



黒毛和種雄牛の屠肉形質の経時的変化

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 原田, 宏 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/10458/5624 |

黒毛和種雄牛の屠肉形質の経時的変化

Seriatim Changes of Carcass Traits in Japanese Black Bulls, Using Ultrasonic Estimate

原田 宏 ・ 守屋 和 幸 (宮崎大学農学部)

In beef cattle, it takes a long period of time to get proved sires on meat quality and quantity by the performance and progeny testing. In order to solve the problem, seriatim changes of carcass traits between the 7th and 8th ribs of Japanese Black bulls has been studied by use of ultrasonics. Then the regression equation for predicting fat thickness, M. long. thoracis area and marbling score of sires were estimated at early stages of know if they applied to selecting superior bulls.

1. Fat thickness was in the region of 13 to 18 mm in most bulls and stages of age. M. long. thoracis area were growing to the ninety percentage (41.9–47.8 cm²) of mature estimate on twenty nine months of age, and to the mature estimate (46.5–53.1 cm²) on fifty months of age by using the ordinary Logistic function. Marbling score was increasing to the ninety percentage (+1.8~+3.5) of mature estimate on thirty months of age, and to the mature estimate (+2.0~+3.9) on fifty months of age by fitting the ordinary Logistic function.

2. Fat thickness, M. long. thoracis area and marbling score on twenty or forty months of age allowed prediction with 78.6 or 73.1%, 90.1 or 81.1% and 72.9 or 53.9% of ratios of contribution fifty months of age by using the multiple regression equation.

1. 目 的

輸入牛肉が増大している今日、和牛が本邦の食肉生産に寄与する役割は極めて大きい。肉用種肥育牛の肉量あるいは肉質に対して親牛の遺伝的効果の大きいことは従来、集団遺伝学的手法により種々確められている。とくに父牛の産肉能力に関する報告は多く¹⁻³⁾、肥育素牛の選定に当たっては種雄牛の血統あるいは系統がかなり重要視されている。しかし、わが国で供用されている種雄牛そのものの屠肉形質については、後代検定結果による間接的知見しか得られていないのが現状である。また、種雄牛の選技については産肉能力直接検定が実施されているが、増体能力や飼料の利用性の優れた雄牛を肉質においても判定が可能となれば、わが国の肉用種雄牛の早期選技さらには肥

育牛の産肉能力の斉一化に寄与するところが極めて大きいと考えられる。

そこで、本研究は黒毛和種直接検定牛の内検定後種雄牛候補となった牛について経時的に超音波スキヤニングし雄牛の屠肉形質の変化を調べ、かつこれが種雄牛の早期選抜手段として使えるかどうかについて検討した。

2. 材料および方法

2.1 供試牛および測定方法

本試験の供試牛は宮崎および鹿児島県の両県畜産試験場において直接検定を受け、種雄牛候補牛となった44頭、さらに両県にけい養されている種雄牛で80カ月齢以下の31頭計75頭の黒毛和種雄牛である。これらの供試牛は、直接検定終了時(11~12カ月齢)、15、20、30および40カ月齢時点で超

音波スキヤニングを行なった。また、40カ月齢以上の種雄牛については、昭和58年10月に測定した。なお、スキヤニングによる調査項目は生体左側（一部右側）第7—8肋骨間の皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積および脂肪交雑の各屠肉形質であり、測定に使用した超音波スキヤニングスコープ、測定操作および記録写真の解析方法は従来⁴⁾と同様である。

2.2 統計処理方法

供試牛の屠肉形質推定値の発育様式については、Logistic 曲線⁵⁾をあてはめ、曲線式に基づく90%成熟値とそれに達する月齢および予測成熟値について検討した。なお、Logistic 曲線の推定式は以下のとおりであり、反復回数は10回とした。

$$\hat{W} = \frac{A}{1 + \exp(-c + kt)}$$

但し、 t : 時間、 \hat{W} : t 時間における成長量

A : 予測成熟値、 k : 相対成長率、

c : 定数

また、11~12カ月齢あるいは15カ月齢の超音波推定値と体測定値を独立変数として、20あるいは40カ月齢の屠肉形質を推定するため、Draper and Smith⁶⁾の Step-wise の重回帰分析を行なった。なお、この際超音波推定値は、Logistic 曲線に基づいて補正を行なった。但し、皮下脂肪厚については Logistic 曲線にあてはめられず、15mm 以下、15.1~19.9mm、20mm 以上の3グループに分け、それぞれのグループ内での所定の月齢における平均値によって補正した。計算には宮崎大学

電子計算機センター FACOM 230-38S を用いた。

3. 結果および考察

3.1 屠肉形質推定値の月齢に伴う変化

本研究の供試牛のうち、直接検定終了時（11~12カ月齢）、15、20および40カ月齢と、経時的に超音波測定を行なった62頭の各屠肉形質推定値の平均および標準偏差は Table 1 に示すとおりである。

また、各屠肉形質推定値について経時的にプロットし、成長の良いものとそうでないものとに分け、皮下脂肪厚を除く2形質について Logistic 曲線をあてはめ、その結果を Fig. 1~3 に示した。

皮下脂肪厚推定値の11、15、20および40カ月齢における平均は、それぞれ14.5、15.9、15.8および15.8mmであった。すなわち皮下脂肪厚は、11カ月齢から15カ月齢にかけてやや増加しているが、極めて増加量は小さく、その後月齢に伴う変化はほとんど認められず13~18mmの範囲に集中しており、Logistic 曲線のアてはめはできなかった。これらの結果、雄牛の皮下脂肪厚は、この部位(第7—8肋骨間)では、11カ月齢前後で成熟値とほぼ同程度の厚みをもっており、体重の増加あるいは月齢の進行に伴い顕著な増加は認められないことがわかった。ただ、月齢に伴って体表面積は増加しており、皮下脂肪の蓄積量はかなり大きいと思われる。Truscott ら⁷⁾はヘレフォード種の

Table 1 Means and standard deviations (S.D.) of ultrasonic estimates of carcass traits on each age (months).

| Carcass traits | 11 months | 15 months | 20 months | 40 months |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | |
| Fat thickness (mm) M. long. thoracis | 14.5 ± 1.9 | 15.9 ± 1.6 | 15.8 ± 2.0 | 15.8 ± 2.0 |
| area (cm ²) | 31.3 ± 1.9 | 38.8 ± 1.7 | 42.2 ± 2.2 | 49.2 ± 2.4 |
| Marbling score | 0.5 ± 0.4 | 1.3 ± 0.4 | 2.1 ± 0.7 | 3.2 ± 0.7 |

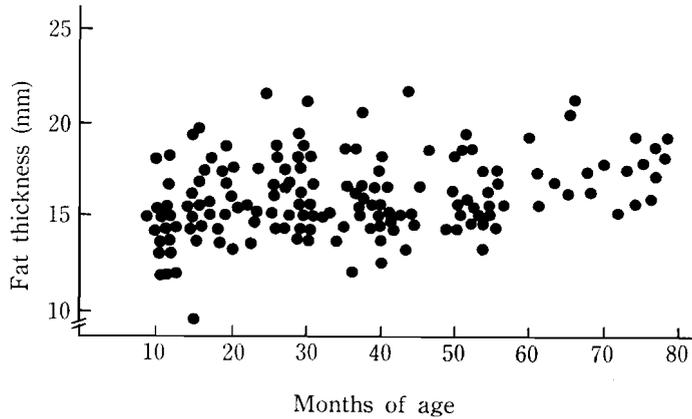


Fig. 1 Growth of the fat thickness between the 7th and 8th ribs of bulls.

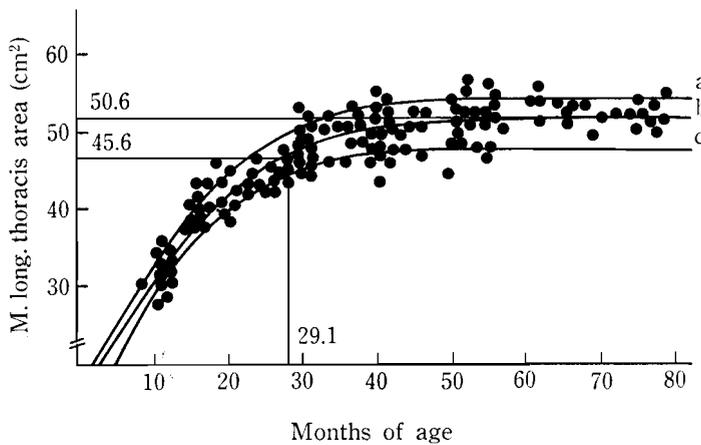


Fig. 2 Growth of the M. long. thoracis area between the 7th and 8th ribs of bulls (a: Superior group, b: Total, c: Inferior group).

雄牛，去勢牛および雌牛を肥育し第12—13肋骨間において超音波測定し，皮下脂肪厚の経時的变化について去勢牛と雌牛はよく一致し月齢に伴い増加する傾向が若干認められるが，雄牛については変化は極めて小さいと報告しており，本研究結果とよく一致していた。また，福原ら⁹⁾も本研究の供試牛とほぼ同月齢の黒毛和種去勢牛を屠殺解体し，12カ月齢から18カ月齢の皮下脂肪厚の増加量は平均9 mmであったとしていることから，雄牛の増加量はこれに比べて小さいことが伺われた。

胸最長筋横断面積推定値の11，15，20および40カ月齢における平均は，それぞれ31.3，38.8，42.2および49.2cm²であった。すなわち，11カ月齢から15カ月齢あるいは20カ月齢までの平均増加量は，それぞれ7.5あるいは10.9cm²であり，Logistic 曲線をあてはめた結果，約29カ月齢で成熟値の90% (41.9～47.8cm²) に達し，約50カ月齢で成熟値 (46.5～53.1cm²) に達することが認められた。すなわち，胸最長筋横断面積の発育は7カ月齢頃から15カ月齢頃までほぼ直線的に最も

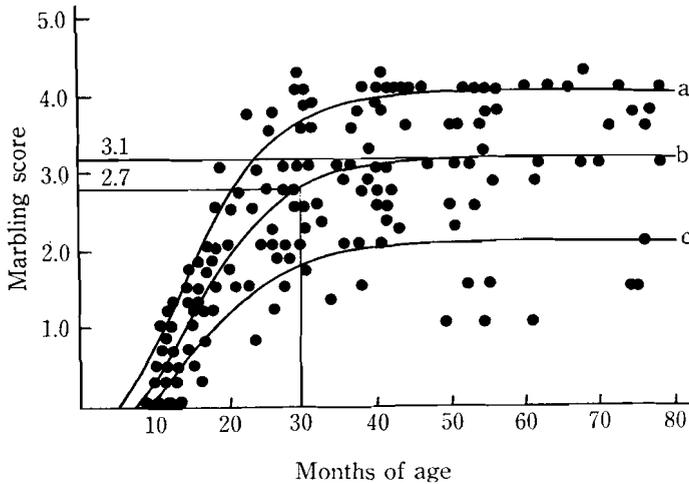


Fig. 3 Increase of the marbling score between the 7th and 8th ribs of bulls (a: Superior group, b: Total, c: Inferior group).

さかんになり、その後30カ月齢頃まで、しだいに発育速度は低下して推移することが認められ、この変化は、体重の増加とよく一致していた。これらの結果に関連して、福原ら⁹⁾は去勢牛について、8～16カ月齢では直線的に胸最長筋横断面積の増加がみられ、16～18カ月齢からやや増加速度が低下すると報告しており、本研究の雄牛の場合とよく一致していた。なお、30カ月齢で50cm²を越える個体もあり、月齢を経るにしたがって個体間の差も若干大きくなっているが発育のパターンは全個体ほぼ同様であった。

脂肪交雑推定値の11, 15, 20および40カ月齢における平均は、それぞれ+0.5, +1.3, +2.1および+3.2であった。なお、11カ月齢すなわち直接検定終了時では、交雑脂肪の認められない個体も多く+0.5未満のものが50%を占めていた。11カ月齢から15カ月齢あるいは20カ月齢までの平均増加量は、それぞれ0.8あるいは1.6であり、個体間に差はみられるが、Logistic 曲線をあてはめたところ15カ月齢から20カ月頃まではほぼ直線的に増加しており、約30カ月齢で成熟値の90% (+1.8～+3.5)に達し、また約50カ月齢で成熟値

(+2.0～+3.9)に達することが認められた。すなわち雄牛の脂肪交雑は体重や胸最長筋横断面積の推移に比較して若干発育の開始時期が遅れて推移していることから、骨格・筋肉等牛体の発育に若干遅れて筋肉内への脂肪の蓄積が始まるものと推察された。これに関連して、従来黒毛和種去勢牛を月齢を追って段階的に屠殺し、その結果、脂肪交雑については12カ月齢ではほとんど認められず、15～18カ月齢の時期に急速に増加すると報告^{9,10)}されているが、本研究結果はこのことを十分裏付けるものと考えられた。なお、脂肪交雑については、個体間の差がかなり認められ、50カ月齢でも+1.0しか認められない個体もあった。直接検定牛では飼養管理等の環境条件はほぼ同様と考えられることから、主として遺伝的差異が影響していると推察された。注目されることは、種雄牛として選抜されている個体の中かなり脂肪交雑度の低いものが少なからず存在しているという点であり、肉用種雄牛の肉質の面からの選抜という点で今後検討すべきことではないかと思われた。

以上のように皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積お

Table 2 Multiple regression analysis for fat thickness between the 7th and 8th ribs of bulls

| Age (months) for predicting | Variables for estimating fat thickness (Standard partial regression coefficient) | | | | Multiple Correlation Coefficient | Percentage of variation explained |
|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------------|---|--|---|
| 11→20 | Fat thickness ^a | | | | 0.64 ^{**c} | 40.6 |
| | Fat thickness ^a (0.721) | Chest depth (0.315) | Body weight (-0.398) | Rump length (0.272) | 0.73 ^{**} | 51.0 |
| 11→40 | Fat thickness ^a | | | | 0.58 ^{**c} | 34.1 |
| | Fat thickness ^a (0.641) | Chest girth (0.451) | Body weight (-0.649) | Rump length (0.404) | 0.68 ^{**} | 46.3 |
| 15→20 | Fat thickness ^b | | | | 0.86 ^{**c} | 74.0 |
| | Fat thickness ^b (0.868) | Body length (0.235) | Hip width (-0.145) | M. long ^b thracis area (0.067) | 0.89 ^{**} | 78.9 |
| 15→40 | Fat thickness ^b | | | | 0.84 ^{**} | 69.8 |
| | Fat thickness ^b (0.825) | Chest girth (0.215) | Hip width (-0.178) | M. long ^b thracis area (0.132) | 0.85 ^{**} | 73.1 |

a, b: Carcass traits of variables were estimated on eleven (a) or fifteen (b) months of age by ultrasonic scanning
c: Simple correlation coefficient.

Body measurements of variables were obtained at the end of performance test.

**; P<0.01

よび脂肪交雑等枝肉形質について、月齢に伴う変化を明らかにしたが、いずれの形質についても種々の要因による発育の程度に差は認められるが比較的早い時期にそれぞれの個体の成熟値あるいはその90%値等の予測が可能であることが示唆された。

3.2 屠肉形質の早期推定法

本研究に用いた供試牛75頭については11カ月齢あるいは15カ月齢の各屠肉形質推定値と、11カ月齢の体測定値を独立変数として、20カ月齢および40カ月齢の屠肉形質を推定するため、Step-wiseの重回帰分析⁶⁾を行ない、それぞれの形質について推定の精度を検討した。

皮下脂肪厚についてみると、11カ月齢と20および40カ月齢、あるいは15カ月齢と20および40カ月齢のそれぞれの超音波推定値間の単純相関係数は、0.58~0.86とすべて有意 (p<0.01)であった。すなわち、Table 2に示すように、超音波推定値のみを独立変数とした場合、11カ月齢から20あるいは40カ月齢の皮下脂肪厚を推定すると寄与

率はそれぞれ40.6%あるいは34.1%であったが、推定月齢を15カ月齢に遅らせるると寄与率は74.0%あるいは69.8%と高くなることが認められた。

そこで、体測定値を独立変数に加え変数増減法による重回帰分析を行なった結果、いずれの場合においても皮下脂肪厚推定値が高い標準偏回帰係数で取り上げられた。また、11カ月齢からの推定には体重が、15カ月齢からの推定には腰角幅がそれぞれ負の標準偏回帰係数で取り上げられた。寄与率は11カ月齢からの推定では51.0%あるいは46.3%であったが、15カ月齢からの推定では78.9%あるいは73.1%とかなり高くなることが認められた。すなわち、皮下脂肪厚については、月齢に伴う変化も比較的小さく11カ月齢からの推定では、独立変数として体測定値等を加えても、20カ月齢や40カ月齢を予測するための精度はそれほど高くないが、成熟値に近い値となると考えられる15カ月齢から推定するとかなり高い精度で、種雄牛として供用される20カ月齢あるいは40カ月齢の値を早期に推定することが可能であると考えられ

Table 3 Multiple regression analysis for *M. long. thoracis* area between the 7th and 8th ribs of bulls

| Age(months) for predicting | Variables for estimating <i>M. long. thoracis</i> area (Standard partial regression coefficient) | | | | Multiple Correlation Coefficient | Percentage of variation explained |
|----------------------------------|--|------------------|-------------------|--------------------------------|--|---|
| 11→20 | <i>M. long.</i> ^a <i>thoracis</i> area | | | | 0.74 ^{***c} | 54.3 |
| | <i>M. long.</i> ^a <i>thoracis</i> area | Body weight | Hip width | Fat Thickness | 0.83 ^{**} | 68.4 |
| | (0.730) | (0.484) | (-0.409) | (-0.177) | | |
| 11→40 | <i>M. long.</i> ^a <i>thoracis</i> area | | | | 0.77 ^{***c} | 58.9 |
| | <i>M. long.</i> ^a <i>thoracis</i> area | Thurl width | Hip width | Marbling ^a score | 0.81 ^{**} | 65.0 |
| | (0.786) | (-0.215) | (0.143) | (-0.177) | | |
| 15→20 | <i>M. long.</i> ^b <i>thoracis</i> area | | | | 0.94 ^{***c} | 88.3 |
| | <i>M. long.</i> ^b <i>thoracis</i> area | Body length | Hip width | Chest width | 0.95 ^{**} | 90.1 |
| | (0.890) | (-0.105) | (0.162) | (-0.092) | | |
| 15→40 | <i>M. long.</i> ^b <i>thoracis</i> area | | | | 0.89 ^{***c} | 78.5 |
| | <i>M. long.</i> ^b <i>thoracis</i> area | Wither height | Pin bone width | Marbling ^b score | 0.90 ^{**} | 81.1 |
| | (0.938) | (0.102) | (-0.158) | (-0.074) | | |

a, b: Carcass traits of variables were estimated on eleven (a) or fifteen (b) months of age by ultrasonic scanning
c: Simple correlation coefficient.

Body measurements of variables were obtained at the end of performance test.

**; $P < 0.01$

た。

胸最長筋横断面積については、11カ月齢と20および40カ月齢、あるいは15カ月齢と20および40カ月齢のそれぞれの超音波推定値間の単純相関係数は0.74~0.94といずれも有意($p < 0.01$)に高い値であった。すなわち、Table 3 に示すように、超音波推定値のみを独立変数とした場合、11カ月齢から20あるいは40カ月齢の胸最長筋横断面積を推定する場合54.3%あるいは58.9%の寄与率が得られ、推定月齢を15カ月齢に遅らせると88.3%あるいは78.5%とさらに高い寄与率で推定できることが認められた。また、体測定値を独立変数として加え、変数増減法により重回帰分析を行なった結果、いずれの推定月齢においても胸最長筋横断面積が高い標準偏回帰係数で取り上げられた。寄与率は、11カ月齢からの推定では65.0~68.4%であり15カ月齢からの推定では81.1~90.1%とかなり高くなることが認められた。すなわち、胸最長筋横断面積については、超音波推定値のみでも20あるいは40カ月齢の推定が可能であるが、体測定値

等の要因を加えることによってさらに推定の精度が高くなることが示唆された。また、推定月齢を11カ月齢から15カ月齢に遅らせることにより種雄牛として供用される時期の胸最長筋横断面積をかなり正確に推定できるものと考えられた。なお、独立変数として取り上げられた要因に、腰角幅、寛幅および坐骨幅など主として牛体の後軀の幅がみられこれらの要因が胸最長筋横断面積に影響していることが推察された。

脂肪交雑については、11カ月齢と20カ月齢の超音波推定値間の単純相関係数は0.41 ($p < 0.01$)であり、40カ月齢の推定値とは0.30 ($p < 0.05$)といずれも有意ではあったが低い値であった。これは、11カ月齢の推定値の50%が+0.5未満と低かったためと考えられた。15カ月齢の推定値と20および40カ月齢のそれらとの間の単純相関係数はそれぞれ0.81および0.62と有意($p < 0.01$)な値であった。すなわち、Table 4 に示すように、11カ月齢から20カ月齢の脂肪交雑を推定すると、超音波推定値のみを独立変数とした場合寄与率は16.9

Table 4 Multiple regression analysis for Marbling score between the 7th and 8th ribs of bulls

| Age(months) for predicting | Variables for estimating M. long. thoracis area (Standard partial regression coefficient) | | | | Multiple Correlation Coefficient | Percentage of variation explained |
|----------------------------------|---|-------------|-------------|--|--|---|
| 11→20 | Marbling ^a score | | | | 0.41 ^{**o} | 16.9 |
| | Marbling ^a score | Chest width | Chest depth | Pin bone depth | 0.51 ^{**} | 25.9 |
| | (0.470) | (-0.306) | (0.204) | (0.166) | | |
| 15→20 | Marbling ^b score | | | | 0.81 ^{**o} | 66.0 |
| | Marbling ^b score | Chest width | Chest depth | M. long. ^b thoracis area | 0.85 ^{**} | 72.9 |
| | (0.838) | (0.209) | (-0.235) | (0.099) | | |
| 15→40 | Marbling ^b score | | | | 0.62 ^{**o} | 38.1 |
| | Marbling ^b score | Hip width | Body weight | Chest girth | 0.73 ^{**} | 53.9 |
| | (0.665) | (0.627) | (-0.400) | (-0.230) | | |

a, b: Carcass traits of variables were estimated on eleven (a) or fifteen (b) months of age by ultrasonic scanning.
c: Simple correlation coefficient.

Body measurements of variables were obtained at the end of performance test.

**; $P < 0.01$

%であり、体測定値を加えても25.9%と低かった。これらの結果より11カ月齢から40カ月齢の脂肪交雑を推定することは困難と考えられ分析対象から除外した。そこで、交雑脂肪の認められる15カ月齢から20および40カ月齢の脂肪交雑を推定すると、超音波推定値だけを独立変数とした場合の寄与率はそれぞれ66.0%および38.1%であった。これに体測定値を独立変数として加え重回帰分析を行なった結果、寄与率はそれぞれ72.9%および53.9%と高くなった。取りあげられた独立変数は、いずれの場合も脂肪交雑推定値が最も高い標準偏回帰係数を示した。また、胸幅、胸深および胸囲等胸部の大きさが脂肪の交雑度に何らかの影響をもつのではないかということが示唆された。これらの結果より、脂肪交雑については、認められる時期が11カ月齢から数カ月遅れること、またその後の蓄積の様相には体型等とは異なる遺伝的要因なども関与することが推察され、少なくとも15カ月齢頃からの推定でなければ精度はかなり低下するものと考えられた。

以上の結果から、現在わが国で実施されている黒毛和種産肉能力直接検定について、検定終了時

点すなわち11カ月齢頃までは若干早過ぎると考えられるが、数カ月遅らせて超音波測定することにより各個体の20あるいは40カ月齢の屠肉形質を推定できることが示唆された。すなわち種雄牛候補として選抜される雄牛について、個体自身の肉質に関する能力も選抜の対象として加えることができると思われた。

4. 要 約

肉用牛において、生体のまま屠肉形質を推定することは困難であり、肉量・肉質共に優れた種雄牛を選抜するためには、現時点では後代検定の結果をまっけて、その遺伝能力を推定しなければならず、かなり長期間を要している。そこで、本研究では黒毛和種産肉能力直接検定牛を検定終了後経時的に超音波スキヤニングし、発育に伴う屠肉形質の変化をとらえると共に、種雄牛として供用される時期の屠肉形質を早い時期に推定し、種雄牛の早期選抜手段として超音波スキヤニングスコープが利用できるかどうかについて検討した。その主な結果は以下のとおりである。

(1) 黒毛和種雄牛の皮下脂肪厚推定値は、11、

- 15, 20および40カ月齢でそれぞれ平均14.5, 15.9, 15.8および15.8mmであり, この期間の増加量は極めて小さかった。また, 大部分の個体は13~18mmの範囲に集中していた。
- (2) 胸最長筋横断面積推定値は, 11, 15, 20および40カ月齢でそれぞれ平均31.3, 38.8, 42.2および46.2cm²であった。Logistic 曲線をあてはめたところ, 約29カ月齢で成熟値の90% (41.9~47.8cm²) に達した。また, 約50カ月齢で成熟値 (49.5~53.1cm²) に達することが認められた。
- (3) 脂肪交雑推定値は, 11, 15, 20および40カ月齢でそれぞれ平均+0.5, +1.3, +2.1および+3.2であった。なお, 11カ月齢では交雑脂肪の認められない個体が多く, +0.5未満のものが50%を占めていた。Logistic 曲線をあてはめた結果, 約30カ月齢で成熟値の90% (+1.8~+3.5) に達し, 成熟値(+2.0~+3.9) に達するのは約50カ月齢であった。
- (4) 11あるいは15カ月齢の屠肉形質推定値と直接検定終了時 (11~12カ月齢) の体測定値を独立変数とし, 20あるいは40カ月齢の屠肉形質を推定するため重回帰分析を行なった。

その結果, 皮下脂肪厚については11カ月齢から20および40カ月齢を推定する際の寄与率はそれぞれ51.0%および46.3%であった。また15カ月齢からの推定ではそれぞれ78.6%および73.1%と高くなった。

- (5) 同様にして, 胸最長筋横断面積については, 11カ月齢から20および40カ月齢の値を推定すると, 寄与率はそれぞれ68.4%および65.0%であった。また, 15カ月齢からの推定ではそれぞれ90.1%および81.1%とかなり高かった。
- (6) さらに, 脂肪交雑については, 11カ月齢から20カ月齢の値を推定すると, 寄与率は25.9%と低かった。そこで, 15カ月齢から20および40カ月齢の値を推定すると, 寄与率はそれぞれ72.9%および53.9%であった。

文 献

- 1) 松川 正, 東北農試報告, 45, 117-170, 1973.
- 2) 熊崎一雄・原田 宏, 日畜会報, 49, 486-493, 1978.
- 3) 熊崎一雄・福原利一・原田 宏, 宮大農報, 27, 99-105, 1980.
- 4) 原田 宏, 宮大農報, 29, 1-65, 1982.
- 5) 奥野忠一, 応用統計ハンドブック, 養賢堂, p. 736-742, 1980.
- 6) Draper, N. and Smith, H., "Applied Regression Analysis", 1st ed., 163-216, Wiles Interscience, N.Y., 1966.
- 7) Truscott, T. G., Tulloh, N. M. and Whitfield, D. E., Anim. Prod., 30, 199-209, 1980.
- 8) 福原利一・土屋平四郎・西野武蔵・山崎敏雄, 中国農試報告, B-16, 123-159, 1968.
- 9) 土屋平四郎・福原利一・西野武蔵・山崎敏雄, 中国農試報告, B-15, 27-41, 1967.
- 10) 山崎敏雄・小沢忍・塩谷康生・加藤国雄・福原利一・西野武蔵・土屋平四郎, 中国農試報告, B-19, 39-60, 1972.