

氏 名(本籍) 及 川 卓 郎

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 357 号

学位授与年月日 平 成 元 年 2 月 9 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 沖縄の黒毛和種集団の改良方法に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 水間 豊 教授 星野 忠彦

助教授 山岸 敏宏

論文内容要旨

肉用牛生産を取り巻く内外の環境は益々厳しくなる状況にあり、現在ほど肉用牛生産の効率化を必要としている時はない。長期的視点に立って考えた場合、最も飼養効率に及ぼす影響が大きいものは、遺伝的能力の高い家畜を飼養することによるコスト低減効果と高付加価値化である。一方、肉用牛生産地帯は、伝統的な中国地方5県から南九州、東北地方へと移動し、全国的な飼養構造の変革は着実に進んでいる。このような状況を反映し、沖縄の肉用牛生産は生産頭数、生産額共に大きい伸びを示し、県内地場産業としての地位を固めるとともに、南九州肉用牛生産地帯の一翼を担うまでに発展してきた。ところで、沖縄の育種改良事業は1982年から開始されている。しかし、沖縄の島嶼性および亜熱帯気候といった特異な環境条件、また敗戦、米軍統治、本土復帰といった他に例をみない歴史的経緯により、遺伝的改良に関する基礎的資料、試験研究等の蓄積は極めて少なく、本県の改良事業を進める上で大きな障害となっている。特に、育種改良を行なうために必要な基礎的情報、例えば黒毛和種集団成立に係わる経緯、島嶼集団の特徴、亜熱帯における産肉能力等について不明な点が多い。そこで、本研究では上記の点について明らかにすると共に、肉用牛の育種改良を進める上で検討すべき種々の問題点、つまりフィールド検定の可能性とその方法論、島嶼集団に最適な育種システムと現行システムの改善点等について明らかにし、改良方法を提起することを目的に研究を行なった。

1. 黒毛和種飼養の経過

現在の黒毛和種集団の成立過程について明らかにするために、雌牛の導入経過、品種の変遷および飼養基盤について検討した。その結果、沖縄の肉用牛飼養の特徴は次の2点にあるといえる。第一は地理上の特徴で、沖縄の黒毛和種集団は島嶼集団から成っているという点である。この島嶼集団にみられる地域性は、具体的に、その飼料基盤、飼養形態においてみられた。つまり、八重山地域や沖縄本島北部地域では草地開発が進み、放牧による飼養形態が一般的であった。第二は、戦後の歴史的経過に起因した特徴である。つまり、沖縄の肉用牛は第2次世界大戦によって壊滅したため、戦後の肉用牛集団は、戦前の集団と関係のないものになっている。戦後の肉用牛飼養の変遷は、次の3期に分けることができた。第1期は1945年から1970年までの量的復興期、2期は以後1982年までの黒毛和種増殖期、3期は1982年以後現在までの遺伝的改良開始期である。また、雌牛の導入経過についてみると、1974年以前には導入牛の産地は多岐にわたっていたが、県外からの導入を再開した1980年以降になると地域ごとに特定の産地から導入する傾向が顕著となった。このような飼養経過をたどった要因は、沖縄が遺伝的改良における最後発地帯であり、地域ごとの増殖を第一の目的としたためと考えられる。

2. 黒毛和種能力の推移と実態

第1章で考察された黒毛和種集団成立の経緯を踏まえ、現集団の産肉、成長および繁殖能力の推移と地域間差異について分析を行なった。直接検定牛の能力では、1日平均増体量に明確な改良傾向はみられなかったが、DCP要求率およびTDN要求率では、やや高い改良傾向がみられた。間接検定種雄牛の産肉能力では、1日増体量、ロース芯面積、格付等級および脂肪交雜

評点などの形質において明確な改良傾向はみられなかった。しかし、検定においてみられた産肉能力の高い種雄牛を有効に利用すれば、改良効果は期待できるものと考えられた。次に、集団育種基礎雌牛、共進会出場牛および登録雌牛の体尺測定部位について比較した結果、体高および体長における改良傾向は顕著であったが、反面、胸囲や体重の増加傾向は近年頭打ちになる傾向にあった。また、地域間で比較すると、体型で優れているのは宮古地域で、逆に劣るのは八重山地域であった。一方、伊江村和牛改良組合における雌牛の体型および繁殖形質の推移についてみた結果、体型審査得点、体高、初産日齢および分娩間隔において顕著な改良傾向がみられた。最後に、子牛市場価格および枝肉市場価格形成要因について径路分析を行なった結果、子牛価格には子牛体重が、枝肉価格には格付等級がそれぞれ最も影響していた(図1)。また、肥育経営を安定させるには、730g以上の1日増体量が必要であることが明らかとなった。

3. 黒毛和種の能力に関する遺伝的分析

第2章で検討した種々の形質の内、産肉性などの形質を改良する上で考慮すべき種々の問題点について分析した。子牛体重記録から牛群とみなすべき集団について分散分析を行なった結果、全分散に占める割合は農家の効果が最も大きく27%、次いで地域の効果の11%、種雄牛の効果10%、地区の効果1%の順であった(表1)。ゆえに、1農家集団を1牛群とみなすことが、最も妥当であるとの結論を得た。子牛体重および日齢体重の遺伝率は、いずれも0.30と中位の遺伝率が推定された。したがって、子牛の増体性に関する遺伝的改良は、フィールドデータを使用して充分可能であると考えられる。次に、枝肉格付成績の内、格付等級などのカテゴリ形質に対するスコア化について検討した。その結果、等間隔(無変換)スコアはSnellのOSP法に比較して精度、偏りにおいてなんら劣る所がみられず(表2)、分析上の問題とならないことが明らかとなった。屠肉形質に及ぼす要因の内、種雄牛の効果は脂質色沢を除くすべての形質で有意となり、フィールド検定の有効性が示唆された。肥育地の効果は、枝肉重量、DCG(1日枝肉生産量)、脂質色沢で有意性がみられ、増体性に関する飼養地間差の大きいことが示唆された。また、遺伝と環境の交互作用について分析した結果、同期牛群(肥育地一年次)の効果を使うことにより、交互作用は避けられることが明らかとなった。枝肉重量、DCG、ロース芯面積、格付等級、脂肪交雑の遺伝率は、それぞれ0.21、0.20、0.31、0.26、0.38と推定された。増体性に関する形質間または肉質に関する形質間の遺伝相関係数は一般に正で、高かった。しかし、増体形質と肉質形質間の遺伝相関係数は、負の中位の値に推定された。

4. 黒毛和種集団の繁殖構造の解析

第1章で検討した黒毛和種集団成立の経緯について、繁殖構造の面から解析した。まず、種雄牛の導入の実態について調べた結果、導入初期には、種雄牛の導入県は多岐にわたり、様々な集団の種雄牛が導入されていた。しかし、中期以降になると、各地域ごとに異なる産地から導入される傾向がみられた。つまり、宮古地域では広島県、島尻地域では岡山県、八重山地域では島根県と岡山県産の種雄牛が多数を占めた。次に、伊江島における導入の経過を3期に分

け、その推移について検討した。その結果、1期(1969-1973)には集団分化指数が高く、複数の分集団からなるモザイク状の集団であることが明らかとなった。第2期(1974-1978)に入ると特定の種雄牛に供用が集中し、平均血縁係数は高い値を示した。また3期(1979-1982)でも血縁係数は高く、2期と同様に近交を回避するような交配が積極的に行われていたことが示唆された(表3)。第3期の血縁係数の上昇は、2期の場合と異なり、広島県産の種雄牛の供用が多いためであった。沖縄の黒毛和種集団の有効な大きさは、初期に小さく、中期には48頭に増加したが、そのあと後期になると23頭まで減少した。このような減少傾向は、基幹種雄牛の選択的供用が年々強まった結果、起きたものと推察された。次に、集団育種基礎雌牛集団の繁殖構造を地域ごとに分析した。各集団の平均血縁係数は一般的に高く、いずれの地域においても近交を回避するような交配が行われていた。この中で、石垣島集団の平均血縁係数は最も高く、近交係数、カレントインブリーディングも他の地域に比べ高かった。また、地域集団間の平均血縁係数とF統計値の分析結果から、石垣島と供給公社の集団、伊江島と宮古島の集団は血縁的に近い関係にあった(表4)。以上の結果から、各島嶼集団は、遺伝的に分化する傾向にあることが明らかとなった。

5. フィールドデータによる種雄牛評価とその応用

第2および第3章で分析した黒毛和種集団の実態を基礎に、育種システムに組込むべきフィールド検定の可能性について、理論および実証面から検討した。まず、理論面から検討した結果、サブクラスの充足率が100%のつり合い型データの推定精度は、つり合い型データと同じであること、サブクラスの欠損率が高まると誤差分散は増加し、育種価の推定精度は低下すること(図2, 3)、相関型欠損パターンの育種価推定精度は無作為欠損パターンに匹敵する精度をもつこと、非無作為欠損パターンの中では正および負の相関型欠損パターンにおける推定精度が優れていたこと等である。次に、フィールド検定を行なうための評価手法について検討した。その結果、評価値の正確度で劣る同群比較法を除く、単形質BLUP(最良線形不偏予測量)諸法間に正確度の大きな差はなく、計算コストの低いBLUP-I法(血縁関係を考慮しないBLUP法)が実用上有利であると考えられる(表5)。一方、複数形質BLUP法は、共分散推定値により左右されるため、その適用には慎重を要すると考えられる(図4)。次に、実証的分析として、フィールド検定結果と間接検定成績を比較した。その結果、増体性に関する形質では、両法間の差異は少なかったが、ロース芯面積や肉質に関する形質では差異がみられた。屠肉形質(枝肉重量、DCG、ロース芯面積、格付等級、脂肪交雑)の遺伝的すう勢をみると、全ての対象形質で増加する傾向がみられた。一方、環境要因の年次推移について調べた結果、脂肪交雑および格付等級では終始、低下し、その他の形質には変化はみられなかった。次に、各地域の遺伝的改良傾向を比較すると、伊江島および国頭地域では増体性よりも肉質の改良を重視する傾向が、逆に宮古島および石垣島では増体性を重視する傾向がみられた。したがって、各地域の改良傾向は、沖縄本島に近い地域の肉質重視型と離島地域の増体性重視型の2つの型に分類された。

6. 沖縄の黒毛和種集団における育種システムの検討

以上の現状分析およびフィールド検定手法の検討を基礎に、シミュレーション実験を用いて、最適な育種システムについて検討した。まず、島嶼集団にアイランドモデルを仮定した時の種雄牛の供用方法について比較すると、種雄牛の傾斜供用（育種価の高い種雄牛を重点的に供用する方法）は、平均的供用に比較してやや高い改良効果を示した（表6）。一方、傾斜供用における近交係数は平均的供用に比べ高いため、近交退化の起しやすい形質ではこの改良効果は相殺される可能性がある。アイランドモデルにおける分集団内選抜と全集団選抜の改良効果について比較すると、全集団選抜の累積改良量は高く、全集団を単一集団とみなした育種システムが改良効率上有利であった（図5）。また、全集団選抜は近交係数の面でも有利であった。そこで、全集団を単一集団とみなした場合の育種システムをもとに、現在沖縄県で進められている集団育種推進事業に検討を加えた。その結果、現行の育種システムでは増体性の改良はかなり期待できるものの、肉質の改良はほとんど進まないことが明らかとなった。肉質の改良量を高めるには、間接検定牛頭数を増やすことが有効であるが（図6）、経済的負担の増大が懸念される。そこで、フィールド検定の利用について検討すると、肉質の改良には現場半兄弟検定の改良効果が現場後代検定に比べ高く、有効であることが明らかになった（図7）。最後に、新技術を応用した場合の育種システムとして、超音波による肉質判定技術、ET（受精卵移植）法の利用、凍結卵保存技術の利用について検討した。最も高い改良効率を示したのは、ET法を利用した育種システムで、超音波を利用した育種システムがこれに次ぐ改良量を示した。

これまでの現状分析および理論分析を総合し、改良効率の高い新システム（図8）について現行の集団育種推進事業システム（図9）と比較検討した。その結果、現行の集団育種推進事業による育種システムには、改良効率、改良の正確度における問題点が多く、システム全体の見直しが必要と考えられる。そこで、現段階で最も実現性が高い新システムについて検討した結果、直接検定時にフィールド半兄弟検定を組込んだものが、改良効率の上から有利であると考えられた。また、このシステムは、種雄牛の世代間隔を短縮できることから、年当たりの改良量が増える点でも優れている。次の段階には、上記の育種システムに超音波肉質判定法を組合せたものが考えられるが、この場合判定精度の向上が課題である。第3段階の育種システムは、ET法を利用した育種システムである。この育種システムの実現には、安定したET法の確立が前提となるが、現在の技術進歩の早さを考えると、遠くない将来に実現可能になるものと推察される。最後に、フィールド検定のための正確なデータ集積システム、中核育種集団の整備、ゼブー牛等の新たな遺伝子資源の導入を今後の課題として挙げた。

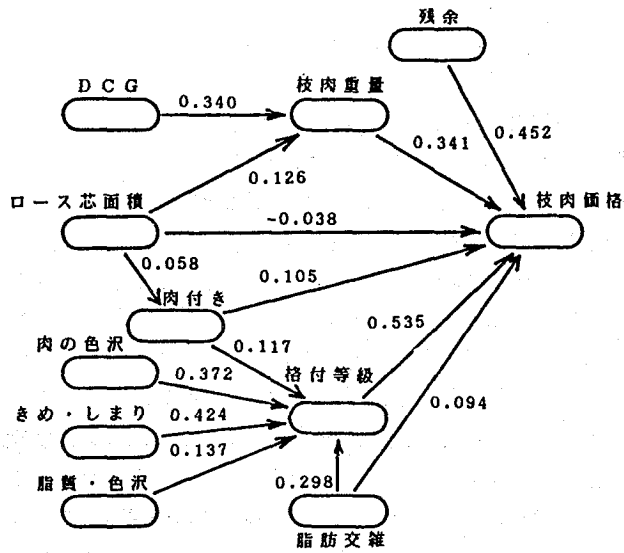


図1. 枝肉価格に関する経路係数

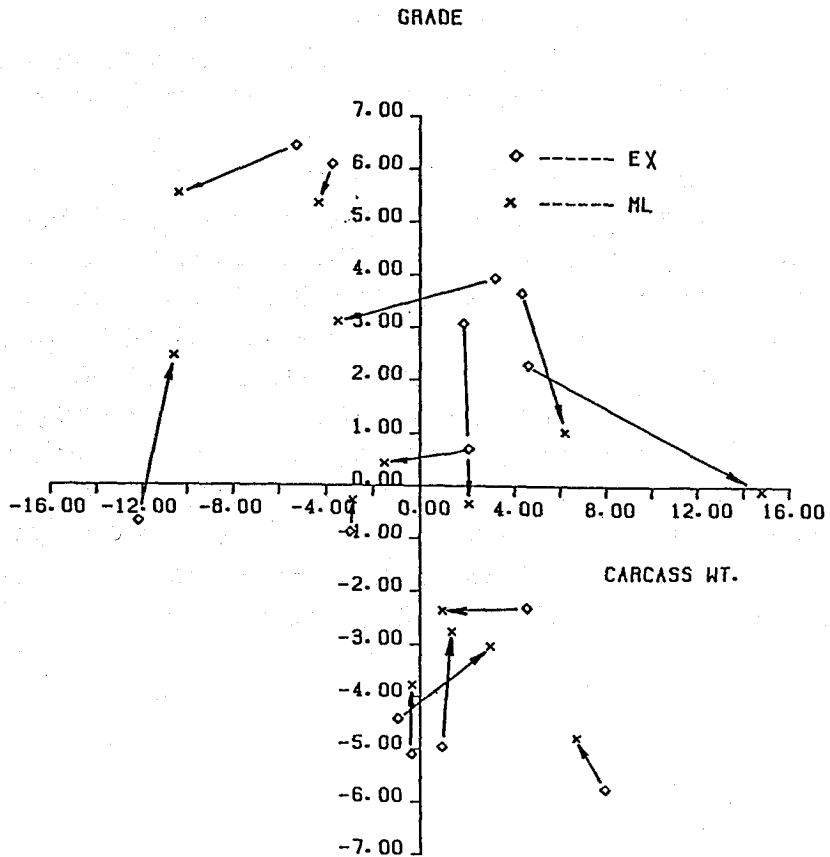


図4. 格付等級における単形質BLUP値(血縁関係を考慮した): EXと複数形質BLUP値: ML間の比較.

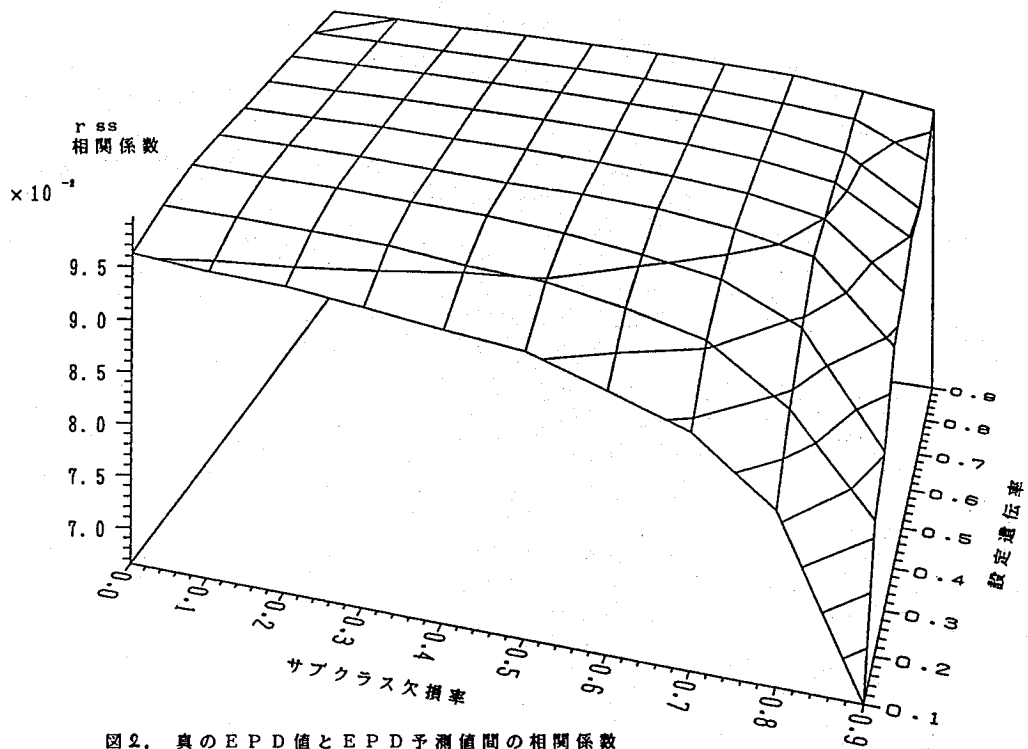


図2. 真のEPD値とEPD予測値間の相関係数

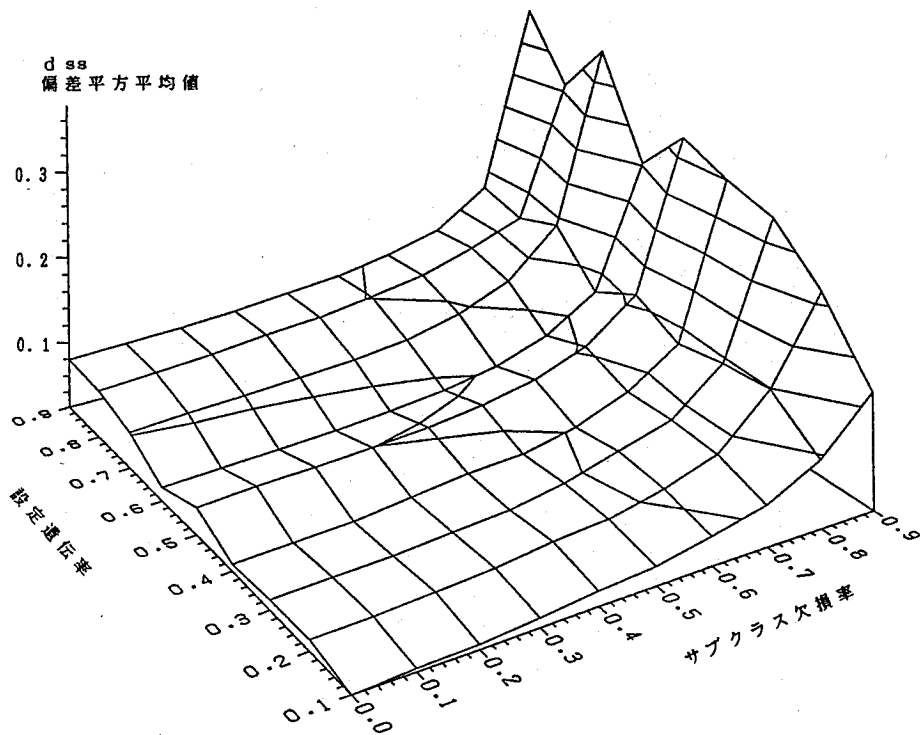


図3. EPD値における偏差平方平均値

B の遺伝的改良量

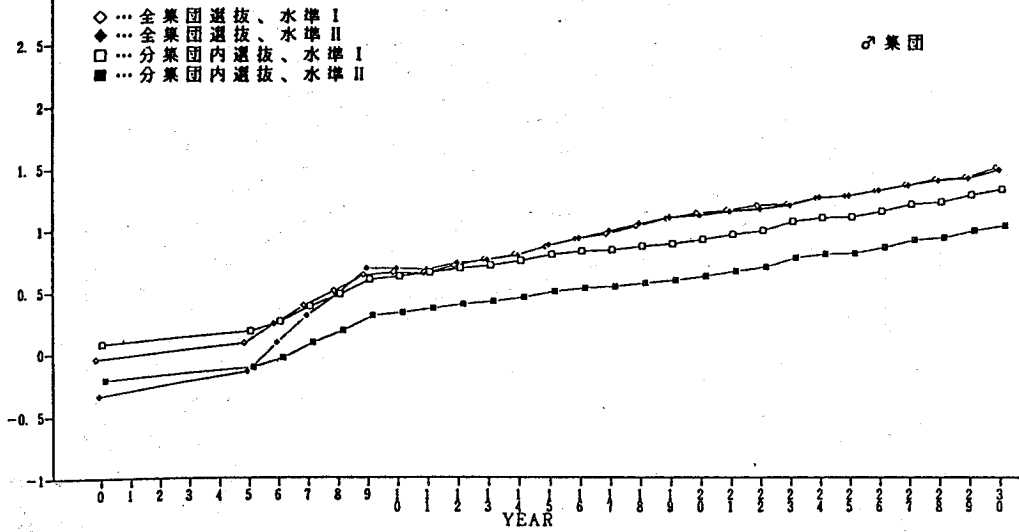


図5. 雄集団の形質Bに対する選抜方法の影響

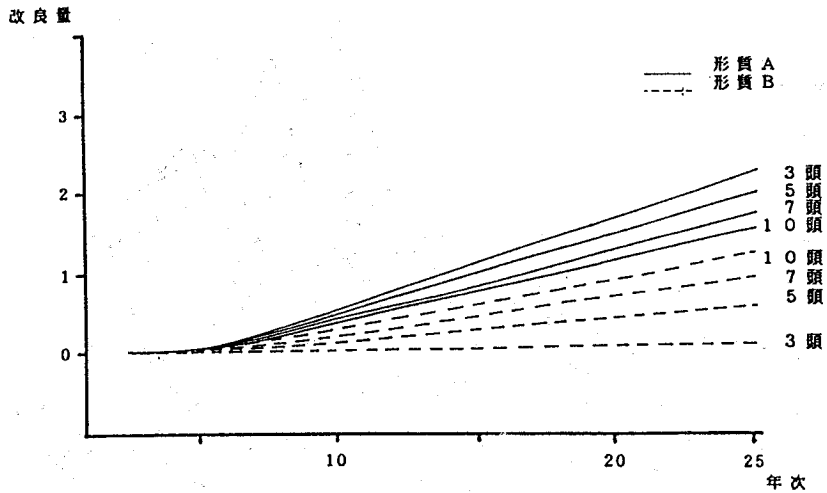


図6. 累積改良量に対する間接検定牛頭数の影響
注)
a)改良量は表型標準偏差単位で表した。

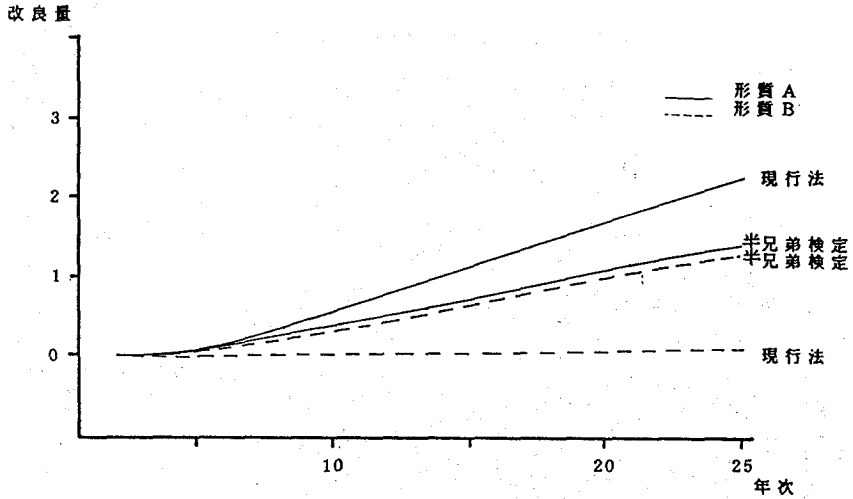


図7. 現場半兄弟検定を用いた時の累積改良量
注) a) 改良量は表型標準偏差単位で表した。

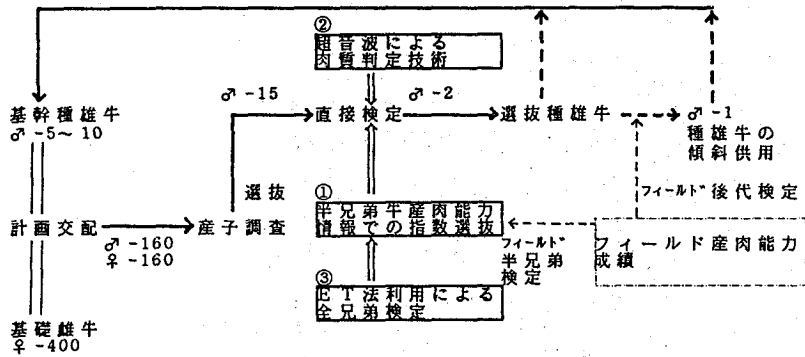


図8. 新育種システムの概略図

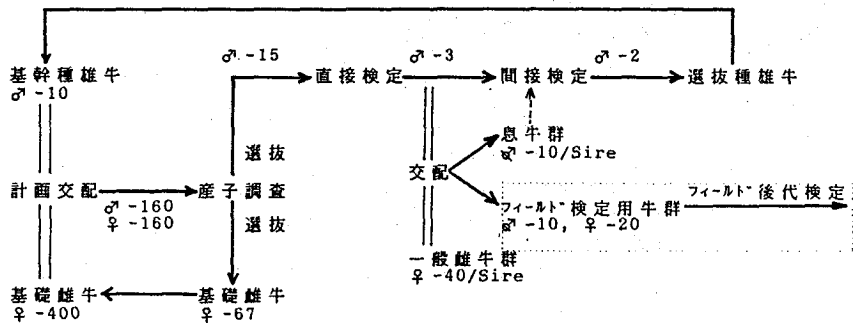


図9. 沖縄で現在行われている育種システム

表1. 子牛市場成績における分散分析結果

	船越	船区	農家	種雄牛	調差	合計
体重 (Kg)	153.42 10.6%	15.02 1.0%	385.88 26.6%	143.20 9.9%	754.83 52.0%	1452.35 100.0%
A D G (g)	1493.20 10.7%	128.10 0.9%	3661.49 26.3%	1263.78 9.1%	7359.75 52.9%	13906.32 100.0%
価格 (千円)	259.77 7.5%	23.41 0.7%	733.18 21.1%	303.75 8.7%	2158.59 62.1%	3478.70 100.0%
1日増価額 (円)	2762.44 7.9%	209.70 0.6%	7266.87 20.9%	2907.65 8.3%	21702.22 62.3%	34848.87 100.0%
k g 単価 (円)	1452.29 5.0%	75.07 0.3%	3364.10 11.6%	1779.93 6.2%	22216.71 76.9%	28888.10 100.0%

注)

- a) 各形質の2行目は分散全体における割合を表わす
- b) A D G は1日増体量を表わす
- c) 1日増価額 = 価格 / 日齢
- d) k g 単価 = 価格 / 体重

表2. E P D 値の平均予測誤差分散推定値 (Mean PEV)

コード 変換法	格付等級	脂肪交雑 評点
無変換	14.15	15.62
対数変換	23.42	20.26
平方根変換	18.37	18.34
O S P 法	16.52	18.67

注)

- P E V = Prediction Error Variance
- O S P 法 = Objective Scoring Procedure
- E P D = Expected Progeny Difference

表3. 伊江島集団における1, 2および3期、相互間における血縁係数(%)

期間	1期	2期	3期
1期	3.40 ± 6.94	2.25 ± 4.15	1.78 ± 3.40
2期		8.34 ± 11.2	3.99 ± 6.36
3期			7.63 ± 9.06
全集団	4.72 ± 7.84		

注)

- a) 平均血縁係数は、考えられるすべての組合せの20%について計算した。
- b) 1期、2期および3期は、それぞれ1969-1973, 1974-1978 および 1979-1982 である。

表 4. 集団育種基礎雌牛集団における血縁係数 (%)

地域	伊江島	宮古島	石垣島	供給公社
伊江島	13.1± 8.99 (471)	6.00± 4.92 (2471)	0.43± 0.99 (923)	4.00± 7.52 (1393)
宮古島		9.44± 10.6 (3185)	0.38± 0.76 (2471)	2.05± 3.60 (3631)
石垣島			14.9± 8.83 (471)	8.49± 9.59 (1393)
供給公社				6.52± 9.53 (1006)
全集団	5.14± 7.93 (17598)			

注)

a)括弧内は血縁係数を計算した組合せ数

表 5. 格付等級における順位相関係数と積率相関係数.

評価法	同群比較法	BLUP-I	BLUP-HA	BLUP-EX	MT-BLUP
同群比較法		0.767	0.767	0.754	0.815
BLUP-I	0.588		1.000	0.996	0.890
BLUP-HA	0.603	0.996		0.996	0.890
BLUP-EX	0.598	0.997	0.999		0.903
MT-BLUP	0.526	0.903	0.900	0.904	

注:

- a)対角より右上は、Spearmanの順位相関係数、左下は積率相関係数。
 b)BLUP-I, BLUP-HA, BLUP-EX は、それぞれG行列を単位行列を含む、Hendersonの直接法による分子血縁行列の逆行列を含む、正式な分子血縁行列の逆行列を含む BLUP法を表わす。
 c)MT-BLUPは、複数形質のBLUP法を表わす。

表6. 種雄牛の供用方法に関する選抜実験の最小2乗恒数(±標準誤差)

雄集団	例数	形質Aの 遺伝的改良量	形質Bの 遺伝的改良量	近交係数 (%)
集団平均	4320	-0.314±0.004	1.443±0.005	2.46±0.02
対象区	2160	0.025±0.004	-0.020±0.005	-0.51±0.02
傾斜供用	2160	-0.025±0.004	0.020±0.005	0.51±0.02
遺伝的水準I	1080	0.264±0.007	-0.151±0.008	-0.26±0.04
遺伝的水準II	1080	-0.074±0.007	0.039±0.008	0.13±0.04
遺伝的水準III	1080	0.150±0.007	-0.096±0.008	-0.19±0.04
遺伝的水準IV	1620	-0.339±0.007	0.207±0.008	0.34±0.04
.....				
雌集団				
集団平均	4640	-0.182±0.003	0.664±0.004	2.14±0.01
対象区	2320	0.029±0.003	-0.049±0.004	-0.52±0.01
傾斜供用	2320	-0.029±0.003	0.049±0.004	0.52±0.01
遺伝的水準I	1160	0.144±0.005	-0.046±0.006	-0.12±0.02
遺伝的水準II	1160	-0.041±0.005	0.009±0.006	0.05±0.02
遺伝的水準III	1160	0.082±0.005	-0.043±0.006	-0.06±0.02
遺伝的水準IV	1160	-0.186±0.005	0.080±0.006	0.13±0.02

注)

- a) 遺伝的水準Iは、各系統の平均育種価に差が無い場合、
 IIは各系統間に差のある場合を表し、IIIとIVは、それぞれ
 IIの半分および2倍の差がある場合を表す。
 b) 供用方法の内、対象区とは種雄牛の平等供用を示す。

審査結果の要旨

沖縄県の黒毛和種集団は、戦後本土各県から導入され、増殖されたものよりなり、現在4万頭が飼養されるようになった。しかし、現在まで育種改良に関する研究は殆どなされていない。

著者は、はじめに、沖縄の黒毛和種集団の繁殖構造と産肉能力についての現状分析を行い、沖縄の黒毛和種集団は、島嶼集団ごとに遺伝的に分化する傾向にあること、また、増体能力の遺伝的改良は進んでいるが、肉質に関する改良は必ずしも充分でないことを明らかにした。

そこで、生産現場における資料としての子牛市場の成績および屠畜場における肉質に関する調査成績を用いて、種畜の選抜を行うフィールド検定の可能性について、理論および実証的検討を行った。その結果、子牛体重、枝肉成績などに関する遺伝的な分析が充分可能なことを見出すとともに、現場のデータの欠損の状況が種牛の育種価の推定にどのような影響を与えるかを明確にした。そして、フィールド検定において、データの欠損が避けられないとしても、相関型欠損パターンになるように、種雄牛の供用期間および牛群の配置を考慮する必要性を提案している。

次に、以上の結果を基礎に、沖縄における黒毛和種集団の育種システムについて、シミュレーションを用いて検討した。各島嶼集団が分化していることから、アイランドモデル集団における改良効果を試算した。その結果、各島嶼集団を合わせて一つの集団とする全集団による選抜が、島嶼集団ごとの選抜よりも、すぐれた改良結果をもたらすことを明らかとした。

さらに、これらの結果をもとに、沖縄の黒毛和種集団を単一集団モデルにあてはめて、その育種システムの効果を詳細に検討した。その結果、現在沖縄で行政主導型で行われている集団育種事業では、増体性の改良は進むものの、肉質の改良は殆ど進まないこと、増体性の改良と肉質の改良を同時に高めるには、フィールド検定方法を集団育種事業に加えることが必要なことを明らかにした。また、新技術としての超音波による肉質判定法、受精卵移植技術の利用がより高い改良効果を実現する上で、必要なことを明確にしている。

これらの研究成果は、単に、沖縄の黒毛和種集団の改良方法に対し、新しい展望を開いたばかりでなく、本土の各県で行われている黒毛和種の育種システムに対しても、大きな示唆を与えるものである。よって、審査員一同は、著者に農学博士の学位を授与するのが適当と判定した。