

起伏測定装置を用いた飼料高測定と給与飼料の形状変化

森田 茂*・島田泰平・松岡洋平・干場信司

酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501

* Corresponding author. E-mail address: smorita@rakuno.ac.jp

要 約

本研究では、フリーストール牛舎における乳牛採食に伴う給与飼料の形状変化を、飼料高から経時的に調査し、飼料移動の特徴を検討した。調査は、酪農学園大学附属農場にて実施した。調査開始時(13:00)に餌寄せ作業を行い、飼料形状を整えた。飼料高の測定は、2m 間隔で6ヵ所(測定位置)行き、各測定位置における飼料高を飼槽壁から10cm 間隔で150cm の位置まで計測した(15ヵ所)。飼料高の計測は30分間隔とし、17:00まで実施した。非接触により飼料高を測定するために起伏測定装置(JTF-FS12、ジャコム株式会社製)を用いた。飼料高測定にあわせ、5分ごとに乳牛の採食行動を観察した。調査終了時の最遠飼料端距離および最大飼料高距離は有意($P<0.05$)に増加した。これに対し、最大飼料高は調査開始時とほぼ等しかった。飼槽壁から10~50cm 位置における調査終了時の飼料高は調査開始時に比べ有意($P<0.05$)に減少した。70cm 位置における調査開始時および終了時の飼料高に差は認められなかった。飼槽壁からの距離が90~140cm の位置では、試験終了時の飼料高は有意($P<0.05$)に増加した。飼槽壁から10cm 位置における飼料高は、13:00での20cm から16:00での5cm へと直線的に減少し、16:00以降はほぼ一定であった。この傾向は、飼槽壁から20~40cm の位置でも同様であった。調査開始時の飼槽壁から90cm 位置の飼料高は約4cm であり、調査終了時の16cm へと直線的に増加した。飼槽壁から100~120cm 位置では、90cm 位置と同様に飼料高は直線的に増加した。本試験のような条件下において、給与飼料の飼料高は飼槽壁からの位置が70cm を境に減少および増加といった様相の異なる変化を示し、飼料高より推定した残存飼料は、4時間経過後で極めて低い比率となることが示された。

キーワード: 飼料高, 乳牛採食, フリーストール牛舎

Animal Behaviour and Management, 44 (3): 220-227, 2008
(2008. 1. 11 受付; 2008. 6. 20 受理)

緒 言

乳牛の飼養管理において乳生産および乳牛の健康維持に採食量は直接影響する。フリーストール牛舎における群飼養泌乳牛には、フラット型飼槽において混合飼料の自由採食を基本とした飼料給与がなされている。こうした飼養環境下での乳牛の採食行動に関する研究では、乳牛の飼槽幅に対する飼養密度すなわち1頭当りの飼槽幅や、給飼柵の構造などの検討がこれまで多くなされてきた。

乳牛にとって採食可能な範囲(1頭当りの飼槽幅)の減少は、飼槽での競争を増加させ³⁾、飼槽付近での競争は採食行動に影響を及ぼす^{5,6,10)}とされている。また森田ら⁹⁾は、1頭当りの飼槽幅を0.6m と0.3m とした酪農場での乳牛採食行動の調査結果を比較し、0.3m の条件では採食期継続時間の短縮などといった乳牛の採食行動に変化が現れると報告した。さらにHuzzyら⁸⁾は、こうした1頭当り飼槽幅減少の採食行動への影響は、給飼柵の構造(連動スタンションとポスト-レール型)により異なることを示した。また、Endresら⁷⁾も同様に、連動スタンション型給飼柵の利用により、ポスト-レール型に比べ、採食活動が最も活発な時刻帯における競争を減少させると結論した。

1頭当りの飼槽幅が乳牛にとって左右方向の長さであり、給飼柵が乳牛の左右の動きや隣接個体との相互関係に係わる構造物であるのに対して、Zappavigna¹³⁾は乳牛の採食可能範囲をそれまでのいくつかの研究からとりまとめ、乳牛にとって奥行き方向への採食可能な距離は1m 程度であることを示した。乳牛は、TMR に含まれる穀類を選択採食したり、採食しやすい形状とするため飼料を混和し、押しあるいは飛ばすといった動作を行う^{1,11)}。この動作により、採食可能範囲外に移動した飼料は、管理者が給与していたとしても、乳牛にとって採食不可能な飼料であり、乳牛の採食量を確保させるためには採食可能範囲内に十分な飼料を存在させなければならない。こうした配慮から、群飼養乳牛の飼養管理において、採食可能範囲内での残飼料の状況の評価する方法が提示されている⁷⁾。

しかし、乳牛採食に伴う飼料移動や形状変化は経験的には認識されているものの、数量的に検討した研究は極めて少なく、わずかに島田ら^{11,12)}が飼料給与直後の乳牛の採食動作との関連で検討したり、飼槽における残飼料の形状変化を、最遠飼料端位置や最大飼料高位置といった指標変化から検討した程度である。

飼料高測定と給与飼料の形状変化

採食可能範囲外の飼料を範囲内に戻す作業は餌寄せ作業と呼ばれ、乳牛の活動を活発にする採食刺激としての意味も持つと考えられていることから、酪農場においては頻繁な餌寄せ作業実施が励行されている。DeVries ら¹⁾は、1日2回給与において、夜間に餌寄せ作業を追加しても日内の乳牛の採食パターンは変化しないと述べている。餌寄せ作業の本来の目的は、採食可能範囲外へ移動した給与飼料を採食可能範囲内に戻すことにあることを考慮すれば、飼料給与後の乳牛採食に伴う飼料形状の変化を検討しなければ、適切な餌寄せ作業の時刻や回数を示すことはできない。そこで本研究では、乳牛採食に伴う飼料形状変化を、一定時間間隔で、飼料高を測定することにより調査し、飼料移動の特徴を検討した。

材料および方法

調査は、酪農学園大学附属農場の自動搾乳システム牛群にて実施した。調査日の13:00から17:00までの給与飼料の飼料高を30分間隔で測定するとともに乳牛の採食行動を調査した。調査時の乳牛飼養頭数は17頭(平均3.0産、平均分娩後日数156日、平均日乳量32kg)であった。飼槽はフラット型、長さは15mであり、飼槽に近接した通路面(乳牛の立ち面)と飼槽面の高さの差は8cmであった。飼槽には20頭分の連動スタンションが垂直面に対して約6度、飼槽側に傾斜して設置されていた。混合飼料を1日1回10:30に給与した。

図1には飼料高測定位置の概要を示した。調査開始時(13:00)に餌寄せ作業を行い、飼料形状を整えた。飼料高の測定は、2m間隔で6カ所(測定位置)行い、各測定位置における飼料高を飼槽壁から10cm間隔

で150cmの位置まで計測した(15カ所)。飼料高の計測は30分間隔とした。飼料高測定の終了(17:00)まで、餌寄せ作業は行わなかった。あわせて、最遠飼料端位置、最大飼料高位置および最大飼料高を、調査開始時と終了時に測定した。調査開始時の測定終了後、閉鎖していた連動スタンションを開放し、乳牛が採食可能な状態とした。これ以降、連動スタンションは動作させず、採食時の乳牛の保定や飼槽の閉鎖は、調査終了まで実施しなかった。

非接触により飼料高を測定するために起伏測定装置(JTF-FS12、ジャコム株式会社製)を試作した。起伏測定装置には、長さ210cmのアームに16個のレーザー測距計(GP2Y0A02YK、シャープ株式会社製)が10cm間隔で設置されていた。測定装置の概要は図2のとおりである。測定アームは一定高さに固定し測定を実施した。センサーと飼料上端との距離を測定し、距離データはコンパクトフラッシュカードに記録した。測定アームの高さと距離データの差から、飼料高を求めた。本試験で実施したような15mの飼槽において2m間隔での測定に要する時間は10分程度であり、乳牛の採食行動を妨げたり、測定時に飼料形状を変化させることなく、計測することが可能であった。

上記、飼料高の計測にあわせ、5分ごとに乳牛の採食行動を観察した。採食状況の確認は肉眼で行い、採食している乳牛の個体番号および採食飼槽位置を記録した。

各測定時刻での飼料高の平均値などについて分散分析を行い、平均値間の比較はTukeyの方法を用い比較した。

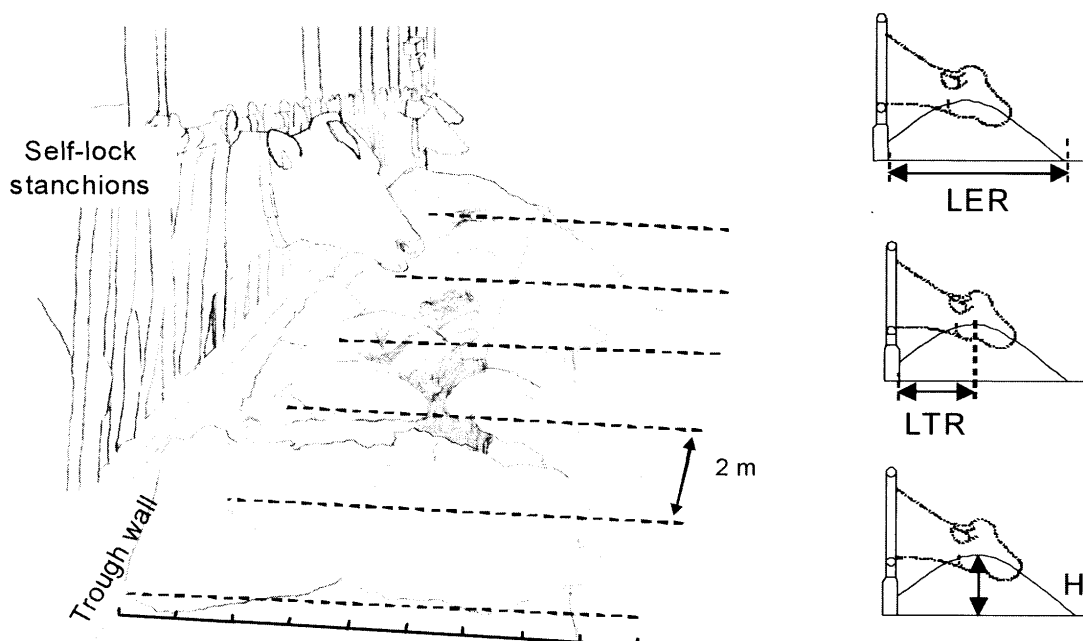


Fig. 1. The height of the ration was measured at 10 cm intervals from the trough wall to 150 cm away (15 points) in parallel lines at 2 m intervals (6 lines) of a flat-type trough (left side). The length from trough wall to the edge of ration (LER), the length from trough wall to and the height of the top of the ration (LTR and HTR, in the right side) were also measured at the start and end of the experiment (right side).

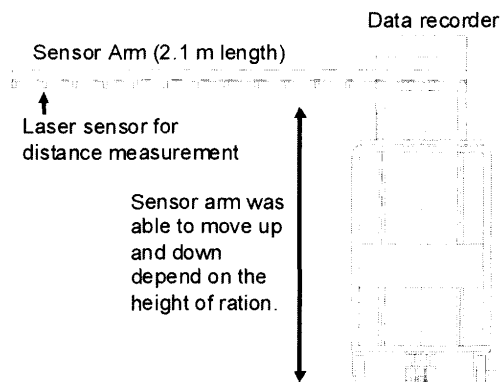
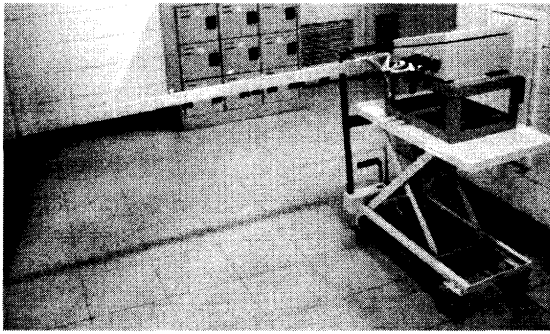


Fig. 2. A device for measuring the height of the ration (JTF-FS12). The device had the arm (2.1 m) locating 16 laser sensors (GP2Y0A02YK) in 10 cm interval, and the data recorder. The height of the arm was variable.

結果および考察

表 1 には、調査開始時(乳牛採食開始前)と終了時(4 時間経過後)における最遠飼料端距離(LER)、最大飼料高距離(LTR)および最大飼料高(HTR)を示した。LER および LTR は、乳牛採食開始前の約 92cm および 38cm から、4 時間経過後の 145cm および 107cm へと有意($P<0.05$)に増加した。これに対し、HTR はわずかに減少するものの、その値は調査開始時と終了時でほぼ等しかった。すなわち、乳牛採食に伴い給与飼料は、飼料の高さが最も高い位置は変化するが、その高さはほとんど変化せず、飼料が全体とし

て飼槽壁から遠い位置へ 70cm 程度、移動することが示された。このような給与飼料形状の変化は、これまでの研究^{11,12)}で指摘された内容と同様であった。

表 2 には、調査開始時と終了時の起伏測定装置により計測した飼槽壁からの距離位置ごとの平均飼料高を示した。飼槽壁から 10~50cm 位置における調査終了時の飼料高は有意($P<0.05$)に減少した。また、60cm 位置においても減少する傾向にあった。調査開始時と終了時の飼料高の差が最も大きいのは、20cm 位置(約 20cm の低下)であり、10~30cm の範囲ではほぼ等しかった。60cm 位置まで、飼槽壁からの距離の延長に伴い飼料高低下の程度は減少する傾向を示した。70cm 位置における調査開始時および終了時の飼料高に差は認められなかった。飼槽壁からの距離が 80cm 以遠においては、140cm 位置まで飼料高は増加し、90~140cm 位置ではその差は有意($P<0.05$)であった。80cm 以遠の範囲で、調査開始時と終了時の飼料高の差が最も大きいのは 100cm 位置(約 13cm の上昇)であり、飼槽壁からの距離の延長に伴い飼料高の差は減少した。130 および 140cm 位置における変化量は 3cm 以下とわずかであった。すなわち、本試験のような条件では、乳牛採食に伴い飼料高は飼槽壁に近い位置で低下し、遠い位置で増加するが、その境は 70cm 付近にあることが明らかとなった。

乳牛の採食可能範囲は飼槽壁から 100cm 程度であるとの報告がある¹³⁾。採食可能範囲は乳牛の体格や飼槽構造(飼槽面の高さ、飼槽柵の傾斜)などによっても異なるが、この報告を参考とすれば、本試験のような条件では、採食開始 4 時間後には、最大飼料高位置(107cm)より外側に位置する飼料は、乳牛にとって採食できない位置にあるといえる。飼料の体積は飼料高と底面積の積で求めることができ、底面積は一定であると考えれば、飼料高の比は、体積の比と同一となる。この考えに従い、10cm 間隔で測定した飼料高をもとに推定すれば、調査開始時に 100cm 以内の位置に存在する飼料が全飼料の 97%であったのに対し、終了時にはそのときに存在する全飼料の 74%へと低下したことになる。

Table 1 The comparison of the index¹ of the shape of the residual ration on trough between the start² (13:00) and the end (17:00) of experiment.

Position of measurement	Start of experiment		End of experiment		Difference (cm)
	13:00		17:00		
LER	91.9	^a ± 27.0	145.0	^b ± 21.2	53.1 →
LTR	37.8	^a ± 19.8	107.0	^b ± 18.9	69.2 →
HTR	27.5	± 48.5	21.8	± 28.1	5.7

a, b : average with different superscripts in same line differ significantly ($P<0.05$)

¹ Index of the ration shape : the length from trough wall to the end of ration (LER); the length from trough wall to the top of ration (LTR); and the height of the top of ration (HTR); see Fig. 1.

² Just before the start time of cow's eating

飼料高測定と給与飼料の形状変化

Table 2 The comparison of the height of residual ration on trough between the start¹ (13:00) and the end (17:00) of experiment

Position from trough wall (cm)	Height of ration (cm)		Difference (cm)
	Start of experiment 13:00	End of experiment 17:00	
10	21.1 ^a ± 7.2	2.6 ^b ± 2.2	18.5 ↘
20	22.0 ^a ± 8.6	2.2 ^b ± 1.5	19.8 ↘
30	19.6 ^a ± 9.4	1.7 ^b ± 1.5	17.9 ↘
40	16.2 ^a ± 10.2	1.9 ^b ± 1.0	14.3 ↘
50	12.5 ^a ± 9.8	2.7 ^b ± 2.1	9.8 ↘
60	10.6 ± 8.5	5.8 ± 2.7	4.8
70	6.9 ± 7.8	6.1 ± 5.7	0.8
80	5.2 ± 6.0	10.0 ± 5.7	4.8
90	4.3 ^a ± 3.7	15.8 ^b ± 6.9	11.5 ↗
100	2.1 ^a ± 1.7	15.2 ^b ± 12.7	13.1 ↗
110	0.3 ^a ± 0.7	9.5 ^b ± 13.2	9.2 ↗
120	0.5 ^a ± 0.3	5.2 ^b ± 7.2	4.7 ↗
130	0.5 ^a ± 0.3	3.4 ^b ± 4.7	2.9 ↗
140	0.7 ^a ± 0.5	2.2 ^b ± 2.2	1.5 ↗
150	1.6 ± 0.3	1.8 ± 1.1	0.2

a, b : average with different superscripts in same line differ significantly (P<0.05)

¹ Just before the start time of cow's eating

調査終了時には、飼槽壁から 50cm 以内の位置における飼料高は、いずれも 3cm 以下であった。また 130cm 位置以遠でも飼料高は低く、これらの位置では、ほとんど飼料がない状態であった。採食開始後 4 時間が経過した調査終了時に、一定量以上の飼料が存在する位置は、飼槽壁から 60~120cm 位置の範囲内であり、採食可能範囲を 100cm 以内とすれば、採食開始後 4 時間を経過した頃には、わずかに 60~100cm が乳牛の採食可能な飼料が存在する範囲であると結論される。

図 3 には、飼槽壁から 10~40cm 位置における平均飼料高の経過時間に伴う変化を示した。飼槽壁から 10cm 位置における飼料高は、13:00 での 20cm から 16:00 での 5cm へと直線的に減少し、16:00 以降はほぼ一定であった。調査開始から 16:00 までの経過時間(x, 分)と飼料高(y, cm)の間に、 $y=-0.10x+23.2$, $r=-0.980$ という回帰式が得られた(P<0.05)。飼槽壁から 20~40cm 位置での飼料高の変化は、10cm 位置とほぼ同様であり、直線的に減少した後、ほぼ一定の値で推移した。平均飼料高が 5cm 以下となる時刻は、10~30cm 位置において 16:00、40cm 位置で 15:30 と若干の違いはあるものの、ほぼ同様であった。すなわち飼槽壁から 10~40cm 位置における飼料高は、乳牛採食に伴い直線的に低下し、本試験のような条件化では、採食開始 3 時間後には、多くの飼料がその範囲に存在しなくなるといえる。

図 4 には、飼槽壁から 90~120cm 位置における平均飼料高の、経過時間に伴う変化を示した。調査開

始時の飼槽壁から 90cm 位置の飼料高は約 4cm であり、調査終了時の 16cm へと直線的に増加した。調査開始からの経過時間(x, 分)と飼料高(y, cm)の間には、 $y=0.05x+4.98$, $r=0.980$ という回帰式が得られた(P<0.05)。飼槽壁から 100~120cm 位置では、90cm 位置と同様に飼料高は直線的に増加し、いずれも経過時間と飼料高の間で有意(P<0.05)な回帰式が得られた。調査期間終了時(17:00)の飼料高は、100cm 位置で約 15cm、110cm 位置で約 10cm、120cm 位置で約 5cm と飼槽壁からの距離の延長に伴い低下した。すなわち、飼槽壁から 90cm 以遠 120cm までの位置の飼料高は、乳牛採食に伴い直線的に増加するが、その増加量は 90 および 100cm 位置で、それ以遠に比べ高かった。

飼槽壁から 10~40cm 位置における飼料高の変化から、本試験のような条件では、採食開始後 2 から 3 時間程度で、飼槽壁の近くに位置する混合飼料採食は終了し、乳牛が採食する対象は 50cm 以遠に移行していると考えるのが妥当であろう。島田ら¹¹⁾は、給与飼料形状変化に関し、飼料の移動は、乳牛の飼料を飛ばす動作が関連すると述べている。またこうした動作は、混合飼料内の穀物を選択するための動作であると言われている¹¹⁾。本試験でも、こうした動作が原因し、飼槽壁から 90cm 以遠の飼料高はさらに高まったものと考えた。

図 5 には、調査期間中の採食時間変化を 30 分間の累積時間で示した。調査開始直後から採食時間は増加し、15:00-15:30 の区分以降、30 分間の区分当

たり約 200 分で推移した。各区分の平均採食頭数も同様に増加し、15:00-15:30 の区分以降は、平均 7 頭以上の採食頭数であった。これまでの結果を参考とすれば、これらの乳牛は、すでに 50cm 以内の位置に飼料がほとんど存在しないことから、60~100cm 位置の混合飼料を採食していることになる。

図 6 には各時刻の残存飼料量の調査開始時の飼料量に対する割合を、飼料高より推定し、全飼料と

100cm 以内に位置する飼料ごとに示した。15:00 の測定までは、全飼料と採食可能であると考えた 100cm 以内に存在する飼料量は、ほぼ同様の減少傾向を示し、両者の値はほぼ一致していた。しかし、それ以降、両者の差は拡大し、調査終了時である 17:00 には、全飼料としての残存量は 70%であるものの、採食可能な範囲には約 50%しかないと推定した。

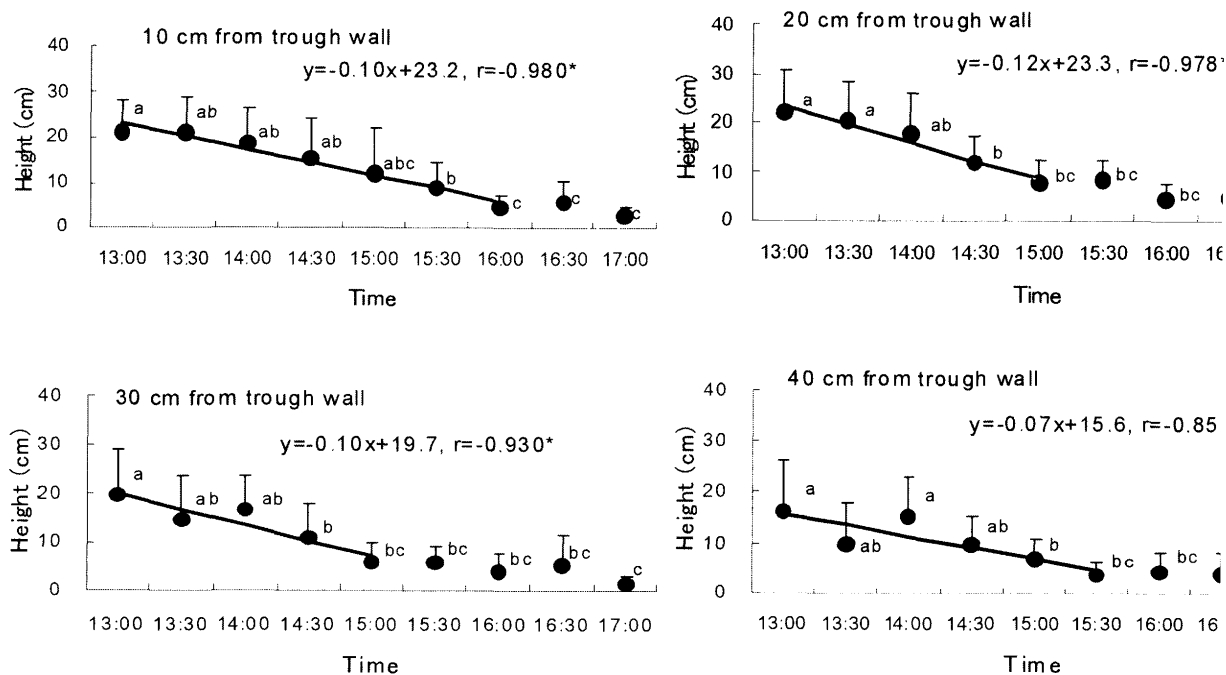


Fig. 3. The changes of the height of the residual ration on the trough at 10 – 40 cm from the trough wall. The averages with the different letters differ significantly ($P < 0.05$). The vertical line on the average was shown the standard deviation.

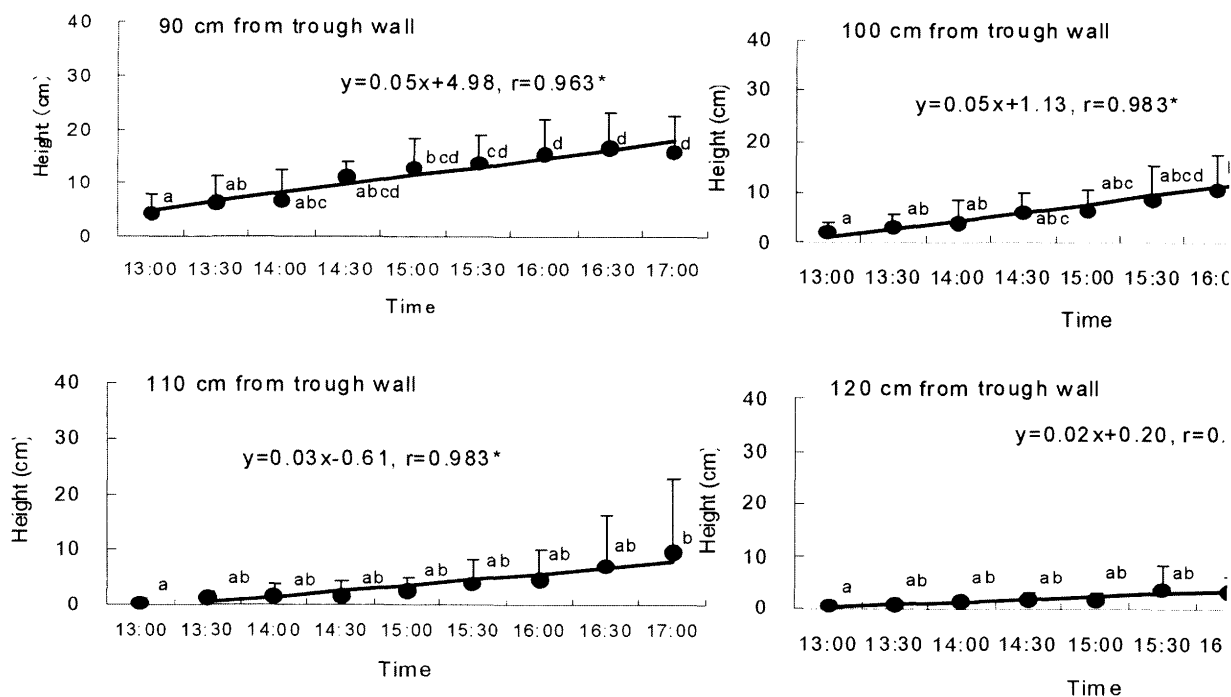


Fig. 4. The changes of the height of the residual ration on the trough at 90 – 120 cm from the trough wall. The averages with the different letters differ significantly ($P < 0.05$). The vertical line on the average was shown the standard deviation.

飼料高測定と給与飼料の形状変化

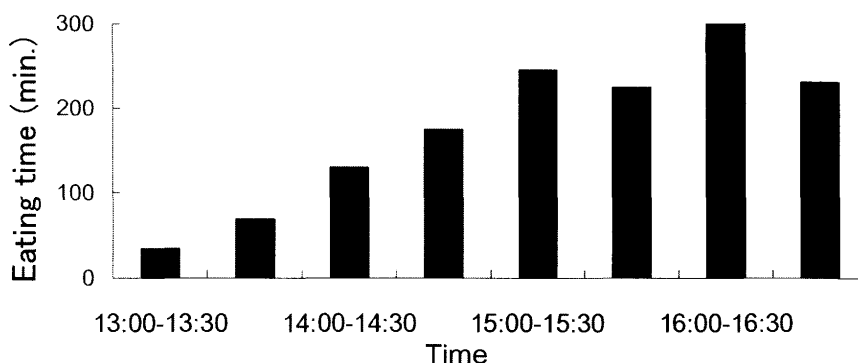


Fig. 5. Time spent for eating of cows for several 30 minutes periods. The figures on the bars show the average number of simultaneous eating cows at observation.

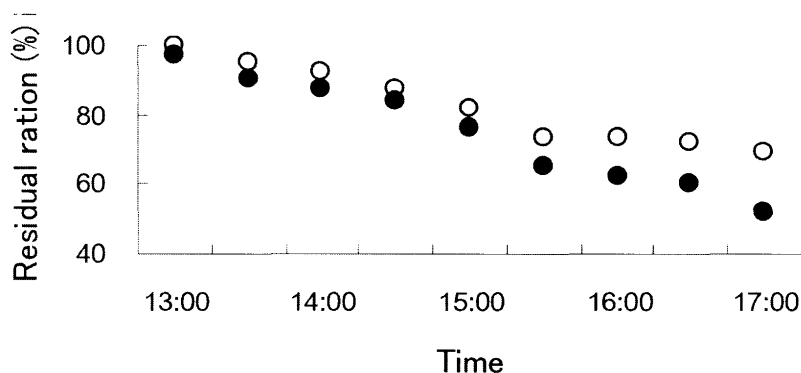


Fig. 6. The percentage of estimated residual ration volume in several times to the initial volume of total ration. White dots represent the percentage of total ration on trough, and black dots represent the ration volume within cow's reach (100 cm) to the initial volume of total ration.

採食可能範囲内の飼料量が不足した場合に、管理者は餌寄せを行い、採食可能範囲外の飼料を範囲内に移動させなければならない。島田ら¹²⁾は、餌寄せ作業の間隔が長時間となる夜間の飼料形状の変化を計測し、餌寄せ作業の間隔が10時間以上に及んでも、最大飼料高位置は経過時間に係わらずほぼ一定であることを示した。一方で、最大飼料高は漸減し、乳牛に近い位置の飼料量が減少した後は、100cm程度の位置(最大飼料高位置)にできた飼料の山の内側を崩しながら採食していることを確認した。

本試験の推定残存量の変化からは、餌寄せ2.5時間後である15:30の全飼料と100cm以内の残存推定量割合の乖離が、それ以前(15:00までは3~5%)に比べ、大きくなった(15:30で約8%)。また、4時間を経過した17:00ではさらにその値は大きくなった(17:00では約18%)。餌寄せ作業は、搾乳や給飼には及ばない¹⁾ものの、一般的には、乳牛の採食活動の活発化の役割も担っているといわれている。生産性を高めたり、高い生産状態にある乳牛に十分な養分量を供給するために、頻繁な餌寄せ作業が推奨

されている。一方で、酪農場における労働を無制限に増加できないことも現実である。餌寄せ作業実施の必要性は、十分量の飼料が採食可能範囲内にあるかどうかにより決定されるべきであり、そのことを本試験結果から判断することはできない。しかし、推定残存飼料量の変化から、頻繁に餌寄せ作業が可能であれば2.5時間経過した後の15:30、少なくとも4時間経過後の17:00ごろには餌寄せ作業を行うことが推奨される。

本試験は飼料高より推定した飼料量にのみ着目している。乳牛採食に伴う選択採食に伴い残される飼料中の繊維質含量は、給与回数が少なく給与後に長時間が経過すると増加することが指摘され、これは乳牛による選択採食に起因すると考えられている²⁾。餌寄せ作業は、飼槽上の飼料混和という役割もある。本試験で指摘したように一定時間経過後に乳牛の採食可能な位置にある飼料が限定されるとすれば、位置ごとの飼料成分の違いを調べ、それも考慮した適正な餌寄せ作業時刻を決定する必要がある。

参考文献

- 1) DeVries, T.J., M.A.G. von Keyserlingk and K.A. Beauchemin, Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86:4079-4082. 2003.
- 2) DeVries, T.J., M.A.G. von Keyserlingk and K.A. Beauchemin, Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 88:3553-3562. 2005.
- 3) DeVries, T.J., M.A.G. von Keyserlingk and D.M. Weary, Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87:1432-1438. 2004.
- 4) Endres, M.I., T.J. DeVries, M.A.G. von Keyserlingk and D.M. Weary, Effect of feed barrier design on the behavior of loose-housed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 88:2377-2380. 2005.
- 5) Friend T.H., C.E. Polan and M.L. McGilliard, Free stall and feed bunk requirements relative to behavior, production, and individual feed intake in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 60:108-118. 1977.
- 6) Grant, R.J. and J.L. Albright, Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 84(E. Suppl.):E156-E163. 2001.
- 7) Hoffman, P.C., Feed efficiency in heifer management. *International Dairy Topics*, 6(6):7-9. 2007.
- 8) Huzzy, J.M., T.J. DeVries, P. Valois and M.A.G. von Keyserlingk, Stocking density and feeding barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89:126-133. 2006.
- 9) Morita, S., S. Sugita, T. Kobari and S. Hoshiba, Effect of feeding space allowance for cows on meal length in free-stall barn. *J. Rakuno Gakuen Univ.*, 26(2):271-276. 2002.
- 10) Olofsson, J., Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.*, 82:69-79. 1999.
- 11) 島田泰平・森田茂・干場信司, 乳牛における混合飼料採食に伴う給与飼料形状の変化. *酪農学園大学紀要*, 32(1):1-6. 2007.
- 12) 島田泰平・森田茂・松岡洋平・秋田あゆみ・干場信司, フリーストール牛舎における乳牛の採食行動と給与飼料形状の日内変化. *酪農学園大学紀要*, 32(2):155-160. 2008.
- 13) Zappavigna, P., Space and equipment requirements for feeding in cattle housing. In *Farm animal housing and welfare*. 155-163. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague. 1983.

The change of the height of ration on trough using a measuring device of the undulation of ration offered in free-stall barn

Shigeru MORITA*, Taihei SHIMADA, Yohei MATSUOKA, Shinji HOSHIBA

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501, Japan

* Corresponding author. E-mail address: smorita@rakuno.ac.jp

Summary

The objective of this study was to determine the change in ration shape during cow feeding in a free-stall barn. A new device was made to measure the height of the ration without contact. The experiment started at 13:00 with pushing up the ration in a free-stall barn and ended at 17:00. The height of the ration was measured at 10 cm intervals from trough wall to 150 cm away (15 points) in parallel lines at 2 m intervals (6 lines) on a flat-type trough. The length from the trough wall to the edge of the ration and to the top of the ration at the end of the experiment (17:00) were significantly ($P<0.05$) greater than those at the start of experiment (13:00). The height of the top of the ration did not differ from the start to the end of the experiment. The height of ration at the end of the experiment had significantly ($P<0.05$) decreased at 10 – 50 cm, and increased at 90 – 140 cm from the trough wall. The decrease in the height of the ration in the 10 – 40 cm positions and increase in 90 – 120 cm positions occurred linearly with time after the start of the experiment. There was no change in the height at 70 cm from the trough wall. The changes in ration height at several distances from the trough wall were successfully quantified.

Key words: Height of ration, Cow eating, Free-stall barn

Animal Behaviour and Management, 44 (3): 220-227, 2008
(Received 11 January 2008; Accepted for publication 20 June 2008)