

ヒツジの輸送時における福祉とその評価

菅原静人・植竹勝治・江口祐輔*・田中智夫

麻布大学大学院獣医学研究科, 相模原市 229-8501

* 現所属: (独)農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター, 大田市 694-0013

(2008年11月11日受理)

はじめに

近年, 消費者の動物福祉への関心が増すとともに, 学界のみならず, 行政機関, 生産者団体においても動物福祉の考えが世界的に広まってきている¹⁾。動物福祉は, 輸送においても重要視されており, EU では法的に規制されている²⁾。ヒツジについてみると, EU, オーストラリア, ニュージーランドなどヒツジの飼育が盛んな国々において, 輸送車両の性能および道路状態の向上などの理由から, 長距離で長時間の輸送も増加した。輸送時の飢餓, 脱水, 怪我, 疾病, 疲労, ストレスの増加は, 福祉面だけでなく経済的にも損失が大きい。ヒツジは他の家畜に比べ輸送に伴う死亡率が低いために研究が遅れたが, 1990年代からヒツジの生体輸送時の福祉についての研究が増えてきている³⁾。そこで, 本報では, 1990年以降の比較的新しいヒツジ輸送についての研究から, 輸送の影響およびその評価指標についてまとめ, 提供することを目的とした。

輸送時のストレスとその評価指標

KNOWLES³⁾ および植竹ら⁴⁾ は, 輸送時のストレスを計測する生理指標および行動を以下のようにまとめている。

身体的ストレスの指標としては, 血中クレアチンキナーゼ (CK) 濃度や血中乳酸濃度が使用され

ている。CK と乳酸は, 運動した際に血中に放出される。輸送時の飢餓と脱水を計測する生理指標としては, 体重の減少, 血中グルコース濃度, 血中遊離脂肪酸濃度, 血中アルブミン濃度, 血中尿素濃度, 血中 β -ヒドロキシ酪酸濃度, 血中総タンパク質濃度, 血中血球濃度 (PCV), 重量オスモル濃度が使用されている。また, 血中遊離脂肪酸と血中グルコース濃度は, 抗ストレス反応の指標としても用いられる。心拍数の増加および血中カテコールアミン濃度と血中コルチゾール濃度の増加は, 動物の抗ストレス反応の指標として使用されている。輸送中に発現する行動は, 外傷の原因や疲労, ストレスの程度を知る指標として使用されている。

次に, 輸送行程ごとにその影響についてみてみる。

積み込みと積み下ろし時

積み込み, 積み下ろしは, 輸送時に最もストレスが負荷される場面である。両場面では, 心拍数の増加および血中コルチゾール濃度の増加が報告されている^{5,6)}。

BROOM ら⁵⁾ は, 輸送の有無に関わらず, 運搬車への積み込みにより血漿コルチゾール濃度の増加と心拍数の増加を報告している。PARROTT ら⁶⁾ は, 傾斜路とリフトによる積み込みの違いの影響を調査した。その結果, 血漿コルチゾール濃度は, 傾

Jpn. J. Sheep Sci., 45 : 20-29. 2008

Animal welfare in transit and its evaluation in sheep

Shizuto SUGAWARA, Katsuji UETAKE, Yusuke EGUCHI* and Toshio TANAKA

Graduate School of Veterinary Science, Azabu University, Sagamihara-shi 229-8501, Japan

* National Agriculture and Food Research Organization, Western Region, Ōda-shi 694-0013, Japan

斜路およびリフト使用時に上昇したが、心拍数はリフト使用時にのみ有意に増加した。ただし、傾斜路で心拍数の有意な増加が見られなかったのは、サンプル数が少なかったからだとしている。PARROTT ら⁷⁾は、毛刈りしたヒツジと毛刈りをしていないヒツジで積み込み時の生理反応を計測した。毛刈りの有無に関わらず、心拍数および血漿コルチゾール濃度が増加し、毛刈りをしていない区ではCK濃度の増加が確認されており、CK濃度の増加は積み込み時の毛を引っ張ることなどをやめることで避けることができるとしている。

JARVIS と COCKRAM⁸⁾は、積み込みおよび積み下ろし時に外傷の原因となる3,116回の行動を確認している。外傷の原因となる行動の割合は、乗駕が81.5%、転倒が3.7%、構造物への衝突が2.7%であったと報告している。

輸 送 中

積み込みや新奇ストレス、社会的隔離の影響により、輸送初期において、心拍数の増加⁹⁾やコルチゾール濃度の上昇^{5,9-11)}が報告されている。COCKRAM ら¹²⁾は、運搬車への積み込みはするが輸送はしない区と輸送する区を比較した結果、処理中、一貫して輸送区の方が血漿コルチゾール濃度が高かったとしており、BROOM ら⁵⁾も輸送をした区と絶食絶水をした区を比較した結果、輸送をした区が血漿コルチゾール濃度が高かったとしている。

輸送中のヒツジは絶食・絶水状態になるため、体重の減少がおきることが報告されている^{5,10)}。KNOWLES ら¹²⁾は、14時間輸送と9時間輸送をした子ヒツジと自由摂食・飲水状態で休息場にいた子ヒツジとで体重を比較した。体重の減少率は、輸送区が約6.7%、休息場区が1.5%で有意な差があり、特に夏季の減少率が大きいことを明らかにしている。また、KNOWLES ら¹⁴⁾は、24時間輸送により7.4%、15時間輸送で6.4%体重が減少したことを報告している。PARROTT ら⁷⁾は、毛刈りしていないヒツジと毛刈りしたヒツジとで体重の減少を比較している。体重の減少は、毛刈りの有無による差は見られなかったが、畜肉量が毛刈りしていないヒツジで多かったことを報告している。

血漿遊離脂肪酸濃度は輸送中に上昇することが

報告されている^{9,13)}。COCKRAM ら¹²⁾は、輸送を行わず自由摂食・飲水をすることができた子ヒツジと輸送を行った子ヒツジの血中遊離脂肪酸濃度を比較し、輸送を行った子ヒツジが輸送開始12時間で有意に濃度が高いことを明らかにした。また、COCKRAM ら¹¹⁾は、15時間の連続輸送中、輸送をした子ヒツジで、自由摂食・飲水できた子ヒツジよりも有意に濃度が高かったことを明らかにしている。

血漿グルコース濃度は、輸送開始後数時間で上昇を示し、その後、減少することが報告されている。KRAWCZEL ら¹⁵⁾は、31時間連続輸送のヒツジへの影響を調査した。その中で、血漿グルコース濃度において処理と時間の交互作用がみられ、連続輸送の輸送中に濃度が有意に上昇することを報告した。彼らは、血漿グルコース濃度の減少、血中総ビルブミン濃度および血中尿素濃度の上昇から、連続31時間輸送のヒツジでは絶食による影響があることを明らかにした。

血漿β-ヒドロキシ酪酸濃度は、輸送により上昇することが報告されている^{12,14)}。KNOWLES ら¹⁶⁾は、血漿β-ヒドロキシ酪酸濃度が輸送中に上昇することを示し、特に夏場での平均上昇値が高いことを明らかにした。

血中尿素濃度は、輸送中に上昇することが報告されている¹⁵⁾。COCKRAM ら¹¹⁾は、輸送した子ヒツジが、輸送を行わずに摂食・飲水できた子ヒツジよりも血中尿素濃度が高いことを明らかにし、KNOWLES ら¹⁶⁾は、血中尿素濃度が輸送中に上昇し、特に夏場での上昇が大きかったことを明らかにしている。血漿中アルブミン濃度は、輸送中に上昇することが報告されている^{14,17)}。KNOWLES ら¹⁶⁾は、輸送時の血漿中アルブミン濃度の上昇に収容密度と季節の交互作用が見られたとしているが、夏と冬において血漿中アルブミン濃度はともに上昇しており、変化に差が無いため注目すべき内容ではないとしている。

血漿総タンパク質濃度は、輸送中に上昇することが報告されている^{14,17)}。KNOWLES ら¹⁶⁾は、血漿総タンパク質濃度が輸送開始後12時間で上昇し、変化は夏期と冬期で同様なパターンを示したが、冬期での上昇値が夏期よりも高いことを明らかにした。PCVは、輸送中に上昇することが報告され

ている⁶⁾。KNOWLES ら¹⁶⁾は、輸送中に血漿総タンパク質濃度、血漿アルブミン濃度、PCV が上昇したことを示し、輸送中のヒツジが脱水状態であることを示した。PARROTT ら⁷⁾は、毛刈りの有無に関わらず、輸送開始初期において大幅な PCV の上昇とその後の下降を報告している。KNOWLES ら¹³⁾も輸送直後に PCV は上昇するが、輸送中には下降したことを報告している。重量オスモル濃度は、15 時間の輸送では減少することが報告されており^{5,13)}、短時間での輸送では脱水状態にはならないとされている。KNOWLES ら^{14,17)}は、24 時間の輸送において重量オスモル濃度が上昇することを明らかにし、連続 24 時間輸送により子ヒツジが脱水状態になるとしている。

また、輸送中での CK 濃度の上昇が報告されている¹⁵⁾。PARROTT ら⁷⁾は、毛刈りしていない子ヒツジにおいて、輸送開始 14 時間後の CK 濃度が高く、積み込みおよび輸送初期に有意に上昇すること、群間比較から毛刈りした子ヒツジが毛刈りしていない子ヒツジよりも有意に濃度が高いことを明らかにしている。また、JARVIS ら¹⁸⁾は、打撲と CK 活性に相関があることを報告している。

輸送中の免疫低下に関する報告は少ない。KRAWCZEL ら¹⁵⁾は、22 時間の輸送の連続輸送区と EU の福祉規準通りに休息を入れた 22 時間の輸送区と放牧場で飼育し給餌給水が行われた対照区の 3 区と比較した。IgG 濃度は、休息の有無に関わらず、輸送後に輸送区が対照区よりも有意に低い値となり、IgM 濃度も有意ではなかったものの輸送後に対照区よりも低い値になったことを明らかにし、輸送により子ヒツジの免疫機能が低下することを明らかにした。

ヒツジは、輸送中に伏臥位に費やす時間が少ないことが報告されている^{5,19)}。COCKRAM ら²⁰⁾は、輸送前に放牧場で飼育されていた子ヒツジが、ペン内で飼育されていた子ヒツジよりも輸送中に伏臥位にいることが少なかったことを報告している。また、COCKRAM ら²¹⁾は、高速道、一般道、田舎道の 3 種の道路種における伏臥位時間割合を比較し、高速道が他の道路種よりも有意に伏臥位に費やす時間割合が多く、リラックスした状態であったこと、伏臥位の障害の 49% がアクセルやブレーキ、曲がり角などの運転状況の変化である

ことを報告している。反芻は伏臥位と同様、輸送中にはあまり観察されないことが報告されており⁵⁾、COCKRAM ら¹⁰⁾は、輸送中、輸送前に比べ反芻に費やす時間が減少したことを報告している。COCKRAM ら²⁰⁾は、反芻に費やす時間が高速道において一般道および田舎道よりも多く、その障害の 39% がアクセルおよびブレーキ、曲がり角などの運転状況の変化によるものであったことを明らかにしている。輸送車内での移動は、輸送中はほとんど観察されないことが報告されている¹⁰⁾。COCKRAM ら²¹⁾は、高速道において一般道および田舎道よりも移動の回数が多いことを明らかにし、伏臥位および反芻が増加すると移動が減少するとしている。輸送中のヒツジの体の向きは、COCKRAM ら¹⁰⁾の報告では、進行方向を前方として、前方（斜め前を含む）、後方（斜め後方を含む）、横が同程度の割合であり、COCKRAM ら²¹⁾の報告では、立位時に後方および横を向いていることが多かったことを報告している。輸送中の外傷の原因となる行動として、バランスを崩す、滑る、転倒、衝突、乗駕、弾む、頭突きが観察されている。COCKRAM ら¹⁰⁾は、輸送を行った区の方が、積み込みはするが輸送しない区との比較において、バランスを崩す、滑る、乗駕、弾む回数が有意に多いことを報告している。COCKRAM ら²¹⁾は、バランスを崩す回数が高速道よりも一般道および田舎道において有意に多かったこと、バランスを崩すことの 82% がアクセルやブレーキなどの運転状況の変化によるものであることを明らかにしている。また、同報告において、頭突きが高速道よりも一般道および田舎道で多く、運転者の違いにより回数が違うことも明らかにしている。

輸送途中での休息の効果

COCKRAM ら¹²⁾は、運搬車から積み下ろしての 12 時間休息、3 時間休息、運搬車内での 3 時間休息の 3 区を比較することにより、休息時間と休息場所での子ヒツジの行動および生理的变化を比較している。休息場所に関わらず、3 時間の休息では、そのほとんどの時間を摂食行動に費やしたのに対し、積み下ろしての 3 時間休息の方が、運搬車内での休息よりも摂食行動が多かったが、摂食量は、休息場に関わらず、3 時間休息が 12 時間休

息よりも有意に少ないことを示した。PARROTTら⁷⁾は、毛刈りした子ヒツジと、毛刈りしていない子ヒツジを輸送し比較している。彼らは、1時間の休息中において毛刈りした子ヒツジは、与えられた濃厚飼料を休息開始10分で消費し、その後のほとんどの時間を乾草の摂食に費やしており、毛刈りしていない子ヒツジは濃厚飼料を消費するのに35分かかったものの、休息開始10分から乾草の摂食を始めていたことを示している。COCKRAMら¹²⁾は、休息の時間に関わらず、血漿 β -ヒドロキシ酪酸濃度と血漿遊離脂肪酸濃度は休息後の輸送において上昇するものの、休息中に減少することを示し、KNOWLESら¹⁴⁾も有意では無かったものの2時間の休息中に血漿 β -ヒドロキシ酪酸が減少したことを示している。

COCKRAMら¹²⁾は、休息場に関わらず、3時間休息が12時間の休息よりも飲水量が有意に少ないことを示し、休息中に初めて飲水するまでに要した時間は 66 ± 7.7 分であったが、積み下ろしのあった3時間休息区では8%の子ヒツジが、運搬車内3時間休息区では25%の子ヒツジが飲水を行わなかったことを示した。また、PARROTTら⁷⁾も毛の有無に関わらず、1時間の休息中に水に興味を示す子ヒツジはわずかであり、飲水を行った子ヒツジは毛刈りしていない子ヒツジのみであったことを報告している。COCKRAMら¹²⁾は、休息3区の休息終了時のオスモル重量濃度が、連続輸送区よりも有意に低いことを示し、休息場に関わらず、3時間休息区が12時間休息区よりも重量オスモル濃度が高いことを示した。

COCKRAMら¹²⁾は、休息場に関わらず、3時間の休息において、最初の2時間を立位で摂食に費やしていること、3時間の休息における最後の1時間において、積み下ろしのあった3時間休息区では35%のヒツジが、運搬車内3時間休息区では2%の子ヒツジが伏臥位でいたことを示した。また、PARROTTら⁷⁾は、1時間の休息区において、毛刈りしていない子ヒツジでは移動が少し見られ、休息行動も僅かであるが見られたのに対し、毛刈りした子ヒツジでは移動がほとんど見られず、休息行動がまったく見られなかったことを示している。

COCKRAMら¹²⁾は、休息時の血漿CK濃度に休

息の効果は見られなかったものの、連続輸送区のみが輸送開始後12時間以降の血漿CK濃度が輸送を行わなかった対照区と比べ有意に高かったことを示し、休息後の輸送において、積み下ろしのあった3時間休息区が運搬車内3時間休息区よりも有意に濃度が低かったことも示した。KNOWLESら¹⁴⁾は、2時間の休息において、血漿CK濃度が休息中に低かったことを報告している。COCKRAMら¹²⁾は、休息場に関わらず、3時間休息区が、12時間休息区および連続輸送区に比べ心拍数が高かったことを示している。

COCKRAMら¹²⁾は、連続輸送区が休息のあった区よりも有意に血漿コルチゾール濃度が高かったことを示し、また、休息後の輸送において、連続輸送区および運搬車内3時間休息区が12時間休息区よりも有意に濃度が高かったことを示した。また、PARROTTら⁷⁾は、休息後の積み込み時に少しではあるが血漿コルチゾール濃度の上昇を報告している。

輸送後の回復

KNOWLESら¹³⁾は、輸送後24時間で短期的なストレスの回復が行われ、96時間でほぼ全ての代謝物の安定がおき、144時間で完全な回復となるとして、ヒツジにおける輸送後の回復期が3期に分かれていることを報告した。彼らは、血漿コルチゾール濃度が、輸送後の24時間で急激に減少し、48時間後に安定したことを報告している。HORTONら²²⁾も、血漿コルチゾール濃度が輸送後、通常管理をしていた対照区よりも有意に高かったことを示し、対照区と同じ値になるまでに5日間かかったことを報告している。一方、KNOWLESら^{13,16)}は、血漿グルコース濃度が、輸送直後に減少を始め、48時間で安定ないし輸送前の値に戻ることを報告している。しかし、HORTONら²²⁾は、血漿グルコース濃度は、対照区が絶食絶水区と輸送区よりも濃度が高く、処理後2日目までは絶食絶水区が輸送区よりも濃度が高い結果を得ており、輸送により濃度の低下が引き起こされているとしている。

血漿 β -ヒドロキシ酪酸濃度および血漿遊離脂肪酸濃度は、輸送48時間で安定することが報告されている^{13,16)}。COCKRAMら²⁰⁾は、子ヒツジを輸送した前後で脱水を示す生理指標および血漿 β -

ヒドロキシ酪酸および血漿遊離脂肪酸濃度に輸送前後の環境の変化による影響は無いことを示している。KNOWLES ら¹³⁾ は、血漿尿素濃度が輸送後 24 時間で最高値となるが 48 時間で減少することを報告している。HORTON ら²²⁾ も輸送後 3 日目、4 日目、7 日目の血漿尿素ニトロジェン濃度において、対照区が絶食および輸送区よりも高かったことを示し、血漿尿素濃度には高タンパク質飼料を摂取することで上昇することから、それによる影響であるとしている。KNOWLES ら¹⁴⁾ は、血漿総タンパク質濃度と重量オスモル濃度が輸送後 24 時間後に減少し、安定することを報告している。血漿アルブミン濃度と PCV は、KNOWLES ら¹⁶⁾ は 48 時間で安定したとしているが、HORTON ら²²⁾ は輸送後 1 週間において両濃度ともに、対照区よりも絶食絶水区と輸送区で高かったとしている。

体重の回復については、KNOWLES ら^{13,14,16)} が報告しており、最も早い回復で 24 時間であり、遅い場合には 72~96 時間で回復を示している。HORTON ら²²⁾ は、輸送後のヒツジの健康状態として、直腸温および糞性状を計測した結果、直腸温は処理後 3 日目において輸送区および絶食・絶水区が高かったことを示し、糞性状は処理後 1 週間、輸送区および絶食・絶水区の方が悪かったと報告している。しかし、KNOWLES ら¹⁶⁾ は、輸送後の直腸温は輸送したヒツジの方が夏季および冬季に関わらず、低くなっており、48 時間後においても冬季では輸送前の値に戻ったものの、夏季においては戻らなかったことを報告しており、この理由として、実験に使用したヒツジが毛刈りされていたからであるとしている。

輸送直後のヒツジの摂食および飲水は、輸送前に比べて少ないことが報告されている。HORTON ら²²⁾ は、処理後 1 週間において、輸送区および絶食・絶水区の方が対照区よりも低く、処理後 28 日間の摂食量合計も輸送区および絶食・絶水区よりも低いことを明らかにしている。KNOWLES ら^{13,16)} も輸送後 1 日目の摂食量および回数が輸送前よりも低いことを報告している。また、COCKRAM ら²⁰⁾ は、輸送の有無に関わらず、放牧場からペン内飼育に移行したヒツジが、同ペン内飼育で移行の無かったヒツジよりも処理後 12 時間において乾草を食べることに費やす時間が有意に少なかったこ

と、放牧場から輸送後に見知らぬ放牧場に移行したヒツジが輸送も無く同放牧場で飼育されたヒツジよりも有意に食草行動の割合が低いことを報告している。HORTON ら²²⁾ は、処理後に給餌給水されたその日にヒツジは飲水したが、処理後 2~6 日間における 1 日当たりの飲水量は、輸送区および絶食絶水区が対照区よりも有意に低いことを報告しており、KNOWLES ら¹³⁾ も輸送後 1 日目の飲水量が輸送前に比べて低いことを報告している。また、COCKRAM ら²⁰⁾ は、輸送後に同放牧場に戻ってきたヒツジの方が、同ペン内に戻ってきたヒツジよりも飲水回数が多いことを報告している。

輸送による外傷

JARVIS と COCKRAM²³⁾ は、輸送された 79 群のヒツジから外傷性の出来事と外傷箇所を記録すると同時に外傷の評価を行った。その結果、合計で 1,598 回 (0.71 ± 0.05 回/頭) の外傷性の出来事を記録し、合計で 731 個 (0.25 ± 0.02 個/頭) の外傷を記録した。著者らは、外傷性の出来事の回数において、扱い、輸送の有無、収容面積、輸送距離などにおいて、多くの交互作用が見られたことを報告している。また、外傷性の出来事の回数と外傷の総数に有意な関連性を報告している。

COCKRAM と LEE²⁴⁾ は、子ヒツジが母ヒツジより、市場から来たヒツジが牧場から直接屠畜場に来たヒツジよりも有意に外傷数が多かったことを報告している。JARVIS と COCKRAM⁸⁾ は、市場において外傷性の出来事の回数を測定した。その結果、市場でみられた外傷性出来事の 12.1% が扱いによるものであり、81.5% が乗駕、3.7% が転倒、2.5% が構造物にあたる、0.2% が頭突きであることを報告している。JARVIS ら¹⁸⁾ は、遠い市場から来たヒツジが、近くの市場から来たヒツジと牧場から来たヒツジよりも CK 活性が高く、CK 活性と打撲の総数には相関があったことを報告している。KNOWLES ら²⁵⁾ は、外傷のあったヒツジの頭数が、牧場から来たヒツジよりも市場から来たヒツジの方が多かったこと、毛刈りしていないヒツジの方が、毛刈りしたヒツジより、また、標準体重のヒツジよりも軽いヒツジの方が外傷数が多かったことを報告している。

輸送時の収容面積

COCKRAM ら¹⁰⁾ は、輸送中における4つの収容面積 ($0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.27 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.31 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.41 \text{ m}^2/\text{頭}$) の影響を調査している。心拍数および血漿CK濃度は最も狭い $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ において他の収容面積よりも高いことや、有意ではないが血漿コルチゾール濃度が $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ で他の収容面積よりも高いことを報告している。また、重量オスモル濃度では、 $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ と $0.27 \text{ m}^2/\text{頭}$ が $0.31 \text{ m}^2/\text{頭}$ と $0.41 \text{ m}^2/\text{頭}$ よりも高く、血漿 β -ヒドロキシ酪酸濃度では、 $0.31 \text{ m}^2/\text{頭}$ が他の収容面積よりも値が高いことを報告している。輸送後の体重の増加は、 $0.31 \text{ m}^2/\text{頭}$ が $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ よりも良いことを明らかにしている。行動においては、輸送開始後3時間では伏臥位に費やす時間割合が全ての収容面積において同程度であったが、輸送開始後3時間以降での時間割合は $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ が他の収容面積よりも有意に低く、バランスを崩す回数や転倒の回数は $0.22 \text{ m}^2/\text{頭}$ が $0.27 \text{ m}^2/\text{頭}$ と $0.41 \text{ m}^2/\text{頭}$ よりも有意に少ないことを報告している。

KNOWLES ら¹⁶⁾ は、輸送中の4つの収容密度 ($0.448 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.513 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.602 \text{ m}^2/\text{頭}$, $0.769 \text{ m}^2/\text{頭}$) を比較している。夏季において、 $0.448 \text{ m}^2/\text{頭}$ が他の収容面積よりも直腸温の減少が低いことや血漿グルコース濃度が高いこと、血漿コルチゾール濃度が $0.448 \text{ m}^2/\text{頭}$ では減少し、 $0.769 \text{ m}^2/\text{頭}$ では上昇したことを報告している。冬季において、 $0.769 \text{ m}^2/\text{頭}$ が血漿 β -ヒドロキシ酪酸濃度および血漿遊離脂肪酸濃度の上昇が大きく、 $0.448 \text{ m}^2/\text{頭}$ では血漿CK濃度が有意に高くなり、血漿遊離脂肪酸濃度の上昇が大きいこと、また、血漿コルチゾール濃度が $0.769 \text{ m}^2/\text{頭}$ および $0.448 \text{ m}^2/\text{頭}$ で有意に上昇したことを報告している。行動では、輸送後24時間における立位割合が収容面積が広くなるにつれて低くなることも明らかにしている。

輸送時の振動と騒音

COCKRAM ら²¹⁾ は、輸送時の子ヒツジに対する輸送者(2人)と道路種(高速道, 一般道, 田舎道)の影響について調査している。その結果、輸送時の外傷性出来事の回数や姿勢に輸送者および道路種による違いのあることを明らかにしている。彼

らは、一般道および田舎道において高速道よりも急なブレーキの回数が有意に多くなることを示すとともに、輸送者の運転の荒い時や一般道および田舎道での子ヒツジのバランスを崩す回数の増加、伏臥位時間割合の低下を示し、運転者は安全な運転を心がけ、ブレーキの回数が少なくなるような道選びが必要であるとしている。

RUIZ-DE-LA-TORRE ら²⁶⁾ は、砂利道が高速道よりも有意に急なブレーキが増加することを報告している。砂利道において、心拍数の増加および血漿コルチゾール濃度が上昇することからストレス負荷が大きいことを明らかにすると同時に、荒い運転の輸送後24時間後における屠体の肉質がDFDの特徴を示していたことから、荒い運転が肉質の低下をもたらしているとしている。また、HALL ら²⁷⁾ は、荒い運転時に唾液中コルチゾール濃度の上昇を報告しており、BRADSHAW ら²⁸⁾ も同様の報告をしている。

HALL ら²⁹⁾ は、5つの異なる輸送条件から輸送時における騒音と振動のヒツジへの輸送を調査している。その結果、揺れ(加速度)の回数と心拍数に正の相関があり、特に道の状態が悪い状態では収容密度が低いと影響が大きいことを明らかにしている。また、騒音の大きさと心拍数の間にも正の相関があることを示し、輸送時間の経過にともない心拍数の減少するものの騒音が大きくなると心拍数が高くなることも明らかにしている。揺れと騒音では、揺れの方が心拍数に大きな影響を及ぼしていることも明らかにしている。これらのことから、輸送中の揺れは、輸送中の怪我の可能性を上げるだけでなく、輸送中のヒツジに対してストレスを負荷するものであり、騒音の増加もヒツジに対して少なからずストレスを負荷するものであると言える。

輸送車内の温度と湿度

FISHER ら³⁰⁾ は、輸送時の車内温度および湿度を計測している。温度および湿度は、フェリー輸送時も含め、停車中に上昇することを明らかにし、特にフェリー輸送時での高湿度により、ヒツジの熱放散を阻害し、悪影響を与えるとしており、輸送車の停車場所を空気の還流が良い状態にすべきであるとしている。KNOWLES ら⁹⁾ は、輸送

時温度 20℃ 未満の状態での輸送時において、血漿総タンパク質濃度、血漿アルブミン濃度、血漿重量オスモル濃度の変化から、脱水状態は起きていないとしている。

ま と め

ヒツジは、人による扱いおよび輸送開始初期に大きなストレス負荷を受けている。市場や積み込み積み下ろし時の扱いが粗悪になることにより、ヒツジに対しストレス負荷が大きくなるだけでなく、怪我の可能性を増加させるものであり、ヒツジの扱いを良くすることで輸送時における福祉性が改善される。また、ヒツジは長時間・長距離の輸送に対して比較的耐性が強く、死亡率が低いものの絶食・絶水の影響を免れることはできず、これらを軽減することは重要である。輸送中の休息および輸送後の行動および生理指標の変化から、短い休息は効果をもたらさず、逆に不利益であると言える。短い間隔での積み下ろしおよび積み込みによる身体的ストレスや摂食に時間を割くことにより飲水ができないことによる脱水状態の悪化などが起きる。WARRISS ら³¹⁾ は、イングランドにおけるヒツジの輸送時間および屠畜場での係留時間を2つの屠畜場において報告している。今後、日本においても輸送時間や輸送距離と生理変化や行動との関連性を調査することで、輸送時における適切な休息間隔および休息時間を決定していけると考えられる。

多くの研究者が、収容面積の増加により外傷要因となる出来事の増加が見られるものの、輸送中の収容面積は最低限、ヒツジが伏臥位で過ごすことのできる面積を提供すべきであるとしている。しかし、最適な収容面積の見解ははまだ統一されていない、今後、輸送時の環境を考慮すると同時にヒツジの行動および生理を詳しく調査していく必要がある。

砂利道、一般道、田舎道ならびに高温多湿下での輸送時のストレス軽減は、重要である。日本では、道路の舗装が進み、砂利道はほとんど見られないものの、日本特有の地形である山間部での急な曲がり角や夏季における高温多湿な気候など、国内において輸送時に影響すると考えられるこれらの要因の影響の把握およびそれらの要因の軽減

は、福祉的および生産的な重要な項目である。

FAHMY と GUILBAURT³²⁾ は、雌ヒツジに対する輸送の影響を調査している。その結果、発情に対する輸送の影響は無いとし、過去の研究と比較して新奇環境に移動することの方が大きな影響であるとしている。しかしながら、24 時間以上の輸送を行った BRADEN と MOULE³³⁾ の研究では卵巣ホルモンに対する影響が出ていたことから、長距離の輸送では影響が出る可能性がある。今後、国内においても、各発育および生産段階における輸送の影響を調査していく必要があると言える。

動物福祉の具現化が進む EU における家畜輸送時の福祉規則が記載されている European Communities Regulations 2006²⁾ には、積み込み積み下ろし時の扱い、輸送中に拘束の有無、休息の間隔と時間、収容面積、換気装置の設置など、多くの項目がもりこまれている。今後、日本においても、これらの項目について広く輸送時のヒツジへの影響を調査することで、家畜福祉性の改善と具現化を目指した国内における規則の作成が必要であると考えられる。

要 約

本報は、1990 年以降の比較的新しいヒツジ輸送の研究から、輸送の影響およびその評価指標についてまとめ、提供することを目的とした。輸送時に負荷されるストレスは、1) 身体的ストレス、2) 生理的ストレス、3) 心理的ストレスの3つに分類されている。身体的ストレスは、積み込みや積み下ろし、輸送時の姿勢定位、バランスの保持による疲労を示しており、生理的ストレスは、飢餓や脱水、怪我や疾病、動物の体温および生理的働きによる反作用を示しており、心理的ストレスは、動物の感覚器により知覚されるストレスや摂食・飲水願望を示している。これらのストレスを計測する指標として、行動や生理指標が使用されている。血中クレアチンキナーゼ (CK) 濃度と血中乳酸濃度は疲労を表す指標として、体重の減少、血漿グルコース濃度、血漿遊離脂肪酸濃度、血漿尿素濃度、血漿β-ヒドロキシ酪酸濃度、血中総タンパク質濃度、血中アルブミン濃度、血中血球容積 (PCV)、血中重量オスモル濃度は飢餓や脱水を表す指標として、心拍数の増加、血中へのカテコ

ルアミンおよびコルチゾールの放出量増加は動物の抗ストレス反応を表す指標として用いられている。また、血漿遊離脂肪酸濃度と血中グルコース濃度は、抗ストレス反応を表す指標としても用いられる。今後、日本においても、国内の地理的および気候的特徴とともにこれらの項目について、広く輸送時のヒツジへの影響を調査することで、家畜福祉性の改善と具現化を目指した国内における規則の作成が必要であると考えられる。

文 献

- 1) 植竹勝治, 欧州連合ならびに英国における動物福祉に関する規制の現状と研究の動向. 日本畜産学会報, **75**: 493-512. 2004.
- 2) European Community. European Communities Regulation 2006 (Protection of Animals During Transport). European Community. Brussels. Belgium. 2006.
- 3) KNOWLES, T.G., A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*, **143**: 212-219. 1998.
- 4) 植竹勝治・石渡俊江・江口祐輔・田中智夫・佐藤衆介, 輸送牛の家畜福祉. 畜産の研究, **62**: 70-86. 2008.
- 5) BROOM, D.M., J.A. GOODE, S.J.G. HALL, D.M. LLOYD and R.F. PARROTT, Hormonal and physiological effects of a 15 hour journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport. *British Veterinary Journal*, **152**: 593-604. 1996.
- 6) PARROTT, R.F., S.J.G. HALL, D.M. LLOYD, J.A. GOODE and D.M. BROOM, Effects of a maximum permissible journey time (31h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observation on behaviour during a short (1h) rest-stop. *Animal Science*, **66**: 197-207. 1998.
- 7) PARROTT, R.F., S.J.G. HALL and D.M. LLOYD, Heart rate and stress hormone responses of sheep to road transport following two different loading procedures. *Animal Welfare*, **7**: 257-267. 1998.
- 8) JARVIS, A.M. and M.S. COCKRAM, Handling of sheep at markets and the incidence of bruising. *Veterinary Record*, **136**: 582-585. 1995.
- 9) KNOWLES, T.G., S.N. BROWN, P.D. WARRISS, A.J. PHILLIPS, S.K. DOLAN, P.J. HUNT, E. FORD, J.E. EDWARDS and P.E. WATKINS, Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. *Veterinary Record*, **136**: 431-438. 1995.
- 10) COCKRAM, M.S., J.A. KENT, P.J. GODDARD, N.K. WARAN, I.M. MCGILP, R.E. JACKSON, G.M. MUWANGA and S. PRYTHERCH, Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport. *Animal Science*, **62**: 461-477. 1996.
- 11) COCKRAM, M.S., J.E. KENT, N.K. WARAN, I.M. MCGILP, R.E. JACKSON, J.R. AMORY, E.L. SOUTHALL, T.O. RIORDAN, T.I. MCCONNELL and B.S. WILKINS, Effects of 15h journey followed by either 12h starvation or *ad libitum* hay on the behaviour and blood chemistry of sheep. *Animal Welfare*, **8**: 135-148. 1999.
- 12) COCKRAM, M.S., J.E. KENT, R.E. JACKSON, P.J. GODDARD, O.M. DOHERTY, I.M. MCGILP, A. FOX, T.C. STUDDERT-KENNEDY, T.I. MCCONNELL and T.O. RIORDAN, Effect of lairage during 24h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep. *Animal Science*, **65**: 391-402. 1997.
- 13) KNOWLES, T., P.D. WARRISS, S.N. BROWN, S.C. KESTIN, S.M. RHIND, J.E. EDWARDS, M.H. ANIL and S.K. DOLAN, Long distance transport of lambs and the time needed for subsequent recovery. *Veterinary Record*, **133**: 286-293. 1993.
- 14) KNOWLES, G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN, S.C. KESTIN, J.E. EDWARDS, A.M. PERRY, P.E. WATKINS and A.J. PHILLIPS, Effects of feeding, watering and resting intervals on lambs transported by road and ferry to france. *Veterinary Record*, **139**: 335-339. 1996.
- 15) KRAWCZEL, P.D., T.H. FRIEND, D.J. CALDWELL, G. ARCHER and K. AMEISS, Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. *Journal of Animal Science*, **85**: 468-476. 2007.
- 16) KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS and S.N. BROWN, J.E. EDWARDS, Effect of stocking density on lambs being transported by road. *Veterinary Record*, **142**: 503-509. 1998.
- 17) KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN and

- S.C. KESTIN, Long distance transport of export lambs. *Veterinary Record*, **134** : 107-110. 1994.
- 18) JARVIS, A.M., M.S. COCKRAM and I.M. MCGLIP, Bruising and biochemical measures of stress, dehydration injury determined at slaughter in sheep transported from farms or markets. *British Veterinary Journal*, **152** : 719-722. 1996.
 - 19) HALL, S.J.G., S.M. KIRKPATRICK and D.M. BROOM, Behavioural and physiological responses of sheep of different breeds to supplementary feeding, social mixing and taming, in the context of transport. *Animal Science*, **67** : 475-483. 1998.
 - 20) COCKRAM, M.S., J.E. KENT, P.J. GODDARD, N.K. WARAN, R.E. JACKSON, I.M. MCGLIP, E.L. SOUTHALL, J.R. AMORY, T.I. MCCONNELL, T.O. RIORDAN and B.S. WILKINS, Behavioural and physiological responses of sheep to 16h transport and a novel environment post-transport. *The Veterinary Journal*, **159** : 139-146. 2000.
 - 21) COCKRAM, M.S., E.M. BAXTER, L.A. SMITH, S. BELL, C.M. HOWARD, R.J. PRESCOTT and M.A. MITCHELL, Effect of driver behaviour, diving events and road type on the stability and resting behaviour of sheep of in transit. *Animal Science*, **79** : 165-176. 2004.
 - 22) HORTON, G.M.J., J.A. BALDWIN, S.M. EMANUELE, J.E. WOHLT and L.R. MCDOWELL, Performance and blood chemistry in lambs following fasting and transport. *Animal Science*, **62** : 49-56. 1996.
 - 23) JARVIS, A.M. and M.S. COCKRAM, Effects of handling and transport on bruising of sheep sent directly from farms to slaughter. *The Veterinary Journal*, **135** : 523-527. 1994.
 - 24) COCKRAM, M.S. and R.A. LEE, Some preslaughter factor affecting the occurrence of bruising in sheep. *British Veterinary Journal*, **147** : 120-125. 1991.
 - 25) KNOWLES, T.G., D.H.L. MAUNDER and P.D. WARRISS, Factors affecting the incidence of bruising in lambs arriving at one slaughterhouse. *Veterinary Record*, **134** : 44-45. 1994.
 - 26) RUIZ-DE-LA-TORRE, J.L., A. VELARDE, A. DIESTRE, M. GISPERT, S.J.G. HALL, D.M. BROOM and X. MANTECA, Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep. *Veterinary Record*, **148** : 227-229. 2001.
 - 27) HALL, S.J.G., M.L. FORSLING and D.M. BROOM, Stress responses of sheep to routine procedures : changes in plasma concentration of vasopressin, oxytocin and cortisol. *The Veterinary Journal*, **142** : 91-93. 1998.
 - 28) BRADSHAW, R.H., S.J.G. HALL and D.M. BROOM, Behaviour and cortisol response of pigs and sheep during transport. *Veterinary Record*, **138** : 233-234. 1996.
 - 29) HALL, S.J.G., S.M. KIRKPATRICK and D.M. BROOM, Noise and vehicular motion as potential stressors during the transport of sheep. *Animal Science*, **67** : 467-473. 1998.
 - 30) FISHER, A.D., M. STEWART, D.M. DUGANZICH, J. TACON and L.R. MATTHEWS, The effects of stationary periods and external temperature and humidity on thermal stress conditions within sheep transport vehicles. *New Zealand Veterinary Journal*, **53** : 6-9. 2004.
 - 31) WARRISS, P.D., E.A. BEVIS and C.S. YOUNG, Transport and lairage times of lambs slaughtered commercially in the south of England. *Veterinary Record*, **127** : 5-8. 1990.
 - 32) FAHMY, M.H. and L.A. GUILBAURT, Effect of transportation stress on ovarian activities and reproductive performance of ewes during the anoestrous period. *Animal Reproduction Science*, **19** : 229-233. 1989.
 - 33) BRADEN, A.W.H. and G.R. MOULE, Effect of stress on ovarian morphology and oestrous cycles in ewes. *Australian Journal of Agricultural Research*, **15** : 937-949. 1964.

Summary

With the increasing concern of animal welfare among consumers, the idea of promoting animal welfare has prevailed among various administrative bodies and producers' groups worldwide, not only those limited to academic societies. Therefore, we studied the adverse effects on animals during transportation and organized their evaluation indexes in this report, using the relatively-recent studies of sheep transportation since 1990. The stresses imposed on animals are classified into three categories : 1) physical stress, 2) physiological stress, and 3) mental stress. The physical stresses involve fatigue caused primarily during loading and unloading, postural positioning, and maintaining balance during transportation. The physiological stresses include : starvation, dehydration, injuries and disease, the reactions caused naturally by changes in body temperature and physiological function in animals. The mental stresses include the ones perceived by sensory organs of animals and the desires for eating and drinking. For the purpose of measuring these stresses, behavior and physiological indexes are used. Blood creatine kinase levels and blood lactate levels are used as indexes showing fatigue. A decrease in body weight, plasma glucose level, plasma free fatty acid levels, plasma urea levels, plasma β -hydroxybutyric acid levels, blood total protein levels, blood total albumin, blood cell volume in blood, and blood osmolarity are all used as indexes showing starvation and dehydration. An increase in heart rate and an increase of discharging volumes of catecholamine and cortisol in the blood are used as indexes showing anti-stress response. Lastly, plasma free fatty acid levels and blood glucose levels also are used as indexes showing anti-stress response. It is considered to be important to improve the farm animal welfare trend in Japan and to introduce legislation for the purpose of realizing this goal in the future by broadly investigating the adverse effects on sheep during their transportation and taking into consideration the above factors together with geological and climatic characteristics in Japan.