

## 敷料使用量の違いが落下試験装置により 測定した牛床衝撃力に及ぼす影響

竹内 美智子<sup>1)</sup>・森田 茂<sup>1)</sup>・高橋 圭 二<sup>2)</sup>  
干場 信司<sup>1)</sup>・春田 哲平<sup>1)</sup>・島田 泰平<sup>1)</sup>

The effect of amount of sawdust on the impact force of the stall measured  
with a new test apparatus

Michiko TAKEUCHI<sup>1)</sup>, Shigeru MORITA<sup>1)</sup>, Keiji TAKAHASHI<sup>2)</sup>,  
Shinji HOSHIBA<sup>1)</sup>, Tepei HARUTA<sup>1)</sup>, Taihei SHIMADA<sup>1)</sup>  
(October 2005)

### 緒 言

家畜に快適な飼養環境を提供することで、生産性を向上させようとする考え方がある。乳牛は1日8~16時間横臥し、乳牛が最も時間を費やす維持行動は横臥行動であるといわれている<sup>4)</sup>。このことから、乳牛にとって横臥場所が快適であることは極めて重要となる。横臥場所である牛床に関する研究は、これまで多くの研究者が実施してきている。なかでも牛床素材と牛の快適性に関するものが多く<sup>1,3-5,7,9,12,15,17)</sup>、滑りやすさや硬度などで牛が牛床を選択することがわかっている<sup>1,6,11)</sup>。牛床の快適性に関し、杉田ら<sup>12)</sup>は、乳牛の行動からみた牛床の快適性は起立・横臥動作のしやすさとしての快適性と横臥時の快適性に分けられると述べている。

森田ら<sup>8)</sup>は、このうち起立・横臥動作のしやすさを起立動作の各段階における経過時間から評価し、牛床の長さやネックレールなどの牛床構造が乳牛の起立動作に影響を及ぼすと述べている。また、池滝<sup>6)</sup>はビデオカメラおよび床面の荷重測定装置を用い、動作所要時間の解析および荷重中心点の変化について検討しており、牛床素材により起立・横臥動作が異なることを示している。これらの研究から、乳牛の起立・横臥動作のしやすさには、隔柵やネックレールなどの構造物や牛床素材が影響すると考えられる。

また、横臥時の快適性に関しては、牛床利用時間および牛床利用率からの評価が行われてい

る<sup>1,3-5,7,9,12,15,17)</sup>。牛床素材ごとの比較では、砂、ゴムマット、コンクリートの順に牛床利用時間が長いこと<sup>1,3-5,12,15,17)</sup>、やわらかい牛床ほど横臥時間が長くなること<sup>7)</sup>が調べられている。このやわらかさは、横臥継続中の牛床のクッション性と、佇立から横臥に移行する際の衝撃力が関係していると考えられる。体重600kgの乳牛が、横臥動作時に肢蹄以外の部分を接地させるときの状況は、半ば体を床面に落下させるようなものであり<sup>11)</sup>、このときに牛にかかる衝撃は極めて大きい。さらに、床の硬さが飛節の損傷<sup>10)</sup>に影響を与えることも知られている。牛床の硬さの評価には人が膝を落としこのときの痛さで床を評価するニードロップテストがあるが、人間の感覚に依存するため数値化することが出来ないという問題がある。これを改善するため、機械を用いて数値化した牛床の物性を評価する研究が行われている<sup>2,11,13,14)</sup>。こうした評価法により客観的に牛床の特性を把握できる。

乳牛の休息環境においては、牛床素材のみならず用いられる敷料の種類や量により、衝撃力は変化するものと考えられる。しかし敷料の量と衝撃力の関係については明らかになっていない。そこで本研究では、加速度計を用いた落下試験装置を試作し、敷料の量による牛床の衝撃力の変化を調査することを目的とした。

### 材料および方法

調査は、建設後5年経過したフリーストール牛舎

<sup>1)</sup> 酪農学園大学酪農学部酪農学科 江別市文京台緑町 582-1  
Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 北海道立根釧農業試験場 標津郡中標津町字中標津 1659  
Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-1100, Japan

にて実施された。牛床の数は42であり、平均32頭の乳牛が飼養されていた。牛床は全長236 cm、幅120 cmであった。牛床隔柵はミシガン型で、牛床資材にはゴムチップマットレスを、敷料には少量のおがくずを使用していた。縦18 cm、幅4 cmの木製のブリスケットボードが牛床前方から60 cmの位置に、角度約45度で設置されていた。ネックレールは牛床前方から75 cm、高さ128 cmの位置に設置されていた。

試作した落下試験装置の概要を図1に示した。落下試験装置は加速度計(共和電業製, AS-200 A)を大ハンマの頭部(約4.5 kg)を利用した落下装置に埋め込んだものである(合計4.75 kg)。加速度計の出力はインターフェース(共和電業製, PCD300A)を経由しパソコンに取り込み解析した。落下試験装置を高さ20 cmから自由落下し床に衝突させ、このときの加速度変化を1000回/秒で測定した。

図2には、落下試験装置を自由落下し床に衝突させた際の加速度の変化を示した。落下試験装置を自由落下させると、加速度は床に衝突するまで一定であり、その後床に衝突すると加速度は急激に増加する。このときの最大加速度と落下試験装置の質量の

積から衝撃力を算出した。

牛床のブリスケットボード後ろの部分(2.1 m<sup>2</sup>)を木製幅20 cmの板で囲み、その中におがくずを約0 kg, 2.8 kg, 6.4 kg, 9 kgに均等に敷き詰めた(0 kg/m<sup>2</sup>, 1.3 kg/m<sup>2</sup>, 3.0 kg/m<sup>2</sup>, 4.3 kg/m<sup>2</sup>)。深さは約0 cm, 2.5 cm, 5 cm および8.5 cmであった。

図3には、測定箇所を示した。測定は牛床の前方8ヵ所と後方8ヵ所の計16ヵ所で行った。16ヵ所の平均を全体、牛床前方8ヵ所を前方および牛床後方8ヵ所を後方として解析した。敷料の量と衝撃力の関係には回帰分析<sup>16)</sup>を用いた。敷料の量における、全体、前方および後方の衝撃力の比較には、Mann-WhitneyのU検定<sup>16)</sup>を用いた。

### 結果および考察

図4には、1 m<sup>2</sup>あたりのおがくずの量と衝撃力の関係を示した。牛床の全体、前方および後方ともに負の相関を示し、それぞれ $Y = -512X + 4096$  ( $r = 0.998, P < 0.05$ ),  $Y = -642X + 4601$  ( $r = 0.995, P < 0.05$ ) および  $Y = -401X + 3662$  ( $r = 0.959, P < 0.05$ ) という有意な直線回帰式が得られた。このことから、敷料としておがくずを用いることにより、

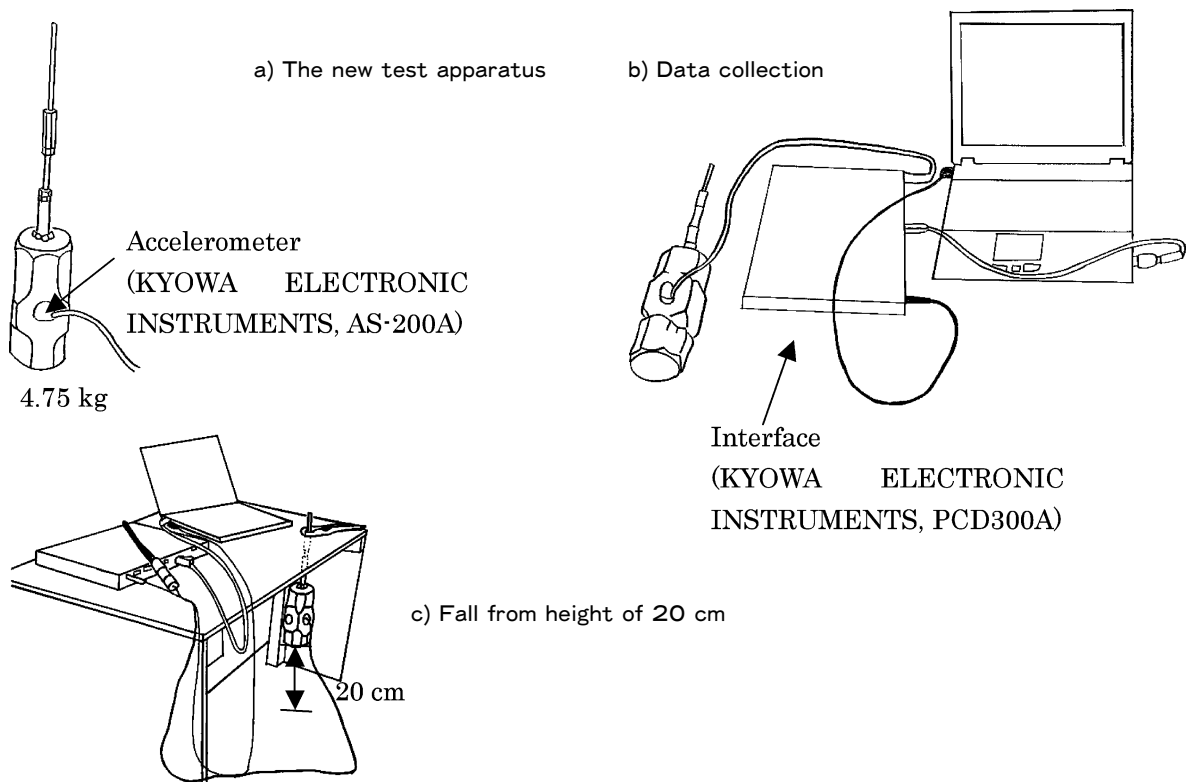


Fig. 1 New test apparatus: a) The new test apparatus was in which the accelerometer was attached to a 4.75 kg drop-mass, b) Data was recorded from the accelerometer with a personal computer via the interface and c) New test apparatus was dropped from the height of 200 mm, and during the drop, the acceleration meter measures 1000 times per second and the computer records the data.

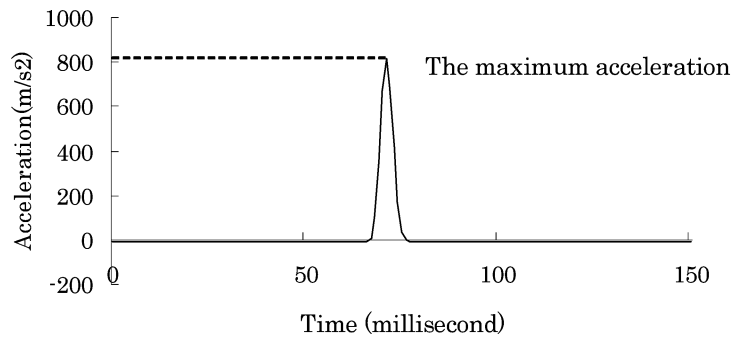


Fig. 2 Change of acceleration when new test apparatus is dropped. The impact force (N) was calculated from the maximum acceleration (m/s<sup>2</sup>) × the weight of the test apparatus (4.75 kg)

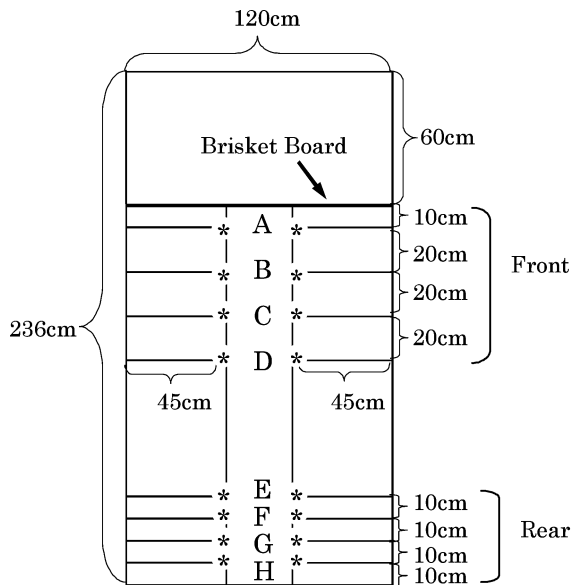


Fig. 3 Position (\*) in the stall where impact force was measured: Front of the stall is from A to D and Rear of the stall is from E to H.

衝撃力が直線的に減少することが示された。また、回帰式より、おがくずの量が 0 kg/m<sup>2</sup> の時の衝撃力は、前方が 4,601 N と後方の 3,662 N に比べ大きいこと、さらにおがくずを 1 kg/m<sup>2</sup> 投入した際の衝撃力減少効果は、前方が 642 N と、後方の 401 N に比べ大きいことが示された。また、おがくずを 4.3 kg/m<sup>2</sup> 投入した際の衝撃力は、前方で約 1,900 N、後方で約 1,800 N とほぼ等しかった。このことから、多量の敷料を牛床に投入することにより、牛床の硬さの違いは認められなくなると考えた。

高橋ら<sup>13)</sup>は、様々な牛床資材と放牧地において計測を行っており、牛床資材によって衝撃力が異なることを示している。そのなかで、一年使用したゴムチップマットレスでの衝撃力は約 2,400 N であると述べている。今回の調査の結果、敷料なしの衝撃力は平均約 4,200 N と極めて高く、この牛床の衝撃

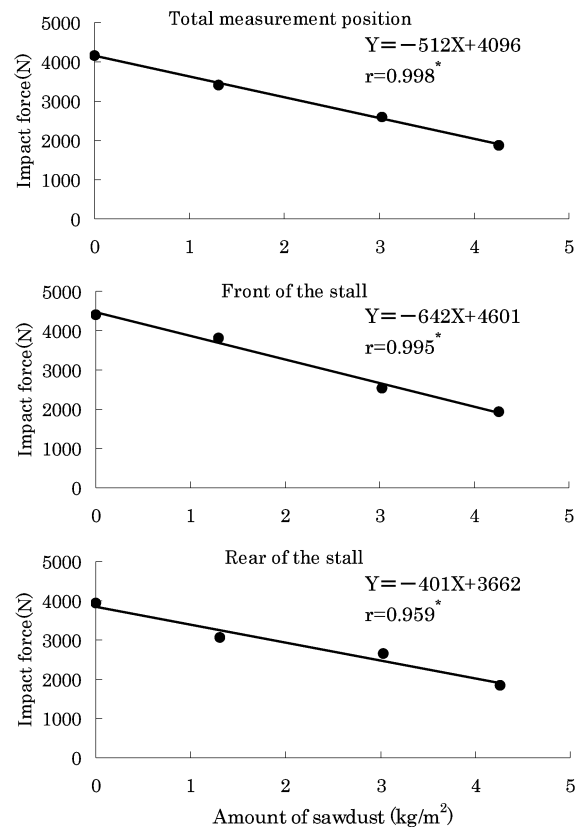


Fig. 4 The correlation between the amount of sawdust in the stall and the impact force. \*P<0.05

力を 2,400 N にするためには、得られた回帰式から、約 3 kg/m<sup>2</sup> のおがくずを使用する必要があると考えられる。

表 1 には、おがくずの量による衝撃力、最大値、最小値、標準偏差および変動係数の変化を示した。おがくずの量が 1.3 kg/m<sup>2</sup> および 3.0 kg/m<sup>2</sup> の時の変動係数はそれぞれ 17.8% および 20.8% であり、0 kg/m<sup>2</sup> および 4.3 kg/m<sup>2</sup> の場合に比べ大きかった。これは、麦稈のように長い形状の敷料の場合の一つ一つが絡み合うのに対し、おがくずのように粒

Table 1 Averages of impact force according to amount of sawdust.

Amount of sawdust	Ave.	Min.	Max.	S.D.	CV.
kg/m <sup>2</sup>	N			%	
0.0	4166 <sup>a</sup>	4953	2991	509	12.2
1.3	3409 <sup>b</sup>	4654	2673	608	17.8
3.0	2595 <sup>c</sup>	3712	1959	539	20.8
4.3	1886 <sup>d</sup>	2271	1367	246	13.0

a, b, c, d: Mean with different superscripts differ significantly (P<0.05)

度が細かい敷料の場合、均等におがくずを敷き詰めたとしても、落下試験装置の落下時に敷料が移動してしまう可能性が考えられる。つまり、おがくずは容易に敷料が移動してしまうため、1.3 kg/m<sup>2</sup> および 3.0 kg/m<sup>2</sup> という量であると、敷料の衝撃力への影響にはばらつきが出ると考えられる。このことから、1.3 kg/m<sup>2</sup> および 3.0 kg/m<sup>2</sup> のおがくずを入れることにより、平均値では衝撃力は減少するものの、牛床全体の衝撃力を確実に減少させるためには、4.3 kg/m<sup>2</sup> といった多量の敷料を用いる必要がある。

これらのことから、今回の調査を行った牛床の衝撃力を確実に減少させるためには、1 m<sup>2</sup> あたり 4.3 kg の敷料を投入する必要があると考えた。しかし、今回の牛床のように、敷料止めのない牛床であると、おがくずのように粒度の細かい敷料の場合、牛が利用することにより敷料は通路に落ちてしまう。そのため、たとえおがくずを十分量確保することが出来て、また管理者が朝晩牛床の管理を行ったとしても、1 m<sup>2</sup> あたり 4.3 kg のおがくずを常に維持することは難しい。

以上のことから、牛床の衝撃力は敷料の増加により低下し、衝撃力の高い牛床であっても、多量の敷料を用いることで乳牛横臥時の快適性を調整することは可能である。しかし、現実の飼養管理との関連では、それを維持することは困難であり、牛床に付属した資材の快適性を考慮した検討が重要となると考えた。

#### 参考文献

- 1) 安藤哲, 牛が好む牛床の材質と形状. 畜産の研究, 46(10): 1105-1109. 1992.
- 2) Dumelow, J., Testing cubicle mats for dairy cows. Agricultural engineer, 50 (4): 17-21. 1995.
- 3) Fisher, A. D., M. Stewart, G. A. Verkerk, C. J. Morrow, L. R. Matthews, The effects of surface type on lying behavior and stress response of dairy cows during periodic weather-included removal from pasture. Appl. Anim. Behav. Sci., 81: 1-11. 2003.
- 4) Gebremedhin, K. G., C. O. Cramer, H. J. Larsen, Preference of dairy cattle for stall options in free stall housing. Transactions of the ASAE, 28 (5). 1985.
- 5) 原田英雄・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司, フリーストール牛舎におけるストールのベッティング素材と牛の横臥行動との関係. 日本家畜管理学会誌, 31 (1): 22-23. 1995.
- 6) 池滝孝, 畜舎施設と牛の行動. 日本家畜管理研究会誌, 30: 103-107. 1995.
- 7) 加茂幹男・池口厚男・本田善文・猪俣誠一・飯島博, 成形ゴムマット牛床の利用性. 日本家畜管理学会誌, 34: 20-21. 1998.
- 8) 森田茂・影山杏里奈・村上絢野・有賀暁・干場信司, 異なる収容方式における乳牛の起立動作の解析. 日本家畜管理学会誌, 40 (2): 109-114. 2004.
- 9) Natzke, R. P., D. R. Bray, R. W. Everett, Cow preference for free stall surface material. Journal of dairy science, 65: 146-153. 1982.
- 10) Phillips, C., D. Piggins, Farm animals and the environment. 93-110. CAB international. Wallingford, UK. 1992.
- 11) 佐藤義和, 乳牛の行動動作の運動力学的分析による牛舎の床条件改善のための基礎研究. 北海道農業試験場研究報告, 160: 1-63. 1995.
- 12) 杉田慎二・森田茂・小田次郎・干場信司・堂越顕・高橋圭二, 床材料の異なるフリーストール牛舎における乳牛のストール利用. 酪農学園大学紀要, 25 (1): 9-12. 2000.
- 13) 高橋圭二・森田茂, 加速度計を用いた落下試験装置による牛床等の評価. 北海道畜産学会報, 20. 2004.
- 14) Tierny, G., R. Thomson, Methods for assessing the cushioning performance of free-stall dairy cow synthetic beds. Transactions of the

- ASAE, 46(1): 147-153. 2003.
- 15) Tucker, C. B., D. M. Weary, D. Fraser, Effects of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *Journal of dairy science*, 86: 521-529. 2003.
- 16) 吉田実・阿部猛夫監修, 畜産における統計的方法. 146-154, 209-210. 中央畜産会, 東京. 1984.
- 17) Young, H. G., M. A. Hellickson, J. L. Reeves and M.J. Owens, A time-lapse photography study of free stall housing for dairy calves. *Transactions of the ASAE*, 15(4): 751-753. 1972.

### 要 約

乳牛が最も時間を費やす維持行動は横臥行動であることから、休息場所である牛床が快適であることが必要である。本研究では、加速度計を用いた落下試験装置を試作し、敷料の量による牛床の衝撃力の変化を解析した。調査は建設後5年経過したフリーストール牛舎にて実施された。落下試験装置は加速度計を大ハンマの頭部を利用した落下装置に埋め込んだものである(合計4.75 kg)。加速度計の出力はインターフェースを経由しパソコンに取り込み、解析した。落下試験措置を高さ20 cmから自由落下し床に衝突させ、このときの加速度変化を測定した。牛床の衝突時の最大加速度から衝撃力を算出した。測定は牛床の前方8ヵ所(前方)と後方8ヵ所(後方)の計16ヵ所(全体)で行った。敷料にはおがくずを用い、おがくずの量を0 kg/m<sup>2</sup>, 1.3 kg/m<sup>2</sup>, 3.0 kg/

m<sup>2</sup>, 4.3 kg/m<sup>2</sup>の4段階に分けて調査を行った。おがくずの量による衝撃力は、牛床の全体、前方および後方ともに負の相関を示し、それぞれ $Y = -512X + 4096$  ( $r = 0.998, P < 0.05$ ),  $Y = -642X + 4601$  ( $r = 0.995, P < 0.05$ ) および  $Y = -401X + 3662$  ( $r = 0.959, P < 0.05$ ) という有意な直線回帰式が得られた。回帰式から、敷料の量により、衝撃力が直線的に減少すること、牛床の前方と後方では、おがくず量0 kg/m<sup>2</sup>の時の衝撃力および1 kg/m<sup>2</sup>あたりの衝撃力減少効果が異なることが示された。また、おがくずを4.3 kg/m<sup>2</sup>投入した際の衝撃力は、前方で約1,900 N、後方で約1,800 Nでありほぼ同様の値が示された。今回の調査の結果、敷料なしの衝撃力は平均約4,100 Nと極めて高く、この牛床の衝撃力を一年使用したゴムチップマットレスでの衝撃力(2,400 N)にするためには、得られた回帰式から、約3 kg/m<sup>2</sup>のおがくずを使用する必要があると考えられる。また変動係数は、おがくずの量が1.3 kg/m<sup>2</sup>および3.0 kg/m<sup>2</sup>の時は、0 kg/m<sup>2</sup>および4.3 kg/m<sup>2</sup>の場合に比べ大きい結果となったことから、今回の調査を行った牛床の衝撃力を確実に減少させるためには、1 m<sup>2</sup>あたり4.3 kgの敷料を投入する必要があると考えた。以上のことから、牛床の衝撃力は敷料の増加により低下し、衝撃力の高い牛床であっても、多量の敷料を用いることで乳牛横臥時の快適性を調整することは可能である。しかし、現実の飼養管理との関連では、それを維持することは困難であり、牛床に付属した資材の快適性を考慮した検討が重要となると考えた。

### Summary

The objective of this study was to examine the influence of the amount of sawdust on impact force with a new test apparatus that used the accelerometer. The new test apparatus was in which the accelerometer was attached to a 4.75 kg drop-mass and dropped from the height of 200 mm. Data was recorded from the accelerometer with a personal computer via the interface. The impact force was calculated from the maximum acceleration when drop-mass collided with the stall (Impact force = the maximum acceleration  $\times$  4.75 kg). Measurement was operated at 16 points, which are 8 points in the front and the other 8 points in the rear. Using sawdust as floor material, the examination was operated with 0 kg/m<sup>2</sup>, 1.3 kg/m<sup>2</sup>, 3.0 kg/m<sup>2</sup> and 4.3 kg/m<sup>2</sup> of sawdust. The correlation between the amount of sawdust and impact force was a negative correlation in total, in the front and in the rear. It was shown that the impact force when sawdust was not used and the effect of decreasing impact force when 1 kg/m<sup>2</sup> sawdust was used were different in the front and in the rear of the stall. When amount of sawdust was 0 kg/m<sup>2</sup>, the average of impact force was 4,100 N. To decrease the impact force of this stall to 2,400 N that is the impact force in the rubber chip mattress used for one year, it was shown to have to use the sawdust of 3 kg/m<sup>2</sup>. When the amount of sawdust was 1.3 kg/m<sup>2</sup> and 3.0 kg/m<sup>2</sup>, the coefficient of variation was larger than in the cases of 0 kg/m<sup>2</sup> and 4.3 kg/m<sup>2</sup>. Therefore, it is necessary to use a large amount of sawdust of 4.3 kg/m<sup>2</sup> to decrease the impact force of the stall surely. The impact force of the stall was decreased by increasing of

sawdust, and the comfort when dairy cows are lying can be adjusted by using a large amount of sawdust. However, it is difficult to always keep the sawdust of 4.3 kg/m<sup>2</sup>. Therefore, it is necessary to improve this rubber chip mattress including the cow comfort.