

濃厚飼料の急激な増給や粗飼料の変質が乳牛の健康と繁殖に及ぼす影響

特に、第一胃発酵を健全に維持することの重要性

木田 克弥

国立大学法人帯広畜産大学 畜産フィールド科学センター家畜防疫研究室

(〒080-8555 北海道帯広市稲田町西2線11番地)

(Email : kidak@obihiro.ac.jp)

1. はじめに

過去20年間の経産牛1頭当たり乳量は、遺伝的改良により1993年の7,864 kgから、2003年の8,678 kg、そして2013年には9,105 kgと増加ペースを落としながらも順調に増加している(北海道酪農検定検査協会)。一方、初回授精受胎率は、同56.8%、51.0%、42.4%と低下している(北海道家畜人工授精師協会)。ところで、濃厚飼料1kgで生産した乳量を示す「飼料効果」は、同2.77、2.79、2.67と、ほとんど変化していない(北海道酪農検定検査協会)。このことは、現在の乳牛は20年前に比較して年間約500 kg以上も多く濃厚飼料を摂取していることを示しており、今日の酪農(乳生産)が濃厚飼料に大きく依存して乳量を増やした一方で、繁殖成績が悪化していることは明らかである。

濃厚飼料の多給は、第一胃内の揮発性脂肪酸(VFA)濃度の上昇、酢酸/プロピオン酸比(A/P比)の低下に伴うpHの低下により亜急性ルーメンアシ

ドーシス(SARA)を引き起こす¹⁾。この病態は、第一胃内pHの低下によってグラム陰性菌が死滅し、その細胞壁構成物であるエンドトキシン(ET)が第一胃液中に放出され^{2,3)}、それが血中に移行した結果、蹄葉炎、脂肪肝症候群、第四胃変位などさまざまな疾患を引き起こす^{2,4)}。

一方、温暖で多湿な気候の我が国では、サイレージや乾草などの貯蔵飼料にカビが発生することが多い。しかし、畜産現場ではこのような飼料の変質は極めて日常的であるため、見過ごされ、そのまま給与されることが少なくなく、その結果、乳牛の健康や乳生産に負の影響をもたらしていることがある。このメカニズムとして、フザリウム属真菌(赤カビ)が産生するマイコトキシン(MT)の一種であるデオキシニバレノール(DON)は、乳牛の代謝状態を変化させて免疫抑制を引き起こし^{5,6)}、また、飼料変質に伴う飼料たんぱく質の分解産物は、第一胃液中のアンモニア濃度を容易に増加させ⁶⁾、妊娠率を低下させ⁷⁾、さらに酪酸発酵サイレージ給与はケトー

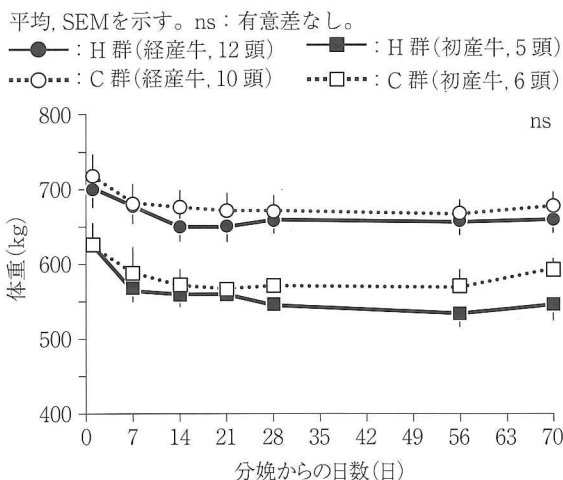


図1 体重の推移

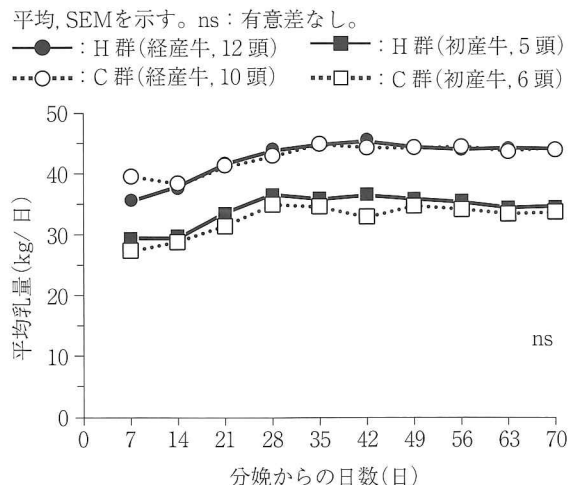


図2 乳量の推移

ジスの集団発生を引き起こすことなどが報告されている。

このように、現在、わが国の酪農においては、濃厚飼料依存の飼料給与と貯蔵飼料の変質が複合的に乳牛の生産性低下につながっていることが考えられる。本稿では、筆者らが実施した調査⁸⁾を基本に、濃厚飼料の多給や給与飼料の貯蔵品質変動が乳牛の第一胃液性状や血中代謝物にどのような影響を及ぼすのか、そして疾病発生および繁殖成績にどのように影響するのかについて解説する。

2. 分娩後の乳牛に対する一般的な濃厚飼料増給が第一胃液性状および健康と繁殖に及ぼす影響

わが国の酪農家で一般的(“普通”)に行われている分娩後の乳牛に対する濃厚飼料給与法(増給法)が、第一胃発酵にどのような変化を引き起こしているのかを確認するために、比較的急激な増給(H群: 1 kg/日ずつ)と緩やかな増給(C群: 0.5 kg/日ずつ)を行い、第一内環境と健康状態及び生産性を比較した⁸⁾。

両群間で、体重と乳量には差がなかったが(図1, 2), 濃厚飼料増給に伴い、両群ともに第一胃液の酢酸/プロピオン酸(A/P)比が低下し、特に、急増

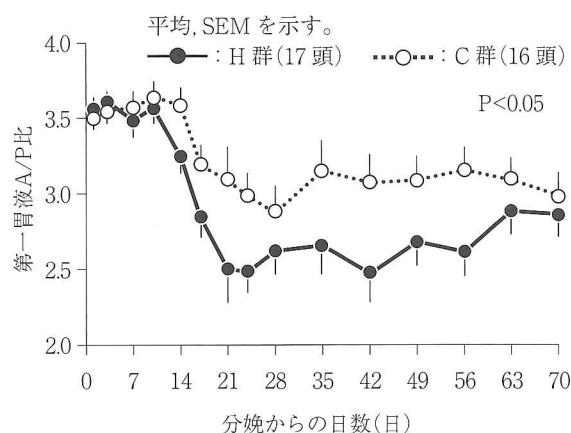


図3 第一胃液酢酸/プロピオン酸比(A/P比)の推移

群で有意に低かった($P<0.05$, 図3)。これは、酢酸が飼料の繊維、プロピオン酸がデンプンに由来することを反映している。また、第一胃液中ET濃度は濃厚飼料増給に伴って上昇し、特に急増群で高値となった($P<0.05$, 図4)。さらに、A/P比とET濃度の間には強い負の相関が観察され($R^2=0.478$, $P<0.05$, 図5), 濃厚飼料増給に伴うデンプン摂取量の急激な増加に伴って第一胃内pHが低下し、ETが放出されることが確認された。このように、“普通”に行われている分娩後の濃厚飼料増給法であっても、1日当たり1 kgを超える場合には、第一胃発酵に異常を生じることが確認された。なお、短時間に多量の濃厚飼料を摂取すると第一胃の通過率が高ま

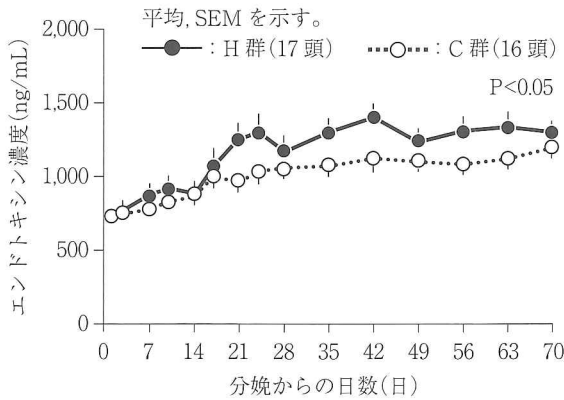


図4 第一胃液エンドトキシン濃度の推移

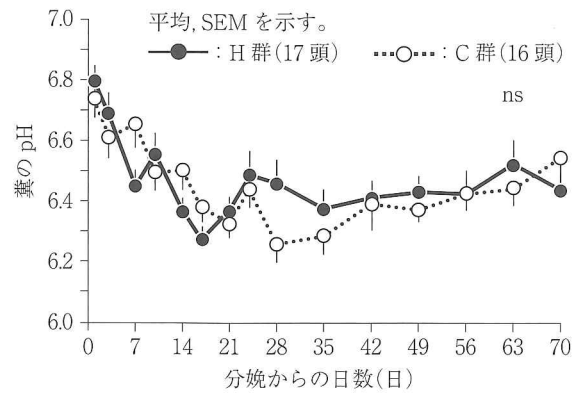


図6 糞pHの推移

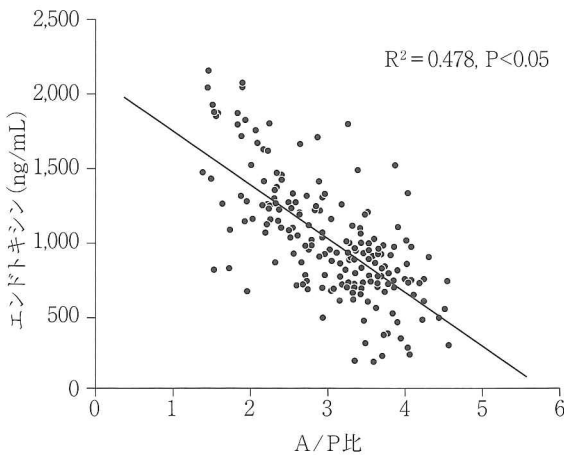


図5 第一胃液エンドトキシン濃度とA/P比の関係

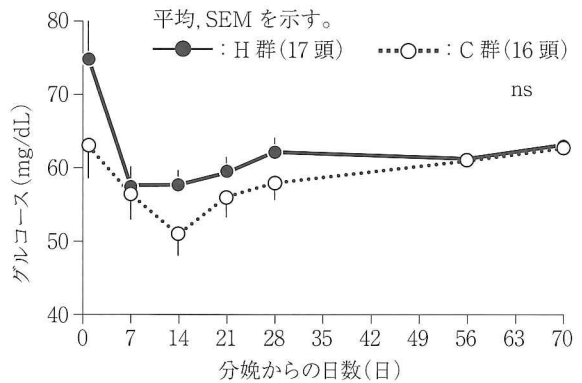


図7 血清グルコース濃度の推移

り、デンプンが大腸で腸内細菌による分解を受けてVFAが産生されるため、糞pHが低下することが知られている⁹⁾。そこで、本実験が“普通”の飼料給与であることを確認するために糞pHも測定したが、濃厚飼料増給に伴いpHは低下したものの両群間に差はなく、本実験は“普通”の増給であったことが確認された(図6)。

血中代謝物濃度は、すべての検査項目が正常値の範囲内で推移した。有意差はないものの緩やかな増給群において分娩後14日目に血清グルコース濃度(図7)がやや低下してβヒドロキシ酪酸(BHBA)濃度(図8)がやや増加したのに対して、急増群では変化しなかった。このことから、1日当たり0.5 kgの増給の場合には、負のエネルギー状態に陥りやすいことも示唆された。

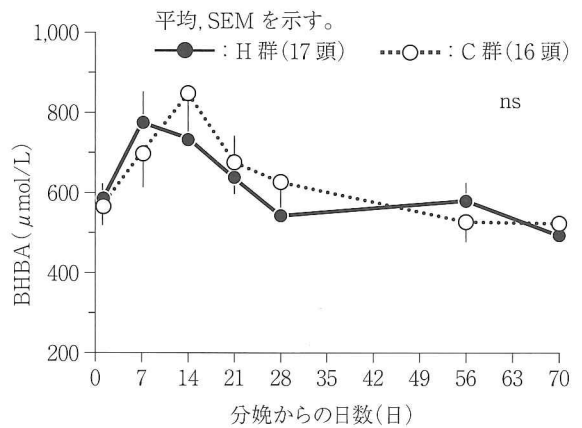


図8 血清βヒドロキシ酪酸(BHBA)濃度の推移

分娩後45日以内に正常性周期が回復した牛の割合は、H群(6/17頭)がC群(11/16頭)よりもやや低くなる傾向が認められた($P = 0.084$)。また、蹄病(蹄葉炎)の発生は、有意差はないものの急増群で4頭発生したのに対し、緩やかな増給群では発生が認められな

かった。ETは蹄真皮における微小循環を傷害して血流を減少させることで蹄葉炎を発生させる^{10,11)}ことが知られており、本研究における蹄病もETの関与が示唆された。

このように、一般酪農家で“普通”に行われている分娩後1日当たり0.5~1.0 kgの濃厚飼料の増給法は、第一胃における物理的な繊維不足および過剰なデンプン給与とは認められず、特に1.0 kg/日の濃厚飼料増給は、0.5 kg/日の増給に比べて乳牛のエネルギー状態をより良好にした^{12,13)}。しかし、1.0 kg/日の増給群では蹄病の発生が多くなったり、正常性周期の回復が遅延したりすることが示唆されたことから、乳牛の分娩後の飼養管理においては、負のエネルギー状態の改善だけでなく、第一胃発酵を健全に維持することを意識して濃厚飼料を給与することも極めて重要である。

3. 給与飼料の品質変動が乳牛の健康と繁殖成績に及ぼす影響

乳牛に変質した飼料を給与すると、さまざまな悪影響が生じることは、多くの酪農家が経験している。アジア地域における飼料のMT汚染は、フザリウムが生成するフモニシン、DON、ゼアラレノンの割合が多く、乳牛に対して、フモニシンは肝臓障害や乳量低下を、DONは飼料摂取量低下や乳量低下を引き起こす¹⁴⁾。また、ゼアラレノンは、豚に対して膣炎や繁殖成績低下を引き起こす¹⁴⁾。しかし、牛にDON混合飼料を給与した実験では、6 mg/kgDM までは採食量と乳量に影響せず、乳中への移行も認められなかった¹⁵⁾、あるいは、DON汚染飼料の給与は、体重、BCS、乳量、乳成分率には影響しないが、免疫能(好中球の貪食能)を低下させた⁶⁾など、MT汚染飼料摂取による乳牛の健康や生産への影響は、必ずしも一定していない。

サイレージは、変質するとたんぱく質が分解されることでアンモニアや有毒な低分子アミンなどの揮発性塩基態窒素(VBN)の割合が高まり、牛がその

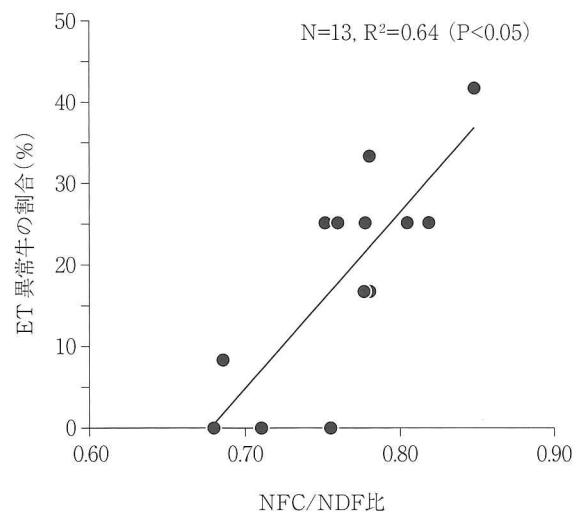


図9 飼料のNFC/NDF比と第一胃液ET異常牛率の関係

ような飼料を摂取すると第一胃内のアンモニア濃度が上昇しやすくなる。第一胃内の高アンモニアを引き起こすような飼料給与は、受胎率や妊娠率の低下⁷⁾そして受胎までの日数延長を引き起こす^{1,2)}。しかし、乳牛の健康と乳生産および繁殖成績は、飼料品質だけでなく、栄養管理、飼養環境など様々な要因の複合的な結果といえる。そこで、飼料の変質要因を明らかにするとともに、乳牛に変質飼料を給与した際の健康状態、乳生産、繁殖成績への影響を明らかにするために、約半年間にわたり給与飼料(グラスサイレージ、コーンサイレージ、TMR)の品質(栄養成分、発酵品質)をモニターして、それを給与されていた乳牛の血液代謝プロファイル、疾病発生率、乳量及び繁殖成績を調査し、その関連性を検討した。

調査期間中、降雨などによるサイレージの水分増加に対し、適切な水分補正が行われなかった結果、TMR中のNFC濃度やNDF濃度の変動し、NFC/NDF比は0.68~0.85の範囲で推移した。この間、第一胃液中ET濃度が全測定値の75パーセンタイル値を超える異常牛の割合とNFC/NDF比との関係を見ると、両者間には有意な正の相関($R^2=0.64$, $P<0.05$)が認められた(図9)。このことから、サイレージの水分増加に伴うTMRの相対的な繊維率の低下がSARAを引き起こしたことが示唆された。さ

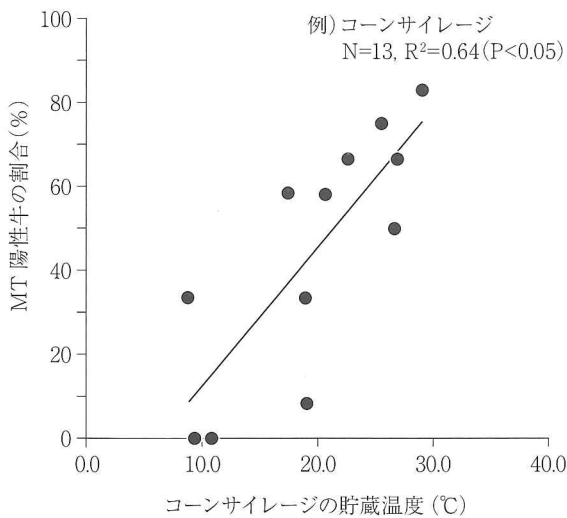


図10 サイレージの貯蔵温度と第一胃液MT陽性牛率の関係

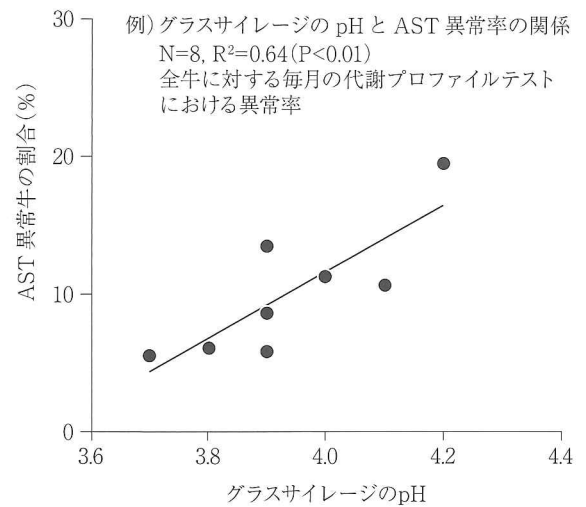


図11 サイレージ品質と肝機能障害の関係

らに、サイレージの品質劣化は選び食いや採食低下を生じさせ、相対的な濃厚飼料摂取量の増加を引き起こしたことも考えられる。事実、TMR中の粗飼料由来NDFの低下に伴い高血糖が認められ、これはエネルギー過剰を意味する^{12, 13)}。NFC/NDF比の至適範囲は0.9~1.2と言われており¹⁶⁾、本調査のような高繊維率で設計されたTMRであっても、短期間にNFC/NDF比が変動するとルーメンアシドーシスが容易に引き起こされる。

また、本調査においては、第一胃液中MTとしてフモニシンが検出された。2週間ごとのフモニシン陽性牛率(0.0~83.3%)は、GSの乾物率、Vスコアとの間にそれぞれ負の相関(各 $R^2=0.40, 0.47$, 全て $P<0.05$)があり、さらに、MT陽性牛率は、GSおよびCS貯蔵温度とも有意な正の相関(図10)が確認されたことから、夏季の高温環境や高水分によるサイレージの発酵品質低下が、フザリウムの増殖を助長したと考えられた。

血液代謝プロファイルでは、CSとGSのpH上昇やVスコアの低下に伴い、ASTの上昇(肝機能障害、図11)および低血糖や高 β -ヒドロキシ酪酸(エネルギー代謝障害)が観察された。さらにGSの乾物率低下に伴い低血糖や高NEFA(エネルギー不足)が、CSの乾物率増加に伴いASTの上昇(肝機能障害)が

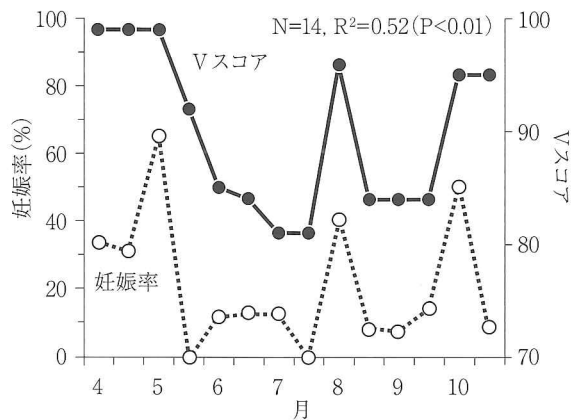


図12 2週間ごとのグラスサイレージのVスコアと妊娠率の関係

認められ、サイレージの貯蔵温度上昇に伴い低コレステロール(肝機能低下)や低Mg(採食低下)も認められた^{12, 13)}。このように、夏季の暑熱時にはサイレージの高温化と二次発酵など貯蔵品質低下が生じ、そのような飼料が給与された牛では、健康状態が悪化することが確認された。

この調査期間中に、獣医師による診療を必要とした疾病の大半は乳房炎であった。本調査では、搾乳牛における疾病率(治療頭数/飼育頭数)はTMR温度($p<0.01$)、TMRのNFC濃度($p<0.05$)、サイロ各所のサイレージ貯蔵温度($p<0.01$)との間に有意な正の関係が、また、CSのV-スコア($p<0.05$)やGSの乾物

率($p<0.05$)との間には負の関係が認められた。一方、飼料品質変動と繁殖成績との関係では、GSのVスコア($p<0.01$)および乾物率($p<0.05$)との間に正の関係が認められた(図12)。これらのことから、飼料品質の低下は、乳牛の疾病率を上昇させ、繁殖成績を悪化させることも確認された。

4. まとめ

高泌乳牛における繁殖障害の原因として、分娩後の負のエネルギーバランス(NEB)が指摘されているが、NEBを解消するための急激な濃厚飼料増給は、NEBを解消する一方でSARAを引き起こし、第一胃内のET濃度が上昇し、むしろ蹄病や繁殖障害の原因となりうる。また、貯蔵飼料の品質低下は、MTや高VBNによる直接的な影響と共に、粗飼料の採食低下に伴う相対的なNFC過剰がSARAを引き起こし、乳房炎などの疾病多発と低受胎の原因になっている。したがって、乳牛の生産病と繁殖障害を根本的に解決するためには、「健全な第一胃内環境の維持」を念頭に、粗飼料の品質向上と十分な採食量確保を基本とする飼養管理の再構築が必要であると考えられた。

引用文献

- 1) Goad DW, Goad CL, Nagaraja TG : Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers, *J Anim Sci*, 76, 234-241(1998)
- 2) Andersen PH, Bergelin B, Christensen KA : Effect of feeding regimen on concentration of free endotoxin in ruminal fluid of cattle, *J Anim Sci*, 72, 487-491(1994)
- 3) Gozho GN, Krause DO, Plaizier JC : Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci*, 90, 856-866(2007)
- 4) Dougherty RW, Coburn KS, Cook HM, *et al* : Preliminary study of appearance of endotoxin in circulatory system of sheep and cattle after induced grain engorgement, *Am J Vet Res*, 36, 831-833(1975)
- 5) Korosteleva SN, Smith TK, Boermans HJ : Effects of feedborne Fusarium mycotoxins on the performance, metabolism, and immunity of dairy cows, *J Dairy Sci*, 90, 3867-3873(2007)
- 6) Korosteleva SN, Smith TK, Boermans HJ : Effects of feed naturally contaminated with Fusarium mycotoxins on metabolism and immunity of dairy cows, *J Dairy Sci*, 92, 1585-1593(2009)
- 7) Guo K, Russek-Cohen E, Varner MA, *et al* : Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows, *J Dairy Sci*, 87, 1878-1885(2004)
- 8) 木田克弥, 川島千帆, 宮本明夫ら : 濃厚飼料の急激な増給や粗飼料品質の変動が乳牛の健康と繁殖に及ぼす影響, *家畜栄養生理研究会報*, 56, 79-86(2012)
- 9) Khafipour E, Krause DO, Plaizier JC : A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation, *J Dairy Sci*, 92, 1060-1070(2009)
- 10) Nocek JE : Bovine acidosis: Implications on laminitis, *J Dairy Sci*, 80, 1005-1028(1997)
- 11) Vermunt JJ, Greenough PR : Predisposing factors of laminitis in cattle, *Br Vet J*, 150, 151-164(1994)
- 12) Kida K : The metabolic profile test: It's practicability in assessing feeding management and periparturient diseases in high yielding commercial dairy herds, *J Vet Med Sci*, 64, 557-563(2002)
- 13) Kida K : Use of every ten-day criteria for metabolic profile test after calving and dry off in dairy herds, *J Vet Med Sci*, 64, 1003-1010(2002)
- 14) 相馬幸作, 王鵬, 増子孝義 : サイレージ, 乳牛

栄養学の基礎と応用 (増子孝義, 花田正明, 中辻浩喜編), 198-241, (株) デーリィ・ジャパン社, 東京 (2010)

15) Charmley E, Trenholm HL, Thompson BK, *et al* : Influence of level of deoxynivalenol in the diet of dairy cows on feed intake, milk production, and

its composition. J Dairy Sci, 76, 3580-3587 (1993)

16) Nocek JE, Russell JB : Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production, J Dairy Sci, 71, 2070-2107 (1988)

第18回 護蹄研究会開催案内 (第2報)

◆ 日 時 ◆ 平成27年6月27日(土) 13時~17時
6月28日(日) 9時~12時

◆ 場 所 ◆ 東京大学農学部2号館化学1番教室

◆ 内 容 ◆ 6月27日(土)

I 「セミナー：馬の装蹄から考えるフットケア」

1. 馬の蹄葉炎の研究的な近況：桑野睦敏(競走馬総合研究所)
2. 牛の蹄葉炎－馬とはここが違う：田口 清(酪農学園大学)
3. 馬の蹄葉炎の最新装蹄療法1：竹田信之(JRA美浦TC競走馬診療所)
4. 馬の蹄葉炎の最新装蹄療法2：齋藤重彰(大和高原動物診療所)
5. 装蹄の原理原則－幼駒から競走馬まで－：田中弘祐(日本軽種馬協会)
6. 総合討論

II 総会

III 懇親会

6月28日(日)

一般口演

参加費：4,000円(年会費込み), 懇親会費：5,000円

現在一般演題募集中です。

◇ 一般演題お申し込み先およびお問い合わせ先 ◇

護蹄研究会事務局 大下克史(NOSAI広島北広島家畜診療所廿日市分室)

E-mail : oochan@krf.biglobe.ne.jp 携帯電話 : 090-7999-1734