

論文内容要旨

わが国の肉牛産業は、国際化時代を迎えて競争力のある生産性が一層要求されている。しかし現状では肉用牛繁殖経営は不安定であり、効率的な子牛生産技術の確立が急がれている。従来この分野では、繁殖牛の飼養管理を前提とした繁殖サイクルについての体系的研究はほとんどみられなかった。そこで本研究では、肉用牛の繁殖技術の中で不足していた連産性の向上を長期的目標とし、短期的には子牛生産性の向上に焦点をあて、生涯生産性を高めることを前提とした実用的技術の確立をめざした。

本研究で得られた成果の概要は以下のとおりである。

1. 黒毛和種における分娩後の繁殖機能回復と受胎促進

通年の飼養管理体系を夏期放牧、冬期舎飼とする黒毛和種を供試牛とし、分娩後の繁殖機能回復に及ぼす飼養管理上の要因および受胎促進のための人為的処置を検討した。

分娩前後の栄養水準と繁殖機能回復の関係については、延べ163頭の雌牛を供試し、分娩前後の標準飼養、低栄養飼養、妊娠末期の高栄養飼養の影響を検討した。その結果、標準飼養では、初産牛は経産牛に比べて分娩後の発情回帰が有意に遅延することがわかった。初回発情回帰日数と分娩時体重との間には有意の負の相関が認められ、特に初産牛では繁殖供用開始時および妊娠期の栄養管理の重要性が明示された(表1)。2産以上の経産牛で調べた低栄養飼養では、栄養水準の低下とともに発情回帰の遅延傾向が認められたが分娩後授乳飼料の給与で改善されることが明らかになった。また高栄養飼養では標準飼養に比べてむしろ初回発情、子宮収復とも遅延傾向を認めた。これら諸要因の関係を分析した結果、初回発情回帰については産次の影響が大きく、2～3産の低産次および8産以上の高産次で特に低栄養の影響を受けやすいことが明らかにされた(表2)。

分娩後の繁殖機能および受胎性に及ぼす管理条件の影響については、超早期離乳および運動欠如の影響について検討した。超早期離乳では、黒毛和種25頭を用い分娩後0～8日で母子分離して調べた。その結果、初産を含む低産次牛では初回排卵、初回発情が早期化し、高産次牛(6～10産)ではこれらが斉一化傾向を示すことがわかった。延べ110頭の黒毛和種経産牛で調べた結果では、分娩後の運動欠如により初回発情および子宮収復が有意に遅延することがわかった。また、これらの条件下における受胎性を検討した結果、超早期離乳牛では発情回帰は早まるが受胎性が伴わないこと、運動欠如では受胎性の回復が有意に遅延することがわかった。以上の結果から、産褥期における繁殖牛の管理条件として特に運動の重要性が示唆された(表3)。

LH-RHアナログ投与による肉用牛の発情回帰の早期化と受胎促進効果をしらべるため、黒毛和種22頭を用い分娩後2～3週にLH-RH-Aを投与した結果、 $100\mu\text{g}$ 24時間間隔2回の投与で初回排卵 16.4 ± 0.9 日、初回発情 25.3 ± 3.0 日と斉一な誘起効果が認められ、人為的処置による肉用牛の発情回帰の早期化、斉一化の可能性が示された。

肉用牛の分娩遅延牛における分娩誘起技術を検討するため、プロスタグランジン（PG）F2 α 投与による分娩誘起効果を黒毛和種8頭で処置し、無処置牛24頭と比較した結果、PGF2 α 単用では分娩誘起は起こったが全例胎盤停滞し、分娩後7～13日でようやく自然排出した。一方、PGF2 α とエストラジオール-17 β 併用では正常範囲で胎盤の自然排出がみられ、本処置の応用の可能性が示された。誘起分娩牛の繁殖機能回復については、PGF2 α 単用で初回発情が有意に遅延し、泌乳性の低下がみられた。産子の発育は、PGF2 α 単用で初期発育（7日間）は停滞したが離乳時では正常発育値を示した。一方、PGF2 α とエストラジオール17 β 併用では、初回発情回帰および産子の発育は無処置の自然分娩牛と差がなかった。以上の結果から、PGF2 α による肉用牛の分娩誘起は、薬剤の併用によって実用可能になり得ることが示された。

2. 肉用牛の発情生態による授精適期の把握と授精最適期

肉用牛の発情生態について飼養形態との関連を明らかにし、人工授精適期の把握法を検討した。

肉用牛の飼養形態別の発情行動と排卵時期については、まず群飼養における発情生態を放牧地における30頭規模の牛群で21日間昼夜連続観察で調べた。その結果、主要な性行動の出現と持続時間は雌雄同居群および雌だけの群で異なるが、性行動の終了から排卵までの時間はほぼ一致することから、発情行動の終了を把握することによって排卵時期を推定できることが明らかとなった（表4）。一方、単飼における発情生態は、個別飼養のため性行動は判然としないが、排卵前20～30時間には非発情牛に比べ起立時間が多く能動的行動が観察され、この持続時間帯は、自然交配における交配成立時間帯と一致することが明らかとなった。これら雌牛で血中LHの濃度推移をしらべた結果、LHの上昇起点で発情が開始され、LHが最高値を示す時間帯で発情が最盛期となることを確認した（図1）。この間に自然交配が成立し、単飼では能動的行動が出現していることが明らかになった。

日本短角種未経産牛8頭、黒毛和種経産牛15頭および未経産牛16頭についてPGF2 α 処置による発情調整牛の発情行動と排卵の関係を調べた結果、PGF2 α の2回目処置で発情の斉一化傾向を認めたが、発情行動終了から排卵までの時間には1回目と2回目処置の間に差がないことがわかった。このことから、PGF2 α による発情調整牛においても発情行動終了を把握することによって排卵時期を推定できることが明らかになった。発情牛の血中LH濃度は、無処置の自然発情牛と同様な推移を示した。

FSH投与による過排卵誘起処置で複数個の卵胞成熟が見られた雌牛では、発情行動が自然発情牛に比べて排卵時寄りに持続することから、発情終了から排卵までの時間は短くなることがわかった。単一排卵となった過排卵無効例では、自然交配生態に差がみられなかった。

妊娠初期にPGF2 α を投与して人工流産を誘起したのちの繁殖機能回復をしらべ、本法を応用

した授精試験の可能性を検討した。人工流産処置におけるPGF2αの最小有効量は1回投与で12～15mg, 2回投与で5～6mgであることを明らかにした。流産後の発情出現は胚の排出当日あるいは翌日が多く, また発情と排卵の関係は自然発情時と一致し, 受胎性も正常であった。同一個体で繰り返し人工流産を行っても生理的な異常が見られないことから, 本法によって1頭の供試牛で年間9～10回の授精試験が可能になることを明らかにした。

発情行動終了時に排卵時期を推定して人工授精し, 注入から排卵までの時間と受胎率の関係を133例で検討した結果, 排卵前12時間から5時間までの間に高い受胎率を示す時間帯のあることがわかった。このことから, 従来の報告に比べて排卵時期寄りの時間帯に人工授精の適期があることを明らかにした(図2)。

3. 膈底部電気抵抗測定による牛の早期妊娠診断

肉牛生産の現場で活用可能な早期妊娠診断法として, 牛の膈内深部の電気抵抗測定値による早期妊娠診断の有効性を検討した(図3)。その結果, 膈底部電気抵抗値は発情期と妊娠期の間に有意差($P < 0.01$)が認められること(図4), 不受胎で発情回帰した場合の授精後日数は通常の性周期とほぼ一致し, 19～22日に集中することが明らかとなった。

授精後19～22日に膈底電気抵抗値を測定した113例の野外試験データ(有効データ102例)の分散分析結果から, 野外での診断的活用が可能になったことがわかった。すなわち測定値による妊娠診断の適合率(診断精度)は, 受胎の判定では測定値120以上を妊娠として95.3%が適合し, 125以上とすると99.0%が適合した。一方, 不受胎の判定では110未満を不受胎として100%適合した。以上の結果から, 本法による早期妊娠診断は簡易で精度が高いことから, 野外診断法として十分活用できることが明らかとなった(表5)。

4. 肉用牛における多子生産に関する実証試験

肉用牛における誘起多胎子の作出法の簡易化および効率化を目指し, 数回の分割投与を基本とするFSH剤の処置を1日1回24時間間隔2回に簡易化して黒毛和種41頭, 日本短角種32頭で検討した結果, 黒毛和種では10AU2回で至適排卵量が得られ, 双子産子を得ることに成功した。しかし, 日本短角種では, 卵巣反応が鈍く無発情排卵が多発することがわかった。

PMSG投与の場合は, 黒毛和種で1000IU, 日本短角種で1500～2000IU適量と考えられた。これにより, 日本短角種のマキ牛繁殖地帯で野外実証試験を行った結果, 受胎率100%(10/10頭)多胎率60%で10頭の母牛から18頭の子牛生産が得られ, 本法が効率的多子生産技術となり得ることを実証した(表6)。

マキ牛繁殖と胚移植技術の組合せによる双子生産では, 胚移植時に子宮頸管外口部消毒を行った

結果、移植胚数当たりの着床率向上効果が見いだされた。自然交配後の追い移植によって双子の産子が得られたことにより、胚移植とマキ牛繁殖の組合せによる効率的な双子生産の可能性が実証された。また、優良雌牛の切迫屠殺時に卵巢卵子を採取して体外受精・体外培養・移植を行い、父系・母系の確認された体外受精胚移植による産子を得ることに成功した。

双子および四つ子分娩牛の分娩後の繁殖機能回復について検討した結果、特に双胎妊娠牛の飼養管理法を再検討する必要があると考えられた。また四つ子の多子分娩牛については、子牛の哺育方式を含めて飼養管理技術を再構築する必要があると考えられた。これら多胎産子の哺育方式と初期成長について主として母牛による自然哺育の可能性を検討した結果、双子の自然哺育では別飼料の給与を併行することによって単子と同等の発育を示すことが明らかになった(図5)。また、人工哺育でも同様に標準発育に近い発育が得られた。一方、四つ子の場合、初乳摂取後に2頭を人工哺育する必要があると考えられた。同性雌双子の性成熟は単子の場合と差がなく、初産分娩後の連産性も高く、人為的に誘起された同性雌双子の繁殖機能の正常性が明示された。

以上、本研究は実証試験を通じて、わが国の肉用牛の繁殖技術に不足していた飼養管理を前提とした繁殖性の追求を行った。得られた成果は、肉用種繁殖牛の繁殖効率向上と合理的飼養管理技術の確立に寄与し得るものとする。

表-1 標準飼養における分娩後の初回排卵および
初回発情所要日数と諸要因の単相関

項 目	産歴 区分	初回排卵日数	初回発情日数
受胎時体重	経産	-0.370 ※※	-0.303 ※
	初産	-0.423 ※※	-0.322 ※
分娩時体重	経産	-0.552 ※※	-0.457 ※
	初産	-0.660 ※※	-0.611 ※
妊娠期間増体量	経産	-0.474 ※	-0.333 ※
	初産	-0.573 ※	-0.550 ※
妊娠後期 13 週 増 体 量	経産	-0.074	-0.460 ※※
	初産	-0.540 ※	-0.505 ※
栄養度指数 (分娩時体重/体高)	経産	-0.741 ※※※	-0.727 ※※※
	初産	-0.162	-0.176
産後の体重回復	経産	-0.154	-0.514 ※※
	初産	0.298	0.246
4 週目泌乳量	経産	-0.161	-0.128
	初産	-0.156	-0.633 ※※
哺乳子牛の4週間 日増体量	経産	-0.195	-0.064
	初産	-0.727 ※※※	-0.593 ※
前年の分娩後受胎日数	経産	-0.588 ※※※	-0.514 ※※
	初産	—	—

注 上段は経産 (n=32) 下段は初産 (n=25)。

※ (P < 0.05), ※※ (P < 0.01), ※※※ (P < 0.001)。

表-2 分娩後初回発情, 2回目発情, 交配可能発情, 初回性周期に関する分散分析結果

変動因	頭数	初回発情日数	2回目発情日数	交配可能発情日数	初回性周期
全平均	65	41.1 ± 1.8 ¹⁾	51.7 ± 1.8	46.5 ± 2.0	10.6 ± 0.8
栄養水準 (%)		P = 0.50	P = 0.23	P = 0.24	P < 0.05
130	10	42.0 ± 3.4	56.0 ± 3.4	46.3 ± 3.7	14.2 ± 1.6
100	21	38.3 ± 2.5	48.0 ± 2.5	42.7 ± 2.7	9.8 ± 1.1
85	11	41.6 ± 3.3	51.8 ± 3.3	47.8 ± 3.6	10.2 ± 1.5
70	23	42.6 ± 2.5	50.9 ± 2.5	49.1 ± 2.7	8.3 ± 1.1
増飼給与		P = 0.53	P = 0.22	P = 0.59	P = 0.22
有	48	42.0 ± 1.8	53.5 ± 1.8	47.3 ± 2.0	11.5 ± 0.8
無	17	40.2 ± 2.7	49.9 ± 2.8	45.6 ± 3.0	9.8 ± 1.3
産次		P < 0.05	P < 0.05	P = 0.18	P < 0.10
2	8	33.0 ± 3.9	42.5 ± 4.0	41.4 ± 4.3	9.7 ± 1.8
3	12	37.7 ± 3.0	48.2 ± 3.1	45.1 ± 3.3	10.5 ± 1.4
4	12	36.4 ± 2.8	46.2 ± 2.8	45.2 ± 3.1	9.8 ± 1.3
5	10	32.7 ± 3.4	46.5 ± 3.4	40.0 ± 3.7	13.8 ± 1.6
6	10	40.2 ± 3.2	52.1 ± 3.2	46.0 ± 3.5	11.9 ± 1.5
7	6	40.2 ± 4.1	53.4 ± 4.1	42.7 ± 4.5	13.3 ± 1.9
8	4	31.4 ± 4.8	39.3 ± 4.9	37.3 ± 5.3	7.9 ± 2.2
9	2	45.7 ± 6.6	62.3 ± 6.7	45.8 ± 7.3	16.5 ± 3.0
10	1	72.6 ± 9.9	74.6 ± 10.0	74.7 ± 10.9	2.1 ± 4.5
前回の受胎までの日数 に対する1次回帰		P < 0.05	P = 0.21	P < 0.05	P = 0.10
		-0.167 ± 0.082 ²⁾	-0.105 ± 0.083	-0.184 ± 0.090	0.062 ± 0.038
栄養指数に対する 1次回帰		P < 0.01	P < 0.001	P < 0.001	P < 0.10
		-13.259 ± 4.098	-16.920 ± 4.143	-16.531 ± 4.515	-3.724 ± 1.890

1) 最小自乗平均値士標準誤差。

2) 偏回帰係数士標準誤差。

表-3 分娩後の管理条件と繁殖機能回復日数

項目	管理区分	給与水準		
		130%	100%	70%
子宮収復(日)	拘束	50.0±10.7 ^a	44.0± 6.2 ^c	44.4± 4.5 ^c
	運動	34.1± 5.2 ^b	31.0±10.8 ^b	36.4± 5.2 ^b
初回排卵(日)	拘束	54.0±11.9 ^a	54.7± 8.2	45.0± 7.5 ^b
	運動	39.4±11.1 ^c	31.7± 4.8 ^a	44.7± 7.1 ^b
初回発情(日)	拘束	64.8±15.8 ^a	68.0±18.4	55.5±14.0
	運動	44.3± 9.9 ^c	34.0± 6.6 ^b	53.3±15.0

平均値±標準偏差

拘束区：分娩後昼夜スタンション拘束(各給与水準とも n=17)。

運動区：夜間スタンション，日中パドック自由運動(各給与水準 n=17)。

aとb P<0.01, aとc P<0.05。

表-4 発情生態における主要行動型の発現と排卵との関係

(単位：時間)

管理型態	性別	性 行 動		排 卵 時 期	
		行動型	持続時間	行動開始～排卵	行動終了～排卵
群	自然交配	♂ → ♀	30.5 ± 16.5	46.0 ± 15.5	17.0 ± 4.0
		♀ → ♂	23.0 ± 13.5	39.5 ± 12.0	16.5 ± 3.5
		♂ / ♀	17.0 ± 10.5	30.5 ± 7.0	17.0 ± 2.5
		♀ / ♂	14.0 ± 5.0	33.0 ± 9.0	15.0 ± 3.0
		♂ × ♀	7.0 ± 3.5	27.5 ± 4.0	20.5 ± 3.5
個	雌牛同士	♀ → ♀	28.5 ± 14.5	40.0 ± 13.5	16.5 ± 5.5
		♀ → ♀	25.5 ± 13.5	38.0 ± 11.5	18.0 ± 5.5
		♀ / ♀	23.5 ± 14.0	35.5 ± 10.0	15.5 ± 6.0
		♀ / ♀	21.5 ± 10.5	32.0 ± 5.5	16.5 ± 5.0
		♀ × ♀	12.5 ± 6.0	27.5 ± 4.0	18.0 ± 4.5
個	単房 スタンション	♀	6.0 ± 1.5	26.0 ± 2.0	20.5 ± 1.5
		♂	8.5 ± 2.0	27.0 ± 1.5	19.0 ± 2.5

注 ♂：雄牛，♀：発情雌牛，♀：同居雌牛，→：性的干渉

(平均値±標準偏差)

/：乗取モーション，×：乗取許容。

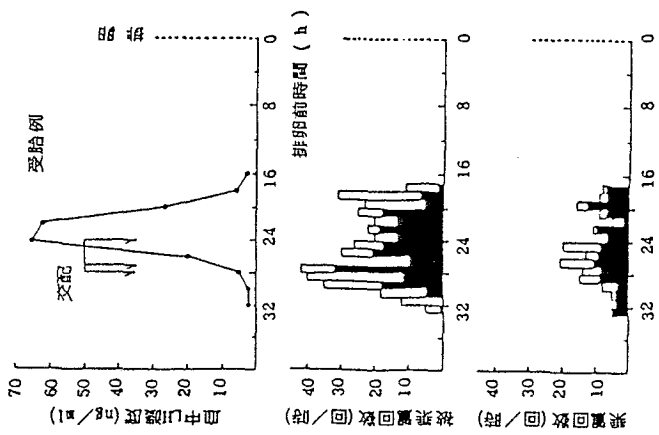


図-1 自然交配における発情行動量の推移と血中LHの動態

- 1) 雄牛と発情雌牛の1対1における成績。
- 2) 乗置回数：発情牛が雄牛に乗置した回数。
- 3) 被乗置回数：発情牛が雌牛に乗置された回数。
- 4) ■ 乗置を許容した状態 □ 乗置されて忌避した状態。

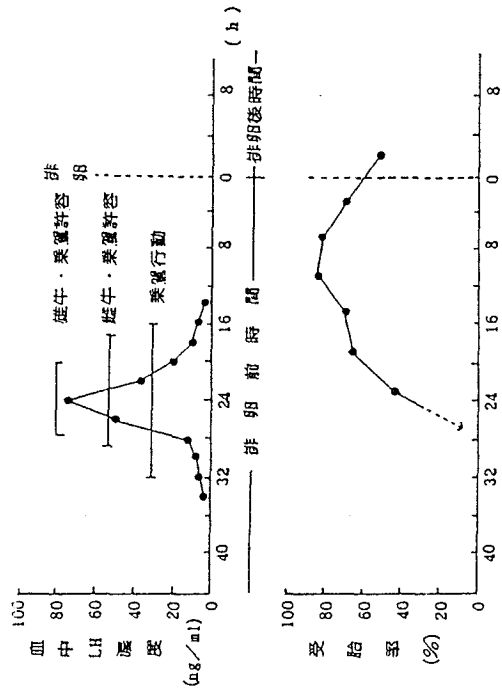
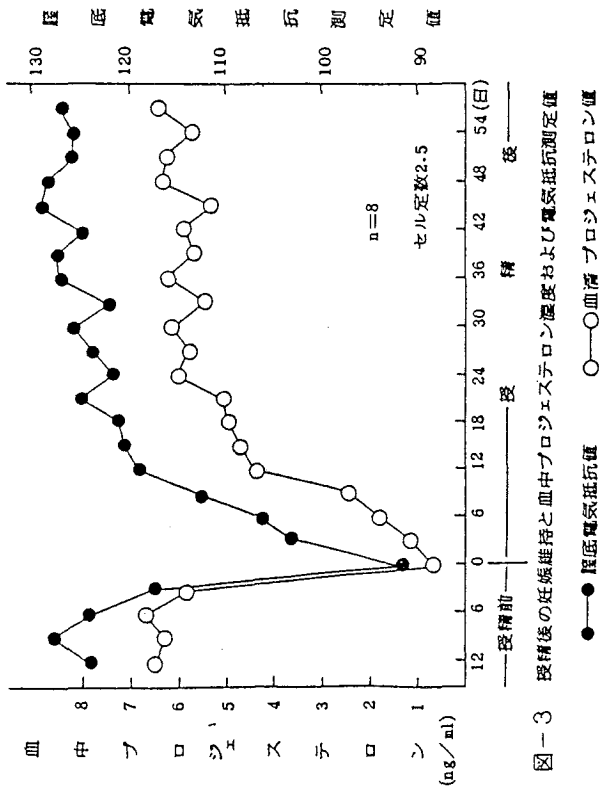
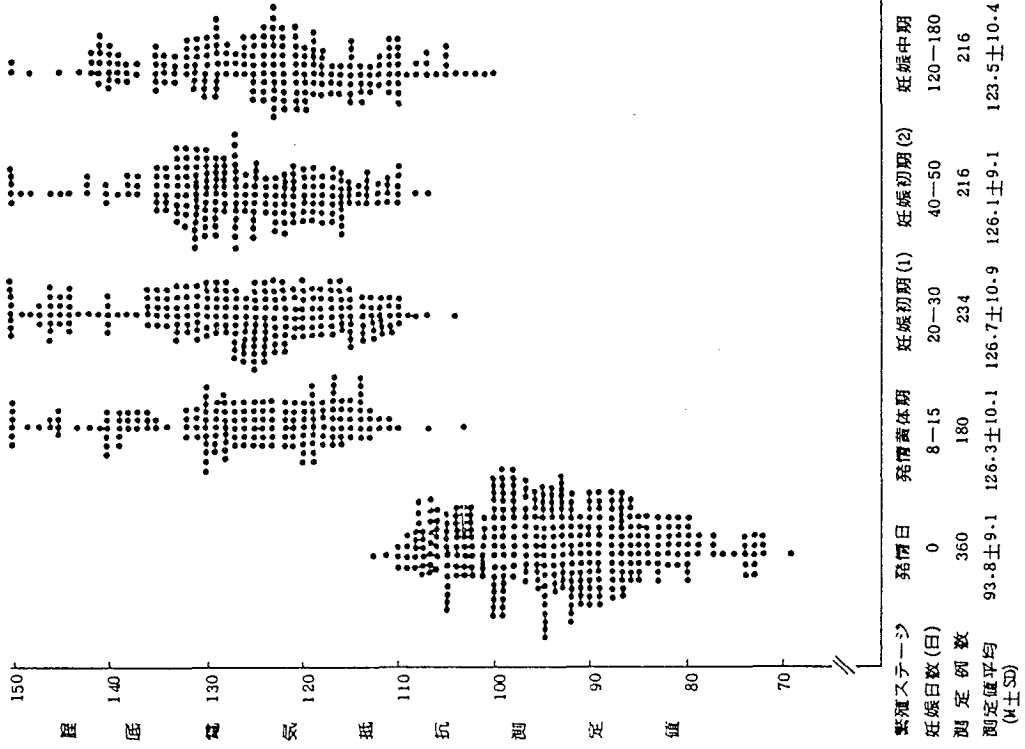


図-2 発情進行経過及び排卵時期との関係における受胎率の推移

図一四 発情日および妊娠維持期における基底電気抵抗測定値の分布



図一三 授精後の妊娠維持と血中プロジェステロン濃度および電気抵抗測定値

表-5 診断基準としての抵抗値設定レベルと診断精度

判定	判定基準抵抗値	受胎の適合割合 (%)	不受胎の適合割合 (%)
受胎の診断	115以上	89.9 (9.7)	10.1
	120以上	95.3 (7.7)	4.7
	125以上	99.03 (5.8)	0.97
	130以上	99.03 (4.9)	0.97
不受胎の診断	120未満	28.6	71.4
	115未満	9.0	91.0
	110未満	0	100.0
	100未満	0	100.0

注：1) ()内，早期胚死および自然流産の割合。

2) AIテスター(セル定数 2.5)による測定値。

表-6 PMSGによる過排卵誘起・自然交配による多子生産の現地実証試験成績(日本短角種)

試験区分項目	I	II	III
供試頭数	14	11	10
受胎率 (%)	93(13/14)	82(9/11)	100(10/10)
多子分娩率(%)			
供試牛当たり	14(2/14)	27(3/11)	60 (6/10)
受胎例当たり	15(2/13)	33(3/ 9)	60 (6/10)
多子分娩の内わけ	双子-2組	双子-2組 三つ子-1組	双子-4組 三つ子-2組

試験Ⅰ・岩手県下閉伊郡川井村門馬，門間牧野組合。

試験Ⅱ・岩手県九戸郡大野村，岩手県肉牛生産公社。

試験Ⅲ・岩手県九戸郡野田村，野田村農協。

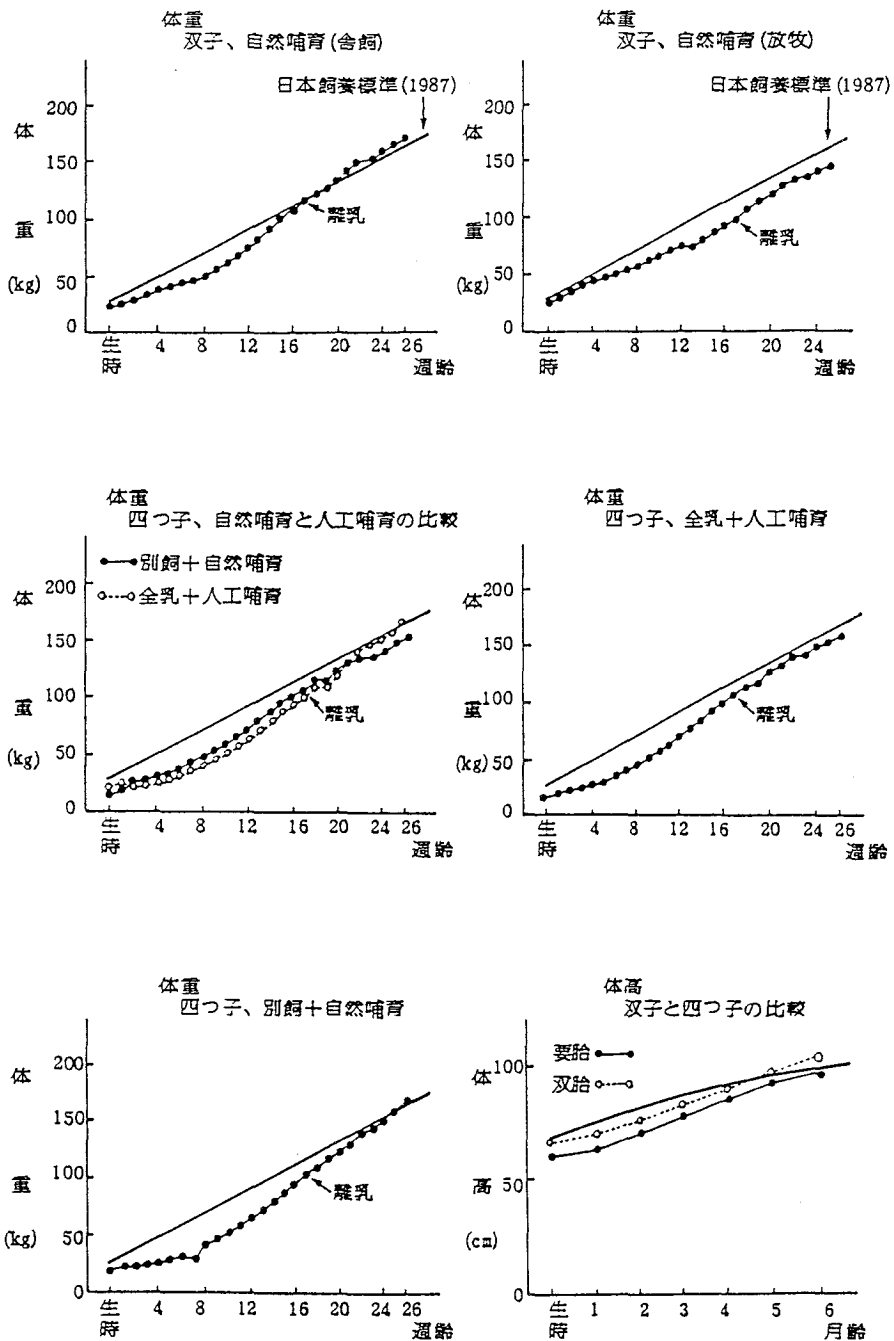


図-5 飼養方式と双子、四つ子の初期成長 (黒毛和種)

審査結果の要旨

わが国の肉牛産業は、国際化時代を迎えて競争力のある生産性が一層要求されている。

本研究は、肉用牛の繁殖技術の中で不足していた連産性の向上を長期的目標とし、短期的には子牛生産性の向上に焦点をあて、生涯生産性を高めることを前提とした実用技術の確立を旨とした。

分娩後の繁殖機能回復と受胎促進については、夏季放牧、冬季舎飼条件の黒毛和種延べ163頭を供試し、特に妊娠末期の栄養水準および産褥期における運動の重要性を明らかにした。また、黄体形成ホルモン放出ホルモン・アナログ投与による分娩後の受胎促進効果を実証し、プロスタグランジンF₂αによる分娩誘起については、エストラジオール・17βの併用で実用可能になることを示した。

授精適期の検討では、30頭規模の牛群について21日間昼夜連続の観察を行い、発情行動の終了を把握することによって排卵時を推定できることを明らかにした。また、人工授精から排卵に至るまでの時間と受胎率の関係を133例について検討し、従来報告に比べて排卵寄りの時間帯に授精適期があることを明らかにした。

早期妊娠判断については、膣底部電気抵抗測定法の効果を113例の野外試験データで検討し、本法による診断が現地で応用可能なことを明らかにした。

多子生産に関する実証試験では、誘起多胎子作出法の簡易化、効率化を旨として黒毛和種41頭、日本短角種32頭について検討し、黒毛和種では、FSHの簡易投与によって双子生産に成功した。また、野外試験ではPMSG投与により、日本短角種10頭より18頭の子牛生産を得た。さらにマキ牛繁殖（自然交配）と胚移植の組合せによる双子生産例も示したほか、切迫屠殺時に卵巢卵子を採取して、体外受精、体外培養、胚移植を行い、父系、母系の確認された体外受精卵移植による産子を得た。多胎子の育成については、少なくとも双子の場合、自然哺育に別飼料を補足するか、または人工哺育によって、単子と同様の発育を行わせ得ることを実証した。

以上、本研究は多数例の実証試験を通じて、わが国の肉用牛の繁殖技術に不足していた飼養管理を前提とした繁殖性の追及を行い、肉用牛の繁殖効率向上と合理的飼養管理技術の確立に寄与する成果をあげた。よって、本論文の著者は農学博士の学位を授与されるに値すると判定した。