

黒毛和種及び日本短角種の乳量及び乳成分の変化

新宮 博行^{*1)}・甫立 孝一^{*2)}・櫛引 史郎^{*1)}・上田 靖子^{*1)}・
渡辺 彰^{*1)}・松本 光人^{*2)}

抄 録：肉用種である黒毛和種及び日本短角種の産乳性を明らかにするため、乳量及び乳成分（乳脂肪率、乳蛋白質率及び乳糖率）の変化をホルスタイン種と比較した。供試牛として黒毛和種（例数6）、日本短角種（例数5）及びホルスタイン種（例数7）の初産雌牛を用いて、分娩日から分娩後6ヶ月（26週）に至る乳量、乳成分の変化を調査した。分娩後6ヶ月間の黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種雌牛の機械搾乳による平均総乳量は、それぞれ486.0kg, 1,724.0kg, 4,859.2kgであった。泌乳ピークは黒毛和種及び日本短角種とも分娩後2-3週にみられ、前者は10週以降、後者はピーク到達後漸減した。一方、ホルスタイン種の泌乳ピークは分娩後7-8週に認められた。初乳中の乳脂肪率は品種間で大きな違いは認められなかった。分娩日の乳蛋白質率は分娩日以降の乳蛋白質率に比べて極めて高くなったが、乳糖率は逆に低くなり、これら結果は全ての品種で認められた。常乳の乳脂肪率は分娩後2週以降黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種の順に低くなった。乳蛋白質率は分娩後8日以降乳脂肪率と同様な傾向を示した。乳糖率の変化は黒毛和種、日本短角種で類似し、分娩後10週までホルスタイン種よりも高くなる傾向が認められたが、それ以降は品種による違いはみられなかった。以上の結果から、黒毛和種及び日本短角種ではホルスタイン種よりも早く泌乳ピークに到達すること、泌乳期の進行に伴う乳成分の変化は品種間で異なることが明らかとなった。

キーワード：黒毛和種、日本短角種、ホルスタイン種、初産、初乳、乳量、乳成分

Profiles of Milk Yield and Milk Composition in Lactating Japanese Black and Japanese Shorthorn Cows : Hiroyuki SHINGU^{*1)}, Koichi HODATE^{*2)}, Shiro KUSHIBIKI^{*1)}, Yasuko UEDA^{*1)}, Akira WATANABE^{*1)}, and Mitsuto MATSUMOTO^{*2)}

Abstract : The profiles of milk yield and milk composition (milk fat, milk protein, and lactose) milked by a milker for 6 months [26 weeks (wk)] postpartum (PP) in lactating primiparous 6 Japanese Black (JB : beef type) and 5 Japanese Shorthorn (JS : beef type) cows were investigated, as compared with those for 7 lactating Holstein (HS : dairy type) cows. During the experimental period, the average total milk yield in JB, JS, and HS cows was 486.0kg, 1,724.0kg and 4,859.2kg, respectively. JB and JS cows had peak lactation at 2-3 wk PP, whereas in HS cows daily milk yield reached a peak at 7-8 wk PP. In milk contents of colostrum, little differences in milk fat (%) were observed among the breeds. Regardless of breeds, the colostrum on parturition day was composed of higher milk protein (%) and lower lactose (%), as compared with the milk composition thereafter. After 2 wk PP, milk fat significantly differed among the breeds : JB > JS > HS. After 8 days PP, the change in milk protein was similar to the trend in milk fat. No significant differences in lactose were found between JB and JS cows. These beef cows tended to have higher lactose than HS cows till 10 wk PP, thereafter there were no differences in lactose among the breeds. These results suggest that JB and JS cows have peaks of milk production at earlier stages of lactation than HS cows, and that milk composition differs among the breeds as lactation progressed.

Key Words : Colostrum, Holstein, Japanese Black, Japanese Shorthorn, Milk fat, Milk protein, Milk yield, Lactose, Primiparous cows

*1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

*2) 現・畜産草地研究所 (National Institute of Livestock and Grassland Science, P.O. Box 5, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi, Ibaraki, 305-0901, Japan)

I 緒 言

東北地方では広大な草資源を利用して、肉用種の黒毛和種及び日本短角種の生産が行われている。黒毛和種は日本短角種に比べ日増体量は小さい(農林水産技術会議事務局1995)が、脂肪交雑が高い産肉特性を持っている。一方、南部牛とショートホーン種を交配して誕生した日本短角種(松川1976, 高安1983)は、脂肪交雑の少ない赤身肉であるが、放牧に対する順応性は高く、粗飼料の利用性も良好である。

近年、牛肉の輸入が自由化されたことで国内産牛肉よりも安価な輸入牛肉が我が国の市場を席巻し、国内産の牛肉価格の低落傾向がみられる。加えて、輸入飼料価格の上昇や子牛価格の低下等も相まって、肉用牛経営は一層の厳しさを増している。このような現状を打破するためには、放牧地や休耕地を利用した放牧や先端的繁殖技術を用いた双子生産の導入等の効率性の高いシステムを構築する必要がある。このようなシステム構築に際し、肉用牛の泌乳能力改善は重要な技術となり得る。子牛の初期発育は母牛の乳量に依存しているが、肉用牛の乳量は乳用牛に比べ極端に少ないため、その不足分を補助飼料の給与によって補っている場合が多い。子牛が健全に成長するために必要な乳量を肉用牛でも産生することが可能になれば、家畜飼養に係るコストの低減化に貢献する。しかし、我が国で飼養されている肉用牛の乳量(十勝種畜牧場1973, 久馬ら1979)や乳成分(十勝種畜牧場1973, Ishikawa et al. 1992)等に関する知見は乏しく、肉用牛の泌乳能力改善を図るためには、泌乳特性を明らかにしておく必要がある。

そこで、本実験では、黒毛和種及び日本短角種の乳量並びに乳成分(乳脂肪率、乳蛋白質率及び乳糖率)に関する特徴を明らかにするため、乳用種であるホルスタイン種と比較、検討を行った。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、乳成分を測定していただいた畜産草地研究所・品質開発部の三谷賢治氏(現所属:動物衛生研究所・生物学的製剤センター)並びに成田卓美氏、供試動物の管理及び実験の補助等に協力していただいた東北農業研究センター・企画調整部・業務第2科諸氏並びに大崎幸子氏(同センター・畜産草地部)の方々に対しまして深謝の意を表します。

II 材料と方法

1. 供試動物と飼養管理

本実験では、黒毛和種(例数6)、日本短角種(例数5)及びホルスタイン種(例数7)の初産雌牛を分娩日から分娩後6ヶ月(26週)まで供試した。これら供試牛の分娩時における平均月齢は、日本短角種が25ヶ月齢、黒毛和種及びホルスタイン種が26ヶ月齢であった。供試牛の管理は「東北農業研究センターの農業研究における実験動物の保護及び利用に関する指針」に従い、コーンサイレージ、乾草、アルファルファヘイキューブ及び濃厚飼料(TDN 70.0%, DCP 15.5%)を日本飼養標準(1995)の養分要求量をTDN換算で100%満たすように調整して、一日2回(9:00, 16:30)給与した。また、試験期間中、供試牛が自由に飲水できるように配慮した。

2. 牛乳サンプリングと牛乳成分分析

分娩後6ヶ月間供試牛に対して一日2回(6:00, 16:00)機械搾乳を実施した。本実験では、分娩日から分娩後5日までの牛乳を初乳、分娩後6日以降の牛乳を常乳とした。牛乳サンプリングは分娩日、分娩後2, 4, 6, 8, 10, 14日に、また、分娩後14日以降10週までは毎週、分娩後10週以降26週までは2週毎にそれぞれ実施した。採取した牛乳はそれぞれ合乳とし、赤外線ミルク分析機(Milko-Scan 134A/B: Foss Electric. 社, Denmark)を用いて乳成分(乳脂肪率、乳蛋白質率及び乳糖率)を測定した。

3. 統計処理

本実験で得られたデータは平均値±標準誤差で表し、統計ソフト(Macintosh StatView version 5.0, Abacus, CA, USA)による分散分析法(ANOVA)を用いて処理した。泌乳期における乳量、乳脂肪率、乳蛋白質率及び乳糖率の各項目を品種間で比較する際、品種または品種×分娩後日数(週数)の効果が有意である($P < 0.05$)時には、Fisher's PLSD post-hoc testによって品種間の有意差をそれぞれ検定した。

III 結果と考察

1. 乳量の変化

表1は黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種における初乳量の変化を示している。分娩翌日以降、

Table 1 Daily colostrum yield in Japanese Black, Japanese Shorthorn, and Holstein cows^{1, 2}

Days ³	Colostrum Yield (kg/d)		
	Japanese Black	Japanese Shorthorn	Holstein
0	0.25±0.05 ^a	1.65±0.86 ^{ab}	4.56±1.39 ^b
1	1.02±0.50 ^a	5.30±0.73 ^b	14.43±1.41 ^c
2	2.12±0.51 ^a	7.35±1.06 ^b	17.66±1.01 ^c
3	2.15±0.61 ^a	8.29±1.01 ^b	18.70±1.26 ^c
4	2.35±0.71 ^a	9.03±1.03 ^b	20.13±0.77 ^c
5	2.51±0.85 ^a	9.24±0.92 ^b	20.99±1.07 ^c

Note: ¹Data represent the mean ± SEM in Japanese Black (n=6), Japanese Shorthorn (n=5), and Holstein (n=7) cows.

²Values within a row without a common superscript differ significantly (P<0.05).

³postpartum

乳量が急激に増大したホルスタイン種に比べ、黒毛和種では微増し、日本短角種では両品種のほぼ中間で推移した。

分娩後6ヶ月(26週)間の総乳量は、黒毛和種、日本短角種及びホルスタイン種でそれぞれ486.0±97.0kg, 1,724.0±111.1kg, 4,859.2±163.6kgであった。黒毛和種は分娩後2-3週に泌乳ピークに到達し、以後10週まではほぼそのレベルを維持した(図1)。

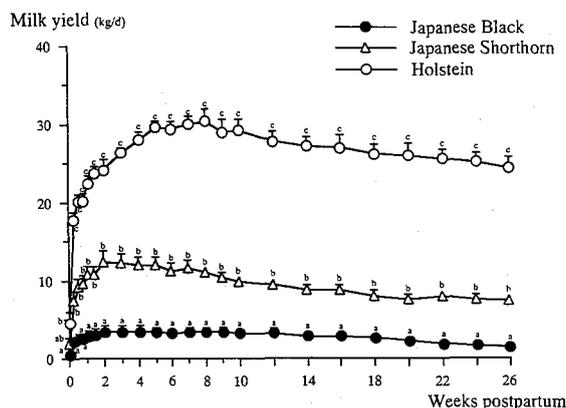


Fig. 1. Changes in daily milk yield in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean ± SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly (P<0.05).

日本短角種の泌乳ピークも分娩後2-3週でみられたが、以後漸減した。一方、ホルスタイン種では分娩後7-8週にピークがみられた。このように、本実験で得られた黒毛和種及び日本短角種等の肉用牛における乳量の推移の結果から、総乳量が少ない品種ほど泌乳ピークが早い時期に到来することが明らかになった。これら肉用牛の乳量推移の特徴は、久

馬ら(1979)の報告とほぼ一致している。

Shimada et al. (1988)は産歴数の異なる黒毛和種を供試して、体重差法によって分娩後1週から26週までの泌乳量を調べ、その平均日乳量は4.55kg、泌乳曲線は泌乳ピークのない右下がりの直線であったことを示している。この結果は、平均日乳量が黒毛和種で2.67kgで、泌乳ピークがみられた我々の結果と少し異なった。肉用牛(アンガス種、ヘレフォード種及びそれら交雑種等)の乳量は手搾りや機械搾乳よりも体重差法の方が高くなることが報告されており(Totusek et al. 1973, Mondragon et al. 1983), また、黒毛和種では、乳量は産次が進むにつれて増大し、3-7産次でピークになるといわれている(Shimada et al. 1988)ことから、この相違は給与飼料、産歴数、搾乳方法等の飼養環境や測定条件に起因していると考えられる。本実験における日本短角種の分娩後6ヶ月間の平均総乳量は寺田ら(1979)が報告している1,641kgとほぼ等しい値を示した。黒毛和種と比べて乳量の多い日本短角種は、乳用ショートホーン種と交配、改良された経過があり(松川1976, 高安1983), この背景が乳量に大きく関与していると考えられる。

2. 乳成分の変化

1) 初乳

表2は初乳中の各乳成分(乳脂肪、乳蛋白質及び乳糖)の変化を示している。乳脂肪率は分娩日を除き、品種間で大きな違いは認められなかった。分娩日の乳蛋白質率は各品種とも分娩日以降の乳蛋白質率に比べて極めて高い値を示した。一方、乳糖率は各品種とも分娩日の乳の方が分娩日以降の乳に比べて低い値を示した。

分娩後1日以内に採取された初乳に乳蛋白質が高濃度含まれることがホルスタイン(-フリージアン)

Table 2 Milk composition of colostrum in Japanese Black, Japanese Shorthorn, and Holstein cows^{1, 2}

Days ³	Japanese Black	Japanese Shorthorn	Holstein
Milk Fat (%)			
0	4.52±0.83 ^a	4.00±0.93 ^a	8.31±1.39 ^b
2	4.00±0.73 ^a	4.04±0.41 ^a	5.36±0.42 ^a
4	5.19±0.30 ^a	5.20±0.49 ^a	5.67±0.51 ^a
Milk Protein (%)			
0	11.40±1.41 ^a	18.20±1.58 ^b	13.88±1.26 ^{ab}
2	4.79±0.19 ^a	4.58±0.18 ^a	4.29±0.17 ^a
4	4.78±0.15 ^a	4.02±0.10 ^b	4.15±0.28 ^{ab}
Lactose (%)			
0	3.61±0.16 ^a	3.16±0.10 ^{ab}	2.65±0.26 ^b
2	4.35±0.10 ^a	4.26±0.04 ^a	3.68±0.17 ^b
4	4.26±0.13 ^{ab}	4.44±0.03 ^a	3.92±0.11 ^b

Note: ¹Data represent the mean ± SEM in Japanese Black (n=6), Japanese Shorthorn (n=5), and Holstein (n=7) cows.

²Values within a row without a common superscript differ significantly (P<0.05).

³postpartum

種(甫立ら1978, 農林水産技術会議事務局1982, Leveux and Ollier 1999)で報告されており, また, 初乳中の総蛋白質含量と免疫グロブリン (IgG) 含量との間に正の相関があることが知られている(甫立ら1978)。黒毛和種でも, 分娩後2時間以内に採取された初乳は乳蛋白質率が高く, 特に, IgG やラクトフェリン (LF) 等の免疫機能を持つ蛋白質が高いことが報告されている (Ishikawa et al. 1992)。反芻動物の新生子は受動免疫の獲得を初乳に含まれる IgG の吸収に依存していることから, 生後数時間以内における初乳の摂取が病原体による感染・発症を予防する上で不可欠である。日本短角種の初乳成分に関する報告はないものの, 日本短角種の分娩直後の初乳中にも, IgG や LF 等の免疫機能付与に関連する一連の乳蛋白質成分が高濃度に含まれていると考えられる。

泌乳期における乳糖合成速度は泌乳開始時で低く, 泌乳期の進行に伴って増大することが明らかにされ (Kuhn et al. 1980), 実際に, 泌乳開始に伴い乳糖率が上昇していく傾向はホルスタイン種で報告されている (農林水産技術会議事務局1982)。本実験においても, 黒毛和種, 日本短角種及びホルスタイン種ともに分娩後上昇した。分娩日における初乳中の乳糖率が低いことは, 新生子牛の下痢を防止する上で有利に作用することがホルスタイン種で報告されている (上家1980) ことから, 黒毛和種や日本短角種でも同様な作用を発揮するよう, 低い乳糖率を示すと考えられる。

2) 常乳

黒毛和種の乳脂肪率は分娩後2週以降日本短角種及びホルスタイン種の乳脂肪率より極めて高い値を示し, 泌乳期の進行に伴って高くなる傾向を示した (図2)。日本短角種の乳脂肪率は分娩後9週以降ホ

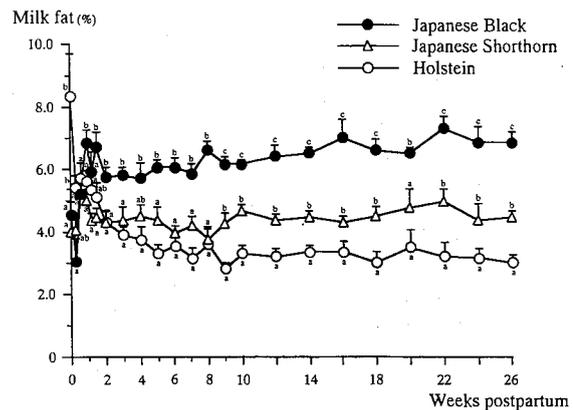


Fig. 2. Changes in the percentage of milk fat in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean ± SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly (P<0.05).

ルスタイン種より高値を示したが, 泌乳期の進行に伴う変化は認められず, ほぼ一定したレベルで推移した。一方, ホルスタイン種の乳脂肪率は分娩後5週頃まで漸減したが, その後はほぼ一定したレベルで推移した。乳脂肪率が「ホルスタイン種<日本短角種<黒毛和種」の順位であったことは, 乳量の多い品種ほど乳脂肪率が低く, 乳量の増減に反比例し

て推移することを示した十勝種畜牧場の結果(1973)を支持するものであった。

乳蛋白質率についても分娩後8日以降「ホルスタイン種<日本短角種<黒毛和種」の順で高いことが認められた(図3)。また、分娩後4週以降は各品種ともそれぞれほぼ一定したレベルで推移した。

黒毛和種の乳糖率は日本短角種の乳糖率と大きな違いを示さなかった(図4)。これら肉用牛の分娩後10週までの乳糖率はホルスタイン種の乳糖率より高値を示したが、それ以降は品種間で有意な違いは認められなかった。また、泌乳期の進行に伴って黒

毛和種、日本短角種の乳糖率は漸減したが、ホルスタイン種では、ほぼ一定の値を示した。

これら結果は品種によって乳成分の割合に違いがあることを示している。品種によって乳成分率の違いが生じる原因として、各品種が持つ遺伝的な形質や乳量の違いなどが考えられる。Mondragon et al. (1983)はアンガス種やヘレフォード種等の肉用種及びその交雑種における乳脂肪率は泌乳初期に高く、乳糖率は泌乳期で不変であることを報告している。

本実験で得られた結果から、肉用牛は乳量こそ少ないが、その分、乳脂肪率や乳蛋白質率が高い乳を子牛に与えることによって、子牛の成長に必要な栄養素を補っていると推察される。加えて、黒毛和種では、他品種に比べ乳脂肪、乳蛋白質率は高いが、乳量は極めて少ない特徴を持つことから、親子放牧の実施や双子生産技術の導入等によって黒毛和種肥育素牛の低コスト生産を可能にするためには、黒毛和種の泌乳機能の改善が不可欠であり、生理・栄養学的視野から黒毛和種の泌乳機能を増進させる技術の開発が今後重要になる。一方、日本短角種は、黒毛和種に比べ乳量が多く、また、ホルスタイン種に比べて乳脂肪、乳蛋白質率も高い特徴を持つことから、その泌乳機能を利用した、日本短角種を借り腹にして黒毛和種の受精卵を移植し、誕生後の黒毛和種子牛を日本短角種が産する乳で飼養する方法が考えられる。また、日本短角種の乳から飲用乳や乳製品を製造し、付加価値をつけて活用する乳・肉一貫利用も将来の利用法として考えられる。

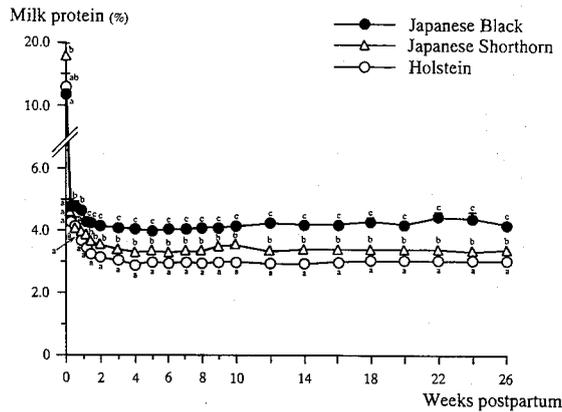


Fig. 3. Changes in the percentage of milk protein in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean \pm SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

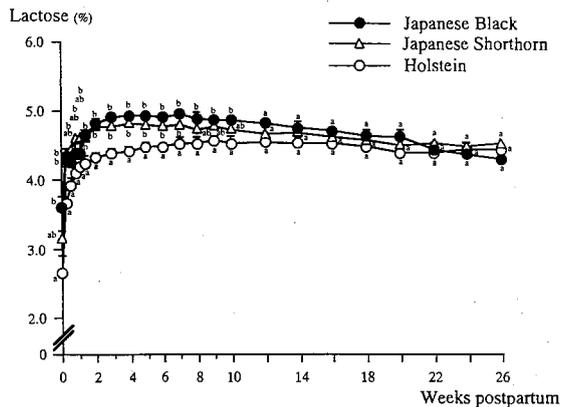


Fig. 4. Changes in the percentage of lactose in Japanese Black (●), Japanese Shorthorn (△), and Holstein (○) cows during 26 wk postpartum. Data represent the mean \pm SEM. Values within a sampling day without a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

引用文献

- 1) 甫立孝一, 上家 哲, 大森昭一朗, 入江達彦, 森 正樹, 池田達雄. 1978. 分娩後の乳牛にみられる乳清蛋白質の変化. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 49 : 588-593.
- 2) Ishikawa, H.; Serizawa, A.; Ahiko, K.; Asai, Y.; Seike, N. 1992. Changes in the chemical composition of colostrum from Japanese Black cows. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)* 63 : 1153-1156.
- 3) 上家 哲. 1980. 泌乳生理. (大森常良ら編, 牛病学). 東京. 近代出版. 114-143.
- 4) Kuhn, N. J.; Carrick, D. T.; Wilde, C. J. 1980. Lactose synthesis : The possibilities

- of regulation. *J. Dairy Sci.* 63 : 328-336.
- 5) 久馬 忠, 滝沢静雄, 高橋政義, 菊池武昭. 1979. 草地における肉用牛の泌乳性と哺乳子牛の発育に関する研究. *東北農試研報* 60 : 73-90.
 - 6) Levieux, D. ; Ollier, A. 1999. Bovine immunoglobulin G, β -lactoglobulin, α -lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.* 66 : 421-430.
 - 7) 松川 正. 1976. 日本の短角種. 青森. 奥羽種畜牧場 11-13.
 - 8) Mondragon, I. ; Wilton, J. W. ; Allen, O. B. ; Song, H. 1983. Stage of lactation effects, repeatabilities and influences on weaning weights of yield and composition of milk in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 63 : 751-761.
 - 9) 農林水産技術会議事務局. 1982. 肉用牛生産技術の開発に関する総合的研究. 第2章 子牛の損耗防止技術の確立. 1. 新生子牛の免疫学的損耗防止技術. *研究成果*. 140 : 123-127.
 - 10) 農林水産技術会議事務局. 1995. 日本飼養標準・肉用牛. 東京.
 - 11) Shimada, K. ; Izaike, Y. ; Suzuki, O. ; Oishi, T. ; Kosugiyama, M. 1988. Milk yield and its repeatability in Japanese Black cows. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 1 : 47-53.
 - 12) 高安一郎. 1983. 日本短角種の成立と改良経過に関する研究. *弘前大学農学部研究報告* 40 : 37-108.
 - 13) 寺田隆慶, 吉田正三郎, 小野寺勉. 1979. 肉用牛の授乳量に及ぼす2, 3の要因の検討ならびに授乳量の推定法について. *中国農試報告 B24* : 23-36.
 - 14) 十勝種畜牧場. 1973. 肉用牛の乳量乳質に関する試験(第3年次). *十勝種畜牧場・肉用牛に関する試験調査成績書* 8 : 143-152.
 - 15) Totusek, R. ; Arnett, D. W. ; Holland, G. W. ; Whiteman, J. V. 1973. Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gains. *J. Anim. Sci.* 37 : 153-158.