

放牧地における日本短角種雌牛の
子牛哺育能力に関する研究

Study on nursing ability of Japanese Shorthorn cows
in grazing land

2015.2

岩手大学大学院
連合農学研究科
生物生産科学専攻
(弘前大学)

山 口 学

目次

第一章 序論	頁
第一節 日本短角種の子牛生産能力および放牧適性	2
第二節 牛肉輸入自由化以降の日本短角種の置かれた状況	5
第三節 研究目的	14
第二章 放牧地で日本短角種母牛により分娩・哺育される夏子生産方式の日本短角種子牛の発育特性	
第一節 緒言	19
第二節 材料および方法	21
第三節 結果	23
第四節 考察	35
第五節 小括	39
第三章 放牧地において日本短角種母牛により分娩・哺育される黒毛和種胚移植子牛の発育特性	
第一節 緒言	41
第二節 材料および方法	43
第三節 結果	46
第四節 考察	56
第五節 小括	61

第四章	放牧地において哺育・育成中の日本短角種母牛、ならびに日本短角種子牛と胚移植による黒毛和種子牛の血中代謝成分の経時的変化	
第一節	緒言	64
第二節	材料および方法	66
第三節	結果	68
第四節	考察	79
第五節	小括	83
第五章	総合考察	84
	要約	88
	謝辞	94
	引用文献	95

第一章

序論

第一節 日本短角種の子牛生産能力および放牧適性

日本短角種は、黒毛和種、褐毛和種、無角和種とならぶ和牛の一品種であり、北東北において確立された唯一の和牛である。日本短角種の改良は、北東北で古くから物資輸送の荷役牛として飼養されてきた在来種の南部牛に、明治4年（1871年）以降、海外から導入されたショートホーン種との交雑により行われた。この交雑育種の目標は体格を大型化して、搾乳と肥育の能力を賦与することであった。これらと併せて、北東北の厳しい自然環境下に適応するように改良が続けられ、昭和32年（1957年）、和牛で最も新しい品種として成立した（高安 1983）。日本短角種は寒さに強く、中山間地域の放牧に適しており、泌乳量が多いことから子牛を育てることに優れている（日本短角種登録協会 1980, 1990）。

その飼養方法としては、夏期の放牧と冬期の舎飼いを組み合わせた夏山冬里方式が行われ、多くの日本短角種の子牛は3月～4月に牛舎において誕生する。5月中旬から秋にかけて母子で放牧され、放牧地で母牛は子育てしつつ、種雄牛との自然交配により、次の妊娠をする。自然交配（まき牛繁殖）は6～7月に雌牛50頭前後と種雄牛1頭の群れで行われ、自然交配による受胎率は90%以上と高い（谷地 1981）。一方、人工授精の実施率は10%未満である。従って、繁殖管理が省力的であり、放牧期間中、飼い主は畑作など他の農作業に従事、または農業以外の仕事に従事して収入を得ることが可能である。

日本短角種の180日間の泌乳量は1,500～2,000 kg（寺田ら 1979, 新渡戸ら 1981, 集治ら 1997, 新宮ら 2002）であり、黒毛和種の500～1,000 kg（久馬ら 1976, 1979, 寺田ら 1979, Shimadaら 1991, 島田ら 1993, 新宮ら 2002）よりも約2倍の泌乳能力を有する。放牧期間中、日本短角種母牛と母子放牧する日本短角種子牛は母乳と放牧草のみで大きく育つ。晩秋には終牧（山下げ）を行い、子牛は市場で売られ、母牛のみを畜舎で冬期飼養する。このように労

力を掛けないで、山下げ時には母牛が立派に大きく育った子牛を連れてくることから「きのことり子牛生産」といわれる（日本短角種登録協会 1980）。

本飼養方式は、北東北の厳しい自然条件，社会・経済条件に適応するように長い年月をかけて作り上げられてきたもので，日本短角種の生産は自然と折り合った農業生産の典型である。また，北東北の自然，風土，文化に協調して形作られてきた伝統的な生業ともいえる。この飼養方式は今日まで大きく変化することなく引き継がれ，日本短角種は北東北の中山間地域の活性化，草・土地資源の有効利用や里山の環境保全などに重要な役割を担っている。

母子放牧は穀物飼料の利用量が少なく，糞尿は草地に還元される循環型の生産体系である。現在，国内の牛肉生産の大半は通年牛舎内で飼養され，主に輸入されたトウモロコシなどの配合飼料を利用して行われている。近年は粗飼料の輸入依存度も高まっている。平成 25 年度の飼料自給率は 26%と極めて低い状況であり，このような牛肉生産は糞尿などの環境汚染の問題も抱えている。一方，日本短角種の肥育は多くの場合，他の肉用牛と同様，舎飼いで配合飼料を多給して行われているが，一部では日本短角種の放牧適性を活かし，肥育期間に放牧が行われている。また，地域で自給できる牧草のロールバールラップサイレージや南部小麦フスマ，リンゴ絞り粕を給与する肥育技術（村元ら 2005）や肥育全期間を通して自給粗飼料を飽食給与する肥育技術（岩手畜研 2004）が開発されている。さらに久慈市山形町の「国産飼料 100%の 2 シーズン放牧短角牛の取り組み」や青森県七戸畜産農業協同組合の「完全有機牛肉生産の試み」など，それぞれ独自の工夫を凝らした牛肉生産も行われている（山岸 2007）。このような地域飼料資源の最大限に活用する牛肉生産は，飼料の自給率向上に貢献する。また，ライフサイクルアセスメントの手法を用いて，地域飼料資源を利用する牛肉生産は，輸入飼料の使用量が少ないほど，地球温暖化および酸性化負荷も低くなると評価されている（近藤ら 2007）。

日本短角種の肉質は黒毛和種と比較して脂肪交雑が入りにくく，枝肉の格付

けで A2 や B2 といった評価を受けている。しかし，山下（2004）は利用者として，肉質は現状でも十分であると評価している。さらに地域の食材として地元で愛され，かつ有力な観光資源として活用できる可能性を指摘している。また，日本短角種牛肉について流通や消費者の立場での評価が行われている（大橋ら 2006，佐藤 2007）。岩手県盛岡市在住の消費者のアンケートでは，日本短角種牛肉に対するイメージとして「岩手県の特産」とする回答が最も多い（川手ら 2000）。近年，地域独自の農産物の多様性を残していこうとする活動は盛んになっており，多くの団体が日本短角種の生産維持を支持している。また，日本短角種牛肉は，地域食材としての注目度が高まり，マスコミ，雑誌などに取り上げられる頻度が年々増加している。

生物多様性は景観維持の観点から重要な課題である。北東北では古くから牛馬の放牧により独特の草地生態系と美しい草地景観が形成されてきた。こうした牧野の一部は，様々な生物の生息場となっている。日本短角種が放牧されている草地について，植物の多様性（東山 2007）や絶滅危惧種の蝶（吉田 2007）への好ましい影響が示されている。また，仮想市場評価法を用いて，日本短角種の放牧地におけるレクリエーション機能が評価されている（大橋 2004）。近年はレクリエーションなどが目的で北東北の牧野を訪れる人も増え，地域の活性化に繋がっている。このように放牧適性に優れる日本短角種は，中山間地域の活性化，飼料自給率の向上，地域独自の食文化の維持，牧野環境の保全など多面的な機能を有している。

第二節 牛肉輸入自由化以降の日本短角種の置かれた状況

しかし、こうした日本短角種が有する多面的機能は日本の市場において十分には評価されていない。かつて 1970 年代に日本の肉専用種における日本短角種のシェアは約 3%を占めていたが、現在は 1%にも満たない厳しい状況になっている。図 1-1 と図 1-2 は日本短角種の最大産地である岩手県の日本短角種繁殖牛の飼養戸数および飼養頭数の推移である。1991 年に岩手県の日本短角種繁殖牛の飼養戸数は 2,285 戸、飼養頭数は 10,502 頭であったが、1991 年を境に飼養戸数、飼養頭数が大きく減少した。1995 年までの 5 年間で、1991 年当時の 42.7%に当たる約 1,000 戸が日本短角種繁殖飼養から撤退した。また、日本短角種繁殖牛の飼養頭数についても、1991 年当時の 42.5%に当たる約 4,500 頭が岩手の中山間地域から姿を消したことになる。この背景には平成 3 年（1991 年）から始まった牛肉輸入自由化がある。輸入される牛肉は脂肪交雑の少ない赤身肉を主体としたものである。そこで、輸入牛肉と差別化するため、枝肉の格付けにおいて脂肪交雑（霜降り）を重視する傾向が強くなった。日本短角種は黒毛和種に比べて脂肪交雑が入りにくく、赤身肉が主体である（Muramoto ら 2004）。黒毛和種以外の日本短角種を含む国内産牛肉は、安い輸入牛肉と競合することになった。さらに 1990 年からの急激な円高により輸入牛肉が急増した影響もあり、日本短角種の子牛価格は急落した（図 1-3）。特に 1993 年と 1994 年には 10 万円を大きく割り込んでいる。このような状況は日本短角種飼養農家の生産意欲を削ぎ、休廃業や黒毛和種への転換を進行させたと考えられる。

このような状況の中で、日本短角種繁殖牛の飼養を継続した農家の一部では、子牛に付加価値をつけようと黒毛和種との和牛間交雑種子牛の生産が行われた（図 1-4）。1998 年と 1999 年には日本短角種の子牛価格が再び 10 万円を大きく割り込んだのに対して、和牛間交雑種子牛は 13~14 万円と日本短角種子牛を大きく上回った（図 1-5）。これを引き金に和牛間交雑種子牛への切り替えが一

気に進んだと考えられる。2001年と2002年には和牛間交雑種子牛の出荷頭数が日本短角種子牛を上回り、日本短角種の存続を危惧した報告もある（山下2004）。しかし、2007年以降、和牛間交雑種子牛の需要減少に伴い、その出荷頭数が減少し、逆に日本短角種子牛への回帰が顕著となっている。回帰を可能とした理由として以下のことが推察される。和牛間交雑種子牛の生産は、まき牛繁殖（自然交配）に日本短角種の種雄牛の代わりに黒毛和種の種雄牛を用いて行われる。生まれてきた和牛間交雑種子牛は日本短角種母牛と母子放牧する従来の日本短角種子牛の生産と同じ夏山冬里の飼養方式が継続されていたことが、日本短角種繁殖牛の飼養戸数、飼養頭数の減少速度を緩和したとも考えられる。

政府は牛肉の輸入自由化に際して、甚大な影響を防ぎ、緩和する目的で「肉用子牛生産者補給金制度（肉用牛子牛不足払い制度）」を発足させた。補給金制度は子牛の市場価格平均が基準価格を下回った場合、基準価格と市場価格平均の差額を補填する制度である。日本短角種の保証基準価格は204,000円である。この補給金により繁殖農家は支えられ、かろうじて生産が維持されてきたといえる。また、高齢者は労働費が不十分でも副業として行っていること、あるいは牛を飼うことによる堆肥作りや生き甲斐といった非経済的な要因も経営が継続されてきた理由として挙げられている（安藤2001）。

2002年以降、日本短角種子牛の市場価格が20万円を超える年が多く見られるようになった。2001年の国内でのBSE発生、さらに2003年の米国でのBSE発生に伴う米国産牛肉の輸入が停止する中、安全、安心な日本短角種牛肉への需要が高まったためと考えられる。しかし、保証基準価格を超える市場価格が続いたにも関わらず日本短角種子牛の出荷頭数は減少した。この要因は中山間地域の飼養者の高齢化や病気に伴って夏期の牧野組合への出役が困難になっていることが考えられる（藤森2010）。総頭数が大幅に少なくなったため、減少速度は緩やかになったが、現在も減少傾向は続いている。その結果、岩手県において日本短角種がほとんどいなくなった市町村も多く、いくつかの市町村へ

の飼養頭数の偏在が顕著になっている。岩手県内でも日本短角種の放牧風景はなかなか見られなくなっている。また、古くから牛が入ることで維持されてきた景観が、放牧頭数の減少とともに荒廃・森林化する事態が指摘されている（福田 2002，須山 2002，八木 2002）。

2009 年以降，再び日本短角種子牛の市場価格は保証基準価格を下回っている。消費者の BSE 問題への意識が薄れたことなどが影響したと考えられる。一方，広岡らの報告（2012）では，約 1/4 の女性は経済的に許されるのであれば，値段に関係なく赤身肉を選択するとしている。また，消費者は赤身肉について，全ての年代で 6 割以上が関心を持っているとされている（全国肉用牛振興基金協会 2013）。赤身肉である日本短角種独自の評価基準を確立し，評価基準について内外にきちんと示していくことが必要である（川手 2008）。従来の脂肪交雑が中心ではなく，多様な肥育様式・生産理念を評価できる新たな肉質評価法の取り組みも行われている（口田ら 2012）。

このように消費者の観点から，日本短角種牛肉の需要回復による子牛価格の上昇が期待される。それと同時に日本短角種の飼養農家が自ら取り組むことにより所得形成が確保され，増頭に繋がる技術も求められる。農畜産業振興機構（2012）の調査では日本短角種子牛の 1 頭当たりの生産費は 275,453 円となっている。日本短角種繁殖雌牛の飼養頭数別にこの生産費を比べると，1～4 頭が 411,231 円，5～9 頭が 399,520 円，10 頭以上が 236,527 円と差が大きい。岩手県における日本短角種繁殖雌牛の 1 戸当たりの平均飼養頭数は 5.7 頭である（図 1-6）。緩やかに増加しているものの，他の肉用牛の飼養規模に比べて伸び率が低いことが指摘されている。また，日本短角種繁殖牛の飼養農家を維持するためには，地域的な飼料生産・供給体制の確立が有効であるとされている（藤森 2010）。

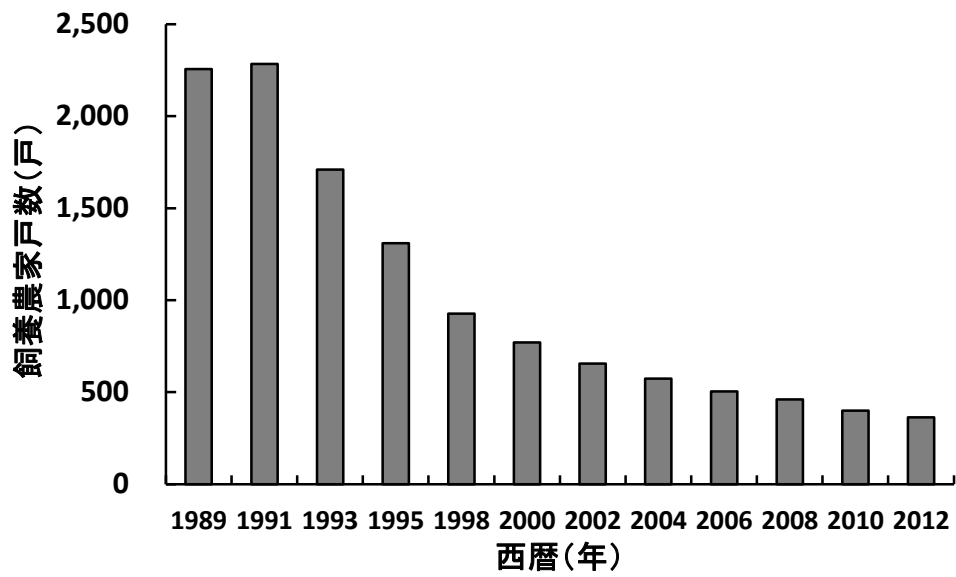


図 1-1. 岩手県における日本短角種繁殖牛の飼養農家戸数の推移.

資料：岩手県農林水産部畜産課.

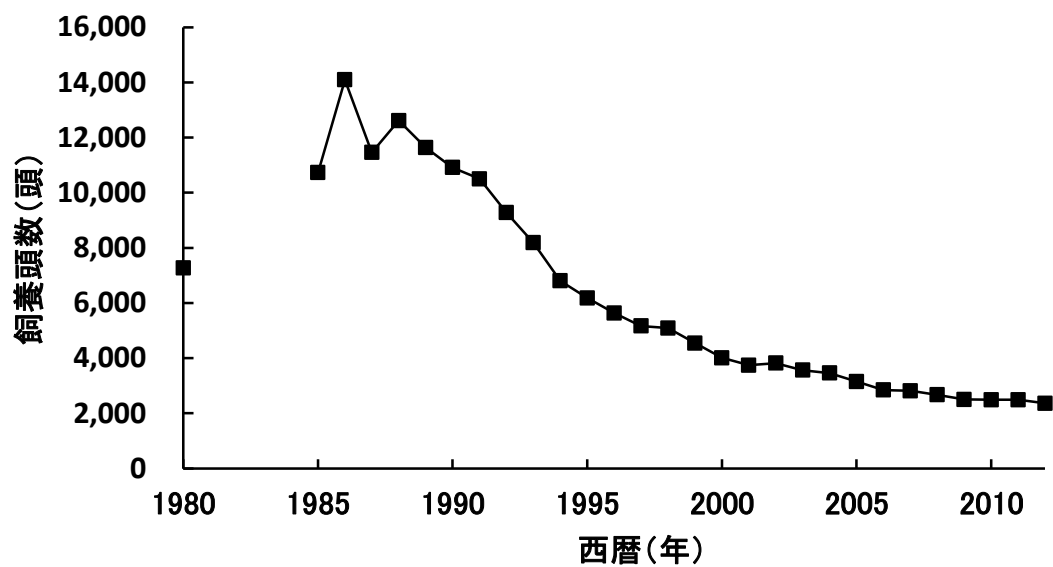


図 1-2. 岩手県における日本短角種繁殖牛の飼養頭数の推移.

資料：岩手県農林水産部畜産課.

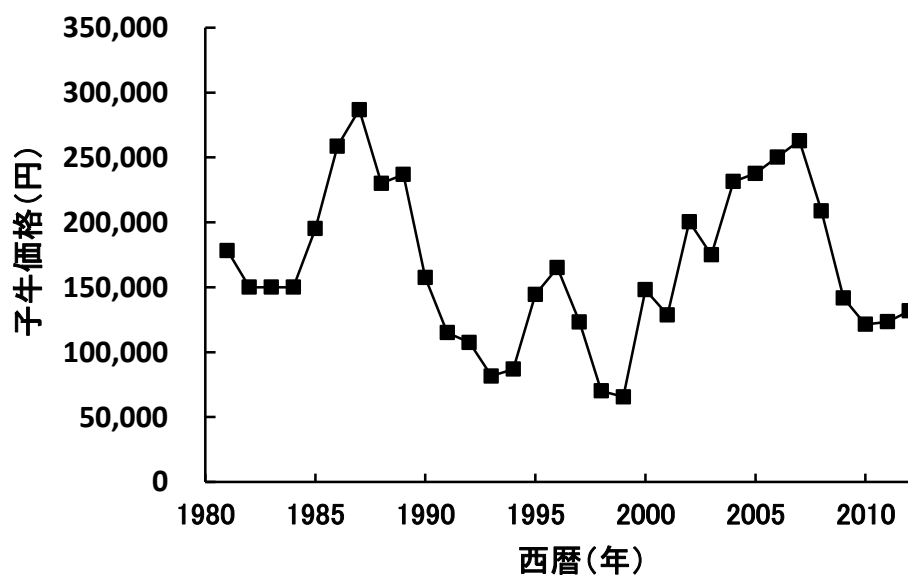


図 1-3. 岩手県の日本短角種子牛市場（10月市場のみ）における
日本短角種子牛の取引価格の推移。

資料：99年以降は岩手県畜産協会ホームページ。

98年以前は全国肉用牛振興基金協会。

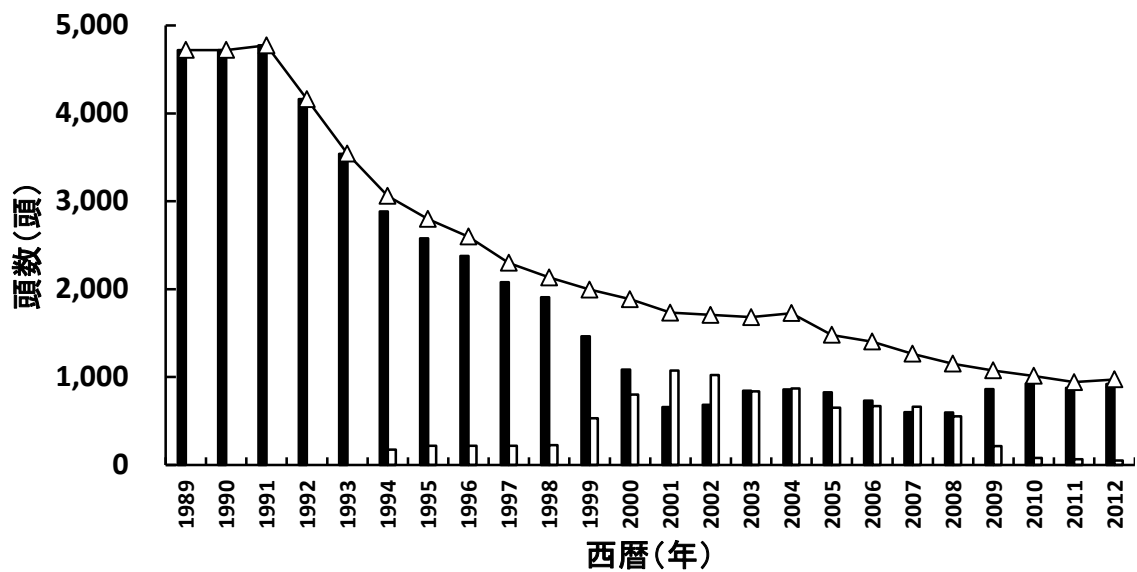


図 1-4. 岩手県の日本短角種子牛市場（10月市場のみ）における日本短角種
および和牛間交雑種の出荷頭数の推移。

日本短角種（■），和牛間交雑種（□），総出荷頭数（短角＋交雑）（—△—）。

資料：99年以降は岩手県畜産協会ホームページ。

98年以前は全国肉用牛振興基金協会。

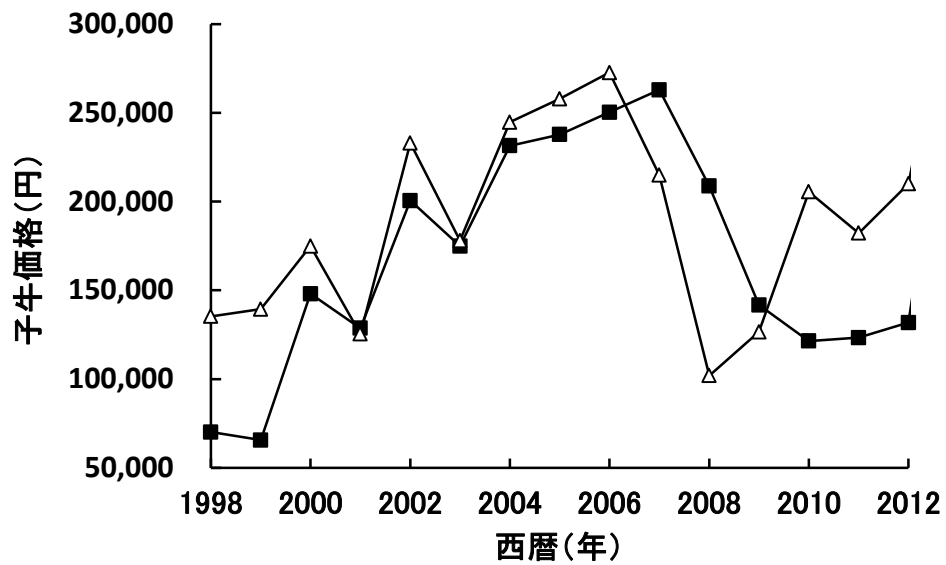


図 1-5. 岩手県の日本短角種子牛市場（10月市場のみ）における日本短角種
 および和牛間交雑種子牛の取引価格の推移。
 日本短角種（—■—），和牛間交雑種（—△—）。
 資料：岩手県畜産協会ホームページ。

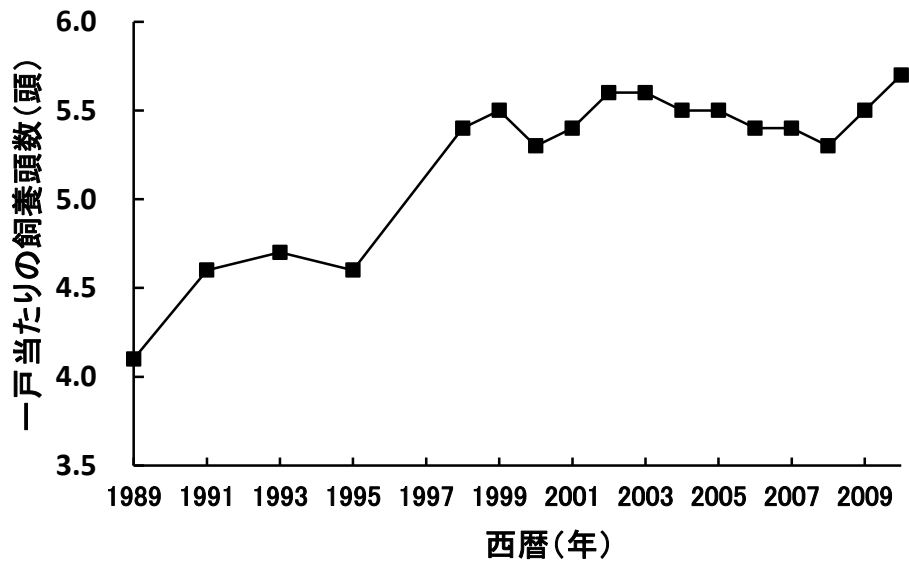


図 1-6. 岩手県における日本短角種繁殖牛の飼養農家一戸当たりの飼養頭数の推移.

資料：岩手県農林水産部畜産課.

第三節 研究目的

牛肉へのニーズの多様化により、赤身肉の需要が高まり、赤身主体の和牛である日本短角種牛肉が注目されている。しかし、日本短角種の特性を活かした母子放牧、種雄牛による自然交配などの飼養形態は必然的に季節繁殖になるため、子牛の生産時期が偏るという問題がある(日本短角種登録協会 1980, 1990)。岩手県において日本短角種子牛市場は10月、1月、4月の年3回開催されているが、年間出荷頭数の80%以上は10月市場に出荷される(図1-7)。子牛の生産、出荷時期が偏るということは、肥育後、肉として出荷される時期が偏ることになる。産地では肥育期間の調整で対応しているが、極端な場合は20ヵ月齢以下や30ヵ月齢以上の日本短角種肥育牛が出荷されることがあり、肉質の均質化や生産コストにも好ましくない影響をおよぼしている(山下 2004)。従って、子牛の生産時期の分散化は日本短角種牛肉の周年出荷および利用拡大に繋がると考えられる。日本短角種の特性である母子放牧、種雄牛による自然交配を活かしつつ、子牛の生産時期を分散化する方法として6~7月生まれ(夏子)が考えられるが、夏子生産に関する詳細な報告は見られない。そこで、第二章では放牧条件下で6~7月に生まれ、母子放牧した日本短角種子牛(夏子)と、通常の飼養条件である3~4月に牛舎で生まれ、5月頃から母子放牧した日本短角種子牛(春子)を比較することにより、夏子の発育特性について検討を行った。

一方、2008年から2012年の5年間において、子牛市場における黒毛和種と日本短角種の価格はキログラム当たり1,438円と619円であり、2倍以上の差があった(図1-8)。従って、収益性を向上させる技術として胚移植により市場価値の高い黒毛和種子牛生産を日本短角種の夏山冬里方式に融合させることも有効な手段と考えられる。胚移植では受胎牛固有の能力と比べてより優秀な能力を有する子牛の増産が可能となることが利点である。黒毛和種やホルスタイン種では優良子牛や種雄牛の生産に胚移植技術が積極的に活用されており、そ

の経済効果は極めて高い。胚移植により市場価値の高い黒毛和種産子を得ることで所得向上を図ろうとする試みは酪農経営を中心に行われており、経済性評価も報告されている（大石ら 1995, 山本ら 1997）。日本短角種においても、日本短角種を受胎牛として胚移植により市場価値の高い黒毛和種の子牛を生産し、母子放牧で育成する技術について経済性評価が報告されている（小梨ら 2003）。また、日本短角種を受胎牛として黒毛和種胚移植子牛を生産する現地実証例も報告されている（杉澤ら 2005, 岩手北部農業共済組合 2006）。肉用子牛の発育には母牛の泌乳量が大きく影響し、特に哺乳初期から前期にあたる 2~3 ヶ月齢までは両者の間に高い相関があるとする報告が多い（久馬ら 1976, 1979, 大石ら 1986, 島田ら 1993）。従って、日本短角種から生まれ、哺育した黒毛和種胚移植子牛は特に哺乳前期において良好な発育が期待できる。しかしながら、母子放牧において、日本短角種母牛に育てられた黒毛和種胚移植子牛の詳細な発育についての報告は見られない。そこで第三章では、日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育する黒毛和種胚移植子牛の初期発育について、放牧条件下において日本短角種母牛から自然交配によって生まれた日本短角種子牛および黒毛和種の一般的な飼い方である舎飼いで黒毛和種母牛に育てられた黒毛和種子牛の初期発育と比較した。

放牧飼養における子牛および母牛の栄養状態は、草種や草量および牛の採食行動に依存する。放牧中の牛の生産性は草地の状態、放牧方法および気象条件などによって大きく影響されるため、舎飼いに比べて栄養管理が難しい。従って、放牧地で日本短角種母牛から生まれ、哺育する日本短角種子牛、黒毛和種胚移植子牛および日本短角種母牛は、放牧草の季節変化などの影響を受けやすいと考えられる。母子放牧において適切に飼養するには、放牧期間を通じての母牛および子牛の栄養状態の経時的な変化を把握する必要がある。そこで第四章では、放牧条件下で生まれ、母子放牧した日本短角種子牛と黒毛和種胚移植子牛および日本短角種母牛の血中代謝成分の経時変化について検討した。

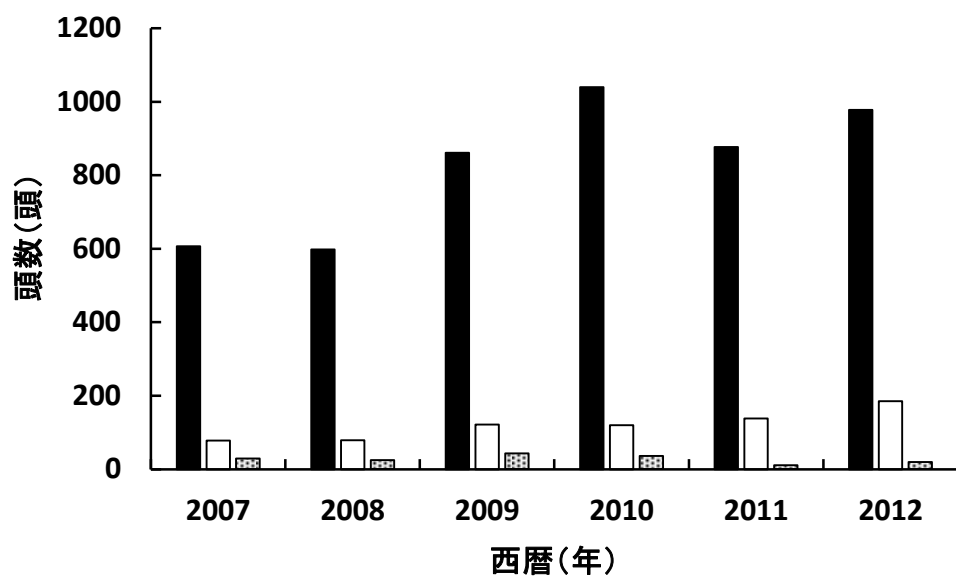


図 1-7. 岩手県の日本短角種子牛市場における開催日ごとの日本短角種
出荷頭数（和牛間交雑種を除く）の推移.

10月市場（■），1月市場（□），4月市場（▨）.

資料：岩手県畜産協会ホームページ.

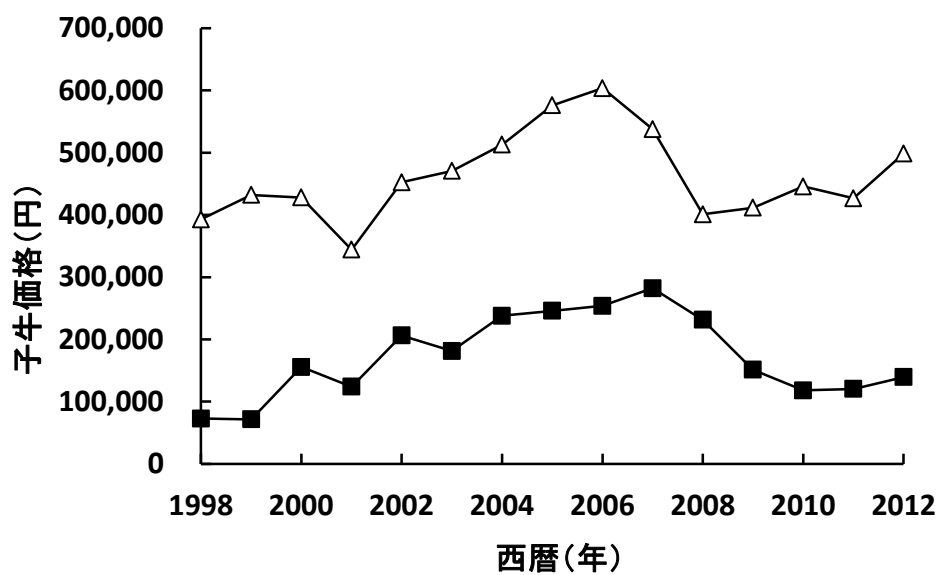


図 1-8. 岩手県の子牛家畜市場における日本短角種および黒毛和種の取引価格の推移.

日本短角種 (10月市場) (—■—), 黒毛和種 (11月市場) (—△—).

資料: 岩手県畜産協会ホームページ.

第二章

放牧地で日本短角種母牛により分娩・哺育される
夏子生産方式の日本短角種子牛の発育特性

第一節 緒言

放牧地における子牛の発育は様々な要因の影響を受ける（熊崎ら 1968, 福原ら 1973）。環境感作や運動量の増大は増体にマイナスに働くとされている（National Research Council 1981）。一般的に放牧を主体として生産された子牛は、舎飼いを主体として生産された子牛より発育が遅れるとされている（福原ら 1973）。母子放牧が一般的な日本短角種において、日本短角種の通常の飼養条件では 3~4 月に牛舎で生まれ、5 月頃から母子放牧される。3 月生まれの日本短角種子牛は 4 月生まれの日本短角種子牛よりも放牧地での発育が優れる傾向を示す。その理由として、入牧時日齢の小さい 4 月生まれの日本短角種子牛はまだ幼弱であり、広い放牧地を母牛と共に行動することは大きなストレスになると報告されている（松川ら 1979）。放牧地で生まれた日本短角種子牛の場合はさらに幼弱であるため、生後すぐに母牛と一緒に行動によるストレスは発育に影響することが考えられる。

一方、放牧地での分娩は、分娩が近い牛が自ら分娩場所を探し、他の牛から離れて静かに分娩する（Lidfors 1988, Rushen ら 2008）。上空が木や枝で覆われた高地の場所を選び、本能的に安全な場所を見つけて分娩するとされている（Lidfors ら 1994）。このような牛に任せた分娩環境はストレス軽減になり、事故を減らせることが期待できる。また、新鮮な生草はきれいに清掃した床よりも衛生的であり、子牛の疾病予防も期待できる。小澤（2001）は放牧では子牛の下痢はほとんど見られないとしている。永井ら（1994）は子牛の損耗を防止するために放牧地で分娩させ、その有効性を報告している。また、萬田（2008）は、放牧地分娩は下痢症の発症がほとんどなく、新生子牛の増体も改善され、さらに管理作業が大幅に節減されるとしている。しかしながら、放牧条件下で日本短角種母牛から生まれ、母子放牧した子牛の詳細な発育についての詳細な報告は見られない。そこで、放牧条件下で 6~7 月に生まれ、母子放牧した日本

短角種子牛（夏子）と、通常の飼養条件である3～4月に牛舎で生まれ、5月頃から母子放牧した日本短角種子牛（春子）を比較することにより、夏子の発育特性について検討を行った。

第二節 材料および方法

供試牛

放牧飼養下で6～7月に分娩し、母子放牧した日本短角種の母子10組（夏子区）を供試した。夏子区の日本短角種子牛は6月5日から7月6日の間に生まれた。対照として、牛舎で3～4月に分娩し、5月中旬から母子放牧した日本短角種母牛の母子7組（春子区）を用いた。春子区の日本短角種子牛は3月10日から4月19日の間に生まれた。子牛の性別は雄とした。日本短角種母牛の分娩時の年齢、体重、産歴の平均は、夏子区が 4.4 ± 1.5 歳、 696.4 ± 64.6 kg、 2.7 ± 0.9 、春子区が 3.8 ± 2.1 歳、 641.7 ± 110.8 kg、 2.3 ± 1.4 であった。両区の自然交配は同じ日本短角種の種雄牛を用いて実施した。夏子区の自然交配は9～10月、春子区は6～7月の間に行った。

飼養管理および体重、体尺測定

舎飼い期間中は、両区の母牛に東北農業研究センターで生産した牧草ロールサイレージを飽食給与した。朝、夕に1 kg ずつ補助飼料（配合飼料；可消化養分総量（TDN）68%，粗タンパク質（CP）15%）を給与した。また、春子区の日本短角種子牛には遊び食い程度（約200 g）の補助飼料（配合飼料；TDN 72%，CP 16%）を給与した。夏子区の日本短角種母牛は4月末から放牧を開始した。春子区は5月中旬から母子放牧を行った。夏子区、春子区の母子は同じ群で放牧した。放牧地はケンタッキーブルーグラスが主体の施肥管理した栽培草地およびシバが主体の無施肥管理した自然草地を用いた。のべ7.6 haを6つに分割してひとつずつ使用し、草量に応じて1～2週間ごとに転牧を行った。放牧期間中は、母子ともに補助飼料を無給与とした。舎飼いおよび放牧期間中、両区ともミネラル固形塩および水は自由摂取させた。体重測定は母子ともに毎週行った。体尺測定は子牛に対して毎月行い、測定項目は胸囲、胸深、腰角幅、かん

幅，体長および体高とした。

統計処理

生時から4ヵ月齢にかけて，試験区の子牛の1ヵ月ごとの日増体量および体重，胸囲，胸深，腰角幅，かん幅，体長，体高の月齢ごとの平均値と標準偏差を算出した。母牛の体重は，分娩直後の体重を基準として増減率を算出した。

$$\text{増減率} = (\text{体重} / \text{分娩直後の体重} - 1) \times 100$$

これらの測定項目に対する試験区の影響は SAS（ソフトウェア ver9.3）の GLM プロシージャーによる反復測定分散分析により解析した。試験区間または試験区×時間の交互作用に有意差が認められた場合，それぞれの項目における差について，Student's の t 検定または Tukey の多重検定を用いて有意差検定を行った。

結果

子牛の体重および日増体量の推移

生時から4ヵ月齢までの体重を図2-1に示した。夏子区の日本短角種子牛の生時体重は 45.5 ± 6.7 kgであり、春子区の平均値(43.8 ± 3.5 kg)を上回った。1ヵ月齢の体重は、夏子区が 83.9 ± 8.7 kg、春子区が 70.0 ± 6.5 kgであり、有意差($P < 0.01$)が認められた。1ヵ月齢以降の各月齢において、夏子区の体重は春子区よりも高く推移した。1ヵ月ごとの一日あたりの体重増加量(日増体量)を図2-2に示した。夏子区の生時から1ヵ月齢にかけての日増体量は 1.28 ± 0.16 kgであり、春子区の 0.88 ± 0.18 kgより有意($P < 0.01$)に大きかった。1ヵ月齢から2ヵ月齢にかけては、春子区の 1.20 ± 0.20 kgは夏子区の 1.04 ± 0.21 kgよりも大きくなった。2ヵ月齢から3ヵ月齢および3ヵ月齢から4ヵ月齢では夏子区の日増体量の方が大きかった。

子牛の体型の推移

夏子区の生時の胸囲(図2-3)は春子区よりも1.1 cm大きかった。夏子区の1ヵ月齢および2ヵ月齢の胸囲は 99.4 ± 4.1 cm, 111.1 ± 4.5 cmであり、春子区の 91.6 ± 3.3 cm および 104.3 ± 2.6 cm より有意($P < 0.01$)に大きかった。また、胸囲のひと月あたりの増加量は、生時から1ヵ月齢にかけて夏子区(17.3 ± 4.3 cm)が春子区(10.5 ± 4.5 cm)より大きく、有意差($P < 0.01$)が認められた。さらに3ヵ月齢は夏子区、春子区がそれぞれ 120.0 ± 4.4 cm, 114.7 ± 3.8 cm, 4ヵ月齢は 127.2 ± 3.7 cm, 122.8 ± 5.1 cmであり、夏子区が有意($P < 0.05$)に大きかった。

胸深(図2-4)は生時においてほぼ同じであったが、1ヵ月齢で夏子区が 35.3 ± 2.2 cm、春子区が 32.4 ± 1.3 cmと有意差($P < 0.01$)が認められた。その後の2ヵ月齢では夏子区、春子区がそれぞれ 40.0 ± 2.3 cm, 37.3 ± 1.0 cm, 3

カ月齢では 43.9 ± 2.4 cm, 41.0 ± 1.7 cm, さらに 4 カ月齢では 46.7 ± 2.0 cm, 44.1 ± 2.4 cm と, 夏子区が有意 ($P < 0.05$) に大きかった。

腰角幅 (図 2-5) は, 3 カ月齢を除く, 1 カ月齢 (20.8 ± 1.1 cm vs. 19.1 ± 0.5 cm), 2 カ月齢 (23.8 ± 1.0 cm vs. 22.8 ± 0.9 cm) および 4 カ月齢 (29.0 ± 0.7 cm vs. 27.7 ± 1.3 cm) で区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

かん幅 (図 2-6) については, 夏子区の 1 カ月齢および 2 カ月齢が 25.6 ± 1.2 cm, 29.0 ± 1.2 cm に対し, 春子区が 23.8 ± 0.8 cm および 27.2 ± 1.3 cm であり, 夏子区が有意 ($P < 0.01$) に大きかった。また, 生時から 1 カ月齢時において, 夏子区のかん幅のひと月あたりの増加量は 4.8 ± 1.5 cm であり, 春子区の 3.2 ± 0.9 cm よりも有意 ($P < 0.05$) に大きかった。2 カ月齢以降も夏子区が春子区よりも大きく推移した。

体長 (図 2-7) は, 1 カ月齢時において夏子区が春子区よりも 4.4 cm 大きかった。1 カ月齢以降, 夏子区は春子区よりも大きく推移した。3 カ月齢では 100.1 ± 2.5 cm, 95.8 ± 2.6 cm, 4 カ月齢では 106.1 ± 3.3 , 101.6 ± 2.8 cm と, 区間に有意差 ($P < 0.01$ または $P < 0.05$) が認められた。

体高 (図 2-8) は, 4 カ月齢まで夏子区は春子区よりも常に高く推移したが, 3 カ月齢 (96.2 ± 3.4 cm vs. 92.1 ± 2.2 cm) のみ有意差 ($P < 0.05$) が認められた。

母牛の体重の推移

両区の日本短角種母牛の体重の推移を図 2-9 で示した。分娩前および分娩後の両区の日本短角種母牛の体重は, それぞれ異なる推移を示した。夏子区の日本短角種母牛の分娩前の体重について, 分娩 2 カ月前の+1.4%から分娩直前は+8.7%に大きく増加した。春子区は分娩 2 カ月前が+3.9%, 分娩直前が+8.1%であった。夏子区の母牛の分娩後の体重は分娩直後よりも低く推移した。一方, 春子区の母牛は分娩直後よりも高く推移した。夏子区の母牛の分娩後 2 カ月齢

の体重は、分娩直後よりも 2.8%低くなったのに対して、春子区の母牛の体重は 2.3%増えた。

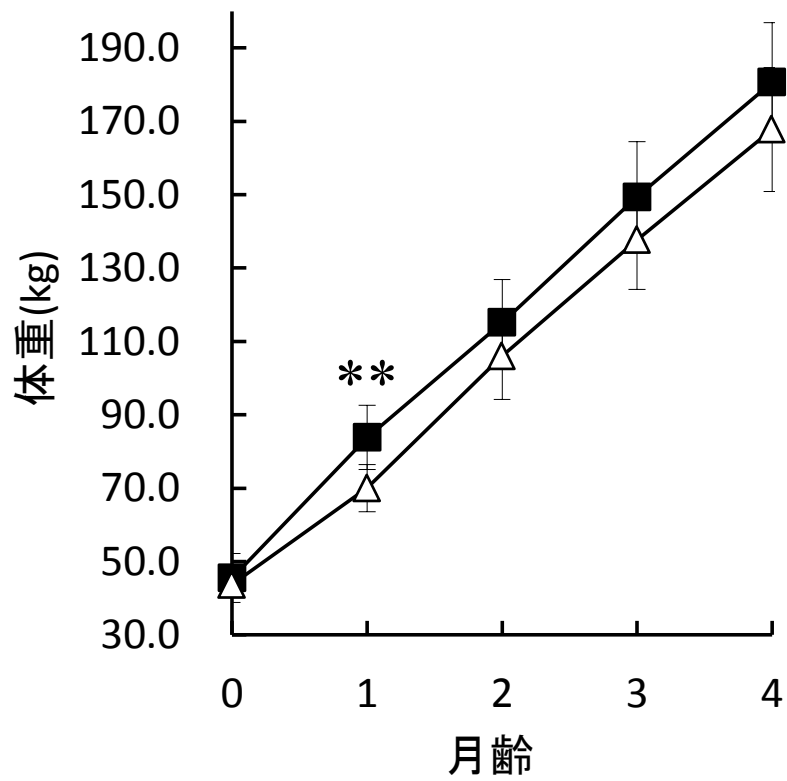


図 2-1. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の体重の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (**; $P < 0.01$).

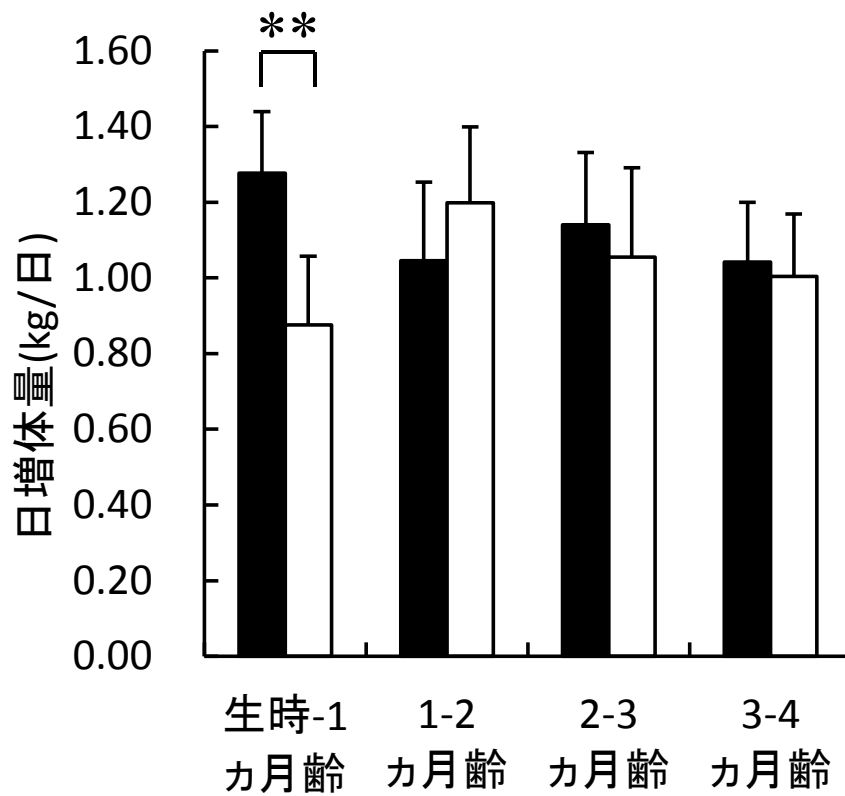


図 2-2. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の体重の日増体量の推移.

夏子区 (■), 春子区 (□), 平均値±標準偏差,

異符号間に有意差あり (**; $P < 0.01$).

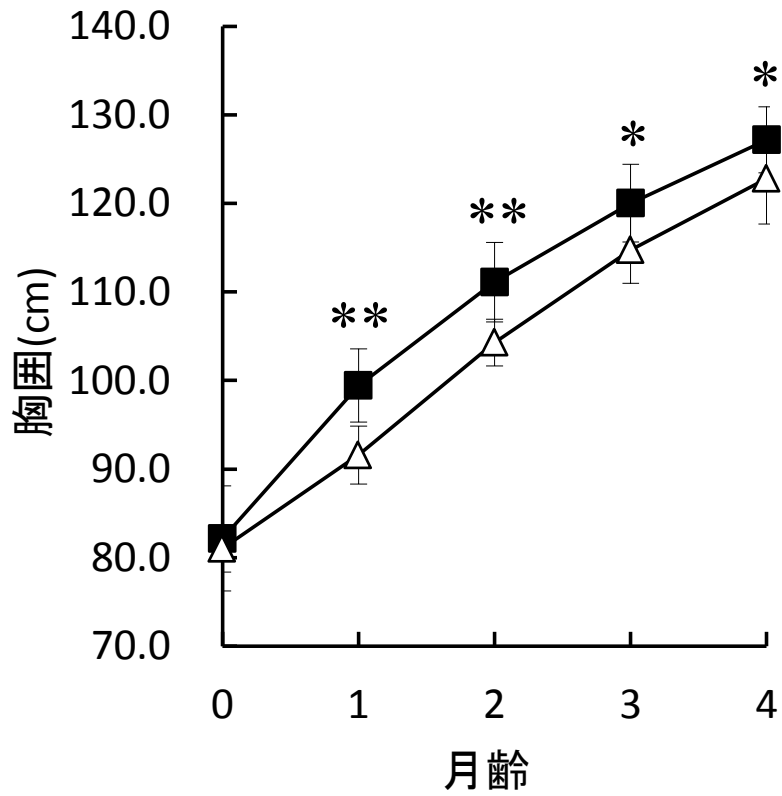


図 2-3. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の胸囲の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$).

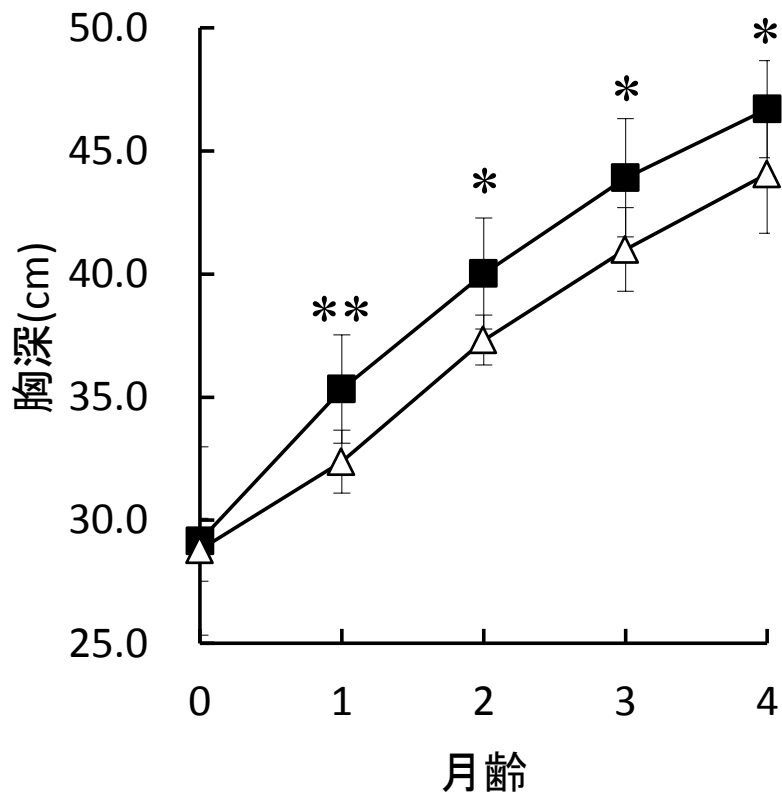


図 2-4. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の胸深の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$).

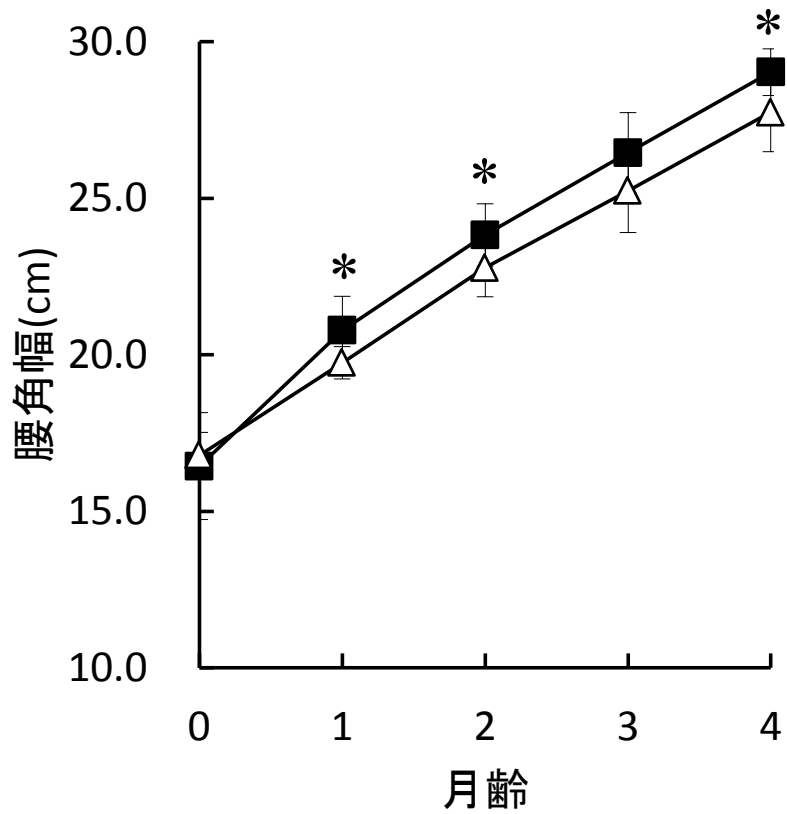


図 2-5. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の腰角幅の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$).

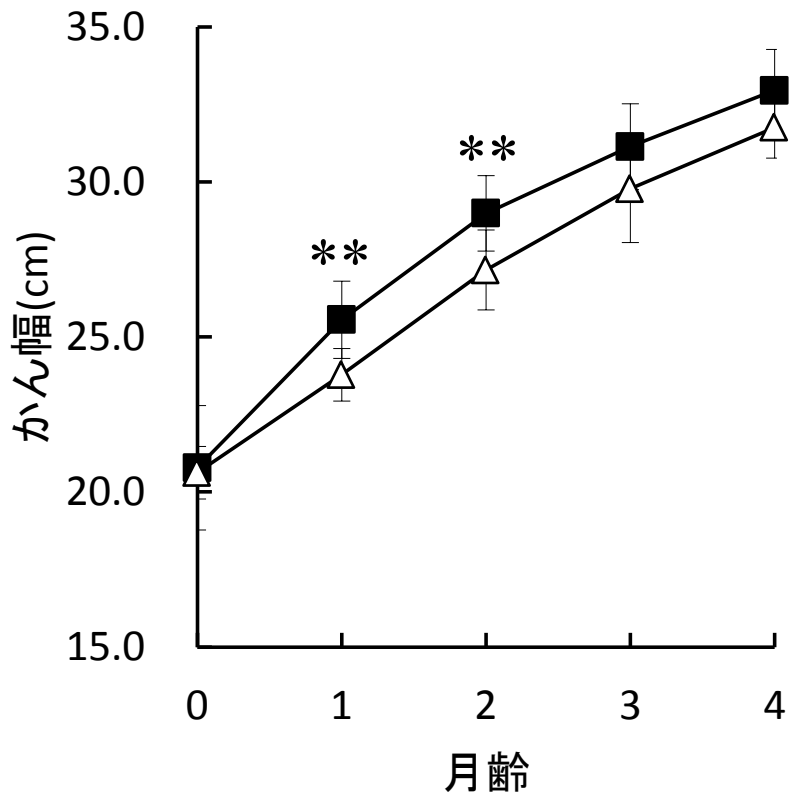


図 2-6. 夏子区と春子区の日本短角種子牛のかん幅の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (**; $P < 0.01$).

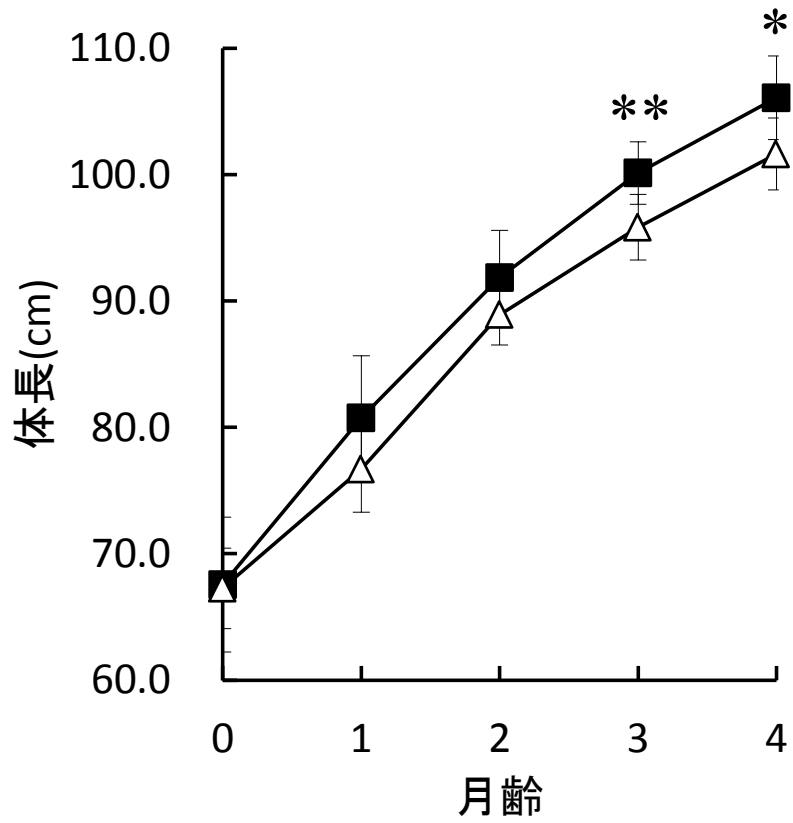


図 2-7. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の体長の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$).

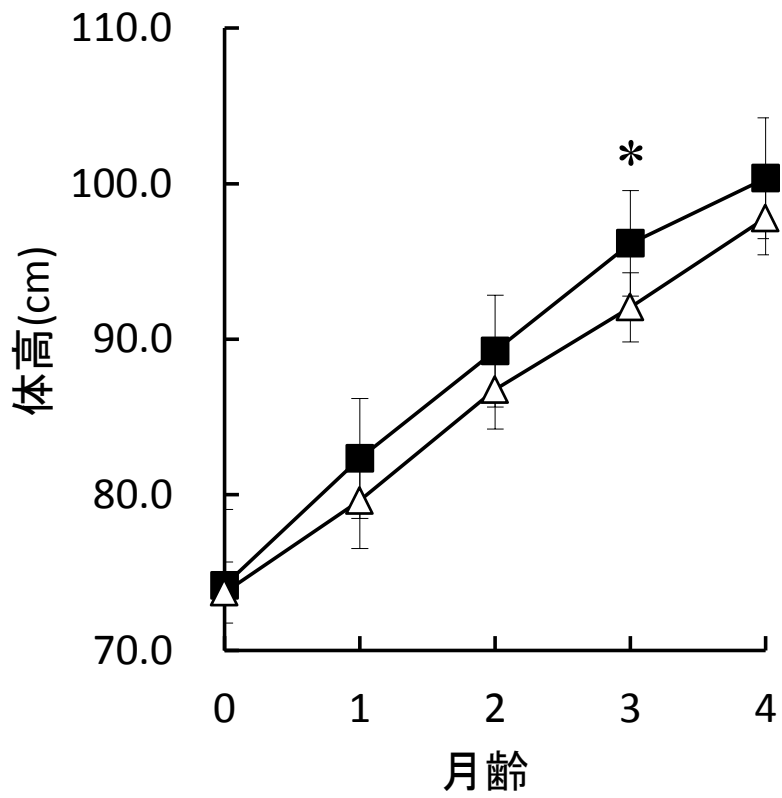
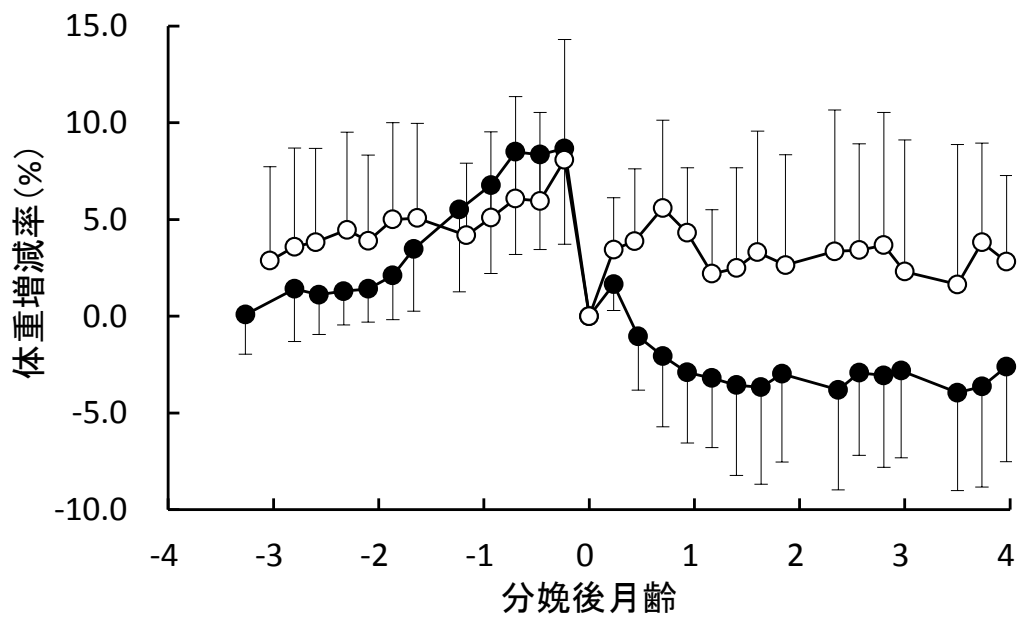


図 2-8. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の体高の推移.
 夏子区 (—■—), 春子区 (—△—), 平均値±標準偏差,
 異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$).



$$\text{増減率} = (\text{体重} / \text{分娩直後の体重} - 1) \times 100$$

図 2-9. 夏子区と春子区の日本短角種母牛の体重の推移.
夏子区 (—●—), 春子区 (—○—), 平均値±標準偏差.

考察

子牛の生時体重は様々な要因によって影響を受ける (Holland and Odde 1992)。日本飼養標準 (2009) は、分娩前の母牛の栄養状況は子牛の生時体重に影響をおよぼさないとしているが、近年、全国的に体格の大きな子牛が生産されるようになり、分娩前の増飼が生時体重に有効であることが報告されている (佐野 2007)。放牧飼養における母牛の栄養状態は、草種や草量および牛の採食行動に依存するため、舎飼い分娩に比べて放牧地分娩は母牛の栄養管理が難しい。放牧による粗放的な管理は母胎環境および子牛の生時体重に影響をおよぼすとされている (熊崎ら 1968)。また、放牧において、高温乾燥による異常気象が子牛の生時体重に影響をおよぼすとされている (島田 1986)。放牧地の牧草の絶対量が不足し、妊娠中の母牛が極端な低栄養に陥ることが要因とされている。

夏子区の日本短角種母牛はおおよそ分娩の 2 ヶ月前から放牧を開始した。分娩前後に採食したのは放牧草のみで、補助飼料は無給与であった。一方、春子区の日本短角種母牛の分娩前後は東北農業研究センターにおいて生産した牧草ロールサイレージを飽食とし、朝、夕に 1 kg ずつ補助飼料を給与した。これらことから、夏子区の日本短角種母牛は春子区の日本短角種母牛に比べて、分娩前後に摂取していた栄養が少なかった可能性が考えられる。それにも関わらず、夏子区の日本短角種子牛の生時体重は春子区よりわずかに大きかった。これらことから夏子区の日本短角種母牛は放牧生草の利用性が高く、妊娠中の胎子へ十分な栄養供給を行ったこと、すなわち日本短角種母牛の放牧適性の高さ、放牧地分娩に適していることが示唆された。また、夏子区の日本短角種子牛は標準発育よりも約 8 kg 大きかったが難産は起こらなかった。初産の日本短角種母牛において、分娩前体重に対する子牛生時体重の比率が 8% を超えた牛もいたが、助産を要した牛はいなかった。黒毛和種では 7.5% 以上 (小畑ら 1977)、

褐毛和種では6~7%以上(中西ら1978)で助産を要したと報告されている。従って、日本短角種はこれらの和牛に比べて、比較的大きな産子でも難産が起こりにくいことも放牧地分娩に適していると考えられた。

肉用子牛の発育は母牛の泌乳量が大きく影響することが知られている(久馬ら1976, 1979, 大石ら1986, 島田ら1993)。特に生時から8週齢の哺乳前期において、子牛の哺乳量と日増体量に非常に高い相関があると報告されている(久馬ら1979, 島田ら1993)。本章において、両区の母牛は年齢や産歴および体重の平均はほぼ同じであった。従って、両区の日本短角種母牛の潜在的な泌乳能力は、ほぼ同じであったと考えられる(寺田ら1979)。しかし、分娩時期の季節および飼養環境は異なっていた。夏子区の分娩は6月上旬から7月上旬の初夏に放牧地で、春子区の分娩は3月中旬から4月中旬の初春に舎飼いで行っている。分娩季節は泌乳曲線および泌乳ピークに影響するとされている(McCarterら1991, Gringsら2007)。

日本短角種の泌乳能力に関する報告(集治ら1997, 新宮ら2002)において、泌乳曲線のピークは集治ら(1997)が分娩7~9週間後、新宮ら(2002)が分娩2~3週間後であった。集治ら(1997)は、3~4月に舎飼いで分娩させ、5月から母子放牧において体重差法で測定している。それに対して、新宮ら(2002)は試験期間を通して舎飼いで機械搾乳を行っている。この泌乳曲線のピークの相違は飼養環境や測定条件に起因していると考えられる。肉用牛の泌乳量は搾乳方法や測定方法に影響されることが報告されている(Totusekら1973, Mondranganら1983)。また、集治ら(1997)は泌乳初期の舎飼い期間よりも前期から中期の放牧期間に泌乳ピークに到達したとしている。このことから日本短角種は放牧地において高い泌乳能力を発揮する可能性を指摘している。放牧飼養の乳牛において、泌乳量のピークは分娩する季節に関係なく牧草のスプリングフラッシュに伴って起こると報告されている(Wood1972)。夏子区の出産時期は6月上旬から7月上旬であり、牧草の発育が旺盛な時期である。夏子

区では分娩後の早期に泌乳ピークを迎え、春子区とは泌乳ピークが異なると推察される。その結果、夏子区は生時から1ヵ月齢にかけての日増体量が春子区よりも有意に大きかった可能性が考えられる。

子牛の発育と出生季節の関連について調査した報告は多い(熊崎一雄ら1968, 小畑ら1973, 富樫ら1982, 島田1986, Gringsら2005)。しかし、その関連性についての見解は一致していない。季節繁殖や放牧の有無など飼養形態の違いにより出生季節の影響が異なると考えられる。また、各日齢の発育への影響についても異なる評価がなされている。島田(1986)は夏山冬里方式で飼養する春, 夏, 秋, 冬に出生した黒毛和種子牛を比較して, 30日齢および60日齢までの発育に分娩季節による影響は認められなかったとしている。一方, Gringsら(2005)は, 2月生まれの子牛の69日齢までの日増体量が4月や6月生まれの子牛よりも0.12 kg低かったと報告している。また, 2月生まれの子牛は4月や6月生まれの子牛よりも死亡率が高かったとしている。しかしながら, その要因についてはコメントしていない。子牛は成牛よりも低温耐性が低いため, 寒冷時における飼養管理および栄養管理がより重要である(日本飼料標準2009)。子牛の最適温度は15~25℃であり, 15℃以下になると体を維持するためにより多くの栄養が必要となる。-4℃における子牛の栄養要求量は適温時よりも32%増加するとされている(Scibiliaら1987)。本試験における春子区の日本短角種子牛の生時から1ヵ月齢までの日増体量は 0.88 ± 0.18 kgであった。春子区の分娩時期は3月中旬から4月中旬であり, 厳冬期を過ぎていたが子牛にとっては寒い日が続いていたと推察される。そこで, 子牛が専用で休息できる房を設置し, ヒーターなどで加温するなどの対策を行った。それでもなお, 春子区の日本短角種子牛は摂取エネルギーの多くを熱生産に利用し, 発育に影響をおよぼした可能性が考えられる。

分娩後の両区の日本短角種母牛の体重は異なる推移を示した。春子区の日本短角種母牛の分娩後の体重は分娩時よりも高く推移したのに対して, 夏子区は

分娩時よりも低く推移した。春子区の日本短角種母牛の分娩時は舎飼いであり、摂取栄養量が充足していた一方、夏子区の日本短角種母牛の分娩時は牧草のみで摂取栄養量が不足したと考えられる。それにも関わらず、子牛の2ヵ月齢までの体重増加などから判断して、両区の日本短角種母牛の産乳量は大きな違いがなかったと推察される。これらのことから夏子区の日本短角種母牛は放牧生草の利用性が高く、産乳のため栄養供給を行ったこと、すなわち日本短角種母牛の放牧適性の高さを示唆していると考えられる。また、乳牛は泌乳初期に摂取養分量では不足する産乳エネルギーを補うために体脂肪を動員するが、夏子区の日本短角種母牛も乳牛と同じように蓄積した脂肪を減少させて産乳したと考えられる。日本短角種は乳用ショートホーン種と交配、改良された経緯がある（松川 1976, 高安 1983）。これらの改良の経緯が日本短角種の泌乳機能に関わる生理作用に大きく関与していると考えられる。

以上をまとめると、夏子区の日本短角種子牛の初期発育は春子区に比べて優れており、その差は生後1ヵ月までの発育で現れることが明らかとなった。夏子区は分娩後の早期に泌乳ピークを迎えたことが、生時から1ヵ月齢にかけての日増体量が優れた要因と考えられた。さらに、春子区の日本短角種子牛は摂取エネルギーの多くを熟生産に利用し、発育に影響をおよぼした可能性が考えられた。

一方、本章では、夏子が4ヵ月齢を迎えたのは11月であり、試験終了と同時に離乳および牛舎への収容を行った。春子は離乳して市場に出荷すれば繁殖農家において飼料の準備などの必要がない。しかし、夏子は牛舎において、市場までの育成が必要である。6月生まれの子牛において、140日齢での離乳後の発育は190日齢での離乳よりも低くなるとされている（Gringsら 2005）。夏子の離乳後の適正な育成法が今後の課題である。また、事故防止のために監視は必要だが、放牧地に何度も様子を見に行くことは容易ではない。放牧地分娩に適した分娩管理方法も今後の課題である。

小括

放牧条件下で6～7月に生まれ、母子放牧した日本短角種子牛（夏子）と、通常の飼養条件である3～4月に牛舎で生まれ、5月頃から母子放牧した日本短角種子牛（春子）を比較することにより、夏子の発育特性について検討を行った。夏子は春子と比べて、生時の体型に差が認められなかった。1ヵ月齢時の体重と胸囲、胸深、腰角幅、かん幅で夏子は春子よりも有意に大きかった。体高と体長は3ヵ月齢時に有意に大きくなった。4ヵ月齢において、体重、胸囲、胸深、腰角幅、かん幅、体長、体高のすべての項目で夏子の方が大きかった。月ごとの増体量は、生時からの1ヵ月間において、夏子は体重、胸囲、かん幅で有意に大きかった。また、すべての項目において、有意差が認められなかったものの、夏子の方が大きくなった。母牛の体重については、夏子区の日本短角種母牛における分娩後の体重減少率が大きかった。このことから、夏子の初期発育は春子に比べて優れており、その差は生後1ヵ月までの発育で現れることが明らかとなった。これらの結果から、日本短角種子牛を6～7月に放牧地で分娩し、母子放牧する技術は、日本短角種の特徴である母子放牧、種雄牛による自然交配を活かしつつ、子牛の生産時期を調整する方法として有効であると示唆された。

第三章

放牧地において日本短角種母牛により分娩・哺育
される黒毛和種胚移植子牛の発育特性

第一節 緒言

胚移植での受胎の成否に關与する要因としては、胚の品質、移植技術および受胎牛の選定などが挙げられる。なかでも受胎牛の選定条件としては、哺乳能力が高く、強健であり、良好な繁殖性を有していることが重要である。日本短角種は泌乳量が豊富で子育てが上手く、寒さに強くて頑強であり、放牧に適し、粗飼料の利用に優れた特性を有している。西村（1983）は、増体能力、繁殖能力、母牛の子育て能力、飼料効率、肉質、放牧適性、耐病性に関する肉用牛品種の総合的な能力比較を試み、国内品種のなかでは日本短角種が最も優れているとしている。また、日本短角種は黒毛和種よりも体格が大きく、泌乳量も多いことから、黒毛和種胚を移植する受胎牛として適しているとされている（Sakaguchi ら 2002）。しかしながら、胚移植等の人為的な繁殖技術では、発情日は重要な基準日となる。日本短角種は自然交配による繁殖管理を主とするため、多くの生産現場では発情周期を把握する必要性が低く、このことは胚移植導入の大きな隘路となっている。この問題に対応する技術として、牛群の発情日を揃えたとともに明瞭な発情行動を人為的に誘起できる発情同期化処置法の活用は有効である。小梨ら（2003）の報告では、Pursley（1995）らが開発した GnRH-PGF₂ α -GnRH を計画的に投与する排卵同期化処置を行い、発情を確認することなく日本短角種に胚移植を行っている。

肉用子牛の発育には、母牛の泌乳量が大きく影響することが知られている。哺乳初期から前期にあたる 2~3 ヶ月齢までは、両者の間に高い相関があるとする報告が多い（久馬ら 1976, 1979, 大石ら 1986, 島田ら 1993）。日本短角種は黒毛和種より泌乳能力が高く、日本短角種から生まれ、哺育した黒毛和種胚移植により生産された子牛（以下、黒毛和種胚移植子牛）は特に哺乳前期において良好に発育すると考えられる。また、第二章において、日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育することは日本短角種子牛の初期発育を大きくするの

に有効であることを明らかにした。日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育される黒毛和種胚移植子牛においても同様の効果が期待されるが、詳細な報告は見られない。

一方、様々な飼養条件における体重増加、雌牛の成熟性、飼料の消化性などについて、黒毛和種と日本短角種に品種間差があるとされている。放牧条件下において、日本短角種の体重増加は黒毛和種よりも優れると報告されている（沢崎ら 1974, 渡辺ら 1974）。松川ら（1979）は日本短角種と黒毛和種雌牛の成長曲線式を算出し、同じ月齢であれば、常に日本短角種の方が大きくなると報告している。Kumagai ら（2000）は、日本短角種は黒毛和種とホルスタイン種との交雑種よりも低品質な粗飼料を効率的に利用する能力が高いことを報告している。しかし、日本短角種母牛から生まれ、哺育される黒毛和種胚移植子牛と日本短角種子牛における品種間差についての詳細な報告は皆無である。また、異なる品種の胚移植子牛が受胎牛に様々な影響をおよぼす報告（Guilbault ら 1990, Isogai ら 1994）があるが、日本短角種代理母牛が黒毛和種胚移植子牛を妊娠、分娩、そして哺育することによる影響は不明である。そこで、日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育する黒毛和種胚移植子牛の初期発育について、放牧条件下において日本短角種母牛から自然交配によって生まれた日本短角種子牛および黒毛和種の一般的な飼い方である舎飼いで黒毛和種母牛に育てられた黒毛和種子牛の初期発育と比較した。日本短角種を受胎牛として生産された黒毛和種胚移植子牛の母子放牧条件下での哺乳前期における生育の特徴を調査した。

第二節 材料および方法

胚移植

日本短角種 26 頭を胚移植の受胎牛として用いた。内訳は未経産牛が 12 頭、初産牛が 7 頭、そして経産牛が 7 頭であった。発情の誘起、同期化は黄体退行薬および膣内留置型黄体ホルモン製剤を用いて行った。黄体退行薬は PGF₂α アナログ（クロプロステノール；エストラメイト）を 3ml（250 μg/ml），筋肉内に投与した。膣内留置型黄体ホルモン製剤は CIDR（Controlled Intravaginal Drug Releasing device；イージーブリード）を 11～14 日間、留置した。発情の確認は朝夕 2 回の行動観察、発情発見器具を用いた検査により行った。発情の 6～7.5 日後に黒毛和種の凍結体内受精胚を移植した。胚移植後 30～40 日目まで発情回帰が確認できなかった受胎牛について妊娠鑑定を行った。超音波診断装置（HS-1500V；本多電子株式会社）を用いて妊娠鑑定を行い、超音波画像において、胎子が確認できたものを受胎と判断した。また、胚移植後に発情回帰が観察された日本短角種については、日本短角種種雄牛と自然交配を行った。

供試牛

放牧飼養下の 5～6 月に日本短角種代理母牛から胚移植で生まれ、母子放牧した日本短角種を母牛とする黒毛和種胚移植子牛の母子 5 組（放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区）、日本短角種母牛から放牧飼養下の 5～6 月に自然交配によって生まれ、母子放牧した日本短角種子牛の母子 5 組（放牧・短角母牛・短角子牛区）および舎飼い条件で、黒毛和種の母牛に人工授精を行い、5～6 月に生まれた黒毛和種人工授精産子の母子 5 組（舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区）を用いた。子牛の性別は雄とした。

飼養管理および体重，体尺測定

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区および放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛には，妊娠開始から試験終了の分娩 4 ヶ月後まで，同じ種類の飼料を採食させた。舎飼い期間中は牛舎において，東北農業研究センターで生産した牧草ロールサイレージを飽食とした。また，朝，夕に 1 kg ずつ補助飼料（配合飼料；可消化養分総量（TDN）68%，粗タンパク質（CP）15%）を給与した。

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区および放牧・短角母牛・短角子牛区の母子は，ケンタッキーブルーグラス主体のイネ科牧草が優占した 4.8ha の放牧草地に同じ群で放牧した。放牧地は 3 つに分割してひとつずつ使用し，採食する草量に応じて 1～2 週間ごとに転牧を行った。放牧時期は 4 月末から 11 月初旬までとして，放牧期間中は母子ともに補助飼料を無給与とした。放牧および舎飼い期間中，ミネラル固形塩および水は自由摂取させた。一方，舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種母子は東北農業研究センター内の牛舎で飼養した。母子ともに東北農業研究センターで生産した牧草ロールサイレージを飽食とした。また，黒毛和種の母牛には朝，夕に 1 kg ずつ補助飼料（配合飼料；TDN 68%，CP 15%）を給与した。黒毛和種子牛には 1 ヶ月齢から 1 日当たり体重比 1.5%（1～2 ヶ月齢；TDN 72%，CP 16%，2 ヶ月齢以降；TDN 68%，CP 18%）の配合飼料を補助飼料として給与した。母子ともミネラル固形塩および水は自由摂取させた。体重測定は放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の母子および舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の子牛で毎週行った。舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の母牛は体重測定を行わなかった。体尺測定は各区の子牛に対して毎月行い，測定項目は胸囲，胸深，体長および体高とした。

統計処理

試験区の子牛の 1 ヶ月ごとの日増体量および体重，胸囲，胸深，体長，体高の月齢ごとの平均値と標準偏差を，生時から 4 ヶ月齢にかけて算出した。放牧・

短角母牛・黒毛胚移植子牛区および放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛の体重は、分娩直後の体重を基準として増減率を算出した。

$$\text{増減率} = (\text{体重} / \text{分娩直後の体重} - 1) \times 100$$

これらの測定項目に対する試験区の影響は SAS (ソフトウェア ver9.3) の GLM プロシージャーによる反復測定分散分析により解析した。試験区間または試験区×時間の交互作用に有意差が認められた場合、それぞれの項目における差について、Tukey の多重検定を用いて有意差検定を行った。

第三節 結果

胚移植による出生率

発情の誘起、同期化処置を行った全 26 頭で発情が観察され、胚移植を行った。26 頭の受胎牛の内、9 頭が受胎し、受胎率は 34.6%であった。しかし、1 頭は妊娠 250 日目に流産した。流産胎子に奇形などの問題は認められず、流産の要因は明らかにできなかった。5 頭の雄と 3 頭の雌、計 8 頭の黒毛和種胚移植子牛が生まれ、出生率は 31%であった。これらのなかから雄の黒毛和種胚移植子牛 5 頭を今回の試験に供試した。また、胚移植後に発情回帰が観察された 17 頭（流産した牛を除く）の日本短角種は、日本短角種種雄牛との自然交配により日本短角種子牛を分娩した。

子牛の体重および日増体量の推移

子牛の生時から 4 ヶ月齢までの体重を図 3-1 に示した。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の生時体重は 32.2 ± 2.6 kg であり、放牧・短角母牛・短角子牛区の 44.3 ± 6.9 kg よりも有意 ($P < 0.05$) に小さく、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区とはほぼ同じであった。1 ヶ月齢および 2 ヶ月齢の体重は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも有意 ($P < 0.05$) に小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりもそれぞれ 6.0 kg, 10.4 kg 大きかった。3 ヶ月齢では、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が 129.0 ± 12.6 kg, 放牧・短角母牛・短角子牛区が 150.2 ± 12.1 kg, 舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区が 110.9 ± 5.8 kg と、各区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。4 ヶ月齢では、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも 17.3kg 小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりも 23.0 kg 大きかった。

1 ヶ月ごとの一日当たりの体重増加量（日増体量）を図 3-2 に示した。生時か

ら 1 ヶ月齢にかけての日増体量は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が 1.12 ± 0.04 kg, 放牧・短角母牛・短角子牛区が 1.35 ± 0.18 kg, 舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区が 0.80 ± 0.10 kg と、各区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。1 ヶ月齢から 2 ヶ月齢および 2 ヶ月齢から 3 ヶ月齢にかけて、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は放牧・短角母牛・短角子牛区よりもそれぞれ 0.20 kg, 0.05 kg 小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりもそれぞれ 0.12 kg, 0.25 kg 大きかった。

子牛の体型の推移

子牛の生時から 4 ヶ月齢までの胸囲を図 3-3 に示した。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の生時の胸囲は放牧・短角母牛・短角子牛区よりも 4.4 cm 小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりは 1.8 cm 大きかった。1 ヶ月齢および 2 ヶ月齢の胸囲は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区がそれぞれ 92.1 ± 2.4 cm, 104.3 ± 2.5 cm, 放牧・短角母牛・短角子牛区が 100.1 ± 4.5 cm, 113.0 ± 6.4 cm, 舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区が 86.5 ± 1.1 cm, 97.3 ± 1.7 cm と、各区間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた。3 ヶ月齢では、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は放牧・短角母牛・短角子牛区よりも 3.8 cm 小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりは有意 ($P < 0.05$) に大きかった。4 ヶ月齢では、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は放牧・短角母牛・短角子牛区とほぼ同じで、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりも有意 ($P < 0.05$) に大きかった。

胸深 (図 3-4) は生時から 4 ヶ月齢までの試験期間を通して、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも小さく推移したが、有意差 ($P < 0.05$) は 1 ヶ月齢時および 2 ヶ月齢のみで認められた。しかし、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の 3 ヶ月齢および 4 ヶ月齢の胸深はそれぞれ 116.4 ± 3.7 cm, 126.5 ± 3.1 cm であり、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の 107.2 ± 2.3 cm, 113.7 ± 3.5 cm よりも有意 ($P < 0.05$) に大きかった。

体長（図 3-5）は生時において各区間に有意差が認められなかったが，1 ヶ月齢から 4 ヶ月齢まで，放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は放牧・短角母牛・短角子牛区よりも小さく推移した。一方，放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりも 3 ヶ月齢では 1.3 cm，4 ヶ月齢では 2.4 cm 大きかった。

体高（図 3-6）は生時から 4 ヶ月齢までの試験期間を通して，すべての月齢において放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は放牧・短角母牛・短角子牛区よりも低く推移したが，舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりも高く推移した。

母牛の体重推移

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重の推移を図 3-7 で示した。両区の母牛は哺乳初期において，異なる体重の推移を示した。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の母牛の分娩後 2 ヶ月齢の体重は，分娩直後よりも 3.3%増えたのに対して，放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛の体重は 3.2%低くなった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の母牛 5 頭のうち 1 頭だけが分娩 2 ヶ月後に体重が減って，残りの 4 頭は分娩時よりも体重が増えた。しかし，放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛 5 頭のうち，4 頭は分娩 2 ヶ月後の体重が分娩時よりも減った。

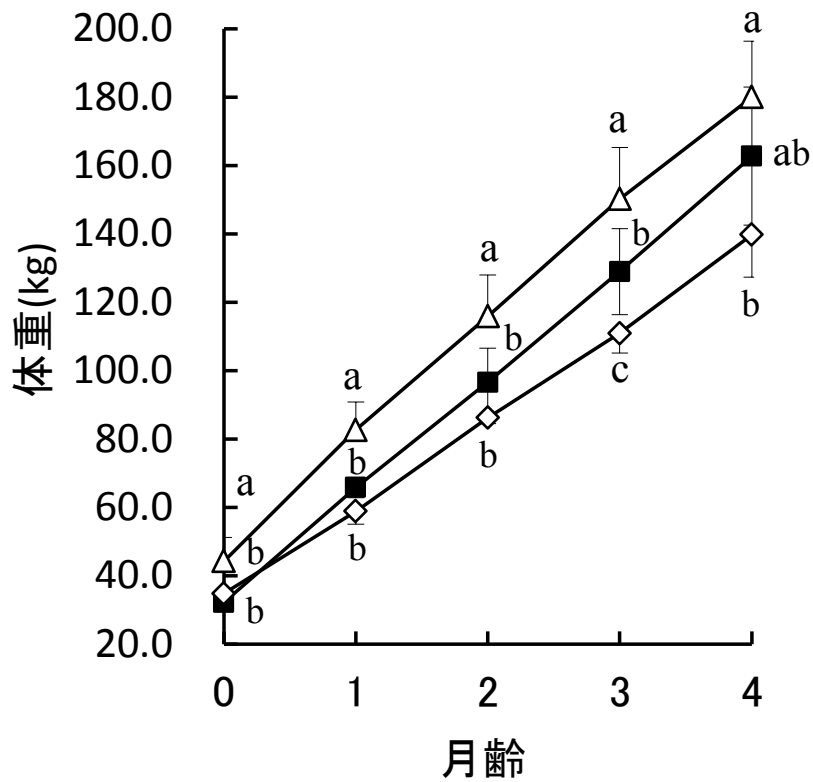


図 3-1. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の体重の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—■—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (—◇—), 平均値±標準偏差,

同月齢の異符号間に有意差あり (a, b, c; $P < 0.05$).

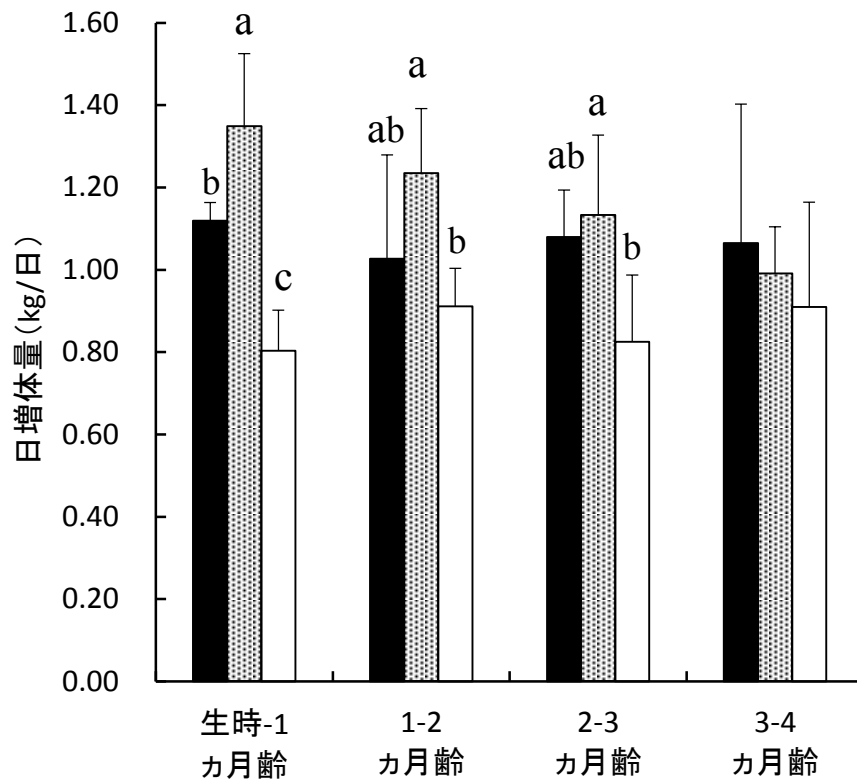


図 3-2. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の体重の日増体量の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (■),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (◻),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (□), 平均値±標準偏差,

同月齡の異符号間に有意差あり (a, b, c; $P < 0.05$).

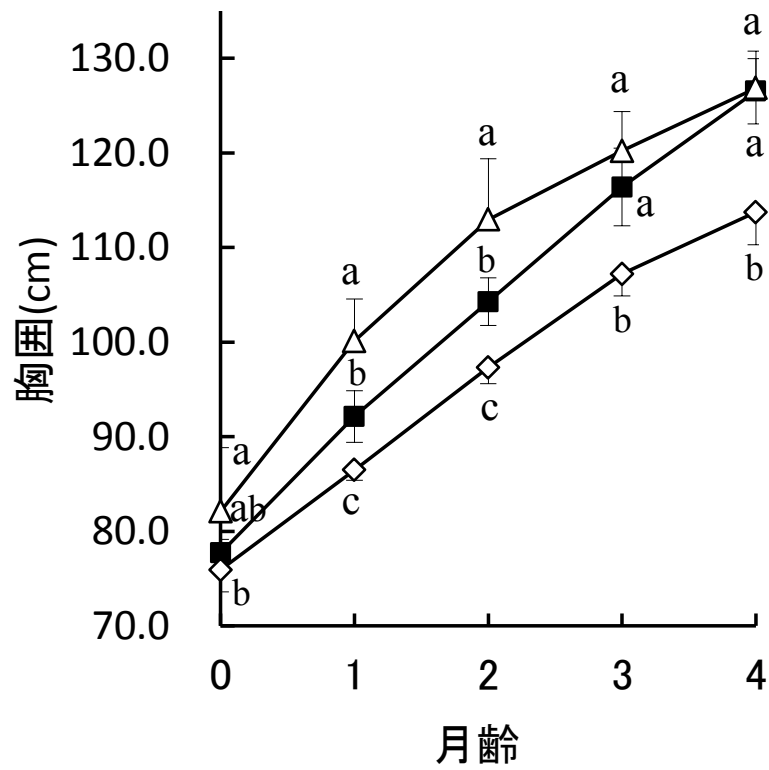


図 3-3. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の胸囲の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—■—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (—◇—), 平均値±標準偏差,

同月齡の異符号間に有意差あり (a, b, c; $P < 0.05$).

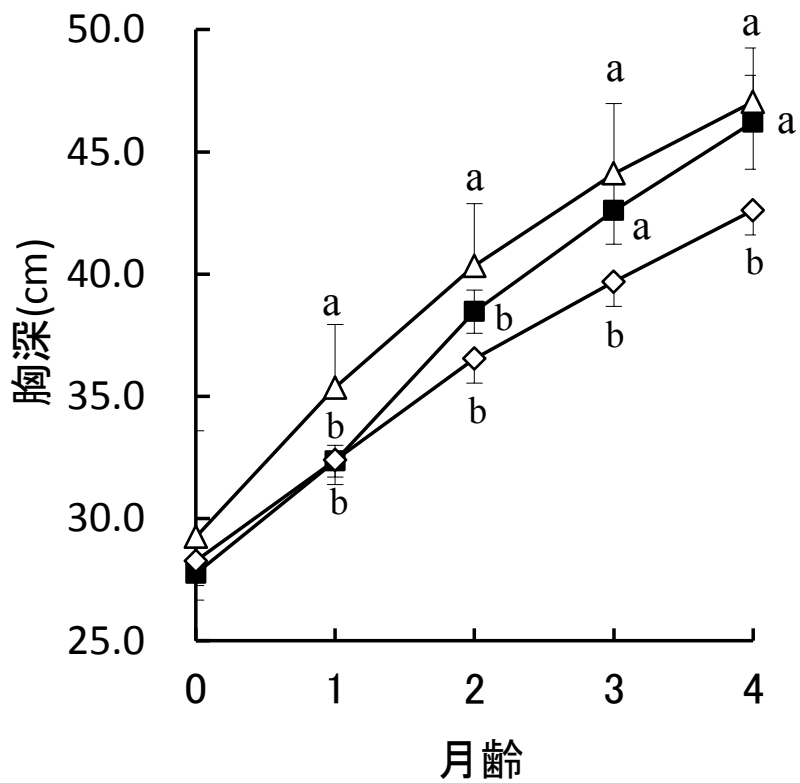


図 3-4. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の胸深の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—■—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (—◇—), 平均値±標準偏差,

同月齡の異符号間に有意差あり (a, b, c; $P < 0.05$).

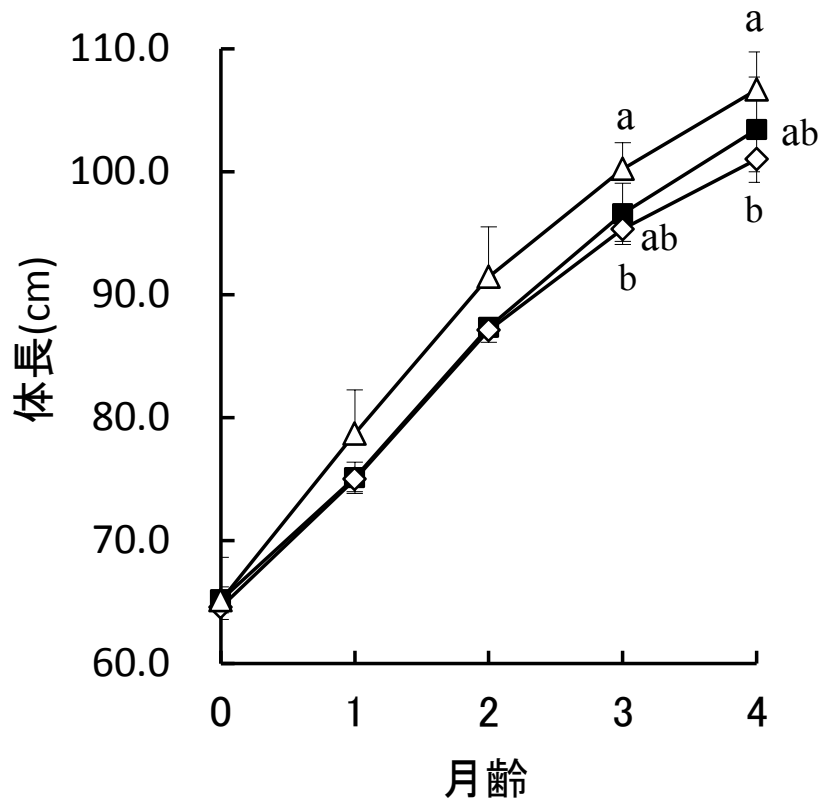


図 3-5. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の体長の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—■—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (—◇—), 平均値±標準偏差,

同月齡の異符号間に有意差あり (a, b; $P < 0.05$).

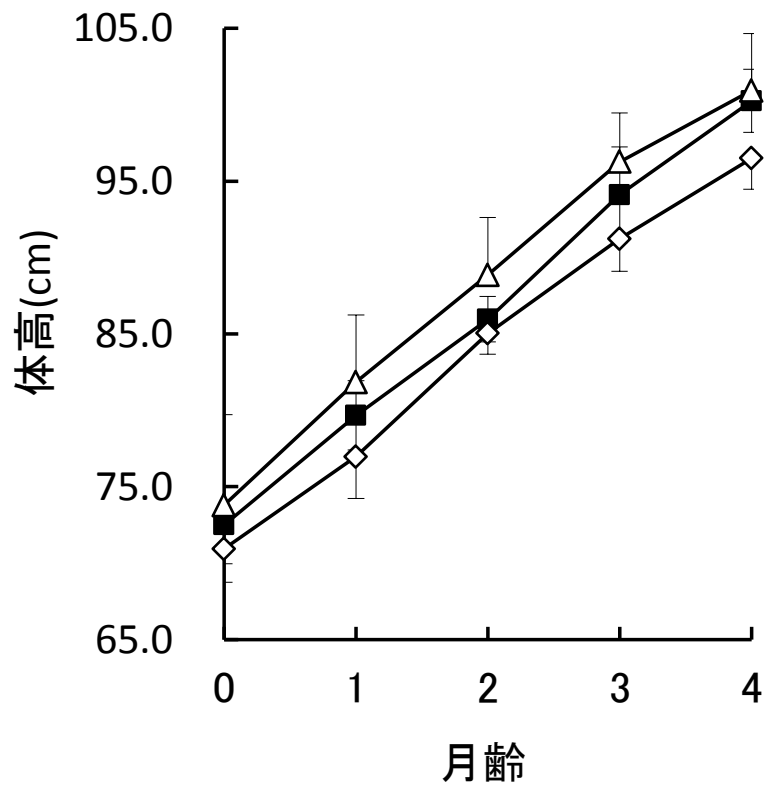
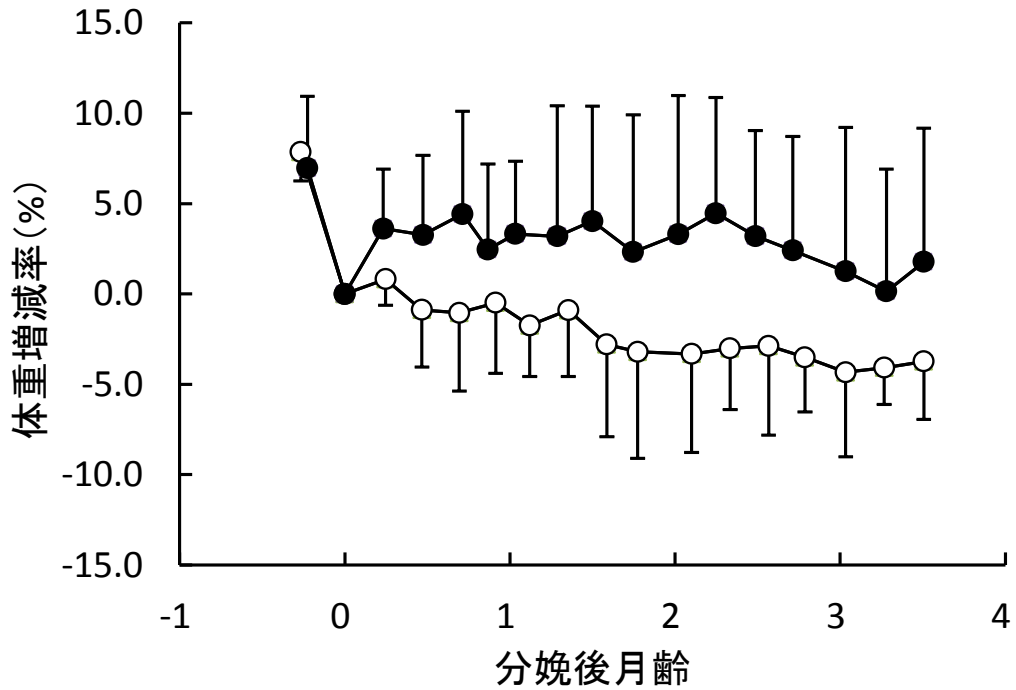


図 3-6. 黒毛和種子牛と日本短角種子牛の体高の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—■—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—),

舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区 (—◇—), 平均值±標準偏差.



$$\text{増減率} = (\text{体重} / \text{分娩直後の体重} - 1) \times 100$$

図 3-7. 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区および
 放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重の推移.
 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—●—),
 放牧・短角母牛・短角子牛区 (—○—), 平均値±標準偏差.

第四節 考察

本章の日本短角種への黒毛和種胚移植の受胎率は 34.6%（出生率は 31%）であり，小梨ら（2003）が日本短角種に胚移植を行った 2 つの試験の 40.9%，36.8% よりも低かった。本章では発情誘起，同期化処置を行ったのに対して，小梨らは排卵同期化処置を行っている。また，本章の初産牛，経産牛の 12 頭は母子放牧条件下で胚移植を行ったことも小梨らの報告と異なる。これらの繁殖管理や飼養条件の違いが，受胎率におよぼした影響は明らかにできなかった。受胎率が向上すると胚移植経費に対する黒毛和種胚移植産子の販売価格の限界水準が低下するため，胚移植に多くの費用を投じることが可能となる（小梨ら 2003）。胚移植経費の多くを占める黒毛和種の凍結胚代は血統により様々である。例えば黒毛和種胚移植子牛の市場販売価格が 40 万円の場合，受胎率 40%では胚移植経費は 8 万円以下（凍結胚代 6 万円以下）に抑える必要があるが，受胎率 60%では胚移植経費が 12 万円（凍結胚代 10 万円程度）となっても従来と比べて所得増となる。

浅田ら（2004）は，日本短角種を胚移植の受胎牛として，膣内留置型プロジェステロン製剤（CIDR）と GnRH を用いた排卵同期化処理を行い，省力化ならびに受胎率向上に有効であることを明らかにしている。また，竹之内ら（2014）は CIDR の膣内留置開始時に PGF_{2α} を併用することで，発情同期日が薬物処置開始日によって限定されず，より自由に設定できる発情同期化法（Flex-synch）を開発している。その発情同期化効果は，日本短角種経産牛で従来法と同等以上の結果が期待できるとしている。さらに放牧条件下における排卵同期化処置は良好な受胎成績が得られること（川邊ら 2001，澤井ら 2002），繁殖管理の省力化に有効であること（山口ら 2008）が報告されている。日本短角種の母子放牧条件下における胚移植による受胎率向上は，さらなる試験が必要である。

経営的視点から，小梨ら（2003）は胚移植の受胎率が概ね 30%以上である場

合にメリットがあると試算している。本章の出生率は 31%であり、さらに小梨らの試験に比べてホルモン剤投与の処置が少ないことから、供試受胎牛 1 頭当たりの経営的なメリットは大きいと考えられる。

生時体重は様々な要因によって影響を受ける (Holland and Odde 1992)。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種子牛の生時体重に有意差は認められなかった。体内受精胚由来の子牛は人工授精由来の子牛に比べて、在胎期間が長く、分娩難易度が高くなるが、生時体重に差は認められなかったという報告がある (van Wagtendonk-de Leeuw ら 2000)。一方、受胎牛の品種や栄養状態が胚移植産子の生時体重に影響をおよぼすとされている (Sakakibara ら 1996, 栗原ら 2006)。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区では、母牛への分娩前の栄養管理は異なっていた。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の日本短角種母牛は分娩前から放牧を開始し、放牧中の飼料はイネ科牧草が優占した放牧草のみとし、補助飼料は無給与であった。従って、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の日本短角種母牛は舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種母牛に比べて、分娩前に摂取していた栄養が少なかった可能性が考えられる。母牛の母性効果には分娩後の泌乳能力の他に、妊娠している間の子宮の容量、栄養状態などがある。摂取していた栄養が少なかったにも関わらず、両区の子牛の生時体重に差が認められなかったことは、妊娠中の胎子への栄養供給においても、日本短角種母牛の母性効果が高いことを示唆している。

放牧を主体として生産・育成された放牧子牛は、舎飼いを主体として生産・育成された子牛より発育が遅れることが指摘されている (福原ら 1973)。しかし、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の生時から 2 ヶ月齢までの日増体量は、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりも有意に大きかった。子牛の発育の鍵となる要因のひとつとして、母牛からの哺乳量がある (Cutter and Nielsen 1987, Shimada ら 1988)。島田ら (1993) が報告している黒毛和種子牛の増体量から

母牛の泌乳量を推定する式から算出すると、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の 8 週齢までの累積哺乳量は約 450 kg, 舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区は約 360 kg と推定される。その差は 8 週齢までの累積乳量で約 90 kg, 一日当たりで 1.6 kg/日であり、これだけの泌乳量の差があれば、放牧条件であっても舎飼いよりも上回る発育が得られると考えられる。

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛は 4 ヶ月齢において、体重、胸囲、胸深、体高および体長のすべての項目で舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種子牛よりも大きくなった。体重、胸囲は生後間もなくから両区に差があらわれたのに対して、体長と体高は 3 ヶ月齢以降から差があらわれた。一般に筋肉や脂肪は骨に比べて飼養環境による影響を受けやすい。また、体重は飼養管理の影響を受けやすく、摂取養分の過不足が顕著に反映するとされている（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。一方、体高は骨格の測定値であるため、飼養管理の影響は受けにくく、さらに体高に関する遺伝率は体重よりも高く、栄養水準の影響を受けにくいとされており（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）、今回の結果と一致する。

日本短角種と黒毛和種では泌乳量、乳成分が異なることから（新宮ら 2002）、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛胚移植子牛において、過剰な飲乳量などによる食餌性下痢の発症が心配された。しかし、目立った体調不良もなく、治療を行うこともなかった。黒毛和種牛はもともと系統による形質の差が大きい家畜であるが、遺伝改良が進んだことにより、黒毛和種母牛の一般的な泌乳量が黒毛和種子牛の発育に見合っていないという指摘がある（後藤 2009）。また、自然哺乳する子牛において、下痢の発生は母牛への給餌により影響を受けやすいとされている（Okada ら 1999）。本章の放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区では日本短角種母牛は分娩前から試験終了の分娩 4 ヶ月後まで補助飼料もなく、放牧草のみを採食した。従って、試験期間中に母乳量、さらに成分や pH レベルなどの乳質に大きな変化は起こらなかったと考えられる。

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛の生時体重は、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意に小さかった。両区の日本短角種母牛は妊娠から分娩まで同じ条件で飼養したため、胎子への栄養供給は同じであったと考えられる。それにも関わらず、生時体重に有意差が認められたことから、胎子期の成長において黒毛和種と日本短角種に品種間差があることが示唆された。

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛の生時から2ヵ月齢までの増体量は、体重、胸囲、胸深、体高および体長のすべての項目において、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも小さかった。しかし、2ヵ月齢から4ヵ月齢までは、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が大きかった。2ヵ月齢以降、哺乳中の子牛は必要な養分を、母乳よりも固形飼料から摂取するようになる（久馬ら 1979）。両区の子牛達の摂取した固形飼料は放牧草のみであったが、黒毛和種胚移植子牛の牧草摂取量は日本短角種子牛よりも多かった可能性がある。もしくは、3ヵ月齢から4ヵ月齢にかけての黒毛和種胚移植子牛の養分要求量は日本短角種子牛よりも低く、牧草摂取量や哺乳量が同じであっても、優れた発育を示した可能性が考えられる。

分娩2ヵ月後の放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重の減少量は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の日本短角種母牛よりも大きかった。栄養水準を一定にした試験において、泌乳量の多い母牛は分娩後の体重の減少が大きくなるとされている（島田ら 1989）。また、子牛の発育についても、体重減少が大きい母牛に哺育される子牛は日増体量が大きくなる傾向があるとされており（島田ら 1989）、今回の結果と一致する。さらに日本短角種子牛の生時体重や体型は黒毛和種胚移植子牛よりも大きく、分娩時のストレスが分娩後の母牛の体重の推移に影響をおよぼした可能性も考えられる。

以上のことから、本章の日本短角種から胚移植で生まれ、哺育される黒毛和種胚移植子牛は日本短角種子牛よりも相対的に生時体重が小さく、胎子期の成

長においても品種間差があると考えられた。黒毛和種の生時体重や成熟時の体型などは遺伝的に幅広い差があるとされている（野村ら 1987）。日本短角種を受胎牛として黒毛和種胚移植子牛を生産，哺育する場合，生時体重が大きくなる系統，個体を用いることで，放牧育成において更なる良好な発育が期待できる可能性がある。黒毛和種の去勢子牛は肥育の前に市場に出荷され，市場への出荷目標は 8 ヶ月齢で 240～250 kg である。全国的に出荷日齢は早まる傾向にあり，先進県では 7 ヶ月齢出荷の事例も見られる。泌乳能力の高い日本短角種を選定し，哺育前期に大きく発育させることで，日本短角種の母牛との母子放牧条件下において，より若い月齢で黒毛和種胚移植子牛を出荷可能な体重まで育成できる可能性がある。出荷月齢を早めることは，生産コストの低減に繋がる。このことにより飼料代や飼養管理労働を節減しながら市場価値の高い黒毛和種子牛が生産でき，日本短角種の生産地域における収益性の向上と経営の安定に繋がることが期待できる。

第五節 小括

日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育する黒毛和種胚移植子牛（放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区）の初期発育について、放牧条件下において日本短角種母牛から自然交配によって生まれた日本短角種子牛（放牧・短角母牛・短角子牛区）および黒毛和種の一般的な飼い方である舎飼いで黒毛和種母牛に育てられた黒毛和種子牛（舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区）と比較することにより検討した。日本短角種への黒毛和種胚移植の受胎率は 34.6%（出生率は 31%）であった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の生時体重は、放牧・短角母牛・短角子牛区よりも有意（ $P < 0.05$ ）に小さく、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区とはほぼ同じであった。3 ヶ月齢での体重は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりは大きく、各区間に有意差（ $P < 0.05$ ）が認められた。生時から 1 ヶ月齢にかけての日増体量は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりは大きく、各区間に有意差（ $P < 0.05$ ）が認められた。胸囲は、1 ヶ月齢および 2 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区が放牧・短角母牛・短角子牛区よりも小さかったが、舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区よりは大きく、各区間に有意差（ $P < 0.05$ ）が認められた。体重、胸囲、胸深、体長および体高のすべての項目において、生時から 2 ヶ月齢までの増体量は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも小さかったが、続く 2 ヶ月間においては黒毛和種胚移植子牛の方が大きかった。4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛は、体重、胸囲、胸深、体長および体高のすべての項目で舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種子牛よりも大きかった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重につ

いて、放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛の方が2ヵ月齢までの体重減少率が大きく、体重変化には異なる傾向が認められた。以上のことから、日本短角種を母牛として母子放牧された黒毛和種胚移植子牛は、舎飼いで黒毛和種母牛により哺育されたものより高い発育を示すことが明らかとなった。一方、日本短角種から生まれた黒毛和種胚移植子牛は日本短角種子牛よりも相対的に生時体重が小さく、胎子期の成長においても品種間差があると考えられた。日本短角種母牛に育てられる黒毛和種胚移植子牛の発育は、2ヵ月齢まで日本短角種子牛よりも劣っているものの、それ以降は同等か、優れていることが明らかとなった。黒毛和種胚移植子牛は栄養成分の利用が日本短角種子牛と異なり、2ヵ月齢以降、特に3～4ヵ月齢の発育は高脂質な血液性状が関与している可能性が示唆された。

第四章

放牧地において哺育・育成中の日本短角種母牛、
ならびに日本短角種子牛と胚移植による黒毛和種子牛
の血中代謝成分の経時的変化

第一節 緒言

摂取した栄養分と維持や生産のために消費した栄養分のバランス，すなわち栄養出納の均衡・不均衡を血液性状から客観的に診断し，牛の栄養状態を評価する代謝プロファイルテストが提唱されている(Payneら 1970, Payneら 1987)。代謝プロファイルテストは，主として乳牛で利用されてきたが，近年，肉用牛においても利用されている(全国家畜畜産物衛生指導協会 1999, Watanabeら 2013, 渡邊ら 2014a, 2014b)。牧草主体の黒毛和種繁殖雌牛の飼養管理において，牧草の粗タンパク質(CP)が高いと胚移植による受胎率の低下を引き起こすとされている(渡邊ら 2005)。Takasuら(2005)は，肉用育成牛の発育不良と代謝プロファイルテストの関連について調査し，発育が正常な牛と比較して，尿素態窒素(BUN)濃度などいくつかの項目において有意差が認められたことを報告している。また，代謝プロファイルテストを用いて，採食量の測定が困難な放牧牛の栄養状態の評価(中野ら 2009)や放牧牛の血液性状による放牧地の評価(谷本ら 2003, 渡邊ら 2008)がなされている。

第二章において，放牧条件下で6～7月生まれ，母子放牧した日本短角種子牛(夏子)は，通常の飼養条件である3～4月に牛舎で生まれ，5月頃から母子放牧した日本短角種子牛(春子)に比べて，初期発育が改善された。第三章において，日本短角種母牛から放牧地で生まれ，哺育する黒毛和種胚移植子牛(放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区)の2ヵ月齢まで発育は，放牧地で日本短角種母牛から生まれ，育てられた日本短角種子牛(放牧・短角母牛・短角子牛区)よりも劣っているものの，それ以降は同等か，優れていた。また，放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重について，放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛の方が2ヵ月齢までの体重減少率が大きく，体重変化に異なる傾向が認められた。これらの生産性の差異に血中代謝成分の変動が関わっている可能性が考えられる。そこで，放牧地で分

娩，哺育される日本短角種子牛，黒毛和種胚移植子牛および日本短角種母牛の
血中代謝成分の経時的変化について検討を行った。

第二節 材料および方法

供試牛および血液採取

第二章において供試した放牧飼養下で6~7月に生まれ、母子放牧した夏子区の日本短角種子牛10頭および牛舎で3~4月に生まれ、5月中旬から母子放牧した春子区の日本短角種子牛7頭から血液を採取した。体尺測定と同時に採血を毎月行った。両区とも母牛は採取を行わなかった。また、第三章で供試した放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と日本短角種母牛の母子5組および放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛と日本短角種の母子5組で採血を行った。子牛で隔週、母牛で毎月、採取した。舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の母子は採血を行わなかった。テルモ製の10 mlヘパリン添加採血管を用いて頸静脈から採取し、直ちに氷中で冷却した。4℃の設定下において1,600×gで25分間遠心分離を行い、血漿を分注した。分注した血漿は分析まで-30℃で凍結保存した。

血液の分析

血漿の尿素態窒素 (BUN)、血糖 (GLU) および総コレステロール (T-CHO) は自動分析装置 (日立 7070 型; 株式会社日立製作所) によって分析した。自動分析装置用試薬はクイックオート ネオ BUN, クイックオート ネオ GLU-HK およびクイックオート ネオ T-CHO II (株式会社シノテスト) を使用し、ひとつのサンプルにつき2回測定を行った。夏子区および春子区の日本短角種子牛の測定において、測定内の変動係数は、BUNで5.5%, GLUで4.9%, T-CHOで5.7%であった。また、コントロールを用いた測定間の変動係数は、BUNで6.7%, GLUで7.3%, T-CHOで7.8%であった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区および放牧・短角母牛・短角子牛区の母子の測定において、測定内の変動係数は、BUNで4.8%, GLUで5.2%, T-CHOで5.2%であった。また、コン

トロールを用いた測定間の変動係数は、BUN で 7.7%、GLU で 6.3%、T-CHO で 8.3%であった。

統計処理

血漿成分値は、子牛で生時から 1 ヶ月ずつ、母牛で分娩後から 1 か月ずつに分類して、試験区ごとに平均値と標準偏差を算出した。これらの測定項目に対する試験区の影響は SAS (ソフトウェア ver9.3) の GLM プロシージャーによる反復測定分散分析により解析した。試験区間または試験区×時間の交互作用に有意差が認められた場合、それぞれの項目における差について、Student's の t 検定または Tukey の多重検定を用いて有意差検定を行った。

第三節 結果

夏子区および春子区の日本短角種子牛の血液成分の推移

両区の BUN, GLU および T-CHO 濃度の経時的变化をそれぞれ図 4-1, 図 4-2, 図 4-3 に示した。両区の BUN 濃度, GLU 濃度および T-CHO 濃度は, ともに似た経時的变化を示した。BUN 濃度は両区ともに生時に高く, その後低下した後, 再び上昇した。なお, シバ優占の自然草地への放牧中は栽培草地への放牧中に比べて, 両区ともに BUN 濃度が低くなる傾向があった。GLU 濃度は, 両区において, 生時で最も高く, 成長とともに減少する傾向が認められた。T-CHO 濃度は個体ごとのバラツキが大きかった。生時で低く, 成長とともに高くなるという一定の推移を示す個体がある一方, 生時からほぼ同じ高さの推移を示す個体も認められた。また, すべてのステージにおいて, BUN, GLU および T-CHO 濃度は区間に有意差が認められなかった。

黒毛和種胚移植子牛および日本短角種子牛の血液成分の推移

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛の血漿中の BUN, GLU および T-CHO 濃度の経時的变化をそれぞれ図 4-4, 図 4-5, 図 4-6 に示した。

BUN 濃度は両区とも, 生時に高く, その後低下した後, 再び上昇した。BUN 濃度は生時から 4 ヶ月齢までの試験期間を通して, すべてのステージにおいて, 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも高く推移した。

GLU 濃度は, 両区において, 生時で最も高く, 成長とともに減少する傾向が認められた。1 ヶ月齢から 2 ヶ月齢において放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区では 127.2 ± 9.4 mg/dl であり, 放牧・短角母牛・短角子牛区の 113.7 ± 8.9 mg/dl よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。また, 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢にお

いても、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は 108.9 ± 9.9 mg/dl であり、放牧・短角母牛・短角子牛区の 90.9 ± 8.8 mg/dl よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。

T-CHO 濃度は、生時において、両区間に差が認められなかった。しかし、2 ヶ月齢から 3 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区は 150.0 ± 22.5 mg/dl であり、放牧・短角母牛・短角子牛区の 122.1 ± 27.2 mg/dl よりも有意 ($P < 0.05$) に高くなった。さらに 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (173.9 ± 31.6 mg/dl) は放牧・短角母牛・短角子牛区 (124.4 ± 31.8 mg/dl) よりも有意 ($P < 0.01$) に高かった。

日本短角種母牛の血液成分の推移

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の血漿中の BUN, GLU および T-CHO 濃度の経時的変化を図 4-7, 図 4-8, 図 4-9 に示した。両区の BUN 濃度, GLU 濃度, T-CHO 濃度ともに似た経時的変化を示した。すなわち、両区の母牛とも、BUN 濃度と T-CHO 濃度は時間の経過とともに上昇したのに対し、GLU 濃度は大きな変化が認められなかった。また、すべてのステージにおいて、両区間の BUN, GLU, T-CHO 濃度に差異は認められなかった。

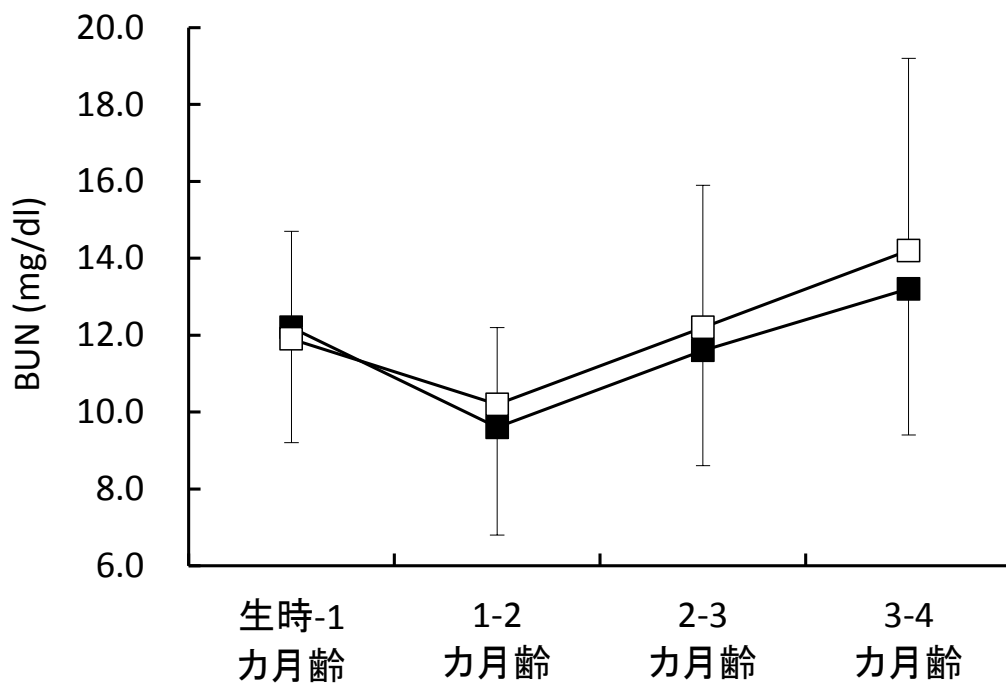


図 4-1. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の血漿中の
尿素態窒素 (BUN) 濃度の推移.

夏子区 (—■—), 春子区 (—□—), 平均値±標準偏差.

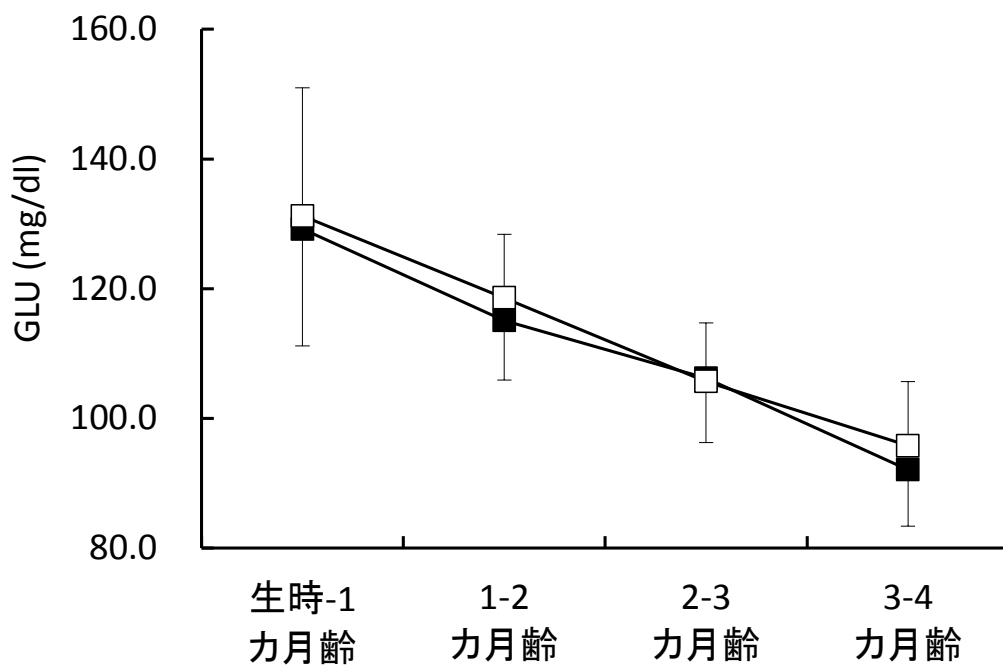


図 4-2. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の血漿中の
血糖 (GLU) 濃度の推移.

夏子区 (—■—), 春子区 (—□—), 平均値 ± 標準偏差.

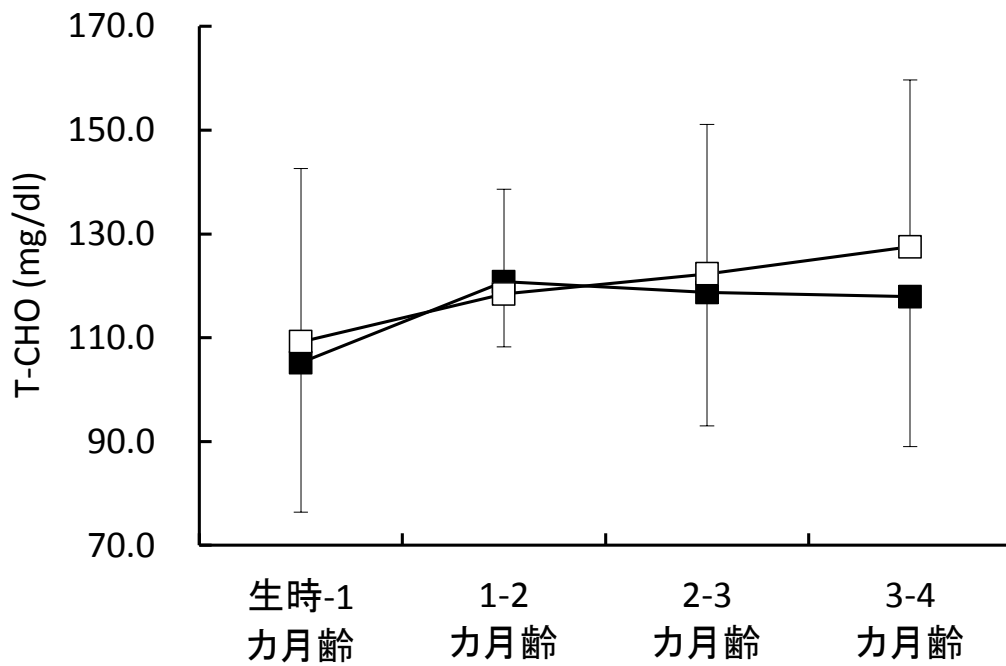


図 4-3. 夏子区と春子区の日本短角種子牛の血漿中の
総コレステロール (T-CHO) 濃度の推移.

夏子区 (—■—), 春子区 (—□—), 平均値±標準偏差.

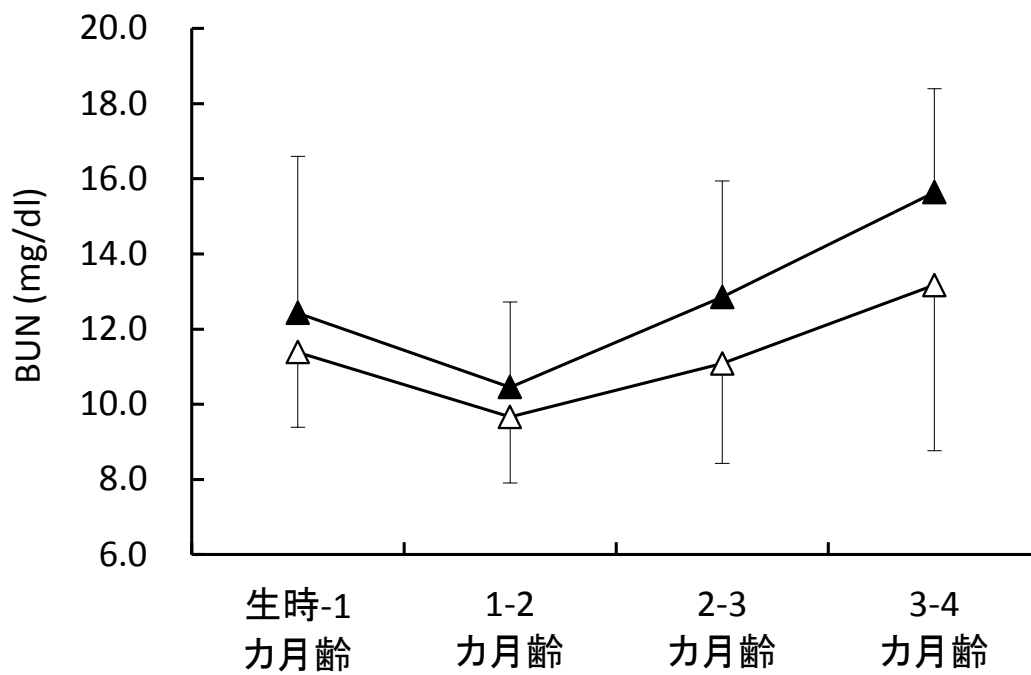


図 4-4. 黒毛和種胚移植子牛と日本短角種子牛の血漿中の
尿素態窒素 (BUN) 濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—▲—),
放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—), 平均值±標準偏差.

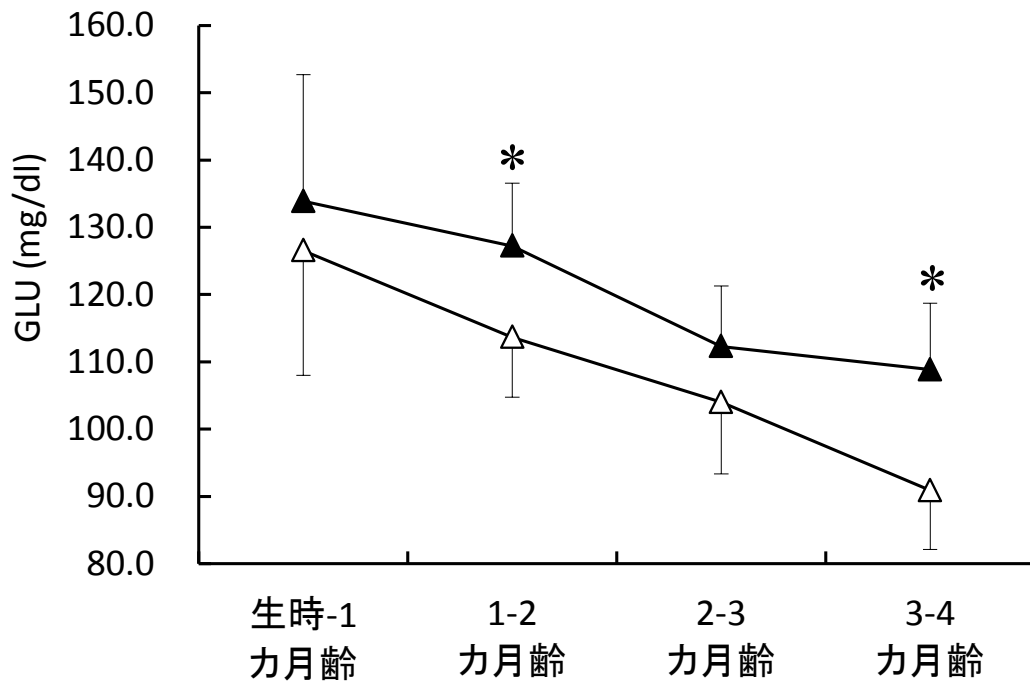


図 4-5. 黒毛和種胚移植子牛と日本短角種子牛の血漿中の
血糖 (GLU) 濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—▲—),
放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—), 平均値±標準偏差,
異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$).

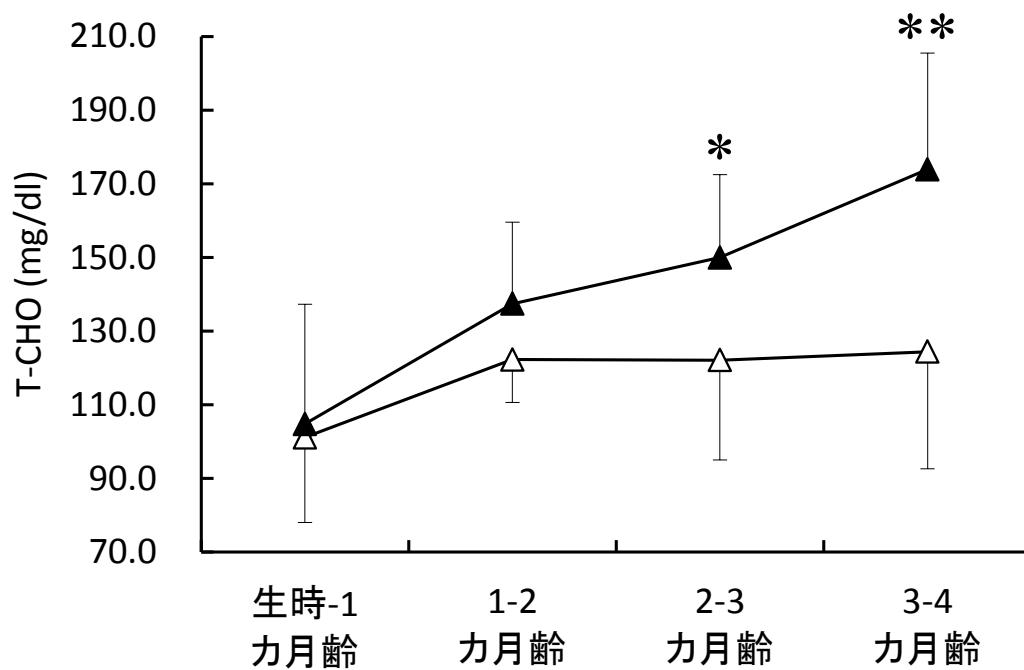


図 4-6. 黒毛和種胚移植子牛と日本短角種子牛の血漿中の
総コレステロール (T-CHO) 濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—▲—),
放牧・短角母牛・短角子牛区 (—△—), 平均値±標準偏差,
異符号間に有意差あり (*; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$).

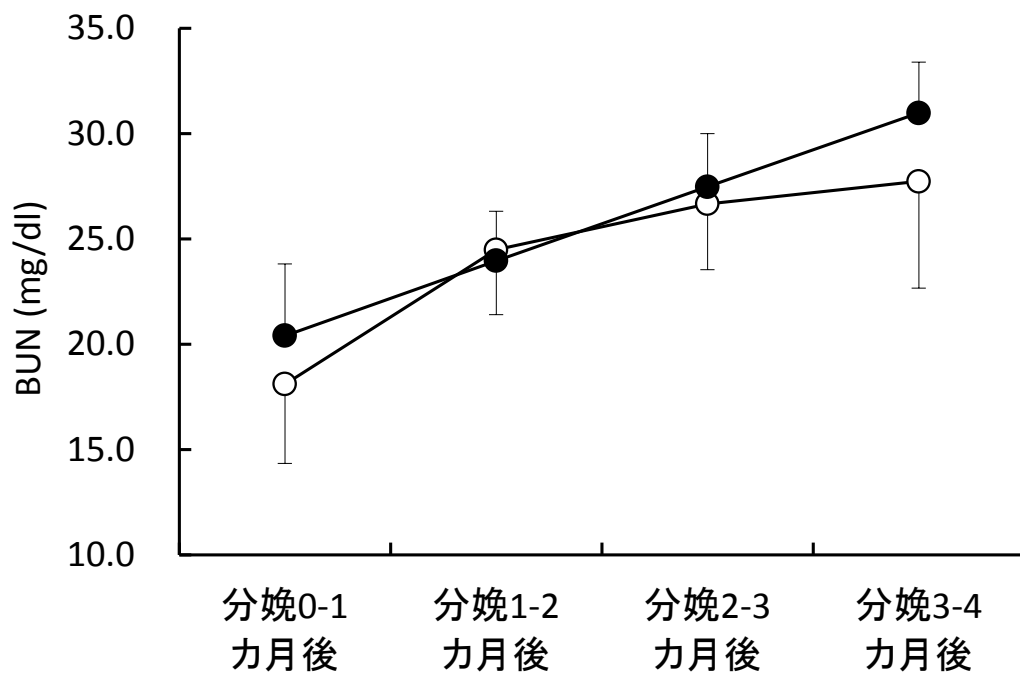


図 4-7. 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区
 の日本短角種母牛の血漿中の尿素態窒素（BUN）濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—●—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—○—), 平均値±標準偏差.

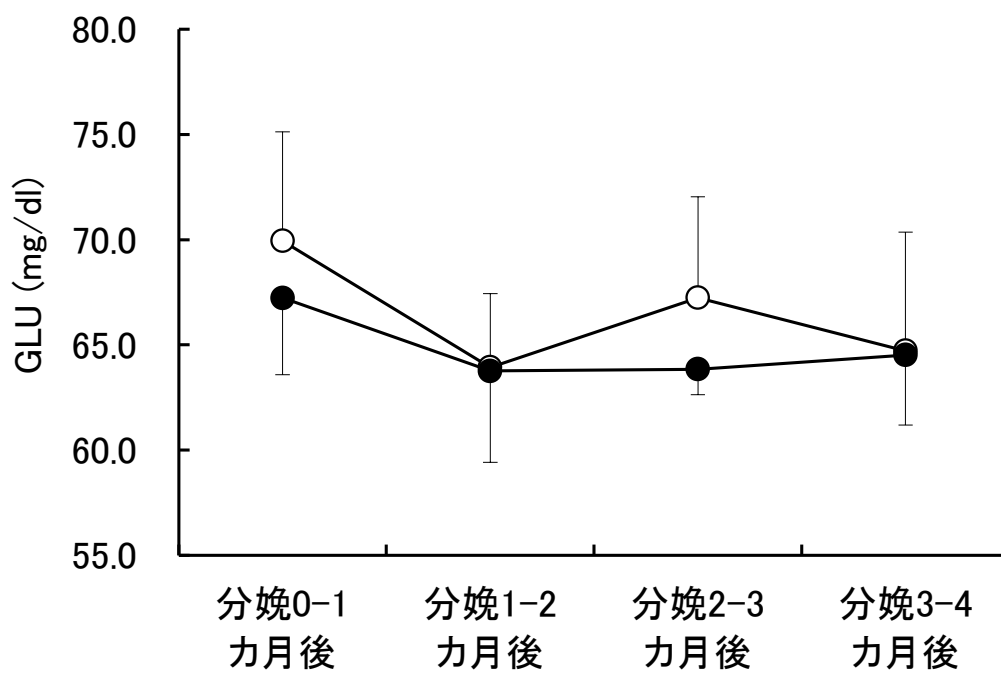


図 4-8. 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区
 の日本短角種母牛の血漿中の血糖 (GLU) 濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—●—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—○—), 平均值±標準偏差.

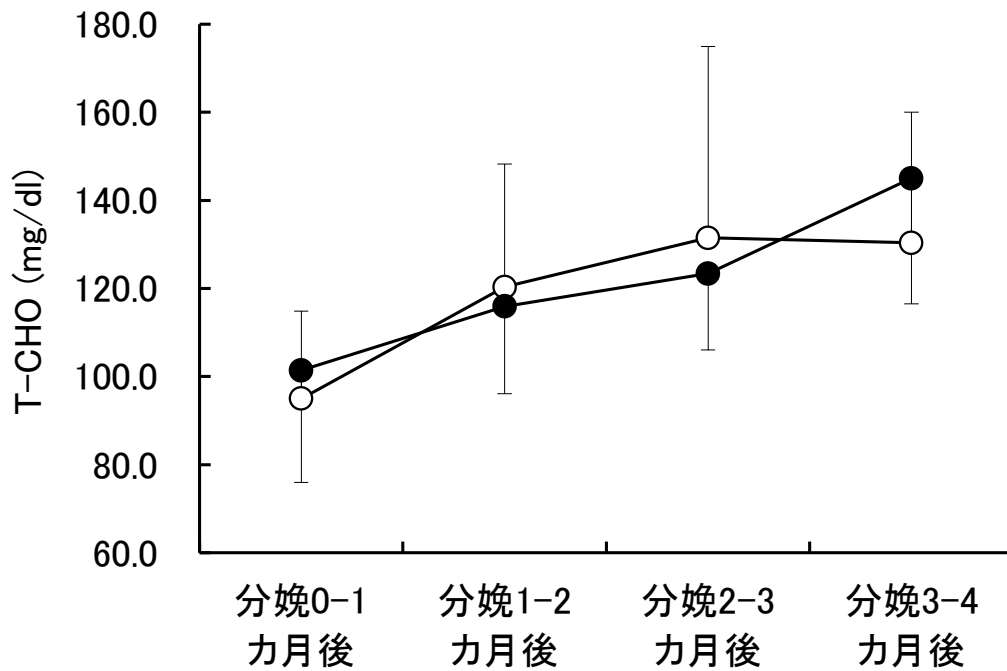


図 4-9. 放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区
 の日本短角種母牛の血漿中の総コレステロール (T-CHO) 濃度の推移.

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区 (—●—),

放牧・短角母牛・短角子牛区 (—○—), 平均値±標準偏差.

第四節 考察

血中 BUN 濃度はタンパク質代謝に関連する指標とされる(全国家畜畜産物衛生指導協会 1999)。子牛の人工哺育において、代用乳の原料の違いによる構成タンパク質の違いにより、異なる BUN 濃度の推移を示すことが報告されている(安松谷ら 2010, 坂瀬ら 2011)。夏子区および春子区の日本短角種子牛、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛および放牧・短角母牛・子牛区の日本短角種子牛ともに似た経時的変化を示した。すなわち、生時に高く、その後低下した後、再び上昇した。2 ヶ月齢までは母乳への依存度が高く、固形飼料の採食が少ないので、母乳から摂取したタンパク質やアミノ酸の利用状態によって BUN 濃度が影響される。生時から 2 ヶ月齢までの BUN 濃度の低下は、成長に伴って筋肉の増加などタンパク質蓄積およびアミノ酸利用が活発になったことによるものと推察される。2 ヶ月齢以降、哺乳中の子牛は必要な養分を、母乳よりも固形飼料から摂取するようになる(久馬ら 1979)。発育につれて牧草の採食が増えてくると、ルーメン内でのタンパク質の分解やアンモニアの放出、肝臓での尿素合成なども盛んになって再び濃度が高まったと考えられる。

佐藤ら(1989)は、ルーメンが未発達な新生子牛において BUN 濃度と日増体量の間に有意な負の相関が認められたが、ルーメンが発達し、固形飼料の採食が増えると正の相関になるとしている。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛の BUN 濃度は生時から 4 ヶ月齢までの試験期間を通して、すべてのステージにおいて、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも高く推移した。生時から 2 ヶ月齢までの日増体量は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも小さかったが、続く 2 ヶ月間においては黒毛和種胚移植子牛の方が大きく、佐藤ら(1989)の報告と一致した。

放牧において、少雨などの異常気象が子牛の発育に影響をおよぼすとされて

いる (Grings ら 2005)。その要因として哺乳中の母牛の泌乳量の低下や子牛の牧草摂取量の減少などが影響すると考えられる (Grings ら 2007)。本研究において、このような気象が原因による子牛への発育の影響は観察されなかったが、第二章において、シバ優占の自然草地への放牧は栽培草地への放牧に比べて、夏子区、春子区の日本短角種子牛ともに BUN 濃度が低くなる傾向が認められた。すなわち、ここでのシバを中心とした自然草地の可消化粗タンパク質 (DCP) 含量は栽培草地に比べて低いことが示唆された。シバの DCP 含量が低いことは、シバ草地で放牧する母牛の母乳に含まれる DCP 含量の低下を引き起こす。さらに、子牛が成長してシバを採食するようになってからも DCP 不足を招くと考えられる。第二章では自然草地への放牧期間が短かったため、子牛の発育は影響しなかったが、固定放牧など、自然草地への放牧期間が長くなると、子牛の成長に影響することが示唆された (山口 2011)。

GLU 濃度はエネルギー代謝に関する指標とされる (全国家畜畜産物衛生指導協会 1999)。1 ヶ月齢から 2 ヶ月齢までの 1 ヶ月間において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛胚移植子牛の GLU 濃度は、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意に高かった。しかしながら、同じ期間の日増体量は、日本短角種子牛の方が有意に大きかった。この結果は、子牛の高い GLU 濃度と速い成長の間に関連性があるとした報告 (Kitchenham ら 1975, 佐藤ら 1989) とは一致しなかった。これらの報告は同一品種で調査したのに対して、第三章では黒毛和種と日本短角種との異なる品種間で比較を行ったが要因と考えられる。また、GLU 濃度が高かったにも関わらず、黒毛和種胚移植子牛の日増体量の能力は上限に達してしまっていたので、それ以上、増えなかった可能性がある。

T-CHO 濃度は、エネルギー代謝および肝機能に関する指標とされる (全国家畜畜産物衛生指導協会 1999)。T-CHO 濃度は放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛にお

いて、異なる経時的変化を示した。黒毛和種胚移植子牛は、全頭において、成長に伴って、T-CHO 濃度が増加した。これに対して、日本短角種子牛では、5頭中2頭において、黒毛和種胚移植子牛と同様の T-CHO 濃度の推移を示したものの、残りの3頭においては、試験期間を通して、ほとんど濃度の変化がなかった。子牛の血漿中の T-CHO 濃度は、脂肪やエネルギーの摂取量の増加に伴って増えるとされている (Nestel ら 1978)。第三章において、両区の子牛が摂取できた乳脂肪量や牧草から得られるエネルギー量は、ほぼ同じであったと考えられる。従って、摂取した脂肪の消化や利用の仕方が、黒毛和種胚移植子牛と日本短角種子牛で異なっていた可能性がある。哺育期の子牛の発育は哺乳量だけでなく、脂肪摂取量も影響するとされている (Christian ら 1965)。3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢にかけての黒毛和種胚移植子牛の日増体量が優れていたのは、血漿中の T-CHO 濃度が高かったことと関係がある可能性が考えられる。

放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の BUN 濃度は、ともに似た経時的変化を示し、すべてのステージにおいて、有意差は認められなかった。一方、渡邊ら (2014a, 2014b) が報告している舎飼いで哺育している黒毛和種母牛の BUN 濃度より高く、分娩 1 ヶ月後以降は両区ともに、乳牛で繁殖障害を引き起こす可能性がある臨界値とされている 20 mg/dl (Ferguson ら 1993) を越える濃度で推移した。放牧では、飼料となる放牧草の成分含量の特徴により、エネルギー摂取量に対するタンパク質摂取量の割合が高くなり、BUN 濃度が 20 mg/dl を超えやすいとされている (新林ら 1972, 木村ら 1978)。また、エネルギー不足により、摂取したタンパク質が有効に利用されず、BUN 濃度の上昇をもたらすことが指摘されている (中野ら 2009)。哺育中の日本短角種は放牧草の採食量が多く、さらに産乳のエネルギー消費が大きいいため、摂取したのに利用されないタンパク質がより多くなり、BUN 濃度が高く推移したと考えられる。すなわち、放牧地で哺育中の日本短角種母牛は、哺育する子牛の品種に関わらずエネルギー不足が起こりやすく、BUN

濃度が高くなることが示唆された。

T-CHO 濃度は、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛ともに分娩後の経過に伴って増加した。これらの変化は、舎飼いで哺育している黒毛和種母牛でも認められ(渡邊ら 2014a, 2014b), すべてのステージにおいて適正值の範囲内であることから、正常な推移だったと考えられる。

以上のことから、第三章において、黒毛和種胚移植子牛の 2 ヶ月齢以降の日増体量が優れていたのは、血漿中の T-CHO 濃度が高かったことと関係がある可能性が示唆された。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛において、哺育する子牛の品種の違いによる BUN, GLU および T-CHO 濃度の経時的変化およびすべてのステージにおける差異は認められなかった。しかし、放牧地で哺育中の日本短角種母牛は、哺育する子牛の品種に関わらずエネルギー不足が起こりやすく、BUN 濃度が高くなることが示唆された。

第五節 小括

放牧条件下で生まれ、母子放牧した日本短角種子牛と黒毛和種胚移植子牛および日本短角種母牛の血中代謝成分の経時的変化について検討した。夏子区および春子区の日本短角種子牛の BUN, GLU および T-CHO 濃度は、両区ともに似た経時的変化を示した。すべてのステージにおいて、BUN, GLU および T-CHO 濃度は区間に有意差が認められなかった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛の BUN 濃度は、すべてのステージにおいて、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が高く推移した。GLU 濃度は、1 ヶ月齢から 2 ヶ月齢および 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛の T-CHO 濃度は、2 ヶ月齢から 3 ヶ月齢および 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意 ($P < 0.01$ または $P < 0.01$) に高かった。2 ヶ月齢以降において黒毛和種胚移植子牛の日増体量が優れていたのは、T-CHO 濃度が上昇したことと関連している可能性が考えられた。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛において、BUN, GLU および T-CHO 濃度の経時的変化およびすべてのステージにおける差異は認められなかったが、両区の日本短角種母牛ともに、BUN 濃度が高く推移した。放牧地で哺育中の日本短角種母牛は、哺育する子牛の品種に関わらずエネルギー不足が起こりやすく、BUN 濃度が高くなると推察された。

第五章

総合考察

放牧地での分娩は、分娩が近い牛が本能的に安全な場所を見つけて分娩するとされており (Lidfors ら 1994)、このような牛に任せた分娩環境はストレス軽減になり、事故を減らせることが期待できる。しかし、放牧飼養における母牛の栄養状態は、草種や草量および牛の採食行動に依存するため、舎飼い分娩に比べて放牧地分娩は母牛の栄養管理が難しい。放牧地で日本短角種母牛から 6～7 月に生まれた日本短角種子牛の生時体重は、牛舎で 3～4 月に生まれた日本短角種子牛を上回った。また、放牧地で日本短角種母牛から生まれた黒毛和種胚移植子牛の生時体重は、黒毛和種の一般的な飼い方である舎飼いで黒毛和種母牛より生まれた黒毛和種子牛とほぼ同じであった。放牧地分娩は栄養摂取量が舎飼い分娩に比べて少なかったにも関わらず、日本短角種母牛は放牧生草の利用性が高く、妊娠中の胎子へ十分な栄養供給を行ったことが推察された。従って、日本短角種母牛の放牧適性および母性効果の高さ、放牧地分娩に適していることが示唆された。一方、分娩事故を防止するために監視は必要だが、放牧地に何度も様子を見に行くことは容易ではない。放牧地分娩に適した分娩管理方法が今後の課題である。

放牧を主体として生産・育成された放牧子牛は、舎飼いを主体として生産・育成された子牛より発育が遅れることが指摘されている (福原ら 1973)。広い放牧地を母牛と共に行動することは大きなストレスになると報告されている (松川ら 1979)。放牧地で生まれた日本短角種子牛の場合はさらに幼弱であるため、生後すぐに母牛と一緒に行動によるストレスは発育に影響することが懸念された。日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育される日本短角種子牛および黒毛和種胚移植子牛の月ごとの増体量は、ともに生時から 1 ヶ月齢にかけて最も大きかった。放牧地分娩した日本短角種母牛は、分娩後の早期に泌乳ピークを迎えたこと、放牧生草の利用性が高く、産乳のため十分な栄養供給を行ったことが推察された。従って、日本短角種母牛の高い泌乳能力による母性効果が放牧で子牛を生産・育成する場合の懸念を払拭したことが示唆された。

日本短角種と黒毛和種では泌乳量、乳成分が異なることから(新宮ら 2002), 日本短角種母牛に育てられる黒毛胚移植子牛において、過大な飲乳量などによる食餌性下痢の発症が懸念されたが、目立った体調不良もなく、治療を行うことはなかった。日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育する黒毛和種胚移植子牛の生時から 2 ヶ月齢までの日増体量は、舎飼いで黒毛和種母牛に育てられた黒毛和種子牛よりも有意に大きかった。また、4 ヶ月齢時の体重、胸囲、胸深、体高および体長のすべての項目において大きくなった。従って、日本短角種を母牛として母子放牧された黒毛和種胚移植子牛は、舎飼いで黒毛和種母牛により哺育された黒毛和種子牛より有意に高い発育を示すこと、日本短角種母牛の高い泌乳能力による母性効果は黒毛和種胚移植子牛に対しても有効であることが示唆された。黒毛和種子牛の増体量から泌乳量を推定すると、日本短角種母牛と母子放牧した黒毛和種胚移植子牛と舎飼いで黒毛和種母牛に哺育された黒毛和種子牛との 8 週齢まで泌乳量の差は約 90 kg、一日当たりで約 1.6 kg/日と推察された。

日本短角種母牛から放牧地で生まれた黒毛和種胚移植子牛の生時体重は、日本短角種母牛から放牧地で生まれた日本短角種子牛よりも有意に小さく、胎子期の成長において黒毛和種と日本短角種に品種間差があることが示唆された。日本短角種母牛に育てられる黒毛和種胚移植子牛の発育は、2 ヶ月齢まで日本短角種子牛よりも劣っているものの、それ以降は同等か、優れていた。黒毛和種胚移植子牛は栄養成分の利用が日本短角種子牛と異なり、2 ヶ月齢以降、特に 3 ~4 ヶ月齢の黒毛和種胚移植子牛の良好な発育は高脂質な血液性状が関与している可能性が示唆された。

異なる品種の胚移植子牛が受胎牛に様々な影響をおよぼすと報告されている(Guilbault ら 1990, Isogai ら 1994)。放牧地で黒毛和種胚移植子牛を分娩し、哺育した日本短角種母牛の体重推移は、日本短角種子牛と母子放牧する日本短角種母牛と異なる傾向が認められた。子牛の日増体量の差から、日本短角

種子牛を育てた日本短角種母牛は、黒毛和種胚移植子牛を育てた日本短角種母牛よりも泌乳量が多かったと推察された。また、日本短角種子牛の生時体重や体型は黒毛和種胚移植子牛よりも大きく、分娩時のストレスが分娩後の母牛の体重の推移に影響をおよぼした可能性も示唆された。放牧地で黒毛和種胚移植子牛を分娩し、哺育した日本短角種母牛および日本短角種子牛を哺育した日本短角種母牛において、哺育する子牛の品種の違いによる BUN、GLU および T-CHO 濃度の経時的変化およびすべてのステージにおける差異は認められなかった。しかし、放牧地で哺育中の日本短角種母牛は、哺育する子牛の品種に関わらずエネルギー不足が起こりやすく、BUN 濃度が高くなることが示唆された。

以上のことから、日本短角種雌牛を用いた放牧地分娩と母子放牧による子牛生産は、日本短角種が放牧地分娩に適していること、子牛の品種が日本短角種、黒毛和種（胚移植）のどちらであっても子牛の初期発育を改善するのに有効であることが示唆された。これらの成果は、放牧草地に立脚した土地利用型の肉用子牛生産を推進していく上での貴重な情報になると期待できる。一方、放牧地で生まれた日本短角種子牛および黒毛和種胚移植子牛は、11月の放牧終了時点で4～5ヵ月齢であり、放牧終了と同時に離乳および牛舎での育成が必要である。6月生まれの子牛において、140日齢での離乳後の発育は190日齢での離乳よりも低くなるとされており（Gringsら2005）、夏子の離乳後の適正な育成法が今後の課題である。

要約

日本短角種は北東北の中山間地域の活性化，草・土地資源の有効利用や里山の環境保全などに重要な役割を担っている。そして夏山冬里方式の特徴的な飼養形態により，北東北の飼養環境に適した家畜であり，これからも北東北の畜産業にはなくてはならない存在であると考えられる。近年，牛肉へのニーズの多様化により，赤身肉の需要が高まり，赤身肉が主体の和牛として日本短角種が注目されている。しかし，日本短角種の特徴である母子放牧，種雄牛による自然交配などの飼養形態は必然的に季節繁殖になるため，子牛の生産時期が偏るという問題がある。子牛の生産・出荷時期が偏るということは，肥育後，肉として出荷される時期が偏ることになり，日本短角種牛肉の利用拡大の機会を損失する要因になっている。母子放牧，種雄牛による自然交配を活かしつつ，日本短角種子牛の生産時期を調整する方法として6～7月生まれ（夏子）の放牧地分娩が考えられる。

そこで，放牧条件下で6～7月生まれ，母子放牧した日本短角種子牛（夏子）と，通常の飼養条件である3～4月に牛舎で生まれ，5月頃から母子放牧した日本短角種子牛（春子）を比較することにより，夏子の発育特性について検討を行った。夏子は春子と比べて，生時の体型に差が認められなかった。夏子の1ヵ月齢時の体重と胸囲，胸深，腰角幅およびかん幅で春子よりも有意（ $P < 0.05$ ）に大きく，体長と体高は3ヵ月齢時に有意（ $P < 0.05$ ）に大きくなることを明らかにした。また，4ヵ月齢において，体重，胸囲，胸深，腰角幅，かん幅，体長および体高のすべての項目で夏子の方が大きくなることを明らかにした。月ごとの増体量は，生時からの1ヵ月間において，夏子は体重，胸囲およびかん幅で有意（ $P < 0.05$ ）に大きくなるなど，すべての項目において夏子の方が大きくなることを明らかにした。これらの結果から，夏子の初期発育は春子に比べて優れており，その差は生後1ヵ月までの発育で現れることを確認した。夏子の生時から1ヵ月齢にかけての日増体量が優れた要因として，夏子の日本短角種母牛は分娩後の早期に泌乳ピークを迎えた，また，春子は摂取エネ

ルギーの多くを熟生産に利用し、初期発育に影響をおよぼしたと推察された。母牛の体重については、夏子区の日本短角種母牛における分娩後の体重減少率が大きくなることが明らかとなった。夏子の日本短角種母牛は春子の日本短角種母牛に比べて分娩前後の栄養摂取量が少なかったにも関わらず、妊娠中の胎子や乳の生産に十分な栄養供給を行ったことから、日本短角種母牛は放牧地分娩に適していることが示唆された。

赤身肉の需要が高まり、日本短角種牛肉が注目されているとはいえ、依然として牛肉の格付けは脂肪交雑が重視されるため、家畜市場における日本短角種子牛の価格は黒毛和種子牛の約 1/2 にしかない。日本短角種子牛の価格の低さは日本短角種繁殖牛の飼養農家の生産意欲を削いでおり、喫緊の課題として飼養農家の収益性を向上させる技術が求められる。日本短角種繁殖牛の飼養農家の収益性を向上させる技術の一つとして、胚移植により市場価値の高い黒毛和種子牛の生産を日本短角種の夏山冬里方式に融合させることも有効な手段と考えられる。胚移植では受胎牛固有の能力と比べてより優秀な能力を有する子牛の増産が可能となることが利点である。

そこで、日本短角種母牛から放牧地で生まれ、哺育する黒毛和種胚移植子牛（放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区）の初期発育について、放牧条件下において日本短角種母牛から自然交配によって生まれた日本短角種子牛（放牧・短角母牛・短角子牛区）および黒毛和種の一般的な飼い方である舎飼いで黒毛和種母牛に育てられた黒毛和種子牛（舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区）と比較することにより検討した。日本短角種への黒毛和種胚移植の受胎率は 34.6%（出生率は 31%）であった。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と舎飼・黒毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種子牛の生時体重はほぼ同じであり、妊娠中の胎子への栄養供給において、日本短角種母牛の母性効果が高いことが示唆された。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛は 4 ヶ月齢において、体重、胸囲、胸深、体長および体高のすべての項目で舎飼・黒

毛母牛・黒毛子牛区の黒毛和種子牛よりも大きくなることを明らかにした。これらのことから、日本短角種を母牛として母子放牧された黒毛和種胚移植子牛は、舎飼いで黒毛和種母牛により哺育された黒毛和種子牛より有意に高い発育を示すこと、日本短角種母牛の母性効果は黒毛和種胚移植子牛に対しても有効であることが明らかとなった。一方、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛は放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも生時体重が有意 ($P < 0.05$) に小さく、胎子期の成長において黒毛和種と日本短角種に品種間差があることが示唆された。日本短角種母牛に育てられる黒毛和種胚移植子牛の発育は、2 ヶ月齢まで日本短角種子牛よりも劣っているものの、それ以降は同等か、優れていることを明らかにした。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛の体重について、放牧・短角母牛・短角子牛区の母牛の方が 2 ヶ月齢までの体重減少率が大きく、体重変化には異なる傾向が認められることが示唆された。

放牧中の牛の生産性は草種や草量などの草地の状態、放牧方法および気象条件などによって大きく影響される。また、放牧飼養における牛の栄養状態は採食行動に依存するため、舎飼いに比べて栄養管理が難しい。放牧地で分娩、哺育する母子放牧は放牧草の季節変化などの影響を受けやすいと考えられ、放牧期間を通じての子牛および母牛の栄養状態について、経時的な変化を把握する必要がある。

そこで、放牧地における哺育・育成中の日本短角種母牛および日本短角種子牛および黒毛和種胚移植子牛の血中代謝成分の経時的変化について検討した。夏子区および春子区の日本短角種子牛の BUN, GLU および T-CHO 濃度は、両区ともに似た経時的変化を示し、すべてのステージにおいて、区間に有意差が認められないことを明らかにした。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛の BUN 濃度は、すべてのステージにおいて、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚

移植子牛が高く推移することを明らかにした。GLU 濃度は、1 ヶ月齢から 2 ヶ月齢および 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛が、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意 ($P < 0.05$) に高くなることを確認した。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区の黒毛和種胚移植子牛の T-CHO 濃度は、2 ヶ月齢から 3 ヶ月齢および 3 ヶ月齢から 4 ヶ月齢において、放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種子牛よりも有意 ($P < 0.01$ または $P < 0.01$) に高く、2 ヶ月齢以降に黒毛和種胚移植子牛の増体が優れていたのは、血漿中の T-CHO 濃度が高かったことと関係がある可能性が示唆された。放牧・短角母牛・黒毛胚移植子牛区と放牧・短角母牛・短角子牛区の日本短角種母牛において、BUN、GLU および T-CHO 濃度の経時的変化およびすべてのステージにおける差異は認められないが、両区の日本短角種母牛ともに、BUN 濃度が高く推移することを明らかにした。放牧地で哺育中の日本短角種母牛は、哺育する子牛の品種に関わらずエネルギー不足が起りやすく、BUN 濃度が高くなると推察された。

以上から、日本短角種雌牛を用いた放牧地分娩と母子放牧による子牛生産は、日本短角種が放牧地分娩に適していること、子牛の品種が日本短角種、黒毛和種（胚移植）のどちらであっても子牛の初期発育を改善するのに有効であることが提示された。これらの成果は、放牧草地に立脚した土地利用型の肉用子牛生産を推進していく上での貴重な情報となりうる。日本短角種子牛を放牧地分娩と母子放牧で生産することで、日本短角種子牛の生産時期が調整され、日本短角種牛肉の供給安定および利用、消費拡大に繋がることを期待できる。黒毛和種胚移植子牛を放牧地分娩と母子放牧で生産することで、飼料代や飼養管理労働を節減しながら市場価値の高い黒毛子牛が生産でき、日本短角種の生産地域における収益性の向上と経営の安定に繋がることを期待できる。生産する（胚移植に使用する）黒毛和種は生時体重が大きくなる系統、個体が望ましい。

本研究で十分に検討できなかった、①放牧地分娩に適した分娩管理方法、②離

乳後の適正な育成法，③日本短角種の母子放牧条件下における胚移植による受胎率向上については今後の課題である。

謝辞

本論文の執筆に当たり、御懇篤な御教示と御校閲を賜った岩手大学大学院連合農学研究科教授松崎正敏博士（弘前大学）、岩手大学大学院連合農学研究科教授鈴木裕之博士（弘前大学）、岩手大学大学院連合農学研究科教授渡邊彰博士（岩手大学、東北農業研究センター）および岩手大学大学院連合農学研究科教授堀口健一博士（山形大学）に心から深謝申し上げる。

本研究の遂行に当たっては、東北農業研究センター須山哲男研究管理監（現、公益財団法人神津牧場場長）、御子柴義郎研究管理監（現、生産環境研究領域長）および押部明德畜産飼料作研究領域長にも格別の便宜と御指導を頂いた。また、東北農業研究センター畜産飼料作研究領域竹之内直樹上席研究員（現、九州沖縄農業研究センター）、平尾雄二上席研究員（現、畜産草地研究所）および福田栄紀上席研究員には、常に多大な御教示と御指導を賜った。東北農研センター畜産飼料作研究領域東山雅一主任研究員、池田堅太郎主任研究員、東山由美主任研究員、嶺野英子主任研究員、米内美晴主任研究員、柴伸弥主任研究員、今成麻衣研究員、志水学主任研究員（現、東北農業研究センター業務第2科長）、伊賀浩輔主任研究員、福重直樹主任研究員には調査および実験の実施に当たり、多大な御助言と御支援を頂いた。また、東北農業研究センター業務科諸氏、東北農業研究センター非常勤職員坂本充子氏、山岸さゆり氏には調査および実験補助において、多大な御協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 浅田正嗣, 橋谷田豊, 作田直之, 古屋敷忍, 山谷省蔵, 福田淳郎, 中田健, 小西一之 (2004) 膣内留置型プロジェステロン製剤 (CIDR) と GnRH を用いて排卵同期化処理を行った日本短角種受胎牛の胚移植成績. 日本胚移植学雑誌. 26: 107-118.
- 2) 安藤益夫 (2001) 日本短角種繁殖牛飼養経営の現状と展望. 東北農業試験場研究報告. 98: 43-52.
- 3) Christian L. L., E. R. Hauser and A. B. Chapman. (1965) Association of pre-weaning and post -weaning traits with weaning weight in cattle. *Journal of Animal Science*. 24: 652-659.
- 4) Clutter, A. C. and M. K. Nielsen. (1987) Effect of level of beef cow milk production on pre- and postweaning calf growth. *Journal of Animal Science*. 64:1313-1322.
- 5) Ferguson, J. D., Galligan, D.T., Blanchard, T., Reeves, M. (1993) Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *Journal of Dairy Science* 76: 37 42-3746.
- 6) 藤森英樹 (2010) 日本短角種繁殖経営の成立条件. 農林業問題研究. 46: 189-194.
- 7) 福田栄紀 (2002) 岩泉町安家森の放牧再開による進入稚樹の影響. 東北農研総合研究 (A). 2: 25-27.
- 8) 福原利一, 小畑太郎, 木原靖博 (1973) 放牧子牛の発育に関する研究 (第 1 報). 中国農業試験場報告. B,20: 1-50.
- 9) 後藤篤志 (2009) 哺乳育成期子牛の栄養管理が発育に及ぼす影響. 日本家畜臨床感染症研究会誌. 4: 92-96.

- 10) Grings, E. E., R. E. Short, K. D. Klement, T. W. Geary, M. D. MacNeil, M. R. Haferkamp and R. K. Heitschmidt (2005) Calving system and weaning age effects on cow and preweaning calf performance in the Northern Great Plains. *Journal of Animal Science*. 83: 2671-2683.
- 11) Grings, E. E., A. J. Roberts, T. W. Geary and M. D. MacNeil (2007) Milk yield of primiparous beef cows from three calving systems and varied weaning ages. *Journal of Animal Science*. 86: 768-779.
- 12) Guenther, J. J., D. H. Bushman, L. S. Pope and R. D. Morison (1965) Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *Journal of Animal Science*. 24:1184-1191.
- 13) Guilbault, L.A., G. L. Roy, J. F. Beckers and J. J. Dufour (1990) Influence of breed of fetus on periparturient endocrine responses and subsequent milk production of Ayrshire dams. *Journal of Dairy Science*. 73: 2766-2773.
- 14) 東山雅一 (2007) 放牧が草地の生物相の保全に及ぼす影響－岩手県岩泉町の半自然草地の植物相：植生遷移への放牧の影響－. 地域先導技術総合研究「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉生産・流通システムの開発」(平成14年～18年) 研究成果集. 61-65.
- 15) 広岡博之, 大石風人, 熊谷元 (2012) 牛肉に対する女性の消費意識と付加価値情報の経済価値の算定に関する研究. 平成23年度畜産関係学術研究委託調査報告書.
- 16) Holland, M.D. and K.G. Odde (1992) Factors affecting calf birth weight. *Theriogenology*. 38: 769-798.
- 17) Isogai, T., T. Shirai and Y. Ikeuchi (1994) Effects of calf breed on milk production and other economic traits of Holstein dams. *Theriogenology*.

41: 1347-1353.

18) 岩手畜産研究所 (2004) トウモロコシサイレージ多給肥育による良質短角牛肉の生産. 平成 16 年度試験研究成果.

19) 岩手北部農業共済組合 (2006) 肉用繁殖素牛の増頭に向けた受精卵移植事業 (カシオペア ET プロジェクト) の取り組み.

<http://www.nosai-iwatehokubu.or.jp/menu08/no4.html>

20) 川邊久浩, 中畠吉直, 安森隆則 (2001) 放牧牛における定時人工授精 (1). 九州農業研究. 63: 115.

21) 川手督也, 須山哲男, 竹中昭雄, 澁谷 (久保) 美紀 (2000) 品質管理・保証システムの意義と地域特産品振興の可能性—日本短角牛肉を中心に—. 東北農業研究. 53: 273-274.

22) 川手督也 (2008) 地方特定品種の特性と今日的意義, 課題—日本短角種を中心に—. び〜ふキャトル. 11: 28-30. 全国肉用牛振興基金協会.

23) 木村容子, 元井菫子, 飯塚三喜 (1978) 放牧牛における血液の理化学的性状調査. 家畜衛生試験場研究報告. 76: 43-50.

24) Kitchenham, B. A., G. J. Rowlands, R. Manston and S. M. Dew (1975) The blood composition of dairy calves reared under conventional and rapid-growth systems. *British Veterinary Journal*. 131: 436-46.

25) 小梨茂, 菊池正, 野口龍生, 中森忠義, 大池裕治 (2003) 日本短角種繁殖経営における黒毛和種胚移植の導入効果. 岩手県農業研究センター研究報告 3, 109-113.

26) 近藤恒夫, 築城幹典 (2007) ライフサイクルアセスメントによる地域自給型肉用牛生産システムの評価. 地域先導技術総合研究「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉生産・流通システムの開発」(平成 14 年~18 年) 研究成果集. 78-82.

- 27) 口田圭吾, 陰山麻由, 山口悠, 秦寛, 上村直己 (2012) 赤みを中心とした牛肉の枝肉共励会審査基準策定とその実施に関する報告. 肉用牛研究会報. 94: 47-49.
- 28) Kumagai H., R. Ito and K. Mitani (2000) Comparative studies on digestibility and energy and nitrogen metabolism among crossbred (Japanese Black Holstein), Japanese Shorthorn and Japanese Polled cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 13. Supple. B: 346-348.
- 29) 熊崎一雄, 松尾昭雄 (1968) 和牛子牛の生時体重および 180 日令体重に及ぼす環境要因の補正. 日本畜産学会報. 39: 426-431.
- 30) 栗原昭廣, 関根純二郎, 太田康彦, 菱沼貢, 鈴木達行, 音井威重 (2006) 受胎牛の品種および人工初乳の給与が胚移植により生産された黒毛和種雄子牛の発育および血液成分に及ぼす影響. 日本獣医師会雑誌. 59, 177-183.
- 31) 久馬忠, 菊池武昭, 高橋政義, 滝沢静雄 (1976) 黒毛和種自然哺乳子牛の摂食生態と栄養摂取量. 東北農業試験場研究報告. 52: 145-159.
- 32) 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. 東北農業試験場研究報告. 60: 73-90.
- 33) Lidfors, L. M. (1988) Behaviour of free-ranging cows and calves. *Applied Animal Behaviour Science*. 21: 369-370.
- 34) Lidfors, L. M., D. Moran, J. Jung, P. Jensen and H. Castren (1994) Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. *Applied Animal Behaviour Science*. 42: 11-28.
- 35) 萬田富治 (2008) 肉用牛の家畜福祉. 畜産の研究. 62: 93-98.
- 36) 松川正 (1976) 日本の短角種. 青森. 奥羽種畜牧場. 11-13.
- 37) 松川正, 中野秀治, 有吉俊, 小杉山基昭, 林孝 (1979) 日本短角種ならびに黒毛和種雌牛の発育に関する考察. 日本畜産学会報. 50: 95-99.

- 38) 松川正, 小野寺勉, 林孝, 小杉山基昭 (1979) 日本短角種の離乳時体重に及ぼす性, 出生月および母牛の年齢の効果. 東北農業試験場研究報告. 61: 97-103.
- 39) McCarter, M. N., D. S. Buchanan and R. R. Frahm (1991) Comparison of crossbred cows containing various proportions of Brahman in spring or fall calving systems: II. Milk production. *Journal of Animal Science*. 69: 77-84.
- 40) Mondragon, I., J. W. Wilton, O. B. Allen and H. Song (1983) Stage of lactation effects, repeatabilities and influences on weaning weights of yield and composition of milk in beef cattle. *Canadian Journal of Animal Sciences*. 63: 751-761.
- 41) Muramoto, T., M. Higashiyama and T. Kondo (2004) Comparison of beef color stability during display of two muscles between Japanese Shorthorn steers and Japanese Black steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 17:1303-1308.
- 42) 村元隆行, 東山雅一, 近藤恒夫 (2005) 配合飼料制限給与または地域産飼料だけで日本短角種を肥育する技術. 東北農業研究成果情報. 19: 246-247.
- 43) 永井郁雄, 竹内弘之, 神国弘, 芝田英一, 渡辺斉, 吉田節男 (1994) 大規模肉用牛施設における衛生対策の推進—子牛の損耗防止のための放牧分娩の試み—. 畜産の研究. 48: 487-490.
- 44) 中西雄二, 黒肥地一郎, 滝本勇治, 美濃貞治郎 (1978) 肉用繁殖雌牛の育成時における栄養水準と生産性に関する研究 第2報 16ヵ月令～初産までの成長と初産次および2産次成績. 九州農業試験場報告. 19: 425-445.
- 45) 中野美和, 葛間風花子, 八代田真人, 大谷滋 (2009) 大規模な野草地, 牧草地および野草牧草混在草地に放牧した黒毛和種繁殖牛の血液性状による栄養状態の評価. 日本草地学会誌. 55: 21-28.

- 46) National Research Council (1981) Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press. Washington, D. C.
- 47) Nestel P. J., A. Poyser, R. L. Hood, S. C. Mills, M. R. Willis, L. J. Cook and T. W. Scott (1978) The effect of dietary fat supplements on cholesterol metabolism in ruminants. *Journal of Lipid Research*. 19: 899-909.
- 48) 日本短角種登録協会 (1980) 日本短角種「短角を上手に飼うために」。日本短角種登録協会。青森。
- 49) 日本短角種登録協会 (1990) 日本短角種飼養技術マニュアル。日本短角種登録協会。青森。
- 50) 西村博 (1983) 肉用牛品種間の総合的能力比較。畜産コンサルタント 218: 54-58.
- 51) 新渡戸友次, 谷地仁, 谷藤隆志, 瀧向正四郎, 道又敬司, 帷子剛資, 平野保, 桜田奎一, 小野寺勉 (1981) 山地における肉用牛の集団育成技術。岩手県畜産試験場研究報告。10: 38-62.
- 52) 農畜産業振興機構 (2012) 平成 23 年度日本短角種生産費調査報告書。
- 53) 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2009) 日本飼養標準肉用牛 (2008 年版)。中央畜産会。東京。
- 54) 野村哲郎, 林浩, 佐々木義之 (1987) 中国地方における黒毛和種集団の繁殖構造と遺伝学的分析。日本畜産学会報。58: 21-27.
- 55) 小畑太郎, 福原利一, 木原靖博 (1973) 放牧子牛の発育に関する研究 (第 2 報)。中国農業試験場報告。B20: 51-62.
- 56) 小畑太郎, 福原利一, 塩谷康生, 岡野彰, 木原靖博 (1977) 肉用牛の育成時における成長と生産性。中国農業試験場報告。B,22: 27-51.
- 57) 大橋めぐみ (2004) 来訪者の牧野の経済的評価および保全活動参加の要因。東北農研総合研究 (A)。20: 11-36.

- 58) 大橋めぐみ, 永田淳嗣 (2006) 小売・飲食店における日本短角種牛肉利用の実態とニーズ分析. 東京大学人文地理学研究. 17: 1-34.
- 59) 大石孝雄, 居在家義昭, 島田和宏, 岡野彰 (1986) 肉用種繁殖雌牛の初,2産の産子の60日までの増体量に影響を及ぼす要因. 中国農業試験場報告. B,29: 1-8.
- 60) 大石亘, 秦隆夫, 千田雅之, 古家淳 (1995) 酪農経営における受精卵移植技術を利用した和子牛生産の経済性評価モデル. 農業研究センター研究報告. 24: 41-53.
- 61) Okada K., M. Takoh, Y. Naito and A. Takeuchi (1999) Relationship between occurrence of white diarrhea and changes of properties and components of blood and milk in their dams after parturition in Japanese Black calves. *Journal of Veterinary Medical Science*. 61: 929-934.
- 62) 小澤忍 (2001) 棚田放牧を始めよう(上). 現代農業. 2001年1月号: 318-322.
- 63) Payne, J. M., Dew, S. M., Manston, R. and Faulks, M. (1970) The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Veterinary Record*. 87:150-158.
- 64) Payne, J. M., and Payne, S. (1987) *The metabolic profile test*. Oxford University Press, Oxford. (白井和哉 訳監修. (1992) 代謝病のプロファイルテスト. 学窓社, 東京.)
- 65) Pursley, J. R., M. O. Mee and M. C. Wiltbank (1995) Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂ α and GnRH. *Theriogenology*. 44:915-923.
- 66) Rushen, J., A. M. de Passillé, M. A. G. von Keyserlingk and D. M. Weary (2008) *The welfare of cattle*. Springer, Dordrecht, 70-111.
- 67) Sakaguchi, M., M. Geshi, S. Hamano, M. Yonai and T. Nagai (2002) Embryonic and calving losses in bovine mixed-breed twins induced by transfer of in vitro-produced embryos to bred recipients. *Animal*

Reproduction Science. 72:209-221.

- 68) Sakakibara H., H. Kudo, A. Boediono, T. Suzuki (1996) Induction of twinning in Holstein and Japanese Black cows by ipsilateral frozen embryo transfer. *Animal Reproduction Science*. 44: 203-210.
- 69) 坂瀬充洋, 吉田恵実, 秋山敬孝, 岩木史之, 福島護之, 渡邊理 (2011) ホエーを主原料とした代用乳の給与が黒毛和種ほ乳子牛の発育及び血液性状に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告. 畜産編. 47: 11-15.
- 70) 佐野公洋 (2007) 肉用子牛の育成 (各論) 母牛の分娩前後の増飼とスターター早期給与の重要性. *家畜診療*. 54: 83-89.
- 71) 佐藤博, 長嶺慶隆, 林孝 (1989) 日本短角種の哺育子牛における血液成分と増体との関係. *日本畜産学会報*. 60: 644-647.
- 72) 佐藤百合香 (2007) 地場における短角牛肉購入者の特徴と地場消費推進上の課題. 地域先導技術総合研究「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉生産・流通システムの開発」(平成14年~18年)研究成果集. 83-88.
- 73) 澤井利幸, 藤井宏志, 吾郷英昭 (2002) 発情・排卵の同期化による定時人工授精技術 (1). 山口県畜産試験場研究報告. 17: 75-78.
- 74) 沢崎坦, 広瀬昶, 菊池武昭, 久馬忠, 滝沢静雄, 高橋政義, 瀧向正四郎, 小野寺勉, 斉藤精三郎, 帷子剛資, 吉田宇八 (1974) 山岳育成が肉牛の生産性におよぼす効果 I. 肥育用素牛の発育成長と体型特徴. *日本畜産学会報*. 45: 597-602.
- 75) Scibilia L. S., L. D. Muller, R. S. Kensinger, T. F. Sweeney and P. R. Shellenberger (1987) Effect of environmental temperature and dietary fat on growth and physiological responses of newborn calves. *Journal of Dairy Science*. 70: 1426-1433.
- 76) 島田和宏 (1986) 放牧子牛の発育に対する出生年次, 季節, 母牛の産次, 子牛の性の影響. *近畿中国農業研究*. 72: 39-41.

- 77) Shimada, K., Y. Izaike, O. Suzuki, T. Oishi and M. Kosugiyama (1988) Milk yield and its repeatability in Japanese Black cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 1: 47-53.
- 78) 島田和宏, 居在家義昭, 鈴木修, 小杉山基昭 (1989) 黒毛和種における累積乳量, 繁殖性, 子牛の発育に対する母牛体重の変化の影響. 中国農業試験場研究報告. 5. 21-34.
- 79) 島田和宏, 居在家義昭, 鈴木修, 岡野彰, 竹之内直樹, 大島一修, 大石孝雄, 小杉山基昭, 高橋政義 (1993) 黒毛和種繁殖雌牛の産乳・哺育に関する研究. 中国農業試験場研究報告. 12: 57-123.
- 80) 新林恒一, 米村寿男 (1972) 放牧に伴うホルスタイン育成牛の血清蛋白質, 尿素, 遊離アミノ酸濃度の変化. 日本畜産学会報. 43: 677-683.
- 81) 新宮博行, 甫立孝一, 櫛引史郎, 上田靖子, 渡辺彰, 松本光人 (2002) 黒毛和種及び日本短角種の乳量及び乳成分の変化. 東北農業研究センター研究報告. 100: 61-66.
- 82) 集治善博, 豊田吉隆, 谷地仁 (1997) 放牧による肥育粗牛の低コスト育成技術の開発—北上山地の放牧利用による双子生産ならびに交雑種の生産技術の開発—第 2 章 日本短角種および交雑種を利用した放牧による双子の哺育育成. 岩手県畜産試験場研究報告. 22: 3-36.
- 83) 杉澤好幸, 佐藤学, 藤田茂, 杉澤康身, 漆田高夫, 小川音々, 野口龍生, 坂田健一 (2005) 肉用牛増頭に向けた「カシオペア ET プロジェクト事業」について. 平成 16 年度岩手県家畜衛生年報. 85-87.
- 84) 須山哲男 (2002) おおよそ 20 年間の安比牧野の変化について. 東北農研総合研究 (A). 2: 20-22.
- 85) Takasu, M., M. Yayota, M. Nakano, N. Nishi, Y. Ohba, K. Okada, S. Maeda, K. Miyazawa and H. Kitagawa (2005) Results of Metabolic Test in Japanese Black Cattle with Growth Retardation. *Journal of Veterinary*

Medical Science. 67: 1269-1271.

- 86) 高安一郎 (1983) 日本短角種の成立と改良経過に関する研究. 弘前大学農学部学術報告. 40: 37-108.
- 87) 竹之内直樹, 平尾雄二, 志水学, 伊賀浩輔 (2014) ウシの発情同期化法およびそのためのキット. 特許第 5435422 号.
- 88) 谷本保幸, 千田雅之, 大島一修, 小山信明 (2003) 中国中山間地域における遊休農林地の放牧利用が肉用繁殖牛の栄養生理に及ぼす影響. 日本草地学会誌. 49: 465-470.
- 89) 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業試験場報告. B, 24:23-36.
- 90) 富樫研治, 横内圀生, 釘田博文 (1982) ヘレフォード種子牛の発育におよぼす性, 出生季節, 母牛産次および出生年次の影響. 北海道農業試験場研究報告. 134: 89-126.
- 91) Totusek, R., D. W. Arnett, G. W. Holland and J. V. Whiteman (1973) Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gains. Journal of Animal Science. 37: 153-158.
- 92) van Wagendonk-de Leeuw A. M., E. Mullaart, A. P. W. de Roos, J. S. Merton, J. H.G. den Daas, B. Kemp and L. de Ruigh (2000) Effects of different reproduction techniques: AI, MOET or IVP, on health and welfare of bovine offspring. Theriogenology. 53: 575-597.
- 93) 渡辺寛, 永田俊郎, 光本孝次, 太田三郎 (1974) 放牧肉牛の増体量の品種比較. 日本畜産学会報. 45: 36-41.
- 94) 渡邊貴之, 都丸摩有子, 野口浩正, 大福浩輝, 大谷直人, 小西一之 (2005) フィールドにおける代謝プロファイルテストを利用した飼養管理が黒毛和種の採胎成績及び胚移植成績に及ぼす影響. 第 20 回東日本家畜受精卵移植技術

- 研究会報. 21: 52-53.
- 95) 渡邊貴之, 田中佑一, 野口浩正, 小西一之 (2008) 代謝プロファイルテストによる放牧黒毛和種雌牛の栄養状態推定と放牧地の評価. 肉用牛研究会報. 85: 9-15.
- 96) 渡邊貴之, 小西一之, 熊谷周一郎, 野口浩正, 前田昌稔, 武井直樹 (2014) 良好な生産性を保つ黒毛和種繁殖牛群における代謝プロファイルテストの値. 日本畜産学会報. 85: 295-300.
- 97) 渡邊貴之, 小西一之, 熊谷周一郎, 野口浩正, 前田昌稔, 武井直樹 (2014) 繁殖性および発育が良好な黒毛和種繁殖育成雌牛群における代謝プロファイルテストの値. 日本畜産学会報. 85: 479-485.
- 98) Watanabe, U., M. Takagi, O. Yamato, T. Otoi, C. Tshering and K. Okamoto (2013) Metabolic Profile of Japanese Black Breeding Cattle Herds: Usefulness in Selection for Nutrient Supplementation to Enhance Reproductive Performance and Regional Differences. *Journal of Veterinary Medical Science*. 75: 481-487.
- 99) Wood, P. D. P. (1972) A note on seasonal fluctuations in milk production. *Animal Production*. 15: 89-92.
- 100) 谷地仁 (1981) 日本短角種のまき牛繁殖技術の改善. 畜産技術. 312: 1-8.
- 101) 八木隆徳 (2002) 安比牧野の植生の過去と現在. 東北農研総合研究 (A). 2: 23-24.
- 102) 山岸敏宏 (2007) 南部牛由来の「短角牛」のヘルシーブランド化. 東海畜産学会報. 18: 15-18.
- 103) 山口学, 木戸恭子, 林義朗 (2008) 黒毛和種の放牧条件下における排卵同期化一定時人工授精法による繁殖管理の省力化. 日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌. 44: 251-257.
- 104) 山口学 (2011) シバ草地に親子放牧した日本短角種の発育と栄養評価. 東

- 北農業研究. 64: 77-78.
- 105) Yamaguchi M., K. Ikeda, N. Takenouchi, M. Higashiyama and A. Watanabe (2013) Maternal Effects of Japanese Shorthorn Cows on the Growth of Embryo-transferred Japanese Black Calves in a Cow-calf Grazing System. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 26: 930-934.
- 106) 山下良弘 (2004) 地方特定品種のゆくえー日本短角種を中心にしてー風土に根ざした家畜生産システムをめざして. *日本草地学会誌*. 50: 430-435.
- 107) 山本直之, 小池俊吉, 圓通茂喜, 大谷一郎 (1997) 畜産経営における胚移植技術導入の意義と評価. *中国農業試験場研究報告*. 17: 1-26.
- 108) 安松谷恵子, 笠井浩司, 川本友香, 山中健吾, 万所幸喜, 永瀬辰男, 久米新一 (2010) 黒毛和種子牛へのホエー代用乳給与における粗タンパク質水準が発育に及ぼす影響. *近畿中国四国農業研究*. 16: 95-101.
- 109) 吉田信代 (2007) 放牧が草地の生物相の保全に及ぼす影響ー岩手県岩泉町の半自然草地のチョウ相: 季節消長と絶滅危惧種ー. 地域先導技術総合研究「地域内資源を用いた日本短角種による良質赤肉生産・流通システムの開発」(平成14年~18年) 研究成果集. 66-70.
- 110) 全国家畜畜産物衛生指導協会 (編) (1999) 生産獣医医療システム 3. 肉牛編. 社団法人農山漁村文化協会. 東京.
- 111) 全国肉用牛振興基金協会 (2013) 地方特定品種牛肉に関するアンケート.