

高泌乳牛の周産期における栄養水準と泌乳機能の制御に関する研究
(要約)

筑波大学大学院
生命環境科学研究科
先端農業技術科学専攻

博士（農学）学位論文
平林 晴飛

目 次

第 1 章	緒論	1
第 2 章	高泌乳牛における乾乳前期栄養水準適正化	2
第 3 章	分娩後 NEB に対応する MCFA-Ca 添加効果の検証	3
第 4 章	周産期の栄養管理によるエネルギーバランス制御の実証	
第 1 節	周産期における MCFA-Ca の添加が分娩後の生産性 および繁殖性に及ぼす影響	4
第 2 節	乾乳後期のリードフィーディングが分娩後の生産性 および繁殖性に及ぼす影響	4
第 5 章	総括	5

第1章 緒論

乳牛において、分娩前後の周産期における栄養管理は、泌乳期の健康と生産性を決定づける期間である。分娩後の泌乳開始に伴うエネルギー要求量の急増は、エネルギー出納の不均衡を生み、乳牛は負のエネルギーバランス（NEB）に陥る。分娩後、NEBに起因する過剰な体脂肪動員は、脂肪肝やケトosisといった代謝疾病の発生意因となり、乳量低下や受胎率低下を引き起こすだけでは無く、廃用に直結する。したがって、分娩後の代謝疾病のリスクを減らし、生産性および繁殖成績の向上を達成するためには、周産期におけるNEBのコントロールが鍵となる。特に、近年の高泌乳牛群では、分娩直後からの乳量急増によりNEBリスクの増大が危惧されており、周産期の栄養要求量の変化に対応した適正な飼養給与管理基準の解明が求められている。最近の研究では、周産期のみならず乾乳期の栄養管理がNEBの程度および持続期間に影響を及ぼすことが報告されている。そこで本研究では、乾乳期の栄養水準とエネルギー密度の高い脂肪酸カルシウム飼料によるNEB制御に関する飼養試験を実施した。

第2章 高泌乳牛における乾乳前期栄養水準適正化

乾乳前期における栄養水準と生体機能および生産性との関連性を解明するため、粗飼料主体型乾乳期用混合飼料を用い、乾乳前期における栄養水準を要求量の80%、100%、および120%の3段階に設定して飼養試験を実施した。乾乳後期および泌乳期の栄養水準は全試験区で統一した。その結果、乾乳前期において要求量の120%を給与した場合、分娩時のボディコンディションスコア(BCS)過多を招き、分娩前後における代謝変動を増大させることが明らかとなった。また、高栄養区では泌乳期における胃液エンドトキシン活性値の上昇が認められた。ただし、上昇に伴い個体差が顕著に現れ、個体が有する微生物叢により反応が異なるものと考えられたが、そのメカニズムについては不明であった。一方で、要求量の80%に栄養給与量を抑制した場合、分娩後のBCS回復が早まり、分娩前後における代謝反応の変化は最小限に抑制された。また、泌乳持続性の向上および卵巣機能の改善が認められた。泌乳期の胃液エンドトキシン活性値は、僅かな上昇であった。泌乳期における乾物摂取量に区間差はなかった。以上の結果より、乾乳前期の栄養水準は、分娩後の生産性に影響を及ぼすことが明らかとなった。乾乳前期の栄養水準が泌乳持続性および分娩後の胃液エンドトキシン活性値に影響を及ぼすことについては、本研究が初めて示した知見である。一方、乾乳前期における栄養制限では分娩前にBCS低下が認められた。乾乳期におけるBCSの大幅な変動は代謝機能への負荷が大きいことから、乾乳時に過肥である牛では栄養制限によるBCS低下が顕著となり、脂質代謝障害等のリスクが高まる可能性も考えられる。したがって、泌乳後期からの過肥を防ぐ飼養管理が必要であることも明らかになった。本研究では、乾乳後期の栄養水準についても検討した。乾乳後期に濃厚飼料を添加するリードフィーディングを実施したところ、乳量や代謝機能に変化は認められず、乾乳後期の栄養水準は前期に比較して分娩後の生産性に及ぼす影響が少ないと考えられた。

第3章 分娩後 NEB に対応する MCFA-Ca 給与技術の開発

分娩後における NEB を改善するための機能性飼料として、中鎖脂肪酸カルシウム (MCFA-Ca) 添加の効果について検証した。MCFA は、肝臓で直接代謝されるため、体脂肪として蓄積されることなく、吸収後に速やかにエネルギー源として利用される。本研究では、乾乳前期に栄養制限を行い、分娩直後から分娩後 8 週まで MCFA-Ca (C8:60 %、C10:30 %、および C12:10 %) を添加した。その結果、泌乳前期牛における MCFA-Ca の添加は、グレリン濃度を増加させることが明らかとなった。インスリン/グルカゴン比は MCFA-Ca 添加により低く推移する傾向にあり、異化作用亢進が示唆された。また、MCFA の脂肪酸組成を C8:0; 60 %、C10:0; 30 % および C12:0; 10 % とした結果、第一胃プロゾア数は有意に低下したが、第一胃発酵機能に影響は認められず、DMI の低下は認められなかった。

一方で、MCFA-Ca 添加により乳量低下が低下し、MCFA によるエネルギー補給は生産性向上につながらない結果となった。分娩後、MCFA 区では、グレリン濃度およびグルカゴン濃度の増加により異化作用亢進が推察されたものの、泌乳を促進する GH 増加は認められず、乳量は低下した。したがって、NEB 緩和のためのエネルギー源として MCFA-Ca を活用するために、添加のタイミングおよび脂肪酸組成を再度検討し、より効果的な添加方法について検証する必要があると考えられた。

第4章 周産期の栄養管理によるエネルギーバランス制御の実証

1節 周産期の MCFA-Ca 添加が分娩後の生産性および繁殖性に及ぼす影響

前章までの結果を受けて、本章では、MCFA-Ca の脂肪酸組成および添加期間を変更した上で、粗飼料主体型乾乳期用 TMR による乾乳前期の栄養制限と、周産期における MCFA-Ca 添加による分娩後 NEB の改善効果について、実証試験を行った。MCFA-Ca の脂肪酸組成については、第一胃内微生物に対する抑制作用が強いとされる C12:0 (Grummer & Socha 1989) を完全に除くこととし、C10:0 および C8:0 のみを使用した。炭素数の多い脂肪酸において微生物の発酵作用抑制が高い傾向にあることから (Grummer & Socha 1989)、C10:0 の割合は 20 % に抑えた。また、乾乳後期における DMI 低下 (Grummer *et al.* 2004) を補うため分娩予定日の 2 週間前から MCFA-Ca 添加を行うこととした。その結果、異化作用の亢進が認められ、泌乳初期における乳量が増加した。また、第一胃プロトゾアの減少を抑え、第一胃発酵機能への影響を抑制できることが明らかとなった。

2節 乾乳後期のリードフィーディングが分娩後の生産性および繁殖性に及ぼす影響

本章では、乾乳前期の栄養制限を実施した上で、乾乳後期におけるエネルギー補給手段として、泌乳用濃厚飼料を用いたリードフィーディングを行い、分娩後の DMI、乳量、血液性状、第一胃発酵、および繁殖機能に加え、泌乳曲線に及ぼす影響についても検討した。

その結果、乾乳後期におけるリードフィーディングでは、DMI 増加や乳量増加は認められず、代謝機能および繁殖機能における変化も認められなかった。したがって、乾乳後期の栄養水準は、乾乳前期に比較して、分娩後の生産性に及ぼす影響は少ないものと考えられた。

第 5 章 総括

本研究では、第 2 章において、乾乳前期における栄養水準と生体機能および生産性との関連性について検討した。その結果、要求量の 80 % に栄養給与量を抑制した場合、分娩後の BCS 回復が早まり、分娩前後における代謝反応の変化は最小限に抑制された。また、泌乳持続性の向上が認められ、泌乳期における胃液エンドトキシン活性レベルが低い値に抑えられることが示された。しかし、本研究においては、乾乳前期における栄養制限によって BCS の低下が認められている。供試牛は試験開始時の平均 BCS が 3.25 と標準的であるが、乾乳時に過肥である牛では栄養制限による BCS 低下が顕著となり、脂質代謝障害等のリスクが高まる可能性も考えられる。

第 3 章においては、泌乳初期における NEB を緩和する目的で分娩直後から MCFA-Ca を添加した。その結果、分娩後からの MCFA-Ca 添加では、NEB の影響を回避することはできず、乳量の増加には至らなかった。また、血漿中活性型グレリン濃度の増加が認められ、MCFA-Ca の添加は内分泌機能に影響を及ぼすことが明らかとなった。第一胃発酵機能に影響は認められなかったが、C12:0 の混合割合を低減したにも関わらず、MCFA-Ca 添加により第一胃プロゾア数は有意に低下した。そこで、MCFA-Ca の脂肪酸組成を C8: 80% および C10:20% とし、添加期間を分娩予定日 2 週前から分娩後 5 週までとして飼養試験を実施したところ、泌乳初期に日乳量の著しい増加が認められた。これらの結果から、MCFA-Ca の添加効果は脂肪酸の構成割合によって異なることが解った。そして、代謝・内分泌機能を異化的にシフトさせることが明らかとなったが、NEB 改善効果は得られなかった。MCFA-Ca 添加による著しい乳量増加は、これまでの研究では得られなかった新しい知見であるが、泌乳初期における乳量急増は逆に NEB を悪化させる可能性がある。体脂肪を蓄積することなく乳量を増加させるという MCFA-Ca の特徴を活かすためには、泌乳中後期に添加することで、泌乳持続性向上を図るという使用方法も考えられた。

本研究は、乾乳期の栄養管理を根本から見直し、粗飼料を中心とした混合飼料による高泌乳牛の健全性と生産性の両立、さらに **MCFA-Ca** を用いた新たな周産期の栄養管理方法を示した。これらの結果は、学術的に新たな知見であると共に、酪農現場における飼養管理に直ちに反映することも可能である。すなわち、高泌乳を維持しながら周産期における代謝疾病の抑制や治療用薬剤の低減をもたらし、安定した酪農経営と生乳供給に寄与する成果である。