果と考えられる。

6)  
牛の品種別各期の死亡率 (Belmont)

Breed or Cross *	Perinatal (0~7 days)	Pre-weaning	Weaning to 15 months	Adults (Annual)	Predicted survival birth to 6 yrs. %
Number	3 291	3 130	2 976	4 516	
Africander cross	3.5	1.5	1.1	0.4	92.1
Brahman cross	5.2	2.4	1.2	0.6	88.7
Hereford-Shorthorn	5.5	3.0	2.7	2.4	79.0
Africander	7.2	1.4	0	0.3	90.1
Brahman	9.1	5.5	0	0.2	85.0

\* Cross bred line from F<sub>2</sub> et seq generations

Zebu 交雑種と英国種との間の同様のコントラストが、クィーンズランド州中央部の一般牧場での調査でも報告されている。死亡率における品種による差、特に繁殖雌牛における死亡率の品種による差は、環境条件が悪化し、死亡率が

上昇するにつれて増加する傾向にある。

#### 4. 旱魃耐性<sup>7)</sup>

(1) 死亡率

オーストラリア北部の熱帯～熱帯地方のように冬の乾燥期間に周期的な旱魃に見舞われ、平年でも乾燥期間に栄養水準が劣悪となる所での肉牛生産は、このような過酷な環境における肉牛の生存能力と生産能力に多くを依存している。クィーンズランド州の多くの農家は、旱魃期間中、英国種より Zebu 交雑種の方が体重の減少の程度が少ないことを経験的に観察している。

Belmont で 1960 年から 1969 年にかけて見られた各品種毎の死亡例数と、それぞれの年の年間降雨量は次頁の表に示すとおりである。この表で死亡例数は、冬の乾燥期間の影響が現われてくると思われる 10 月から 12 月の 3 カ月間において発生したものだけに限っている。

全般に年間死亡率は、SH が高く、BX が低く、また各交雑種内では旱魃の年で高くなっている。英国種 (SH) と Zebu 交雑種との間の死亡率の差は 1965 年と 1969 年の旱魃の年で大きくなっているが、この様な旱魃時の死亡率における品種間の差は、旱魃が周期的に訪ずれて多くの被害を出すオーストラリア北部地方で特に意義深い事である。

牛の品種別死亡率と年間降雨量 ( Belmont )

YEAR	MORTALITY RATE (%)			RAINFALL
	AX	BX	SH	
1960	0	0.7	1.9	81.8 <i>cm</i>
1961	1.5	0	2.0	65.5
1962	1.0	0	3.1	70.4
1963	1.0	1.3	1.5	56.3
1964	0	0	0	71.5
1965	1.8	1.4	5.2	46.4
1966	0.7	0	0.9	52.2
1967	0	0.8	0	71.6
1968	0	0.7	0.7	97.0
1969	2.2	1.5	6.0	52.9
TOTAL COW YEARS	1,425	1,324	1,123	
TOTAL DEATHS	12	8	25	

8)  
(2) 体重の変化

1969年の旱魃では、最初の9ヶ月間の降雨量が249 *mm*と平年の同期と較べて502 *mm*少なく、10月から12月にかけて平年並みの降雨があったことにより旱魃は解消した。この旱魃をはさむ1969年2月から翌年1月までのBelmontにおける育成雌牛および成雌牛の生体重とその増体量の調査による結果は、次のとおりであった。

① 育成雌牛

1969年2月、10月および翌年1月の測定時において、Zebu交雑種はSHより重く、この差は測定時毎に増加した。1969年2月から10月にかけての体重の変動の平均値は、-42.1 *Kg*であり、品種間に差はみられなかった。2月の時点での体重が品種の間で異なることから、共分散調整により初期の体重の差を取り除いたあとの2月から10月にかけての体重の減少量はSHが最も多く、BXが最も少なかった。一方、10月から翌年1月にかけて、この体重の増加量には品種間の差が認められなかった。



表にみられる回帰係数は、各品種間において2月の測定時に体重の重かったものが早魃期間中、最も多く体重を失い、早魃が解消した後では最も多く増体したが、全期間を通して体重の軽かった牛が得た増体量ほどには増体しなかったことを示している。

育成雌牛の生体重と増体量

	回帰係数	交 雑 種			純 粋 種	
		SH	AX	BX	Africander	Brahman
生体重 (Kg)						
1969年2月		272.3	305.7	320.8	286.2	273.6
" 10月		227.7	264.6	280.7	252.8	245.7
1970年1月		276.0	317.6	336.5	295.8	291.6
* 調整増体重 (Kg)						
2月~10月	*** -0.227	-50.5	-39.3	-34.9		
10月~1月	*** 0.149	52.2	51.8	52.4		
2月~1月	*** -0.078	1.7	12.5	17.5		

\* 回帰により2月の体重を一定に調整したあとの増体量

BrahmanとAfricanderの純粋種の早魃中の体重の減少量は、どの交雑種よりも少なかった。これはBelmontの環境においてBos indicusを配合することにより、早魃耐性を高め得る可能性を示すものである。

Zebu交雑種がSHに較べてより早く発育し、早魃耐性も高いことは、たとえ早魃に見舞われても一定の体重時ではZebu交雑種がSHより若いであろうことを示しており、このことは牛肉仕向けの年令を早め、熱帯における肉牛生産の効率を改善するうえで重要なポイントとなる。

② 繁殖雌牛

(a) 妊娠牛

1969年2月から10月にかけて、この体重の変動はSHで-32.5Kg、AXで-21.7Kg、BXで-13.6Kgであったが、10月から翌年にかけては、SHで+5.5Kg、AXで+17.5Kg、BXで+9.9Kgであった。

乾乳中の妊娠牛の1969年2月から10月にかけて、この体重の変動はAXで-8.7 Kg、BXで+5.8 Kg、SHで-33.0 Kgであったが、泌乳中の妊娠牛の周期間における体重の変動はAXで-34.9 Kg、BXで-33.0 Kg、SHで-31.9 Kgとほとんど似かよっていた。このことは、子牛に哺乳していることによる影響をBXが最も大きくうけていたことを示すものである。これはBXがAXおよびSHより泌乳期間が長いことと関連があると考えられ、この差が子牛の離乳時の体重の差に反映して来ると思われる。そして、このことは、早期離乳による母牛の体重のロスを少なくする効果が、SHよりZebu交雑種でより大きいであろうことを物語っている。

妊娠牛の生体重と増体量

	AX			BX			SH		
	Wet*	Dry	差	Wet	Dry	差	Wet	Dry	差
頭数	87	24		46	19		56	26	
生体重 (Kg)									
1969年2月	415.6	470.9	-55.3	431.3	460.3	-29.0	389.7	470.2	-80.5
" 10月	380.9	462.2	-81.3	398.2	466.1	-67.9	357.8	437.2	-79.4
1970年1月	411.7	466.3	-54.6	423.8	460.2	-36.4	367.8	438.0	-70.2
増体量 (Kg)									
2月~10月	-34.9	-8.7	-26.0	-33.0	5.8	-38.8	-31.9	-33.0	1.1
10月~1月	30.8	4.1	26.7	25.5	-5.8	31.8	10.1	0.8	9.3
2月~1月	-3.9	-4.6	0.7	-7.5	0	-7.5	-21.9	-32.2	10.3

\* 1969年2月の時点での泌乳状態

妊娠していない牛の生体重と増体量

	BX			SH		
	Wet	Dry	差	Wet	Dry	差
頭数	50	29		30	33	
生体重 (Kg)						
2月	413.9	457.7	-43.8	376.9	452.7	-75.8
10月	342.2	435.0	-92.8	301.4	405.8	-104.4
1月	433.6	486.0	-52.4	383.0	465.8	-82.8
増体量 (Kg)						
2月~10月	-71.1	-22.7	-49.0	-75.5	-46.9	-28.6
10月~1月	91.5	50.9	40.6	81.7	59.9	21.8
2月~1月	19.7	28.3	- 8.6	6.1	13.1	- 7.0

(b) 妊娠していない牛

1969年2月から10月にかけて、この体重の変動はSHで-72.2 Kg、BXで-47.2 Kgであったが、10月から翌年1月にかけて、この体重の変動は、SHで+64.9 Kg、BXで+71.2 Kgであった。乾乳中で妊娠していない牛の1969年2月から10月にかけて、この体重の変動は、BXで-22.7 Kg、SHで-46.9 Kgであったが、泌乳中の妊娠していない牛の周期間における体重の変動は、BXで-71.1 Kg、SHで-75.5 Kgであった。ここでも子牛への哺乳がBXでより多くの負担をかけていたことがうかがえる。

③ 子牛の生時体重

	AX	BX	SH
生時体重	31.3	29.5	27.6 Kg

1969年10月から12月の間に生まれた子牛の生時体重では、Zebu交雑種の子牛がSHよりわずかに重かった。これは1964年から1968年にかけて、この平均生時体重がAX=31.0 Kg、BX=29.7 Kg、SH=31.8 Kgであったのと対照的である。早魃はAXとBXの生時体重に影響を与え

なかったが、SHの生時体重を4 Kg減らしたことになる。

9) 10)  
5. 体組成

Belmont で生時以来、野草地に混みで放牧されてきたBX、AXおよびSHの去勢牛の生体重約1,000ポンド時(この時の平均週令はBX=137、AX=157、SH=193)における枝肉歩留りはBXがAX、SHより高かった。この差はBXの消化器官とその内容物が他の品種にくらべて軽かったことによる。

	BX	AXとSH
生 体 重(ポンド)	486	446
枝 肉 歩 留(%) *	56.4	52.5
脂肪層の厚み(cm)	1.11	0.73
生体重を100とした屠体成分(%)		
Hide	5.3	5.3
Four Feet	1.8	2.0
Head	4.0	4.1
Gut full + pluck *	17.5	20.9
Gut empty + pluck *	11.3	12.7
Fill	6.1	8.2

\* 生体重調整後の共分散分析により有意( $p < 0.05$ )となった変動因

フィールドコンディションのもとで発育したBXの屠体は、体重が軽～中程度の時に他とくらべて脂肪が少なかったが、次第に脂肪をつけ、重い体重の時にはAXおよびHSと同程度であった。BXの脂肪量は環境のストレスにあまり影響されないと考えられている。同様に扱われた品種内でAHとHSでは、発育の早い牛がより脂肪を多くつける傾向にあったが、BXではその反対の傾向が観察された。

AXの枝肉歩留りは、BXほど高くなかったが、全体的な屠体組成は似かよっていた。両者はまた、異なる筋肉の相対的な発育の点でも異なっていた。総筋肉重量が共に114 Kgのとき、BXのhind limbの筋肉はAXより1.6 Kg重

く、一方A XのSpiral muscles ("eye" muscleを含む)は、B Xより0.7 Kg重かった。脂肪の分布も品種により異なっており、B Xは皮下に脂肪が多く筋間に少なかった。

Meat Research Lab (C.S.I.R.O.)<sup>3)</sup>の報告によれば、肉の柔らかさと食用とし、この品質における品種間の違いは、品種内の変異に較べて小さかった。

#### 第4節 環境のストレスへの適合についての量的根拠

環境ストレスへの遺伝的適合は、2つの遺伝子型の相対的メリットが2つの異なる環境において異なる場合に、或いは言葉を換えれば遺伝子型が環境における変化に対して異なって反応したときに表われる。

これまでに記してきた品種間の能力の比較は、"Belmont"という特定の環境のもとで記録されたものであり、全ての環境のもとで全く同じ結果が得られる訳ではない。

家畜に影響を及ぼす物理的・生理的環境の適切な定義を絶対的な用語で表現することはむずかしく、環境の要素をそれらの家畜の能力における比較できる影響によって同定し、量的に表わすことがより意味深いことである。このことにより家畜の能力を制限している環境要素やこれらの要素に対する反応における遺伝的差異の重要性、および特定の品種の遺伝的強さと弱さについての展望が得られる。

進伝論的な感覚において繁殖の維持は、適合のための鍵であるが、Belmontでこれまでに成されてきた研究からは、この特性について得られた証拠は少なく、それらはすでに要約してきた。ここでは量的にさらに敏感であり、経済的に重要である発育率を環境ストレスに対する反応として取り扱う。

##### 1. 外部寄生虫

環境ストレスを構成する多くの要素は、最終的に家畜の発育率にその影響力を表現する。そしてこの要素は、それぞれ別個の影響力をもち互いに作用しあっている。

肉牛の管理者は異なる数のダニを付けており、ダニ数の多い牛は、少ない牛

程には良く発育しないことを経験的に観察している。異なる品種の牛をダニの幼虫の棲息する牧野にさらしたことによる発育上の影響における違いの多くは、牛体に付着し成熟したダニの数における差により説明される。品種内個体の発育は成熟ダニ数と関連しており、したがって、ダニに対する感受性は成熟ダニ数を調べることにより十分に測定され、それ故、ダニ抵抗性は逆に言えば牛に付着したダニの死亡率として表現される。

異なる品種を一群にして普通の放牧状態で放牧地における牛ダニの寄生にさらしたことが増体量に及ぼす影響について Belmont で行なわれた実験の結果を次頁の表に示す。これらの結果は2つの異なる試験から得られたものであり、最初に行なわれた試験<sup>11)</sup>では離乳後の雌牛と去勢雄牛を処理区と無処理区とに分け、離乳から57週間の内、14日毎に0.05% Sevin で薬浴してダニをコントロール(処理区)し、第2の試験<sup>12)</sup>ではAX、BXおよびHSのF<sub>3</sub>およびF<sub>4</sub>世代の雄子牛と雌子牛を離乳から27週間(11月から5月にかけて)21日間隔でDursban 24-Eで薬浴し(処理区)、実験期間中処理区・無処理区を同一のパドックに混みで放牧し寄生成熟雌ダニ数および増体量を調査したものである。

	無 処 置 区		薬 浴 区	差
	* ダニ数	増体量	+ 増体量	
First Experiment <sup>11)</sup>	(匹)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
Africander cross	10	66.5	86.0	19.5
Brahman cross	3	99.5	90.0	-9.5
Hereford-Shorthorn	17	44.3	84.3	40.0
Second Experiment <sup>12)</sup>				
Africander cross	30	100.5	110.6	10.1
Brahman cross	27	112.8	116.3	3.5
Hereford-Shorthorn	88	61.0	88.0	27.0

\* : 無処理区の牛の身体半分寄生した体長4.5~8mmの雌ダニ数の試験期間を通した平均値。  
+ : 53週間(最初の実験)或いは27週間(第2の実験)における増体量。

ダニに対する特異的な反応がこの表で良くあらわれており、ダニに対する処置を行なわなかったことがHSの年間増体量を40~54Kg減じ、AXの年間増体量を20Kg減したが、BXでは実質的に何の影響をも及ぼさなかった。2~3週間毎の薬浴では処理と処理との間における未成熟ダニの影響から牛を保護することはできないから、この数字はダニによる真の影響の低めの推定値と言える。

これらの数値は、ダニ抵抗性における遺伝的差異による増体量における品種の差の実質的な割合を推定している。最初の試験では無処理の場合のBrahman crossの増体量はHSより52.2Kg多かったが、ダニをコントロールしたことにより、この優位性が5.7Kgに減った。このことはZebu crossがHSに比して発育が優れている部分の90%がダニ抵抗性がより大きいことによることを意味し、一方第2の試験では、これが45%に低下している。これは発育にとってあまり有利ではない季節に行なわれた最初の試験でダニ抵抗性が相対的により重要であったことを示すものである。

オーストラリア北部地方で牛ダニと並んだ外部寄生虫として一般に認められているものに、Buffalo fly (*Syphona exigue*)がある。牛群における個体はそれぞれ異なるFly countsをもっているが、これが発育に及ぼす影響および感受性における品種の差や遺伝的変異についての報告は未だ成されていない。

## 2. 胃腸ぜん虫

ダニによる影響の項で引用した2つの実験は、胃腸ぜん虫も調査の対象として含んでおり、各々の実験で第3のグループとして、最初の実験ではTrichlorphonを14日間隔で、一方第2の実験ではLevamisoleを21日間隔で皮下注入した(処理区)。これらの実験の結果は次の表に示す。

	無 処 理 区		処 理 区	差
	卵 数 *	増 体 量	増 体 量	
First Experiment <sup>11)</sup> +	個	Kg	Kg	Kg
Africander cross	169	66.5	72.0	5.5
Brahman cross	222	99.5	90.9	-8.6
Hereford-Shorthorn	180	44.3	68.8	24.5
Second Experiment <sup>12)</sup> +				
Africander cross	144	100.5	122.4	21.9
Brahman cross	118	112.8	114.0	1.2
Hereford-Shorthorn	112	61.0	78.8	17.8

+ : Trichlorphon ( "Neguvon" ) 14日間隔、実験期間57週  
 † : Levamisole ( "Nilverm" ) 21日間隔、実験期間27週  
 \* : Mean Eggs per g of faeces throughout experiment

ぜん虫に対する処置をうけなかったグループの内、HSでは年間増体量が処置区に比し、15~33Kg少なかった。ぜん虫に対する処置が或る一定の間隔を置いて行なわれたことから、牛は常にぜん虫の影響からフリーであった訳ではなく、したがってこの数字はぜん虫による真の影響の低めの推定値である。Brahman crossはぜん虫の影響を受けなかったが、Africander crossでは結果が一様でなく、最初の実験ではぜん虫に対する耐性が強かったが、第2の実験ではHSと同程度に感受性が高かった。

ぜん虫に対する感受性が異なることによる発育における品種間の差の割合は、次の様にして推定できる。

比 較	最初の実験	第2の実験
AX 対 HS	86% (註)	0%
BX 対 HS	60	33
BX 対 AX	43	168

(註)  $100 - (100 \times (72.0 - 68.8) / (66.5 - 44.3)) = 86$



これらの実験の結果に変動はあるが、牛がもつぜん虫に対する耐性における差異は、明らかに品種の相対的発育率の重要な決定要素と成り得る。

### 3. 疾 病

"eye cancer" に対する抵抗性の遺伝と目の緑の色素形成とは関連していることが報告されている。"eye cancer" による生産性の損失を定量することは容易ではないが、ヘレフォード繁殖雌牛では相当の損耗を起し得る。eye cancer に対する感受性における品種間差は確たるもので1965年から1974年までの間に4才令以上の雌牛でeye cancerになったものの割合は、HSで2.8%、BXで0.2%、AXとアフリカンダー種およびブラーマン種の純粋種ではゼロであった。一方、それぞれの品種の目の緑の色素形成の程度は、Zebuで多くHSで少ないことから、これらの数字は色素形成の程度と逆の関係にあると言える。

牛の伝染性角結膜炎 (Bovine infectious keratoconjunctivitis. BIK) は、オーストラリアの牛の生産地帯に普通にみられ、特に夏の間若令牛に発生が多い。伝染性角結膜炎の発生率も品種により著しく異なる。Belmontにおいて3年間に亘って発生状況を調べた結果では、<sup>13)</sup> 15ヶ月令の雌牛の内、HSで73%、AXで22%、BXで8%、アフリカンダー種で6%、ブラーマン種で0%であった。HSの感染程度は他の品種に比較して最もひどく、両方の目が感染している割合も多く、感染症候を他の品種より長く維持していた。

伝染性角結膜炎の発生状況

区 分	HS	AX	BX	Africander	Brahman
調 査 頭 数	138	140	107	33	14
罹 患 率 (%)	72.5	22.1	8.4	6.1	0
両側の目が罹患していたものの割合 (%)	22.0	2.0	1.0	-	-

全ての品種において、BIKに感染していた雌牛の体重は、未感染雌牛より軽く特にHS雌牛のうち3ヶ月と8ヶ月、15ヶ月のそれぞれの月令時におけ

る調査で感染症状を示しつづけたものの15ヶ月令時体重は、それぞれの月令で一度も感染症候を示さなかったものより22.8 Kg(10%)軽かった。又、体重の差の幅は感染の程度に直接関連していた。

最小二乗平均体重(15ヶ月令時における調査)

品 種	感染雌牛の平均体重	未感染雌牛との差
HS	214.0 Kg	-10.7 Kg
AX	228.1	- 6.1
BX	229.3	-12.2

HSにおいて発生率と感染症状の程度は、目の緑の色素形成の割合と関連しており、目の緑の全部に色素の形成が認められた15ヶ月令雌牛の68%が感染していたのに対し、色素形成が認められなかった雌牛の96%が感染していた。更に目の緑全体に色素形成が認められた感染雌牛の15ヶ月令時体重は色素形成の認められなかった牛より20 Kg重かった。

HS雌牛の色素沈着の程度別最小二乗平均体重

区 分	Pigmentation class 銜		
	0 - $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ - $\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$ - 1
感 染 牛	198.2 Kg	212.8 Kg	218.2 Kg
未感染牛	245.9	253.1	232.2

銜) まぶたと目の緑の周りの皮膚における色素形成の程度

伝染性角結膜炎に対する感受性における差は、HSとBXの15ヶ月令時の体重における差の20%の要因となっており、同様にHSとAXとの間の差の25%の要因と成っていると推定されている。この推定方法は次の通りである。上記の表から15ヶ月令のHS雌牛で伝染性角結膜炎感染により生ずる体重における減少量の平均値は( $0.725 \times 10.7$ )或いは7.8 Kgであり、BXでは1.0 Kgであった。一方、Belmontでの13ヶ月令BXの雌牛はHS雌牛より30.7

Kg重かったとの報告からBXとHSの体重の差の22%(6.8/30.7)は、伝染性角結膜炎の感受性における差によると見なされる。この様な疾病に対する抵抗力における差は熱帯地方における牛の育種プログラムの企画の際に考慮に入れられるべきものである。

Foot rot (Infectious pododermatitis)は、乳牛群や或いは降雨量の多い地方での強度の放牧肉牛群で主要な疾病となりうる。Foot rotに対する感受性もまた品種により異なり、Rockhampton市の近くの個人牧場での2年間に亘る調査結果<sup>14)</sup>では、Bos taurusの56%、Bos indicusの14%、Bos taurus × Bos indicusの29%でFoot rotの発生が観察された。

BrahmanとAfricanderおよびこれらから作り出された品種は、ダニ熱を引き起こす最も重要な原虫であるBabesia argentinaに対し、比較的抵抗力をもつがBabesia bigeminaに対してはそうではないとの報告がある。

#### 4. 暑 熱

人工気象室内での暑熱がBrahman crossの発育に及ぼす影響は、英国種の発育に及ぼす影響より少ないとの報告がある。しかし家畜がフィールドで出会う暑熱ストレスの複合体とこのような人工温度体制とを関連づけることはむしろ難しく、普通の放牧状態において家畜がどのように影響をうけるかを予想することは困難である。

Belmontのフィールドで10月から3月までの夏の間を経験する暑熱ストレスは影響を受けやすい牛の発育を有意に低下させる程である。英国種の毛を刈って短かくしておくことにより、暑熱ストレスを減少させることが発育に及ぼす効果<sup>15)</sup>についてBelmontで行った実験によれば、生後10ヶ月令のヘレフォード子牛を毛刈区と対照区とに分け、毛刈区では頭部、耳、尾、膝或いは飛節から下の部分を除いた身体全体を、皮膚を覆い、輻射熱から保護するのに十分なだけの毛を残して短かく刈りこみ、10月から3月までの間に計4回毛刈をくりかえし行なって毛の長さを短かく保ち、増体量と直腸温度の変化を調査した。この実験の結果は次の表に示すとおりであり、気温の高い期間、毛を短かくしておいたことの効果は直腸温度を0.7℃下げ、増体量を12Kg(13%)増

やした。

毛刈が増体量と直腸温度に及ぼす効果（10～3月）

区 分	毛刈りを行なわなかったグループ	毛刈の効果
平均増体量	89.7 Kg	1.2 Kg
直腸温度	39.8℃	-0.7℃

毛刈グループの直腸温度が Zebu cross が維持している水準にまで下がって  
 いなかったことから、暑熱が英国種に及ぼす特異的な影響の真の数字は、この  
 推定値より高いものと考えられている。直腸温度と増体量との間にこのような  
 関係から導き出された増体量における差のうち、暑熱耐性によると見なされる  
 部分の推定値は次のとおりである。<sup>16)</sup>

比	較	増体量の差の内、暑熱耐性の違 いによると見なされる部分
ROCKHAMPTON地方に 適合した Hereford	対 N.S.W州から導入した Hereford	50 %
Africander cross	対 Hereford × Shorthorn	25～30 %
Brahman cross	対 Hereford × Shorthorn	15 %

これらは、直腸温度を暑熱効果の複合指数と仮定してのものであり、粗い推  
 定値である。特に Brahman cross と HS の比較のための推定値は低目かも知れ  
 ないと考えられている。

## 5. 栄 養

放牧されている草地の栄養状態が牛の発育に及ぼす影響について Belmont  
 での報告例はないが、FLORIDA からの報告では、実験牛群の離乳時体重にお  
 いて牧野型と牛の品種との間に強い相互作用が観察されている。<sup>17)</sup>

Breed	野草地	改良草地	差
Brahman	150Kg	152Kg	2Kg
3/4 Brahman ex F <sub>1</sub>	168	218	50
3/4 Shorthorn ex F <sub>1</sub>	165	205	40
Shorthorn	100	163	63

改良および未改良牧野に対するヘレフォードとブラーマン×ヘレフォードの反応における似たような対比がこの他にも報告されている。これらの例では、放牧環境が栄養の見地で定義されているが、他の要因もまた影響を及ぼしているであろうと考えられる。栄養が品種に及ぼす特異的影響について最も明確に言えることは、これが他の要因に対する反応を条件づけるということである。例えば、寄生虫に対する感受性における品種の差は、栄養が貧しい場合に最も明瞭に表われる。ストレスが発育に及ぼすいかなる影響も飼料の消費或いは利用における変化をとおして表現され、そしてこれは得られる栄養水準によって条件づけられる。

他のストレスのない時の栄養に対する反応における本来の差を明らかにすることは困難である。上記FLORIDAの実験で観察された相互作用について Brahman cross は野草地対改良草地の様な対比により少なく影響をうけ、或いはより少なく反応するため、相互作用が生じると考えられている。

オーストラリアにおける Zebu と British との寄生虫や暑熱のフィールドストレスのないペンでの比較試験では、英国種は高品質のルーサン牧草でより早く発育したが、品質の貧しいイネ科乾草ではそうではなかった。しかしながら旱魃の間、Zebu が体重の減少速度が遅く、より長く生き永らえるのは、Zebu が低い品質の飼料に対するよりむしろ、少ない量の飼料条件に対して耐え得る能力と関連していると考えられる。

## 第5節 能力と適合に関連する要因

前節では、特定の環境ストレスへの発育の特異的な反応についての量的根拠を扱ったが、このような根拠はかなり大きな実験から来ており、このような実験では品種型が一群の牛により代表され、無作為にグループ分けされて別々に処理されることにより、人為的に操作された要因に対する反応の測定値を提供している。したがって、このような手掛りは選抜のための個々の牛の評価には用いることができない。そのためには反応の基礎となっている部分のより簡単な規準が必要となる。

### 1. ダニ抵抗性

ダニの寄生が牛の発育に及ぼす影響における品種の差は、幼虫から成熟ダニまで発育したダニの数における差で説明されることは、前節で記した。

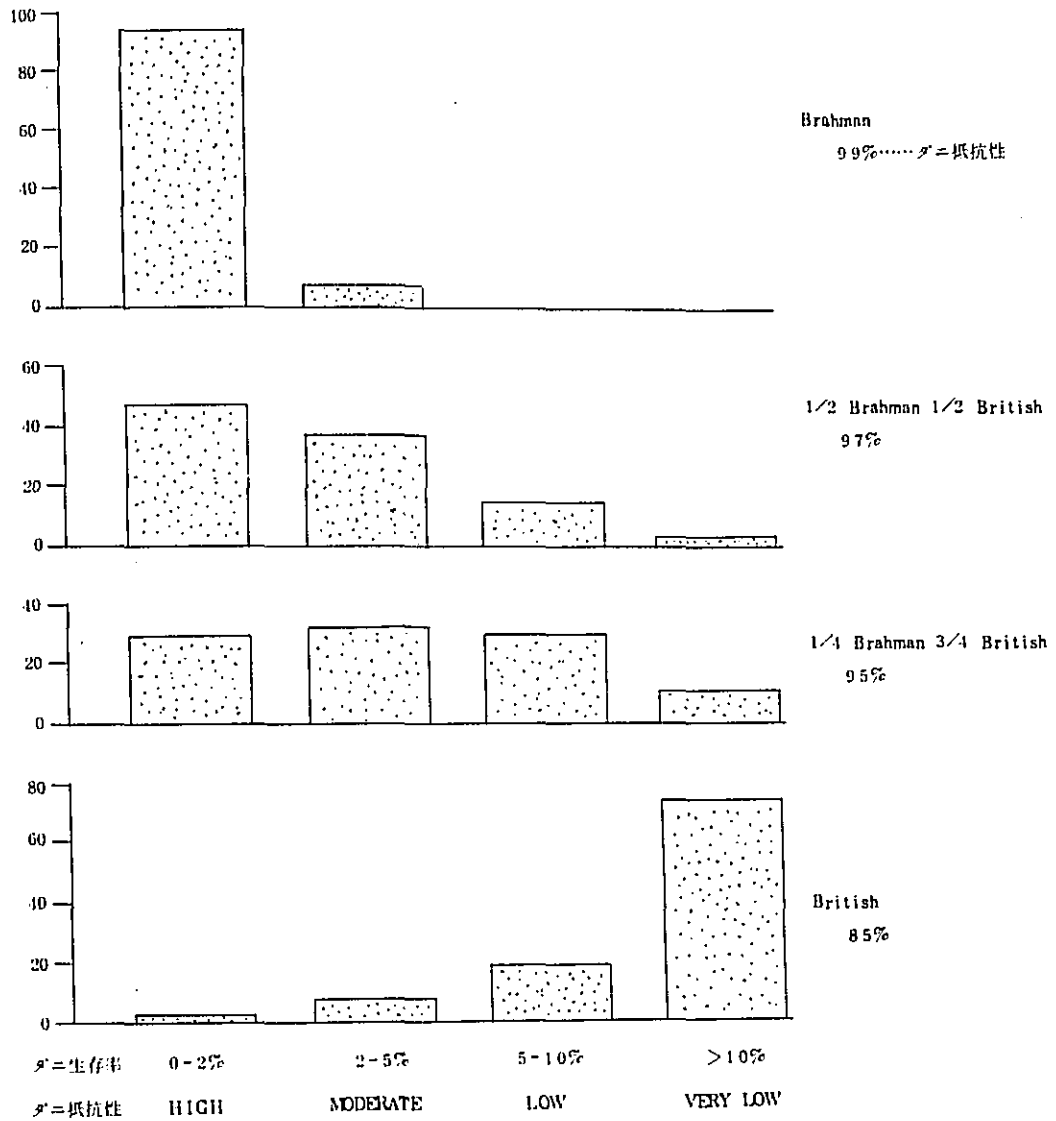
ダニの宿主におけるダニの数の推定は、ダニが宿主に及ぼす影響を求めるうえで基礎となるものである。Boophilus microplus のように one-host ダニでは、幼虫～亜成虫～成虫の全てのステージを同一動物に寄生にすがすが、幼虫や亜成虫は寄生数を測定するのが困難であり、測定は一般に、部分的に宿主の体液を飽食した雌ダニ（体長 0.45～0.8 cm）に限って行なわれている。日中、ダニのサイズはあまり増大しないが夜になると 0.45 cm 以上の雌ダニの体長が急速に増大し、真夜中までには著るしく大きくなる。このようにして宿主の体液を飽食したダニは夜から朝にかけて牛から離れて地上に落下する。落下のピークは夜明け後の 9 時頃である。しかし、わずかの飽食した雌ダニが残ることもある。光が刺激作用を有することは明らかであり、日没と共に夜行性の飽食がはじまり、飽食した雌ダニは早朝離脱する。日中の強い光線は飽食を妨げる。4.5 mm に満たない長さの雌ダニは夜の間、わずかにサイズが大きくなるだけであるが、翌日の夜に飽食を完了する。これらのことから体長 4.5 mm 以上の雌ダニを数えることにより翌日に牛から離脱する飽食ダニの数の推定が、かなりの精度で行なえると考えられているが、測定時までには離脱せずにいる飽食ダニを測定から除くために、上限値として 8 mm がセットされている。

寄生するダニの数にもとずいた牛のランキングは、測定回次毎にかなり高いレベルで反復している（測定数の Repeatability の平均値は 0.47）ことが報告されており、ダニ数測定による牛の間の格付けは夏の方が（ $r=0.52$ ）冬（ $r=0.27$ ）より信頼度が高く、又、平均ダニ数が 3 の時の  $r=0.27$  から、平均ダニ数が 100 の時の  $r=0.67$  へと、ダニ数の増加にともない、反復率が上昇したことが報告されている。<sup>18) 19)</sup>

このようにして、部分的に飽食した雌ダニの数を数えることにより、寄生した幼虫のうち、成熟ダニとならずに死亡したダニの死亡率における宿主の効果として定義されたダニ抵抗性は、牛のダニの寄生にさらしたことによる発育率への影響と十分に良く関連しており、選抜のための基準として有効である。一般に個々の牛のダニ抵抗性は、0.5g のダニの卵を孵化させて得た幼虫（約 2 万匹）を調査対象の牛の頸部に取り付け、その後 20 日目と 21 日目にそれぞれ 0.45~0.8 cm の長さの雌ダニを数えて 2 日間の平均値を取り、これを 2 回くりかえすことにより寄生した幼雌ダニにおける死亡率として表わすことが行なわれている。

Bos indicus と Bos taurus の間の差異のうち、ダニ抵抗性はその主要なものであり、Bos indicus およびその交雑種は英国種よりダニ寄生数が少ない。

20)  
牛の品種毎のダニ抵抗性の度数分布図





Zebu 交雑種におけるダニ抵抗性のヘリタビリティは高く（82%）、Afri-cauder cross と Brahman cross とで同様であったが、雌におけるヘリタビリティは雄におけるより高かった。ダニ地帯におけるダニ数と牛の発育率との間の遺伝相関は負で高いことが認められている。英国種におけるダニ抵抗性のヘリタビリティは、Zebu より低い50～60%と推定されている。

ダニ抵抗性は、ダニの寄生に対する反応における獲得免疫性を発達させる能力に依存するが、免疫機構がどのようにしてダニに影響を及ぼすかは十分に定義されていない。ダニ抵抗性を示す他の指標として牛の持つ免疫的反応と細胞反応、ダニ抵抗性と血中脂質との相関等の研究が行なわれているが、これまでの所、寄生する部分的に飽食した雌ダニの数を測定する方法が牛の持つダニに対する感受性と抵抗性を示す最も有効な基準として支持されている。

## 2. ぜん虫に対する耐性

ダニの場合と同様に、ぜん虫に寄生された経験のある牛は、新しく入ってきたぜん虫の幼虫に対して反応を起こす。この反応が全てのぜん虫を体外に排出することはまれであるが、新しく入ってきた幼虫の多くは、この反応により牛に定着できず、それゆえ圧倒的な寄生となることはない。このような経過をへたあとの胃腸器官に残ったぜん虫の数は、それぞれの牛がもつ免疫学的能力のレベルで“正常”として耐え得る数と言うことができ、そしてこの数は品種により異なると考えられている。

ここまで明らかにされてきた証拠には、胃腸ぜん虫に対する感受性において、2つのカテゴリーの遺伝的変異がある様に思われる。前出した実験で Brahman cross はぜん虫の寄生に影響をうけず、一方、Hereford-Shorthorn はひどく影響をうけたが糞中の卵数には符号した差がなかった。

ぜん虫に対する薬剤処理が増体量に及ぼす効果

FIRST EXPERIMENT <sup>11)</sup>		
	無処理区の平均卵数	処理が増体量に及ぼす効果
AX	169 (EPG)	+ 6 Kg ( 8 %)
BX	222	- 9 ( 9 %)
HS	180	+25 (55 %)
2nd EXPERIMENT <sup>12)</sup>		
	無処理区の平均卵数	処理が増体量に及ぼす効果
AX	144 (EPG)	+22 Kg (22 %)
BX	118	+ 1 ( 1 %)
HS	112	+18 (30 %)

つまり“正常”な範囲でのぜん虫の寄生に対し、BXはHSより良く耐えうる。そしてBXにおける糞中卵数は、HSにおけるより少くないことから、BXとHSとの間の孳虫の寄生の程度は似通っており、BXはたんに、より少なく影響されているにすぎないと言える。ぜん虫に対する耐性におけるこのようなタイプの遺伝的差異は糞中の卵数を数えただけでは識別することはできず、選抜基準として他に代るものが必要である。

しかしながら、品種内個体の増体量が糞中卵数の増加にともなって減少したことは、これらが、疾病状態に対する一般的な免疫学的反応の程度の発達のための遺伝しうる能力を代表していると考えられている。

品種内の父-子グループの糞中卵数は異なり、ヘリタビリティの推定値は高い。子牛の糞中卵数が低い父牛は、夏期の間すぐれた増体量を示した。遺伝相関は異なる種のぜん虫に対する抵抗性が一般に同じ遺伝子(複数)のコントロールのもとにあることを示している。

### 3. Eye-Lid Pigmentation

牛の目にできる癌腫は、クィーンズランド州の中央部沿岸地方で主にヘレフォード種肉牛における損失の一因として知られている。Belmontで行なわれた調査によれば7~8才令のヘレフォード雌牛のうち40.4%で前癌病変が観察

されたが同時に調査したショートホーン種では、いかなる前癌病変や癌腫も観察されなかった。

目癌 (eye cancer) の発生率は、温帯地方より熱帯地方で高く、この地方で見られる人間の皮膚癌の発生率に示されるものと同様のパターンを伴っている。罹患しやすい部位における色素沈着が明らかな保護作用を有していることから、紫外線の刺激が主要な要因となって初期病変を引きおこし、ついには癌腫となると結論しうる。

色素沈着の有無と病変の発生率 (ヘレフォード種<sup>21)</sup>)

	NON-PIGMENTED LIDS	FULLY PIGMENTED LIDS
TOTAL NUMBERS OF EYES	85	135
前癌様病変が観察されたもの	81%	2%

まぶたの緑の皮膚における色素沈着の程度と前癌病変の発生率との関係は、上記のようである。eye - cancer の発生から目を有意に保護するためには、まぶたの緑の皮膚が完全に、或いはほとんど完全に色素沈着していることが必要であると考えられている。

まぶたが色素沈着を欠いている事自体は、癌性変化に対する感受性の主要な原因ではなく、単に、この感受性の良い標識であるにすぎない。

目癌に対する感受性についての直接淘汰は、病変が牛の一生のうち、かなりあとになって現われてくるため、非能率的である。前癌病変の存在による淘汰は確かな方法かも知れないが、色素沈着についての選抜は、能率的であり、しかも最も実用的である。

色素沈着についての選抜はまた、pink - eye のコントロールにおける或る程度の効果をもつが、pink - eye に対する感受性は、子牛の時代に良くあらわれるので病変そのものについての直接淘汰の方が実用的であり望ましい。

#### 4. 免疫学的能力

寄生虫や疾病に対する感受性における遺伝的変異の多くは、恐らく免疫学的

基礎をもっていると考えられている。血清グロブリンや白血球が寄生生活に対して反応し、その反応には品種の差が認められている。免疫性は部分的に特定の感染に対して特異的なものであろうが、免疫能力の広義の成分には遺伝的変異が示されている。

B Xは、外来性抗原に対してH Sより良い免疫学的記憶を持ち、外来性抗原に最初にさらされたあとで、更に挑戦された際により強い免疫反応を示す。これらの品種は血液中の特定の免疫グロブリンであるIgG 1の水準における差異を示している。BelmontのH S 離乳牛におけるIgG 1レベルは、Victoria 州のヘレフォードにおけるレベルより86%高く、BelmontのB Xにおけるレベルより21%高い。Belmontにおいて各品種内にはIgG 1レベルと離乳時体重との間に負の相関( $r=-0.88$ )が認められたが、Victoria州のヘレフォードでは全く認められなかった。発育との相関は主として生后数ヶ月の間に高まるようである。IgG 1レベルにおける品種の差は、遺伝的効果を意味しているが、発育との品種内相関はこれまでの所、主に環境的なものと考えられている。IgG 1レベルにおける変異は、伝染性挑戦との戦いでの成果におけるよりもむしろこれまで苦しんできた伝染性挑戦における差異を反映していると考えられている。動物がこれまで苦しんできた環境による侮辱をIgG 1レベルが物語っているのであれば、観察された発育率に含まれる環境の騒音を補正して発育についての育種価の推定方法を改善するのにIgG 1レベルは利用しうる。

## 5. 暑熱耐性

暑熱による負担は、正常な体温を維持しようとする反応を引き起こす。これらの反応に含まれるものとして、呼吸率と発汗率の増加、血液の移動、水分交替の増加、甲状腺などによる代謝コントロールと飼料摂取減退による熱生産の減少、それに長い期間では皮膚の機能を調整したことによる焔結としての皮毛のカバーの減少と発汗能力の増大とがある。

Belmontにおける調査では、フィールド状態のもとでZebu crossbredの皮膚温度、直腸温度および呼吸率が英国種より低目に維持されていることが観察された。<sup>22)</sup> 一方、気候室内では32℃の室内温度で英国種の直腸温度が約1℃上

昇したのに対し、同じ様に直腸温度を1℃高めるのに Brahman crossでは室内<sup>23) 24)</sup>温度を40℃、或いはそれ以上に高めなければならなかった。Africander crossはBrahman crossより暑熱耐性がやゝ低目であるが、その差はわずかと<sup>24)</sup>考えられている。

発汗能力は、品種間および品種内個体間においてかなり異なることが観察されており、<sup>25)</sup>品種間或いは品種内個体間のいずれの比較においても暑熱耐性の高い個体は、ストレスが穏やかな状態では発汗作用を引き起こす刺激がより少ないが、暑熱ストレスが高い状態では、それらのもつより多くの発汗能力をあらわす。したがって、発汗率による個体のランキングは暑熱ストレスが低から高に移行するにつれて逆転する。発汗能力における重要な差異は、暑熱ストレスが十分に高い時に測られる。Zebu crossの発汗率は、ストレスが穏やかな状態で英国種より低いが暑熱ストレスが高まると(フィールドにおける乾球の温度が32℃を超えると)皮膚温度は、英国種より低いにもかかわらず、英国種の発汗率より高くなることが観察されている。このことはZebu crossが皮膚温度の上昇に良く反応してより多く発汗することを示している。

10月25日午後1時(気温33.3℃)と5月24日午後2時(気温26.7℃)における発汗率と呼吸率、皮膚温度、直腸温度の比較

品 種	月	発汗率 (g/m <sup>2</sup> /hr)	呼吸率 (回/分)	皮膚温度 (℃)	直腸温度 (℃)
英 国 種	10	488	72	37.7	38.7
	5	325	99	37.2	39.8
	差	163	-27	0.5	-1.1
Brahman cross	10	500	31	36.3	38.3
	5	289	40	36.0	38.8
	差	211	-9	0.3	-0.6

Zebu crossの汗腺は、英国種のものより大きく特にBrahman crossでは、英国種より汗腺の数が多いことが観察されている。<sup>26)</sup>しかしながら汗腺の数と大きさは決して発汗能力の主要な決め手ではない。高い発汗能力は個体間の身体の内

で異なる部分、異なる季節、或いは異なる実験処理区の比較において、よりなめらかな皮毛と一様に組み合わせられている。発汗率の異なる部分の皮膚の極小標本による調査では決定的な差異は、汗腺への血液供給にあることが明らかにされている。この血液供給は活発に発育している毛のうの割合と密接に関連しており、このことは言葉を換えればCoat typeと関連していることになる。8月と1月では1月（夏）の方が活動している毛のうの割合が多く、横腹の部分より肩部でその差は大きい。毛のうの活動レベルが低い時には発育している毛と能率的な汗腺の大部分が皮膚のうちで導管（血管や脈管）がより多い部位に限られるが毛のうの活動レベルが高い時には、汗腺への毛管供給と汗腺能力の能率がより均等となるように発育している毛は皮膚全体に広く分散している。

遺伝的暑熱耐性の指数には、高い発汗能力やなめらかなCoat typeなどといった適合の状態をあらわす表示の他に暑熱ストレスのもとで高められた体温や呼吸率および減退した飼料摂取などといった負担の状態をあらゆる表示を含めることができる。

実際には、容易に測定される直腸温度の標準からの置換が温度調整能力の統合と生理的障害の要点として最も普通に用いられている。しかしながら、直腸温度における差異は暑熱ストレスが温度調整能力を反映する分散のために十分に大きい時にのみ適切である。

Zebu - cross ( 5/8 Charolais 3/8 Zebu ) を朝7時から午後3時までの間、太陽の陽ざしの下に置いて温度調整の遺伝学について研究したBrazilxからの報告によれば増加した直腸温度の推定遺伝率は $0.44 \pm 0.27$ であり、増体量との遺伝相関は $-0.90 \pm 0.29$ であった。<sup>27)</sup>

## 6. Coat characters

Coat typeは、寸法によって滑かてつやのあるものからウールのようにもじゃもじゃしたものにまで分けられる。タイプの主観的なスコアは、反復しうるものであり、Belmontにおける研究によれば、毛の長さ或いはCoatの深さを主体に、毛の太さを加味してCoat typeを1（毛が非常に短かく皮膚に密着している）から7（毛が立っており、<sup>27)</sup>こ毛の様を呈し指が部分的にCoatにう

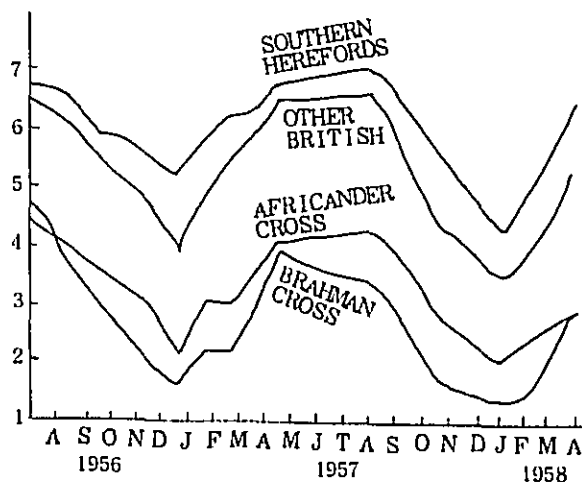
まり、Coat の下の細毛が柔らかい感触を与え、密生した毛が頸部から尻へ広まっている)にまで等級分けしたCoatスコアの17ヶ月間における反復率は、<sup>28)</sup> 0.6 或いはそれ以上であった。

2月～3月における雌牛の平均Coatスコア<sup>28)</sup>

平均年令	3ヶ月令	15ヶ月令	27ヶ月令	39ヶ月令
HS	4.31	3.70	3.95	2.95
Africander cross	3.06	2.52	1.99	1.68
Brahman cross	2.80	1.87	1.39	1.18

Coatスコアにおける季節的变化は、全ての品種の牛に同様にみられ、なめらかな“夏のコート”は、真夏の短い期間にのみみられ、晩夏になるとスコアはあがった。Coatスコアは年令が高まるにつれて下がり、若雌牛は若雄牛よりスコアが低く、栄養水準が高いとスコアが下がった。Zebu crossのスコアは英国種より低く、Brahman crossのスコアはAfricander crossより低くAfricanderとBrahmanの純粹種はさらにスコアが低いことが観察された。

Coatスコアと皮膚温度、直腸温度および呼吸率との間の関係は、英国種内で高度に有意であったがZebu cross内では、有意に達しなかった。



離乳から28ヶ月令までの間のCoat scoreの季節的変異<sup>28)</sup>

英国種泌乳牛の交配時の Coat スコアが3以上のものの分娩率は、3未満のものの分娩率より21%低く、分娩した雌牛の内交配時にスコアが高かった半数のグループの子牛の平均生時体重は、スコアが低かった半数のグループの子牛の平均生時体重より1.8 Kg軽かった。<sup>29)</sup>

Australian Illawara Shorthorn 種乳牛の Coat スコアと泌乳量との間の相関係数は、乳期の初期で  $-0.310$  ( $p < 0.01$ )、後期で  $-0.210$  ( $p < 0.01$ ) であった。<sup>30)</sup>

英国種内における Coat スコアと発育率との間の相関係数は高く ( $-0.577$ 、 $p < 0.01$ )、推定遺伝相関は  $-0.76$  であったが Zebu

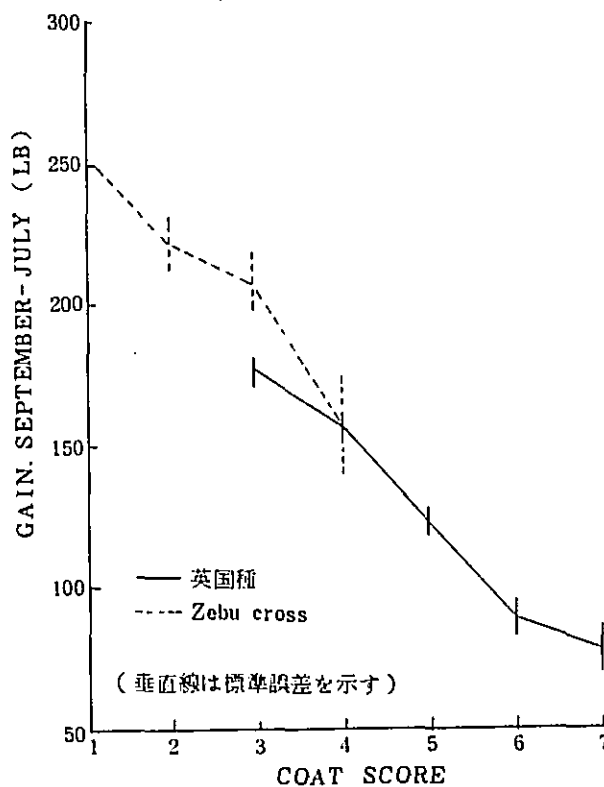
cross における Coat スコアと発育率との間における関係は、弱めに表われたにすぎなかった。<sup>28)</sup> 英国種における Coat スコアの推定遺伝率は63%であった。

Coat タイプと発育との間の相関が発育の反復率より高く、Coat スコアが強く遺伝し、スコアと発育との間の遺伝相関が高いことは、Coat type による選抜が表型的にも遺伝的にも有効であることを物語っている。

Coat スコアと各測定値との相関係数

	英国種	Zebu cross
皮膚温度	0.580	0.238
直腸温度	0.434	0.066
呼吸率	0.300	0.230

離乳7ヶ月後の Coat スコアと <sup>28)</sup> 離乳後10ヶ月間の増体量との関係





Coat スコアと増体量との間の相関係数

発育相(月令)	英国種	Zebu cross
9-16	-0.444 <sup>**</sup>	0.069
16-23	-0.366 <sup>**</sup>	0.001
23-28	-0.420 <sup>**</sup>	0.059

\*\*:(p<0.01)

英国種における遺伝相関は次のようにして推定された。

母牛の Coat スコアと子牛の増体量との間の相関係数 = -0.232

母牛の Coat スコアと子牛の Coat スコアとの相関係数 = 0.314

母牛の増体量と子牛の増体量との間の相関係数 = 0.3

遺伝相関 =  $-0.232 / \sqrt{(0.314 \times 0.3)}$  = -0.76

これは、次の式によっている。

$$r_G = \sqrt{\frac{r_{D_1 c_2} \cdot r_{D_2 c_1}}{r_{D_1 c_1} \cdot r_{D_2 c_2}}} \quad D: \text{母牛}, C: \text{子牛}$$

毛を短かく刈りこむことにより実験的に変えることのできる Coat cover の効果と毛刈されようがされまいが個体間で異なる遺伝的な Coat タイプの効果とを識別することにより、Coat タイプと能力との関連を次のいくつかの理由に帰することができる。はじめの2つは、Coat cover の効果をあらわしており、残りは遺伝的な Coat タイプと関連していると考えられている。<sup>31)</sup>

- ① 隔離 (Insulation) — Coat cover は伝導や対流、輻射による熱の消散を減少させる効果をもつ。
- ② 蒸散冷却の能率 — 実験によれば 4 0.6 ℃ の環境温度のもとで熱の放出の手段が蒸散作用によってのみの場合に、毛刈りが子牛の暑熱耐性を改善したが、毛刈りが体表面における水分の放出を促進したと信ずるいかなる理由もなかったことから、Coat cover は蒸発冷却の能率、つまり蒸発作用が皮膚あるいは空気から潜熱をうばう大きさに効果を及ぼしていたと見られている。

毛刈りが夏の間の発育率に効果を及ぼしたことは、Coat cover が持つこれらの効果がかかりのものであることを示しているが、発育率と自然な Coat タイプとの間に見られる関係のうち毛刈りの効果が要因となっている部分は、

全体の $\frac{1}{3}$ 或いはそれ以下にすぎなかったことから、関連の残りの部分は遺伝する Coat タイプの機能によるものであって、Coat cover の機能ではないと考えられている。

- ③ 温度調節のための属性との互いの関係 — 毛を短かく刈って Coat cover に関しては等しくしてもなお、毛のなめらかな子牛は、もじゃもじゃした毛の子牛より良く暑熱に耐えることから、この現象の主な原因は Coat タイプと汗腺の数、汗腺の活性レベルとの関連にあると考えられている。
- ④ 温度調節とは関係のない属性との互いの関係 — Rockhampton では、冬季間、毛を刈ることはどちらかといえば発育率に有害な効果を持つていて、個々の牛を比較した場合、皮膚温度を低く保つ能力が利点ではなかったが、それでも毛の滑らかな子牛は毛のもじゃもじゃ生えた子牛より良く発育した。したがって、毛の滑らかな子牛はたとえ暑熱ストレスがない場合でも、ある種の生理的メリットをもっていると考えられる。

短かく滑らかでつやのある Coat は、良く調和された代謝作用を反映していると考えられる。中度から高度の暑熱ストレスのもとで英国種のうち、滑らかな Coat を持つ牛は、高い発汗率を示したことが観察されている<sup>25)</sup> (Brahman cross では Coat スコアと発汗率との間に有意の相関が認められていない)。

Coat スコアと発汗率との相関

	英 国 種	Brahman cross
1954年産	-0.253 (d.f. = 105; p < 0.01)	0.093 (d.f. = 50)
1958年産	-0.392 (d.f. = 120; p < 0.01)	0.072 (d.f. = 89)

皮膚の代謝上の活性の程度をあらわす in vitro における皮膚サンプルの呼吸率と Coat スコア及び体重との間の相関係数は、それぞれ -0.416 (d.f. = 77; p < 0.001)、+0.406 (d.f. = 51; p < 0.01)<sup>32)</sup> であり、より高い呼吸率はより滑らかな Coat およびより重い体重と組み合わせっていたことを示している。また飢我や栄養不良が呼吸率を低めたことから皮膚の呼吸率は栄養上の影響により起こると考えられている<sup>33)</sup>。

34)  
Coatタイプは、甲状腺や副腎ホルモンと関連していることが観察されている。Coatタイプと相関しているこれらのものは、或るものは温度調整上重要であるが、他の或るものは暑熱ストレスとは関係なく生理的安寧と関連している。従って、Coatタイプは暑熱耐性と発育率の決定因子として、また暑熱ストレスの存在の有無にかかわらず、生理的安寧の指針としてその持つ意義は大きい。

①一定数の毛のう当り生産される総毛数、や②抜け換えの季節的変異、③毛のうの発育相の期間を反映している年間における発育している毛の平均数、④毛の直径の平均値、における個体の差はCoatタイプにおける差の重要な決定要素である。Coatタイプと関連している増体量は、年間生産される新らしい毛の総数(毛の交替率)と関連していたがCoatタイプのその他の成分とは、有意に<sup>35)</sup>関連していなかった。特に、Coatタイプの重要な成分である発育中の毛の相対数でさえも増体量と有意に関連していなかった。Coatタイプの成分の内、必ずしもCoatの隔離効果に関連していない或るものが、特に増体量と関連していて、たとえ暑熱ストレスが存在しなくても、潜在発育能力の指針として重要な役割を演じていると考えられていたが、“新らしい毛の総生産量”がこれに丁度あてはまる。毛の交替率はCoatタイプを評点する際に、比較的重要度の低い成分であるが、これはCoatスコアと増体量との間の相関の重要な要因であることが明らかにされた唯一のものである。毛の交替率は又、成長の病的抑圧により強く影響をうける成分としての意味を含んでいる。

Coatスコア、単位面積あたりの毛重量および増体量の毛の発育のパラメーターにおける重回帰

独立変量	下記の従属変量のための標準部分回帰係数		
	Coat Score	Hair weight per 1cm <sup>2</sup>	Body weight gain
New hairs	-0.24 <sup>*</sup>	-0.13	0.39 <sup>**</sup>
Growing hairs	0.40 <sup>**</sup>	0.72 <sup>**</sup>	-0.12
Growth rate of new hairs	-0.11	0.17	-0.17
Diameter of growing hairs	-0.37 <sup>**</sup>	0.21 <sup>*</sup>	-0.02
Percentage medullated hairs	-0.01	-0.27 <sup>**</sup>	-0.09
R <sup>2</sup> (d. f. = 57)	0.43 <sup>**</sup>	0.61 <sup>**</sup>	0.175 <sup>**</sup>

\* p<0.05, \*\* p<0.01; R<sup>2</sup> = Fraction of variance of dependent variant accounted for by independent variants

Coat のもつ他の属性である皮膚の単位面積あたりの毛のうの数は誕生前に決定され、そこには遺伝的変異が認められている。<sup>36)</sup> Africander cross と Hereford および Shorthorn との間の毛のう数における差は、有意ではなかったが、Brahman cross は 20% 多かった。また個体間において毛のう数は体重と正の相関にあり、より多くの毛のうをもつ個体はより大きな成熟サイズに発育する傾向にあることが明らかにされている。しかし、毛のう数と Coat タイプとは相関しておらず、毛のう数は発育における縮尺成分を意味しているのに対し、Coat タイプは成長、或いは生理的旺盛さの成分をあらわしている。

#### 7. Voluntary food intake

寄生虫や暑熱などの主要な環境ストレスのない所で牛に飼料を豊富に給与し、牛の品種間の随意飼料摂取量における違いを調べた Belmont での研究報告によれば、共分散分析により体重を等しく調整したあとの摂取量における品種間差は有意であり、Brahman の摂取量は Africander および Shorthorn × Hereford より少なかった。<sup>37)</sup>

牛の品種	調整後の平均体重	実験期間中の乾物摂取量
Brahman	280.8 Kg	477.6 Kg
Africander	"	538.4
S × H	"	578.5

同様の実験では、Shorthorn × Hereford が示した絶食体重の単位体重あたり随意飼料摂取量および絶食時代謝量は Brahman cross および Africander cross より高かったが摂取量の絶食時代謝量に対する比は品種を通して似通っていた。<sup>38)</sup>

牛の品種	絶食時体重 Kg	体重の変化量 Kg	随意飼料摂取量	
			最大値Kg/day	実験期間中の平均値Kg/day
B X	288.3	18.83	8.65	6.64
A X	272.8	15.28	8.47	6.69
S H	238.8	7.53	7.78	6.14

牛の品種	体重における差について調整後の絶食時代謝量 MJ/day	体重における差について調整後の最大摂取量 Kg/day	摂取量における差について調整後の体重の変化量 Kg
A X	20.63	7.90	13.6
S H	22.37	8.10	7.6

最近行なわれた実験では、Simmental×HerefordsやHerefords、HSらは随意摂取量と絶食時代謝量が最も高いグループに属し、一方BrahmanやBuffaloesは最も低いグループに属し、Brahman crossbredsは、これらの中間であったことが明らかにされている。

飼料不足状態や或いは環境要因が摂取量を減退させた場合、BrahmanやBuffaloesはHSやHerefords、SimmentalとHerefordsより相対的に多く増体するが、飼料が豊富にあり、環境要因も摂取量を減退させない場合には、HS等はBrahmanやBrahman cross、Buffaloesより相対的に多く増体すると考えられている。

これらの実験で英国種が示した高い飼料摂取量は、英国種が潜在的に持つ高い生産性に対する鍵であり、Zebuとの交雑種生産に寄与する最も重要な属性であると考えられている。

飼料利用の総合的な効率は、維持のための必要量に対する飼料摂取量が増加するにつれて上昇するが、これらの実験では随意飼料摂取量の最大値と維持のための必要量が比例していることが示された。飼料の利用効率の最大値は異なる品種で似通っているが摂取量と維持のための必要量との間の差の絶対値は、英国種で最も大きく、その結果として1頭あたりの潜在発育率は他の品種より

高い。しかし、他のストレスが飼料摂取量の特異的に変えた場合には、この潜在利点はゆがめられる。

消化率や代謝によって転換しうる能力が一定との条件のもとでは、絶食時代謝或いは維持のための必要量に対して飼料摂取量の高い牛が能率的であるので望ましいが、この比率における遺伝的変異は小さい様なので、好ましい状態における発育のための能力と早魁耐性や暑熱耐性との間にある程度の歩み寄りが必要となってくる。暑熱や寄生虫などの環境ストレスに感受性の高い牛がこれらのストレスにより受ける影響のうち重要なものは、飼料摂取量の減退である。

#### 8. 維持要求量

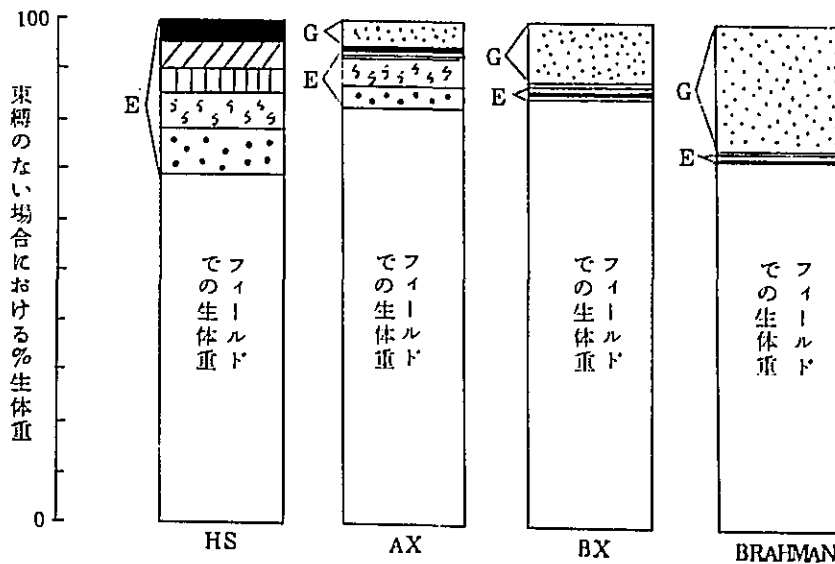
全ての牛に共通した一定の飼料摂取量で体重が平衡状態を保っている場合、B Xが維持していた体重はH Sより10%重く、A Xが維持していた体重はH Sより5%重かった。同程度の体重のH SとZebu crossにH Sの体重を維持するのに必要なだけの量の飼料を給与するとZebu crossは発育することができる。同様に、H Sと同じ体重を維持するのに必要なB Xの飼料要求量はH Sより13%低い。Zebu crossの維持要求量が低いことは早魁のように飼料の供給が十分でない場合に最も有利であり、早魁の間の体重維持と生存のための重要な要因となる。飼料が豊富な場合にはH Sの高い摂取量により、Zebu crossのもつ優位性は、理論的には打ち消されることになるが、Belmontにおける多くの結果では、放牧シーズンのピーク時でもZebu crossが勝っていることが示されている。寄生虫や暑熱などのストレスのない独房に飼養された場合、H Sはルーサン乾草の自由摂取によりZebu crossより多く増体した。

#### 第6節 熱帯において牛の発育が品種により異なることの理由を表わす一つのモデル<sup>39)</sup>

Bos taurusの品種の牛の発育率は、温帯では高いが熱帯では著しく減少する。一方、Bos indicusの品種の牛は、生存の点から言えば熱帯に良く適合しているが、これらの発育率も又、温帯での標準に較べて低い。これらの両者が熱帯において示す低い発育率の理由を説明するためのモデルが主に“Belmont”で

の実験結果に基づいて作られている。Belmont でのこれらの実験結果は、牛ダニ (Boophilus microplus) や胃腸ぜん虫、暑熱、ピンクアイ疾病、飼料の量的・質的変動などのこれまでに確認されてきた環境要因が異なる品種の牛の発育に特異的な影響を与えることを明らかにしている。

このモデルはまた、両親の品種のいずれよりも発育率を高めるために Bos taurus の品種の特徴である "生産性" と、Bos indicus の品種の特徴である "適応性" とを組み合わせることの必要性を説明している。このモデルで Bos indicus の品種として用いられているのは、Brahman と Africander であり、Bos taurus 品種は Hereford × Shorthorn (HS) で、Bos indicus と Bos taurus の両者の交雑種は Africander × HS (AX) と Brahman × HS (BX) の F<sub>2</sub> とその後の世代である。



G : 食欲における遺伝的差異による生体重の減退

E : 次に示すそれぞれの環境東縛における遺伝的差異による生体重の減退

牛ダニ ぜん虫 暑熱

ピンクアイ 栄養上の変動

生体重：フィールドコンディションの下で15ヶ月令時の生体重

前頁の図は、モデルを図的に表わしたものである。各々のブロックは品種間の生体重における全ての差を説明しうる各々の要因に帰しうる生体重の部分から成り立っている。低い方の部分は、フィールドコンディションで飼養された場合の各々の品種の体重を表わしている。15ヶ月令における平均体重(Kg)は、HS:272、Brahman:286、AX:306、BX:321であり、これらの数字は、“Belmont”で長年に亘って観察された品種のランキングの特性を示している。この体重は外部および内部寄生虫のコントロール水準が低く、暑熱の負担を軽減する処置も施こされておらず、補助飼料の給与もなく“pink eye”のための処置も施こされていない状態のもとに、混みで放牧されたこれらの品種の相対的発育率を反映している。

他の部分の各々は、環境或いは遺伝的圧迫に帰因しうる発育における落ちこみを表わしている。牛ダニと胃腸ぜん虫の寄生に原因する生体重の削減に関するBelmontでの実験結果によれば、ダニのコントロールによる27週間における増体量の増加分は、HSで27Kg、AX10Kg、BX3Kgである。これらの差異は、HSとBXのフィールドでの発育率における差の約40%を説明している。牛ダニの存在に対する品種の特異的な反応は、各々の品種の牛で成熟したダニ数における差により説明されている。他の品種と較べてAfricanderやBrahmanの純粋種における成熟ダニの数は相対的に低く、このことはこれらの品種におけるダニの影響はAXとBXにおけるより少ないことを意味している。

駆虫剤処理に対する反応は、HSで18Kg、AX22Kg、BX1Kgであった。ぜん虫耐性におけるこれらの差異は、フィールドでの生体重におけるHSとBXとの間の観察された差の約30%を表わしており、そしてAXとBXとの間に観察された差より大きい。AfricanderとBrahmanの純粋種についてのデータは限られているが、少なくともぜん虫がBrahmanに及ぼす影響はBXの場合より少ないと考えられる。

暑熱と太陽の輻射に対する耐性における差異は、HSとBXとの間のフィールドにおける生体重の差の1.5%を説明しており、またBos indicusを基礎とした品種の暑熱耐性における差異は小さいことがBelmontの実験で明らかにされている。



"Pink eye" に対する抵抗性における差異は、H S において 8 Kg、B X と A X とにおいて 1 Kg、Brahman 純粋種でゼロの生体重減少と組み合わさっており、H S と B X との間の 15 ヶ月令での生体重における差の 20% を説明している。同様に、変動する栄養上のコンディションに対処する能力における差異は、H S と B X との間の差の 10% を説明している。

これら、環境による圧迫の各々は、主として食欲における減退を通して異なる遺伝子型の発育を異なる程度まで制限する。これら圧迫が作用しているフィールド状態のもとで H S の食欲と、そして結果的には発育が著るしく押し下げられるが、Brahman の純粋種は、ほとんど影響されず、一方 A X は B X よりも影響を受けることが考えられる。これらの環境の圧迫が食欲に及ぼす影響が小さいにもかかわらず、フィールド状態のもとで Brahman 純粋種の発育は、H S よりわずかに良く、A X や B X よりかなり遅い。環境による圧迫が存在しない所で Brahman の食欲は同じ生体重の H S の食欲より約 20% 低いことが Belmont での実験で明らかにされており、これが Brahman の発育率の低さを説明するものとしてこれまでに確認されている唯一の要因である。フィールド状態のもとで H S の発育率は環境の圧迫が摂取量を制限するので低く、Brahman の発育率は、遺伝的に低い食欲が摂取量を制限するので低い。

B X は、H S と Brahman の食欲の約中間の食欲を固有のものとして受け継いでいる。B X は、環境の圧迫に対処する能力をその親である Brahman から受け継いでおり、その結果、これらの圧迫の存在にあっても食欲と発育率はほんのわずかに減少するだけである。熱帯条件のもとでの高い発育率にとって必須である特質として B X に授けられたものは、生産力（遺伝的に高い食欲と発育率とを受け継いでいる）と適合力（環境の圧迫に対する抵抗性）との両者の組み合わせである。これらのいずれか一方のみではフィールドでの高い発育率は得られない。

A X は "Belmont" のコンディションに対し、B X ほど良く適合していない。しかし、A X が遺伝的に受け継いだ食欲は H S より低い、B X より高い。環境ストレスが存在しない所では A X の発育率は、H S より低い、B X より高いことが予想される。というのは、このような所では、食欲が発育率におけるランキングの主な決定要素となるからである。このゆえにフィードロットコンディション

での *Bos taurus* 品種の発育率は、*Bos indicus* 品種の純粋種或いは交雑種より高い。Africander の純粋種をこのモデルに含めるには、データが不十分であるが、Africander は Brahman と B X にみられる順位のように A X と並ぶことが予想される。

このようなタイプの接近の仕方は、牛の育種にとって有用である。特定の環境において発育を制限している主なストレスと、このようなストレスに対処できる牛の品種を1つ1つ見い出して確認することは可能である。そうすることによりいかなる特定の環境においても、多様な品種タイプの発育率について期待されるランキングを予想することが可能となる。そして補足的に長所をもつ品種を組み合わせることで最も望ましい交雑種を作り出すことができる。これは交雑種の発育率の比較で良くみられる運を天に任せた式の接近や異なる環境で比較された品種の異なる順位づけにより引きおこされた矛盾を大部分排除しうる。特定の品種に及ぼす各々のストレスの影響の大きさもまた査定できる。そうすることによりどこを改良すれば発育率における最も大きな効果が得られるかを決定することができる。つまり適合性を改良すると H S の発育率は著るしく良くなるが、Brahman では余り効果はなく、Brahman では遺伝する食欲を増加することにより発育における最も大きな改良を期待することができる。

このようなモデルは、また肉牛の生産者にも有効である。環境のストレスやこれに対処するために多様な品種がもつ能力についての知識は、肉牛生産者が品種のタイプを合理的に選定するうえで有効である。これらの知識をもとにして生産者は、適合していない品種が最大限に発育能力を達成するように環境条件を変えるか或いは自分が存在する環境条件に対処しうる遺伝子型の牛を用いるかを定めることができる。生産者は、また彼が有する品種に特定の管理技術を施すことにより得られると思われる金銭上の収入を査定することができる。つまり、ダニが多い地域で Brahman の“血液”が半分以上入っている牛にダニ駆除剤を施すことは、金銭上の収入を減らすことになるが、*Bos taurus* の牛にダニ駆除剤を施せば収入を増やせるか、ダニ駆除剤を施していない Brahman 交雑種から得られる収入ほどではない。

## REFERENCE

- 1) Anon (1973). - "Beef Cattle Breeds: Queensland" (Bureau of Census and Statistics: Brisbane).
- 2) Seebeck, R.M. (1973).- J. Agric. Sci. Camb. 81:253-62.
- 3) C.S.I.R.O. (1976).- "Notes on the Research Programme" (Division of Animal Production: Rockhampton).
- 4) Lampkin, G.H., and Kennedy, J.F. (1965).- J. Agric. Sci. Camb. 64:407.
- 5) Kennedy, J.F., and Chircher, G.I.K. (1971) - Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 11:593.
- 6) Frish, J.F. (1973).- Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 13:127.
- 7) Frish, J.F. (1972).- Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 12:231.
- 8) Frish, J.F. (1973).- Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 13:117.
- 9) Seebeck, R.M. (1973a).- J. Agric. Sci. Camb. 80:201.
- 10) Seebeck, R.M. (1973b).- J. Agric. Sci. Camb. 80:411.
- 11) Seifert, G.W. (1971b).- Aust. J. Agric. Res. 22:839.
- 12) Turner, H.G., and Short, A.J. (1972).- Aust. J. Agric. Res. 23:177.
- 13) Frish, J.F. (1975a).- Anim. Prod. 21:265-274.
- 14) Frish, J.F. (1975b).- Aust Vet. J.
- 15) Turner, H.G. (1962).- Aust. J. Agric, Res. 13:180.
- 16) Turner, H.G. (1975).- "Breeding of beef cattle for tropical Australia" (A.M.R.C.)
- 17) Kirk, W.G., Hodges, F.M., Peacock, F.M., and Koger, M. (1963).- "Crossbreeding Beef Cattle, Series 2" (Univ. Florida Press: Gainesville).
- 18) Wharton, R.H., Uteck, K.B.W. and Turner, H.G. (1970).- Aust. J. Agric. Sci. 21:163-181.
- 19) Seifert, G.W. (1971).- Aust. J. Agric. Res. 22:159-168.
- 20) Wharton, R.H. (1977).- in Press.
- 21) French, G.T. (1959).- Aust. Vet. J. 35:474.
- 22) Turner, H.G. and Schleger, A.V. (1960).- Aust. J. Agric. Res. 11:875-885.
- 23) Vercoe, J.E. and Frish, J.E. (1970).- Aust. J. Agric. Res. 21:857-863.
- 24) Vercoe, J.E., Frish, J.E. and Moran, J.B. (1972).- J. Agric. Sci., Camb. 270:519-528.
- 25) Schleger, A.V. and Turner, H.G. (1965).- Aust. J. Agric. Res. 16:92-106.
- 26) Schleger, A.V. and Bean, K.G. (1971).- Aust J. Biol. Sci. 24:1291-1300.

- 27) da Silva, R.G. (1973).- J. Anim. Sci. 37:637.
- 28) Turner, H.G. and Schleger, A.V. (1960).- Aust. J. Agric. Res. 11:645-663.
- 29) Turner, H.G. and Schleger, A.V. (1958).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 2:112.
- 30) Schleger, A.V. (1967).- Aust. J. Agric. Res. 18:539-547.
- 31) Turner, H.G. (1961).- Aust. J. Agric. Res. 13:180.
- 32) Springell, P.H. (1966).- J. Invest. Dermatol. 46:366-373.
- 33) Springell, P.H. (1968).- J. Invest. Dermatol. 50:467-474.
- 34) Turner, H.G. (1964).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 5:181-187.
- 35) Turner, H.G. and Schleger, A.V. (1970).- Aust. J. Biol. Sci. 23:201-218.
- 36) Turner, H.G., Nay, T. and French, G.T. (1962).- Aust. J. Agric. Res. 13:960-973.
- 37) Frisch, J.E. and Vercoe, J.E. (1969).- Aust. J. Agric. Res. 20:1189-1195.
- 38) Vercoe, J.E. and Frisch, J.E. (1974).- 6th Symposium Energy Metabolism EAAP Publication No.14
- 39) Frisch, J.E. (1976).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 7:

## 第2章 オーストラリアの熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性 — その現況と改善策 —

### 第1節 はじめに

熱帯地域に放牧された肉牛は、周期的な放牧草の量的・質的変動や、暑熱、伝染性疾病等の過酷な環境ストレスのもとにあり、牛肉の効率的生産の要点である生存率、繁殖率および発育率のいずれも温帯地域のものに較べて低い。特に繁殖性は環境によるストレスを最も受けやすい部分であり、繁殖性の向上は熱帯地域における肉牛産業にとり最も重要な所である。

熱帯地域の放牧牛の繁殖性を示す数字の内、妊娠率或いは烙印率（交配雌牛頭数における烙印時に数えた生産子牛の頭数）についての報告によれば、クィーンズランド州北部の28件の農家の平均8年間の記録に基づく子牛の烙印率は41～88%（平均50.8%）であり（Donaldson<sup>1)</sup> 1962）、同じくクィーンズランド州北部の6件の牧場で行った妊娠診断の結果、妊娠率は50～75%であり、（Donaldson et al<sup>2)</sup> 1967）、クィーンズランド州北部から南部にかけての13の牧場における妊娠率は44～75%（Lamond<sup>3)</sup> 1969）、クィーンズランド北部の或る農家の7年間の妊娠率は30～69%（Rankine<sup>4)</sup> 1968）であった。

熱帯地域に放出されている繁殖雌の毎年子牛を生産しているものは少なく、Lamond<sup>3)</sup>（1969）によれば、3年間の調査の間、3年連続して妊娠した雌牛は全体の9%にすぎず、全く妊娠しなかったものは5%、3年で2回妊娠したものは47%、3年で1回妊娠したものは39%であった。又、Hassall<sup>5)</sup>（1968）らによれば、5年間で2回以上妊娠した雌牛（この内、48%は2回、42%は3回、10%は4回であった）の内、4年連続妊娠したものは全体の4%、3年連続は13%、2年連続は51%であった。

胎児と新生児のロスについての報告のうち、Donaldson<sup>2)</sup>（1967）によれば妊娠診断時から子牛の烙印（生後約3カ月）時までにおける胎児と新生児のロスは、18.3%～48.4%に及んだ。又、Rankine and Donaldson<sup>4)</sup>（1968）によれば、妊娠診断時から子牛の烙印（生後約4カ月）時までにおける胎児および子牛のロス（母牛の死亡を含む）は14.4%であり、ロスの内訳は、2.8%が妊娠8

カ月までの流産、9.2%が分娩前後（妊娠8カ月から烙印まで）のロス、2.4%が妊娠雌牛の死亡によるものであった。又、難産はまれであり、分娩から烙印までの間のロスの多くはdingo（野犬）によるものであった。放牧地に樹木が多かったことから暑熱による子牛の死亡は全くなかった。更に、Woolcock<sup>6)</sup>（1975）によれば、妊娠診断時から子牛の烙印（3～4ヶ月令）時までにおける胎児および子牛のロスは10.8%で、この内訳は妊娠診断時から分娩開始時までのロス（prenatal loss）が5.2%、分娩開始から娩出後48時間以内のロス（perinatal loss）が3.3%、その後子牛の烙印までのロス（post-natal loss）が2.2%で、ロスの半分は妊娠確認（受胎後6～12週間）から分娩開始までの間に流産のかたちでおこったものであった。流産によるロスは妊娠期間を通して観察されたが、妊娠期の第2・3カ月期に多い傾向にあった。

これらの報告を含めて、これまでオーストラリアでなされた牛の妊娠率、烙印率、胎児および新生児のロスについての報告のいくつかを地域別にまとめると次のようになる。

熱帯～亜熱帯地域				温帯地域			
地 方	妊娠率	烙印率	ロス	地 方	妊娠率	烙印率	ロス
西オーストラリア州	%	%	%	西オーストラリア州	%	%	%
Kimberleys	59			South West		75.9	
"		50		クィーンズランド州			
"		51.3		South Coast		66	
北部特別地域				ニューサウスウェルズ州			
Coastal		39.7		N.Tablelands		50-85	
Victoria River	59.7			Tablelands/Coastal	85.9		3.5(若雄) 17.4(若雌)
Alice Springs		61		ビクトリア州			
クィーンズランド州				General		68.4	
North	50-75		18-48	N.E.Districts		85.3	
"			6	W.Districts		87.9	
"			14.4	S.E.Districts		90.2	
"		50.4		南オーストラリア州		87.2	
Coastal and Gulf	44-75		6-40	タスマニア州		68.5	
North West		44.5					
Barkly/Gulf		47					
Channel		59					
North Coast		47					
Central Coast		52					

クィーンズランド北部地域を含めたオーストラリアの熱帯～亜熱帯地域における牛の繁殖性がオーストラリアの温帯地域におけるより低いことが、この表からも明らかである。

## 第2節 熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性に影響を及ぼす要因の検討

オーストラリアの熱帯地域の放牧牛の繁殖性について、これまでに報告されているものを、繁殖性に影響を及ぼすと考えられる要因別にあげると、次の様になる。

### 1. 年 令

2才令、3才令、4才令、5才令以降の各雌牛グループの受胎率は、牧場毎に差があり、B牧場では、それぞれ65%、75%、79%、85%であったが、E牧場では20%、40%、50%、84%であった(Osborne, 1960)<sup>7)</sup>。

3才令、4才令、5～8才令、9才令以上の各グループの雌牛の妊娠率は、それぞれ46%、60%、51%、22%であった(Donaldson et al., 1967)<sup>2)</sup>。

妊娠率は、4才令までは年令が進むにつれて上昇し、その後、9才令まで50～60%の水準を維持し、次いでわずかに減少した(Hassall et al., 1968)<sup>5)</sup>。

妊娠率の分散には、年令が有意( $p < 0.05$ )の効果を与えている。2才令の雌牛の最小二乗定数(-0.212)が1才令の雌牛の最小二乗定数(-0.154)より低いことから、2才令の若雌牛の妊娠には泌乳ストレスが重要な役割をはたしていることがうかがわれる(Rudder et al., 1974)<sup>8)</sup>。

雌牛の年令は、妊娠率と妊娠時期とに有意の効果をもたしており、泌乳牛の妊娠率では2才令グループが最も低く、年令とともに向上している。1才令未経産牛の妊娠率が2才令泌乳牛より高かったことは泌乳ストレスが2才令泌乳牛の繁殖性を押し下げていることを意味している。一方、2～3才令泌乳牛は交配シーズンの遅い時期に受胎する傾向が示されている。2～4才令の泌乳雌牛の妊娠診断時から分娩までの間における胎児の生存率は、2才令グループで87%であり、3才令および4才令のグループの95%より有意( $p < 0.01$ )に低かった(Rudder et al., 1976)<sup>9)</sup>。

### 2. 泌 乳

1～3ヶ月令の子牛を哺育している雌牛のうち、観察期間内(11日間)に発



情を呈したものは、全体の22.2%であったが、子牛を哺育していない雌牛では69.4%と有意( $p < 0.001$ )に高かった(Donaldson, 1962)<sup>1)</sup>。

妊娠率の分散に及ぼす要因としては、泌乳状態が最も重要であり( $p < 0.001$ )次いでBody Condition( $p < 0.05$ )、牛群( $p < 0.05$ )の順であった(Donaldson, 1967)<sup>2)</sup>。

泌乳牛の妊娠率(36.4%)は、泌乳していない牛の妊娠率(77.5%)より低く、泌乳牛のうち、2~4オグループの妊娠率(25%)は、5才以上のグループの妊娠率(41%)より低かった(Donaldson et al., 1967)<sup>2)</sup>。

調査したいづれの牧場でも、泌乳牛は泌乳していない牛より受胎率が低く、泌乳若雌牛は泌乳成雌牛より受胎率が低かった(Lamond, 1969)<sup>3)</sup>。

交配期間を9週間に制限した場合、交配時期と受胎率との間に有意な関係は認められず、泌乳状態のみが受胎率と有意の関係を示し、泌乳牛の受胎率(49%)は乾乳牛の受胎率(76%)より有意( $p < 0.01$ )に低かった(Plasto, 1968)<sup>10)</sup>。

泌乳牛は乾乳牛より遅れて受胎し、受胎率(76%)も乾乳牛(94%)より低かった(Barr, 1971)<sup>11)</sup>。

良質の草地に放牧されている3才令、4才令、5才令の泌乳牛の受胎率は、それぞれ71%、81%、88%であったのに対し、貧弱な草地に放牧されている3才令、4才令、5才令の泌乳牛の受胎率はそれぞれ31%、55%、65%であった(Osborne, 1960)<sup>7)</sup>。

初産牛は、成熟牛より遅れて受胎し受胎率も低く、受胎率の年による変動の幅も大きかった(Barr, 1971)<sup>11)</sup>。

2才令の未経産若雌牛と4才令以上の泌乳牛の妊娠率は、年によって有意に異ならなかったが、3才令泌乳牛の妊娠率は年によって有意( $p < 0.01$ )に異なっていた(Rudder et al., 1972)<sup>12)</sup>。

### 3. Body Condition

妊娠診断時にfatな状態であった雌牛は、全体の26%、forward storeな状態であった雌牛は26%、storeな状態であった雌牛は42%、poorな状態で

あった雌牛は6%であり、fatな状態の雌牛の妊娠率(79.8%)はforward storeな状態の雌牛の妊娠率(65.9%)およびstore and poorな状態の雌牛の妊娠率(39.9%)より高かった(Donaldson et al., 1967)<sup>2)</sup>。

妊娠診断時のBody conditionに応じてfat、forward store、storeおよびpoorに格付けされた雌牛は、それぞれ全体の38、21、21、22%であり、妊娠率はそれぞれ68、51、33、20%であった(Hassall et al., 1968)<sup>5)</sup>。

未経産若雌牛のうち、妊娠したものの交配時の体重(549ポンド)は、妊娠しなかったもの(519ポンド)より有意( $p < 0.05$ )に重かった(Donaldson, 1967)<sup>2)</sup>。

交配期間中の生体重の変化は、受胎率に有意な影響を及ぼし、受胎した雌牛の交配期間中の増体重(0.36Kg/月)は、受胎しなかった雌牛の増体量(0.23Kg/月)より有意( $p < 0.01$ )に高かった(Plast, 1968)<sup>10)</sup>。

妊娠診断時の雌牛の体重の受胎率に対する回帰は、有意( $p < 0.05$ )であり、体重の重い雌牛は受胎率が高く、交配シーズンの早い内に受胎する傾向が認められた(Rudder et al., 1976)<sup>9)</sup>。

妊娠診断時にfatな状態の雌牛のうち多く(91%)は、泌乳していない雌牛にあったのに対して、store and poorな状態であった雌牛の多く(76%)は泌乳牛であった(Donaldson et al., 1967)<sup>2)</sup>。

妊娠診断時のBody conditionに応じてfat、forward store、store、poorに格付けされた雌牛のうち、泌乳牛はそれぞれ4、19、69、90%であった(Hassell et al., 1968)<sup>5)</sup>。

泌乳牛と泌乳していない牛の妊娠率は、fatな状態の雌牛のグループでそれぞれ45%、83%、forward storeな状態の雌牛グループで52%、77%、store and poorな状態の雌牛のグループで31%、67%といずれのグループでも泌乳雌牛の妊娠率は泌乳していない雌牛のより低かった(Donaldson et al., 1967)<sup>2)</sup>。

#### 4. 季 節

不断交配(Continuous mating)の場合、受胎は毎月起こるが6月～12月

は比較的少なく（全体の40%）、1月～5月にかけて多い。この受胎パターンは、繁殖雌牛の体調、いかえれば降雨と関連しており、生体重は6月～12月にかけて減少したが、1月～5月にかけて増加した（Barr, 1971<sup>11)</sup>）。

6月から9月にかけて分娩した雌牛の次の分娩までの間隔（20、2ヶ月）は、10月から5月にかけて分娩した雌牛の次の分娩までの間隔（14.5ヶ月<sup>11)</sup>）より長かった（Barr, 1971）。

交配時期が春（10月8日～12月10日）のグループと夏（1月8日～3月12日）のグループ、秋（4月8日～7月10日）のグループの受胎率の差は、有意ではなかったが、1受胎に要した授精回数（それぞれ1.57回、1.30回、1.20回）には有意（ $p < 0.05$ ）差が認められた（Bewg et al., 1969<sup>13)</sup>）。

交配期間を9週間に制限した場合の受胎率（62%）および分娩率（55%）は、年間を通した場合の受胎率（83%）および分娩率（77%）より低く、また制限交配グループ別受胎率、分娩率、烙印率は交配時期が12月1日～2月1日のグループでそれぞれ65%、64%、59%、2月11日～4月15日のグループでそれぞれ67%、58%、47%、4月25日～6月27日のグループで55%、49%、39%、7月7日～9月9日のグループでそれぞれ73%、57%、42%、9月18日～11月20日のグループでそれぞれ53%、47%、40%であり、受胎率、分娩率、烙印率ともに交配時期による有意の差は認められなかったが、交配時期が夏のグループで受胎率、分娩率、烙印率が高い傾向が認められた（Plasto, 1968<sup>10)</sup>., Plasto and Strachan, 1970<sup>14)</sup>）。

9月から1月にかけて分娩した雌牛の12%が4月の時点で子牛を連れていなかったのに対して、2月から4月にかけて分娩した雌牛の29%が4月の時点で子牛を連れていなかった（Lamond, 1969<sup>3)</sup>）。

10月～12月にかけて分娩するように交配されたグループの妊娠診断時から子牛の烙印までの間のロス（13.4%）が、7月～9月に分娩するように交配されたグループのロスより多いのは、前者のグループで冬の間の母牛の栄養状態が悪く、prenatal loss（7.4%）が、後者の prenatal loss（1.6%）より多かった事による（Woolcock, 1975<sup>6)</sup>）。

妊娠牛の内の多く（70～84%）が交配期間のはじめの1カ月の間に受胎し

たことから、交配期間が限られている場合には、交配期間の長さは全体の受胎率にとって重要な要因ではない (Donaldson, 1967)<sup>2)</sup>。

交配期間が短かく (9週間) 限られている場合、交配時期は受胎率に有意の影響を及ぼさない (Barr, 1971)<sup>11)</sup>。

## 5. 牛の品種

Africander 種の妊娠診断時から子牛の烙印までの胎児および子牛のロス (7.4%) が Brahman 種のロス (10.5%) および Shorthorn 種のロス (11.6%) より少なかったのは、Africander 種で prenatal (妊娠診断時～分娩時期) ロスおよび perinatal (分娩開始～娩出後 48 時間) ロスが少なかったことによる (Woolcock, 1975)<sup>6)</sup>。

Brahman cross と Shorthorn 種の平常の年における受胎率は似かよっていたが、降雨の少ない年では、Shorthorn 種の受胎率が勝っていた。これは過酷な栄養ストレスのもとで Brahman cross 種が Shorthorn 種より長い期間、無発情のままであったことによる (Wirless, 1976)<sup>15)</sup>。

Brahman 交雑種 ( $H^5 B^3$ ,  $SG^4 B^2 H^2$  および  $B^6 H^2$ , (B=Brahman, H=Hereford, SG=Santa Gertrudis)) 雌牛の受胎率および受胎時期の分散に及ぼす品種の違いの効果は、有意 ( $p < 0.005$ ) であり、これらの交雑種のうち  $H^5 B^3$  (Brahman の血統 37.5%) が最も受胎率が高く、次いで  $SG^4 B^2 H^2$  (Brahman の血統 50%)、 $B^6 H^2$  (Brahman の血統 75%) の順であった。又  $H^5 B^3$  雌牛は  $SG^4 B^2 H^2$  或いは  $B^6 H^2$  より交配シーズンの早い時期に受胎した。

Zebu タイプの牛の受胎率は、冬が低く春に急激に高くなり、9月～10月、1月～4月が最大であったが、一方、British は暑い夏に低く、5月～7月の冬に高い (Donaldson, 1962)<sup>1)</sup>。

Brahman の 1 才令雌牛は、2 才令雌牛より遅れて受胎し、受胎率も低い。又、 $\frac{3}{4}$  Brahman は、 $\frac{1}{2}$  Brahman より受胎率が低い (Barr, 1971)<sup>11)</sup>。

## 6. 放牧状態

広さ 25,600 ha 以下の牧場の平均烙印率 (62.1%) と 25,600 ha ～

64,000 haの牧場の烙印率(63.8%)との間に差は見られなかったが、64,000<sup>1)</sup> ha以上の牧場の烙印率(48.7%)は有意に低かった(Donaldson, 1962)。

繁殖雌牛を4つの異なった放牧システム、つまり①野草地(Bunch spear grass)に0.17頭/haの割で放牧、②播種草地(Green panic, Siratro)に0.51頭/haの割で放牧、③播種草地に0.68頭/haの割で放牧、④夏(11月~4月)の期間、野草地に0.34頭/haの割で放牧し、冬の期間、播種草地を1頭/haの割で野草地に追加して放牧した場合の受胎率は、それぞれ87%、91%、97%、96%であり、繁殖指数(交配雌牛あたり、性によって補正された離乳子牛のKg)は、それぞれ166 Kg、210 Kg、221 Kg、193 Kgであった<sup>16)</sup> (Mannette and Coates, 1976)。

野草地に0.2頭/haの割で放牧されたグループの3年間平均受胎率(65%)は、播種草地(Townsville Stylo)に0.4頭/haの割で放牧されたグループの3年間平均受胎率(77%)より常に低かったが、差が有意であったのは、<sup>17)</sup> 降雨量が少なかった年だけであった(Winks, 1976)。

## 7. 降雨量

旱魃は、交配雌牛頭数と子牛の烙印率に著るしいインパクトを与えるが、降雨量の年間分布は年間降雨量の絶対値より重要である。例えば、或る牧場(24年間平均烙印率60%)では1946年に平年並みの降雨量があったが、分布が偏っており、3月から翌年の2月まで有効な降雨がなかったために烙印率は20%と、24年間で最低であった<sup>1)</sup> (Donaldson, 1962)。

11月~4月までの降雨量(R)と、続く10月~12月の間の受胎率(P)との間の回帰式は、有意であり( $P=4.59+1.266R$ ,  $P<0.05$ ,  $r^2=0.93$ )、<sup>12)</sup> 受胎率の分散の93%が降雨に帰因しうる(Rudder et al., 1972)。

旱魃の年の妊娠率(7%)は、その他の年の妊娠率(30~62%)より極端<sup>4)</sup>に低い(Rankine and Donaldson, 1968)。

乾季(7月~10月)の間に牧草の再生を促がすに十分な量(40 mm以上)の降雨のあった年には、引き続き交配(1月~2月、6週間)で70%以上の未経産牛が妊娠したが、降雨が少なかった年には25%以下の未経産牛が妊娠

したにすぎなかった( Siebert et al., 1976 )<sup>18)</sup>。

## 8. 結 論

低い子牛の烙印率に影響を及ぼしている要因には、経営方法、環境、栄養、  
病気があげられるが、この内、栄養は主要な要因である( Donaldson, 1962 )<sup>1)</sup>。

低い繁殖率の問題は、複雑であるが、栄養の改善は繁殖能力を向上させる  
( Donaldson, 1967 )<sup>2)</sup>。

未経産牛の低い繁殖性の多くは、栄養のストレスによるものであり、3才令  
の若雌牛では泌乳ストレスがこれに加っている。又、ビブリオーシス、ブルセ  
ローシス、レプトスピロシスなどの伝染病も影響している( Hassall et al.,  
1968 )<sup>5)</sup>。

最初の子牛を哺育している泌乳牛は、栄養のストレスに特に敏感であり、特  
別な取扱いが常に優先されるべきグループである( Barr, 1971 )<sup>11)</sup>。

栄養状態が不十分な場合、泌乳のストレスによる影響は最も大きい。繁殖  
雌牛が良く管理され、放牧率も適切であれば泌乳のストレスによる影響は小さ  
くなり、成熟雌牛では繁殖能力を一貫して発揮することができる( Barr,  
1971 )<sup>11)</sup>。

広範囲な管理形態における肉牛の繁殖は、交配時の Body condition に強く  
影響される。肉牛の繁殖性に影響を及ぼす主要な要因は、病気を除けば栄養と  
家畜の品種、それに管理方法である。( Andrews, 1972 )<sup>19)</sup>

### 第3節 熱帯地域に放牧された肉牛の繁殖性と栄養との関係について

熱帯地域に放牧されている肉牛雌牛の低繁殖性の多くは、栄養不良に起因する  
とされている。放牧牛が栄養不良となる状況として一般に次の2つの場合が考え  
られる。

①立ち枯れした成熟牧草に放牧されている場合 — この状況が放牧牛に及ぼす  
影響は、良質牧草の摂取量を制限した場合と似かよっており、少なくとも一時期、  
エネルギー不足を引き起こす。熱帯地域では降雨量の多い沿岸地帯で雨季に生育

する牧草が最も頻りにこの状態になり、雨季に生育した牧草は乾燥した冬期間に種子を落とし、立ち枯れ状態となる。立ち枯れ野草は特に消化率が悪く、蛋白質やカロチン、磷などの無機物が不足している。

The mean crude protein and available phosphorus in native pasture on properties about the 15-, 20- and 30 inch annual rainfall isohyets ( expressed as percentage dry matter )

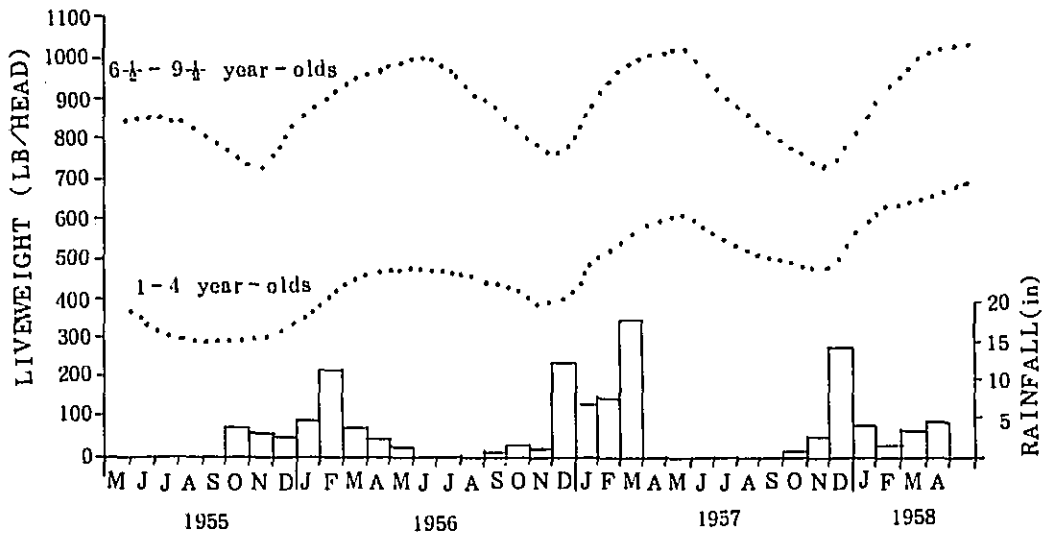
	End of growing season ( April )		End of dry season ( August )	
	Protein	Phosphorus	Protein	Phosphorus
30 in isohyet	3.86 %	0.077 %	2.35 %	0.031 %
20 in isohyet	8.57	0.109	3.11	0.027
15 in isohyet	7.46	0.076	5.74	0.051

After Andrews (1972), Aust Vet. J., 48:41

このような草地に放牧されている牛は、乾季の後期から雨季のはじめにかけて体重が減り、雨の多い夏の季節に増体する典型的な二相性発育パターンを呈する。乾季における牧草の質の低下は、牧草の量の不足をもともない、この不足現象は次の雨季がスタートして新芽が出はじめる前に特に著るしい。

②放牧草の摂取絶対量が限られている場合 — 放牧草の摂取量の制限を引きおこす最も一般的な要因は、旱魃や洪水などの予期しない気候上の出来事であるが、放牧草の利用期間や密度などの判断の誤り、或いは給水施設間の距離が離れすぎていることなどからおこる過放牧も摂取量の制限を引きおこす。

Katherine (北部特別地域) 地方における放牧牛の生体重  
 における季節変異 (1955~1958)



After Norman and Stewart (1964), J. Aust. Inst. Agric Sci, 3:39

1. 給与栄養水準が繁殖性に及ぼす影響について

雌牛のライフタイムの内、生誕から puberty までの間と妊娠後期から次の妊娠の確立までの分娩前後の間は、最もバランスのとれた栄養を必要とし、この段階で栄養不良に見舞われると繁殖性が著るしく損なわれるとされている。そこで、このことに関する実験報告を取り上げることにより給与栄養水準と繁殖性との関係をさぐる事とした。ここで取り上げる報告は全てオーストラリア以外の国でなされたものであり、必ずしも熱帯が実験の舞台とはなっていない。

(1) 給与栄養水準が子雌牛の puberty に及ぼす影響

Arije and Wiltbank (1971)によれば、冬期間発育が遅れたヘレフォード雌子牛は思春期年令に達していても puberty に達したものは、全体の11%にすぎず、春の牧草が得られる様になってから2か月後によりやく大部分のものが排卵を伴う発情を呈したことから、雌子牛は例え、思春期年令に達していても必要な体重となるに十分な飼料が得られるようになるまで puberty は遅れ、その後急速に puberty に達すると考えられる。



21)

Crichton (1959)らがFriesianおよびAyrshireの一卵性、および二卵性双子を用いて行った実験によれば、栄養水準の異なるグループの牛は、全て生理的発育の同じ段階でpubertyに到達したが、到達時年齢は栄養水準により異なっていた。H-Lグループが最も遅れてpubertyに達したことは、発育途中で高水準から低水準へと栄養水準を変えたことにより、それまでの高水準がかえって不利な効果を及ぼしたことを意味している。

22)

Sorensen et al., (1959)によれば、Morrison (1956)の飼養標準の129%、93%および61%の水準のTDNの給与をうけたフリージアン雌牛が最初の発情を示した時の年齢はそれぞれ259日令、343日令、504日令であった。

Mengeら(1960)がフリージアン種を用いた実験では、puberty時の日令は6カ月令時の体重が0.45Kg増える毎に0.77日減少し、6カ月令～12カ月令の間の増体重が0.45Kg増える毎に0.36日減少する。このように6カ月令時の体重はpubertyの早期開始により多くの意義をもっている。

初回発情時の平均体重と各測定値および年齢

Crichton et al., (1959)

	処 理 グ ル ー プ *			
	HH	HL	LL	LH
体 重 (Kg)	256	248	238	257
体 高 (cm)	111.0	112.0	110.7	112.5
胸 囲 (cm)	143.0	141.0	136.7	144.8
年 令 (日)	372	552	474	440

\* HH: 生時から初産分娩まで連続して高栄養水準  
 HL: 生時から44週間高水準、続く分娩2カ月前まで低栄養水準  
 LL: 生時から分娩2カ月前まで連続して低栄養水準  
 LH: 生時から44週間低栄養水準、続いて分娩まで高栄養水準

23)

Wiltbank ら (1966) によれば 200 日令で離乳された子雌牛は 2 群に分けられ、春の牧草に放牧されるまでの冬の期間 (196 日間)、1 群は 0.2 Kg/月 (Low winter level)、他の群は 0.4 Kg/月 (High winter level) の割で増体するように飼養された。離乳前の平均増体量は両群で puberty 年令に有意 ( $p < 0.05$ ) な影響を及ぼしたが、離乳後の平均増体量は Low winter level グループでのみ有意 ( $p < 0.05$ ) であり、このグループでは冬期間の平均増体量における分散が離乳前の平均増体量における分散より重要な役割をはたしていたのに対し、High winter level グループでは、この反対であった。又、飼養レベルが向上するにつれて puberty 年令が若くなり、puberty 時体重が増加した。

	Low winter level		High winter level	
	年令 (日)	体重 (Kg)	年令 (日)	体重 (Kg)
ヘレフォード	457	269	413	306
ショートホーン	413	226	318	243

24)

Wiltbank ら (1970) によれば puberty 年令 (排卵を伴う発情がはじめて観察された時の年令) の分散には、離乳から puberty までの栄養水準および品種 (ヘレフォード、アングス、純粋種或いは交雑種) が有意な効果を及ぼしており、栄養水準と品種 (純粋種対交雑種) との交互作用も認められた ( $p < 0.05$ )。しかし puberty 体重の分散分析では品種 (純粋種対交雑種) の交互は消失した。

	純粋種	交雑種	差
puberty 時年令 (日)			
高栄養水準	381	381	0
低栄養水準	572	424	148
差	191	43	
puberty 時体重 (Kg)			
高栄養水準	299	330	31
低栄養水準	268	254	14
差	31	76	

After Wiltbank et al., (1970), J. Anim Sci, 29: 602

(2) 給与エネルギー水準が分娩後の発情の再帰に及ぼす影響

25)  
 Wiltbankら(1962)によれば、子牛を哺育しているヘレフォード成雌牛の分娩後の発情再帰には、分娩前と分娩後の給与エネルギー水準が影響を及ぼすが、分娩前に給与されたエネルギーレベルが相対的により重要であり、分娩後に給与されたエネルギーの水準に対する雌牛の反応は、分娩前のエネルギー水準に条件づけられる。分娩後のエネルギー水準は、分娩前に高水準のエネルギーを給与されていた雌牛へは少ししか影響せず、分娩前に低水準のエネルギーを給与されていた雌牛へは著るしい影響を与えた。しかし、分娩前に低水準エネルギーを給与されていたことは、分娩後の発情発現までの長さに影響を及ぼし、例え、分娩後に高水準エネルギーを給与されても容易に克服することはできない。

Feeding level	分娩後発情を呈した雌牛				分娩から初回発情までの間隔
	60日	70日	80日	90日	
High-high	80%	90%	90%	95%	48日間
High-low	81	81	86	86	43
Low-high	45	70	80	85	65
Low-low	17	22	22	22	52

26)  
 Dunnら(1970)によれば子牛を哺育している若雌牛(ヘレフォードおよびアンガス種)の分娩後の発情再帰には、分娩前と分娩後の給与エネルギー水準および牛の品種の差がそれぞれ影響を及ぼしているが、特に分娩後80日以内の早い時期における発情発現では、分娩前給与エネルギー水準の差が最も大きな影響を及ぼしており( $p < 0.05$ )、分娩後60日以内に発情を示した雌牛の割合は、分娩前低水準エネルギー給与グループで44%であったのに対し、分娩前高水準エネルギー給与グループでは69%であった( $p < 0.01$ )。しかし、分娩後100日ではもはや、分娩前給与エネルギー水準は発情の発現に重要な影響を及ぼすものではなかった。分娩後、低水準エネルギーの給与は、分娩後、比較的後期における発情発現に影響を及ぼし( $p < 0.01$ )、分娩後100日では81%しか発情を示さなかったが、同時期にお

おける分娩後中庸および高水準エネルギー給与グループでは、それぞれ92%、98%であった ( $p < 0.01$ )。牛の品種の差は分娩後、120日までの発情発現に有意な影響を及ぼしていた。

分娩前135～ 142日間の給 与エネルギー水準	分娩後120日間の給与エネルギー水準							
	分娩後60日までに発情を呈したもの				分娩後100日までに発情を呈したもの			
	Low	Mod	High	All	Low	Mod	High	All
Low	-	49	39	44	-	88	98	93
High	64	81	62	69	81	97	98	92
Both	64	64	51	59	81	92	98	92

(3) 給与エネルギー水準が分娩後の受胎に及ぼす影響

<sup>25)</sup>  
Wiltbank ら (1962) によれば、子牛を哺育しているヘレフォード成熟雌牛の分娩後の給与エネルギー水準は、その後の受胎率に影響を及ぼす。分娩後に低水準エネルギーの給与をうけたグループのうち、妊娠したものは、高水準エネルギーの給与をうけたグループのそれより有意に少なかった ( $p < 0.05$ )。これらのグループの間の妊娠牛の割合の差は発情不全に多くを帰因する。各グループ間の分娩から受胎までの長さは有意に異なっていた ( $p < 0.05$ )。分娩後、低水準エネルギーの給与をうけていた雌牛のうち、分娩後90日までに発情を示さなかった雌牛は2群に分けられ、1群は高水準エネルギーの給与に切り換えられ、他の群は引き続き低水準エネルギーの給与をうけたが、前者の80%が飼料の切り換え後、平均49日目で発情を示し、このうち63%が初回交配で受胎したのに対し、後者のグループでは、いづれも発情を示さなかった。

給与エネルギー水準	妊娠牛の割合	分娩から受胎までの平均間隔
High-high	95 (%)	51 (日数) 数日
High-low	77	58
Low-high	95	78
Low-low	20	62

26)

Dunnら(1970)によれば、子牛を哺育している若雌牛(ヘレフォードおよびアングス種)の分娩後120日までの妊娠率は、分娩後に給与されたエネルギー水準と直接関連しており( $p < 0.05$ )、分娩後、高水準エネルギー給与を受けたグループではその87%が妊娠したのに対し、中庸レベルと低レベルでは、それぞれ72%、64%であった( $0.01 < p < 0.05$ )。分娩後給与されたエネルギー水準の差による効果は、交配シーズンの早期に現われ、シーズンの20日目(分娩後80日目)までの妊娠率では、高水準エネルギー給与グループが54%であったのに対して、中庸および低水準グループでは、それぞれ42%、33%であった( $0.01 < p < 0.05$ )。分娩前に給与されたエネルギー水準の差は、分娩後80日のあいだの妊娠率に影響を及ぼし、分娩前低水準エネルギーの給与を受けたグループでの妊娠率(41%)は、分娩前高水準エネルギーの給与を受けたグループの妊娠率(47%)より低かった( $0.01 < p < 0.05$ )。しかし、分娩前に給与されたエネルギー水準の差が分娩後の受胎率に及ぼす効果は分娩後100日および120日目では認められなかった。

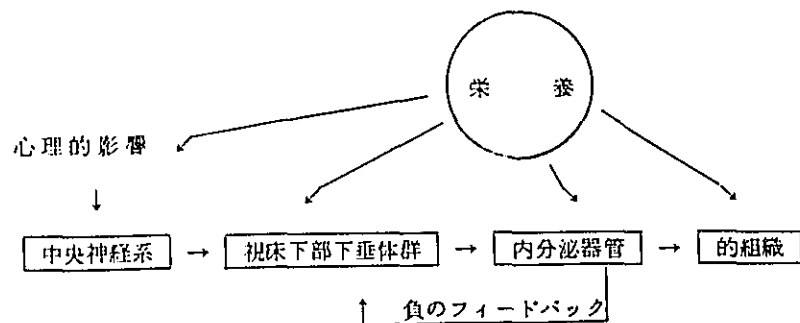
分娩前135~142 日間の給与エネ ルギー水準	分娩後の給与エネルギー							
	分娩後80日までに妊娠した牛				分娩後120日までに妊娠した牛			
	Low	Mod	High	All	Low	Mod	High	All
Low	-	32	51	41	-	73	90	82
High	33	54	56	47	64	71	83	73
Both	33	42	54	45	64	72	87	76

27)

## 2. 栄養と内分泌システム

野生にしろ、家畜にしろ、動物の住む世界では、栄養の供給が年から年にかけてはもとより、季節から季節にかけて変化する。これらの変化するコンディションに対する調節は、生存して行くうえで主要なことであり、人間を含む全ての種において適合のメカニズムが内分泌システムにより調整されていることがこれまでに報告されている。

栄養が繁殖や泌乳、発育に影響を及ぼすことは明らかとなっている。例えば、食料が或る期間不足することにより卵巣の機能障害により繁殖障害が生じることが報告されている。しかしこの変化の厳密な原因は解明されていない。乳期の初期にある泌乳動物の栄養のバランスは、しばしば負となることがある。しかしこの栄養上のロスが乳期の後期および乾乳期間中にうめ合わせるができるが、幼若動物における栄養の供給不足は取りかえしのつかない影響を与えることになる。これらの過程は全て栄養の摂取レベルにより影響されるが、起こりうる変化は部分的に内分泌システムによりコントロールされている。飢餓の間、栄養が内分泌活動を含む生存に必須な機能の維持に優先的に使われることは明らかである。内分泌システムが機能的に体細胞系および自律神経系と関連しており、このリンクが恒常性調整のためのメカニズムをまかなっている。栄養は次の図に示されている様に直接、或いは飢餓のようなストレスの緩和の心理的な影響を通して間接的に、これらのメカニズムに影響を及ぼす。当然の事ながら、これまでに人間における研究に多くの注意が払われてきた。しかし、これまでになされてきた観察は、他の哺乳類にも応用し得る。発育・繁殖および泌乳に関する能力、言葉を換えれば、内分泌機能を最適に保つには飢餓の不在が必須である。



Folley (1949) は、栄養状態が内分泌系および内分泌活動に次に示す効果を及ぼすことにより、繁殖に影響を及ぼし得ることを示唆している。

- ① 下垂体前葉の機能に影響を及ぼし、卵子の成熟、排卵、着床や発情性変化や発生のタイミング、妊娠の維持等に影響を及ぼす。
- ② 神経系に作用し、下垂体の神経コントロールに影響を与える。

- ③ 性ホルモン代謝に作用し、産出率或いは不活性化率における変化を通して身体におけるレベルに影響を及ぼす。
- ④ 的器管の性ホルモンに対する反応に影響を及ぼす。
- ⑤ 性ホルモン或いは他の物質を摂取することにより内分泌腺の活動に影響を及ぼす。

この骨組みは、今でも内分泌活動が栄養状態により影響される方法についての論議のための基礎となっている。

(1) 栄養が下垂体前葉に及ぼす影響

Mulinus and Pomerantz (1940)は、栄養欠乏と下垂体切除の効果の間の似通いから栄養欠乏による内分泌症候群をカバーするために、“Pseudohypophysectomy (偽下垂体切除)”の用語を用いている。

① 飢餓と蛋白質不足

飢餓が下垂体に及ぼす一般的効果を考慮する場合には、栄養のストレスが慢性であるのか、或いは急性であるのかが重要なポイントとなる。若い guineapig では、急性飢餓が下垂体好塩基細胞のサイズと活性の増加を伴わない好酸性細胞の活性の減少に帰結し、後になってこの変化が腺の変性を伴うことが示されている。体重の30%を損なったネズミでは無発情が示されている。一方、急性飢餓は雌ネズミの下垂体の相対重量に何らの影響をも及ぼさなかった。エネルギー摂取の苛酷な制限に続く副腎肥大は、“less critical”はホルモンの犠牲のもとに下垂体により産出される向副腎皮質ホルモンの増加によると考えられている。

Armstrong and Hansel (1956)の述べる所によれば、牛の体重および体高における増加率は、下垂体に含まれるソマトトロピン (Somatotropin) 含有量と正の相関にあるが、低栄養水準が下垂体の単位重量あたり、或いは体重の単位重量あたりソマトトロピン含量を低める事実は、観察できなかったが、栄養水準と向甲状腺ホルモンとの間には正の相関があった。他の報告では羊或いはネズミにおいて栄養水準に帰因する下垂体性腺刺激ホルモンにおける変化は観察されていない。多くの研究者は、特に繁殖における影響について興味を持ち、外因性ゴナドトロピンの特異効

果について観察している。これらの多くでは、栄養不良の動物がゴナドトロピンの注射に対して良く反応することを報告しているが、Fielder and Brumby (1962) は、下垂体切除したはつかネズミでゴナドトロピンに対する卵巣の反応におけるメカニズムに派生する減少を報告している。McClure (1962) は妊娠初期における短期間の飢餓がはつかネズミの繁殖能力を引き下げ、胚の死を引き起こすことを報告している。HCG 或いは Progesterone の毎日の注入が妊娠を数日長く維持していることから、報告者はこれをゴナドトロピンの生産或いは放出が抑制されたことによると結論している。

その後の報告は、低栄養水準がゴナドトロピンの合成よりも放出率を変性することを示唆している。Srebnić and Nelson (1963) は、雌ネズミにおける蛋白質、カリウム、或いはチアミン不足についての研究で下垂体におけるゴナドトロピンの増加を発見した。この発見は Krause (1963) が栄養不良の雌ネズミにおける FSH の増加を発見したことにより確認されている。これらの観察は性周期の付随的な不全を見出ししていることから、主要な影響はゴナドトロピンの合成よりも放出率の減少にあると仮定している。Casida (1963) は排卵率で測定した場合、栄養水準に対する反応が種によって異なることに注目し、以前の栄養状態もまた重要であると述べている。更に性および年齢効果も明白である。例えば蛋白質不足の雄ネズミで Srebnić and Nelson (1962) は下垂体におけるゴナドトロピンの減少が成熟ネズミより、若いネズミでより著るしいことを発見している。

蛋白質不足は、下垂体の組織学的外観や内分泌機能に影響を及ぼし、腺および血漿中のソマトトロピン含量の減少と FSH の増加に帰結することが示されている。蛋白質不足ネズミがゴナドトロピンの注入に対して、正常に飼養されたネズミのような良好な反応ができないとする報告はない。蛋白質不足ネズミにおいて Oestron と Progesterone の注入が妊娠を維持することが示されている。



## ② ミネラルおよびビタミン不足

ミネラルおよびビタミン不足が繁殖および発育に影響を与えることは、これまでに多く報告されてきた。これらの観察された影響のいくつかは下垂体を含むメカニズムにより作用されることが仮定されているが、証拠は主として状況的である。ミネラル不足が下垂体に直接影響を及ぼすという報告は、これまでにない。ビタミンA<sub>1</sub>、リボフラビン、或いはピリドキシン不足がネズミにおいてある種の下垂体ホルモン分泌を減少させることが示唆されている。分泌量の減少は的器管に対する損傷に帰因するフィードバック機構の不全による腺内合成の増加を伴っていると考えられている。

Mason (1944)は、ビタミン不足ネズミの発見から、下垂体は繁殖障害の原因とはならないと示唆している。しかし異なる実験ではビタミンE不足ネズミで下垂体ゴナドトロピン含量が減少、或いは増加していることが示されているので、状況は不明のままである。

## (2) 栄養が性腺の構造および機能に及ぼす影響

未成熟動物の栄養不良は、性腺の構造および機能における変化を生み出すことにより性的発達を遅らせ、成熟動物では繁殖機能が影響されることが常に認識されてきている。

Mulinus and Pomerantz (1940、1941)は、これらの効果が下垂体を介在しており、飢餓、蛋白質不足、ミネラルおよびビタミン不足は、ゴナドトロピンの生産或いは分泌の減少を導き出し、これによって性腺の機能が損なわれると結論している。

Mann (1960)は、雄において特定の栄養欠乏が繁殖器管に与える一次的効果と、例えば食欲減退、不適切な摂取、或いは飢餓などの原因による二次効果を識別しようとする際に出会う困難についてあらましを述べている。

栄養不足は、下垂体切除の場合と同様な方法で繁殖器管に影響を及ぼすことが認識されている。性腺が直接に影響を受けるのか、或いは下垂体を通してなのかについては考慮する必要がある。性腺の機能損傷は構造の変化や或いはホルモン分泌の減少に帰因することがありうる。

## ① 飢 餓

体重の20～30%の減少に帰結する部分的飢餓は、実験動物と家畜の両者に性周期の停止を導き出す。Scheer et al., (1947)は、ネズミでエネルギーの低摂取が低い繁殖性と泌乳性、不規則な性周期と繁殖性の低下に帰結すると報告している。栄養不良の若雌牛の初回発情は適切な給与を受けた若雌牛より遅れ(Reid et al., 1951)、同じことが羊でも見られ(Allern and Lammig, 1961)ている。

McCanceとその仲間の研究では、長引いた総体栄養不良が豚とネズミの繁殖器管に及ぼす効果と再飼養の考えられる効果について示している。観察では栄養不良の雄ブタの体重に比較した睪丸重は正常な雄より大きく、精細管の直径は小さく、間質細胞は認められず、精子形成を欠いていた。リハビリテーションの間に精細管は急速に発達し、精子形成が起こった。雌では外陰、輸卵管、子宮、膣の実際の重量は栄養不良の豚で正常の豚より重い、卵巣は重量がまちまちであり、黄体がなく、いくつかの卵胞が認められた。リハビリテーションの間、卵胞が現われたが、黄体は4、5ヶ月後では認められず1年後に見られた(Dickerson et al., 1964)。体重に対するパーセンテージで表わした精巣重量は栄養不良ネズミで正常ネズミより大きく、リハビリテーションの間、体重の増加により精巣の相対重量は低下したが、それでもリハビリテーションの終りでは正常ネズミのそれより上まわっていた。卵巣における観察も精巣におけるのと似通っていた(Widdowson et al., 1964)。若雌牛を用いた研究の結果はこれらの発見と全く同様ではなく、エネルギーの摂取量の減少は身体と内分泌腺、繁殖器管の発育を損うことが明らかにされた。再飼育によりほとんど正常なサイズに発育したが精巣はそのサイズ或いは精子の数で測定したその機能が完全に回復しなかった(Van Demmak et al., 1964)。McCanceらの実験における栄養不良のコンディションが異常なまでに苛酷であったことは強調されることである。

これまでに引用してきた研究の多くは、総体的観察や組織学的実験にもとづいたものであり、性腺や副性殖器管内の代謝過程について扱われてき

た注意は少なかった。Mann (1964) は、栄養不良の動物で精液の化学成分が変化することを示している。栄養不良ネズミの副生殖腺における果糖およびクエン酸含量は対象区より低かった。栄養不良雄牛では精巣の分泌能力は外観から正常と見られたが精液中のクエン酸および果糖がオリジナル値よりそれぞれ60%、30%に低下していた。

Mann and Rowson (1956、1957) と Davies et al., (1957) は、一卵性双子の子牛を用いて、栄養不良が性腺の精子形成と内分泌活動に及ぼす効果について研究している。それによると、正常に飼育された未成熟子牛では、クエン酸と果糖の分泌が精子の出現に先立つが、栄養不良はこれらの物資の分泌を遅らせたが精子の出現時期に及ぼす影響は少なかった。したがって配偶者形成は内分泌活動程には影響されなかったが、精子の産出率は性成熟に達したあとでも正常な動物より低かった。アンドロジェン活動に対する影響は、絨毛性生腺刺激ホルモン処置がクエン酸および果糖値を修正したことから下垂体からのゴナドトロピンによる刺激不全によることが明かとなった。

## ② 蛋白質不足

蛋白質不足が性腺に及ぼす影響を考慮する場合、不足の程度と期間、それから不足が質的なものか、或いは量的なものなのか、栄養の不均衡が思春期前か或いは後かを知ることが重要である。

ネズミにおいて蛋白質の質或いは量の著しい減少は、雌で発情の停止、或いは長く不規則な周期を導き出し、雄では精子形成と性欲の減退と性のうの重量の減少を引き起こすことが知られている。外因性ゴナドトロピンの投与が症候を軽減することから、これらの影響はゴナドトロピン分泌が損なわれたことによるとされている。

最近の研究は、繁殖活動の異なる段階における蛋白質不足の影響に集中している。生時から低蛋白質飼料を与えられた子雌牛の思春期は遅れ、正常給与子雌牛より小さい体格で発現した。しかし思春期後では同様の飼料は雄牛或いは雌ネズミの性腺に対して悪い影響を及ぼさなかった。

発情活動と妊娠を維持するに十分な蛋白質摂取は泌乳の維持には不十分

と考えられている。例えば、ネズミで10%粗蛋白質は妊娠の維持に十分であるが、泌乳には不十分であることが観察されている。5%粗蛋白質の低蛋白飼料を4週令から与えられ、36週令で交配された雌ネズミでは、高い分娩前死亡率と貧弱な泌乳が観察された。無蛋白飼料の給与をうけたネズミで妊娠中期までに胎児の吸収が報告されている。他の報告では妊娠の5日目～9日目にかけてEstrogenとProgesteroneの投与を行なえば妊娠に満了することができるとし、さらに下垂体を切除され、蛋白質の不足したネズミでホルモンを5日目～11日目までの間投与すれば妊娠を維持することができるとしている。これらの事実は蛋白質の不足した成熟ネズミでは下垂体によるゴナドトロピン分泌不全が起こるが妊娠11日後からは胎盤が妊娠の維持において正常に機能することを示している。

### ③ ミネラル不足

酵素が一般代謝において助因子として作用しているため、ある種のミネラルは重要である。ミネラル不足は代謝および発育と発達に必要な組織の形成がこれらの時期に増加することから、主として胚児の段階および分娩後早期の段階であらわれる。

栄養起源の繁殖不全に含まれるミネラルのうち、カルシウム、燐、マンガンは他のミネラルより多くの注目を払われてきた。マンガンは下垂体前葉に特異的な効果を有し、ゴナドトロピンの生産或いは放出、或いはその両者に影響を及ぼし、又、マンガンはネズミにおける卵巣の活動の維持に必須であることが報告されている。カルシウム不足メンドリでカルシウムの同様な行動も報告されている。

複雑な相互関係がこれらのミネラルの間に存在することから、いずれのミネラルの間に存在することから、いずれのミネラルも孤立して考慮することはできない。例えばマンガンが少なくカルシウム、燐、鉄が十分に入った飼料の給与をうけた若ネズミでカルシウム：燐比が減少するとマンガン不足は雄ネズミの貧弱な発育となって現われる。カルシウム：燐比が異常であると繁殖に影響が及ぶ。 $P_2O_5$ を0.22%含み、その4倍のCaOを含む飼料は成熟の発現を遅らせ、或いは発情の完全な中止を引き起こし、

$P_2O_5$  を 0.5 % にし、 $CaO$  をそのままか、或いは 0.22 % に低めた場合には性腺の機能が正常に復した。一定量ずつ燐を若雌牛の飼料に加えて行くと卵巢の活動が無発情から正常な性周期までの中で段階的に改善したことが報告されている。又、乳牛群における受胎率の研究から比較的低い燐の摂取と高いカルシウム：燐比により損なわれた繁殖性はビタミンDの十分な供給により中和されると報告されている。

婦人の血中銅値は、妊娠期間中増加し、妊娠末期には妊娠していない婦人の2～3倍となり、分娩後約3週間で正常値に復する。又、血中銅はホルモンの影響のもとにあり、Estrogen 或いは Testosterone を老令の男性、或いは女性に投与することにより血清中の銅値は有意に増加することが報告されている。

#### ④ ビタミン不足

ビタミン、性腺機能、繁殖の相互関係は、これまでに多くの研究者からかなりの注意を払われてきた。

ビタミンA不足が雄羊の繁殖におけるサインは、精巣の萎縮と精細管における退行性変化、精子形成の停止である。ビタミンA不足飼料を10ヶ月給与すると性欲はほとんど無くなる(Dutt, 1959)。Palluden(1963)は10～12週令の間、ビタミンAの給与をうけなかった若い雄豚で同様の退行性変化を観察している。サイロキシン分泌は著るしく減少したが結論では精子形成がビタミンA欠乏によるのみ、或いは主としてビタミンA欠乏により影響されるとする理由は、わずかにしか認められなかったとしている。報告者は精巣の生検と死後の検査から飼料が胚上皮あるいはセルトリ氏細胞に及ぼす効果を支持してセルトリ氏細胞の代謝における変化が精子形成の中止の実際の原因としている。Howell et al., (1963)は、ビタミンA酸を含むがビタミンAアルコールを欠く飼料がネズミに及ぼす影響を研究し、障害が生殖器管の特に精巣に発生し、胚上皮の腐肉を観察したことを報告している。

ビタミンA不足が雌性生殖器管の退行性変化を起こすことは、長い間知られてきた。EstrogenとビタミンA不足による症候の発現との間の関係は

1つの興味の対象となっている。卵巢切除したビタミンA欠乏若令ネズミで普通、ビタミンA欠乏した雌で見られる子宮上皮の異形成が見られなかったが、卵巢切除し、ビタミンA欠乏した雌ネズミに Estrogen を投与すると子宮上皮の異形成が現われ、前進的に悪化することが観察されている。ビタミンA不足の症候発現における Estrogen の明らかな相乗効果を確認する報告では、ビタミンA欠乏飼料を与えられた雌乳子ネズミから卵巢を取り去ると特異的な目の障害と死の発現が延期された。又、ビタミンAアルコールを欠くがビタミンA酸を含む飼料を給与された妊娠ネズミで胚盤における細胞の壊死が見られ、胎児は吸収されたことが報告されている。

チアミン欠乏は、雄ネズミで生殖器管の発達を遅らせたが、特別な障害はみられなかった。これは完全飼料が制限された量で給与された場合にも起こることから、効果は特異的ではない。チアミン不足飼料に大量のアスコルビン酸を加えると体重、精巣重、精のう重が増加するが、アスコルビン酸は食欲を維持するのに役立っているものと考えられている。ピリドキシン(ビタミンB<sub>6</sub>)は、精巣重と輸精管の直径を徐々に減少させた。アンドロジェンの分泌はピリドキシンの不足が起こるとすぐに停止したが、精子形成は不足の最終段階で停止した。Mann(1960)はビタミンB不足の病的像はビタミンE欠乏から来る結果とは全く異なり、ビタミンE欠乏は主として雄の性腺の配偶者形成機能に影響を及ぼすとしている。

アスコルビン酸不足に関する研究では、精巣の胚上皮の変性と報告されている。Kochen and Carazos(1958)は、アスコルビン酸欠乏による影響とアスコルビン酸は十分に摂取しているが、栄養失調である場合の影響とを識別しようと試みた。壊血症ギニアビッグで彼らはLeydig細胞に精子完成の停止と病理学的変化を見い出しており、アスコルビン酸不足は他の必須栄養素の利用の不能に帰納し、そのため悪液質は栄養失調のみの場合よりもっと苛酷であると報告している。体重の等しい壊血病ギニアビッグと栄養失調ギニアビッグの両者にGolgi装置の細胞化学における変化はもとより精巣と精のうにおける炭水化物代謝が変質していたとする証拠があり、アスコルビン酸欠乏動物における変化は、栄養失調動物より著るし

かった。

### (3) 結 論

性腺の発達と活動において栄養の変質に対する思春期前と性成熟後の反応の本質の間に明確な差異が現われている。低栄養の影響は一般に下垂体前葉の活動における変化から始まり、的器管に対する直接影響が証明されている例はほんのわずかである。したがって、一般的に言えば低栄養により作り出される症候群はPseudohypophysectomy（偽下垂体切除）のように表現することができるとする考え方を、これらの証拠は支持している。

### 3. 低血糖症が栄養性不妊症の要因とするいくつかの報告

卵子の成熟と排卵とは、視床下部から分泌される放出因子に反応して放出される下垂体性腺刺激ホルモンにより刺激を受ける。脳下垂体と卵巢はかなり程度のひどい栄養失調に対しても耐えて性腺刺激ホルモンの産出或いは性腺刺激ホルモンに対する反応の機能を維持しようとするようであるが、これと対比的に視床下部は干渉に対して非常に敏感であり、無感覚症を引き起こす量よりもはるかに少ない量のバルビツール酸塩の投与で性腺刺激ホルモン放出因子の分泌が妨げられることが明らかとなっている。したがって神経機能を衰えさせたり、或いは刺激したりすることができるいかなる栄養上の要因も卵子の正常な成熟や排卵不全の潜在的要因として考慮される。発情や卵管および子宮に遊泳する卵子の発達、着床は卵巢ステロイドホルモンの支配のもとにあり、卵巢ステロイドホルモンは下垂体性腺刺激ホルモンに依存している。視床下部機能不全、ひいては下垂体性腺刺激ホルモン不全は、発情を抑制し、妊娠を途中で終結しうる。牛にみられる繁殖不全の多くが胚の着床以上に発生しているが、これは胎盤とその内分泌機能が確立すると胎児は、比較的安安全となり、視床下部—下垂体系のコントロールから独立するからと考えられている。

総合的な飼料不足や食餌中のエネルギー、蛋白質、カリウム、ビタミンB複合体（チアミン、ピリドキシン、葉酸）および必須脂肪酸の不足により引き起こされたゴナドトロピン不全症をともなった不妊症が、これまでに 歯動物を主とした異なる種類の実験動物の雌で示されている。これらのコンディション

の多くでは、ゴナドトロピンの生産は行なわれているが、放出されていないので根本的な機能不全は視床下部にあると考えられている。低栄養による低血糖症が視床下部機能不全を引きおこし、これが不妊症の主要な要因となり得るとするいくつかの報告がある。McClure (1965) は冬期間、牧草を給与した乳牛の分娩から交配までの間の体重と血中グルコース濃度、および繁殖性について観察しているがそれによると分娩時を100%とした場合の交配時の体重は妊娠牛で98.1%であったのに対し、不妊娠牛で92.7%、また血中グルコースレベルは、妊娠牛で28.2mg/100mlであったのに対し、不妊娠牛では、22.0mg/100mlであり、不妊娠牛に体重と血中グルコースレベルの低下以外に不妊症の要因となり得る異常は臨床的に認められなかった。又、はつかネズミを用いた実験では、これらが急性炭水化物不足に感受性が高く、これが低血糖症を引きおこし臨床的には発情不全、排卵不全、子宮に遊泳する卵子の死滅、着床不全、着床卵子の死滅などの症候を示すことが報告されている。低血糖症は急性炭水化物不足が引きおこす主要な生化学的病変であり、これによって視床下部の機能が不全となり、2次的に性腺刺激ホルモン不全を引きおこしたものと考えられている。

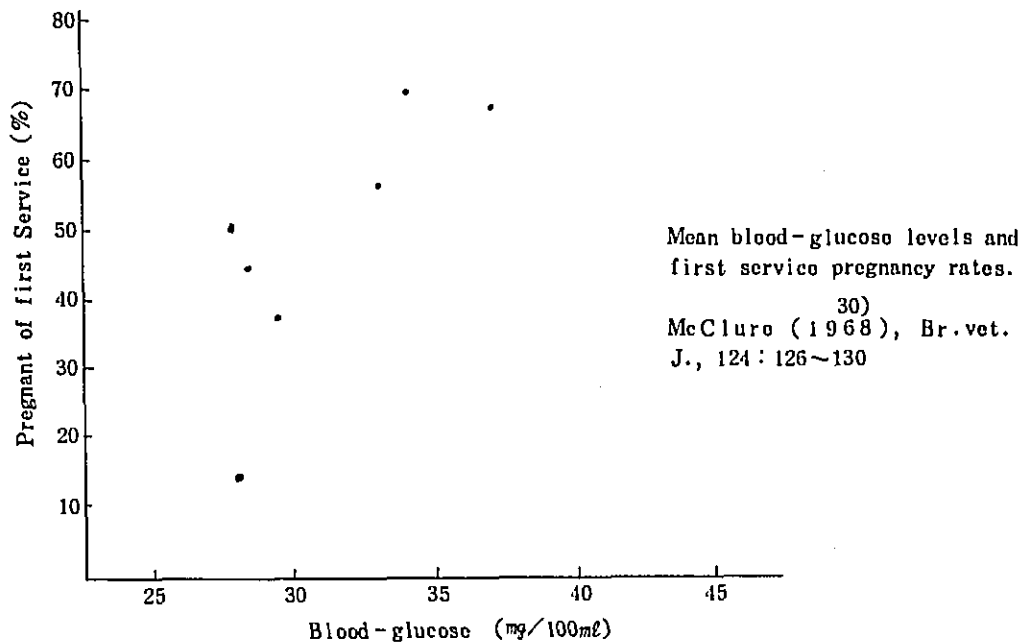
<sup>28)</sup>  
McClure (1968) は、交配の前後にかけて牧草あるいは濃厚飼料の給与を受けた雌牛の初回種付による受胎率を調査しているが、それによると飼料の量および質が共に受胎率に影響を及ぼし、血中グルコースレベルと繁殖性との間の関係から牛における栄養性不妊症も又、一部を低血糖症に帰因し得るとしている。

Fertility and Blood-Glucose Levels of Cows Fed Two Rations and Two Levels

Level	Pasture		Concentrate	
	% Pregnant	Blood Glucose (mg/100 ml)	% Pregnant	Blood Glucose (mg/100 ml)
High Level	72	34.7	67	37.0
Low Level	33	28.0	69	33.7

McClure (1968), Aust. Vet. J., 44:134





29)  
 Howland et.al. (1966)のヒツジを用いた実験では、乾草と穀類の給与をうけた雌羊は乾草のみの雌牛より体重が重く、血漿グルコースレベルも高く脳下垂体の重量も重く排卵率も高かった。

穀類の給与をうけた雌羊にみられるこれらの要因のうち、視床下部を刺激すると考えられるものは血漿グルコースレベルである。羊は普通、血中グルコースレベルが低く、揮発性脂肪酸をエネルギーの主要源としている。羊の脳は、揮発性脂肪酸をエネルギー源として使えないことから、血中グルコースは脳における細胞活性に対する制限要素となっている。したがって、血中グルコースレベルの増加は、性腺刺激ホルモンをコントロールしている視床下部中枢を刺激し、ホルモンの産出をより多くし、結果として卵巢の活性が増大すると考えられている。

高エネルギー飼料の給与をうけた雌羊では、反刍胃において澱粉醱酵によるプロピオン酸が豊富となり、これがブドウ糖新生を通して血中グルコースレベルの増加に帰結する。そのため蛋白質からのブドウ糖新生は、より少なくなり、

体蛋白質が増加することとなる。

Pituitary and ovarian function in ewes fed on two nutritional levels

	Feed group		
	Alfalfa Hay	Alfalfa Hay + Grain	
Body weight change during last cycle	0.86	3.92	$p < 0.01$
Plasma glucose $mg/100 ml$	56.0	64.4	$p < 0.01$
Number of ovulation	1.42	1.71	$p < 0.01$
Dry anterior pituitary wt. gm	0.258	0.326	$p < 0.01$

Howland et al. (1966), J. Anim. Sci., 25: 716

31)

Oxenreider and wagner (1971) がホルスタイン初産雌牛の分娩後56日間における飼料給与水準および泌乳状況と血漿グルコースレベルとの関係を調べた実験では高エネルギー飼料の給与を受けた雌牛のグルコースレベルが低および中エネルギー飼料の給与を受けた雌牛より有意 ( $p < 0.02$ ) に高く、同様に、分娩直後に乾乳された雌牛のグルコースレベルは泌乳牛より有意 ( $p < 0.02$ ) に高かった。又、血漿グルコースレベルと卵巣活動データとの統計分析では血漿グルコースレベルと分娩後、直径10 mm以上の大きさの卵胞が認められた日までの期間との間に有意 ( $p < 0.01$ ) は負の相関 ( $r = -0.50$ ) が認められ、さらに血漿グルコースレベルと、分娩から初回発情までの期間との間にも有意な ( $p < 0.01$ ) 負の相関 ( $r = -0.62$ ) が認められた。

この実験では給与エネルギー水準の差異が血中グルコースレベルを有意に変えることができ、血中グルコースレベルが卵巣活動における変異と関連していることが示されている。脳組織機能は、そのエネルギー源としてグルコースに依存していることから、例え、低血糖症が軽度であっても視床下部の機能を抑制し、卵巣活動の失調に帰結することが考えられる。

Plasma glucose in postpartum dairy cows (mg%)

	Suckled	Milked	Non-lactating	Mean
Low energy	60.5	65.3	70.2	65.3
Medium energy	66.0	66.9	68.7	67.3
High energy	71.3	68.8	74.5	71.5
Mean	65.9	67.0	71.2	67.9

Oxonreider and Wagner (1971), J. Anim. Sci., 33: 1026

4. 低栄養時における補助飼料の給与が放牧牛の繁殖性に及ぼす効果

オーストラリア北部の熱帯地方では、周年交配と制限交配とにかかわらず、多くの放牧牛が雨の多い夏のシーズンに子牛を分娩する傾向がみられる。これは1年の内、この時期だけ牧野が良好で泌乳中の雌牛の大きな栄養要求に答えるからである。しかしこのことは乾季の終りの牧野が最も貧弱な時に雌牛が妊娠の後期か、或いは時には子牛を分娩していることを意味する。このような雌牛は体重を著しくそこない、次の雨季までに発情が再帰しないこともある。それゆえ分娩間隔は長く2年に1産の典型的なパターンを呈する事になる。長い乾燥期間に牧野の栄養状態が貧弱であるため、若い育成雌牛の発育がさえぎられ、思春期の到来と受胎が遅れる傾向にある。又、最初の乳期にある若雌牛は普通、牛群のうちでも最も体調が悪く、貧弱な牧野の影響を最も強くうける。このような放牧牛の繁殖性の低下を防止する基本的なポイントとして……

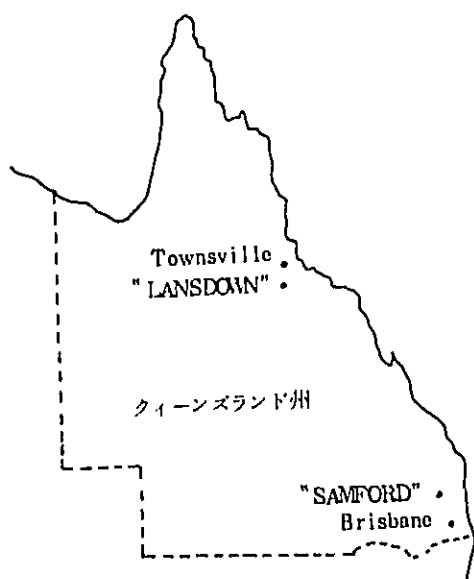
- I 子雌牛を離乳から思春期の発現までの間(なるべくなら15ヶ月令まで)適切に飼養する。
- II 妊娠の第3期から泌乳期の前期(交配して次の妊娠が確立し、子牛を離乳するまで)までの間、雌牛を十分に飼養する。特に泌乳初期におけるいかなる体重の減少も最少限にすべきであり、交配期間中は体重を増加していなければならない。

の2点があげられる。しかしもし、牧草が量的に或いは質的に不十分である場合には、次の2つの方法による雌牛の栄養要求量と給与栄養水準とのバランスを計らなければならない。

- I 牧草の生育に一定した季節的変異があり、量および組成が影響をうけている所では、一年のうちで最も草地の状態の良い時期に交配を行い、雌牛を妊娠の後期から交配期間の終りまで比較的良好な状態に保つ。
- II 雌牛の栄養要求量と牧草の季節的生育期間とがうまく適合しない場合には、補助飼料の給与を考慮する。

C.S.I.R.O. の Cunningham Laboratory (Brisbane) と Davis Laboratory (Townsville) の研究チームは、補助飼料給与が繁殖性に及ぼす効果について長年、取り組んでいる。ここではこれまでに発表されてきたいくつかの研究成果を抄訳することにより、熱帯における季節的栄養不良に起因する低繁殖性の改善の方法を探ることとする。

ここで取り上げる研究報告のうち、前の3題はTownsvilleの南西約48 KmのLansdown (19° 6' S, 146° 8' E)にあるC.S.I.R.O. Pasture Research Stationで行なわれたものであり、残る1題は、クィーンズランド州南西のSamford (27° 22' S, 152° 53' E)にある同じくC.S.I.R.O. Pasture Research Stationが舞台となっている。これらのPasture Research Stationの位置および月別平均降雨量は次に示すとおりである。



月別平均降雨量

	Lansdown	Samford
1月	223 mm	139 mm
2	215	149
3	148	135
4	41	95
5	30	51
6	28	62
7	13	44
8	12	22
9	10	50
10	15	68
11	45	87
12	89	133
計	869	1,035

① Townsville stylo - spear grass 牧野における Superphosphate の施肥量<sup>32)</sup>と雌牛の繁殖性

実験が行なわれた地域は元来、ユーカリ樹の粗林地帯で、下草は Black spear grass が優位を占めており、未開拓の状態では 8~10 ha で1頭の牛を養う程度であった。しかし樹木を部分的に切り払い、更に Townsville stylo (豆科牧草)が入りこんできたことにより、牛1頭につき 4~6 ha の率で放牧に使用されていた。

1月~3月にかけての9週間の交配期間で妊娠した Drought master 種 (Brahman × 英国種) 若雌牛が実験に用いられた。これらの若雌牛は10月~12月にかけて分娩し、6ヶ月後に子を離乳した。同じ牛が4年間の実験に用いられ交配期間および分娩期間は、毎年ほとんど変わりなく、放牧牛は牛1頭につき 1.2~2.4 ha であった。

実験の結果、Superphosphate の施肥率と受胎率との間には有意 ( $p < 0.01$ ) に高い直線関係が認められた。更に  $F_0$  と  $F_1$  グループでは泌乳牛は乾乳牛より受胎しにくく、受胎も遅れがち ( $p < 0.01$ ) であったが  $F_2$  グループでは受胎は泌乳により影響されなかった。Superphosphate 施肥パドックでの体重は実験期間中、ほとんど常に無施肥グループより重かった。

	Superphosphate 量		
	無施肥 ( $F_0$ )	126Kg/ha/年 ( $F_1$ )	377Kg/ha/年 ( $F_2$ )
受胎率 ** (%)	66	73	84
生体重増加量 (Kg/頭/4年)	115	169	145

( \*\*  $p < 0.01$  )

註 Superphosphate ( 磷 9.6 %、硫黄 10 % ) は、最初の年は 12 月、あとの 3 年間は 10 月に施こされた。

( Edye et al., ( 1971 ), Aust. J. Agric. Res. 22 : 963 )

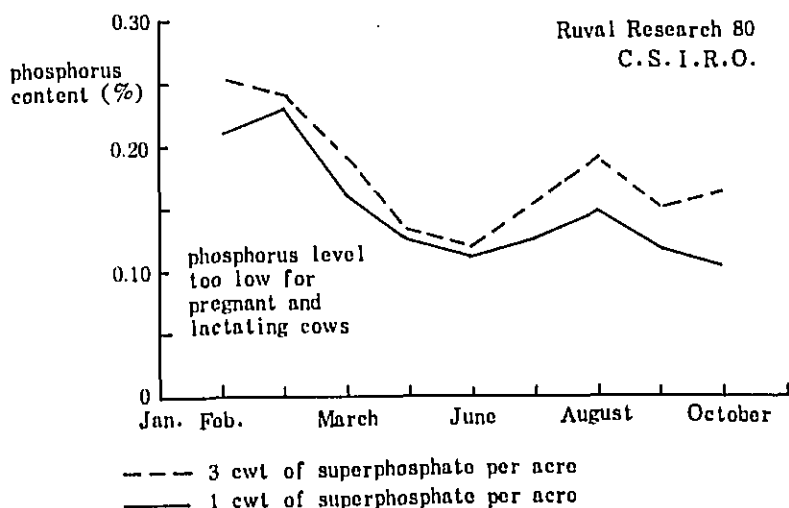
この実験での放牧率 ( 2.4 ha / 1 頭 ) は、この地方では未改良 spear grass 牧野での放牧率に較べて 3 ~ 4 倍の収容能力であり、このことから、この地方での野草牧野を Townsville style を基調に改良することにより収容能力

が向上するばかりでなく雌牛の繁殖能力も良くなることが予想される。更に、Townsville spear grass 牧野に放牧されている雌牛の繁殖能力と体重の増加は、superphosphate を牧野に施すことにより向上することが明らかである。

Superphosphate の施肥パドックでの受胎率の向上は恐らく Wet season (この期間に交配が行なわれた) に泌乳雌牛の栄養状態が改善されたことによるものと考えられている。しかし実験期間中の増体量からも明らかなように生体重の増加のみでは高い繁殖性を十分に説明することはできない。Superphosphate の施肥は、牧野中の磷と硫黄含量を増加させる。Townsville stylo の生育には、Superphosphate 126Kg/ha/年間の施肥量で十分な磷を供給するが、牧草自体の磷の含有量は妊娠牛や泌乳牛が必要とする 0.15~0.2% より低く、強度に施肥された牧草のみが要求に答える。

したがって、無施肥パドックと軽度の施肥パドックにおける雌牛は、磷の不足により繁殖機能が制限されていたと考えられている。

phosphorus contents of two Townsville stylo spear grass pasture during the 1967 wet, and ensuing dry season



蛋白質、燐、硫黄の繁殖機能の発現における役割は依然として不明である。  
実際において、superphosphate を標準量の3倍施肥することは極めて不経済であり、したがって他の方法による牛への燐の供給を考えなければならない。

② 離乳後の乾燥シーズンに野草のみ或いは補助飼料も給与された子雌牛のその後の繁殖性<sup>33)</sup>

7月に離乳したDroughtmaster (Bos indicus × Bos taurus) 子雌牛(平均8ヶ月令)を翌年2月までの7ヶ月間、3つの異なる給与栄養水準グループ(LL、L、M)に分けて単房で飼育し、その後、野草(spear grass)と改良牧草(Townsville stylo)との混播草地に放牧し、生体重と発情の観察を行った。

実験の結果、単房飼育期間中、LLグループは体重の減少を呈したが、他のグループでは緩やかに増加した。又、放牧後の観察ではLLグループ8頭の内2頭のみ発情を示したのに対し、LおよびMグループでは各々8頭の内6頭が発情を示し、栄養水準の良いものほど長い期間、発情が見られた。

熱帯では乾燥シーズンの間、栄養のほんのわずかに改善することにより蛋白質とエネルギーの摂取量が増え、体重の増加が維持され、続く放牧期間における発情活性が著るしく向上することがこの実験結果から明らかである。

豆科牧草の補給が品質の悪い粗飼料と加消化エネルギーの摂取量を増やすことが明らかにされており、Townsville stylo spear grass 牧野においても、豆科牧草を乾燥シーズンの間、維持することが可能であれば未経産牛の発育と発情活性は増加することが予想されるが、クィーズランド州では冬期間の霜により豆科牧草が崩壊するので、これに代るものが必要であり、Stylosanthes の乾燥期における価値が実験されている。

Group and Measurement	Feb 2	Mar 25	May 7	July 9	Aug 14
<b>Group LL</b>					
Oestrus	0	1	2	2	0
Body wt. (Kg)	-	181	233	243	-
No oestrus activity	8	7	6	6	8
Body wt. (Kg)	151	168	211	225	211
<b>Group L</b>					
Oestrus	0	2	6	6	1
Body wt. (Kg)	-	211	255	266	260
No oestrus activity	8	6	2	2	7
Body wt. (Kg)	188	200	232	236	242
<b>Group M</b>					
Oestrus	6	6	6	6	6
Body wt. (Kg)	241	251	298	309	288
No oestrus activity	2	2	2	2	2
Body wt. (Kg)	207	217	267	271	264
② LL plane	— 細切 spear grass ( $<7 \text{ gNKg}^{-1} \text{ DM}$ ) 自由採食、採食量は $2.5 \text{ Kg/頭}$ 。3ヶ月後から体重の過度な減少を防止するためにルーサン乾草 ( $25 \text{ gNKg}^{-1} \text{ DM}$ ) $0.4 \text{ Kg/頭}$ を追加給与。				
L plane	— 細切 spear grass 自由採食 + $0.9 \text{ Kg}$ 細切ルーサン乾草 spear grass の採食量は約 $3.0 \text{ Kg/頭}$				
M plane	— 細切 spear grass 自由採食 + $1.8 \text{ Kg}$ 細切ルーサン乾草 + $0.9 \text{ Kg}$ 引き割トウモロコシ。spear grass の採食量は約 $2.5 \text{ Kg/頭}$				

( Seibert and Field (1975), Aust. J. E. A. A. H, 15:12 )

③ 未経産牛の繁殖性に及ぼす天候と補助飼料の影響<sup>34)</sup>

2～3才令の妊娠した Drought master 未経産牛を毎年7月、約20%の豆科牧草 (Townsville stylo) を含んだ野草 (spear grass) 主体のパドックに  $0.4 \text{ 頭/ha}$  以内の割合で放牧し、7月～10月の6週間に交配を行ない、4～5月に妊娠診断を行った。実験期間 (1970～1974年) のうち、1970、1971、1973年には7月から10月にかけて牧草の再生長を促がすに十分 ( $>40 \text{ mm}$ ) な降雨があり、補助飼料の給与を受けていないグループで体重の



増加が認められた。この雨につづく年の受胎率は高く (>70%)、補助飼料  
 給与区と無給与区との間に有意の差が認められなかった。

Supplement	Live weight loss Jul. to Oct. (Kg)	Live weight at mating Jan/Feb (Kg) (following year)	Percentage Preg- nant in May (following year)
1972 Nil (注1)	41	288	15
P	31	238	7
N,S,Na	35	288	18
N,S,Na,P	25	285	11
1974 Nil (注2)	10	333	25
N,S,Na	3	340	46
Cottonseed meal	14	359	84
Maize	8	355	38

(注1) P: 燐酸 (11 g P/Cow/day)  
 N: 尿素 (22 g N/Cow/day)  
 S: 硫酸塩 (5 g S/Cow/day)  
 Na: 硫酸ナトリウム (6 g Na/Cow/day)

(注2) N: 尿素 (12 g N/Cow/day)  
 Cottonseedmeal (綿実粕) (12 g N/Cow/day, 200 g 有機物/Cow/day)  
 圧偏トーマロコシ (12 g N/Cow/day, 1200 g 有機物/Cow/day)  
 SとNaは(注1)と同じである。

(Siebert, et al, (1976), Proc. Aust. Soci. Anim. Prod., 11: 249)

1972年に尿素と無機添加物を飲料水にかして与えた。燐は燐酸として与えたが、後に、燐酸給与の有害な効果が明らかになった。つまり、飲水とともに燐酸を飲んでいる牛は燐酸を与えられていない牛より生体重の減少量が多い。これは飲水中の燐酸がルーメンにおいて酸性状態を創り出すことはもとより、カルシウム不足を引き起こすことによるとされている。

1974年に蛋白質の3つの給源(尿素、綿実粕、圧偏トーマロコシ)を試した。それぞれの添加物は蛋白質の量において同じであったが、エネルギーレベルは異なっていた。綿実粕の給与グループを除いて ( $p < 0.05$ ) 妊娠率は低く、綿実粕も乾燥シーズンの体重のロスを緩和させなかった。トーマ

ロコシは妊娠率を向上させなかったが、続く年における子牛の離乳時体重を増加させた。これはトーマロコシが泌乳のためのエネルギーをより多く生産したが、同時に雌牛を蛋白質不足に陥しいれたものと考えられている。

尿素は、蛋白質添加物として最もポピュラーであり、糖密と混ぜて与えられ、固まりとして牛になめられているが、この実験では生産性を改善しなかった。

この結果から、乾燥期間に雨の少ない年に、雌牛の繁殖性を正常な状態に維持するためには、比較的少量の天然蛋白質補助飼料を乾季の終りからの短期間に給与することが他の添加物より有効であることが明らかであるが、どの程度与えてそれが繁殖において、どのように作用するのかは今後の研究の課題である。

④ 妊娠牛への蛋白質と磷の補給が分娩後の発情の再帰に及ぼす影響<sup>35)</sup>

Brahman cross 妊娠経産牛を晩冬に3つの処理区に分け、野草地に放牧した。この時の平均体重は460 Kgで妊娠約3ヶ月であった。処理区は、磷(10 g day<sup>-1</sup>)補給区(P)、蛋白質と磷(180 g 粗蛋白質と10 g P day<sup>-1</sup>)補給区(NP)、コントロール区(C)であり、蛋白質は落下生粕(400 g day<sup>-1</sup>)そして磷はNaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>で与えられた。落下生粕により与えられる加消化有機物(DOM)の量はC区とP区に蔗糖200 g、実ソルガム100 g、糖密40 g、落花生油20 gを1頭1日あたり給与することにより調整された。補助飼料の給与は9月から5ヶ月間続けて行なわれた。

	妊娠3ヶ月から7ヶ月までの間の雌牛の体重の変化 (Kg)	分娩から次の発情までの間隔 (日)	分娩後8週間までに発情を呈した雌牛 (%)
無補給区	-1	75	38
磷	+14	62	70
磷 + 蛋白質	+27	40	100

(Little (1975) Aust. J. Agric. Anim. Huob., 15: 25)

補助飼料の給与の最初の4ヶ月間（妊娠3ヶ月～7ヶ月）における増体量は、NP区が有意（ $p < 0.05$ ）に多かった。一方、分娩後2週目から3週間における増体量は、CPN区それぞれ3.7、2.5、1.0  $\text{KgWeek}^{-1}$ であり、又、分娩後2週目から4ヶ月間における体重のロスはそれぞれ3.0、3.0、3.5  $\text{KgWeek}^{-1}$ であり、処理区間の差はいずれも統計的に有意ではなかった。

分娩から最初の発情までの間隔は、蛋白質と燐の補給により46%短縮（ $p < 0.05$ ）され、燐の補給により17%（N.S.）短縮された。対称区の25%とP区の10%の雌牛は子牛を離乳するまでの間、発情を示さなかった。

オーストラリア北部では乾燥期間、野草牧草は維持のための要求量よりわずかに低目飼料を供給し、その主な制限要素は蛋白質であり、放牧されている牛は主として蛋白質の補給によく反応することがこの実験結果からも明らかである。補助飼料の給与をうけていないグループと燐のみの補給をうけたグループでの雌牛の血漿に含まれる尿素の量は16.4～17.4  $\text{mg}/100\text{ml}$ で、蛋白質の補給をうけていたグループのほとんど半量であった。これらのことから、この実験で応用された様なコンディションのもとでは乾季のおそくから雨季のはじまりにかけて、少量の蛋白質と燐を雌牛に給与することにより、子牛の毎年生産を達成することが予想される。燐のみでは効果が少ない。

## 5. キーンズランド州の熱帯地域に放牧された牛群の繁殖性を改善するための対策

### ① Control mating

繁殖雌牛の栄養要求量は、分娩後3～4ヶ月の間が最も大きい。繁殖雌牛はこの期間に多くの乳汁を分泌し、又、12ヶ月の分娩間隔を保つために受胎しなければならない。

草地の生産性は、キーンズランド中部のほとんどの所で、10月/11月～2月/3月、そしてキーンズランド北部では12月/1月～3月/4月の期間が最大である。

草地の生産性と繁殖雌牛群の栄養の要求とを調整するためには、分娩を雨

季のはじめまでに終了することが必要である。そのためには交配時期をクイーンズランド中部では10月/11月～2月/3月に、クイーンズランド北部では12月/1月～3月～4月に限らなければならない。

② Strategic weaning

放牧されている雌牛の体重は、草地のコンディションに影響され、一般にクイーンズランド中部では12月～5月が増加期、6月～11月が減少期で、クイーンズランド北部へ行くと1月～4月が増加期、5月～6月が減少期とされている。

もし、雨季の終りのまだ牧草の質がひどく悪くないうちに子牛を離乳すれば繁殖雌牛は体重を取りもどしてから乾燥シーズンに入ることができる。栄養を貯えた状態で最も草地の質の悪い春から初夏に入った雌牛は乾燥シーズンを生きのびる率が高く、次の雨季で再び受胎する確率も高い。反対にもし、雌牛が乾燥期間の間、子牛を哺育していれば体重は急速に減少する。

Stubbs (1966) は、冬～春にかけて子牛を哺育することが、母牛の体重に悪い影響を及ぼすことを次のように報告している。

	Canoona 地方			Malchi 地方		
	Ave. weight		Ave	Ave. weight		Ave
	4 th June 1963	12 th Sep. 1963	Liveweight Change	15 th May 1964	24 th Augu- st 1964	Weight Change
早期離乳雌牛	373.7 Kg	348.9 Kg	-24.8 Kg	385.6 Kg	390.0 Kg	4.4 Kg
後期離乳雌牛	387.2	323.8	-63.4	392.8	370.9	-21.9

③ Culling non-pregnant cow on the basis of pregnancy diagnosis

繁殖形質の遺伝率は低く、品種間における選抜淘汰による遺伝的改良は見込みが限られているが、Rich (1975) は、繁殖性が反復することを、その報告の中で次のように示している。

Ten - years summary of calving % in 1628 heifers bred first to calve at twoyears of age

	Calving % in 10 years
Pregnant as yearling	85
Open after first breeding season	55

表型選抜により繁殖性の高い雌牛が選抜できることをこの報告は物語っている。交配期間終了後の妊娠診断により妊娠していない未経産牛および経産牛を乾燥シーズンの来る前に淘汰すれば、繁殖雌牛群の表型繁殖性が向上し、乾燥期間の限られた牧草の効率的利用もはかれる。

6. クイーンズランド中部の或る農家で牛群の繁殖性を高めるために採られている対策とその成果

Rockhampton から南に 70 Km の Jambin にある肉牛農家 "Mt, Eugene" は、夏は暑く、冬は温暖な典型的な亜熱帯地域に位置し、平均年間降雨量 674 ± 135 mm の約 70% が 11 月～4 月の夏の季節にかたよって降る。

繁殖に用いられている土地は、2,875 ha の草の多いユーカリ樹の粗林地帯で主要な野草は *Heteropogon* SPP、(Spear grass)、*Bothriochloa* SPP、(Blue grass)、*Dicanthium* SPP、(Queensland blue) である。この野草地は 1 ブリーディングユニット (繁殖雌牛 + 子牛) につき、3.8～4.3 ha の割合で放牧に使用されている。一方、繁殖雌牛群の入れ替え用に選抜された若雌牛は *Panicum maximum* var *trichoglume*、(green panic) 牧草地 (改良草地) に離乳 (約 6 ヶ月令) から約 15 ヶ月令で繁殖群に加わるまで放牧されている。

繁殖牛群の交配は、10 月から 2 月の未までに行なわれており、子牛は 8 月から 12 月にかけて生まれている。子牛の離乳と妊娠診断は、毎年 4 月或いは 5 月の下旬に行なわれ不受胎牛、受胎していても子牛をつれていない雌牛および同期牛に較べて body condition の貧弱な雌牛は年令にかかわらず淘汰の対象となっている。

この牧場の牛群は *Vibriosis*、*Trichomoniasis* および *Brucellosis* の検査を

うけており、これら繁殖上の疾病から free であることが判明しており、Leptospira pomoua と L. tarassovi に対する保護のためのワクチン接種を毎年行なわれている。

牧場の経営者は15年この方、Brahman cross を主体とした輪換交雑方式による肉牛生産を行っており、増体量の高い雄牛を種雄牛として用い、体重の重い若雌牛を繁殖雌牛群の入れ替え用として選抜し、120～180頭の雌牛に4～6頭の雄牛の割合で交配を行い、高い繁殖性を維持するために不妊牛および子牛をつれていない雌牛の淘汰は容赦なく行なっている。この牧場の繁殖雌牛群は大きく分けて次の3つの遺伝子型に分類される。

- I Brahman の血液を  $7/8$  或いはこれ以上含んだ雄牛と  $1/2$  Brahman  $\cdot$   $1/2$  Hereford 雌牛との交配による Brahman back cross ( $B^6 H^2$ )。
- II Brahman 雄牛を Hereford の血液を多く含む雌牛に交配した一代雑種。或いは Hereford 雄牛を Brahman back cross 雌牛に交配して得た一代雑種 ( $H^5 B^3$ )。
- III  $1/2$  Brahman  $\cdot$   $1/2$  Hereford 雌牛に Santa Gertrudis 雄牛を交配して得た雌牛 ( $SG^4 B^2 H^2$ )。

Mt. Eugene の繁殖牛群の1970年から1975年までの妊娠診断データの分析の結果では、交配シーズンに先立つ草地のコンディションが異常気象により悪かった年では受胎率が低く、特に  $B^6 H^2$  と  $SG^4 B^2 H^2$  が低栄養水準による影響を強くうけており、また2才令泌乳牛の妊娠率は最も低く、しかもおくらせて受胎する傾向にあった。 $H^5 B^3$  雌牛は  $B^6 H^2$  および  $SG^4 B^2 H^2$  雌牛より早目に受胎し、しかも妊娠率は一貫して高く、又  $H^5 B^3$  雌牛の年齢グループの間の妊娠率の差は少なかったが、 $B^6 H^2$  と  $SG^4 B^2 H^2$  雌牛では2才泌乳グループで有意に低く、次いで年齢とともに高くなっており、一方体重の重い雌牛は交配シーズンの早い内に受胎する確率が高いことが示された。

これらの遺伝子型のうち、繁殖性の高い  $H^5 B^3$  雌牛と比較的低い  $B^6 H^2$  雌牛の1970年から1976年までの妊娠診断データの分析では、主要因との交互作用 (year  $\times$  cow age、year  $\times$  genotype、cow age  $\times$  genotype) が妊娠率に対して有意の効果を及ぼしていた。

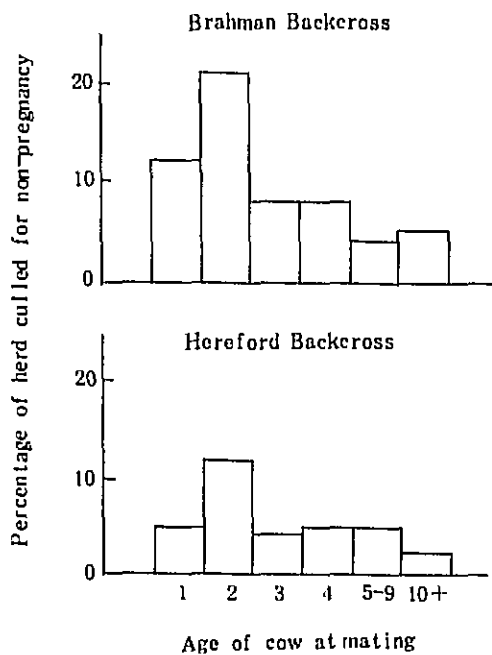
	$H^5 B^3$		$B^6 H^2$	
	No	% pregnant	No	% pregnant
1 - year maiden	421	85.3	308	71.1
2 - year lactating	350	86.5	266	66.8
3 - year lactating	355	89.1	236	81.9
4 - year lactating	270	93.5	216	89.6
5 - 9 year lactating	656	93.7	712	93.7
10-15 year lactating	179	98.2	105	86.5
All ages	2,231	91.0	1,843	81.6

遺伝子型別年齢別妊娠率の最小二乗平均値は、前の表に示すとおりであり、遺伝子型間の差は2才令泌乳牛グループで最大で、次いで1才令未経産牛であった。2つの遺伝子型間の差は10～15才令グループでもう1度現われている。

2つの遺伝子型における性成熟の差は、1才令未経産グループの妊娠率の差に反映されている。2才令泌乳グループでの差は恐らく2つの要因の組み合わせ効果によるものと考えられる。繁殖性の低い遺伝子型雌牛は繁殖性の高い遺伝子型雌牛より交配シーズンの遅くに受胎する傾向があり、それだけ受胎する機会が少なく、加えて2才令泌乳牛は泌乳ストレスに対して敏感であるとされている。

年齢グループ間の差が一様でないことは、不妊雌牛や子牛をつれていない妊娠牛が全て淘汰されたことによる表型選抜の効果を反映していると考えられる。これらのデータは分娩の反復性が表型的に繁殖性の高い牛群を得るために不妊雌牛を淘汰することの根拠となるに十分高いことを物語っている。 $B^6 H^2$  雌牛の10～15才令泌乳グループの妊娠率が下がっていることの原因は不明である。

次図は1968年から1974年において不妊の理由で淘汰された雌牛の年齢別淘汰率を表わしている。不妊による淘汰が雌牛の繁殖ライフの初めの2年間に特に多いことが、この表により明らかである。1才令未経産牛と2才令泌乳牛の淘汰頭数は $B^6 H^2$  雌牛で33%、 $H^5 B^3$  雌牛で17%であった。それ以



降の年齢グループでの不妊に基づく淘汰率はかなり低く、2つの遺伝子型の中の差も少なかった。これらの2つの遺伝子型の母集団は繁殖性について異なるから不妊牛の淘汰によって表型的に似通ったことになる。このシステムによる経営は、15年このかた成功裡に行なわれてきており、交配雌牛の平均82%が子牛を無事離乳している。

泌乳ストレスは成熟雌牛以上に未熟雌牛に影響を及ぼす。それ故、Mt.Engeneでの選抜は

繁殖性に影響を与え、遺伝的に互いに独立な2つの形質、すなわち(a)繁殖性が低い、或いは性成熟が遅い1才令未経産牛と(b)泌乳ストレスに対して敏感な2才令泌乳牛に対して働きかけているものと考えられている。しかしながら、これらの雌牛は繁殖についてすでに強度の選抜をうけてきた母牛の後代である事実にもかかわらず、毎年高い率で1才令および2才令の若雌牛を淘汰していることは選抜によって得られる遺伝的改良量はゼロか或いはほんのわずかであることを示唆している。しかし、表型的にしる繁殖性が高まることは経済的に有利であることは言をまたない。



## REFERENCE

- 1) Donaldson, L.E. (1962).- Aust. Vet. J., 38:447
- 2) Donaldson, L.E., Ritson, J.B. and Copeman, D.B., (1967).- Aust. Vet. J., 43:1
- 3) Lamond, D.R. (1969).- Aust. Vet. J., 45:50
- 4) Rankine, G. (1968).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 7:138
- 5) Hassall, A.C., and Donaldson, L.E. (1968).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 7:133
- 6) Woolcock, B.A. (1975).- "Reproductive Wastage in Beef Cattle" (未発表)
- 7) Osborne, H.G. (1960).- Aust. Vet. J., 36:164
- 8) Rudder, T.H., Seifert, G.W. and Lapworth, J.W. (1974).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 10:33
- 9) Rudder, T.H., Seifert, G.W. and Maynard, P.F. (1976).- Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 16:623
- 10) Plasto (1968).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 7:177
- 11) Barr, N.C.E. (1971).- "Reproduction in Queensland Beef Cattle"
- 12) Rudder, T.H. and Seifert, G. W. (1972).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 9:153.
- 13) Bewg. et. al. (1969).- Q'ld. J. Agric. Anim. Sci. 26:629
- 14) Plasto and Strachan (1970).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 8:400
- 15) Wirlss (1976).- "Cattle and Ranch Management in Tropics"
- 16) 'tMannetje, L. and Coates, D.B. (1976).- Aust. Soc. Anim. Prod. 11:257
- 17) Winks (1976).- "Cattle and Ranch Management in Tropics."
- 18) Siebert. et.al. (1976).- Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 11:249.
- 19) Andrews, L.G. (1972).- Aust. Vet. J. 48:41
- 20) Arije, G.F. and Wiltbank, J.N. (1971).- J. Anim. Sci. 33:401
- 21) Crichton, J.A., Aitken, J.N. and Boyne, A.W. (1959).- Anim. Prod. 1:145
- 22) Sorensen, A.M., et.al. (1959).- Cornell Univ, Bulletin 936.
- 23) Wiltbank, J.N., et.al. (1966).- J. Anim. Sci. 25:744.
- 24) Wiltbank, J.N., et.al. (1970).- J. Anim. Sci. 29:602.
- 25) Wiltbank, J.N., et.al. (1962).- J. Anim. Sci. 21:219.
- 26) Dunn, T..G, et.al. (1970).- J. Anim. Sci. 29:719
- 27) Lamming, G.E. (1966).- Nutrition Abstracts & Reviews 36:1
- 28) McClure (1968).- Aust. Vet. J. 44:134

- 29) Howland, et.al. (1966).- J. Anim. Sci. 25:716
- 30) McClure (1968).- Br. Vet. J., 124:126
- 31) Oxenreider, S.L. and Wagner, W.C. (1971).- J. Anim. Sci. 33:1026
- 32) Edey. et.al. (1971).- Aust. J. Agric. Res. 22:963
- 33) Seibert and Field (1975).- Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15:12
- 34) Seibert, et.al. (1976).- Proc. Aust. Soci. Anim. Prod. 11:249
- 35) Little (1975).- Aust. J. Agric. Anim. Husb. 15:25

