

	ルンヂャライティハン マイマイテイ
<b>氏 名</b>	<b>熱沙来提汗 買買提</b>
本籍（国籍）	中華人民共和国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第752号
学位授与年月日	令和元年9月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 寒冷圏生命システム学
<b>学位論文題目</b>	<b>Study on factors affecting feed intake of dairy cows immediately after calving（分娩直後における乳牛の飼料摂取量に影響を及ぼす要因に関する研究）</b>
学位審査委員	主査 花田 正明（帯広） 副査 瀬尾 哲也（帯広 准教授）,堀口 健一（山形 教授）,松崎 正敏（弘前 教授）

### 論文の内容の要旨

While annual milk yield of dairy cows has been increasing, the production life of dairy cows has been gradually decreasing. Shortening of production life leads to a decrease in earnings in dairy management. After parturition, milk production increases rapidly but feed intake increases modestly, causing most cows to be malnourished. If the cows cannot meet their nutrients requirement after calving, they are prone to develop metabolic diseases such as hypocalcemia and ketosis and to reduce reproductive performance. These metabolic and reproductive disorders are main causes for culling of dairy cattle. Therefore, meeting the nutrients requirements by increasing feed intake immediately after calving is an important issue to improve the productivity and longevity of dairy cows. The overall goal of this study was to find influential factors for feed intake in dairy cows immediately after calving. In order to achieve the goal, three experiments were carried out at Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. The first experiment was done to investigate the effect of parity number on the dry matter intake (DMI) of cows immediately after calving. The second experiment was done to investigate the influence of calving difficulty on DMI in dairy cows immediately after calving. The third experiment was done to investigate the effects the oxidative status on the DMI of dairy cows immediately after calving.

[Experiment 1] I investigated the effect of parity number on the factors affecting the DMI of cows immediately after calving. Eighty-three cows were evaluated from 14 days before to 7 days after calving. The DMI and milk yield were measured for 7 days after calving, and the calving score was measured. Blood samples were collected throughout the experiment. The average DMI during the first week after calving was reduced in the first-lactation heifers and high parity number cows. A quadratic relationship between the parity number and the DMI was observed. The first lactation heifers had lower precalving

serum total protein (TP) concentration and milk yield, higher precalving serum nonesterified fatty acid (NEFA) concentration and calving score than the multiparous cows. The recovery rate of serum calcium (Ca) after calving was slow in the cows in the parity 6. The DMI was positively affected by the serum Ca concentration after calving, milk yield and precalving serum TP concentration and was negatively affected by the calving score and precalving serum NEFA concentration. It is concluded that the DMI immediately after calving tends to be lower in first lactation heifers and high parity number cows, but factors that reduce the DMI differ according to parity number.

[Experiment 2] I investigated the influence of calving difficulty on DMI in dairy cows immediately after calving using fifteen pregnant Holstein heifers and fifteen multiparous Holstein cows. DMI was measured 6 days after calving. Calving difficulty was evaluated with a calving score, and urinary cortisol concentration was measured. The calving score was higher in the first lactation heifers than in the multiparous cows. The average DMI 6 days after calving was lower in the first lactation heifers than in the multiparous cows. The urinary cortisol concentration 4 days after calving was higher in the first lactation heifers than in the multiparous cows and was positively associated with the calving score. The average DMI was negatively associated with the calving score and the urinary cortisol concentration 4 days after calving and was positively associated with the average milk yield 6 days after calving and the serum Ca concentration 3 days after calving. This experiment showed that the low DMI immediately after calving in the first lactation heifers is mainly due to the stress derived from their first experiences such as calving, milking and tying to the stall, and the lower energy requirement compared with that of the multiparous cows.

[Experiment 3] The objective of experiment 3 was to investigate the effects the oxidative status on DMI of dairy cows immediately after calving. Sixty-two Holstein cows were monitored from the calving to 21 days after calving. DMI was measured from 1 to 6 days after calving. Body weight was measured once per week, and milk yield was measured twice per day after calving. Blood samples were taken at 0, 7 and 21 days after calving to determine the reactive oxygen metabolites (ROM), biological antioxidant potential (BAP) and metabolic indicators. Oxidative stress index (OSI) was calculated by dividing ROM by BAP \* 100. The average DMI 6 days after calving of the first lactation heifers and the cows in parity 2, 3, and 4 or more were 86.1, 124.1, 124.1, and 117.3 g/BW<sup>0.75</sup>/d, respectively. Serum ROM concentration tended to be lower in the first lactation heifers than multiparous cows, and positively associate with average milk yield 6 days after calving. Serum BAP concentration was lower in the first lactation heifers compared with multiparous cows through the experiment, and positively associated with average DMI and milk yield 6 days after calving. OSI was not affected by parity number of cows except for 21 days after calving, and did not differ due to differences in days after calving. The DMI was not associated with OSI at 0 days after calving, but it was negatively associated with OSI at 7 days after calving. These results indicate that although the production of peroxides increased with the increase of milk production, the DMI and the antioxidant

capacity also increased, so that the increase of milk production did not affect oxidative stress in this study. Therefore, the difference in the average DMI 6 days after calving among the number of parity observed in this study might not be due to oxidative stress. It is concluded that the oxidative stress has little effect on DMI immediately after calving, but the low DMI would increase the oxidative stress of the cows after calving. Rapid increase in DMI immediately after calving synchronized with increase in milk yield must be important issue for the prevention of the performance deterioration due to oxidative stress in cows after calving.

These experiments demonstrate that the DMI intake immediately after calving is affected by parity number of cows, and that the DMI are easy to be low in the first lactation heifers and cows with a high number of calving. In the case of the first lactation heifers, the DMI immediately after calving is likely to be suppressed by malnutrition in late gestation period and stress around calving. On the other hand, delayed recovery of serum Ca concentration after calving is a limiting factor for the DMI in high parity cows. Since the influential factors affecting the DMI differ between the first lactation heifers and high parity cows, feeding management around calving according to the number of parity is required to enhance the DMI immediately after calving. Moreover, these experiments show that oxidative stress is unlikely to increase even with increased milk production, because the increase in milk yield increases the peroxides production and also increases the antioxidant capacity by increase of feed intake. This implies that the DMI of dairy cows immediately after calving is less susceptible to oxidative stress, and it suggests that increasing the feed intake immediately after calving can reduce the oxidative stress and the risk of metabolic and reproductive disorders due to oxidative stress. These results would contribute to the expand of longevity of dairy cows through reducing the risk of metabolic and reproductive disorders by improving feed intake immediately after calving.

乳牛の個体乳量は年々増加する一方で、徐々に乳牛の生産寿命は減少している。乳牛の生産寿命の短縮は、酪農経営における収益の減少につながる。分娩後、乳量は速やかに増加するが、飼料摂取量の増加は緩やかであり、ほとんどの乳牛が栄養不足に陥いる。分娩後、栄養要求量を満たすことができないと、代謝病や繁殖成績の低下を招きやすくなる。代謝病や繁殖障害は乳牛を淘汰する主な原因である。このため分娩後の飼料摂取量を増やして栄養要求量を満たすことは乳牛の生産寿命の増加にとって重要な課題である。この研究の目的は、乳牛の分娩直後における飼料摂取量に影響を及ぼす要因を明らかにすることであり、3つの試験を実施した。試験1では乳牛の産次が分娩直後の飼料摂取量に及ぼす影響について検討した。試験2では分娩前後のストレスが分娩直後の飼料摂取量に及ぼす影響について検討し、試験3では酸化ストレスが分娩直後の飼料摂取量に及ぼす影響について検討した。

【試験1】ホルスタイン種乳牛83頭を分娩前14日から分娩後7日目まで試験に用い、分娩後の飼料摂取量、乳量、血液成分、体重、分娩スコアを測定した。分娩後7日間の平均乾物摂取量は初産牛と産次数の多い牛で低くなり、摂取量と産次との間には二次曲線の関係が認められた。経産牛に比べ初産牛は分娩前の血清中のタンパク質濃度と乳量が低く、分娩前の血清遊離脂肪酸濃度と分娩スコアが高かった。6産の牛は、分娩後の血清カルシウム濃度の回復が

遅かった。分娩後の乾物摂取量は、血清カルシウム濃度、乳量、分娩前の血清タンパク質濃度と正の相関が、分娩スコア、分娩前の遊離脂肪酸濃度と負の相関が認められた。これらのことから分娩直後の乾物摂取量は初産牛と産次数の多い牛で少なくなるが、その低下の要因は、初産牛と産次数の多い牛では異なることが明らかになった。

【試験 2】ホルスタイン種乳牛 30 頭を用いて分娩難易度が分娩後 6 日間の乾物摂取量におよぼす影響を検討した。分娩難易度は分娩スコアで評価し、ストレスの指標として尿中コルチゾール濃度を測定した。分娩スコアは経産牛よりも初産牛で高く、分娩後 6 日間の平均乾物摂取量は経産牛に比べ初産牛で少なかった。分娩後 4 日目の尿中コルチゾール濃度は経産牛よりも初産牛で高く、分娩スコアとの間に負の相関が認められた。分娩後の乾物摂取量は分娩スコアおよび分娩後 4 日目の尿中コルチゾール濃度との間に負の関係が、分娩後 3 日目の血清カルシウム濃度および乳量との間に正の関係が認められた。これらのことから初産牛の分娩直後の乾物摂取量の少なさ、主に分娩や搾乳などの初体験によるストレスの受けやすさと経産牛に比べ少ないエネルギー要求量に由来すると判断された。

【試験 3】ホルスタイン種乳牛 62 頭を用いて酸化ストレスが分娩直後の乾物摂取量に及ぼす影響を検討した。分娩後 6 日間の乾物摂取量を測定するとともに、体重および乳量を測定した。また、分娩後 0、7、21 日目に採血し、代謝物質を測定するとともに、過酸化物質(ROM)および抗酸化力(BAP)を測定して酸化ストレス度(OSI)を算出した。血清中 ROM 濃度は初産牛で低くなる傾向があり、分娩後 6 日間の平均乳量との間に正の相関が認められた。血清中の BAP 濃度は経産牛に比べ初産牛で低い値を示し、分娩後 6 日間の平均乾物摂取量や平均乳量との間に正の相関が認められた。OSI は分娩後 21 日目以外では、乳牛の産次数の影響を受けず、分娩後日数の違いによる差もみられなかった。分娩日の OSI と分娩後 6 日間の乾物摂取量の平均値との間には有意な相関は認められなかったが、分娩後 7 日目の OSI と分娩後 6 日間の乾物摂取量の平均値との間には負の相関が認められた。これらの結果から、乳量の増加とともに過酸化物質の生成は増加したが、同時に DMI および抗酸化能力も増加したため、乳量が増加しても酸化ストレスは高まらなかったと推察された。このため産次の違いによる乾物摂取量の差は、酸化ストレス以外の要因によってもたらされたと判断された。また、酸化ストレスが分娩直後の乾物摂取量に及ぼす影響は小さいが、分娩後の乾物摂取量が減少すると抗酸化物質の摂取量が減少し、酸化ストレスが高まると推察された。

これらの研究の結果、分娩直後の乾物摂取量は初産牛と産次数の多い牛で少なくなり、初産牛では分娩前の低栄養や難産によって、産次数の多い牛では分娩後の血清カルシウム濃度の回復の遅延によって採食量が抑制されやすいことが示された。さらに乳量の増加とともに過酸化物質の生成は増加するが、同時に DMI および抗酸化能力も増加する。このため酸化ストレスが分娩直後の乾物摂取量に及ぼす影響は小さいが、分娩後の乾物摂取量が減少すると抗酸化物質の摂取量が減少し、酸化ストレスが高まることが示唆された。

## 論文審査の結果の要旨

分娩後の飼料摂取量の増加による栄養要求量の充足は、飼料摂取不足-代謝病・繁殖障害発

症の悪循環を断ち乳牛の生産寿命を増加する上で取り組むべき課題の一つである。学位申請者は分娩直後における飼料摂取量の速やかな増加の重要性に着目し、分娩直後における飼料摂取量に影響を及ぼす要因を明らかにするため延べ 140 頭以上の乳牛を用いて 3 つの試験を実施した。

試験 1 では乳牛の産次が分娩直後の飼料摂取量に及ぼす影響について検討した。分娩後 7 日間の平均乾物摂取量は初産牛と産次数の多い牛で低く、摂取量と産次との間には二次的な関係が認められた。しかし、分娩直後における乳牛の飼料摂取量を抑制している要因は初産牛と高産次牛とは異なり、初産牛では分娩前の栄養状態や分娩難易度が、高産次牛では分娩後の血清 Ca 濃度の回復の遅延が採食量を抑制していることを示した。さらに経産牛に比べ初産牛では分娩直後の飼料摂取量の増加速度が遅く、飼料摂取不足による代謝病・繁殖障害発症リスクが高いことを指摘した。

試験 2 では分娩前後のストレスが分娩直後の飼料摂取量に及ぼす影響について検討した。その結果、分娩スコアおよび分娩後 4 日目の尿中コルチゾール濃度は経産牛よりも初産牛で高く、分娩スコア・尿中コルチゾール濃度と分娩後 6 日間の平均乾物摂取量との間に負の相関が得られた。これらのことから経産牛に比べ初産牛は分娩および分娩後にストレスを受けやすく、ストレスが分娩直後の採食量を抑制していると判断された。

試験 3 では酸化ストレスが分娩直後における乳牛の飼料摂取量に及ぼす影響について検討した。酸化ストレスは過酸化物質および抗酸化力を測定して求めた。乳量の増加に伴い血中の過酸化物質濃度は増加したが、同時に抗酸化力が増加したため、酸化ストレスに対する乳量の影響や乾物摂取量に対する酸化ストレスの影響は認められなかった。また、乾物摂取量の増加に伴い抗酸化力は増加したことから、経産牛よりも分娩後の乾物摂取量の増加速度が遅い初産牛の方が酸化ストレスを受けやすいことが示唆された。

本研究は乳牛の分娩直後の採食量を抑制している要因が乳牛の産次数によって異なることを示すとともに、経産牛に比べ初産牛の方が栄養摂取不足に陥りやすく代謝病や繁殖障害のリスクが高いことを示した。これらの知見は酪農場において不本意な理由による乳牛の淘汰を減少させ、生産寿命の改善に大きく寄与するものと判断された。

本審査委員会は「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

【主論文】

Reshalaitihan, M. and M Hanada. 2019. Influence of calving difficulty on dry matter intake immediately after calving of dairy cows. *Anim. Sci. J.* 90:539-546.

【副論文】

Teramura, M., S. Wynn, M. Reshalaitihan, W. Kyuno, T. Sato, M. Ohtani, C. Kawashima, M. Hanada. 2015. Supplementation with difructose anhydride III promotes passive calcium absorption in the small intestine immediately after calving in dairy cow. *J. Dairy Sci.* 98:8688-8697