



Title	粗飼料主体肉牛生産の栄養生理的側面
Author(s)	秦, 寛
Citation	北海道大学農学部牧場研究報告, 17, 29-38
Issue Date	2000-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48956
Type	departmental bulletin paper
File Information	17_29-38.pdf



粗飼料主体肉牛生産の栄養生理的側面

秦 寛

北海道大学農学部附属牧場

集約的家畜生産の弊害が顕在化してきた近年、環境負荷の少ない「持続的家畜生産」の重要性が認識されるようになり、土地利用型の放牧を取り入れた粗飼料主体での牛肉生産システムが見直される時代になりつつある。しかし、現状ではそのような生産方式は生産性と生産される枝肉の市場評価が必ずしも高くないことから広く普及することにはならない。本稿では粗飼料主体肉牛生産における生産性向上と産肉特性について、栄養生理的側面から附属牧場での研究成果も交えて検討したい。

1. 附属牧場における粗飼料主体牛肉生産

本学附属牧場ではヘレフォード種を用いて、図1に示すような2夏放牧方式による粗飼料主体での牛肉生産を行っている。季節繁殖により春に生産された子牛を26ヶ月齢で体重650kgを目標に仕上げるこの方式では、飼育期間は大きく4つに区分される。1）哺育期（1年目夏季）：母牛と共に昼夜放牧する，2）舎飼育成期（1年目冬季）：離乳後、舎内に収容して貯蔵飼料（コーンサイレージ、グラスサイレージ、乾草）を給与する，3）放牧育成期（2年目夏季）：補助飼料無給与で昼夜放牧する，4）舎飼肥育期（2年目冬季）：ドライロットで出

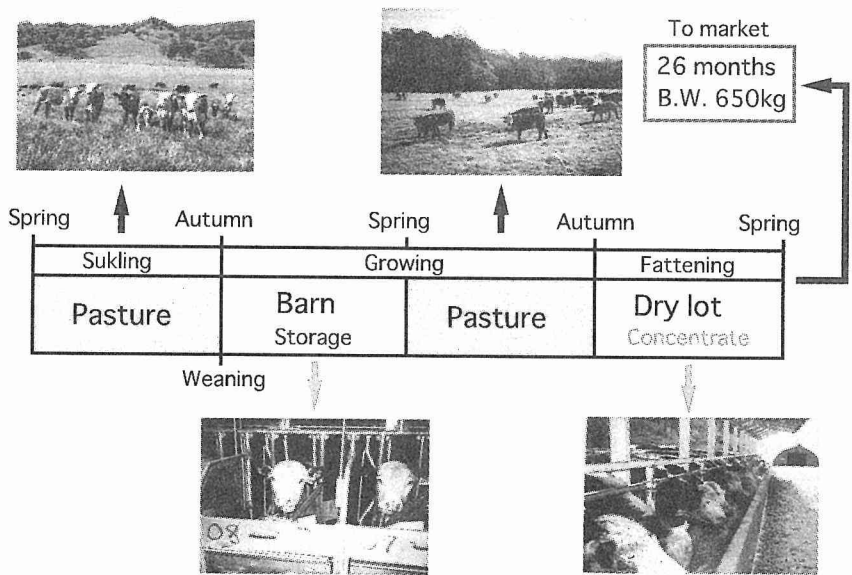


Figure 1. Beef production with high - roughage feeding system in Hokkaido University Farm

荷時まで濃厚飼料（上限日量 9 kg）と乾草を給与する。このような生産方式における生産性について、最近 4 年間のデータを用いて以下に示した。

発育成績は図 2 と表 1 の通りである。体重の推移は、生時で平均 40kg、離乳時（8 ヶ月齢）で 236kg、舎飼育成終了時（14 ヶ月齢）で 326kg、放牧育成終了時（20 ヶ月齢）で 433kg、出荷時で 632kg となっている。生時から出荷までの全期間を通じた平均日増体量は 0.7kg であったが、発育時期別の日増体量に違いがみられ、哺育期と肥育期の平均日増体量は 0.8 および 1.0kg と比較的良好であるのに対し、育成期では 0.5～0.6kg と低くなっている。

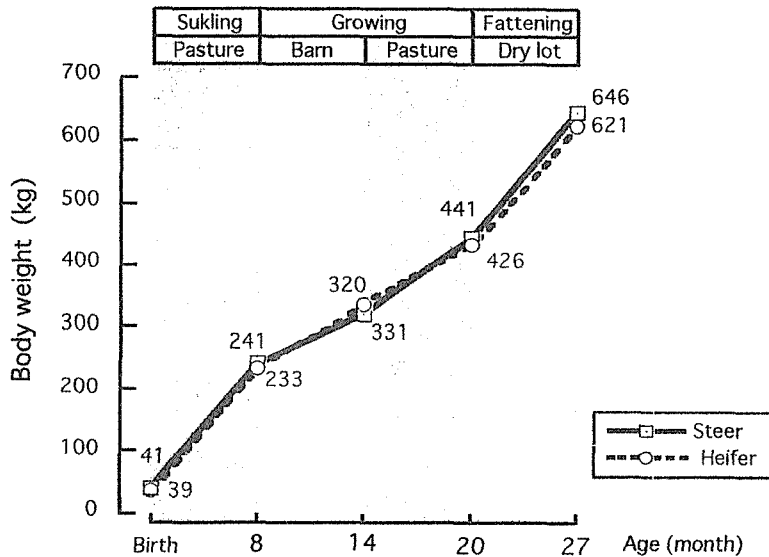


Figure 2. body weight change of cattle fed high roughage feeding system

Table 1. Growth rate of cattle fed with high - roughage feeding system

	Steers	Heifers	Average
Suckling priod (kg/d)	0.84	0.81	0.82
Housed growing period (kg/d)	0.45 ^a	0.55 ^b	0.50
Grazing growing period (kg/d)	0.69 ^b	0.53 ^a	0.61
Fattening period (kg/d)	1.06 ^b	0.89 ^a	0.97
Whole period (kg/d)	0.77 ^b	0.71 ^a	0.74

a, b : $P < 0.05$

枝肉成績は表 2 に示した通りである。屠殺時の平均月齢と体重は 27.0 ヶ月および 632kg であ

り、増体速度が遅いことから目標に達していない。枝肉重量と枝肉歩留は平均347kgおよび55%であり、皮下脂肪厚、BMS、胸最長筋面積、BCSはそれぞれ平均2.5cm、1.6、40.8cm²および5.2である。ヘレフォード種は脂肪を皮下に蓄積する割合が高い品種特性²⁴⁾があり、枝肉の全脂肪量は明らかに少ないが、皮下脂肪厚は必ずしも薄くなっていない。そのことを除いても、枝肉重量が小さく脂肪交雑が少ないことから、現状の取引基準では高い枝肉評価とはならない。

Table 2. Carcass traits of cattle fed with high - roughage feeding system

	Steers	Heifers	Average
Age at slaughter(months)	26.3 ^a	27.6 ^b	27.0
Live weight at slaughter(kg)	646 ^b	621 ^a	632
Carcass weight (kg)	353 ^b	342 ^a	347
Dressing (%)	54.7	55.1	54.9
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.1 ^a	2.9 ^b	2.5
Beef marbling score	1.5	1.6	1.6
Loin area (cm ²)	41.8	40.0	40.8
Beef color standard	5.4 ^b	5.0 ^a	5.2

a,b: P<0.05

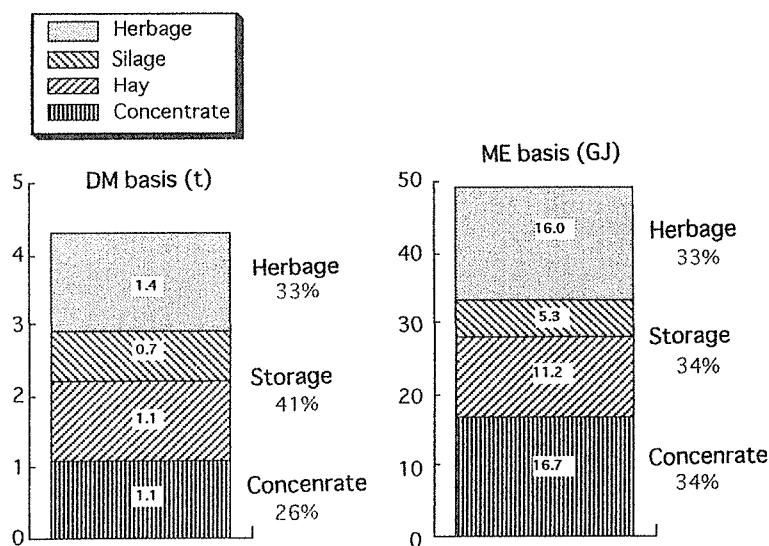


Figure 3. Feed consumption during growing and fattening periods

哺育期を除く育成期から出荷までの総飼料消費量を図3に示した。これを枝肉生産1kg当た

りに換算すると、放牧草、貯蔵飼料および濃厚飼料の消費量は乾物でそれぞれ5.6、7.2および4.5kg、MEでそれぞれ66、68および69MJであり、MEベースでみるとほぼ1/3づつとなっている。濃厚飼料の消費量は約5 kgであるが、これは濃厚飼料主体の肉牛生産での消費量³⁾に比べ1/3程度である。

以上のように、当场での牛肉生産は人間が直接利用できる穀類の使用量が少ない点で今後予測される食料問題の観点からみると優れた方式といえるが、生産性の面ではとくに育成期の飼養方法に改善の余地がある。生産された枝肉の市場価値は高くないが、現状の取引基準にとらわれずに粗飼料主体生産での産肉特性を積極的に生かす方向で付加価値を高めていくことが重要と考えられる。このような観点から、具体的な問題について触れてみたい。

2. 粗飼料の利用性向上

既に述べたように当场の増体成績は育成期で低いが、これは栄養価の高い母乳や濃厚飼料が給与される哺育期・肥育期に比べ、貯蔵飼料・放牧草が主体となる育成期の増体は給与飼料の種類や質によって影響を受けやすいためと考えられる。表3に、育成期で想定される放牧草およびサイレージを基礎飼料としたいいくつかの飼料構成での消化率と増体を調べた当场の試験成績⁷⁾を示した。代謝体重当たりの乾物摂取量はいずれの飼料構成でもあまり変わりはないが、日増体量と消化率に大きな違いが認められ、サイレージ給与は放牧草給与に比べて低く、乾草や濃厚飼料の添加によって向上する傾向がみられる。このような給与飼料に対する利用性の違いに飼料のCP含量が密接に関係しており、図4・5に示すように飼料中CP含量の増加に伴って消化率と増体量は向上し、CP含量が15%付近で最も高い値を示している。Galyeanら⁵⁾も飼料のCP含量を12%から16%まで高めることによって育成牛の乾物摂取量と日増体量が直線的に増加したと同様のことを報告しており、給与飼料のCP含量を適性に保つことの重要性を指摘している。

粗飼料に対するCPの添加はとくにサイレージで効果が高いことが数多く報告^{6, 14, 15, 22)}されており、サイレージでは可溶性窒素の比率が高いことに関係があると考えられる。Petit and Flipot¹⁵⁾は、乾草とグラスサイレージに対する魚粉の添加効果を検討し、グラスサイレージでは魚粉添加により乾物摂取量と日増体量が増加したのに対し乾草ではそのような効果は認められなかったことを報じている。添加するCP源について、Veiraら²²⁾はグラスサイレージに対する大豆粕と魚粉の添加効果を比較し、CPの添加量に伴って乾物摂取量と日増体量が直線的に増加することを認め、CPとしての添加量が同じであれば大豆粕と魚粉でそれらの効果に違いはなかったとしている。さらに、Grundyら⁸⁾はコーンサイレージに対するナタネ油粕、グルテンおよび魚粉の添加効果を調べ、植物性蛋白質飼料の増体量を高める効果は魚粕の93%程度であり、CP源の価格を考慮すると十分に利用する意味があるとしている。また糖質源の添加も検討されているがその効果は小さいとみられ、Petitら¹⁴⁾はグラスサイレージ

Table 3. Intake, growth rate and digestibility of growing cattle fed with different type of feed

	Feed types [#]				
	P	PH	S	SH	CSH
Ingredient (%DM)					
Pasturage	100	74	-	-	-
Silage	-	-	100	59	28
Hay	-	26	-	41	52
Concentrate	-	-	-	-	20
Chemical composition					
Dry matter (%FM)	21.2	26.2	42.1	51.4	61.8
Crude protein (%DM)	17.0	13.3	9.9	9.4	11.2
Cell wall content (%DM)	50.5	61.7	72.7	62.9	58.1
Gross energy (NJ/kgDM)	19.0	18.3	17.1	18.0	18.3
Dry matter intake (g/MBS/d)	107	104	100	99	104
Growth rate (kg/d)	0.64	0.91	0.35	0.49	0.63
Digestibility (%)					
Dry matter	76	69	50	61	67
Crude protein	73	67	44	50	62
Cell wall content	70	68	49	58	62
Gross energy	74	68	50	59	66

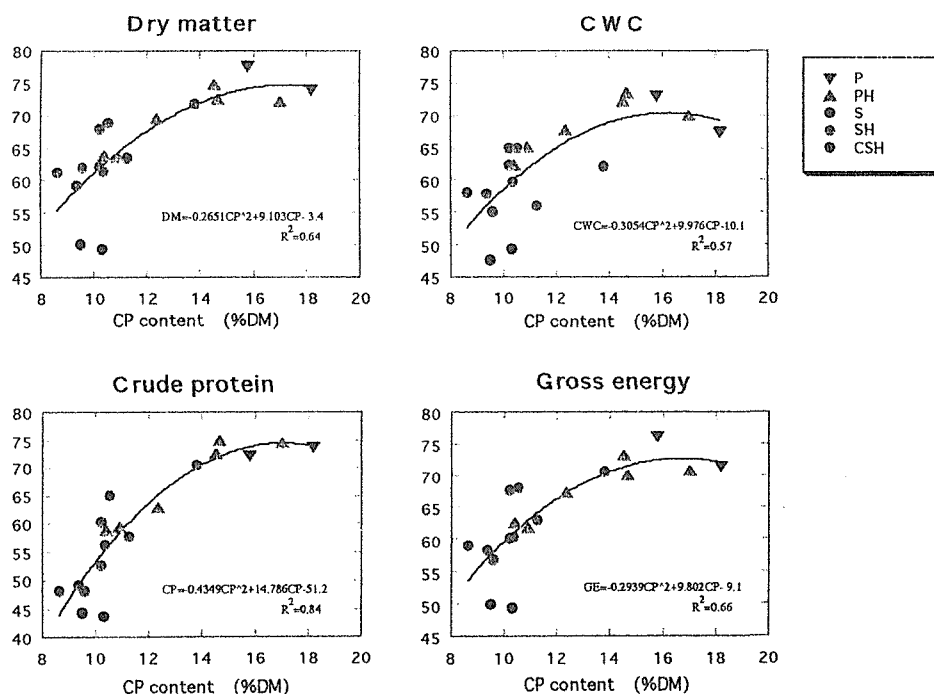


Figure 4. Relationship between digestibility and CP content of feed

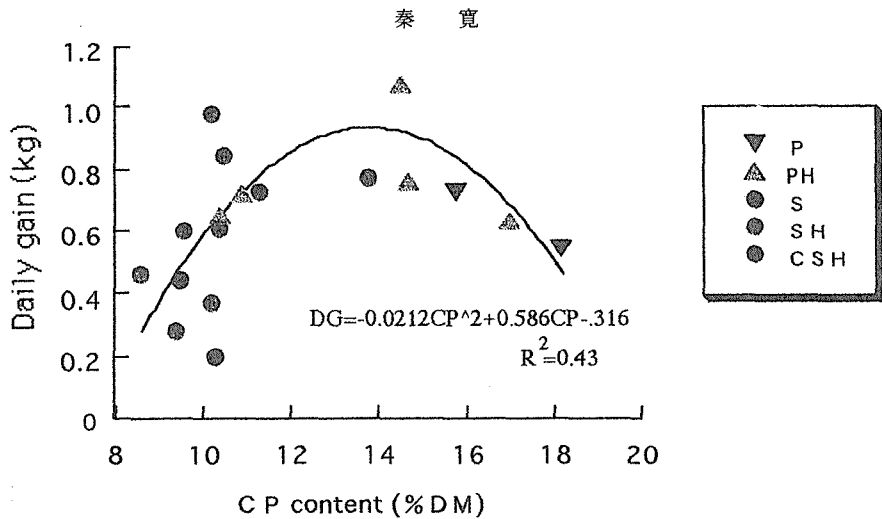


Figure 5. Relationship between growth rate and CP content of feed

のみを給与した牛に比べてCanola mealを添加した牛では乾物摂取量と日増体量が増加したが、糖蜜の添加ではそのような効果はみられなかったとしている。

粗飼料主体生産においても粗飼料の利用性を高めるために各種の濃厚飼料を用いることが重要であり、とくにサイレージ給与が主体となる舎飼育成の増体量向上に有効と考えられる。

3. 粗飼料主体生産での産肉特性

放牧飼養した牛の体構成・体組成は、濃厚飼料主体で舎飼した牛とは異なることが認められている。表4に、放牧飼養した育成牛の体構成と臓器重量を同体重・同月齢の濃厚飼料主体で舎飼した育成牛と比較した当場の試験成績⁸⁾を示した。放牧育成牛は舎飼育成牛に比べて枝肉重量が小さく内臓重量が大きくなり、各臓器では肺、肝臓、腎臓、第1・2胃、第4胃および小腸が有意に重くなっている。Ozutsumiら¹⁸⁾は山岳傾斜草地で放牧育成した牛と濃厚飼料主体で舎飼育成した牛を肥育した後に屠殺して臓器重量を調べ、放牧育成牛で心臓、脾臓および第4胃重量が大きくなったが他の器官重量には有意差はなかったとしている。育成期の放牧によって生じた臓器重量の違いは、その後の濃厚飼料が多給される肥育期に縮小すると推察される。

放牧で育成肥育した牛・羊は、枝肉中の脂肪割合が少なく赤肉割合が高いことが報告^{4, 10, 12, 13)}されている。これらの研究では放牧家畜の増体速度は相対的に低く、家畜の成長速度が脂肪蓄積と体組成に影響を及ぼすこと²³⁾から、放牧家畜の低い増体が体組成を変化させる一つの要因として考えられる。しかし、増体速度とは別に放牧そのものが体組成に直接的な影響を及ぼしている可能性があり、増体速度を同じにした条件でも表4に示すように放牧育成牛は枝肉・内臓中の脂肪含量が少なく蛋白質含量が高いことが当場の研究⁸⁾で認められる。

Table 4. Components of empty body weight, weight of abdominal organ, chemical composition of carcass and organs - digestive tract in steers fed with grazing and high concentrate feeding

	Grazing	Control [#]
Live weight(kg)	259	259
Empty body weight(kg)	200	206
Proportion in empty body weight(%)		
Carcass	59.1 ^a	61.1 ^b
Organs and digestive tract	17.9 ^b	15.3 ^a
Skin and hair	6.7	7.1
head and legs	9.6	10.0
Blood	6.7	6.5
Weights of abdominal organs (kg)		
Heart	1.11	1.15
Lungs	2.85 ^b	2.49 ^a
Liver	3.99 ^b	3.26 ^a
Spleen	0.48	0.46
Pancreas	0.36	0.34
kidneys	0.95 ^b	0.73 ^a
Reticulo-rumen	5.89 ^b	4.90 ^a
Omasum	1.87 ^b	1.67 ^a
Abomasum	1.12 ^b	0.85 ^a
Small intestine	5.96 ^b	5.08 ^a
Large intestine	3.23	3.32
Chemical composition in carcass		
Protein (%)	21.1 ^b	19.2 ^a
Fat (%)	6.8	9.0
Ash (%)	5.6	5.5
Moisture (%)	66.6	66.3
Energy (MJ/kg)	7.78	8.26
Chemical composition in organs and digestive tract		
Protein (%)	13.3	13.0
Fat (%)	10.0 ^a	14.9 ^b
Ash (%)	1.4	1.4
Moisture(%)	75.3 ^b	70.8 ^a
Energy (MJ/kg)	7.55 ^b	9.56 ^c

[#] High concentrate feeding in barn^a, ^b : P < 0.05

さらに、この試験では放牧育成牛は舎飼育成牛に比べて血中のインスリンとIGF-1濃度が低く成長ホルモン濃度が高いことが認められており、放牧飼養では内分泌系を介して栄養素の体

内配分が変化する可能性が示唆される。

放牧による体組成の変化に運動の要因が関与していることが、トレッドミルを用いた研究^{1), 11), 19)}で示されている。Pethick¹⁹⁾は羊の枝肉組成に及ぼす栄養と運動の影響を検討し、栄養摂取量が同一の条件では運動を负荷した羊で脂肪量が少なくなること、また増体速度が同じ条件でも運動を负荷した羊で脂肪が少ないことを報告している。家禽での研究ではあるが、Laurantら¹¹⁾は運動量の増加に伴って筋肉組織が肥大し、体蛋白質含量が増加することを認めている。青木¹⁾は長期間にわたり運動を负荷した牛は終日スタンションストールに繋留した牛に比べ採食後のインスリン濃度の上昇が小さいことを認め、内分泌面から運動の関与を指摘している。

一方、放牧による体組成の変化と同様のことが舎飼で粗飼料を多給した牛でも認められ、運動の要因の他に飼料の要因も関与していることが示唆される。Bailey²⁾はDE摂取量を同一になるように濃厚飼料主体および乾草のみで飼育した育成牛の体組成をトリチウム希釈法で測定し、体重が同じでも乾草のみで飼育した牛では脂肪割合が低く蛋白質・水分割合が高いことを報じている。粗飼料多給によるこのような変化は、濃厚飼料主体飼養ではでんぷん質などの非構造性炭水化物が主要なエネルギー源となるのに対し、粗飼料主体飼養では繊維質が主要なエネルギー源となることに関係しているかも知れない。牛は反芻胃で産生される酢酸、プロピオン酸、酪酸などのVFAをエネルギー源として利用するが、反芻胃内のVFA組成は給与飼料によって異なり、濃厚飼料主体飼養では粗飼料主体飼養に比べてプロピオン酸割合が高くなることが知られている。Oshibeら¹⁰⁾はプロピオン酸の反芻胃内注入によって血漿中の成長ホルモン濃度が低下し、インスリン濃度が高まることを報告している。これらのことから給与飼料のエネルギー源の違いは代謝調節ホルモンを介して摂取エネルギーの体内配分、とくに脂肪蓄積への配分を変化させ、牛の体組成に影響を及ぼす可能性が考えられる。

放牧の影響は体構成・体組成だけでなく、筋肉や脂肪などの組織レベルの性状にも及ぶことが報告されている。Ozutsumi and Okada¹⁷⁾は放牧育成が牛の筋繊維の型および太さに及ぼす影響について調べ、放牧育成牛では赤色筋繊維／白色筋繊維の比が舎飼育成牛より高く筋繊維が細い傾向を認め、さらに肥育後においても胸最長筋は舎飼育成牛に比べ大きくより細かい筋繊維から構成されていることから放牧育成が肉質の改善に役立つとしている。

放牧飼養によって人間の健康や病気に有効であることが認められている ω -3系脂肪酸の体脂肪中含量が高まることが報告されている。常石ら²⁰⁾は放牧飼養した牛の体脂肪および筋肉の脂肪酸組成について不飽和脂肪酸全体の割合は低いが α -リノレン酸(C18:3)をはじめとする ω -3系の脂肪酸割合は高いこと示し、これは牧草は穀実に比べて多くのC18:3を含み、C18:3がさらに高炭素鎖のエイコサペンタエン酸(EAP)、ドコサヘキサエン酸(DHA)など ω -3系脂肪酸の前駆物質であるためとしている。しかし、放牧育成牛においても濃厚飼料多給の仕上げ肥育を長期間おこなうと、蓄積脂肪や筋肉の脂肪酸組成において不

飽和脂肪酸の上昇と $\omega-3$ 系の脂肪酸割合に低下が認められることが報告²¹⁾されている。

育成期に放牧を取り入れる粗飼料主体生産において、放牧育成がもつこれらの特性を積極的に生かす方向での肥育方式の検討が今後の課題になると思われる。

文 献

- 1) 青木康浩、放牧が肉用牛の物質代謝に及ぼす影響、畜産の研究、50巻：1007-1012、1996.
- 2) Bailey, C. B., Rate and efficiency of gain, body composition, nitrogen metabolism, and blood composition of growing Holstein steers given diets of roughage or concentrate. Canadian J. Anim. Sci., 6 : 707-725. 1989.
- 3) Blum, J. W., W. Schnyder, P. L. Kunz, A. K. Blom, H. Bikel and A. Schurch, Reduced and compensatory growth : Endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers. J. Nutr., 115 : 417-424. 1985.
- 4) Dufrasne, I., M. Gielen, P. Limbourg, C. Van Eenaeme and L. Istasse, Effects of a grazing period on performance of finishing bulls: Comparison with an indoor finishing system. Anim. Sci., 60 : 75-80. 1995
- 5) Galyean, M. L., L. J. Perino and G. C. Duff, Interaction of cattle health/immunity and nutrition. J. Anim. Sci., 77 : 1120-1134. 1999
- 6) Grundy, H. F., K. P. A. Wheeler and R. Hardy, Rapeseed meal, maize - gluten feed and fish meal as protein supplements for maize silage given to growing/finishing Limousin $\times$ Holstein Friesian bulls, Animal Science, 63 : 223-228. 1996
- 7) 秦 寛・小川喜代・中辻浩喜・諸岡敏生・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司、乳用雌牛の粗飼料多給育成における飼料構成が飼料摂取量、消化率、窒素出納および増体量に及ぼす影響、第91回日本畜産学会大会講演要旨、33、1996.
- 8) 秦 寛・金子聡一・新宮裕子・稲葉弘之・河合正人・小竹森訓央、大久保正彦・井上初音・李 洪求・松長延吉・日高 智・桑山秀人・左 久、放牧飼養が肉用育成牛の体組成に及ぼす影響、第94回日本畜産学会大会講演要旨、57、1998.
- 9) ホクレン、北海道における乳用去勢肉牛の生産技術と経営、ホクレン、札幌、1986.
- 10) 小竹森訓央、牧草を主体とした乳用去勢牛の育成・肥育に関する研究、北海道大学農学部牧場報告、第8号：1-83、1972.
- 11) Laurant, G. J., M. P. Sparrow and D. J. Millward, Turnover of muscle protein in the fowl: Changes in rates of protein synthesis and breakdown during hypertrophy of the anterior and posterior latissimus dorsi muscles. Biochem. J., 176 : 407-1978.
- 12) McClure, K. E., M. B. Solomon, N. A. Parrett and R. W. Van Keuren, Growth and tissue accretion of fed concentrate in drylot, grazed on alfalfa or ryegrass at weaning, or after backgrounding ryegrass. J. Anim. Sci., 73 : 3437-3444. 1995.
- 13) McClure, K. E., R. W. Van Keuren and P. G. Althouse, Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed orchardgrass, ryegrass, or alfalfa or fed all - concentrate diets in drylot. J. Anim. Sci., 72 : 3230-3237. 1994.
- 14) Petit, H. V. and P. M. Flipot, Source and feeding level of nitrogen on growth and carcass characteristics of beef steers fed grass as hay or silage. J. Anim. Sci., 70 : 867-875. 1992.
- 15) Petit, H. V., D. M. Veira and Y. Yu, Growth and carcass characteristics of beef steers fed silage and different levels of energy with or without protein supplementation. J. Anim. Sci., 72 : 3221-3229. 1994
- 16) Oshibe, A., K. Hodate, M. Ogawa, A. Yamada and T. Masubuchi, Effect of intraruminal injection on plasma concentrations of growth hormone and insulin in cattle. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst., 40 : 91-97. 1989.
- 17) Ozutsumi, K. and M. Okada, The effects of mountainous grazing on type and cross - sectional area of muscle fiber in Holstein steers. Jpn. J. Zootech. Sci., 58 : 741-748. 1981.
- 18) Ozutsumi, K., M. Okada, T. Yamazaki, N. Kawakami and M. Usui, The effects of rearing feeder cattle in mountainous regions on organs and carcass and meat composition after finishing. Jpn. J. Zootech. Sci., 58 : 553-558. 1982
- 19) Pethick, D. W. and J. B. Bowe, The effects of nutrition and exercise on carcass parameters and the level of glycogen in skeletal muscle of Merino sheep. Aust. J. Agric. Res., 47 : 525-

537. 1996.
- 20) 常石英作・滝本勇治・西村宏一・渡辺彰・武田尚人、放牧飼養が肉牛の体脂肪および筋肉の脂肪酸組成に及ぼす影響、日畜会報、59巻：614－618. 1988.
 - 21) 常石英作・西村宏一・滝本勇治、放牧後の濃厚飼料多給仕上げ肥育による牛脂肪の脂肪酸組成の変化、日畜会報、60巻：315－320. 1989.
 - 22) Veira, D. M., G. Butler, J. G. Proulx and L. M. Poste, Utilization of grass silage by cattle: Effect of supplementation with different source and amonunts of protein. *J. Anim. Sci.*, 72 : 1403－1408. 1994
 - 23) Yelich, J. V., R. P. Wettemann, H. G. Dolezal, K. S. Lusby, D. K. Bishop and L. J. Spicer, Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin - like growth factor 1, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 73 : 2390－2405. 1995.
 - 24) 善林明治、ビーフプロダクション、P16－82. 養賢堂. 東京. 1994.