

黒毛和種繁殖牛の初乳中免疫グロブリン含量に及ぼす乾燥 ニンジン給与の影響

誌名	日本畜産學會報 = The Japanese journal of zootechnical science
ISSN	1346907X
巻/号	864
掲載ページ	p. 473-479
発行年月	2015年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



黒毛和種繁殖牛の初乳中免疫グロブリン含量に及ぼす乾燥ニンジン給与の影響

谷口紗耶¹・王 蒙東¹・池田俊太郎¹・吉岡秀貢²・長瀬祐士²・北村祥子²・
糸山恵理奈²・村上弘明²・小草啓輔³・佐藤健史³・杉本実紀¹・久米新一¹

¹ 京都大学大学院農学研究科, 京都市左京区 606-8502

² 京都大学大学院農学研究科附属牧場, 京都府京丹波町 622-0203

³ 中部飼料株式会社, 大府市 474-0011

(2015. 6. 30 受付, 2015. 9. 18 受理)

要 約 牧草サイレージ主体で飼養した黒毛和種繁殖牛 11 頭を対照区および乾燥ニンジン区に割り当てて、乾燥ニンジン区では分娩予定日の 3 週間前から分娩日まで乾燥ニンジンを 300 g/日 (β -カロテンとして 138 mg/日) 給与し、繁殖牛の初乳と血漿中免疫グロブリン含量に及ぼす乾燥ニンジン給与の影響を調べた。乾燥ニンジン区および対照区の分娩直後の血漿 β -カロテン含量は 475 および 378 $\mu\text{g}/\text{dL}$ であったが、繁殖牛の血漿および初乳中 β -カロテン含量には乾燥ニンジン給与による影響は認められなかった。繁殖牛の分娩直後の初乳および血漿中の免疫グロブリン G (IgG), 免疫グロブリン A (IgA) および免疫グロブリン M (IgM) 含量には乾燥ニンジン給与による影響は認められなかった。繁殖牛の血漿 IgM 含量と初乳 IgM 含量間に正の相関が認められ、初乳 IgM 含量と初乳 IgG 含量間、初乳 IgM 含量と初乳 IgA 含量間および初乳 IgG 含量と初乳 IgA 含量間にも正の相関が認められた。

日本畜産学会報 86 (4), 473-479, 2015

出生直後の新生子牛は栄養状態や健康状態を適切に維持するために、栄養成分や免疫成分を豊富に含んでいる初乳を十分に摂取することが必要である (Blum 2006)。牛の初乳中に多量に含まれている免疫成分は免疫グロブリン G (IgG) であるが、初乳中の免疫グロブリン A (IgA) は腸管内腔の抗原の捕捉や腸管壁からの抗原の侵入防止など、子牛の腸管免疫の主要な機能を担っている (Fagarasan と Honjo 2003 ; Mora と von Andrian 2009 ; Stelwagen ら 2009)。しかし、出生直後の黒毛和種子牛には母牛が直接授乳しているため、母牛の分娩前後の栄養管理が不適切な場合には初乳量や初乳成分が減少し、子牛に必要な栄養成分や免疫成分が不足しやすい (久米 2014)。特に、黒毛和種新生子牛では初乳から IgG と IgA を十分に摂取していない子牛が多数見いだされた (Nishiyama ら 2011a ; 安松谷ら 2013) ため、初乳中の免疫グロブリンを高める方法を開発して、黒毛和種新生子牛の下痢などの疾病を予防することが重要と考えられた。

β -カロテンとビタミン A による動物の免疫改善効果は数多く報告され (Chew と Park 2004 ; Rühl 2007), β -カロテンはレチノイン酸を介した効果 (Nishida ら 2014 ; Nishiyama ら 2011a, b) が注目されている。草食動物であるウシは牧草中に豊富に含まれている β -カロテン、ビタミン E などの脂溶性ビタミンを有効利用して

健康を維持しているが、初乳中の β -カロテンが少なくなると子牛体内に取り込まれる β -カロテンが不足し、子牛の下痢発生率が上昇した (Kume と Toharmat 2001)。また、黒毛和種子牛の代用乳に β -カロテンを 30 mg/kg 添加すると子牛の血清 β -カロテンは 200 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 以下から 1000 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 以上に急上昇したことから、子牛では β -カロテン添加効果が顕著であった (Nishiyama ら 2011a)。

一方、牧草サイレージ主体で飼養した黒毛和種繁殖牛の初乳中免疫グロブリンと脂溶性ビタミンの関係を調べたところ、初乳中の β -カロテン、ビタミン A および α -トコフェロール含量間に正の相関が認められただけでなく、初乳中の脂溶性ビタミン含量が増加すると初乳中 IgG 含量が増加した (Wang ら 2015)。さらに、初乳中の IgG と IgA は免疫グロブリン M (IgM) のクラススイッチによって生成するが、初乳中の脂溶性ビタミンが増加すると黒毛和種繁殖牛の初乳中 IgM 含量も増加し、初乳中 IgM 含量の増加に伴って初乳中 IgG 含量が増加した (Taniguchi ら 2015)。これらの結果から、黒毛和種繁殖牛の脂溶性ビタミン栄養の改善が初乳中免疫グロブリンの増加に効果的と考えられたが、 β -カロテン給与による初乳中免疫グロブリンの改善効果についてはほとんど調べられていない。

連絡者 : 久米新一 (fax : 075-753-6345, e-mail : kume@kais.kyoto-u.ac.jp)

そこで、本研究ではイタリアンライグラスサイレージ主体で飼養した黒毛和種繁殖牛に β -カロテンを多量に含有した乾燥ニンジンを与え、繁殖牛の初乳と血漿中免疫グロブリンに及ぼす乾燥ニンジン給与の影響と、初乳と血漿中の免疫グロブリンの関係について検討した。なお、子牛では15 mg/日以上 β -カロテン給与で血漿 β -カロテン含量が急上昇した(Nishiyamaら2011a)ことから、本試験では β -カロテン摂取量が150 mg/日程度になるように乾燥ニンジン給与量を300 g/日に設定した。

材料および方法

本研究は京都大学大学院農学研究科附属牧場(京丹波町)で実施し、実験計画は承認番号第26-66号として京都大学大学院農学研究科動物実験委員会で承認されたものである。

試験には黒毛和種経産牛11頭(分娩時の産次数:3~9産)を用い、供試牛は妊娠・分娩牛用のパドックで飼養した。供試牛は対照区($n=5$)および乾燥ニンジン区($n=6$)に割り当てて(表1)、対照区では日本飼養標準・肉用牛(農業・食品産業技術総合研究機構編2009)の妊娠牛のTDN要求量を満たすようにフスマ2 kg/日、配合飼料0.5 kg/日およびイタリアンライグラスサイレージを個体ごとの飼槽で給与した。なお、サイレージは飼槽に要求量を充足できる量を給与し、自由採食させた。乾燥ニンジン区では対照区の飼料に加えて、中部飼料株式会社(大府市)が製造した乾燥ニンジンを分娩予定日の3週間前から分娩日まで300 g/日給与した。

乾燥ニンジンには粗タンパク質8.0%、酸性デタージェント繊維10.1%、可溶無窒素物57.6%、粗脂肪1.4%、粗灰分8.1%、 β -カロテン460 mg/kgを含み、本研究では乾燥ニンジン由来の β -カロテン給与量は138 mg/日であった。フスマの β -カロテン含量は0.07 mg/kgと非常に低く(Wangら2015)、また配合飼料にはビタミンADE剤が添加されていたものの、 β -カロテンは添加されていなかった。イタリアンライグラスはロールベールサイレージに調製して利用した。試験期間中にイタリアンライグラスサイレージを3点採取し、分析まで -4°C で保存した。

分娩予定日の10日前に繁殖牛の体重を測定し、血液サンプルを10時に採取した。分娩後に繁殖牛と子牛の体重を測定し、繁殖牛の初乳および血液サンプルは分娩後1~6時間内に採取した。初乳サンプルは各乳房から手搾りで採取し、約50 mLをポリエチレン製サンプル瓶に入れて -20°C で保存した。血液サンプルはヘパリン添加真空採血管を用いて頸静脈から採取し、遠心分離(1670 \times g, 30分)後、得られた血漿を -20°C で保存した。

初乳および血漿中のIgG、IgAおよびIgM含量は、Bovine IgG、IgAおよびIgM ELISA Quantitation Kit (Bethyl Laboratories, Montgomery, USA)を用い、

前報(Wangら2015; Taniguchiら2015)の方法で測定した。初乳中 β -カロテン含量は前報(Wangら2015)の方法で定量し、血漿中 β -カロテン含量は試料100 μL を水1 mLおよび6% (w/v) ピロガロールを含むエタノール1 mLと混合し、けん化を行わずに5 mLのヘキサンの抽出後、前報(Wangら2015)の方法で定量した。サイレージ中 β -カロテン含量はサイレージを電子レンジで乾燥後、粉碎した試料0.3 gを用いて、前報(Wangら2015)の方法で定量した。血漿中のコレステロール、遊離脂肪酸、総タンパク質、尿素態窒素、カルシウムおよび無機リン濃度は臨床化学自動分析装置(8060型;日立ハイテクノロジーズ)で、また血漿中のグルコース濃度は臨床化学自動分析装置(9130型;日立ハイテクノロジーズ)で測定した。

繁殖牛の血漿成分および初乳成分は、採取日毎の処理の効果および採取日間の相違をSAS(1997)のGLMプロシジャーで解析した。繁殖牛の初乳と血漿中の免疫グロブリン間の相関関係をSAS(1997)で解析した。有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

黒毛和種繁殖牛と子牛の試験期間における健康状態は良好であり、繁殖牛の体重および妊娠期間と子牛の生時体重には対照区と乾燥ニンジン区間に有意差が認められなかった(表1および表2)。イタリアンライグラスサイレージの β -カロテン含量(乾物当たり)は変動が大きく、平均値 \pm 標準偏差(範囲)は 35.4 ± 25.4 mg/kg (12.0~62.3 mg/kg)であった。乾燥ニンジン区では乾燥ニンジンの嗜好性が良く、供試牛は給与した乾燥ニンジンをほぼ全量摂取した。

繁殖牛の分娩直後の血漿および初乳中のIgG、IgAおよびIgM含量並びに初乳中 β -カロテン含量には、乾燥ニンジン給与による影響が認められなかった(表1)。繁殖牛の初乳中の免疫グロブリン含量は血漿中の免疫グロブリン含量よりも高く、血漿免疫グロブリン含量に対する初乳免疫グロブリン含量の比率はIgGが5.3、IgMが3.6であったのに対して、IgAは32.6と非常に高い値であった。

繁殖牛の血漿IgM含量と初乳IgM含量間に正の相関($P < 0.05$)が認められた(図1)が、血漿IgG含量と初乳IgG含量間および血漿IgA含量と初乳IgA含量間には有意な相関関係は認められなかった。繁殖牛の血漿免疫グロブリン含量間には有意な相関関係は認められなかったが、初乳IgM含量と初乳IgG含量間($P < 0.05$)、初乳IgM含量と初乳IgA含量間($P < 0.01$)および初乳IgG含量と初乳IgA含量間($P < 0.01$)には正の相関が認められた(図1)。繁殖牛の初乳IgM含量(Y_{CIM})に対する血漿IgM含量(X_{PIM})の回帰式、初乳IgG含量(Y_{CIG})に対する初乳IgA含量(Y_{CIA})の回帰式および初乳IgG含量(Y_{CIG})と初乳IgA含量(Y_{CIA})に対する初乳IgM含量(X_{CIM})の

乾燥ニンジンと免疫グロブリン

Table 1 Immunoglobulin in plasma and colostrum and β -carotene in colostrum of the control and carrot groups in Japanese Black cows at parturition (Mean \pm SE)

	Control	Carrot	P
Number of cows	5	6	
Parity	4.6 \pm 0.6	5.8 \pm 0.5	NS
Age, months	66.9 \pm 7.6	81.4 \pm 6.9	NS
Gestation length, days	292 \pm 2	289 \pm 2	NS
Calf birth weight, kg	33.1 \pm 2.6	34.8 \pm 2.4	NS
Plasma			
IgG, mg/mL	16.5 \pm 1.2	16.4 \pm 1.1	NS
IgA, mg/mL	0.20 \pm 0.07	0.17 \pm 0.06	NS
IgM, mg/mL	1.8 \pm 0.2	1.5 \pm 0.2	NS
Colostrum			
IgG, mg/mL	97.1 \pm 13.3	78.9 \pm 12.1	NS
IgA, mg/mL	7.0 \pm 1.7	4.9 \pm 1.5	NS
IgM, mg/mL	7.1 \pm 1.7	5.1 \pm 1.6	NS
β -carotene, μ g/dL	138 \pm 34	124 \pm 31	NS

NS, not significant.

IgA, Immunoglobulin A ; IgG, Immunoglobulin G ; IgM, Immunoglobulin M.

Table 2 Bodyweight and plasma components of the control and carrot groups in Japanese Black cows at parturition and 10 days prepartum (Mean \pm SE)

	Days	Control	Carrot	P
Number of cows		5	6	
Bodyweight, kg	-10	543 \pm 21	583 \pm 19	NS
	0	521 \pm 19	545 \pm 17	NS
Plasma				
β -carotene, μ g/dL	-10	411 \pm 80	488 \pm 73	NS
	0	378 \pm 67	475 \pm 61	NS
Glucose, mg/dL	-10	58 \pm 2	62 \pm 2	NS
	0	87 \pm 17	114 \pm 16	NS
NEFA, mEq/L	-10	0.35 \pm 0.04	0.19 \pm 0.04	*
	0	0.43 \pm 0.11	0.49 \pm 0.10	NS
Cholesterol, mg/dL	-10	150 \pm 7	145 \pm 7	NS
	0	139 \pm 7	132 \pm 6	NS
Total protein, g/dL	-10	8.1 \pm 0.1	7.8 \pm 0.1	*
	0	8.4 \pm 0.2	8.3 \pm 0.2	NS
Urea-N, mg/dL	-10	15.0 \pm 1.5	9.5 \pm 1.4	*
	0	9.5 \pm 0.8	10.9 \pm 0.7	NS
Ca, mg/dL	-10	9.1 \pm 0.2	9.6 \pm 0.2	NS
	0	8.5 \pm 0.3	8.2 \pm 0.3	NS
Pi, mg/dL	-10	5.1 \pm 0.4	5.0 \pm 0.3	NS
	0	4.3 \pm 0.7	4.2 \pm 0.6	NS

* $P < 0.05$, NS, not significant. NEFA, nonesterified fatty acid.

回帰式は、以下の通りである。

$$Y_{CIM} = 5.13(\pm 1.63) * X_{PIM} - 2.49(\pm 2.82)$$

($R^2 = 0.52$, * $P < 0.05$)

$$Y_{CIG} = 0.098(\pm 0.026) ** X_{CIA} - 2.70(\pm 2.43)$$

($R^2 = 0.61$, ** $P < 0.01$)

$$Y_{CIG} = 5.47(\pm 1.83) * X_{CIM} + 54.4(\pm 12.8) *$$

($R^2 = 0.50$, * $P < 0.05$)

$$Y_{CIA} = 0.76(\pm 0.20) ** X_{CIM} + 1.30(\pm 1.43)$$

($R^2 = 0.61$, ** $P < 0.01$)

乾燥ニンジン区および対照区分娩直後の血漿 β -カロ

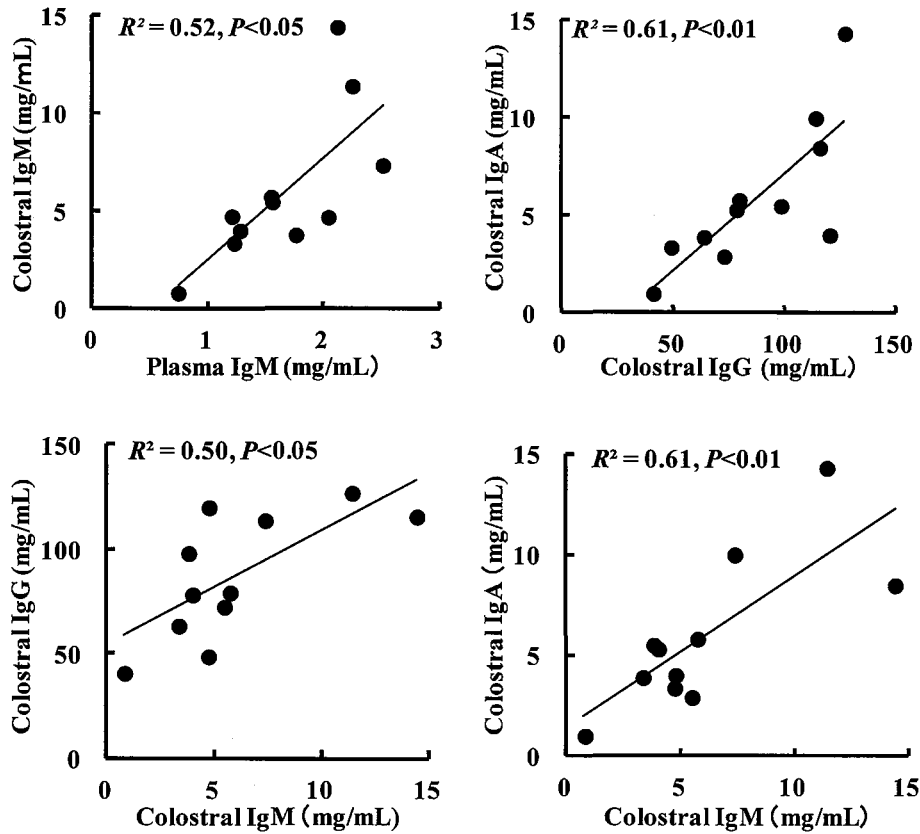


Figure 1 Relationship between plasma IgM and colostrum IgM, relationship between colostrum IgG and colostrum IgA, and relationships between colostrum IgM and colostrum IgG or colostrum IgA of Japanese Black cows ($n = 11$) at parturition. IgA, Immunoglobulin A ; IgG, Immunoglobulin G ; IgM, Immunoglobulin M.

テン含量は 475 および 378 $\mu\text{g}/\text{dL}$ であったが、繁殖牛の血漿 β -カロテン含量には乾燥ニンジン給与による影響は認められなかった (表 2)。乾燥ニンジン区の分娩 10 日前の血漿遊離脂肪酸、総タンパク質および尿素態窒素濃度は対照区よりも低かった ($P < 0.05$) が、繁殖牛の分娩直後における血漿グルコース、コレステロール、遊離脂肪酸、総タンパク質、尿素態窒素、カルシウムおよび無機リン濃度には乾燥ニンジン給与による影響は認められなかった。分娩 10 日前の血漿成分と比較する ($n = 11$) と、分娩直後には血漿遊離脂肪酸 ($P < 0.05$) および総タンパク質 ($P < 0.05$) 濃度が上昇し、血漿コレステロール ($P < 0.05$)、カルシウム ($P < 0.001$) および無機リン ($P < 0.05$) 濃度が低下したが、血漿 β -カロテン、グルコースおよび尿素態窒素濃度には有意差が認められなかった。

考 察

乳牛の分娩直後の血漿と初乳中の脂溶性ビタミン含量は給与粗飼料によって大きく変動し、 β -カロテンと α -トコフェロールを多量に含有した高品質サイレージを乳牛に給与すると血漿と初乳中の脂溶性ビタミン含量が増加した (Johansson ら 2014 ; 久米ら 1997 ; Kume と Toharmat

2001)。乳牛では血漿 β -カロテン含量は β -カロテン充足状態の指標として利用され、血漿 β -カロテン含量が 200 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 以上で適正な栄養状態とみなされている (Chew 1993) が、乳牛の血漿 β -カロテン含量は分娩 3 週間前頃から減少し、分娩時から分娩 1 週間にかけて最低値になる特徴がある (久米ら 1997)。本研究では対照区の分娩直後の血漿 β -カロテン含量が 378 $\mu\text{g}/\text{dL}$ と高い値を示したことから、供試牛では β -カロテンの栄養状態は良好であったと判定される。一方、乾燥ニンジン区の分娩直後の血漿 β -カロテン含量は 475 $\mu\text{g}/\text{dL}$ と対照区よりも高い値であったが、両区間に有意差は認められなかった。

本試験の給与飼料では、フスマと配合飼料由来の β -カロテン摂取量が少ないことから、対照区の β -カロテン源は大部分がサイレージ由来と考えられる。ここで日本飼養標準・肉用牛 (農業・食品産業技術総合研究機構編 2009) の妊娠牛の乾物摂取量に基づいてサイレージの乾物摂取量を 5 kg/日と仮定すると、サイレージ由来の β -カロテン摂取量は 60~312 mg/日と推定され、乾燥ニンジン由来の β -カロテン摂取量 (138 mg/日) より多い事例もみられた。したがって、黒毛和種繁殖牛の血漿中の

β -カロテン含量に乾燥ニンジン給与による明確な改善効果が認められなかったことは、 β -カロテンの多い牧草サイレージを利用していたことが一因と考えられる。

ウシでは妊娠中に IgG が胎盤を介して胎児に移行しないため、初乳中には IgG が多量に含まれ、IgA と IgM は非常に少ない特徴がある (Stelwagen ら 2009)。前報 (Taniguchi ら 2015) の黒毛和種経産牛では初乳中の β -カロテン、ビタミン A および α -トコフェロール含量の増加に伴って初乳中の IgG と IgM 含量が増加したことから、繁殖牛の脂溶性ビタミン栄養の改善が初乳中の IgG と IgM 含量の増加に効果的と考えられた。それに対して、本研究では乾燥ニンジン給与は黒毛和種繁殖牛の血漿と初乳中の β -カロテン含量だけでなく、血漿と初乳中の IgG、IgA および IgM 含量も改善しなかった。これらの結果から、黒毛和種繁殖牛の β -カロテンの栄養状態が良好な場合には、138 mg/日の β -カロテン給与は初乳中免疫グロブリン含量をほとんど改善しないことが推察された。

初乳中 IgA は母体の腸管で抗原感作された IgA 前駆細胞が IgA 産生細胞への分化および増殖後、乳腺へ移動した IgA 産生細胞から産生され、初乳中には二量体として分泌されるが、初乳中 IgG は骨髄で産生された IgG が血液を介して乳腺へ移動後、初乳中には一量体として分泌される (Wheeler ら 2007)。また、動物の免疫反応の初期には IgM が産生され、その後抗原刺激に対応して IgM が IgG と IgA にクラススイッチする (Mora と von Andrian 2009 ; Driessen と van der Burg 2011) が、初乳産生における IgM の作用機序については不明なことが多い。初乳中の IgG と IgM の産生では血漿由来の IgG と IgM が重要な役割を果たしている (Stelwagen ら 2009 ; Taniguchi ら 2015) が、本研究では黒毛和種繁殖牛の血漿免疫グロブリン含量に対する初乳免疫グロブリン含量の比率が IgG と IgM で近似していた。それに対して、黒毛和種繁殖牛の血漿 IgA 含量が非常に低い値であったことから、初乳中の IgA は血漿由来ではなく、乳腺における IgA 産生細胞の増加に依存している (Nishiyama ら 2011b) と考えられる。さらに、血漿 IgM 含量の増加に伴って初乳 IgM 含量が増加し、初乳 IgM 含量と初乳 IgG 含量間および初乳 IgM 含量と初乳 IgA 含量間に正の相関が認められたことから、初乳中の IgG と IgA の産生に IgM の関与していることが示唆されたが、初乳中の免疫グロブリン産生における IgM の役割に関しては今後のさらなる研究が必要である。

ホルスタイン種経産牛では分娩直後に血漿成分が大きく変動するが、その特徴はエネルギー不足による血漿遊離脂肪酸濃度の急激な上昇と、初乳中へのカルシウムとリンの大量分泌による血漿カルシウムと無機リン濃度の急激な低下であり、これらは脂肪肝、ケトosis、乳熱などの発生要因になる (Toharmat ら 1998 ; Kume ら 2003 ; Goff

2006)。本研究の黒毛和種経産牛では分娩直後に血漿遊離脂肪酸濃度が上昇し、血漿カルシウムと無機リン濃度が低下したことから、対照区の分娩 10 日前の血漿遊離脂肪酸濃度が高い値を示したことから、黒毛和種経産牛でも疾病予防、初乳生産の向上などのために分娩前後の栄養管理の改善が必要と考えられた。一方、分娩 10 日前の乾燥ニンジン区の血漿遊離脂肪酸と尿素態窒素濃度は対照区よりも低く、また栄養状態が良好な黒毛和種繁殖牛群の妊娠末期の代謝プロファイルテスト (渡邊ら 2014) の平均値に近似していたことから、乾燥ニンジンは黒毛和種繁殖牛のエネルギーなどの補給源としても利用できることが推察された。

以上の結果から、 β -カロテンの栄養状態が良好な黒毛和種繁殖牛では β -カロテンを多量に含有した乾燥ニンジンを給与しても初乳中の免疫グロブリンが改善されなかったが、分娩前の黒毛和種繁殖牛には低品質の粗飼料を給与している事例も多いことから、今後は β -カロテンの不足している黒毛和種繁殖牛に乾燥ニンジンを給与して、初乳中の免疫グロブリンなどに及ぼす効果を調べることが必要である。

謝 辞

本研究の一部は、伊藤記念財団研究助成により実施した。また、乾燥ニンジンを提供いただいた中部飼料株式会社に深謝します。

文 献

- Blum JW. 2006. Nutritional physiology of neonatal calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **90**, 1-11.
- Chew BP. 1993. Role of carotenoids in immune response. *Journal of Dairy Science* **76**, 2804-2811.
- Chew BP, Park JS. 2004. Carotenoid action on the immune response. *Journal of Nutrition* **134**, 257S-261S.
- Driessen G, van der Burg M. 2011. Educational paper : primary antibody deficiencies. *European Journal of Pediatrics* **170**, 693-702.
- Fagarasan S, Honjo T. 2003. Intestinal IgA synthesis : regulation of front-line body defenses. *Nature Immunology* **3**, 63-72.
- Johansson B, Waller KP, Jensen SK, Lindqvist H, Nadeau E. 2014. Vitamins E and A and β -carotene status and health in organic dairy cows fed a diet without synthetic vitamins. *Journal of Dairy Science* **97**, 1682-1692.
- Goff JP. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science* **89**, 1292-1301.
- 久米新一. 2014. 黒毛和種子牛の栄養管理と疾病予防. 関西畜産学会報 **171**, 9-15.
- 久米新一, 西田武弘, 栗原光規. 1997. 乳牛の分娩前後における血漿および初乳中の β -カロテンとビタミン A 含量に及ぼす乾草給与水準の影響. 畜産試験場報告 **57**, 15-22.
- Kume S, Nonaka K, Oshita T. 2003. Relationship between parity and mineral status in dairy cows during the

- periparturient period. *Animal Science Journal* **74**, 211-215.
- Kume S, Toharmat T. 2001. Effect of colostrum β -carotene and vitamin A on vitamin and health status of newborn calves. *Livestock Production Science* **68**, 61-65.
- Mora JR, von Andrian UH. 2009. Role of retinoic acid in the imprinting of gut-homing IgA-secreting cells. *Seminars in Immunology* **21**, 28-35.
- Nishida K, Sugimoto M, Ikeda S, Kume S. 2014. Effects of supplemental β -carotene on mucosal IgA induction in the jejunum and ileum of mice after weaning. *British Journal of Nutrition* **111**, 247-253.
- Nishiyama Y, Yasumatsuya K, Kasai K, Sakase M, Nishino O, Akaike M, Nagase T, Sugimoto M, Ikeda S, Kume S. 2011a. Effects of supplemental β -carotene with whey on IgA transfer from maternal milk and mucosal IgA induction in neonatal mice and calves. *Livestock Science* **137**, 95-100.
- Nishiyama Y, Sugimoto M, Ikeda S, Kume S. 2011b. Supplemental β -carotene increases IgA-secreting cells in mammary gland and IgA transfer from milk to neonatal mice. *British Journal of Nutrition* **105**, 24-30.
- 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.
- Rühl R. 2007. Effects of dietary retinoids and carotenoids on immune development. *Proceedings of the Nutrition Society* **66**, 458-469.
- Statistical Analysis Systems (SAS). 1997. *SAS/STAT software : Changes and Enhancement Through Release 6.12*. SAS Institute Cary, NC.
- Stelwagen K, Carpenter E, Haigh B, Hodgkinson A, Wheeler TT. 2009. Immune component of bovine colostrum and milk. *Journal of Animal Science* **87 (Suppl.1)**, 3-9.
- Taniguchi S, Wang M, Ikeda S, Yoshioka H, Nagase H, Kitamura S, Itoyama E, Murakami H, Sugimoto M, Kume S. 2015. Relationships between immunoglobulin M and immunoglobulin G or A in colostrum of Japanese Black multiparous cows. *Animal Science Journal*. 2015, doi:10.1111/asj.12455.
- Toharmat T, Nonaka I, Shimizu M, Batajoo KK, Kume S. 1998. Effect of prepartum energy intake and calving season on blood composition of periparturient cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* **11**, 739-745.
- Wang M, Ikeda S, Yoshioka H, Nagase H, Kitamura S, Itoyama E, Murakami H, Sugimoto M, Kume S. 2015. Relationships between immunoglobulin and fat-soluble vitamins in colostrum of Japanese Black multiparous cows. *Animal Science Journal* **86**, 673-678.
- Wheeler TT, Hodgkinson AJ, Prosser CG, Davis SR. 2007. Immune components of colostrum and milk- a historical perspective. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* **12**, 237-247.
- 安松谷恵子, 笠井浩司, 山中健吾, 坂瀬充洋, 西野 治, 赤池 勝, 万所幸喜, 久米新一. 2013. 出生後の黒毛和種新生子牛への免疫グロブリンGと免疫グロブリンAの移行. 日本畜産学会報 **84**, 389-393.
- 渡邊貴之, 小西一之, 熊谷周一郎, 野口浩正, 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の値. 日本畜産学会報 **85**, 295-300.

Effects of dry carrot on colostral immunoglobulin in Japanese Black cows

Saya TANIGUCHI¹, Mengdong WANG¹, Shuntaro IKEDA¹, Hidetugu YOSHIOKA²,
Hiroshi NAGASE², Shoko KITAMURA², Erina ITOYAMA², Hiroaki MURAKAMI²,
Keisuke KOGUSA³, Kenji SATO³, Miki SUGIMOTO¹ and Shinichi KUME¹

¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Sakyo, Kyoto 606-8502, Japan

² Kyoto University Livestock Farm, Kyotanba, Kyoto 622-0203, Japan

³ Chubu Shiryo Co. Ltd, Ohbu 474-0011, Japan

Corresponding : Shinichi KUME (fax : +81 (0) 75-753-6345, e-mail : kume@kais.kyoto-u.ac.jp)

This study was conducted to clarify the effects of dry carrots feeding on colostral immunoglobulin (Ig) contents in 11 Japanese Black cows fed grass silage based diet. Experimental diets were control diet and control diet supplemented with dry carrots (138 mg β -carotene /day), and dry carrots were offered from 3 weeks before the expecting calving day to parturition. Plasma β -carotene contents in the control and dry carrot groups at parturition were 378 and 475 μ g/dL, and plasma and colostral β -carotene contents were not affected by feeding dry carrots. Feeding dry carrots had no effects on IgG, IgA and IgM contents in plasma and colostrum of cows. There was a positive correlation between plasma IgM contents and colostral IgM contents in cows. Colostral IgM contents were positively correlated with colostral IgG or colostral IgA contents, and colostral IgG contents were positively correlated with colostral IgA contents.

Nihon Chikusan Gakkaiho 86 (4), 473-479, 2015

Key words : colostral Ig, β -carotene, Japanese Black cow, plasma Ig.