

# Metabolic disturbances and their mitigation in long-distance transported steer calves

## (長距離輸送した去勢育成牛における 代謝障害とその低減)

Satoshi Takemoto

(武本 智嗣)

### Chapter I: General introduction (緒論)

ウシの輸送は畜産業における生産システムで欠かせない。特に、日本の肉牛産業では主な繁殖地域と肥育地域が大きく隔たるため、肉用育成牛の長距離輸送が常態化している。肉用育成牛は繁殖農場から家畜市場、競売場、待機場などに順次輸送され、その後、絶食および絶水の状態で、家畜市場から購入者の肥育農場まで家畜運搬用トラックやフェリーを用いて輸送される。

絶食および絶水を伴う輸送は輸送中の体重減少、輸送後の体重増加抑制ならびに疾病への抵抗性低下など肉用育成牛に対して負の影響を引き起こす。絶食および絶水を伴う輸送による体重減少量は、絶食および絶水のみによる体重減少量に比べ大きいので、絶食および絶水だけでなく、輸送自体も体重減少に関与している。また、輸送中の体重減少により肥育農場での飼育期間が発生し、肥育農家における経済損失を招くので、体重が回復するまでの期間の短縮は経済損失を軽減することになる。絶食を伴う長距離輸送はエネルギー不足を引き起こし、子牛の血液中グルコース濃度の減少および $\beta$ -ヒドロキシ酪酸濃度の上昇が生じる。また、絶食および絶水を伴う長距離輸送により、血清中塩素濃度が輸送3日目に減少する、血漿中クレアチンキナーゼ活性が輸送後7日間増加する、血漿中脂質過酸化指標物質が輸送後6日間増加するなど、輸送後3日間を越えても生理的变化が持続することも報告されている。また、輸送中や輸送後の飼育環境の変化によって、血漿中コルチゾール濃度が増加する。血漿中コルチゾール濃度の増加は、血漿中遊離脂肪酸濃度、尿素濃度を上昇させるので、絶食および絶水を伴う輸送は心理的变化を介して代謝に影響している

可能性がある。これら変化は、輸送中の体重減少や輸送後の体重増加および健全性に影響していると考えられる。絶食および絶水を伴う長距離輸送による代謝障害の程度や回復するまでの期間の短縮、輸送中の体重減少および輸送後の体重増加抑制を低減させる方法に関する研究は肥育農家にとって関心が高い。

代謝産物濃度は輸送に対する反応の最終結果を反映しているので、絶食および絶水を伴う輸送による悪影響を軽減するための代謝障害を理解する上での手掛かりとなる。また、絶食および絶水を伴う輸送により不足した特定の代謝産物の給与は輸送中の体重減少や輸送後の体重増加抑制を軽減させる可能性がある。

前述したように、絶食および絶水を伴う輸送により血液性状が変化したとする報告は多くあるが、不足する栄養素に関する報告が乏しいので、輸送による悪影響を軽減させる栄養素の探索の手がかりとして利用できる情報が少ない。絶食および絶水を伴う輸送によって不足する栄養素の特定や輸送による体重減少、輸送後の体重増加抑制を軽減させる栄養素を給与する最善の方法を探索することが必要である。

本論文では、絶食および絶水を伴った長距離輸送による去勢育成牛における代謝障害を調査し、その結果、不足していると考えられたナイアシンやコリンを、第一胃内での分解を抑えた製剤として給与し、絶食および絶水を伴う輸送による悪影響を低減するかを明らかにすることを目的とした。

## Chapter II: Effect of long-distance transportation on serum metabolic profiles of steer calves (去勢育成牛の血清代謝プロファイルにおける長距離輸送の影響)

6頭ホルスタイン種去勢育成牛を供試し、絶食および絶水を伴う輸送が血清代謝プロファイルに及ぼす影響を調査した。ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて、血清中水溶性低分子代謝産物濃度の網羅的半定量解析を行った。38種の血清中水溶性低分子代謝産物が輸送により変化した。パスウェイ解析から、輸送の影響を受けた代謝経路として、輸送直後では26経路、輸送3日後では10経路、輸送7日後では10経路が選択された。輸送直後に変化した経路の一部は絶食や絶水の影響を受けたと考えられるが、給餌と給水は輸送後から再開したので、輸送3日および7日後まで持続的に変化した代謝経路については、絶食や絶

水の直接的な影響を受けなかったと考えられた。ニコチン酸およびニコチンアミド代謝、クエン酸回路は輸送3日後まで変化し、プロピオン酸代謝、フェニルアラニンおよびチロシン代謝、スフィンゴ脂質代謝は試験期間中変化が持続した。β-アラニン代謝、タンパク質合成、ピリミジン代謝、ミトコンドリア電子伝達系は、輸送直後に変化しなかったものの、3日後以降に変化が認められた。

これらの結果から、輸送により多くの代謝が変化することが明らかになった。特に、血清中ニコチンアミド濃度は輸送3日後まで低下し、ナイアシン不足が生じている可能性が示された。また、血清中メチオニン濃度が輸送後一時的に低下し、ホスホエタノールアミン濃度が輸送後7日間継続して高値となったことから、コリン不足が生じている可能性も示された。

### Chapter III: Effect of a rumen-protected niacin supplementation in long-distance transported steer calves (長距離輸送した去勢育成牛における第一胃内保護ナイアシン補給の影響)

黒毛和種去勢育成牛に対する第一胃内保護ナイアシン製剤補給が絶食および絶水を伴う長距離輸送による悪影響を低減するか検討した。またあわせて、去勢育成牛に対する絶食および絶水のみ悪影響も検討した。試験1では、12頭の育成牛を2日間の絶食および絶水する群と対照群に割り当てた。試験2では、10頭の育成牛を2日間の絶食および絶水とともに輸送する群、絶食および絶水とともに輸送し第一胃内保護ナイアシンを100 g/日/頭補給する群に割り当てた。各試験とも体重の測定および採血を32日間行った。輸送しなかった育成牛に対する絶食および絶水は、一時的に体重を減少させるとともに血清中グルコース濃度を低下させた。絶食および絶水とともに輸送した育成牛では、一時的な体重の減少および血清中アルブミン濃度の低下、ならびに持続的な血清中グルコース濃度および総コレステロール濃度の低下が認められた。ナイアシン補給は血中ナイアシン濃度を上昇させるとともに、一時的な体重の減少と血清中アルブミン濃度の低下、血清中グルコース濃度および総コレステロール濃度の持続的な低下を低減した。去勢育成牛において、第一胃内保護ナイアシン補給は体重および血清中肝臓機能指標に対する絶食および絶水を伴う輸送の悪影響を低減する可能性が示唆された。

#### Chapter IV: Effect of a rumen-protected choline supplementation in long-distance transported steer calves (長距離輸送した去勢育成牛における第一胃内保護コリン補給の影響)

黒毛和種去勢育成牛に対する第一胃内保護コリン製剤補給が絶食および絶水を伴う長距離輸送による悪影響を低減するか検討した。10頭の育成牛を絶食および絶水とともに約1.5日間輸送し、第一胃内保護コリンを輸送前から輸送後7日間まで100g/日補給する群と無補給の群(対照群)を設けた。輸送1日後から両群の血清中コリン濃度は上昇したが、輸送1日後から7日後までコリンを補給した群では血清中コリン濃度はより高かった。輸送直後と1日後の血清中メチオニン濃度はコリンを補給した群ではより高かった。両群とも、輸送期間中に体重は急激に減少し、その後一時的な著しい体重の回復が認められたが、試験期間を通じた体重増加はコリンを補給した群ではより多かった。以上より、第一胃内保護コリン補給は長距離輸送による体重および血清中メチオニン濃度に対する悪影響を低減させる可能性が示された。

#### Chapter V: Conclusion (結論)

本論文では、第一に、絶食および絶水を伴う長距離輸送前後にホルスタイン種去勢育成牛から採血し、血清中水溶性低分子代謝産物濃度の網羅的半定量分析を行ったところ、輸送により血清中ニコチンアミド濃度が低下したことから、ナイアシン不足が生じている可能性があること、血清中メチオニン濃度が一時的に低下し、ホスホエタノールアミン濃度が輸送後7日間上昇したことから、コリン不足が生じている可能性があることを示した。第二に、黒毛和種去勢育成牛に対する第一胃内保護ナイアシン補給は、絶食および絶水を伴う長距離輸送による体重増加抑制および血清中肝臓機能指標の異常を軽減することを明らかにした。第三に、黒毛和種去勢育成牛において、第一胃内保護コリン補給は絶食および絶水を伴う長距離輸送による体重増加抑制を軽減することを示した。

絶食および絶水を伴う長距離輸送により生じる体重増加抑制を、第一胃内保護ナイアシンやコリン補給が軽減することを示した本論文は、肉用牛の生産性改善に寄与する。