

# 子ヒツジの行動および生理反応に対する輸送行程の影響

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)

## 緒 言

現在, 世界的に動物福祉への関心が高まり, 家畜の飼育方法や飼育面積, 扱い方に対して, 規程および規制が設けられてきている。この動きは, 家畜の生体輸送に対しても同様であり, EU では規制が行われている。例えば, EU の福祉規則である European Communities Regulation 2006 (Protection of Animals During Transport)<sup>1)</sup> には, 目的地へは最短で最良の道順で運搬することなどが記載されている。日本はその地理的特徴として多くの山間部を有することから, 山間部の道では, 急な上りや下りに加え, 見通しの悪い, 急な曲がり角が多い。COCKRAM ら<sup>2)</sup> は, 一般道および田舎道では高速道よりも急なブレーキおよびアクセルならびに曲がり角が増えることで, ヒツジがバランスを崩す回数が増加し, 伏臥位の障害が起きることを報告している。また, Ruiz-de-la-TORRE ら<sup>3)</sup> は, 砂利道では高速道よりも急なブレーキが多く, 砂利道において心拍数および血漿コルチゾール濃度が上昇することを報告している。また同時に, 荒い運転で24時間の輸送を行うと屠体の肉質がDFD (dark, firm, dry) の特徴を示すことも報告している。道路整備が行われている日本において, 砂利道はあまり無いものの, 山間部における前述のような特徴は, 輸送中のヒツジに対してストレスを負荷する可能性がある。また, 種々の理由から道順の選択が難しく, 一般道

および山道の距離が長くなることもある。そこで, 本研究では, 一般道および山道の距離増加による子ヒツジに対する輸送時のストレス負荷の変化を行動学的および生理学的に評価, 検討することを目的とした。

## 材料および方法

### 供試個体

麻布大学内にある畜舎で飼育されていた, 生後約4ヵ月齢のサフォーク種子ヒツジ計16頭(去勢雄12頭, 雌4頭)を用いた。輸送は8頭を1群として計2回行った。子ヒツジは, 母ヒツジと一緒に飼育され, 2006年に輸送した子ヒツジは輸送3週間前に同大学内にある別の畜舎にて飼育された。輸送時の体重(平均±SD)は, 去勢雄43.47±7.05 kg, 雌38.55±2.24 kg でほぼ同程度であった。また, 雌ヒツジの性成熟は通常7~10ヵ月齢<sup>4)</sup> であるため, 去勢雄および雌の間で大きな生理的違いは無いと思われた。

### 輸送日および輸送行程

1回目の輸送は2006年7月6日に実施し, 去勢雄8頭を輸送した。2回目の輸送は2007年7月4日に実施し, 去勢雄4頭, 雌4頭を輸送した。

両輸送ともに輸送行程は, 出発地点である神奈川県相模原市の麻布大学から目的地である岐阜県中津川市にある牧場までとした。1回目の輸送は高速道を最大限使用し, 輸送距離と輸送時間は, 高速道が267.8 km で3時間4分, 一般道が23.9

Jpn. J. Sheep Sci., 45: 13-19, 2008

Effects of route of transport on physiological and behavioural responses of lambs

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

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

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

km で 49 分, 山道が 4.1 km で 10 分, 総走行距離が 295.8 km で約 4 時間であった。2 回目の輸送は, 高速道を約 45 km 減らし, 高速道が 223.6 km で 2 時間 49 分, 一般道が 48.1 km で 1 時間 38 分, 山道が 32.3 km で 46 分, 総走行距離が 304 km で約 5 時間であった。両輸送ともに, 給油のために途中約 15 分の停車時間を設けた。山道は, 国道 153 号線から地方道 7 号線までの間の国道 256 号線と地方道 7 号線から牧場入り口までとし, この区間に信号はなかった。

#### 輸送条件

輸送には両年とも同じ家畜運搬車 (三菱ふそう: CENTER, 最大積載量 2 t, 幅 1.76 m × 長さ 3.06 m) を用いた。輸送時の収容面積は, COCKRAM<sup>5)</sup> の報告をもとに, 0.4 m<sup>2</sup>/頭 (幅 1.76 m × 長さ 1.82 m) とした。子ヒツジは輸送中, 繋留はされておらず車内を自由に動ける状態であった。

輸送日の朝は絶食とした。2006 年の輸送時には輸送車内に水桶を設置し, 不断給水としたが, 子ヒツジが水を飲むことはなく, 車内の床を汚すのみであったため, 2007 年の輸送時には水桶を設置しなかった。また, 両輸送ともに給油のための停車時にも給餌および給水は行わなかった。

#### 行動・姿勢・体の向きの記録

輸送中の子ヒツジの行動, 姿勢, 体の向きは, 8 mm ビデオカメラ (SONY: CCD-TRV106) を車内前方上部に設置して録画した。行動は連続観察により, 8 頭を 1 群として, バランスを崩すことと, 発声した回数について 1 頭でもその行動を行った場合を 1 回として記録した。姿勢 (立位, 伏臥位) と体の向き (進行方向を前方とし, 前方 (斜め前方含む), 後方 (斜め後方含む), 右, 左) は, 1 分間隔の瞬間サンプリングにより頭数を記録した。

#### 生理指標の測定

1 頭ずつ, 採血 (2 mL, 7 mL; テルモ: ベノジェクト II), 心電図記録, 直腸温度測定の順で輸送前および輸送直後に行った。採血は頸静脈より行い, 2 mL の採血管から得た全血を用いて採血後直ぐに血中グルコース濃度 (テルモ: メディセーフミン GR-102) および血中乳酸濃度 (アークレイ: ラクテート・プロ) を計測し, 7 mL の採血管は採血直後に遠心分離 (4,000 G × 15 分) にかけて, 血漿

総タンパク質濃度 (アタゴ: SPR-NE2736) および pH (堀場製作所: B-212) をその場で計測後, 残りの血漿を -20°C で冷凍し, 後日, 血漿コルチゾール濃度 (コスモ・バイオ: RSD#DE2700) の計測に使用した。心電図記録には, 心電図記録装置 (Parama-Tech: EP-202) を用い, A-B 誘導法により心拍数を測定した。

#### 車内環境の計測

輸送車内の温度, 湿度, 風速, 騒音, 振動 (加速度) を温湿度計 (ティアンドディ: TR-71U/TR-72U), 風速温度計 (カスタム: CW-50), 騒音計 (カスタム: SL-1352), 振動計 (昭和測器: 1332A) により計測した。測定位置は, 車内中央上部 (高さ 1.72 m) とし, 振動計のみケーブルの長さの関係で車両前方に取り付けた。

#### 統計解析

バランスを崩した回数, 車内環境は, 5 分ごとに 1 分間あたりの平均値を算出し統計解析に使用し, 伏臥位および体の向きは, 各道路種における合計頭数を統計解析に使用した。全ての測定項目は輸送路構成の違いによる影響を見るため年間での比較を行い, また, バランスを崩した回数に関しては道路種による違いを調べるため道路種間での比較を行った。体の向き, 姿勢については, その発現頭数を用い, 各体の向きおよび姿勢ごとに年と道路種の関連について  $\chi^2$  検定により解析を行った。各行動の発現回数については道路種および輸送路構成の違いによる影響を見るため, 道路種と年の 2 元配置分散分析と Tukey の多重比較検定により解析を行った。生理指標については, 輸送前後の変化量を算出し, 年間について t 検定により解析を行った。輸送全体を通しての車内の環境については, 年間で Z 検定により解析を行った。

## 結 果

各道路種における伏臥位の合計発現頭数を Table 1 に示した。道路種と年の間に伏臥位の発現頭数について有意な関連が認められた ( $\chi^2 = 48.69$ ,  $P < 0.001$ )。具体的には, 一般道では 2006 年において伏臥位頭数が期待頭数よりも多く, 逆に 2007 年には期待頭数よりも少なかった。また, 山道では 2006 年において伏臥位頭数が期待頭数

よりも少なく、2007 年において伏臥位頭数が期待頭数よりも多い結果となった。高速道では、2006 年において伏臥位頭数が期待頭数よりも多く、2007 年において伏臥位頭数が期待頭数よりも少なかったものの期待頭数との差は小さいものであった。各体の向きにおける年と道路種との間との関連を Table 2 に示した。全ての体の向きで年と道路種の間に関連が認められた（前方  $\chi^2 = 178.77$ ；後方  $\chi^2 = 81.44$ ；右  $\chi^2 = 21.25$ ；左  $\chi^2 = 23.73$ ，すべて  $P < 0.001$ ）。具体的に見ると、一般道および山道において、2006 年における全ての向きで向いている頭数が期待頭数よりも少なく、2007 年における全ての向きで向いている頭数が期待頭数よりも多かった。しかし、一般道の左方向については、2006 年、2007 年ともに観察頭数と期待頭数との差は僅かであった。また、高速道において、2006 年における全ての向きで向いている頭数が期待頭数よりも多く、2007 における全ての向きで向いている頭数が期待頭数よりも少なかった。バランスを崩した回数の道路種と年による違

いを Fig. 1 に示した。バランスを崩す回数は、年間での有意な違いは見られなかったものの、2006 年、2007 年ともに高速道よりも一般道および山道の方が有意に多かった（ともに  $P < 0.01$ ）。また、2006 年には発声があり見られず、輸送開始後 40 分程度でほとんど見られなくなったのに対し、2007 年の輸送時には、輸送開始直後から発声が多く見られ（輸送開始後 10 分間、平均 12 回/分）、80 分後までに直線的に減少した（ $y = -0.131x + 11.81$ ， $R^2 = 0.798$ ， $P < 0.01$ ）。

輸送前後の血液成分、心拍数、直腸温の変化量を Table 3 に示した。血漿 pH については、2007 年の変化量が全て 0 であったため解析に用いることができなかった。いずれの生理指標においても年度間で有意な違いは見られなかった。しかし、血漿 pH および血中グルコース濃度を除く全ての指標において 2007 年の増加量の方が大きかった。

輸送全体を通して車内の温湿度（平均  $\pm$  SD）は、2006 年が  $25.8 \pm 1.4^\circ\text{C}$ ， $72.0 \pm 7.4\%$  であり、2007 年が  $25.8 \pm 1.7^\circ\text{C}$ ， $85.5 \pm 8.9\%$  であった。両年度における道路種ごとの振動，風速，騒音は Table 4 に示す通りであった。山道における騒音以外は年度で有意な違いは見られなかった。

**Table 1.** Summed number of lying lambs in all sampling points in each road type

Year	Arterial roads	Expressways	Mountain roads
2006	53 (38)	303 (299)	3 (21)
2007	16 (30)	240 (243)	36 (17)

\* Observed number (expected number in  $\chi^2$ -test).  $\chi^2 = 48.69$ ,  $P < 0.001$

## 考 察

高速道よりも一般道および山道での伏臥位頭数が少なく、バランスを崩す回数が多かった。これは、一般道の信号および曲がり角，山道の急な曲がり角が原因であると考えられる。Ruiz-de-la-

**Table 2.** Summed number of lambs that headed to each direction in all sampling points in each road type

Directions	Year	Road type			$\chi^2$	P
		Arterial roads	Expressways	Mountain roads		
Front	2006	245 (321)	872 (724)	36 (106)	178.77	<0.001
	2007	441 (364)	675 (822)	192 (121)		
Back	2006	98 (130)	325 (267)	21 (46)	81.44	<0.001
	2007	128 (95)	139 (196)	60 (34)		
Right	2006	23 (36)	163 (138)	12 (22)	21.25	<0.001
	2007	91 (77)	269 (293)	59 (48)		
Left	2006	66 (66)	80 (64)	11 (25)	23.73	<0.001
	2007	68 (67)	51 (66)	41 (26)		

Observed number (expected number in  $\chi^2$ -test)

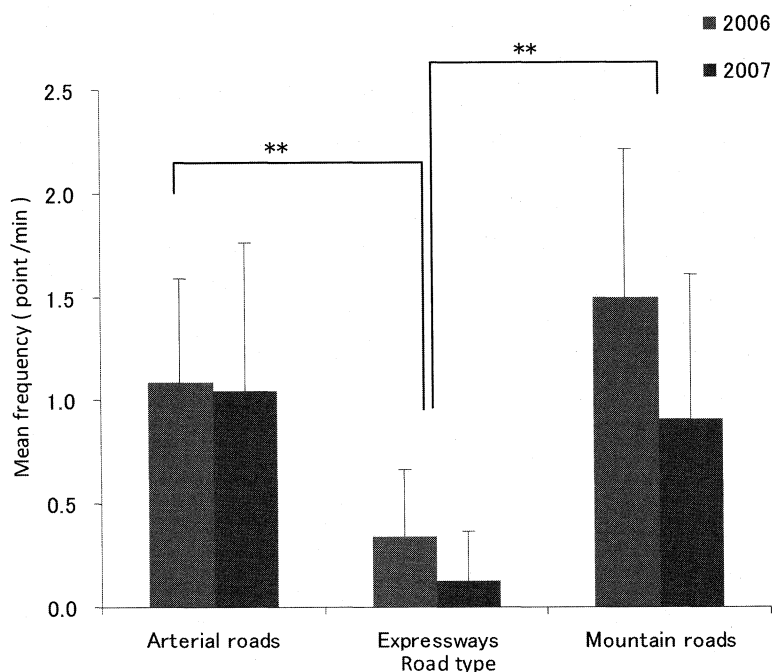


Fig. 1. Mean frequencies of lambs that lost their balance during transport in each road type in (mean+SD).

\*\* A significant different between each road types ( $P < 0.01$ ).

Table 3. Variation of physiological measurements from pre-to post-transport in each year (Mean±SD)

measurements	2006	2007	P
Heart rate (bpm)	$-9.8 \pm 19.4$	$13.5 \pm 20.3$	n.s.
Plasma cortisol (ng/mL)	$2.546 \pm 4.046$	$3.608 \pm 3.435$	n.s.
Blood glucose (mg/dL)	$13.9 \pm 20.9$	$11.0 \pm 18.8$	n.s.
Blood lactate (mmol/L)	$-0.10 \pm 1.61$	$0.86 \pm 0.82$	n.s.
Plasma total protein (g/100 dL)	$-0.26 \pm 0.35$	$0.27 \pm 0.31$	n.s.
Plasma pH	$0.025 \pm 0.1488$	$0.000 \pm 0.0000$	—*
Rectal temperature (°C)	$0.29 \pm 0.24$	$0.70 \pm 0.40$	n.s.

\* Plasma pH could not be analyzed because all variations in 2007 were 0

TORRE ら<sup>3)</sup>は、砂利道において高速道よりも有意に急ブレーキの回数が増えることを報告しており、COCKRAM ら<sup>2)</sup>も一般道および田舎道において高速道よりもブレーキやアクセル、曲がり角が有意に増加することを報告している。また、COCKRAM ら<sup>2)</sup>は、アクセルやブレーキ、曲がり角の影響により、一般道および田舎道において高速道よりも有意に伏臥位時間が短く、バランスを崩す回数が増加することも報告しており、今回の結果はこれ

らの報告と同様の結果であった。一般道および山道において、伏臥位頭数の減少と同時に2006年よりも2007年の方がより多くの方向を向いている結果となった。COCKRAM ら<sup>2)</sup>は、一般道および田舎道において高速道よりも移動が増加し、伏臥位および反芻時間が減少することを報告しており、移動の増加により伏臥位および反芻の減少が起こるとしている。このことから、2007年には一般道および山道の距離が増加したことで、揺れに

**Table 4.** Physical enviroment in vehicle during transport in each road type in each year (Mean±SD). These values were mean value in 5 minit

Indexes	Arterial roads		Expressways	
	2006	2007	2006	2007
Vibration (m/s <sup>2</sup> ) longitudinal	-0.0014±0.0071	-0.0013±0.0006	-0.0014±0.0259	-0.0011±0.0013
lateral	0.0028±0.0054	0.0029±0.0006	0.0031±0.0138	0.0033±0.0027
Airflow (m/s)	0.12±0.18	0.00±0.06	0.40±0.18	0.15±0.23
Noise (dB)	87.40±5.50	87.38±11.33	96.80±6.40	97.53±10.17

Indexes	Mountain roads	
	2006	2007
Vibration (m/s <sup>2</sup> ) longitudinal	-0.0018±0.0093	-0.0012±0.004
lateral	0.0031±0.0066	0.0030±0.0010
Airflow (m/s)	0.12±0.11	0.09±0.16
Noise (dB)	80.60±12.50 <sup>a</sup>	95.61±9.32 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> A significant different between years (P<0.001).

対応するために立位時間が増加し、姿勢保持のために方向転換が増加したと考えられる。年間でのバランスを崩す回数の平均回数に有意な違いは見られなかったものの、一般道および山道の距離増加による急なブレーキやアクセル、曲がり角の回数の増加が輸送中のヒツジの姿勢保持やバランスを崩す回数を増加させたと考えられる。また、統計的に有意ではなかったものの血中乳酸濃度の増加量も2007年において2006年よりも大きかった。これは、伏臥位時間の低下と揺れに対する姿勢保持による影響であると考えられ、一般道および山道の距離増加は、輸送中の子ヒツジの疲労を少なからず増加させるものであると言える。これらのことから、一般道および山道の距離増加により身体的ストレスを増加すると考えられた。

統計的に有意ではなかったものの、2007年において2006年よりも心拍数および血漿コルチゾール濃度の増加量が大きかった。HALLら<sup>6)</sup>は、荒い運転の輸送時に唾液コルチゾール濃度が上昇することを報告しており、BRADSHOWら<sup>7)</sup>も砂利道において同様の結果を得ている。また、RUIZ-de-la-TORREら<sup>3)</sup>も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増加することを報告している。本研究の結果も、これらの報告と類似したものと言えよう。また、山道の騒音に違いが見られたのは、2006年の山道は目的地である牧場付

近の閑静な道のみであったのに対し、2007年の山道は交通量の多い道が含まれていたためであると考えられる。HALLら<sup>8)</sup>は、騒音と心拍数の間に正の相関があることを明らかにし、輸送時間の経過に伴い心拍数は減少するものの、騒音が大きくなると心拍数が増加することを報告している。心拍数の増加量が2006年よりも2007年において多かったのは、山道の騒音が大きくなったことも要因の一つである可能性があると考えられた。これらのことから、一般道および山道の距離増加により心理的ストレスが少なからず増加すると考えられた。しかし、本研究は飼養環境の関係から2006年と2007年の輸送前の母子分離の状況が異なってしまった。LUCÍAら<sup>9)</sup>やSÉVERINEとRICHAD<sup>10)</sup>は、子ヒツジに対する母ヒツジの存在の重要性について報告しており、血漿コルチゾールおよび心拍数の増加は、母子分離時期の違いも影響した可能性があるため、今後、輸送前の母子分離時期の影響についても調査が必要である。

## 要 約

世界的に動物福祉への関心が高まり、家畜福祉の規制への具現化が進んでいる。それに伴い、欧米では生体輸送に対しても規制が行われている。日本においても生体輸送時の福祉性の検討が必要である。そこで本研究は、日本の地形的特徴であ

る山間部における山道を含む輸送行程での家畜輸送時のストレス負荷の検討と評価を目的とした。実験には、生後約4ヵ月齢の子ヒツジを用い、2006年(高速道多用)と2007年(一般道と山道の距離増加)の7月に計2回の輸送を行った。伏臥位頭数における年と道路種との関連は有意であり( $\chi^2=48.69$ ,  $P<0.01$ )、一般道および山道において、2006年よりも2007年で伏臥位の観察頭数が期待頭数よりも少なく( $P<0.001$ )、体の向きは左を除くすべての向きにおいて、2006年では観察頭数が期待頭数よりも少なく、2007年では観察頭数が期待頭数よりも多かった(前方 $\chi^2=178.77$ ;後方 $\chi^2=81.44$ ;右 $\chi^2=21.25$ ;左 $\chi^2=23.73$ , すべて $P<0.001$ )。また、バランスを崩す回数は、年間での有意な違いは見られなかったものの、一般道および山道において高速道よりも有意にバランスを崩す回数が多かった(ともに $P<0.01$ )。発声は、2006年では輸送開始直後にほとんど見られなかったのに対し、2007年では輸送開始直後に多く見られ輸送開始後80分までに直線的に減少した( $y=-0.131x+11.81$ ,  $R^2=0.798$ ,  $P<0.01$ )。これには、輸送前における母ヒツジと子ヒツジの隔離の有無が影響していた可能性がある。心拍数、直腸温、血漿コルチゾール濃度、血中乳酸濃度の輸送に伴う増加量が有意では無いものの2007年において2006年よりも大きかった。これらの結果から、一般道および山道の距離増加により、輸送中の子ヒツジに対するストレス負荷が少なからず増加するため、可能な限り高速道を利用するなど最短距離で輸送し、それができない場合には、車の揺れが大きくなりえないような運転を心がける必要がある。

## 文 献

- 1) European Community. European Communities Regulation 2006 (Protection of Animals During Transport). European Community. Brussels. Belgium. 2006.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局. 日本飼養標準・めん羊. 初版. 社団法人中央畜産会. 東京. 1996.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) GALEANA, L., O. AGUSTIN, A. VIRGINIO and V. REYES, Mother-young spatial association and its relation with proximity to a fence separating ewes and lambs during enforced weaning in hair sheep (*Ovis aries*). *Applied Animal Behaviour Science*, **108**: 81-88. 2008.
- 10) LIGOUT, S. and R.H. PORTER, Effect of maternal presence on the development of social relationships among lambs. *Applied Animal Behaviour Science*, **88**: 47-59. 2004.

## Summary

With the increasing concern of animal welfare among consumers, regulations for animal welfare have been implemented. These regulations also cover transport of live animals in EU and the USA. In Japan, it is needed that the level of animal welfare during transport is studied. Therefore, this experiment aimed to study and evaluate stress levels of sheep during transport with increasing arterial and mountain roads because of geological characteristics in Japan. Lambs (approximately four months of age) were transported by truck in July 2006 (in the shortest distance) and July 2007 (in the increased distance of arterial and mountain roads). There was a significant relationship between year and road type in the number of lying lambs ( $\chi^2=48.69$ ,  $P<0.01$ ). While the number of lying lambs in arterial and mountain roads in 2006 was more than the expected, fewer the number of lying lambs in arterial and mountain roads in 2007 was than the expected. There was a significant relationship between year and road type in the number of lambs heading to all directions (front  $\chi^2=178.77$  ; back  $\chi^2=81.44$  ; right  $\chi^2=21.25$  ; left  $\chi^2=23.73$ , all  $P<0.001$ ). While the number of lambs heading to directions expect left in arterial roads in 2006 were more than the expected, fewer the number of lambs oriented most directions except left in arterial roads in 2007 were than the expected. The number of lambs that lost their balance in arterial and mountain roads was significantly more than that in expressways (both  $P<0.01$ ), even though a significant difference was not found between years. The number of vocalizations was hardly observed at the early time of transport in 2006, but large number of vocalizations was observed in 2007, and the number was linearly decreased until 80 minutes of transport ( $y = -0.131x + 11.81$ ,  $R^2=0.798$ ,  $P<0.01$ ). This might be due to the presence or absence of isolation of lambs from ewes before transport. More increased variation of heart rate, rectal temperature, plasma cortisol, blood lactate from pre- to post transport were seen in 2007 compared to those in 2006, but all variations were not statistically significant. These results suggest that the shortest route including expressways should be used and drive carefully when the shortest route could not be used, because stress levels of transported lambs were slightly heightened with increasing the distance of arterial and mountain roads.