

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05952

研究課題名(和文) 目に見えない脂肪、筋線維内脂肪滴はウシにとって有益か

研究課題名(英文) The mechanism of intramyocellular lipids accumulation of Japanese Shorthorn cattle on the completed grass-fed beef production system

研究代表者

小笠原 英毅 (OGASAWARA, Hideki)

北里大学・獣医学部・講師

研究者番号：30535472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：放牧と自給粗飼料のみで生産するDM形質を含む日本短角種において、出生時から肥育期までの筋線維型構成、脂肪滴含有筋線維の割合、筋、脂肪酸および糖代謝関連因子のmRNA発現を解析した。骨格筋特性として離乳期で脂肪滴含有筋線維を含む全筋線維型が発現し、育成期以降、からD型に移行すること、部位による機能の違いは育成初期で生じることが明らかとなった。また、DM日本短角種では放牧飼養で遅筋型に移行するが、B型の割合が高く、脂肪滴含有筋線維が増加することも明らかとなった。放牧飼養による筋線維内への脂肪滴蓄積にはmyostatin、CD36、LPLおよびFABP3が強く関与することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、SDGsなど持続可能な畜産方式として有機畜産が注目されており、国内でも放牧による赤身肉生産が普及している。本研究では脂肪交雑が少ないため不良遺伝として淘汰されてきたDM日本短角種を放牧と自給粗飼料のみでの生産方式で活用可能かを検討し、放牧牛肉の特徴である筋線維内の目に見えない脂肪(脂肪滴含有筋線維)の出生期から肥育期までの推移とその蓄積機構の一部を解明した。本研究は放牧牛肉研究において、消費者への放牧牛肉の新たな知見を提供するだけでなく、新たな形質を用いた放牧・自給粗飼料の肥育方式の確立・普及ならびにわが国の牛肉自給率の向上に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to investigate the mechanism of intramyocellular lipids accumulation in the biceps femoris (BF: proximal and middle parts) of normal and double muscled (DM) Japanese Shorthorn cattle on the completed grass-fed beef production system. We analyzed distribution of myofiber types and intramyocellular lipid from birth to fattening period, identification of DGAT2 immunoreactivity myofiber, expression of myogenic and lipogenic genes in BF. All myofiber types (、D、A、B) and intramyocellular lipids expressed 6 month (weaning period). Proximal part of BF higher expressed intramyocellular lipids than middle part. DGAT2 immunoreactivity myofiber were found in about 20% of BF, had been co-expressed intramyocellular lipids. DM had a high proportion of B, but grazing increased intramyocellular lipids. We found that myostatin, CD36, LPL and FABP3 are strongly involved in intramyocellular lipids accumulation by grazing.

研究分野：家畜飼養学・組織学

キーワード：放牧 有機畜産 日本短角種 Double muscled 脂肪滴含有筋線維 CD36 筋線維型

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本の肉牛生産は飼料の大部分を輸入穀物飼料に依存し、さらに粗飼料も輸入依存傾向を強め、飼料自給率は極めて低い。また、牛肉の自給率の向上と消費者の安全で健康的な畜産物に関心が高まっていることから、日本国内に放牧と粗飼料を主体とした赤身牛肉の生産基盤の形成が急務である。

骨格筋量の増減には様々な骨格筋形成因子が関わる(Langley et al., 2002)。筋形成を負に制御するミオスタチンでは、ミオスタチン蛋白を欠損するウシ(Double-muscled cattle; Kambadur, 1997)は筋形成の抑制が解除され、筋芽細胞が活性化することにより、分化・融合を促進し、骨格筋重量が約1.5倍増加する。このことはミオスタチン作用を制御することにより筋肉量を増加させることが可能なことを意味する。

申請者は放牧牛において哺乳期および肥育期の胸腹鋸筋および大腿二頭筋の筋線維が肥大すること(小笠原ら, 2013)を明らかにしている。また、肥大する筋線維は遅筋型筋線維(ID型)に顕著で、この筋線維は脂肪酸代謝をエネルギー源とし、脂肪酸代謝に関わるβヒドロキシ酪酸脱水素(3-HBD)活性が著しく高く、3-HBD活性の高い筋線維とオイルレッドO陽性の筋線維が一致し、筋線維内での脂肪滴の蓄積が筋線維の肥大に繋がること(小笠原ら, 2013)を明らかにしている。

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター八雲牧場(八雲牧場)は、夏は放牧、冬は舎飼の自給粗飼料のみでの牛肉生産を実践している(有機 JAS 認証牧場を 2009 年に取得)。八雲牧場で生産された牛肉は筋肉内脂肪が少ない赤肉主体で、消費者の嗜好性も高いことが明らかとなっている(Orime et al, 2012)。申請者らは、放牧と自給粗飼料 100%による肉牛生産方式の確立に向け、実践的な研究を続けており、放牧飼養が産肉性に与える影響を解析するために、生涯を通じて放牧をさせない牛群を設置し(舎飼区) 舎飼区の枝肉成績ではロース芯断面積が小さく、皮下脂肪が厚くなり、可食部分となる赤身牛肉の歩留まりが低下することを明らかにしている。以上の成果は放牧・粗飼料を主体とする肉牛生産方式では放牧飼養により赤身牛肉の産肉性を増強させることが可能であることを示唆している。

放牧飼養の骨格筋において筋特異的因子(myostatin、MyoD、myogenin、Myf5 など)が脂肪滴含有筋線維の構成割合に関与しないこと、脂肪滴含有筋線維の筋線維型構成割合を明らかにし、放牧飼養では D 型筋線維が主として脂肪滴が蓄積すること、A 型筋線維でもその存在が認められることを明らかにしている。一方、Double-muscled(DM)日本短角種においては以上のような知見は存在せず、穀物給与下では筋線維型構成割合は B 型筋線維が多いことが報告されている(Hayashi et al, 2008)。産肉量が著しく高いDM日本短角種において、出生から出荷まで完全粗飼料給与および放牧飼養により生産される骨格筋に脂肪滴含有筋線維は存在するか、その構成割合の変動は骨格筋研究分野において新規骨格筋形成機構が提言される可能性が高く、興味深い。

以上の研究成果は放牧飼養が赤身牛肉生産において効率的な飼養管理であることを示唆しており、筋線維内脂肪蓄積を増加させ、結果的に筋組織の肥大化に影響すること、さらにDM日本短角種の遺伝形質を有効に活用することで放牧・粗飼料完全給与による肉牛生産方式が赤肉生産を増強させることを強く示唆している。しかしながら、放牧肉牛の特徴である脂肪交雑ではない筋線維内の目に見えない脂肪、つまり筋線維内脂肪滴がウシにとってどのように有益か、その生理学的な意義は未だ明かとされていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究は放牧・自給粗飼料給与による赤身牛肉の持続的生産の確立と向上を目指し、日本短角

種と自然発生的ミオスタチン欠損 DM 日本短角種の骨格筋形成過程（赤肉産生機構）の詳細を明らかにする。放牧飼養する日本短角種および DM 日本短角種に着目し、下記の点を明らかにする。

(1) 放牧と自給粗飼料のみで生産される日本短角種の出生から肥育後期における大腿二頭筋近位部および中遠位部の筋線維型構成および脂肪滴含有筋線維の割合

(2) 放牧と自給粗飼料で生産される DM 日本短角種の育成期における大腿二頭筋近位部および中遠位部における筋線維型と脂肪滴含有筋線維の割合

夏期間に放牧区と舎飼区に分けた日本短角種去勢牛において

(3) 大腿二頭筋近位部および中遠位部における DGAT2 および CD36 の発現

(4) 大腿二頭筋近位部および中遠位部における筋形成因子、脂肪酸代謝関連因子の mRNA 発現

以上より、放牧飼養で増強する筋線維内脂肪滴蓄積機構の詳細が明らかとなる。

3. 研究の方法

(1) 放牧と自給粗飼料のみで生産される DM 形質を含んだ日本短角種大腿二頭筋近位部および中遠位部における筋線維型構成割合と脂肪滴含有筋線維の割合を出生時から肥育期まで組織学的に解析した。

(2) 上記供試牛を放牧開始前（5月）放牧中期（8月）にバイオプシー法で大腿二頭筋近位部および中遠位部を採取し、免疫組織化学的手法によりトリグリセリド合成酵素である

Diacylglycerol O-acyltransferase 2 (DGAT2) および CD36 の発現筋線維の同定を行った。

(3) 上記と同様のサンプルから、リアルタイム PCR 法で筋形成因子 6 種類、脂質および糖代謝関連因子を 11 種類の mRNA 発現を解析した。

4. 研究成果

大腿二頭筋近位部および中遠位部の 0(出生期)、6(離乳期)、8(育成初期)、18(育成後期)、23ヶ月齢(肥育期)の筋線維型構成割合を図1に示した。

大腿二頭筋近位部および中遠位部における脂肪滴含有筋線維の染色像およびその割合の推移を図2に示した。両部位において0ヶ月齢では筋線維内に脂肪滴は染色されず、6ヶ月齢から筋線維内に脂肪滴(脂肪滴含有筋線維)が観察され、8ヶ月齢から近位部で脂肪滴含有筋線維が多数観察された。脂肪滴含有筋線維の発現割合は8ヵ月齢以降、近位部で中遠位部に比べて有意に高かった(p<0.05)。

以上より、放牧と自給粗飼料で生産される日本短角種大腿二頭筋では離乳期以降に全筋線維型が発

現し、育成期以降、I型からID型筋線維に移行すること、部位による機能の違いは育成初期で生じること、脂肪滴含有筋線維は離乳期で発現し、近位部では離乳期から育成初期で、中遠位部では肥育期で増加することが明らかとなった。

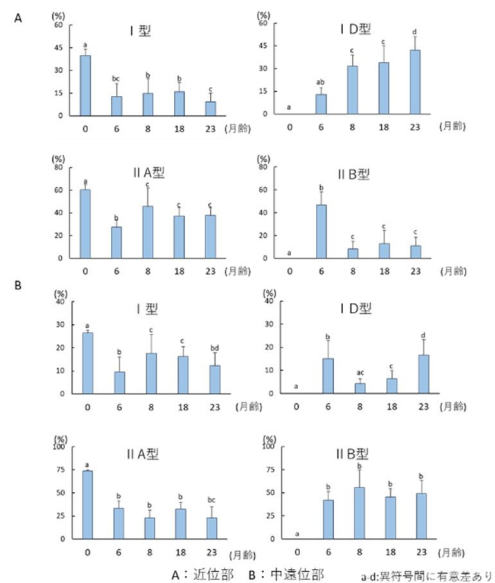


図1 大腿二頭筋における筋線維型構成割合の推移

放牧飼養する DM 日本短角種 (ホモ型メス、ホモ型オス、ヘテロ型オス) の大腿二頭筋近位部および中遠位部の筋線維型構成および脂肪滴含有筋線維の割合を図 3 に示した。近位部において、ホモ型メスの筋線維型構成割合は放牧開始前および中期の ID 型、脂肪滴含有筋線維で有意に増加 ($p < 0.05$)、I、IIA および IIB 型で有意に減少した ($p < 0.05$)。ホモ型オスの放牧開始前および中期の筋線維型では有意な変動はなく、脂肪滴含有筋線維で 13 有意に増加した ($p < 0.05$)。ヘテロ型オスの放牧開始前および中期では、ID 型、脂肪滴含有筋線維で有意に増加した ($p < 0.05$)。

ホモ型メスの大腿二頭筋中遠位部の筋線維型構成割合は放牧開始前および中期の ID 型で有意に増加した ($p < 0.05$)。ホモ型オスの放牧開始前および中期では ID 型、脂肪滴含有筋線維で有意に増加した ($p < 0.05$)。ヘテロ型オスの放牧開始前および中期では I、ID 型および脂肪滴含有筋線維で有意に増加 ($p < 0.05$)、IIA および IIB 型で有意に減少した ($p < 0.05$)。以上より放牧と自給粗飼料で生産される DM 日本短角種の大腿二頭筋では放牧飼養で遅筋型に移行する一方、ホモ型は I、ID、IIA 型筋線維で構成される近位部でも DM 形質の特徴である IIB 型筋線維の構成割合が高いこと、脂肪滴含有筋線維が増加することが明らかとなった。

大腿二頭筋近位部における DGAT2 陽性筋線維の発現割合は放牧区の放牧開始前および中期で、それぞれ 34.6 ± 12.2 および $34.9 \pm 7.7\%$ であった。舎飼区ではそれぞれ 34.6 ± 12.2 および $32.1 \pm 8.0\%$ であった。中遠位部では、放牧区でそれぞれ 4.3 ± 5.3 および $19.5 \pm 4.2\%$ で、舎飼区ではそれぞれ 14.3 ± 5.3 および $16.1 \pm 4.8\%$ であった。

大腿二頭筋近位部の DGAT2 陽性筋線維の染色像と DGAT2 陽性筋線維中の脂肪滴含有筋線維の割合を図 4 に示した。両区、両時期で DGAT2 陽性の脂肪滴含有筋線維の割合に有意な差は認められなかった。

中遠位部では放牧区の開始前から中期で DGAT2 陽性の脂肪滴含有筋線維の割合が有意に増加し ($p < 0.05$)、放牧区中期で DGAT2 陽性筋線維と脂肪滴含有筋線維が共同在する筋線維の割合は舎飼区より有意に高かった

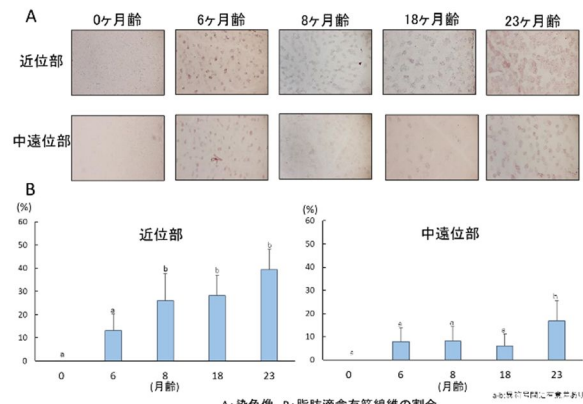


図2 大腿二頭筋における脂肪滴含有筋線維の発現とその推移

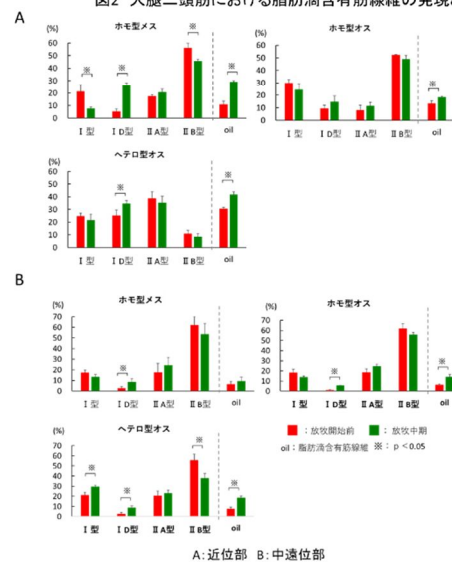


図3 DM日本短角種大腿二頭筋における筋線維型構成および脂肪滴含有筋線維の割合

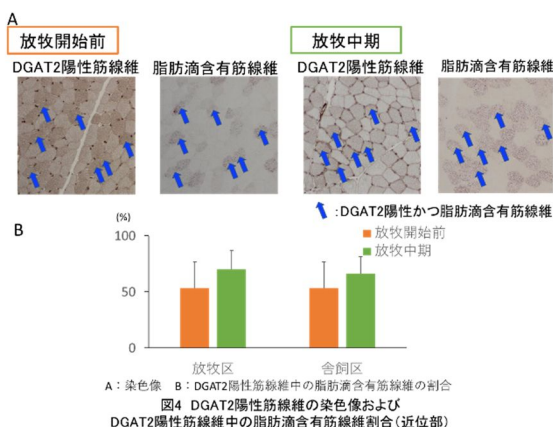


図4 DGAT2陽性筋線維の染色像および DGAT2陽性筋線維中の脂肪滴含有筋線維割合 (近位部)

($p < 0.05$)。以上より、放牧飼養による筋線維内への脂肪滴蓄積には DGAT2 が密接に関与することが明らかとなった。

放牧開始前的大腿二頭筋近位部および中遠位部の筋収縮および分化関連因子の mRNA 発現量を図 5 に示した。MyHC-slow は近位部で有意に高く ($p < 0.05$)、MyHC-2A は部位による有意な差はなかった。MyHC-2X は近位部で有意に低かった ($p < 0.05$)。放牧開始前的大腿二頭筋近位部および中遠位部の脂肪酸および糖代謝関連因子の発現量を図 6 に示した。CD36 は、近位部で中遠位部より有意に高く ($p < 0.05$)、LPL も近位部で有意に高かった ($p < 0.05$)。

中期の大腿二頭筋近位部および中遠位部の脂肪酸および糖代謝関連因子の発現量を図 7 に示した。CD36 は部位および飼養管理で有意な差はなく、LPL は両区の近位部で中遠位部より有意に高かった ($p < 0.05$)。GLUT4、DGAT1、DGAT2、FASN、FABP3、CPT1 β 、CPT2、HSL は部位および飼養管理による有意な差はなかった。3HBD の発現量では両区の近位部で中遠位部より有意に高かった ($p < 0.05$)。

以上より、筋収縮および分化関連因子では myostatin が、脂肪酸および糖代謝関連因子では CD36、LPL、FASN、FABP3、CPT2 および 3HBD が筋線維内の脂肪滴蓄積に関与する可能性が示唆され、これまでの脂肪滴含有筋線維の組織学的解析から、その割合と連動する myostatin、CD36、LPL および FABP3 が筋線維内脂肪滴蓄積に強く関与することが明らかになった。

放牧飼養する DM 形質を含む日本短角種では放牧開始から放牧中期まで CD36 を介して I および ID 型筋線維に取り込まれる一方、トリグリセリド合成酵素である DGAT2 が増加し、エネルギー消費に利用および蓄積される可能性が示唆された。以上より、DM 形質を含む日本短角種の大腿二頭筋における放牧飼養時の筋線維内脂肪滴蓄積機構が解明された (図 8)。

最後に DM 日本短角種の大腿二頭筋から初代培養筋芽細胞の採取に成功し、採取した初代培養筋芽細胞は筋管細胞に分化可能で、培養条件下で筋細胞による脂肪滴蓄積機構の解析が可能となったことを付記する。

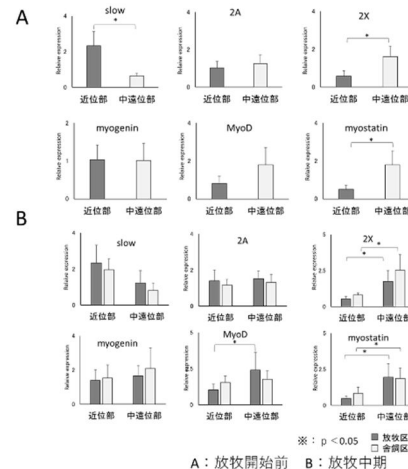


図5 大腿二頭筋における筋収縮および分化関連因子のmRNA発現

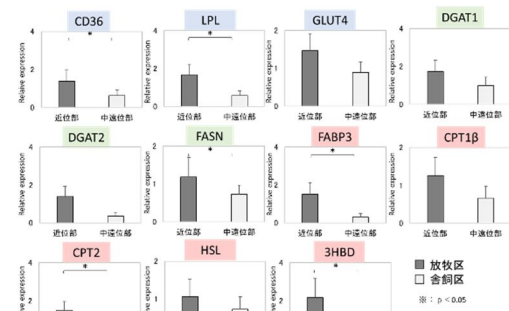


図6 放牧開始前の大腿二頭筋における脂肪酸および糖関連因子のmRNA発現

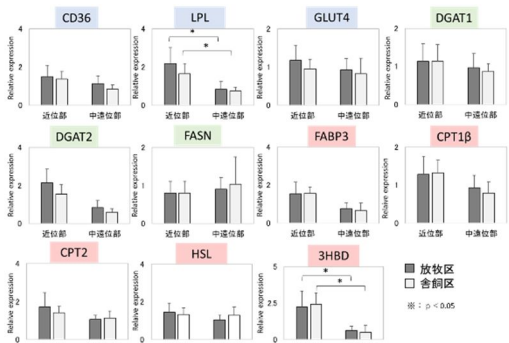


図7 放牧中期の大腿二頭筋における脂肪酸および糖関連因子のmRNA発現

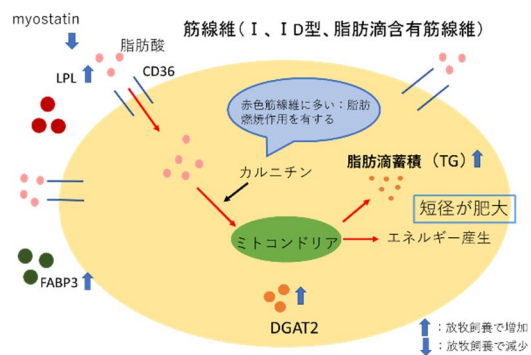


図8 DM形質を含む日本短角種における放牧飼養時の筋線維内脂肪滴蓄積機構

筋細胞による脂肪滴蓄積機構の解析が可能となったことを付記する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Muroya Susumu, Ogasawara Hideki, Nohara Kana, Oe Mika, Ojima Koichi, Hojito Masayuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Coordinated alteration of mRNA-microRNA transcriptomes associated with exosomes and fatty acid metabolism in adipose tissue and skeletal muscle in grazing cattle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian-Australasian Journal of Animal Sciences	6. 最初と最後の頁 1824 ~ 1836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5713/ajas.19.0682	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Komiya Yusuke, Mizunoya Wataru, Kajiwara Kurumi, Yokoyama Issei, Ogasawara Hideki, Arihara Keizo	4. 巻 91
2. 論文標題 Correlation between skeletal muscle fiber type and responses of a taste sensing system in various beef samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Animal Science Journal	6. 最初と最後の頁 e13425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/asj.13425	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 横山 壱成, 小笠原英毅, 岩城祐奈, 小宮佑介, 長竿淳, 有原圭三.	4. 巻 70
2. 論文標題 日本短角種牛肉における香りおよび呈味に及ぼす放牧飼養の影響.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東北畜産学会報	6. 最初と最後の頁 19 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Muroya S, Ogasawara H, Nohara K, Oe M, Ojima K, Hojito M	4. 巻 96
2. 論文標題 PSVII-25 Grazing-induced transcriptomic changes in bovine biceps femoris muscle, subcutaneous fat, and liver mRNAs and plasma exosome microRNAs.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Animal Science	6. 最初と最後の頁 356 ~ 356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jas/sky404.783	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小笠原英毅, 野原香菜, 藤本玲奈, 原島佑紀, 高橋辰行
2. 発表標題 日本短角種の大腿二頭筋における脂肪滴含有筋線維と筋線維型構成割合の推移
3. 学会等名 日本畜産学会第129回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本玲奈, 原島佑紀, 野原香菜, 高橋辰行, 黒瀬陽平, 小笠原英毅.
2. 発表標題 放牧飼養したDouble-muscl ed日本短角種の大腿二頭筋における 脂肪滴含有筋線維およびCD36の発現
3. 学会等名 日本畜産学会第129回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原島佑紀, 藤本玲奈, 野原香菜, 小笠原英毅
2. 発表標題 給与飼料の違いが有機的管理で生産される日本短角種における 筋線維型構成割合に与える影響
3. 学会等名 日本畜産学会第129回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本玲奈, 原島佑紀, 野原香菜, 高橋辰行, 黒瀬陽平, 小笠原英毅.
2. 発表標題 放牧飼養するDouble-muscl ed日本短角種の脂肪滴含有筋線維と筋線維型構成割合.
3. 学会等名 日本畜産学会第128回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原島佑紀, 中村明未, 藤本玲奈, 野原香菜, 高橋辰行, 黒瀬陽平, 小笠原英毅.
2. 発表標題 日本短角種去勢雄の放牧飼養による耕作放棄地再生評価とその増体特性.
3. 学会等名 日本畜産学会第128回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野原香菜, 藤本玲奈, 原島佑紀, 高橋辰行, 小笠原英毅.
2. 発表標題 5ヶ月間の放牧飼養が日本短角種大腿二頭筋の脂肪滴含有筋線維およびCD36発現筋線維の構成割合に与える影響.
3. 学会等名 日本畜産学会第128回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原英毅, 野原香菜, 佐藤江莉, 石井絵梨, 高橋辰行.
2. 発表標題 熟成および熱処理した放牧牛肉における脂肪滴含有筋線維の組織学的解析.
3. 学会等名 日本畜産学会第128回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横山竜成, 小笠原英毅, 大畑素子, 小宮祐介, 長竿淳, 有原圭三.
2. 発表標題 加熱牛肉の香気および呈味に及ぼす放牧飼養の影響.
3. 学会等名 日本食肉研究会第62回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原英毅.
2. 発表標題 北里八雲牛の生産とその意義.
3. 学会等名 北海道八雲町の大草原でのびのび育った、北里八雲牛の牛カツを味わおう。(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原英毅.
2. 発表標題 有機北里八雲牛 in 北海道八雲牧場.
3. 学会等名 オーガニックライブ2020 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原英毅.
2. 発表標題 北里大学の実践型有機畜産～耕作放棄地における日本短角種去勢雄の放牧飼養～.
3. 学会等名 5年間放置の放牧地に日本短角種を放牧した実証試験に関する報告会。(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小笠原英毅
2. 発表標題 日本の「畜産」を変えたい！北里大学八雲牧場の挑戦.
3. 学会等名 一般社団法人北海道中小企業同友会函館支部噴火湾地区会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山 孝成, 小笠原英毅, 小宮佑介, 長竿 淳, 有原圭三.
2. 発表標題 日本短角種牛の放牧飼養は加熱時に生成する香気成分DMHFを増加させる.
3. 学会等名 第69回東北畜産学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原英毅, 石井絵梨, 野原香菜, 高橋辰行, 渡邊康一, 野地智法, 麻生久, 實示戸雅之.
2. 発表標題 放牧と自給粗飼料で飼養するDM日本短角種における哺乳期の増体特性.
3. 学会等名 日本畜産学会第126回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野原香菜, 小笠原英毅, 田中南帆, 高橋辰行, 黒瀬陽平, 實示戸雅之.
2. 発表標題 放牧飼養する日本短角種の大腿二頭筋における筋線維内脂肪滴蓄積関連因子の検索.
3. 学会等名 日本畜産学会第126回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原英毅
2. 発表標題 北里大学が実践・普及する有機畜産～オーガニックビーフを北海道から全国へ～
3. 学会等名 平成30年度食肉情報出張講座 国産食肉の"安全性"と"おいしさ"(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原英毅
2. 発表標題 草で育つ牛のすばらしさと成分分析から見えてくるもの
3. 学会等名 有機JAS認証牛「ジビーフ」を通して、有機畜産の未来を考える会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原英毅
2. 発表標題 有機畜産の科学的知見～増体・飼料成分・肉質について～
3. 学会等名 有機畜産栽培力強化講習会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤 南, 横山 壱成, 小笠原 英毅, 大畑 素子, 小宮 佑介, 長竿 淳, 有原 圭三
2. 発表標題 加熱調理した牛肉におけるDMHF生成に影響する要因
3. 学会等名 日本畜産学会第125回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野原 香菜, 小笠原 英毅, 田中 南帆, 高橋 辰行, 寶示戸 雅之, 黒瀬 陽平
2. 発表標題 放牧飼養する日本短角種の大腿二頭筋近位部における脂肪滴含有筋線維とCD36陽性筋線維の発現
3. 学会等名 日本畜産学会第125回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原 英毅, 田中 南帆, 野原 香菜, 高橋 辰行, 黒瀬 陽平, 竇示戸 雅之
2. 発表標題 放牧飼養した日本短角種における肝臓の脂質代謝
3. 学会等名 日本畜産学会第125回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原英毅
2. 発表標題 放牧と自給粗飼料のみによる肉牛生産～北里八雲牛の可能性～
3. 学会等名 環境リサイクル肉牛協議会肉牛技術研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 小笠原英毅	4. 発行年 2021年
2. 出版社 公益社団法人畜産技術協会	5. 総ページ数 2
3. 書名 国産有機牛肉を北海道から全国へ～普及拡大の取り組み～	

1. 著者名 小笠原英毅	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本フードシステム学会	5. 総ページ数 1
3. 書名 北里八雲牛は有機畜産の道しるべとなり得るか	

1. 著者名 小笠原英毅	4. 発行年 2019年
2. 出版社 北海道オーガニックビーフ振興協議会	5. 総ページ数 10
3. 書名 有機畜産の科学的知見～飼料成分・増体・肉質～	

1. 著者名 小笠原英毅	4. 発行年 2018年
2. 出版社 一般社団法人地域活性化センター	5. 総ページ数 2
3. 書名 「北里八雲牛」のブランド化を図るー放牧と自給飼料で肉用牛を生産する新たな畜産経営モデルを構築ー	

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://researchmap.jp/h_oga http://www.kitasato-u-fsc.jp/ https://twitter.com/FSC_YAKUMO

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------