

2022年度
修士論文

気温が黒毛和種における分娩および
精巣発育に関する研究

Study of temperature effects on calving
and testicular development in Japanese
Black cattle

22131006

齋藤 涼太

Ryota Saito

指導教員 家畜繁殖学 教授 今井 敬

酪農学園大学院酪農学研究科

目次

緒論	・ ・ ・ ・ ・ 2
第Ⅰ章 四季による気温と分娩記録の関係性	
第1節 緒言	・ ・ ・ ・ ・ 8
第2節 材料および方法	・ ・ ・ ・ ・ 11
第3節 結果	・ ・ ・ ・ ・ 13
第4節 考察	・ ・ ・ ・ ・ 25
第5節 要約	・ ・ ・ ・ ・ 29
第Ⅱ章 季節は子牛の精巣の大きさと増体に関与するのか	
第1節 結言	・ ・ ・ ・ ・ 31
第2節 材料および方法	・ ・ ・ ・ ・ 33
第3節 結果	・ ・ ・ ・ ・ 35
第4節 考察	・ ・ ・ ・ ・ 52
第5節 要約	・ ・ ・ ・ ・ 56
総括	・ ・ ・ ・ ・ 58
謝辞	・ ・ ・ ・ ・ 62
英語要約	・ ・ ・ ・ ・ 63
引用文献	・ ・ ・ ・ ・ 70

緒 論

近年、わが国の農産物の消費の伸びは、全般的に停滞している。その中で、食肉需要は 2001 年に牛海綿状脳症（BSE）により消費が大きく減少したが、2010 年より徐々に回復し、特に近年は増大傾向にある [農畜産業振興機構 2015]。

わが国で販売されている牛肉には 3 つの種類があり、1 つ目は「黒毛和種」、「日本短角種」、「褐毛和種」および「無角和種」の和牛 4 品種、2 つ目はホルスタイン種やジャージー種などの乳生産を目的とした品種の肉、3 つ目は乳用種と肉専用種（主に黒毛和種）を交配した交雑種である。和牛 4 種は厳密にいうと日本在来の品種ではなく、明治時代に在来種に海外の品種を交配し、改良を重ねて作られ多品種であり、その代表的な品種が現在の黒毛和種となった。日本における黒毛和種生産は和牛全体の 97.1% を占めており、日本の黒毛和種は食肉需要の中でも大切な存在である [矢野と余田 2016]。

しかし、農林水産省の調査によると 2021 年 2 月現在の肉牛飼養戸数は 43,900 戸で、前年に比べ 1,800 戸（4.1%）減少している。その背景としては、小規模農家や生産者の高齢化などにより離農が進んでいることが主な理由として挙げられる。同年の飼養頭数は、約 260 万頭で前年に比べ 5 万頭（2.0%）増加している。飼養頭数は 2010 年度

をピークに 2016 年度まで 7 年連続で減少傾向であったが、近年では増加傾向にあり、一戸あたりの飼養頭数は 61.9 頭となり、小規模経営は減少し、大規模経営が増加している[農林水産省 2021]。大規模経営になると、飼養頭数は 100～1,000 頭単位となる。飼養頭数の増加は管理作業の増大により、牛 1 頭あたりに割く繁殖管理時間の減少から妊娠率の低下、分娩事故、疾病の拡大などの懸念が考えられる。黒毛和種の繁殖経営においては、子牛の損耗率低下を図ることが大切であり、大規模農家の技術者並びに子牛生産を行う農家は分娩および産前産後の飼養管理技術を早急に向上させる必要がある。

分娩は昼夜に関わらず発生するため、労力など農家の負担は大きい。その労力を軽減するため Internet of Things（以下 IoT）を利用した製品を導入する農家が増えてきている。IoT 技術の中には、発情周期の管理として、万歩の上昇をグラフ化し時間帯で前日までの平均と比べて一定以上上昇したことで、発情および分娩を予測するシステムがある[兼松 2010]。また、三軸センサーを用いた首万歩計などの分娩予告装置[山岡 2020]および温度センサーを膣内に留置し、分娩発来によりセンサーが膣から抜けることで分娩を告げる装置[Sakatani ら 2018]などがあげられる。

しかし、市販されている分娩予告装置の精度は高くない、センサーの脱落、誤作動、電波障害などの要因があるためである[鈴木と川森 2021]。そのため、判断基準の一部として利用するしかなく、分娩の

タイミング、難産予測、推定体重予測など生産者側も分娩について理解しなければならない。ウシにおける分娩は以下のような機序によって起きる。分娩は胎子から副腎皮質ホルモン（コルチゾール）が分泌することから始まる。胎盤でのエストロジェン、プロスタグランジン $F2\alpha$ の産生を促進させることで、母体の子宮収縮、骨盤靱帯の弛緩および産道の拡張を起こす。胎子が産道に侵入することでオキシトンの分泌が活性化され、子宮および腹壁の収縮がさらに強くなり胎子を娩出する[松井 2019]。

近年の黒毛和種は育種改良および飼養管理技術の向上の結果、生時体重は雄子牛で 37.3 ± 5.6 kg（19.7～48.0 kg）、雌子牛は 34.0 ± 5.4 kg（21.5～53.0 kg）であり、大型化していると報告されている[片岡ら 2021]。1964年の報告では、黒毛和種子牛の平均生時体重は 27.1kg（13.0～37.0 kg）であった[西川 1975]。子牛の生時体重に影響する要因として産次数、体重、栄養、品種、種雄牛などが考えられる[小澤 2021]。胎子の体格が母体の許容範囲を超える大きさであった場合の難産は、産道裂傷や後産停滞に繋がる可能性が高い[農林水産省 2018]。難産は子宮等の繁殖機能の回復遅延および空胎日数の延長による子牛生産効率の低下となる。また、死産および生後直死の中では過大子が原因として最も多くを占めている[石井 2014]。

死産や難産を防ぐために、事前に子牛の体格を予測する方法としては前肢幅測定が有効であると報告されており、ホルスタイン種におい

ては前肢幅と生時体重との相関が高いことが報告されており[高橋 2009]、黒毛和種では片岡ら[2021]が基節骨の幅、中節骨の幅が生時体重との相関が高いと報告している。しかし、前肢幅の測定を正確に行うためには、ノギスで測るなど前肢が足胞より出る必要があり 2 次破水後となる。黒毛和種における 2 次破水から娩出までの時間は平均 20～30 分とされており[小澤 2021]、分娩介助および難産の判断には遅すぎると考えられる。

また、先に述べたように子牛の生時体重に影響する要因として産次数、体重、栄養、品種、種雄牛などが関係していることが知られている。しかし、子牛の生まれた季節の影響を検討した論文では、冬が一番難産の可能性があると報告されている[前田 2014]。夏季における暑熱ストレスや冬季における寒冷ストレスなど季節による繁殖障害について様々な文献や研究報告はされているが[高橋ら 2009; 坂谷 2015]、黒毛和種の場合は九州のような温暖地域の報告が多く、北海道のような寒冷地域による報告は少ない。

種雄牛の育成過程での選抜において造精機能は重要な判別要因であり、その選抜指標を特定することが求められている。精巣に関する研究は、寺脇ら[1994]がホルスタイン種精巣幅の体各部位に対する二相アロメトリーの変移点月齢はホルスタイン種雄牛の性成熟月齢の指標として利用できる可能性があると報告している。また暑熱による精液性状の悪化などの報告もされている[坂谷 2018]。その結果として

人工授精業務の支障や夏季における受胎率低下など様々な問題点がある。岡本ら[1959]は高温による造精障害の発生機序についても述べており、夏季における精液機能の影響を示唆している。暑熱の影響をうけるため夏季における繁殖は、酪農および肉用牛生産において大きな問題である。また、出生子牛の性別は後継牛の確保や交配計画を行う上で重要である。肉用牛生産においては市場価格で有利な雄が求められ、酪農経営では、更新牛候補としてより良い牛、乳を出すために雌牛が求められる。酪農場の更新計画や交配計画のために雌子牛を分娩させることは重要であり、その後の繁殖計画では、和牛精液の利用による交雑種の生産や胚移植を利用した和牛生産などの経営戦略を立てることができる。

雄子牛はごく一部の種雄牛候補を除くとすべてが肥育素牛となり、肥育素牛は基本的に肥育前の4-6か月齢に去勢される。去勢にはメリットがあり、主な点は肉を柔らかく、脂肪の付着や肉の肌理を良くすることであり、また、飼育時の牛同士の競合軽減、管理の平易化、牡臭をなくすことにも効果がある[小松ら 2019]。前述のように、春機発動後による論文で暑熱ストレスなどの障害は数多く挙げられている。しかし、春機発動前の黒毛和種の雄子牛の精巣発達に関する研究は少なく、季節や気温と精巣の発育の関係を研究した論文はない。

本研究では、生まれ月を気象庁が定める季節ごとに分類し、第1章では、季節、気温と末節骨、生時体重、妊娠期間、分娩時間との関係

性を求める。第 2 章では、季節と去勢月齢、精巢体積、精巢の重さの関係性について調査研究を実施した。

第 I 章 四季による気温と分娩記録の関係性

第 1 節 緒言

肉用繁殖牛群の管理で目標とされている 1 年 1 産で健康な産子を得ることは、繁殖農家の経営の課題である。また、繁殖用雌牛の飼養目的は主に子牛の生産であり、現在でも牛群の平均としこの目標が達成できていれば理想的である。しかしながら、黒毛和種における分娩間隔は約 400 日となっており、農林水産省が定める家畜改良増殖目標では 2030 年までに 380 日とすることになっている[農林水産省 2020]。

大規模農家になると、管理者 1 人当たりの頭数は増える。また、1 頭にかける時間も減少し、飼養管理を行う上で、繁殖では重要とされる発情発見などが労力的に厳しくなる。さらに、分娩などの管理も同様に多頭飼育をしていると 1 日に分娩が複数頭起こる可能性もある。分娩兆候を見逃し、その牛が難産であった時には適正な分娩介助ができず、子牛の死亡など農家にとって経済的損失などマイナスな面が多数あるため、分娩徴候の見逃さないことおよび分娩予知は大切である[山岡 2020]。

現在、分娩兆候の見逃や分娩予知のために農家によっては、Internet of Things (IoT) 技術を利用した製品を導入している。乳用牛ならびに肉用牛向けに首に装着する分娩兆候検知機能、膣温留置センサーな

ど様々な検知機能を持つ機器が市販されている[兼松 2010; 山岡 2020]。センサーの脱落、電波の受信距離不足、誤報等の問題があり、新しい分娩開始の通知システムの開発・研究が必要不可欠である[鈴木と川森 2021]。

近年の分娩における難産となる要因として、育種改良および飼養管理技術の向上したことによる娩出される子牛の大型化があげられる。1964 年の西川ら[1975]の報告では、黒毛和種子牛の平均生時体重は 27.1kg (13.0~37.0 kg) であった。また、近年では雄 37.3 kg、雌 34.0 kg と報告[片岡 2021]されており 7~10 kg 以上増体していることが分かるため、分娩の予測は大切である。また、子牛の生時体重に影響する要因として母牛の産次数、体重、栄養、品種など、また種雄牛の影響などが考えられる。例えば、子牛の体格では田尻系は小さく、気高系、藤吉系は大きい傾向[酒井 2008]がある。分娩に関する研究でホルスタイン種では、超音波診断装置を用いて胎子の前肢幅の測定による生時体重や難産を予測する研究[後藤ら 2000; Takahashi ら 2005; Vincze ら 2018]や、黒毛和種では、娩出後の肢測定や生時体重による難産予測が報告[片岡ら 2021]されており肢測定は分娩との関係性では有効的である。

一方、季節や気温による分娩に関する調査では、三浦ら[2017]が 1 日平均気温による調査をし、ホルスタイン種では 1 日の平均気温が 20℃ 以上で分娩率の有意な低下が観察されたと報告しているが、黒毛

和種においては確認出来ていない。また、ホルスタイン種と黒毛和種では暑熱および寒冷に対する耐性が異なると考えられている[瀬戸と鳥羽 2022; 高橋ら 2009]。気温および季節は地域によって差がでるため本研究では、北海道という寒冷地域の季節および気温による肢の末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間との関係性について調査した。

第 2 節 材料および方法

1 供試牛

酪農学園大学フィールド教育研究センター肉畜生産ステーション肉牛農場（FEDREC 肉牛農場）で 2020 年度から 2022 年 11 月までに娩出した黒毛和種子牛 73 頭の分娩記録ならびに子牛の前肢測定記録を用いた。

2 飼養管理

供試牛は分娩 2 週間から単房（3.6 m × 4.2 m）で個別管理を行った。給与飼料に関しては原則、自家生産した乾草の飽食とし、必要な栄養素が足りない場合は M g ペレット（日本全薬工業、郡山、日本）の追加などを行った。単房には 24 時間観察できるようにカメラ（養牛カメラ、コムテック、宮崎、日本）を設置している。

3 生時体重

子牛の生時体重は母牛に留意し、娩出後 1 時間以内に測量計（デジタル台はかり FG-30KAM、A & D、東京、日本）にて測定した。

4 前肢測定

新生子牛の末節骨を測定した。各部位の測定は、娩出から 2 日以内

に前肢の中心線に対して垂直に前面（横幅）および側面（縦幅）からノギスにより末節骨を測定した。末節骨を断面と捉えて横幅×縦幅で面積を示した。

5 分娩時間

分娩は開口期、産出期および後産機の 3 期に分けられるが、本研究では産出期の中でも分かりやすい、一次破水確認後から娩出までを分娩時間とした。

6 気温と季節

気象庁のホームページに記載されている江別市の気温の一日の平均気温を用いた[気象庁 2020; 気象庁 2021; 気象庁 2022]。季節は、春は 3～5 月、夏は 6～8 月、秋は 9～11 月、冬は 12～2 月と定めた。

7 統計処理

季節別による、気温、末節骨、生時体重、妊娠期間、分娩時間の比較は t 検定を用いた。気温と末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間の相関を調べた。 $P < 0.05$ をもって有意差があるとし、 $P < 0.1$ で傾向があるとした。

第 3 節 結果

季節別による、温度、末節骨、生時体重、妊娠期間、分娩時間の平均を表 I - 1 に示した。

気温

平均気温は、春が 6.0°C 、夏が 18.5°C 、秋が 12.0°C 、冬が -7.3°C であった。全体の平均で 7.6°C となった。すべての季節で有意差が認められた ($P < 0.01$)。

末節骨の面積

平均面積は、春が 25.2 cm^2 、夏が 24.5 cm^2 、秋が 24.0 cm^2 、冬が 25.1 となった。全体平均は 24.6 cm^2 となり、すべての季節で有意差が認められなかった。

生時体重

平均生時体重は、春が 35.1 kg 、夏が 37.8 kg 、秋が 34.3 kg 、冬が 35.9 kg となった。全体平均は 35.6 kg となり、いずれも差は認められなかった。

妊娠期間

平均妊娠期間は春が 288.9 日、夏が 288.3 日、秋が 288.8 日、冬が

288.8 日となった。全体の平均は 289.0 日となり、差はなかった。

分娩時間

平均分娩時間は春が 64.2 分、夏が 59.8 分、秋が 51.6 分、冬が 61.8 分となった。全体の平均は 58.5 分となり、季節による差は認められなかった。

末節骨の面積と気温

末節骨の面積と気温の関係を散布図で図 I -1 に示した。春、夏、秋、冬ともに相関が認められなかった。また、季節に関係なく末節骨と気温の関係をプロットした散布図および回帰直線を図 I -1-1 に示した。回帰直線はほぼ傾きがなく、末節骨の面積と気温との間に相関はなかった。

生時体重と気温

生時体重と気温の散布図を図 I -2 に示した。Y 軸は生時体重、X 軸は気温を表している。相関は春 ($P = 0.87$)、夏 ($P = 0.86$)、秋 ($P = 0.12$) および冬 ($P = 0.58$) となり、いずれの季節においても差は見られなかった。回帰直線から春、夏および秋では気温が上昇すると体重が増加する傾向があるのに対し、冬は温度が下降すると体重が増加する傾向があり、真逆の関係にあることが判明した。図 I -2-1 に全ての

季節をまとめた散布図を示した。生時体重と気温に相関は認められなかったが、5-15℃では体重のバラツキは比較的少なく、0℃以下および15℃以上ではバラツキが大きくなった。

妊娠期間と気温

生時体重と気温の散布図を図 I -3 に示した。Y 軸は妊娠期間、X 軸は気温を示している。春、夏、秋および冬のいずれの季節においても相関は認められなかった。すべての季節をまとめた気温と妊娠期間の散布図を図 I -3-1 に示した。妊娠期間と気温に相関はなく、気温が15-20℃の間はバラツキが少なかった。

分娩時間と気温

図 I -4 に分娩時間と気温の関係を示す散布図を季節ごとに示した。いずれの季節にも有意な相関は見られなかった。図 I -4-1 に分娩時間と気温について全体の散布図を示した。相関に差はみとめられず、すべての季節および気温帯において、分娩が長期化する牛は存在することが示された。

表 I -1 季節別の気温、末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間

季節	n	気温	付け根	生時体重	妊娠期間	分娩時間
春	24	*6.0±5.5	25.2±4.5	35.1±4.9	288.9±4.6	64.2±24.6
夏	22	18.5±5.2	24.5±4.3	37.8±6.0	288.3±6.8	59.8±30.0
秋	35	12.0±6.4	24.0±4.2	34.3±4.6	289.7±5.8	51.6±41.0
冬	24	-7.3±4.0	25.1±4.3	35.9±7.1	288.8±3.9	61.8±36.2
計105		7.6±10.6	24.6±4.3	35.6±5.8	289.0±5.4	58.5±34.7

*平均±SD

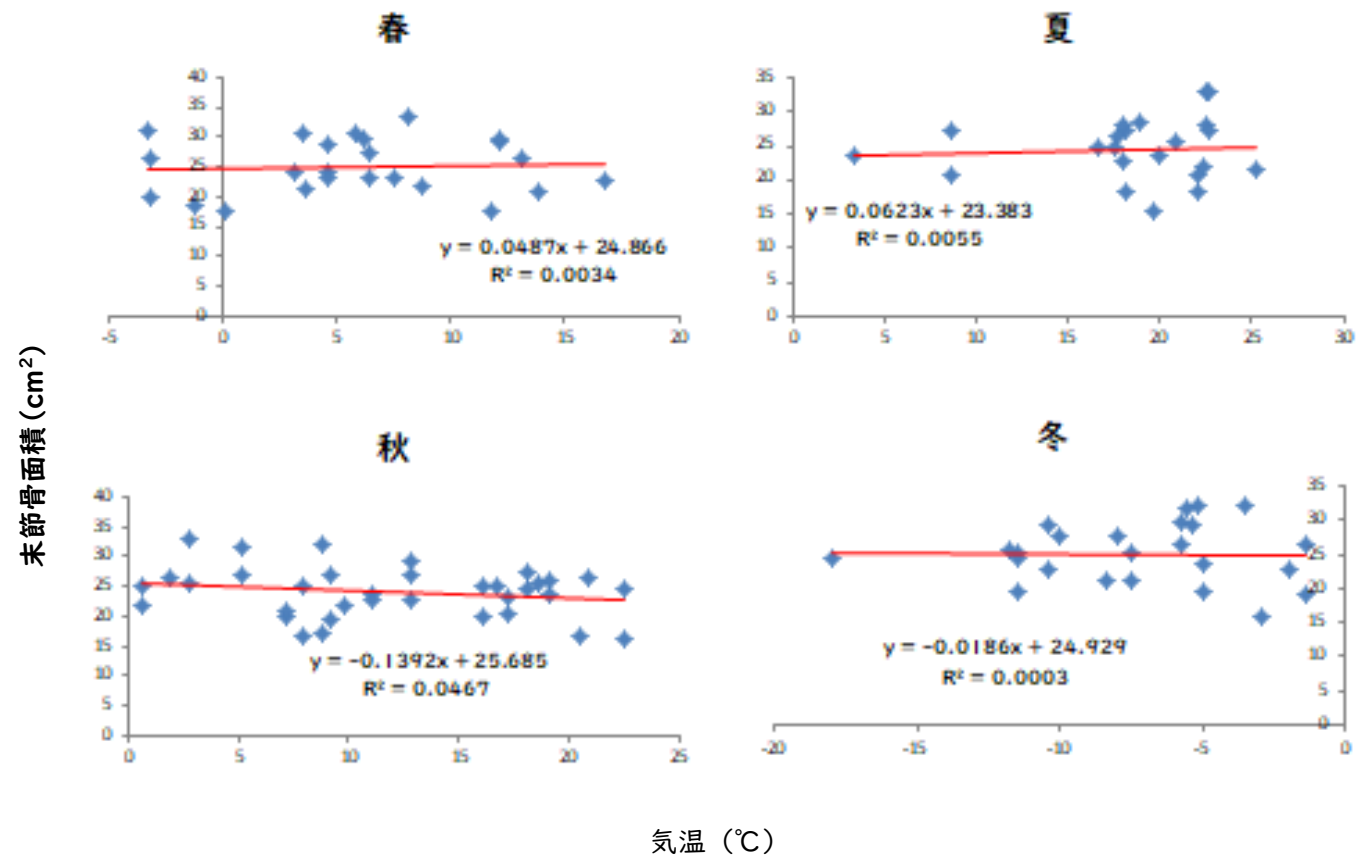


図 I -1 季節における気温と末節骨の関係

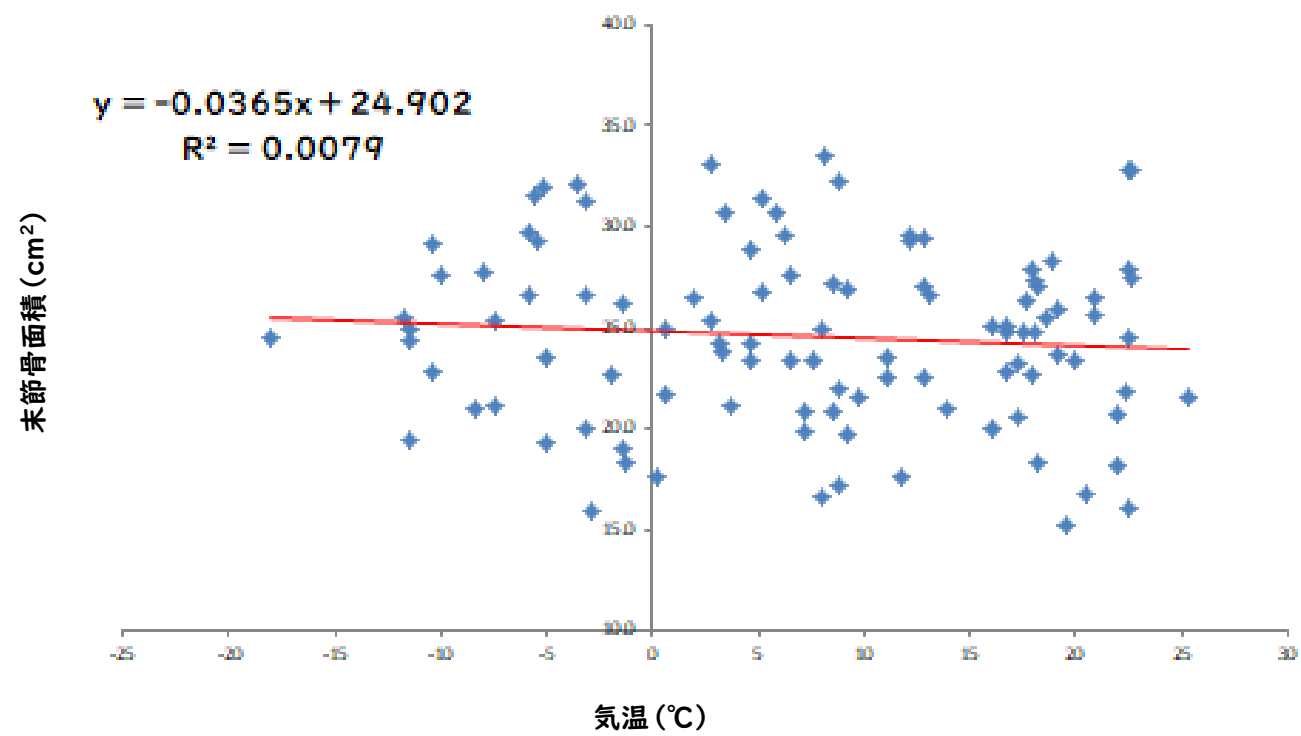


図 I -1-1 気温と末節骨の関係

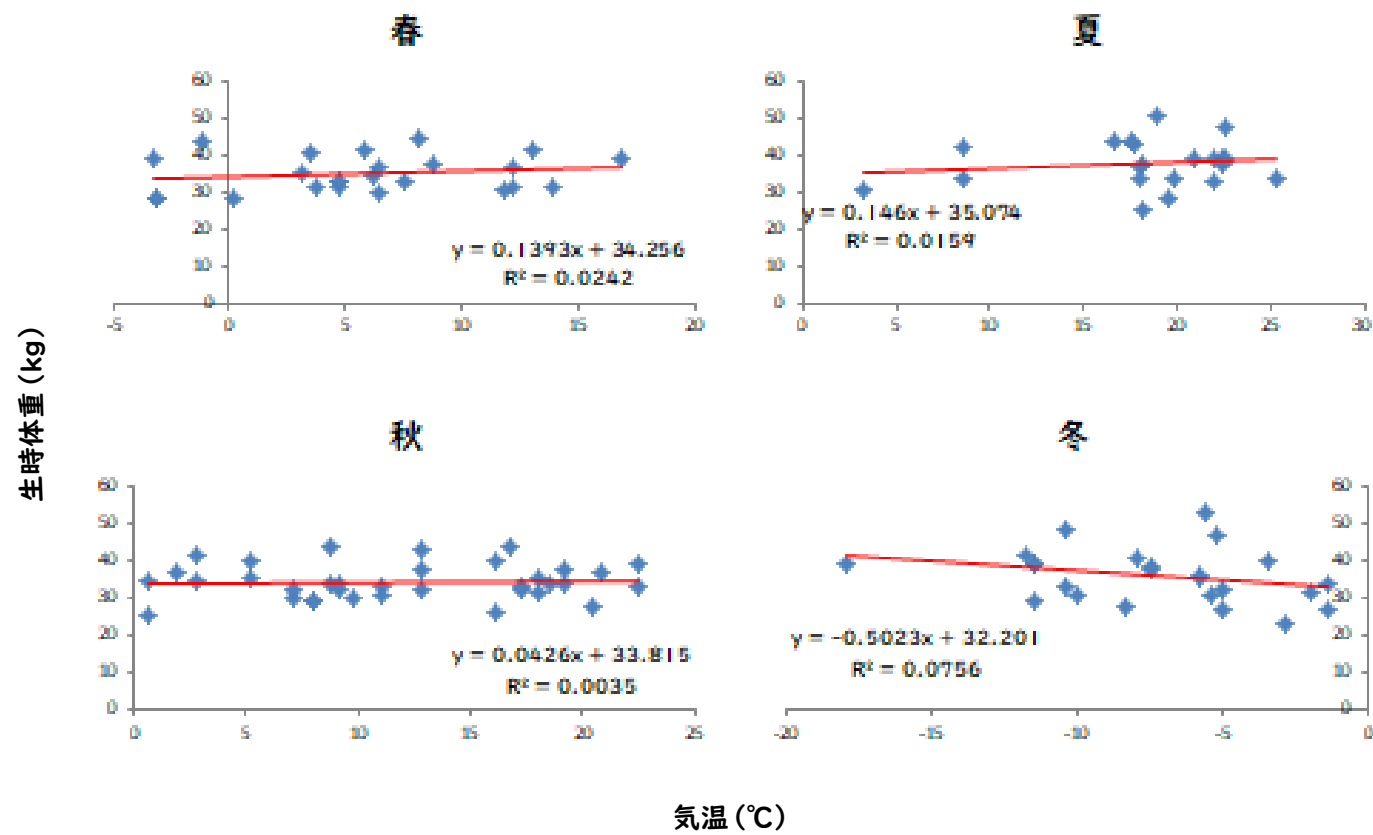


図 I -2 季節における気温と生時体重

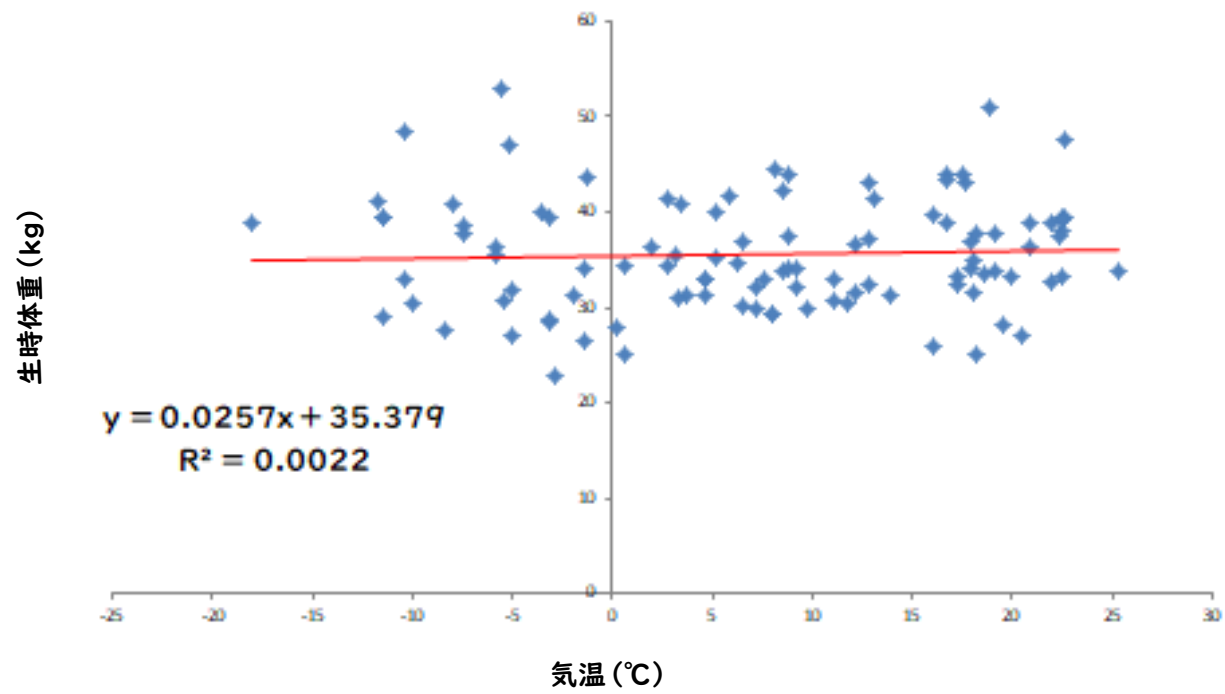


図 1-2-1 気温と生時体重の関係

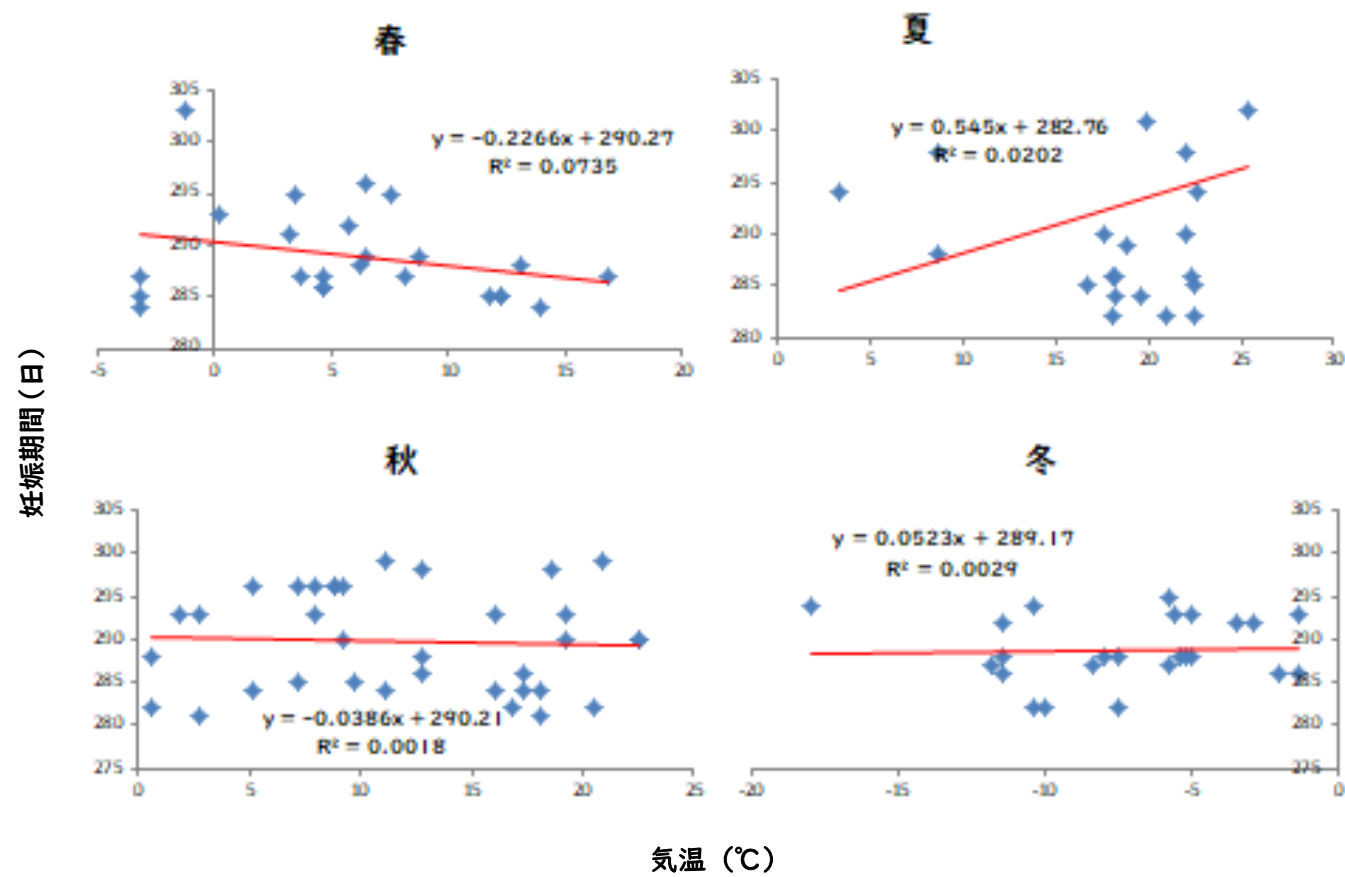


図 1-3 季節における気温と妊娠期間の関係

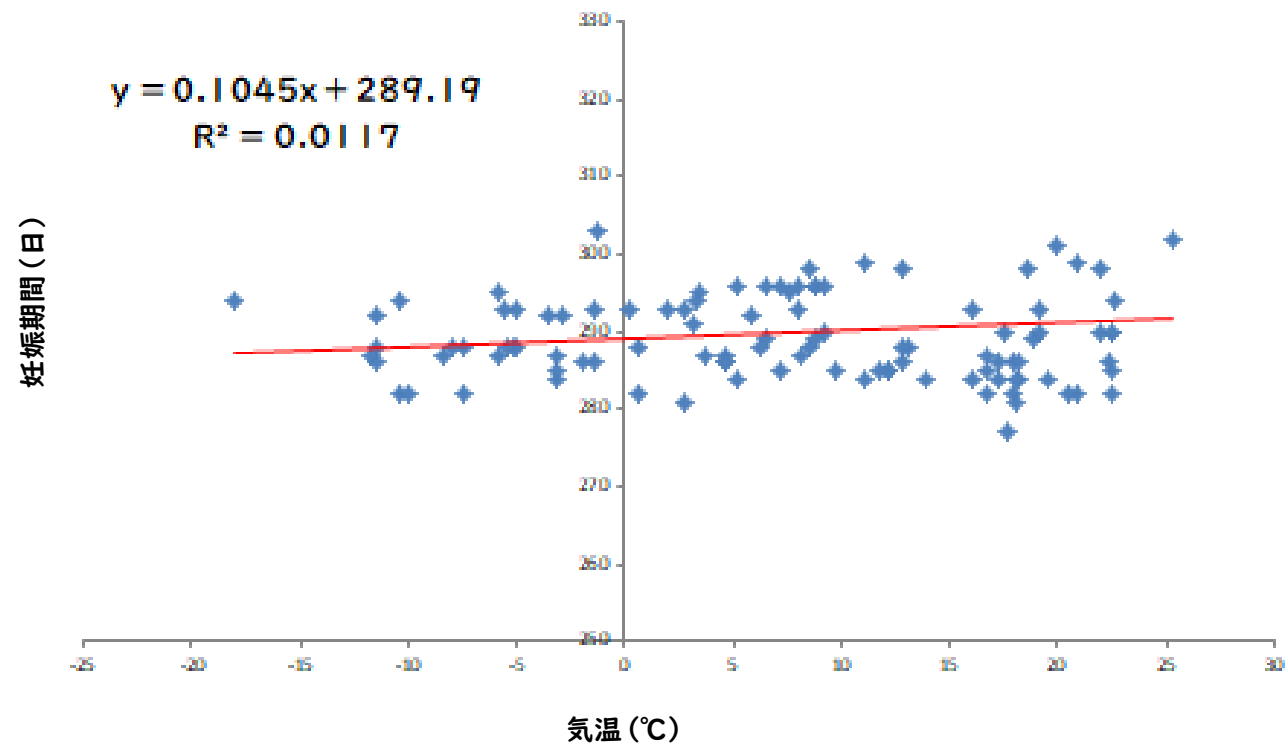


図 I -3-1 気温と妊娠期間の関係

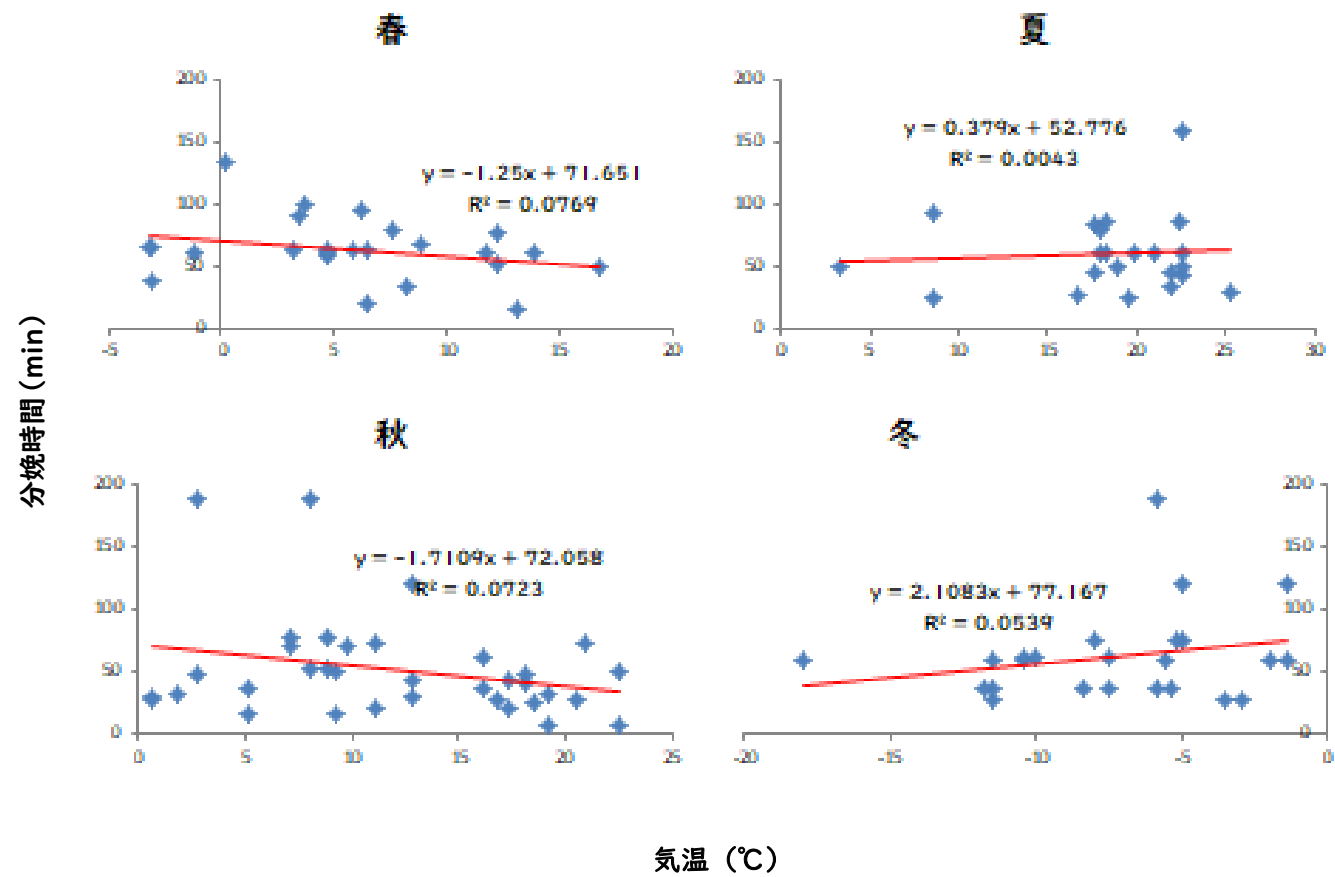


図 I -4 季節における気温と分娩時間の関係

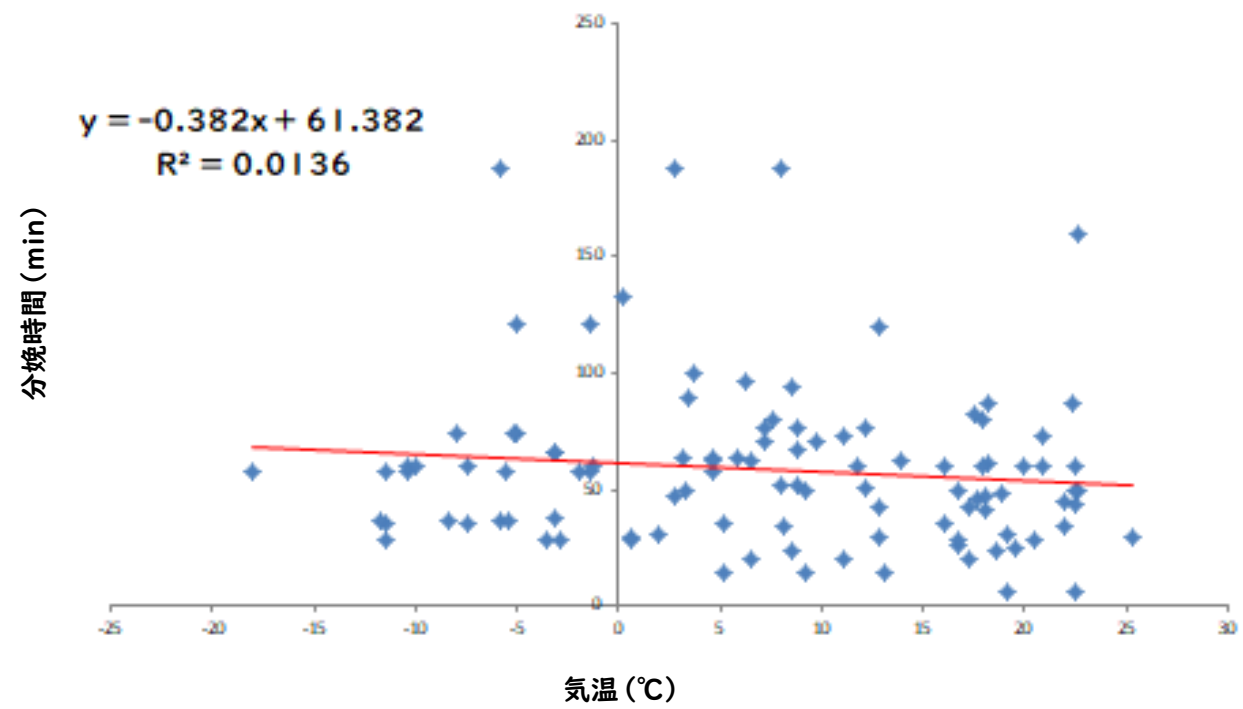


図 I -4-1 気温と分娩時間の関係

第 4 節 考 察

本研究を実施した酪農学園フィールド教育研究センター肉畜生産ステーション肉牛農場は北海道江別市元野幌にある。江別市の平均気温は、春が $6.0 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ 、夏が $18.5 \pm 5.2^{\circ}\text{C}$ 、秋が $12.0 \pm 6.4^{\circ}\text{C}$ 、冬が $-7.3 \pm 4.0^{\circ}\text{C}$ であり、年平均で $7.6 \pm 4.6^{\circ}\text{C}$ となっていた[気象庁 2020; 気象庁 2021; 気象庁 2022]。1997 年度の平均気温と比べてみると、春が 6.4°C 、夏が 19.4°C 、秋が 11.6°C 、冬が -3.0°C となっており、1997 年度の北海道は暖冬ではなかったが現在の気温との差はないため江別市の 4 半世紀間は地球温暖化の影響は少ないと考える。

本研究では季節ごとの末節骨の面積、生時体重、妊娠期間および分娩時間と気温の関係を調査した。また、江別市は亜寒帯に位置しているため、温帯にある九州および本州地域とは異なる季節区分をする必要があると考えられることから、季節を考慮せず気温とそれぞれの項目の関係についても検討した。末節骨の面積、生時体重、妊娠期間および分娩時間のいずれの項目も季節および気温で有意差はなく、また、相関関係も認められなかった。しかしながら、生時体重において 0°C 以下および 15°C 以上の温度でバラツキが大きくなることを見出した。Uematsu ら [2013] は黒毛和種において冬の分娩の死産率は夏および秋よりも高いことおよび難産は冬および春分娩

に多く発生することを報告している。その原因として早坂ら [22] の報告によると乳用種では1日の採食量が夏は22.5kgとなっているが、冬は24.8kgと増加しており、その差は2.3 kgであり1カ月あたりの採食量で計算すると69.0kgの差であり、採食量が明らかに異なることが判る。また、Deutscherら[1999]は平均気温が -0.6°C から -6.7°C に低下すると、その後の子牛の生時体重が30.1kgから35.1kgへ約5kg増加し、分娩難易度が上昇することをあげている。本研究では冬季間の飼養管理および栄養状態も良好であり、冬季における平均気温は -7.3°C であったことから、寒冷時に子宮への血流が増加することが、胎子の成長を促す主要因であると考えられている。一方、生時体重が夏にバラツキが多くなった原因として暑熱ストレスおよび飼養管理の差が考えられる。熊崎と松尾[1968]は春および夏に出生した子牛の生時体重は秋および冬に出生した子牛より約1kg重かったと報告している。この原因として夏季と冬季の飼養管理の違いであると推測している。本研究でも同様に平均体重は夏が一番重かった。また、生時体重のバラツキの原因としては5月上旬から10月までは繁殖牛を放牧しており、比較的粗放な飼養管理が影響を与えた可能性が推測される。さらにヒトでは、妊娠期間中にさらに1日高温の日(平均気温 25°C 以上)にさらされると、 $15-20^{\circ}\text{C}$ の日に比べて生時体重が0.46g減少する。第2、第3妊娠期は、第1妊娠期よりも気温への曝露にやや敏感であるという報告もあり、

高温が続くと低体重児が増えるとされている [Hajdu ら 2021]。ウシについての暑熱ストレスに対する胎子の動向については不明であるが、ヒトと同じような現象があり、バラツキの原因となっている可能性が考えられる。

北海道における死産の要因解析を行った研究では季節および性別では有意差が認められないが、双子分娩、産次、妊娠期間で有意差が認められている [前田ら 2014]。双子分娩は単子に対して死産のリスクが 10 倍以上高く、3-4 産の牛は初産牛よりもリスクが 0.28 倍と低い、また妊娠期間では 278 日以下および 300 日以上では 10 倍以上および 8.85 倍のリスクがあると報告されている。一方、Misaka ら [2022] は宮崎県での研究で同様に産次と妊娠期間は死産および難産の発生に関係しており、加えて初産は他の産次と有意差があり、短すぎるあるいは長すぎる妊娠期間は死産および難産の発生率が高くなると報告している。また季節についても冬と春は夏に対して死産と難産の発生率が高くなったと報告しており、Uematsu ら [2013] も同様の報告をしている。このように、妊娠期間は死産と難産との関係が深く、本研究で妊娠期間を取り上げ気温および季節との関係を検討したがこれらの項目の間に相関は認められなかった。

気温と分娩時間には相関が認められなかった。また季節的な特徴もなかった。一般的に難産になると分娩時間は延長する。本研究では 1 次破水から娩出までを分娩時間としたため、分娩時間が

58.5±34.7 分と短くなっている。73 頭の分娩の中で 9 頭（12.3%）が 100 分以上娩出までかかっており、その内訳は春 2 頭、夏 1 頭、秋および冬がそれぞれ 3 頭となっていた。本研究では頭数が少なく季節による発生率については言及しないが、Uematsu ら [2013] は春と冬の分娩で難産の発生率が高く、その原因は過大子および胎子失位が主な原因と報告している。

本研究では季節ごとの末節骨の面積、生時体重、妊娠期間および分娩時間と気温の関係を調査し、いずれの項目においても有意な相関は認められなかったが、冬分娩および夏分娩において生時体重のバラツキが大きいことが判明した。

第 5 節 要約

本研究では、北海道という寒冷地域の季節および気温による肢の末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間との関係性について調査した。供試牛には酪農学園大学フィールド教育研究センター肉畜生産ステーション肉牛農場で 2020 年度から 2022 年 11 月までに娩出した黒毛和種子牛 73 頭の分娩記録ならびに子牛の前肢測定記録を用いた。

娩出から 2 日以内に前肢の中心線に対して垂直に前面（横幅）および側面（縦幅）からノギスにより末節骨を測定し、気温は気象庁のホームページに記載されている江別市の一日の平均気温を用い、分娩時間は一次破水確認後から娩出までを分娩時間とした。

季節による末節骨の面積と気温、生時体重と気温、妊娠期間と気温、分娩時間と気温すべてにおいて有意差は認められなかった。すべての季節をまとめた散布図では、生時体重と気温は春、夏および秋では気温が上昇すると体重が増加する傾向があるのに対し、冬は温度が下降すると体重が増加する傾向があり、真逆の関係にあることが判明した。また、生時体重と気温に相関は認められなかったが、5-15℃では体重のバラツキは比較的少なく、0℃以下および 15℃以上ではバラツキが大きくなった。妊娠期間と気温は相関がなく、気温が 15-20℃の間にバラツキは少なく、285 日前後で生まれる牛が

多いと考えられた。分娩時間と気温は、すべての季節および気温帯において、分娩が長期化する牛は存在することが示された。

第Ⅱ章 季節は子牛の精巣の大きさと増体に関与するのか

第 1 節 緒言

種雄牛育成過程での雄ウシの選抜において造成機能は重要な判別要因であり、その選抜指標を特定することが求められる。造精機能は月齢、体重、精巣重量および陰嚢周囲長と関係しており、体重は精巣重量および陰嚢周囲長と正の相関があり、精子数、精子運動能力と陰嚢周囲長とも正の相関があることが木伏[2018]により示唆されている。雄ウシの陰嚢周囲長は 25 週齢まで緩やかに増加し、性成熟期には急激に成長し、その後は緩やかに成長すると言われている[濱野ら 2001]。しかし、春機発動前の黒毛和種の雄子牛の精巣の発達に関する研究は少なく、季節や気温と精巣の発育の関係を研究した論文は著者の知る限りない。

雄牛の繁殖機能の及ぼす季節的影響として、精液は夏から秋にかけて精液性状が著しく不良状態になるため、人工授精業務への支障や夏季における受胎率低下など様々な問題点を引き起こす。岡本ら[1959]は高温による造精障害の発生機序について、高温末期の第 4～5 週における精子濃度および 1 射精あたりの総数の減少、同じ時期にアスコルビン酸の急減など、夏季における精巣機能への影響を示唆している。

酪農および肉用牛生産において出生子ウシの性別は後継牛の確保や交配計画を行う上で重要である。酪農経営では、更新牛候補として雌が求められる。農場の更新計画や交配計画のために重要であり、その後の繁殖計画では、和牛精液の利用による交雑種の生産や胚移植を利用した和牛生産の経営戦略を立てることができる。一方、肉用牛生産においては市場価格で有利な雄が求められる。一般的に種雄牛を除く雄子牛は肥育されるが、肥育による肉生産性の向上を目的として去勢される。

本研究では、これら肥育のために去勢された雄牛の精巣を活用し、精巣の発育と出生した季節の関係を調査した。すなわち、雄牛を産まれた月で季節ごとに気候学上で定義されている春（3-5月）、夏（6-8月）、秋（9-11月）、冬（12-2月）に分類し、精巣の重さ（g）、精巣の体積（ cm^3 ）、去勢月齢（カ月）、増体量（kg）の4項目との関連を調査した。

第 2 節 材料および方法

1 供試牛

2009 年度から 2022 年 4 月までに FEDREC 肉牛農場で娩出された黒毛和種雄子牛 95 頭分の精巢を調査対象としデータを用いた。精巢は肥育のために医療行為として去勢された雄牛の精巢であり、去勢を実施した獣医師よりもらい受けた。

2 去勢方法

肥育素牛の去勢は、診察業務の一環として酪農学園大学付属動物医療センターに依頼し、麻酔下にて皮膚切開による観血去勢手術により実施した。去勢終了後は覚醒させ房に戻した。

3 測定器具

ゴム手袋（ナビロール手袋、アズワン、大阪、日本）の中に精巢を左右別に入れ、実験室に運んだ。精巢はノギスを用いて測定した。精巢の重さは電子測量計（デジタルスケール KW-1458、タニタ、東京、日本）を用いた。

4 測定部位および計算方法

摘出した精巢は、ゴム手袋に入れ研究室に持ち帰り、以下の測定

を実施した。精巣の各部位の測定は、長径を縦(cm)、短径を横(cm)、厚みを幅(cm)とした。重さ(g)、縦(cm)、横(cm)、幅(cm)の4項目を測定し、縦、横および幅から精巣の体積を求めた。精巣の体積(S)の計算方法は、 $S = 4\pi \times \text{半軸(縦)} \times \text{半軸(横)} \times \text{半軸(幅)} \div 3$ とした。

5 統計方法

精巣の重量、縦、横、幅、体積の比較はt検定を用いた。また、増体量および去勢月齢の比較にもt検定を用いた。精巣の重量、精巣の体積、増大量、去勢月齢の相関を調べた。 $P < 0.05$ をもって有意差があるとし、 $P < 0.1$ で傾向があるとした。

第 3 節 結 果

季節別の雄子牛の去勢時体重および精巢の所見を表Ⅱ－１に示した。

去勢月齢

去勢月齢は、春が 4.7 カ月、夏が 4.8 カ月、秋が 4.6 カ月、冬が 4.7 カ月であった。平均は 4.7 カ月であり、すべての季節で差はなかった。

増体量

増体量は去勢時体重－生時体重で求めた。増体量は春で 134.1kg、夏で 118.4kg、秋で 130.0 kg、冬は 140.0 kg であり、すべての平均は 130.1 kg であった。夏と冬の間では夏が有意に増体量が低い値を示した ($P<0.05$)。

精巢の重量

左右平均で春が 46.6g、夏が 41.8g、秋が 38.3g、冬が 45.9g となり、平均で 42.2g であった。春および冬は秋よりも有意に精巢重量が重かった ($P<0.05$)。

精巢

精巢の縦は、春が 5.5cm、夏が 5.8cm、秋が 5.8cm、冬が 6.0cm であった。年平均では 5.8cm とすべての季節で有意差が認められなかった。

精巢の横は、春が 3.2cm、夏が 2.8cm、秋が 2.9cm、冬が 2.9cm であった。年平均では 2.9cm とすべての季節で有意差が認められなかった。

精巢の幅は、春が 3.2cm、夏が 2.7cm、秋が 2.6cm、冬が 2.7cm となっており、年平均では 2.8cm とすべての季節において有意差が認められなかった。

精巢の体積

春が $9.9 \pi \text{ cm}^3$ 、夏が $8.8 \pi \text{ cm}^3$ 、秋が $7.6 \pi \text{ cm}^3$ 、冬が $8.2 \pi \text{ cm}^3$ となった。年平均では、 $8.4 \pi \text{ cm}^3$ となった。すべての季節において有意差が認められなかった。

精巢の重さと増大量

精巢の重さと増大量の関係を散布図で図 II - 1 に示した。Y 軸は精巢の重さ、X 軸は増体量を表している。春 ($r=0.76$)、秋 ($r=0.61$)、冬 ($r=0.82$) において有意差が認められた ($P<0.01$)。また正の相関が確認できた。夏のみ相関に有意差が認められなかった。一方、季節

に 関 係 な く 精 巢 の 重 さ と 増 大 量 の 関 係 を プ ロ ッ ト し た 散 布 図 お よ び
回 帰 直 線 を 図 II - 1 - 1 に 示 し た 。 有 意 な 相 関 が 認 め ら れ ($P < 0.01$)、回
帰 直 線 は $y = 0.2958x + 3.6754$ と な っ た 。

去勢月齢と精巢の体積

去 勢 月 齢 と 精 巢 の 体 積 の 関 係 を 散 布 図 で 図 II - 2 に 示 し た 。 春、夏、
秋、冬すべてにおいて有意差が見られなかった。また、季節に関係
なく精巢の重さと増大量の関係をプロットした散布図および回帰直
線を図 II - 2 - 1 に示した。 $y = 1.346x + 73.358$ の式が完成し、有意差
が認められた ($P < 0.01$)

精巢の重量と体積

春 ($r = -0.57$)、夏 ($r = 0.49$)、冬 ($r = 0.50$)でのみ有意差が確認
できた ($P < 0.01$)。春は負の相関、夏、冬は正の相関が確認できた (図
II - 3)。また、季節に関係なく精巢の重さと体積の関係をプロットし
た関係をプロットした散布図および回帰直線を図 II - 3 - 1 に示した。
相関に有意差は認められなかった。

増体量と精巢の体積

相 関 係 数 は 春 ($r = -0.46$ 、 $P < 0.01$)、冬 ($r = 0.56$ 、 $P < 0.05$)であり、
有意差が確認できた (図 II - 4)。また、季節に関係なく増体量と体積

の関係をプロットした散布図および回帰直線を図Ⅱ-4-1に示した。
両者に相関はなかった。

増体量と去勢月齢

春($r = 0.57$)、夏($r = 0.51$)、秋($r = 0.62$)、冬($r = 0.79$)すべてにおいて有意差が確認できた($P < 0.01$ 、図Ⅱ-5)。また、季節に関係なく増体量と月齢の関係をプロットした散布図および回帰直線を図Ⅱ-5-1に示した。両者の間に正の相関($P < 0.01$)が認められ、回帰直線は $y = 29.796x - 8.1561$ となった。

去勢月齢と精巣重量

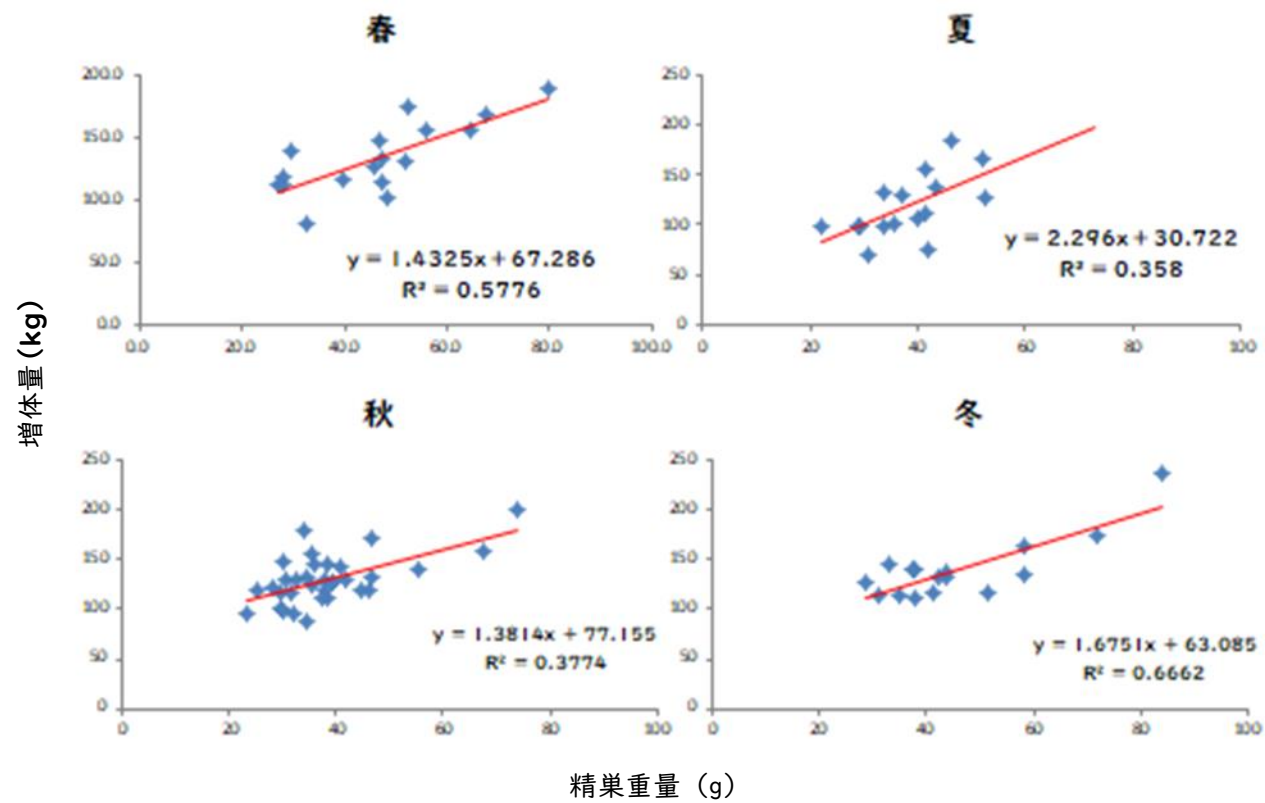
夏($r = 0.68$)、秋($r = 0.73$)、冬($r = 0.68$)でのみ有意差が認められた($P < 0.01$)。また精巣の重さと去勢月齢には正の相関が確認できた(図Ⅱ-6)。また、季節に関係なく精巣の重さと去勢月齢の関係をプロットした関係をプロットした散布図および回帰直線を図Ⅱ-6-1に示した。相関に有意差が認められ($P < 0.01$)。回帰直線は、 $y = 11.809x - 13.493$ となった。

表II-1 季節別の雄子牛における去勢月齢、去勢時体重および精巣の所見

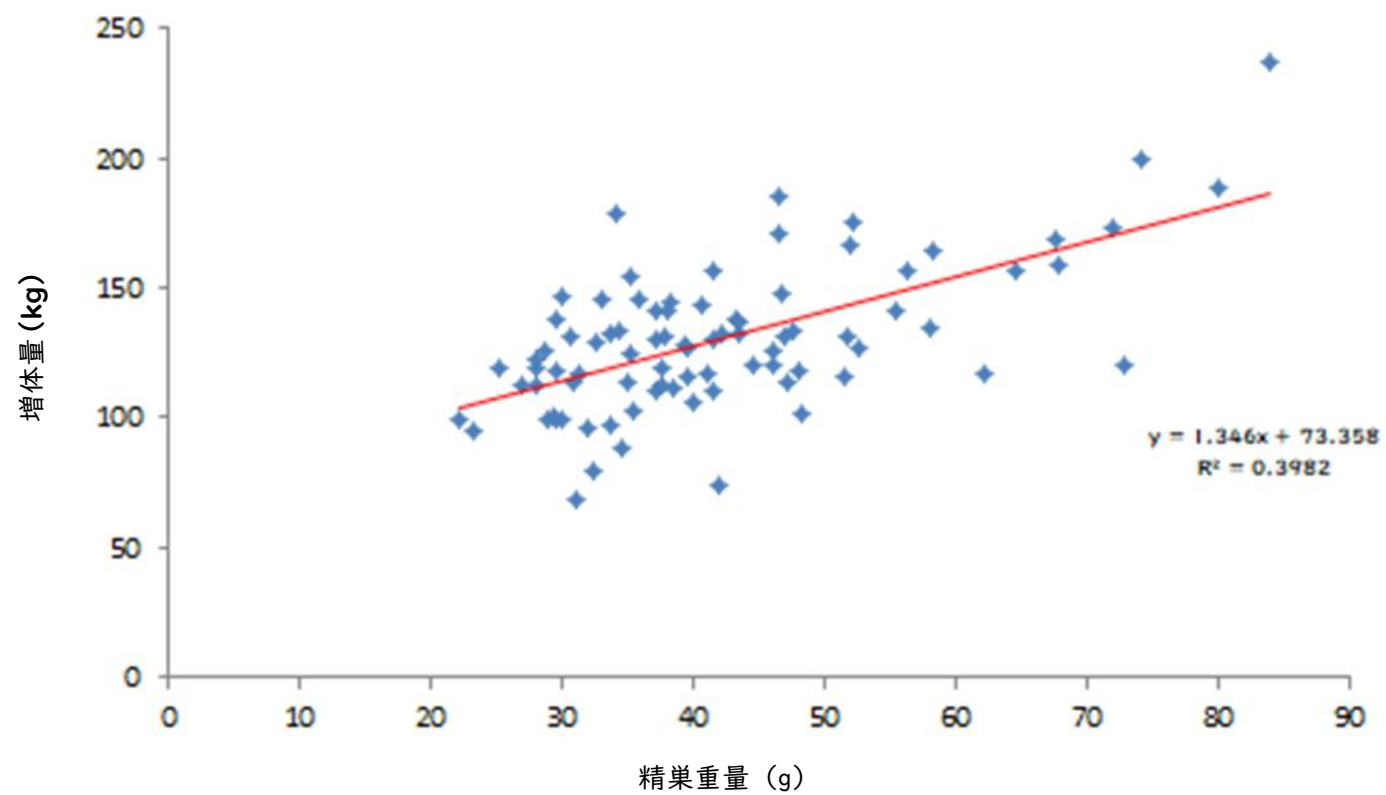
生まれ季節	n	去勢月齢	増体量 (kg)	精巣重量 (g)	縦 (cm)	横 (cm)	幅 (cm)	体積 (cm ³)
春	20	4.7±0.5*	134.1±27.6	46.6±14.7 ^c	5.5±1.2	3.2±0.7	3.2±0.5	9.9±4.3
夏	19	4.8±0.8	118.4±31.1 ^b	41.8±11.8	5.8±1.2	2.8±0.7	2.7±0.6	8.8±2.6
秋	34	4.6±0.5	130.0±24.0	38.3±10.7 ^d	5.8±0.9	2.9±0.5	2.6±0.5	7.6±2.4
冬	23	4.7±0.6	140.0±30.4 ^a	45.9±14.8	6.0±0.9	2.9±0.6	2.7±0.7	8.2±4.0
計	96	4.7±0.6	130.1±28.0	42.2±13.1	5.8±1.0	2.9±0.6	2.8±0.6	8.4±3.4

*平均値±SD

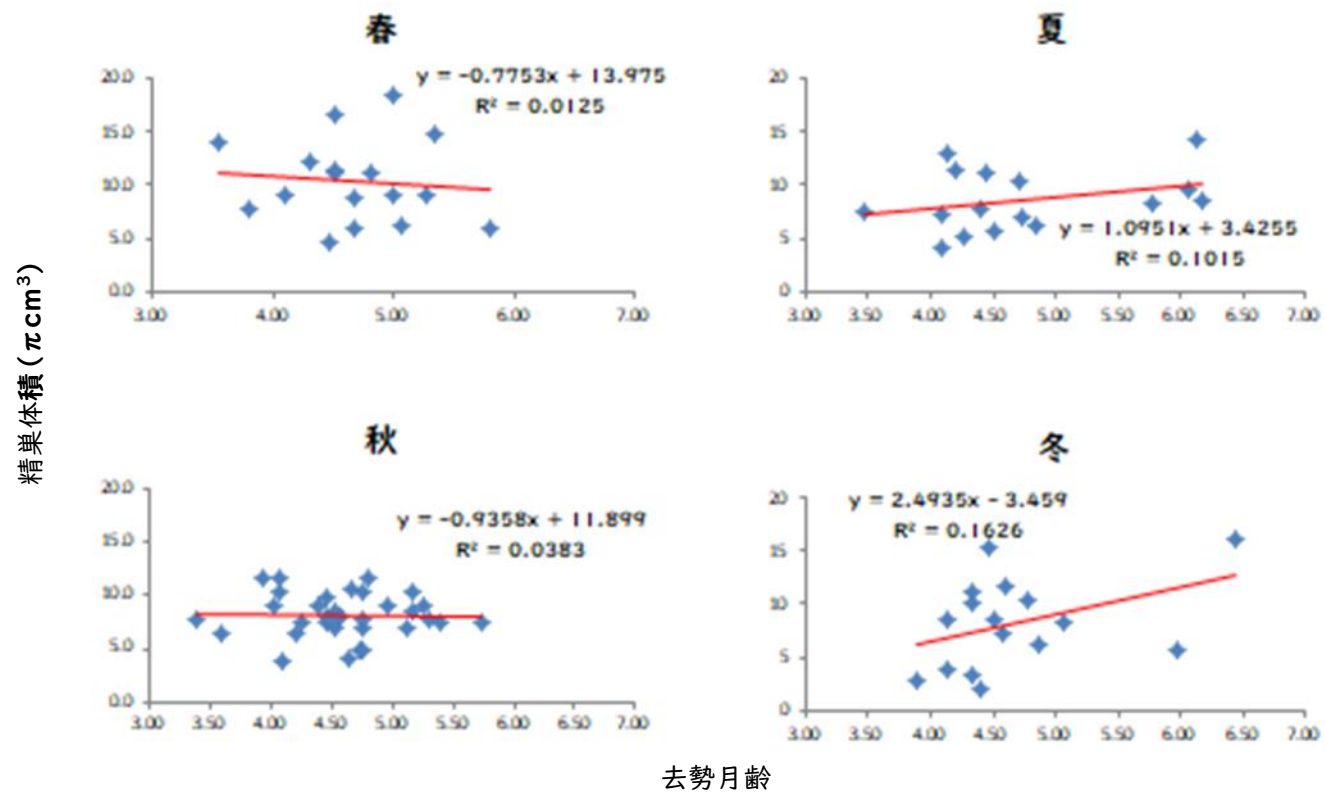
a,b;c,d:P<0.05



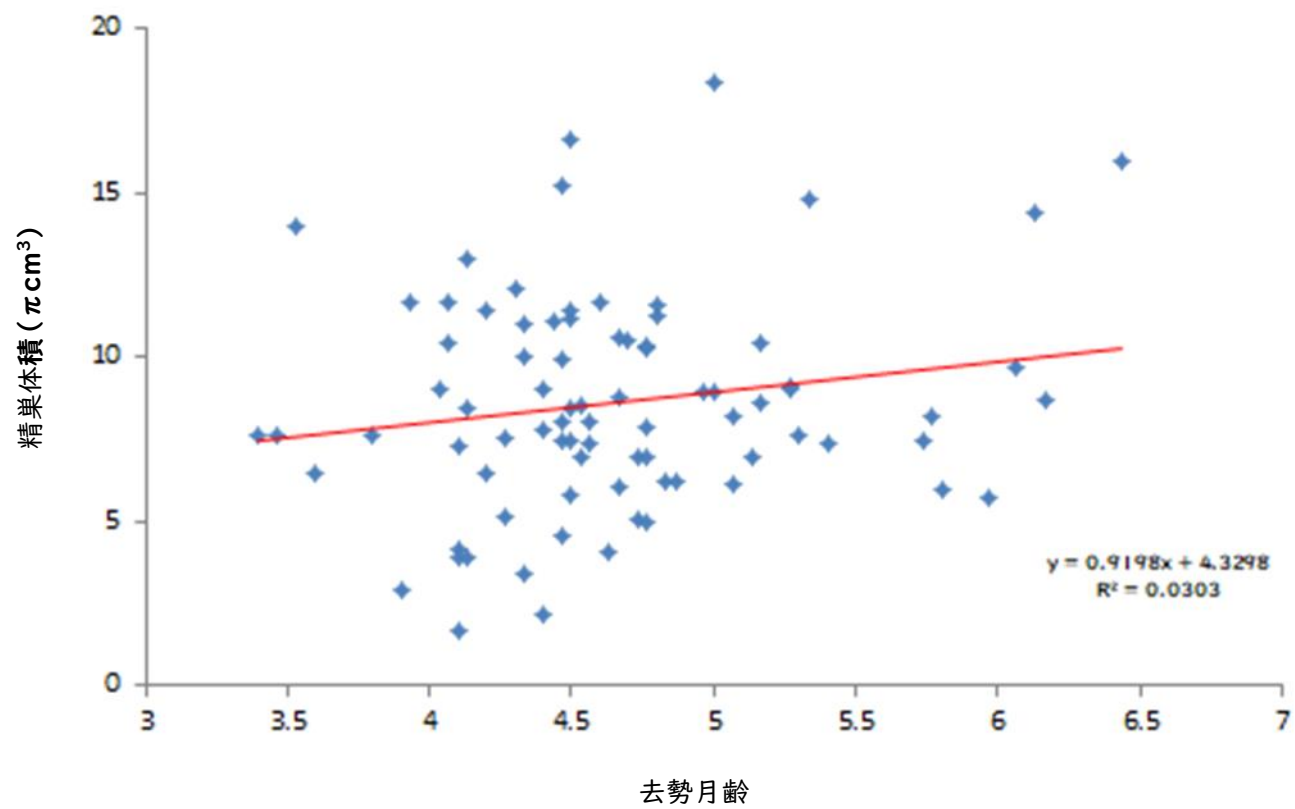
図II-1 季節別の精巢の重さと増体量の関係



図Ⅱ－1－1 全体の精巣の重量と増体量の関係



図II-2 去勢月齢と精巢の体積



図Ⅱ－2－1 全体の去勢月齢と精巢体積の関係

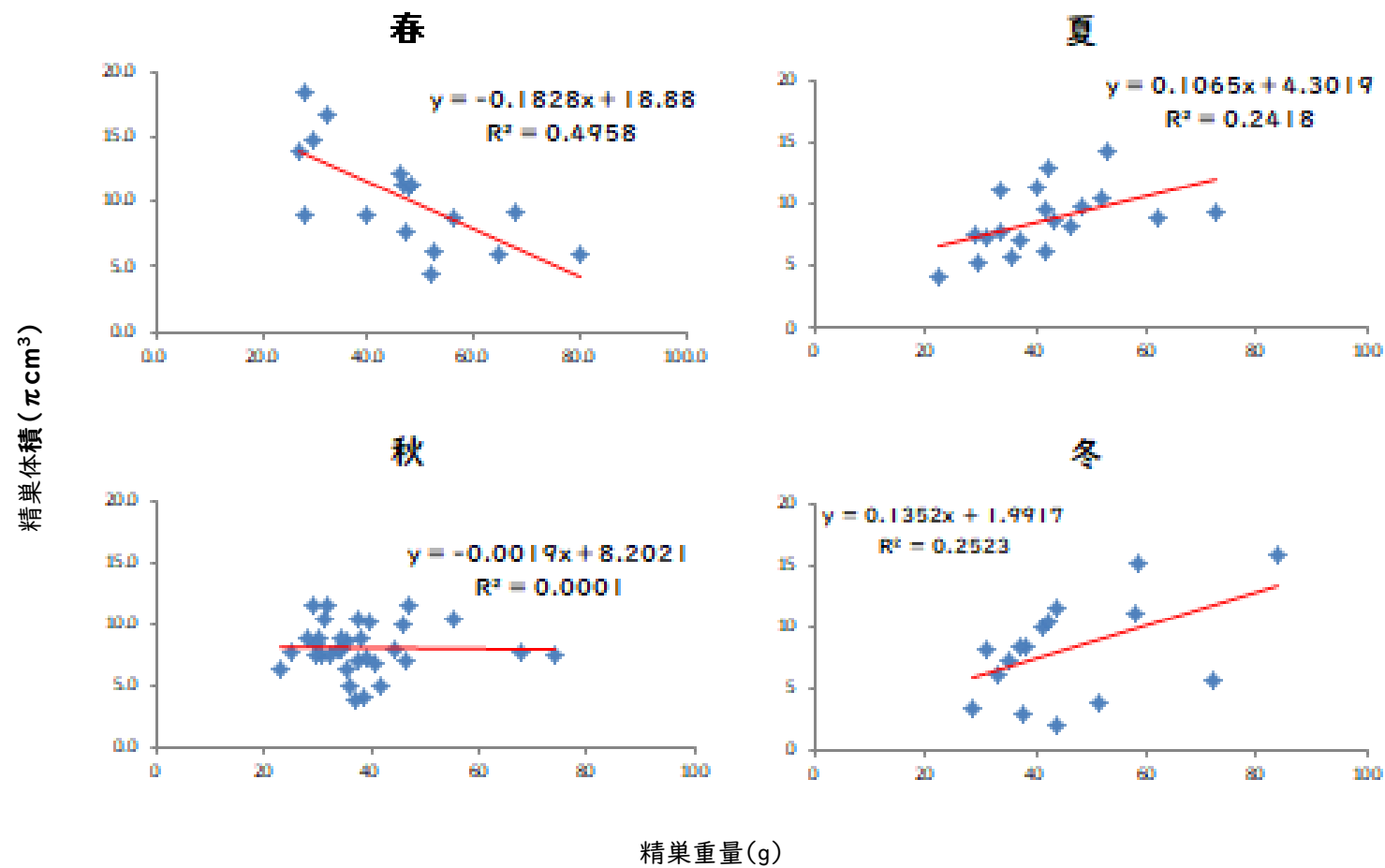


図 II -3 季節別の精巢の重量と体積の関係

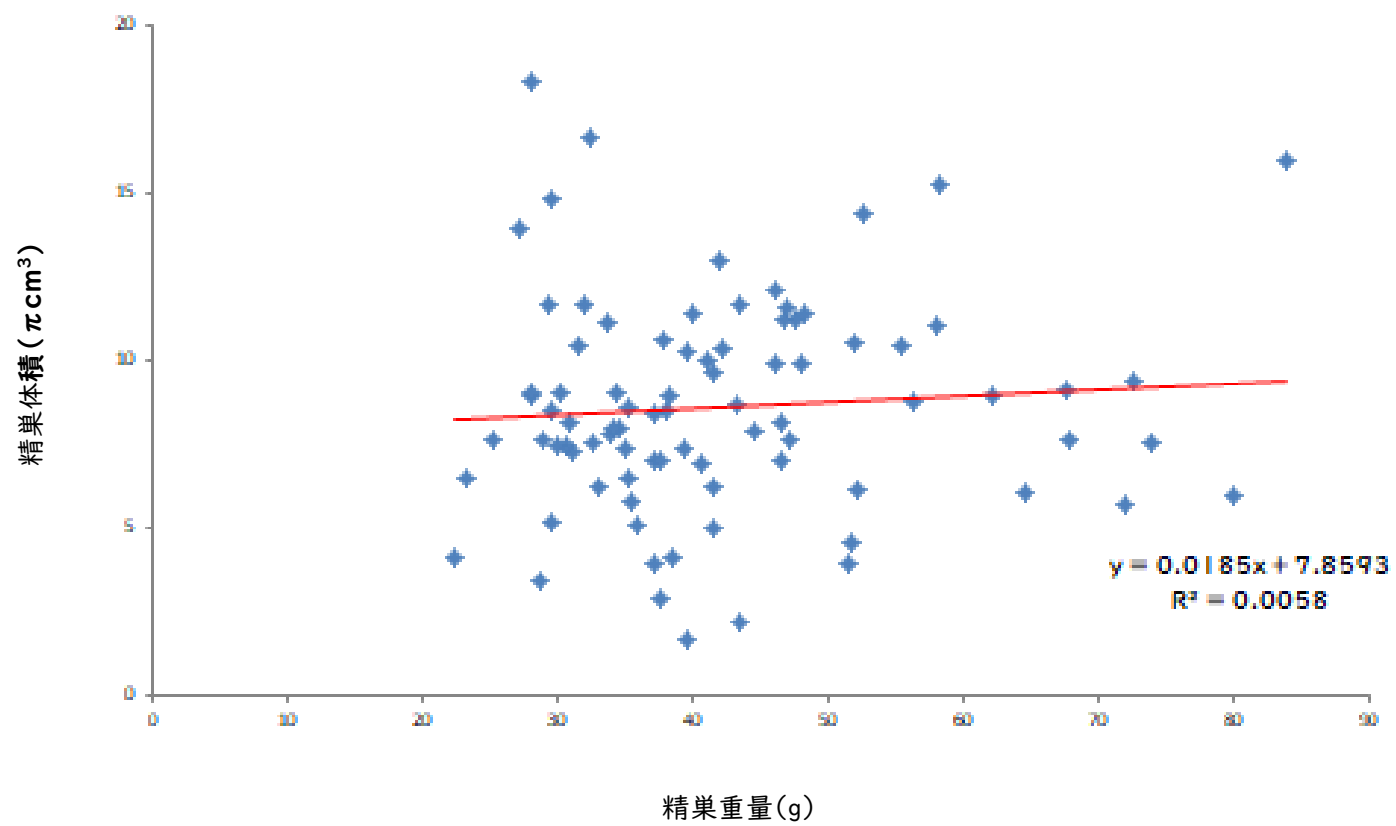


図 II -3-1 全体の精巢の重量と体積の関係

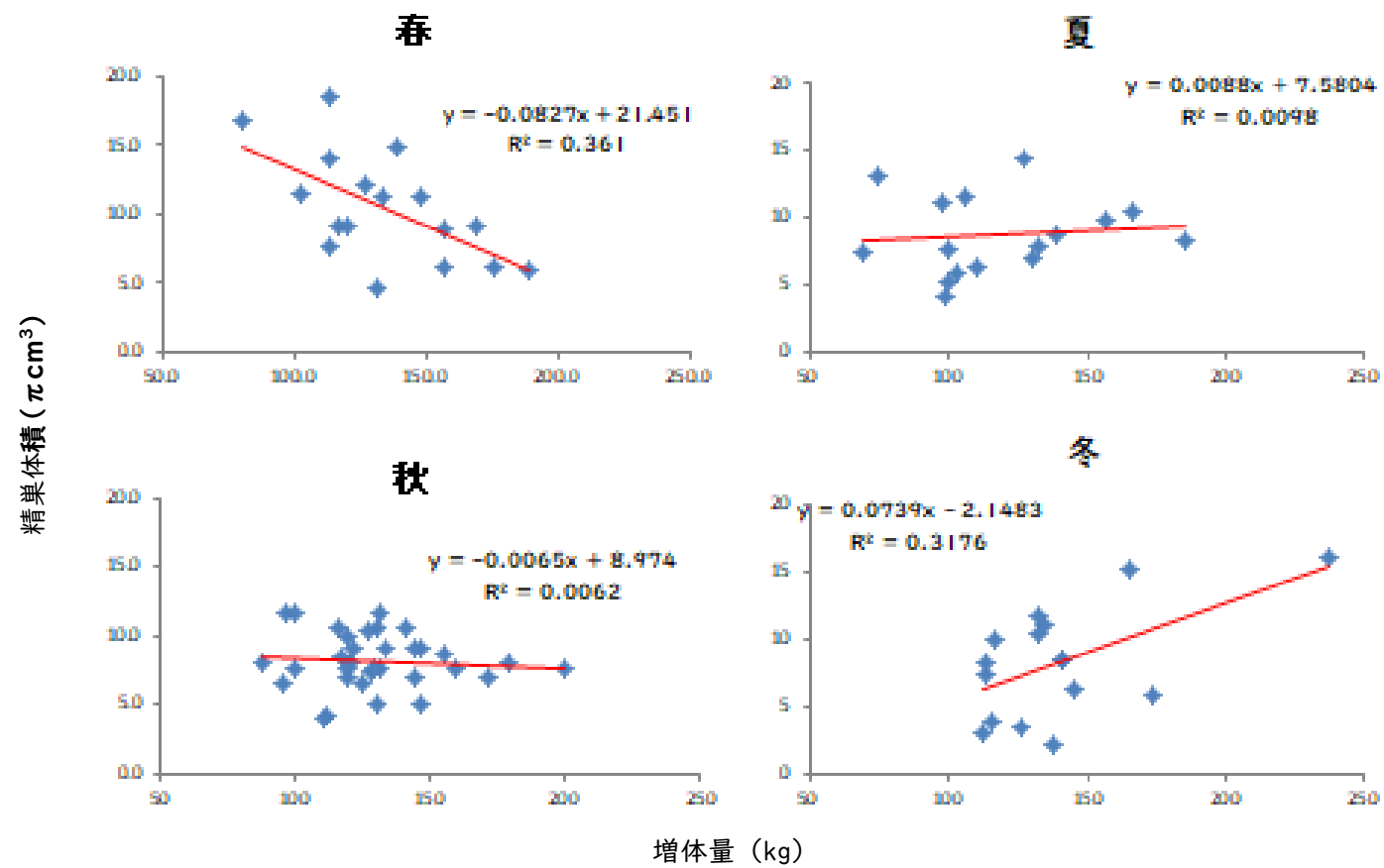
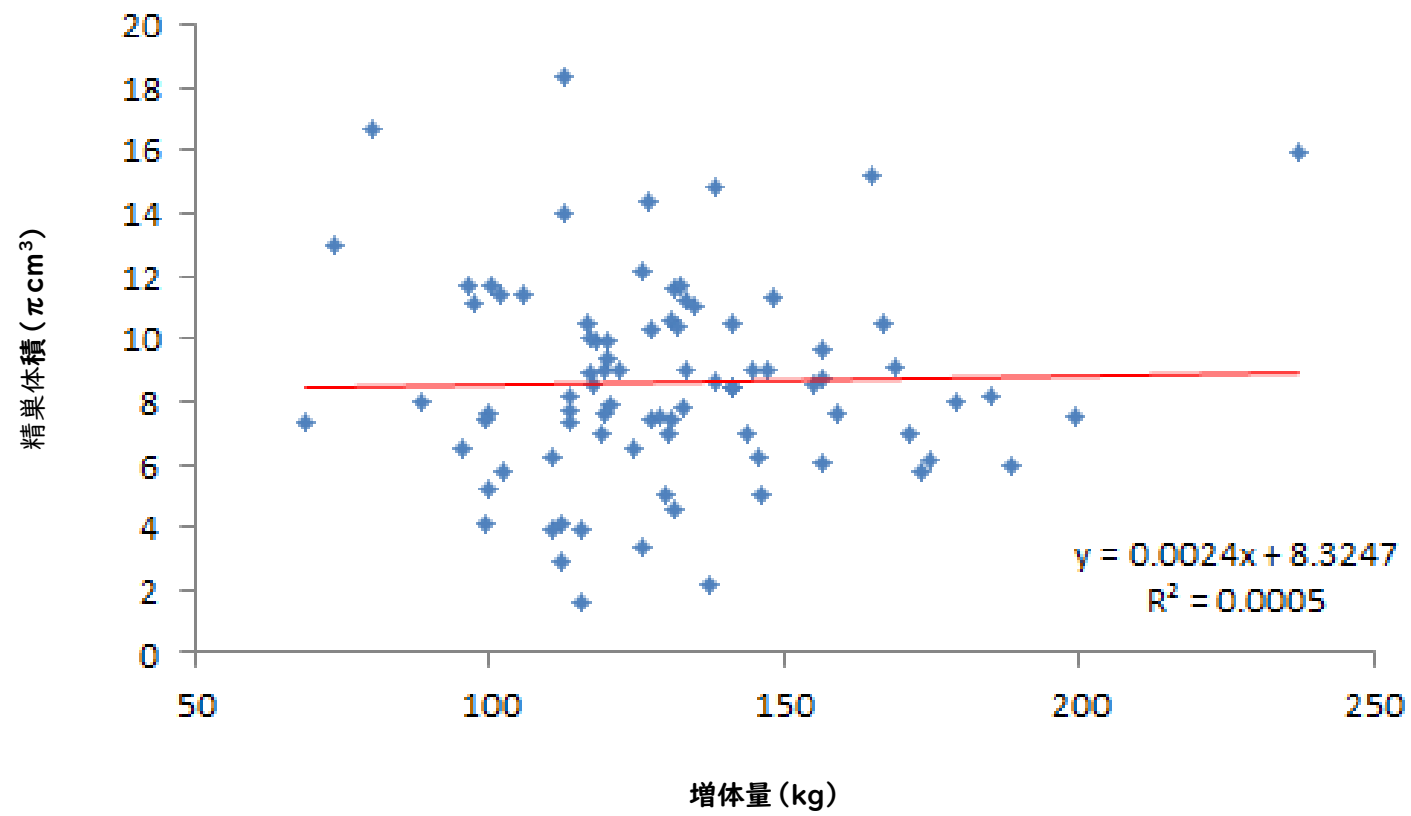


図 II -4 季節別の増体量と精巢体積の関係



図Ⅱ-4-1 全体の増体量と体積の関係

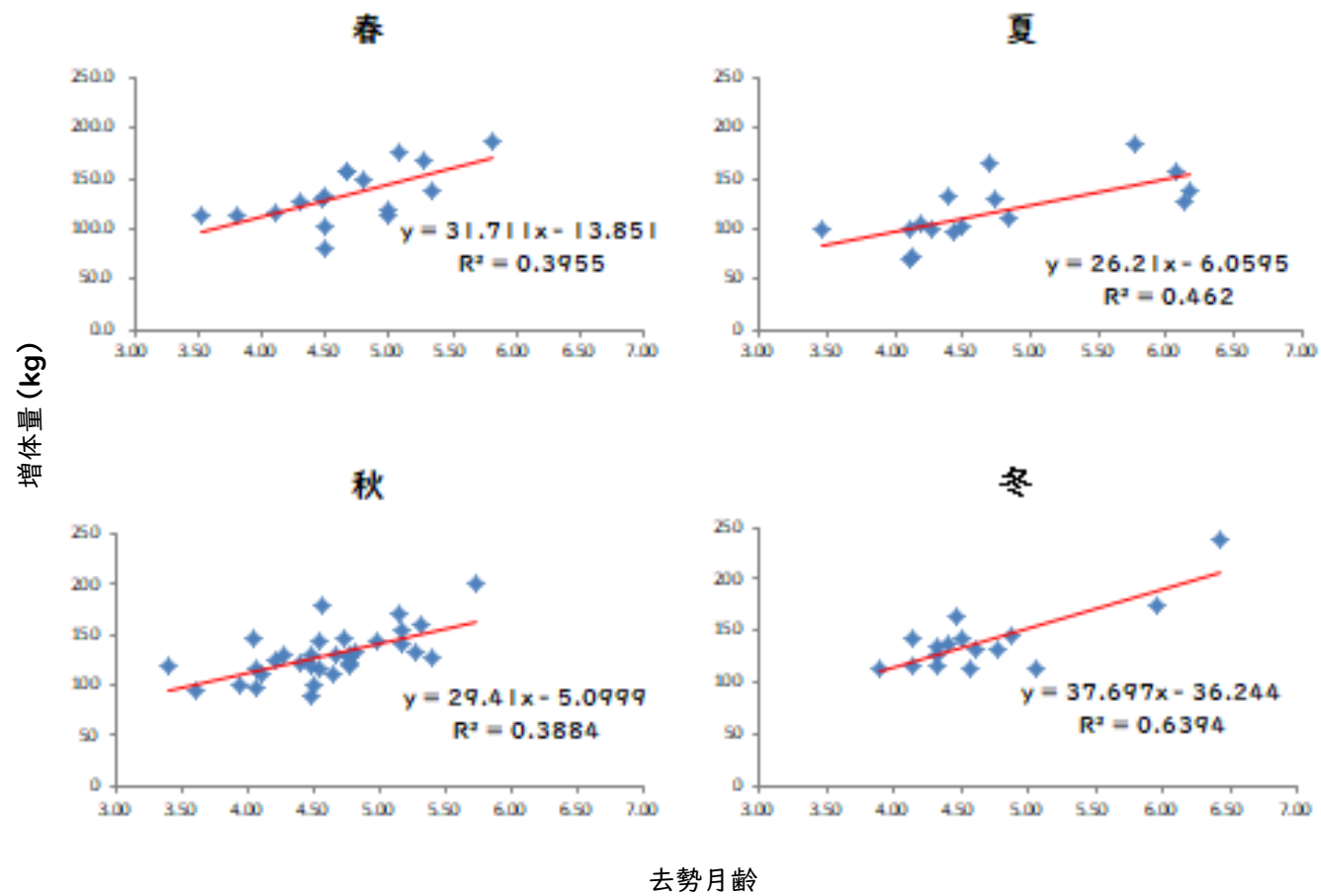


図 II -5 季節別の去勢月齢と増体量の関係

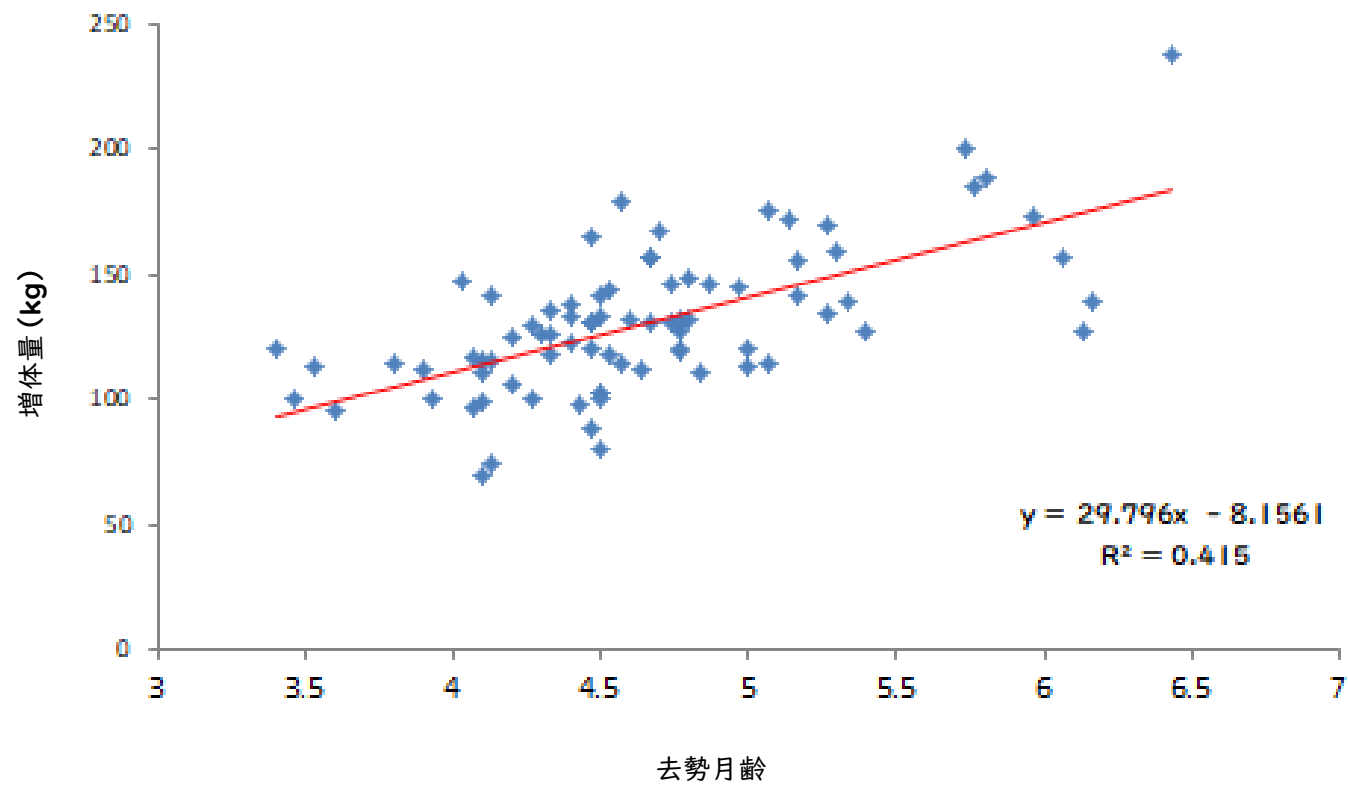
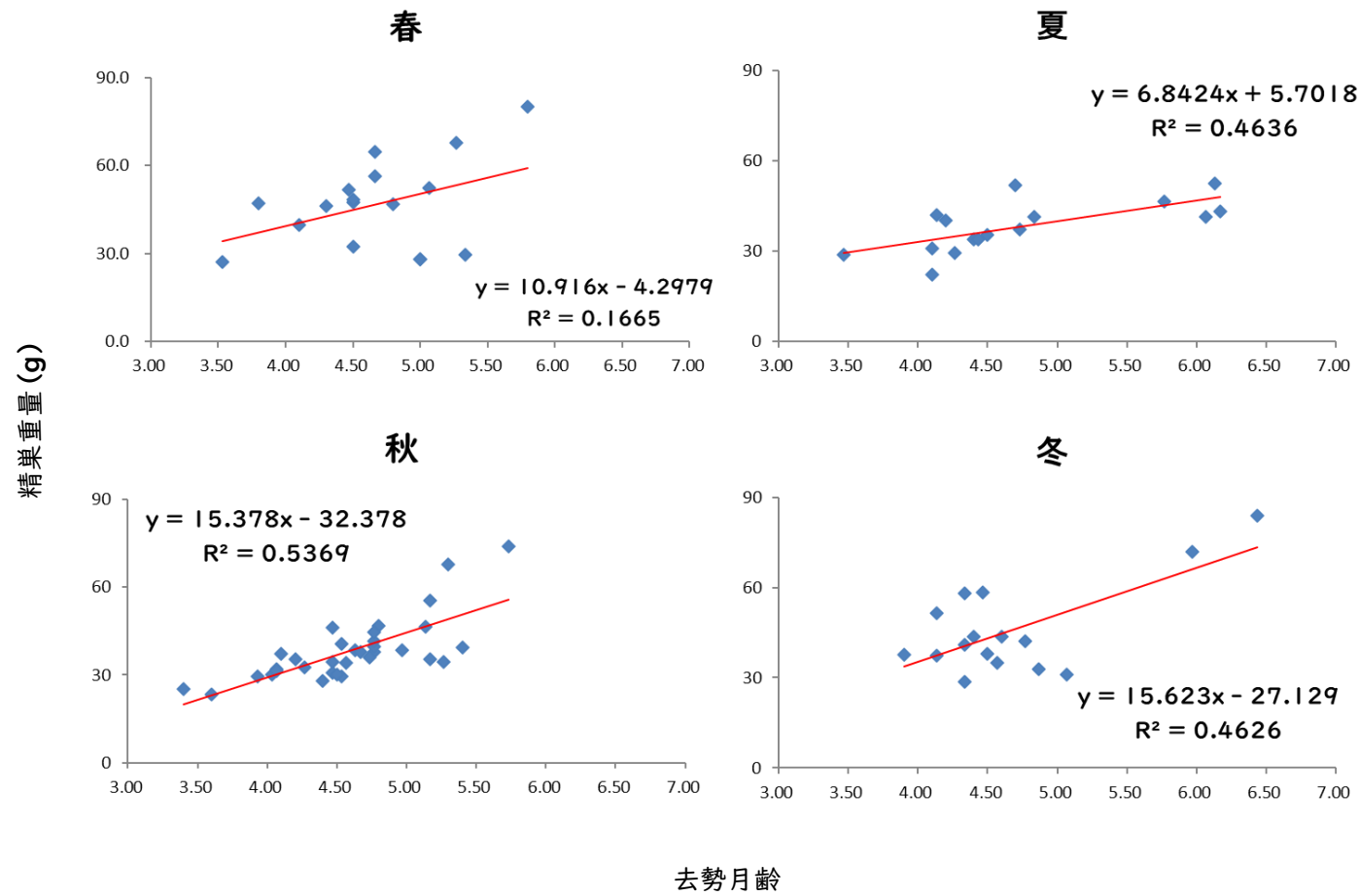
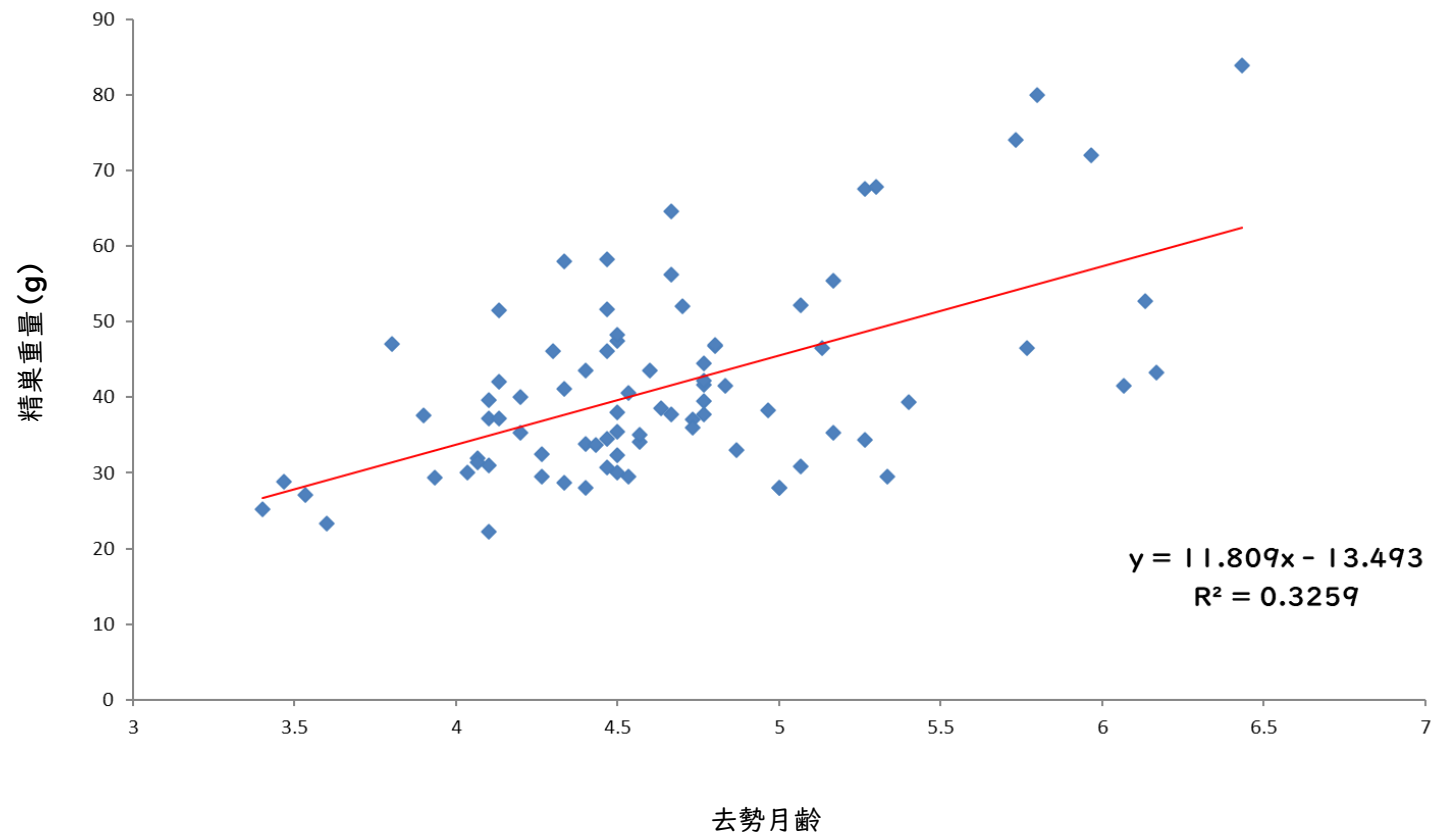


図 II -5-1 全体の去勢月齢と増体量の関係



図Ⅱ-6 季節別の去勢月齢と精巣重量の関係



図Ⅱ－6-1 全体の去勢月齢と精巣重量の関係

第 4 節 考 察

雄牛を去勢しないで肥育した場合、キメが粗くて硬い肉になる等、消費者に好まれない牛肉が生産される。また、去勢しない雄牛を群で飼養すると、牛同士の闘争が激しくなり、けがの多発や発育・肉質の低下が起こる。このため、我が国で食肉に供する雄牛は、去勢をすることが一般的である[農林水産省 2011]。去勢を実施するにあたっては、離乳時期と重ならないよう考慮する等、牛へのストレスの防止や感染症の予防に努めつつ、3-6 カ月齢の間に行うことが推奨され、去勢の実施後は牛をよく観察し、化膿等が見られる場合は速やかに治療を行うこと[農林水産省 2011]が推奨されており、元野幌農場の去勢月齢は、平均で 4.7 カ月齢と適切であり、動物福祉の面でも麻酔後に実施するなど適切と考える。

増体量は春で 134.1 kg、夏で 118.4 kg、秋で 130.0 kg、冬は 140.0 kg であり、夏に生まれた子牛の増体が冬に対して有意 ($P<0.05$) に低値となり、春生まれおよび秋生まれと比べても低かった。夏生まれの子牛が低い理由として考えられるのは、夏季の暑熱の影響で子牛の哺乳時期に十分に第一胃が暑熱の影響で成長できなかったためと考える。第一胃における暑熱の影響について平山ら[2000; 2001]は、牛、ヤギともに第一胃の蠕動運動の減少がみられると報告され

ている。そのため、離乳後の移行が順調に進まず、採食量が減少した可能性がある。夏季に子牛を哺乳育成する際には子牛の体調を深く観察するなどして、暑い場合は暑熱対策を行うことで、夏季の増体量および第一胃の発達も向上すると考えられる

精巢の重量は、秋生まれと春生まれの雄牛間で有意差が確認でき、秋生まれの子牛の精巢は春生まれのものより軽かった。精巢の重量は、増体量と相関が認められており、増体量が影響していると考えられるが、実際に春および秋生まれの雄牛の増体量はどちらも130-134kgくらいで差は認められなかった。そのため秋生まれの雄牛の精巢が小さくなる理由は不明である。精巢の重量が軽いと造成機能に支障があるとホルスタイン種で報告されている[伊藤ら2019]。本研究からは種雄牛を作る上では、春生まれの雄牛が最も適していると考えられる。

また、精巢の体積に着目すると、精巢の平均値は、縦は5.8cm、横は2.9cm、幅は2.8cmであり、すべての季節で有意差はなかった。西野[1977]は、精巢、精巢上体、精のうとも大きかった牛は精巢間質のライディッヒ細胞から分泌する雄性ホルモン量に差を生じ、そのホルモンの支配下にある精細管の成長が関与しているのではないかと報告している。

精巢の重量と増体量には有意な相関が認められ、増体量が多くなるほど、精巢の重量も大きくなることが判明した。このことから、飼料採食量のほかに関係するのであれば、雄性ホルモンによる生理的な面も関与しているからではないかと考える。

以上より、雄牛育成において必要不可欠であるのは、分娩後、離乳まで母牛の授乳に任せて哺育・育成する管理形態であり、このため母牛の泌乳能力・哺育能力が子牛の発育に影響する。黒毛和種の泌乳量は、分娩後1～3週でピークに達し以後漸減する。母乳に依存できるのは4週齢までで、以降は母乳だけでは発育に必要な養分量が不足する。良好な発育を確保するためには、生後1週齢あたりから別飼い飼料に慣らし、十分食い込めるようにすること、幼齢期から反芻胃の発達を促進し、「もの食いのよい牛」を創ることが哺育・育成の基本である。生後に母子分離・人工哺育した子牛は、4-8週齢で第1胃が急速に発達して揮発性脂肪酸（VFA）濃度が上昇することから、自然哺乳においても生後7日目頃から別飼いとして固形飼料（濃厚飼料、乾草）に慣らし、自由に摂取できるようにする。離乳の時期は、一定量の固形飼料を採食できることが主な判断基準となるが、個々の子牛の状況と離乳後の管理方針を踏まえることが大切であると考え [野田 2007]。

また、精子形成は月齢より精巣の重量に依存していると Curtis
ら [1981] がホルスタイン種で報告している。一方、黒毛和種では
精巣重量が 68g 未満の 3～7 ヶ月齢における春機発動期の到来と精
子発生の開始、精巣重量が 68g 以上の 8 ヶ月齢になると管腔への精
子の放出と精巣上体への精子移動の開始を確認できたと濱野ら
[2001] は報告している。

雄ウシの春機発動の開始時期と性成熟期を正確に把握し、それぞ
れの時期における精子の受精能および生理機能等を確認し利用する
ことで、黒毛和種雄ウシの改良や子ウシの増産が可能であると考え
る。

第 5 節 要約

本研究では、肉を柔らかくすること、脂肪の付着を良くすること、飼育時の牛同士の競合軽減、管理の平易化、牡臭をなくすこと等のメリットで肥育のために去勢された雄牛の精巣を活用し、精巣の発育と出生した季節の関係を調査した。

供試牛には 2009 年度から 2022 年 4 月までに娩出された雄黒毛和種子牛 95 頭分の精巣を調査対象としデータを用いた。摘出した精巣の各部位の測定は、ノギスを用いて長径を縦、短径を横、厚みを幅とした。

精巣の縦の大きさは、平均で 5.8cm、横が平均で 2.9cm。幅が 2.8cm となりどの季節でも有意差はなかった。また、精巣の重さは春が 46.6g、夏が 41.8g、秋で 38.3g、冬が 45.9g となり、平均は 42.2g であり秋と冬で有意差が認められた ($P<0.05$)。精巣の体積は、平均で 8.4π でありすべての季節において有意差が認められなかった。去勢月齢は平均で 4.7 カ月、増体量は春で 134.1kg、夏で 118.4kg、秋で 130.0 kg、冬は 140.0 kg で年平均は 130.1 kg であった。夏と冬の間でのみ有意差が認められた ($P<0.05$)。精巣の重量と増大量における相関係数はそれぞれ春 ($r=0.76$)、秋 ($r=0.61$)、冬 ($r=0.82$) であり、有意な正の相関が認められた ($P<0.01$)。夏のみ有意差が認めら

れなかった。精巢の重量と去勢月齢では夏 ($r=0.68$)、秋 ($r=0.73$)、冬 ($r=0.68$) のみ有意差が認められた ($P<0.01$)。精巢の重量と体積では春 ($r=-0.57$)、夏 ($r=0.49$)、冬 ($r=0.50$) のみ有意差が確認できた ($P<0.01$)。増体量と体積では、春 ($r=-0.46$)、冬 ($r=0.56$) のみ有意差が確認できた。春は ($P<0.01$)、冬は ($P<0.05$) となった。増体量と月齢では、春 ($r=0.57$)、夏 ($r=0.51$)、秋 ($r=0.62$)、冬 ($r=0.79$) すべてにおいて有意差が確認できた ($P<0.01$)。去勢月齢と精巢の体積において春、夏、秋、冬すべてにおいて有意差が見られなかった。このことより、精巢の重さと増体の関係は暑熱等のストレスを春機発動前でも受けていることが示唆され、種雄牛生産を行う上では夏生まれの雄牛は留意しなければならない。

総 括

わが国の牛肉生産は、飼料高騰のため今後自給飼料の利用率を高め、輸入飼料依存から脱却しなければならない。生産効率の向上のためには、飼養管理技術の改善や繁殖成績の向上が不可欠である。そのためには分娩時の事故や雄子牛の増体見極めが必要であり、そのためのデータの蓄積が大切である。その見極めに季節や気温による影響があるのではないかと考えた。

このことから、本研究では、酪農学園大学フィールド教育研究センター肉牛農場で蓄積されたデータを用いて、第Ⅰ章では四季による気温と分娩記録の関係性を明らかにすることを目的に、寒冷地域の季節および気温による肢の末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間との関係性について調査した。第Ⅱ章では、精巣に着目して生まれた季節ごとに分類し、出生する季節と去勢月齢および増体量が精巣の重量および体積に与える影響について検討した。

第Ⅰ章 四季による気温と分娩記録の関係性

近年遺伝的改良や飼養管理技術の向上により、黒毛和種の体格は大型化して子牛の生時体重も増加している。また、季節や気温によ

る分娩に関する調査ではホルスタイン種では1日平均気温が20℃以上を目安とするのが合理的と報告しているが、黒毛和種においては確認出来ていない。また、ホルスタイン種と黒毛和種では暑熱および寒冷に対する耐性が異なると考えられているため北海道という寒冷地域の季節による季節別および気温による肢の末節骨、生時体重、妊娠期間および分娩時間との関係性について調査した。

供試牛は、2020年度から2022年11月までに娩出した黒毛和種子牛73頭の分娩記録ならびに子牛の前肢測定記録を用いた。生時体重は娩出後1時間以内に測量計で、末節骨の測定は、娩出から2日以内に前肢の中心線に対して垂直に前面（横幅）および側面（縦幅）からノギスを用いて測定した。分娩時間は、産出期の中でも分かりやすい一次破水確認後から娩出までを分娩時間とした。気温は気象庁のホームページに記載されている江別市の気温の半日の平均気温を用いて、季節の分類は、春は3～5月、夏は6～8月、秋は9～11月、冬は12～2月とした。江別市の平均気温は、年平均で $7.6\pm 4.6^{\circ}\text{C}$ となっており、すべての季節で有意差が認められた（ $P<0.01$ ）。末節骨の平均面積は、平均 24.6 cm^2 となり、すべての季節で有意差が認められなかった。生時体重は平均で35.6 kgと有意差は認められなかった。妊娠期間は平均で289.0日、分娩時間は平均で58.5分となり、季節による差は認められなかった。本研究では季

節ごとの末節骨の面積、生時体重、妊娠期間および分娩時間と気温の関係を調査したが、いずれの項目においても有意な相関は認められなかった。しかしながら、0℃以下および15℃以上の分娩において生時体重のバラツキが大きいことが判明した。

第Ⅱ章 子牛は季節によって、精巣の大きさと増体に関与するのか

種雄牛育成過程での雄ウシの選抜において造精機能は重要な判別要因であり、その選抜指標を特定することが求められる。しかし、春機発動前の黒毛和種の雄子牛の精巣の発達に関する研究は少なく、季節や気温と精巣の発育の関係を研究した論文は著者の知る限りない。また、肉用牛生産においては市場価格で有利な雄が求められる。雄子牛は肥育前に肉生産性の向上のために去勢されるのが一般的である。本研究では、これら肥育のために去勢された雄牛の精巣を活用し、精巣の発育と出生した季節の関係を調査した。

供試牛は、2009年度から2022年4月までに娩出された雄黒毛和種子牛95頭分の精巣を調査対象としデータを用いた。去勢は肥育素牛とするために行われた。去勢は大学付属動物医療センターに依頼し、医療行為として実施した精巣を獣医師にもらい受けた。摘出した精巣は、ゴム手袋に入れ測定した。精巣の各部位の測定は、長

経を縦 (cm)、短径を横 (cm)、厚みを幅 (cm) とした。重さ (g)、縦 (cm)、横 (cm)、幅 (cm) の 4 項目を測定し、縦、横および幅から精巢の体積を求めた。

去勢月齢は、春が 4.7 カ月、夏が 4.8 カ月、秋が 4.6 カ月、冬が 4.7 カ月であった。平均は 4.7 カ月ですべての季節で差はなかった。増体量は去勢時体重－生時体重で求めた。春で 134.1kg、夏で 118.4kg、秋で 130.0 kg、冬は 140.0 kg で年平均は 130.1 kg であった。夏と冬の間でのみ有意差が認められた ($P<0.05$)。左右平均で春が 46.6g、夏が 41.8g、秋で 38.3g、冬が 45.9g となり、平均で 42.2g であった。秋と冬でのみ有意差が認められた ($P<0.05$)。体積は $9.9\pi\text{cm}^3$ 、夏が $8.8\pi\text{cm}^3$ 、秋が $7.6\pi\text{cm}^3$ 、冬が $8.2\pi\text{cm}^3$ となった。年平均では、 $8.4\pi\text{cm}^3$ となり、季節間の差は認められなかった。

精巢の重さと増体量の関係は、春 ($r=0.76$)、秋 ($r=0.61$)、冬 ($r=0.82$) において有意差が認められた ($P<0.01$)。また正の相関が確認できた。夏のみ有意差が認められなかった。

季節に関係なく精巢の重量と増体量の関係は $y=1.346x+73.358$ の式が完成し、有意差が認められた ($P<0.01$)。精巢重量による増体量予測が可能であると考えらる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、終始ご指導賜りました酪農学園大学
大学院酪農学研究科家畜繁殖学 堂地 修教授および今井 敬教授、酪
農学園大学農食環境学群循環農学類家畜生産改良学 西寒水 将講師、
ならびにご協力頂きました FEDRIC の肉牛農場の職員の皆様、家畜
繁殖学研究室家畜生産改良学研究室および動物生殖工学研究室の学
生各位に心より感謝申し上げます。

Study of temperature effects on calving and testicular development in Japanese Black cattle

Beef production in Japan must increase the utilization rate of self-supplied feed and break away from dependence on imported feed in the future due to rising feed prices. To improve production efficiency in Japanese Black cattle, it is essential to improve feeding management techniques and reproductive performance. For this purpose, it is necessary to identify calving accidents and increase the number of male calves, and it is important to accumulate such information. We wondered if the season and temperature had an effect on this determination.

Therefore, this study was conducted to clarify the relationship between temperature and calving records in the four seasons in Chapter I, using data accumulated at the beef cattle farm of the Field Education and Research Center of Rakuno Gakuen University. In Chapter II, the testes of these bulls castrated for fattening were utilized to investigate the relationship between testicular

development and the season in which they were born.

Relationship between Temperature and Calving Records by Season

Recent genetic improvements and improvements in feeding and management techniques have increased the size of the Japanese Black breed and likely increased the live weight of calves. In addition, a survey on calving according to season and temperature reported that it is reasonable for Holsteins to calve when the average daily temperature is 20°C or higher, but this has not been confirmed for Black Wagyu calves. Since the tolerance to heat and cold is considered to be different between Holsteins and Blacks, we investigated the relationship between phalanx of the foot, birth weight, gestation period, and length of parturition according to season and temperature in the cold region of Hokkaido, Japan.

Calving records and phalanx of the foot (phalanx) measurement records of calves from 73 Japanese Black cows calved from 2020 to November 2022 were used as test

calves. We measured the birth weight with a survey meter within 1 hour after parturition, and phalanx was measured with calipers from the front (transverse) and side (longitudinal) perpendicular to the centerline of the forelimb within 2 days after calving. Length of parturition was defined as the period from the confirmation of primary water breakage, which is the most easily understood part of the birthing period, to the time of delivery. Temperatures were determined using the average daily half temperatures for Ebetsu City listed on the Japan Meteorological Agency's website. The seasons were March to May for spring, June to August for summer, September to November for fall, and December to February for winter. The mean annual temperature in Ebetsu City was $7.6 \pm 4.6^{\circ}\text{C}$ and was significantly different in all seasons ($P < 0.01$). The area of the terminal phalanx was 24.6 cm^2 on average, with no significant differences among all seasons. Birth weight averaged 35.6 kg and was not significantly different. Gestational period averaged 289.0 days, and length of parturition averaged 58.5 minutes, with no

significant differences between seasons. The present study examined the relationship of temperature to the area of the phalanx, birth weight, gestational period, and length of parturition by season, and found no significant correlation in any of these parameters, but found a greater variation in birth weight in cold and hot deliveries.

Does season affect testicular size and increase in body size in calves?

Spermatogenic function is an important discriminator in the selection of male cattle during the breeding process, and there is a need to identify a selection index for this function. However, there have been few studies on testicular development of Black Japanese male calves prior to the spring trigger, and to the best of the author's knowledge, there are no papers that have studied the relationship between the season of birth and testicular development. In addition, in beef cattle production, males are required to have an advantage in

market price. Male calves are generally castrated prior to fattening to improve meat productivity. This study utilized the testes of these bulls castrated for fattening to investigate the relationship between testicular development and season of birth.

The testes of 95 Japanese Black male calves borne from 2009 to April 2022 were used for the study. Castration was performed for the purpose of using the calves as feedlot stock. Castration was performed at the Animal Medical Center of Rakuno Gakuen University, and the veterinarians received the testes that were removed as a medical procedure. The removed testes were placed in rubber gloves and measured. Measurements of each testis were taken as follows: length for the long diameter, width for the short diameter, and thickness for the thick diameter. Weight (g), length (cm), width (cm), and thickness (cm) were measured, and the volume of the testis was determined from the length, width, and thickness.

The age in months of castration was 4.7 months in spring, 4.8 months in summer, 4.6 months in fall, and 4.7

months in winter. The mean was 4.7 months and did not differ among all seasons. The gain of weight was calculated as weight at birth subtracted from weight at castration. The average of body weight gain was 130.1 kg, and 134.1 kg in spring, 118.4 kg in summer, 130.0 kg in fall, and 140.0 kg in winter, respectively. Significant differences were found only between summer and winter ($P<0.05$). The average weight of individual testis was 46.6 g in spring, 41.8 g in summer, 38.3 g in fall, and 45.9 g in winter, for an average of 42.2 g. Significant differences were found only in fall and winter ($P<0.05$). Volume of testis was 9.9 πcm^3 , 8.8 πcm^3 in summer, 7.6 πcm^3 in fall, and 8.2 πcm^3 in winter. The annual average was 8.4 πcm^3 . The relationship between testis weight and gain of body weight was significantly different ($P<0.01$) in spring ($r=0.76$), fall ($r=-0.61$), and winter ($r=0.82$). A positive correlation was also observed.

Regardless of the season, the relationship between testicular weight and body weight gain completed the equation $y=1.346x+73.358$, with a significant difference

($P < 0.01$). The results suggest that the weight of castrated testes can be used to predict the gain of body weight.

引用文献

Curtis SK, Amann RP. 1981. Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *Journal of Animal Science* **53**(6), 1645-1657. Doi: 10.2527/jas1982.5361645x.

Deutscher GH, Colburn DJ, Davis R, 1999. Climate affects calf birth weights and calving difficulty. Nebraska Beef Cattle Reports Paper 400, 7-9. University of Nebraska-Lincoln: [cited 28 February 2023]. Available from URL: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1400&context=animalscinbcr>

後藤太一，高橋正弘，植木淳史，川畑享子．2000．超音波診断装置を用いた牛産子体重の分娩前予測．東日本家畜受精卵移植技術研究会報 **15**, 11-12.

Hajdu T, Hajdu G. 2021. Temperature, climate change, and birth weight: evidence from Hungary. *Population and Environment* **43**, 131-148. Doi: 10.1007/s11111-021-00380-y

濱野光市，徳田陽子，大島浩二，河人亜紀，北村圭，齋藤治，有

馬博．2001．黒毛和種幼若雄ウシにおける精巢細胞の分化に

関する組織学的研究．信州大学農学部紀要 **37**，127-135．

平山琢二，安里直和，太田實．2001．黒毛和種の夏季における行動

と第一胃収縮運動．日本畜産学会報 **72**(10)，605-609，Doi:

10.2508/chikusan.72.10_605

平山琢二，大城政一，加藤和雄，太田實．2000．暑熱暴露がヤギの

消化管過速度と第一胃収縮運動に与える影響．日本畜産学会報

71，258-263．

石井三都夫．2014．乳牛の難産：原因、予防、助産および失位整復

法．家畜診療 **61**(3)，139-147．

伊藤陽輔，高橋健一，岡本実，登石裕子，角田修男，田谷一善．

2019．ホルスタイン種雄牛に発症した精巢萎縮による精子減

少症の1症例．日本獣医学会誌 **72**，539~544．Doi:

10.12935/jvma.72.539

兼松舞．2010．万歩計を用いた肉牛の分娩前後の行動観察．酪農学

園大学酪農学部酪農学科卒業論文．酪農学園大学，江別．

片岡妃奈．2021．黒毛和種における後産の重量と排出および生時体

重の推定に関する研究．酪農学園大学院酪農学研究科修士論文，

酪農学園大学大学院，江別

木伏雅彦．2018．ウシの妊娠過程および雄子ウシ発育過程における
血中精巣ホルモン濃度の動態解析とその応用に関する研究．大
阪府立大学大学院生命環境科学研究科獣医学専攻学位論文，大
阪府立大学大学院，堺．

気象庁．2020．江別 2020年（月ごとの値）主な要素．[Webpage on
the internet]．国土交通省 気象庁．東京；[Cited 28 February
2023]． Available from URL:
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.
php?prec_no=14&block_no=1507&year=2020&month=&day=
&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.php?prec_no=14&block_no=1507&year=2020&month=&day=&view=p1)

気象庁．2021．江別 2021年（月ごとの値）主な要素．[Webpage on
the internet]．国土交通省 気象庁．東京；[Cited 28 February
2023]． Available from URL:
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.
php?prec_no=14&block_no=1507&year=2021&month=&day=
&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.php?prec_no=14&block_no=1507&year=2021&month=&day=&view=p1)

気象庁．2022．江別 2022年（月ごとの値）主な要素．[Webpage on
the internet]．国土交通省 気象庁．東京；[Cited 28 February
2023]． Available from URL:
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1)

php?prec_no=14&block_no=1507&year=2022&month=&day=
&view=p1

小松 希，山本敦司，高橋康喜．2019．牛去勢術の現状と新手法の検討．令和元年度家畜保健衛生・畜産技術検討会，[Webpage on the internet]．和歌山県，和歌山；[Cited 28 February 2023]．
Available from URL:
https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070400/d00204303_d/fil/04zenbun.pdf

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**(10)，426-431．

前田 さくら，古川 勇一，米川 武，口田 圭吾．2014．北海道産黒毛和種の死産に対する表型的要因および近交係数の影響．日本畜産学会報 **85**(1)，27-32．Doi: 10.2508/chikusan.85.27

松井基純．2019．家畜人工授精講習会テキスト（家畜人工授精編）2019改訂版，高橋芳幸編，p249-250．日本家畜人工授精師協会，東京．

Misaka M, Uematsu M, Kitahara G, Osawa T, Sasaki Y. 2022. Association of herd size with stillbirth and dystocia rates in Japanese Black cattle. *Animals* **12**, 1994. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani1215199>

- 三浦 弘, 菊池 元宏, 坂口 実. 2017. 繁殖牛管理記録と気象庁データによる一日平均気温と分娩率の相関. 産業動物臨床医学雑誌 **8**(4), 214-220. Doi: 10.4190/jjlac.8.214
- Mukai F, Yamagami A, Anada K. 2000. Estimation of genetic parameters and trends for additive direct and maternal genetic effects for birth and calf-market weights in Japanese Black beef cattle. *Animal Science Journal* **71**(5), 462-469. Doi: 10.2508/chikusan.71.462
- 西川正義. 1975. 肉用種和牛全講. 増改訂版, 羽部正孝編, 養賢堂, 東京.
- 西野武蔵. 1977. 第4章 性および去勢法が枝肉構成成分に及ぼす影響. 石川県農業短期大学特別研究報告 **5**, 41-49. Doi: 10.20715/spaci.ac.5.0_41
- 野田昌伸. 2007. 黒毛和種子牛の初期増体量からの哺乳量推定と代用乳補給による発育改善. 畜産技術 **625**(6), 2-6.
- 農林水産省. 2011. アニマルウェルフェアの考え方に対応した肉用牛の飼養管理指針. [Webpage on the internet]. 農林水産省, 東京; [Cited 28 February 2023]. Available from URL: https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/pdf/beef_cattle.pdf

農林水産省．2018．分娩介助に関する調査結果．[Webpage on the internet]．農林水産省，東京；[Cited 28 February 2023]．

Available from URL:
<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kyosai/kachiku/h281121/attach/pdf/index-8.pdf>

農林水産省．2020．家畜改良増殖目標．[Webpage on the internet]．

農林水産省，東京；[Cited 28 February 2023]． Available from URL:

https://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_kikaku/attach/pdf/200331-2.pdf

農林水産省．2021．畜産統計(令和4年2月1日現在)．[Webpage on the internet]．農林水産省，東京；[Cited 28 February 2023]．

Available from URL:
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/tiku_toukei/r4/

農畜産業振興機構．2015．食肉の消費動向について．[Webpage on the internet]．独立行政法人農畜産業振興機構，東京；[Cited

28 February 2023]． Available from URL:
https://www.alic.go.jp/koho/kikaku03_000814.html

小形芳美，阿部浩之，三澤 隆，高橋浩吉，伴 顕，加藤敏英，酒井 淳一．1995．黒毛和種子牛における周産期死亡の原因と出生時

体重. *The Journal of Reproduction and Development* **41**,
j77-j81.

岡本昌三, 石井 尚一, 向居 彰夫. 1959. 高温時における陰囊冷却
が牛の精液性状に及ぼす効果について. 家畜繁殖研究會誌
5(1), 22-24. Doi: 10.1262/jrd1955.5.22

小澤さち. 2021. 妊娠末期～授乳期（分娩2ヵ月前～）. 岩手県肉
用牛飼養管理マニュアル, [Webpage on the internet]. 岩手県,
盛岡; [Cited 28 February 2023]. Available from URL:
https://www.pref.iwate.jp/res/projects/default_project/page/001/057/210/n_manual.pdf

酒井稔史. 2008. 酪農家が肉牛を飼うための基礎講座：黒毛和種の
血統と育種価. 酪農ジャーナル **61**(9), 地方独立行政法人北海
道立総合研究機構畜産試験場, [Webpage on the internet]. 畜
産試験場, 新得; [Cited 28 February 2023]. Available from
URL:
<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/sintoku/bee/f/kaisetu/kisokoza.html>

阪谷美樹. 2015 暑熱ストレスが産業動物の生産性に与える影響
産業動物臨床医学雑誌 **5**(増刊号), 238-246. Doi:
10.4190/jjlac.5.238

阪谷美樹．2018．暑熱ストレスと牛の繁殖性．家畜感染症学会誌
7(2), 45-51.

Sakatani M, Sugano T, Higo A, Naotsuka K, Hojo T, Gessei S,
Uehara H, Takenouchi N. Vaginal temperature measurement
by a wireless sensor for predicting the onset of calving in
Japanese Black cows. *Theriogenology* 111, 19-24. Doi:
10.1016/j.theriogenology.2018.01.016

瀬戸隆弘，鳥羽雄一．2022．ホルスタイン種乳牛における暑熱と反
芻時間，乳量との関連性および反芻時間を用いた暑熱感受性牛
早期発見法．家畜診療 69(3), 151-158.

鈴木要人．川森庸博．2021．センシング技術を活用した若狭牛の効
率的な増産技術の確立（第1報）（発情検知および分娩検知を目
的とした多機能性膣内留置型センサの開発）．福井県畜産試験
場研究報告 34, 12-17.

高橋正弘．2009．超音波診断装置を用いた妊娠末期におけるホルス
タイン種クローン胚由来産子の体重モニタリング法に関する研
究．日本家畜臨床学会誌 32(2), 44-53. Doi: 10.4190/jjvc.32.44

Takahashi M, Goto T, Tuchiya H, Ueki A, Kawahata K. 2005.
Ultrasonographic monitoring of nuclear transferred fetal
weight during the final stage of gestation in Holstein cow.

Journal of Veterinary Medical Science **67**(8), 807-811. Doi:

10.1292/jvms.67.807

高橋昌志，山中賢一，阪谷美樹．2009．牛繁殖性に及ぼす暑熱ストレス．日本胚移植学雑誌 **31**(1), 9-17.

寺脇良悟，末田英子，松崎重範，明見好信，福井 豊．1994．ホルスタイン種牛における左右精巢の体測定値に対する相対成長．北海道畜産学会報 **37**, 15-18

Uematsu M, Sasaki Y, Kitahara G, Sameshima H, Osawa T. 2013. Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. *Veterinary Journal* **198**(1), 212-216. Doi: 10.1016/j.tvjl.2013.07.016

Vicze B, Gaspardy A, Kézér FL, Pálffy M, Bangha Zs, Szeci O Kovács L. 2018. Fetal metacarpal/metatarsal bone thickness as possible predictor of dystocia in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **101**(11), 10283-10289. Doi: 10.3168/jds.2018-14658

山岡佳代．2020．黒毛和種える首に装着した 3 軸センサーによる分娩前後の行動観察．酪農学園大学農食環境学群循環農学類卒業論文．酪農学園大学，江別．

矢野志保，余田拓郎．2016．日本の和牛生産の実態と販売戦略：褐毛和牛の再興を目指した事業計画．[Webpage on the internet]．慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)，東京；[Cited 28 February 2023]． Available from URL：
http://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40003001-00002016-3213