

---

牛の排泄場所の行動的制御における  
無線 I D 内臓型起立検知装置の開発

---

(課題番号：16580217)

平成 16 年度～平成 17 年度科学研究費補助金  
(基盤研究 (C)) 研究成果報告書

平成 18 年 7 月

研究代表者 柏村文郎  
帯広畜産大学畜産学部教授

## は し が き

近年、日本畜産における最大の課題は、糞尿処理の問題である。酪農においては、乳牛の多頭化および高泌乳化が急速に進み、それに対応する飼養施設として糞尿処理が容易なフリーバーンとよばれる牛舎が増えてきた。この牛舎は牛にとって快適ではあるが、十分な敷料を投入しなければベッド上の排泄物で牛体が汚染され、乳房炎の多発が懸念される。資源の少ない日本では敷料の入手が困難な地域が多く、敷料不足がこの牛舎普及のネックになっている。ここでもし、ベッド上での排泄量をコントロールするここが可能になれば、この牛舎の普及はさらに広がると考えられる。本研究のねらいは、このような牛舎においてベッド上で牛が排泄しないように条件付ける方法を検討することである。言い換えると「牛のトイレのしつけ」への挑戦といえることができる。

筆者らは、平成 13 年度の科学研究費において、牛を誘導して排泄場所をコントロールするための基礎的研究を行った。その概略次のような原理による。

- ① 乳牛の排糞は約 40% が起立動作後 1 分以内に起こり、また排尿は約 35% が起立動作後 2 分以内に起こることが報告されている。
- ② 牛を起立動作後 1～2 分以内にベッドからフィードステーションへ向かうように条件付けできれば、ベッドでの排泄量をかなり減少させることができるはずである。

実験の結果、この方法によりベッド上での排泄量をコントロールできる可能性が示唆された。しかし、この技術を実用化するためにはまだいくつか解決しなければならない課題も明らかとなった。一つは多頭数の牛に装着できる安価な起立検知装置の開発である。もう一つは、多頭数飼育に対応するためのトレーニング方法の簡略化である。また、多数の牛からほぼ同時に送られてくる起立信号とフィードステーションへ入った牛の ID 番号の信号を取りこぼすことなく確実に受信し、一元的に処理できるコンピュータ制御システムの構築の必要性も明らかとなった。

これらの課題を解決するため、本研究課題では次の 3 点について取り組んだ。

- ① 最近、進歩が著しい無線 ID と起立検知装置を一体化して、無線 ID 内蔵型起立検知装置を新たに開発する。
- ② 振動機能付き無線 ID 呼び出し装置の有効性を検討する。
- ③ これらの信号を一元的に処理できるコンピュータ制御システムを開発する。

以上の研究課題に取り組み、一定の成果が得られたのでここに報告する。

### 研究組織

研究代表者：柏村文郎（帯広畜産大学畜産学部教授）  
研究分担者：瀬尾哲也（帯広畜産大学畜産学部助手）  
研究分担者：池滝 孝（帯広畜産大学畜産学部助教授）  
（研究協力者：斉藤朋子、森 みゆき）

### 交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成16年度	1,700	0	1,700
平成17年度	1,600	0	1,600
総計	3,300	0	3,300

### 研究発表

#### （1）原著論文

著者：斉藤朋子、瀬尾哲也、柏村文郎  
タイトル：牛をフィードステーションへ誘導することによる排泄場所の制御  
学会誌：北海道畜産学会報、第47巻、47-52  
年月日：2005年3月

#### （2）ポスター発表

発表者：Saito, T, T. Seo and F. Kashiwamura  
テーマ：Control of cattle defecation in resting area using feeding station.  
学会誌：Proceeding of the 39<sup>th</sup> international congress of the ISAE.  
年月日：2005年8月

#### （3）口頭発表

発表者：トヤルラ、斉藤朋子、内木太一、瀬尾哲也、柏村文郎  
テーマ：牛をフィードステーションへ誘導することによる排泄場所の制御  
学会誌：日本家畜管理学会、第40巻1号：54-55  
年月日：2004年3月

発表者：柏村文郎、内木太一、トヤルラ、斉藤朋子、瀬尾哲也  
テーマ：起立直後の牛をフィードステーションへ誘導する条件付け手順の検討  
学会誌：日本畜産学会第103回大会講演要旨：85  
年月日：2004年3月

発表者：齊藤朋子、瀬尾哲也、柏村文郎

テーマ：牛をフィードステーションへ誘導することによる排泄場所の制御

学会誌：北海道畜産学会報，第 60 回大会講演要旨：35

年月日：2004 年 9 月

発表者：齊藤朋子、瀬尾哲也、古村圭子、柏村文郎

テーマ：牛の排泄場所制御における起立後フィードステーション進入までの制限時間の影響

学会誌：日本家畜管理学会誌，第 41 巻 1 号：62-63

年月日：2005 年 3 月

発表者：齊藤朋子、瀬尾哲也、古村圭子、柏村文郎

テーマ：フィードステーションを利用した牛の排泄場所制御試験中にみられた起立後の行動

学会誌：日本畜産学会第 105 回大会講演要旨：113

年月日：2005 年 9 月

発表者：齊藤朋子、森 みゆき、瀬尾哲也、柏村文郎

テーマ：排泄場所制御のために起立直後の牛をフィードステーションへ誘導する方法の再検討

学会誌：日本畜産学会第 106 回大会講演要旨：112

年月日：2006 年 3 月

#### 研究成果による工業所有権の出願・取得状況

名称： 家畜の移動訓練システム

発明者： 土谷紀明、柏村文郎、瀬尾哲也

権利者： 株式会社土谷特殊農機具製作所、柏村文郎、瀬尾哲也

番号： 特願 2003-073749

出願年月日： 平成 15 年 3 月 18 日

取得年月日： 未定

## 1. 研究の概要

### 1) 発想の背景

最近、増加してきた牛舎形式としてフリーバーンがある。従来のフリーストール牛舎では、一頭毎に寝る場所を区切ることによって、牛が一方向を向いて横臥する。しかし、フリーバーンでは、牛が寝る場所が区切られておらず、牛が自由な方向を向いて横臥するのが特徴である。従来型のフリーストール牛舎のメリットは、牛が一方向を向くため排泄物が牛床の上に落ちず、通路に落ちるため、敷料の消費を抑えることができることである。一方、デメリットとしては、牛が安楽に横臥することによってスツールを作ることは難しく、また多くの場合、敷料が少ないために糞尿が液状または半固体状になり、その処理が難しいことである。

フリーバーンのメリットは、牛が自由な姿勢で横臥することができるため、安楽性に勝ること、また糞尿と一定量の敷料が混ざるため、固形物として糞尿の堆肥化が可能なことである。しかし、デメリットとしては、かなりの排泄物がベッド（牛床）の上に落ちるため、かなり敷料を加えないとベッドが泥濘化する。そのため、敷料の購入費用がかさむ。

そこで、我々は牛の排泄場所をある程度、制御する方法を検討した。

牛は、起立直後に排泄することが多い。我々の調査によると、1日の排糞のうち起立後1分以内に排糞した割合が50%に達した。さらに起立後3分以内では70%であった。排尿に関しては、起立後1分以内に排尿した割合が16%、さらに起立後2分以内では42%に達した。このように排泄、特に排糞は、起立直後に起こることが多い。このことは多くの酪農家が経験していることである。

そこで、我々は、起立直後に牛をベッドから通路に移動させることにより、ベッド上での排泄回数をかなり減少させることができるのではないかと考えた。

### 2) 起立直後に牛を餌場に誘導する方法について

これまでの我々の研究において、ポケベルを利用することによって、任意の牛個体を餌場に誘導する方法を確立している（特許第3635021号）。そこで、これまでの研究成果を応用して、起立直後の牛を餌場に誘導する方法を考えた。

そのために、まず「起立検知装置」の開発に着手した。これは、牛が起立するとスイッチが入り、電波を発信する装置である。この信号を受信機で受信し、その情報をパソコンに転送する。この起立検知装置を複数の牛に取り付けることにより、牛群全体の起立行動を監視することができる。

次に牛を誘導するまでのプロセスを説明する。

平成13・14年度科学研究補助金「牛の誘導システムを用いた排泄場所の行動的制御に関する研究」で実施した方法は、(A)個体ごとにトレーニングした後、(B)群飼育

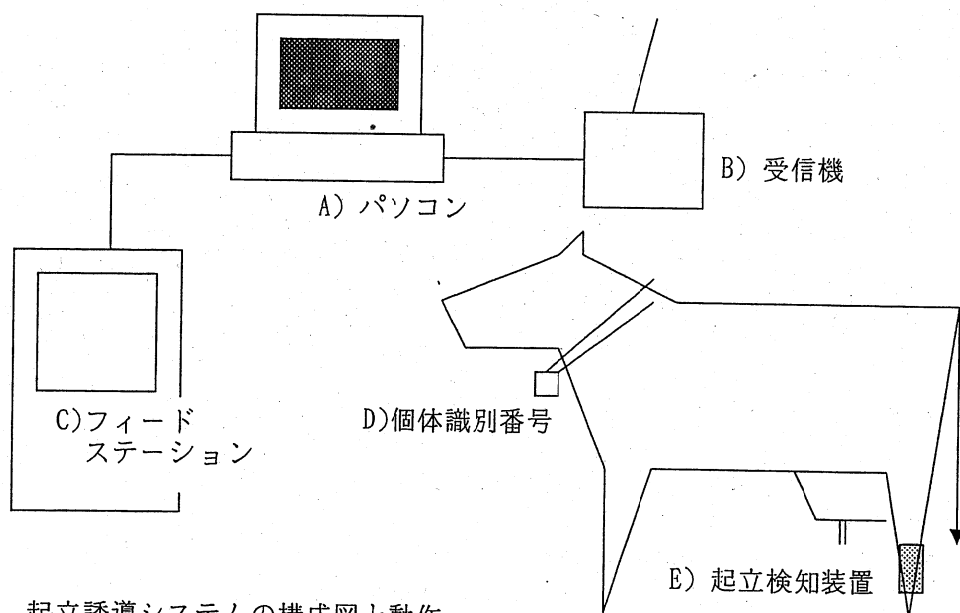
に移すという2段階の処理を行った。具体的に説明すると次のようになる。

(A) 個体ごとのトレーニング

- ① 牛が起立すると無条件に自動給餌機から濃厚飼料が給与される。濃厚飼料の量は、20～30g程度の少量で良い。牛は濃厚飼料の出る音に反応して、直ぐに自動給餌機に向かい濃厚飼料を食べる（古典的条件付け）。これを1～2日実施する。
- ② 次に、牛が起立しても無条件に濃厚飼料が出るわけではなく、起立してから設定時間（2分程度）以内に牛が自動給餌機に到達しないと濃厚飼料が出ないようにする。
- ③ 牛は、試行錯誤を繰り返しながら、起立してから設定時間以内に自動給餌機に到達すれば濃厚飼料が与えられることを学習する（オペラント学習）。もちろん、牛の頸には電子式個体識別タグを装着しておかなければならない。

(B) 群飼期への移行

個体ごとのトレーニングを終了した牛は、群飼育に移しても、起立直後に自動給餌機に向かうはずである。このような操作を牛群全体に施せば、フリーバーンの牛は全て、起立直後に餌場に向かうようになる。その結果、ベッドでの排泄が従来の5割程度まで減少する。



起立誘導システムの構成図と動作

- ① A) の起立検知装置は、牛が起立したときに信号を発信する。
- ② B) の受信機は、牛が起立した信号をパソコンに伝える。
- ③ C) のフィードステーションには牛の個体識別番号の読み取り装置が装備されており、起立した牛が訪問しているか確認する。
- ④ 起立直後に訪問したときのみ配合飼料が給与される。

### 3) 起立直後に牛を餌場に誘導する方法の再検討

これまで、「個体ごとのトレーニング」と「群飼育に移す」という2段階の処理を行ってきた。しかし、実用化の点からみると、個体ごとのトレーニング作業は労働の増加につながり、農家から敬遠されることが懸念される。ところが、試験を重ねる中で、牛の行動観察の結果から、牛は個体ごとのトレーニングなしでも起立直後に餌場に誘導できるのではないかと予想を得るに至った。すなわち、はじめから群飼育で行ってもトレーニングが可能ではないかと考えられた。

そこで、平成16年度と平成17年度の研究では、全て群飼育のみで実験を行うことにした。

### 平成16年度の研究と成果の要約

#### A) 無線ID内臓型起立検知装置の開発について

- (1)水銀スイッチを利用した起立検知装置はほぼ完成したと判断できた。
- (2)しかし、水銀スイッチは将来的に公害問題で使用が難しくなるとの情報により、傾斜スイッチに置き換えたものを試作し、平成17年度の検討課題とした。
- (3)起立検知装置の受信とRFIDさらにフィードステーションを制御するプログラムはほぼ完成した。

#### B) 牛の群飼育での実地試験

次の二試験を行った。

試験1:【材料と方法】ホルスタイン種育成牛6頭を、フリーバーンを模した施設で放し飼いした。牛の左後肢に起立検知装置を取り付けた。牛が起立後、制限時間以内にフィードステーションに進入すると配合飼料が給与されるようにした。制限時間は60分、30分、10分、5分という4処理を設定した。処理間の移行はコンピュータで自動的に行うようにした。試験期間は62日間とした。【結果】排泄行動の制御では、休息エリアの排泄糞の個数は有意( $P < 0.05$ )に減少した。この点はほぼ予想通りの結果であったが、誘導成功率は予想に反して、一定した傾向がみられなかった。

試験2:【材料と方法】牛の頭数、施設、機器は試験1と同じであった。制限時間は60分と10分の2つの処理を設定した。処理の移行は人為的に行った。

【結果】試験1と同じように、休息エリアの排泄糞の個数は有意( $P < 0.05$ )に減少した。特に制限時間60分の後半の減少が顕著であった。また、制限時間60分から10分に移行した直後は、誘導率が低下し、休息エリアの排泄糞の個数が増加する傾向がみられた。

この二つの試験において、休息エリアにおける排泄糞の個数は明らかに減少することが確認された。しかし、起立直後にフィードステーションに進入するまでの制限時間の設定に関しては、設定時間を短くすると誘導成功率が低下することが示唆

された。すなわち制限時間を設定する必要性について疑問が残った。そこで、平成17年度では、さらに効率の良い牛の行動制御の方法を再検討することにした。

#### 平成17年度の研究と成果の要約

##### 1. 無線ID内臓型起立検知装置の開発について

(1)傾斜スイッチを用いた起立検知装置を試作し、実地実験に供試した。その結果、水銀スイッチのように正確に起立を判断することは難しいが、プログラミングの工夫によって起立後の誘導においては支障の無い程度で、起立を判断することが出来るようになった。

(2)起立検知装置からの受信とICタグによる個体識別、さらにフィードステーション(以下FS)による配合飼料給餌を1台のパソコンで制御するシステムの試験を実施し、実用化できるレベルに達したと判断した。

##### 2. 牛の群飼育での実地試験

【材料と方法】ホルスタイン種育成牛6頭を、フリーバーンを模した施設で放し飼いした。フリーバーンを牛が休息するベッドエリアと採食する給餌エリアに分けた。連続113日間の試験を実施し、その間、次の3処理(4期)を行った。

〔閉鎖期〕この期間はFSを閉鎖し、牛がFSを使用できないようにした。起立給餌期の前28日間と4回給餌期の前27日間の2回実施した。

〔起立給餌期〕起立検知装置を牛の左後肢に取り付け、起立した後、FSに進入すると最初の1回のみ給餌するように設定した。29日間実施した。

〔4回給餌期〕FSで1日4回給餌(6時間間隔)するように設定した。起立検知装置は使用しなかった。29日間実施した。

【結果】全エリアに対するベッドエリアでの排糞割合は、閉鎖期59%、起立給餌期41%、4回給餌期48%で、FSを利用するとベッドでの排糞が有意に減少した( $p < 0.05$ )。FS周辺での排糞割合は、閉鎖期7%、起立給餌期46%、4回給餌期21%で、起立検知装置を使用するとFS周辺の排糞が顕著に増加することが明らかとなった( $p < 0.01$ )。起立検知装置を使用しないと起立直後(起立後2分以内)の排糞が多くなるが、起立検知装置を使用すると、起立後FSに直行し、採食を終了してから排糞(起立後3~6分)する傾向がみられた。

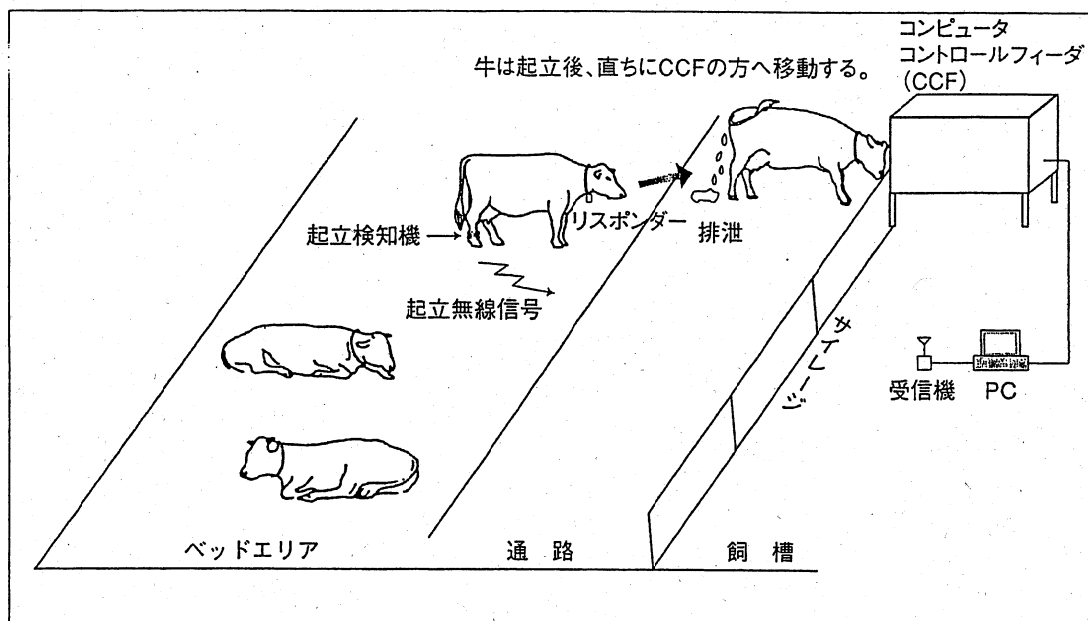
平成17年度の試験で、起立検知装置を利用した排泄場所の制御は、「個体ごとのトレーニング」は必要がないことが明らかとなった。また、起立直後にフィードステーションに進入するまでの制限時間の設定も必要がないことが明らかとなった。すなわち、起立した後、1回目のフィードステーション進入のみ給餌することで、牛は起立直後に休息エリアからフィードステーションに直行するようになる。この実験成果は、この方法を実用化する上で大変有利な知見である。さらに傾斜スイッチを利用した無線ID内臓型起立検知装置の開発もほぼ実用化のレベルに達したこと



も特筆すべき成果であった。なお、平成17年度の試験研究をまとめた論文「フィードステーションを利用した排泄場所制御における起立後給餌と1日4回給餌の比較」を本報告書の最後に掲載した。

今後は、農家レベルでの実用化実験を行くべく準備を行っている。

さない、下にフリーバーンでの排泄場所制御の考え方を示した。



フリーバーンでの排泄場所制御の考え方  
起立検知機は無線IDを内蔵している。  
CCFへの進入はレスポンスで検知する。

平成 17 年度

研 究 論 文

フィードステーションを利用した  
排泄場所制御における  
起立後給餌と 1 日 4 回給餌の比較

帯広畜産大学 畜産科学科

## 目次

緒論	1
材料および方法	3
1. 供試牛	
2. 実験場所	
3. 実験期間	
4. 起立検知機	
5. 起立検知機の牛への装着方法	
6. フィードステーションからの配合飼料の給与	
7. 飼養管理方法	
8. 実験計画	
9. データの収集	
10. 起立採食率と進入採食率	
11. 統計分析	
結果	11
1. 朝夕の作業前に数えた排糞数の推移	
2. 行動観察の記録	
3. ステーションエリアの排糞回数の推移	
4. 起立採食率	
5. 進入採食率	
6. 起立から排糞までの時間	
7. 起立後の牛の行動	

考察	15
----	----

1. 朝夕の作業前に数えた排糞数
2. エリアごとの排糞割合の推移
3. エリア内の滞在時間と排糞回数との関係
4. ステーションエリアでの排糞回数
5. 起立採食率
6. 進入採食率
7. 起立から排糞までの時間
8. 起立後 10 分以内の牛の行動
9. まとめ
10. 今後の課題

図表	23
----	----

要約	45
----	----

謝辞	48
----	----

参考文献	49
------	----

## 緒論

ベッドエリアが敷料を全面に敷き詰めた広い1つの区画で構成されている放し飼い牛舎、いわゆるフリーバーンは自由度が高く、牛にかかるストレスが少ないため、牛に優しい牛舎といわれている。フリーストール牛舎にある隔柵がないため、除糞作業の労力は軽減され、さらに堆肥化が容易である。しかし、牛の横臥する位置を規制できないため、排泄場所が一定せず、牛体が汚れやすいという欠点がある。排泄物による牛体の汚染は、皮膚を傷め、神経を刺激し、新陳代謝を妨げ、暑さ寒さに対する生理的適応を困難にするという問題に繋がる(鈴木, 1969)。また乳房への排泄物の付着は、乳房炎の一因ともなる。そのため、フリーバーンにおいては、水分含量を一定に保つため敷料を十分に補給する必要がある。北海道立畜産試験場(2004)の報告では、フリーバーンでの糞尿管理費の80%以上を敷料費が占めているとされ、農家にとって負担となっている。もし、牛が敷料の上で排泄しなくなれば、牛体の汚染は抑えられ、またこのような敷料確保の問題が軽減できると考えられる。

一方牛の横臥・起立と排泄との関係についての研究では、牛は起立直後に排糞することが多く、起立後5分以内に排糞する割合は57%、起立後10分以内に排糞する割合は66%と極めて高いことが報告されている(鈴木ら, 1983)。従って、起立直後の牛をベッドエリアから移動させることができれば、ベッドエリアでの排泄を減らすことができると考えられる。

以上を踏まえて、起立直後の牛をフィードステーションに誘導することにより、ベッドエリアの排糞を減少させる試みがなされてきた。トヤルラ(2004)は、まず1頭ずつ起立後フィードステーションを訪問するような条件付けを行った。その後、条件付けが成立した牛を群飼して実験を行い、

多頭数の牛の排糞の場所を制御することができる可能性があることを報告した。さらに斉藤（2005）は、多頭数の牛を同時にトレーニングし、排糞場所を制御できる可能性を示した。また斉藤は同実験で、起立後、牛が制限時間内にフィードステーションに進入すれば配合飼料を得られるように設定し、その制限時間を段階的に短くすることで、牛にできるだけ早くフィードステーションに入ることを学習させようとした。しかし、牛は制限時間の短縮を学習したとはいえなかった。また、制限時間を長く設定しても牛は起立後すぐにフィードステーションに入ることが多かった。排糞場所を変化させようとしたとき、制限時間の短縮は必ずしも有効な手段ではないと指摘している。

本実験では、より効率の良いフィードステーション利用法を検討するため、起立検知機を用いた起立後給餌と従来のフィードステーション利用法である1日4回給餌を比較することを目的として実験を行った。

## 材料および方法

### 1. 供試牛

6頭のホルスタイン種育成牛を用いた。供試牛の概要を表1に示した。これらの牛は実験パドックでの飼養経験はなかったが、実験前に飼養されたパドックにおいてフィードステーションから配合飼料を給与された経験があった。

### 2. 実験場所

帯広畜産大学畜産フィールド科学センターに実験用のパドック（大きさ：6.5×9.5m）を作り、パドック全体にテント用の布で屋根をかけた。実験パドックを2つに分け、片方の床にカーペットを敷き、その上に麦稈を敷いた。以後ここをベッドエリアと呼ぶ。もう片方にはサイレージ用の飼槽、水槽、乾草ロール、フィードステーションがあり、以後ここを給餌エリアと呼ぶ。排糞数の分析のため給餌エリアをさらに、サイレージ用飼槽と水槽のあるサイレージエリア、および乾草ロールとフィードステーションのあるステーションエリアの2つに分けた。ただし、サイレージエリアとステーションエリアの区切りは仮想上のものであり、パドックを実際に区切ったものではない。なお、このエリア分けの前にパドックを8つに区画したものがあった。区画の詳しい説明は後述する。実験パドックのエリア分けの概要を図1-1に示した。また、8区画について図1-2に示した。

2台のカメラを設置し、タイムラプスビデオで24時間録画した。1台のカメラは実験開始日に設置し、パドック全体を撮影した。もう1台のカメラは7月15日に設置し、ステーションエリアとベッドエリアの右半分を撮影した。夜間の撮影のため、18時50分から翌朝4時20分までタイマーで

500W 投光機を点灯するようにした。9月以降は日の出、日の入りに合わせて、点灯時間を17時から翌朝5時までに変更した。

### 3. 実験期間

実験期間は2005年6月23日～10月13日であった。初日に供試牛6頭を同時にパドックに導入した。実験期間中、供試牛の入れ替えはしなかった。

なお、作業の都合上「1日」を午前8時から翌朝8時までとした。

### 4. 起立検知機

斉藤(2005)の試験で用いられた起立検知機のスイッチ部分を水銀スイッチから傾斜スイッチに改変して使用した。起立検知機が縦および横になると、検知機内部の傾斜スイッチがそれぞれ ON・OFF に切り替わるように組み込んだ。牛が起立すると検知機が縦になり、牛が横臥すると検知機が横になるように牛の肢に装着した。横臥時の誤作動を減少させる為、横臥時の信号(OFF)は検知機が OFF の状態が15秒以上続いた場合のみ送信されるようになっていた。検知機と傾斜スイッチの写真を図2-1、2-2に示した。

### 5. 起立検知機の牛への装着方法

起立検知機は、水に濡れないようにビニール製の袋に入れた後、専用の防水性の袋に入れて使用した。牛の肢を保護するため、馬用のプロテクターを牛の肢に装着し、その上に検知機の入った袋を取り付けた後、外れないようにビニールテープで補強した。装着したときの写真を図3に示した。



## 6. フィードステーションからの配合飼料の給与

フィードステーションからの配合飼料の給与および起立検知機からの起立信号の受信は、全て 1 台のコンピュータ (IBM 社製 OS : Microsoft Windows 98) で制御した。フィードステーションの飼槽前には牛の首輪につけたリスポンダーの ID を読み取るセンサーがついていた。牛がフィードステーションに進入すると、進入時間がコンピュータに記録されるようにした。配合飼料を給与する条件が満たされている場合のみ、配合飼料が給与されるように設定した。

## 7. 飼養管理方法

実験期間中、毎朝 8 時と 15 時半にパドック内の清掃を行った。作業ではパドック内の除糞と、ベッドエリアの麦稈の交換を行った。

コーンサイレージの給与は 1 日 1 回、畜産フィールド科学センターの通常作業として行われた。給与時間は平日は 9~10 時、休日は 10 時前後であった。ロール乾草と水、鉱塩は自由採食させた。水槽はフロートにより、一定の水位が保たれるようになっていた。フィードステーション閉鎖期間中の配合飼料の給与量は 1 日 1 頭あたり 2 kg とした。給与方法は、朝夕の作業時に 6 kg をサイレージ用の飼槽で全頭同時に採食できるように給与した。

## 8. 実験計画

実験期間を 1~4 の期に分けた。

1 期の 28 日間はフィードステーション閉鎖期とし、フィードステーションに牛が進入できないようにした。また、牛を実験用パドックと肢に取り付けた起立検知機に慣らすための期間とした。加えてフィードステーションを利用した期間に対する対照期間と考えた。配合飼料は朝夕の作業時にサイレ

ージ用の飼槽にて与えた。

2期の29日間は起立後給餌期とした。この期間中は、牛が一度横臥した後、起立検知しフィードステーションに進入すると配合飼料が給与されるように設定した。給与される配合飼料の量は、前回検知した起立検知時間との差によって決定する。配合飼料欲しさに牛が過剰に起立、横臥を繰り返すのを防ぐため、配合飼料が給与されるのは起立検知の時間差が1時間以上ある場合とした。また横臥せずに再進入した場合は配合飼料が給与されないようにした。

3期の27日間は再びフィードステーション閉鎖期とし、フィードステーションに牛が進入できないようにした。また4期に移るための予備期間とも考えた。配合飼料は朝夕の作業時にサイレージ用の飼槽にて与えた。

4期の29日間は1日4回給餌期とした。この期間中は、1日を0:00~6:00、6:00~12:00、12:00~18:00、18:00~0:00の4つのピリオドに分け、各ピリオド1回のみ、560gの配合が給与されるように設定した。次のピリオドまでに再度進入しても配合飼料は給与されなかった。1つのピリオドの間に1度もフィードステーションに入らなかった場合、その分の配合飼料給与量は次のピリオドに割り振られることはなかった。

## 9. データの収集

### 1) 実験パドック内の排糞数のカウント

実験期間中、毎日朝夕の除糞作業の前に実験パドック内に落ちていた糞の数を数え、その場所と共に記録した。

### 2) 24時間行動観察

各期1回ずつ目視による24時間行動観察を行った。1分ごとにそれぞれ

の牛の滞在場所および行動（横臥、起立、採食、反芻）を記録し、同時に排糞をした時間および排糞場所を記録した。また行動観察の記録をするにあたって、実験パドックを以下のように8つの区画に分けた。

サイレージエリア・区画 A1、B1

ステーションエリア・区画 C1、D1

ベッドエリア・区画 A2、B2、C2、D2

実験パドックの区画分けの概要を図 1-2 に示した。同時に 15 分ごとのそれぞれの牛の滞在場所と姿勢（頭の向き、起立、右横臥、左横臥）を別紙に記録した。なお、この 8 区画は行動観察のみで用い、分析には 3 つのエリア分けを利用した（図 1-1）。

### 3) ビデオ録画での 24 時間行動観察

ビデオの録画から牛の発情や直腸検査など人からの特別な干渉がない日を選び、24 時間行動観察を行った。1 期は観察に適した録画がなかったため、実施しなかった。行動の記録は、前記の 24 時間行動観察と同等に行った。反芻は判別が困難だったため、記録しなかった。目視とビデオ録画からの 24 時間行動観察の実施日を表 2 に示した。

### 4) ビデオ録画からの排糞行動のカウント

ビデオ録画から牛の発情や人からの特別な干渉がない日を選び、ステーションエリアにおける排糞行動の回数を数えた。1 期と 3 期はそれぞれ 2 日間、2 期と 4 期はそれぞれ 10 日間を選び、記録した。観察日を表 3 に示した。

## 5)ビデオ録画から起立後 10 分以内の牛の行動観察

2 期と 4 期における起立後 10 分以内の行動をビデオ録画から観察した。行動観察の記録から予め起立後 10 分以内に排糞行動を行った牛とその時刻を抜粋し、牛が起立後どのような行動をしたかで分類した。行動は次の 5 つに大きく分類した。

①起立直後ベッドで排糞し、その後フィードステーションに進入しなかったものを「起立直後」とした。

②起立後、排糞してからフィードステーションに進入したものを「進入前」とした。

この「進入前」には、(a) 起立後ベッドで排糞してから進入したもの、(b) フィードステーションに移動中に排糞したもの、および (c) その他：(a)、(b) 以外の行動をして排糞した後、フィードステーションに進入したものが含まれる。

③起立後、フィードステーションに進入し、体が入った状態で排糞したものを「進入中」とした。

④起立後、フィードステーションに進入し、退出してから排糞したものを「進入後」とした。

この「進入後」は (a) 起立後フィードステーションに進入し採食した後、退出してから排糞したもの、(b) 同じく進入し非採食で退出後、排糞したものが含まれる。ただしこの 2 つは退出後直ちに排糞したものとし、退出してから 2 分以上経過して排糞した場合は (c) その他に分類した。

⑤そのほか 10 分以内にフィードステーションに進入せず、なおかつ起立後、数分経過してから排糞したものを「その他」に分類した。例としてサイレージ採食中の排糞や 10 分間の間歩き回る行動を行った場合などである。

## 6) コンピュータの記録

コンピュータには 6 頭の牛それぞれの起立検知時刻、フィードステーション進入時刻、そして配合飼料の給与時刻が記録されていた。4期は3日間、停電とコンピュータトラブルにより記録が残らなかった日があった。そのためコンピュータ記録からの分析は、2期 29 日間分、4期 26 日間分で行った。

### 10. 起立採食率と進入採食率

#### 1) 起立採食率

1日1頭ごとの起立採食率を次の式で求めた。

$$\text{起立採食率 (\%)} = \text{採食回数} / \text{起立検知数} \times 100$$

起立検知数および採食回数はコンピュータに記録として残っていたものを用いた。なお、起立検知数は、採食回数と起立後非採食回数からなっている。ここで、採食回数とは牛が起立後フィードステーションに進入し、配合飼料を採食した回数で、コンピュータの記録から集計した。起立後非採食回数は寝返り（短時間起立した後に再び横臥する行動）など、起立したものの採食しなかった行動の回数である。

#### 2) 進入採食率

1日1頭ごとの進入採食率を次の式で求めた。

$$\text{進入採食率 (\%)} = \text{採食回数} / \text{総進入回数} \times 100$$

総進入回数は、採食回数と非採食進入回数からなっている。採食回数は、起立採食率で用いたものと同様である。非採食進入回数は、フィードステーションに進入したが、配合飼料が給与されなかった記録の回数である。一度採食した後の再進入や4期では同じピリオド内の2回目以降の進入が含まれ

る。起立後進入回数は、総進入回数を起立検知数で割ったものであり、起立してから次に横臥するまでに何回進入したかという目安にした。

#### 1.1. 統計分析

統計分析は SAS の GLM プロシジャおよびカイ二乗検定を用いた。

## 結果

### 1. 朝夕の作業前に数えた排糞数の推移

作業前に目視で数えた1日あたりの排糞数を表4および図4に示した。

ベッドエリアの排糞の平均個数は、1期  $19.6 \pm 0.87$  (平均±標準誤差) 個、2期  $17.4 \pm 0.89$  個、3期  $24.1 \pm 1.00$  個、4期  $14.6 \pm 0.92$  個であり、2期は1期と比較すると少ない傾向にあったものの、有意差はなかった。また3期より有意 ( $p < 0.05$ ) に少なかった。4期は1・3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なかった。

ステーションエリアの排糞の平均個数は、1期  $4.8 \pm 0.54$  個、2期  $14.2 \pm 0.58$  個、3期  $5.9 \pm 0.55$  個、4期  $10.9 \pm 0.64$  個であり、2期と4期は1期や3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。また2期は4期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。

サイレージエリアの排糞の平均個数は、1期  $6.1 \pm 0.44$  個、2期  $6.9 \pm 0.43$  個、3期  $8.9 \pm 0.48$  個、4期  $9.9 \pm 0.77$  個であった。1期や2期に比べ3期と4期では有意 ( $p < 0.05$ ) に多い結果となった。

### 2. 行動観察の記録

#### 1) 排糞行動の回数

目視とビデオ録画による合計7回の行動観察から得られた1日の排糞行動の回数を表5に示した。各期で観察された排糞回数の合計は、1期98回、2期81回と64回、3期55回と74回、4期68回と53回であった。

また全エリアの合計を100としたエリアごとの排糞割合を表6および図5に示した。

ベッドエリアの排糞割合は1期  $57.9 \pm 6.54\%$ 、2期  $40.2 \pm 4.63\%$ 、3期

60.4±4.63%、4期 44.5±4.63%であり、2期で1期や3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなった。4期は3期より有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなった。1期とは有意差はなかったが少ない傾向にあった。

ステーションエリアの排糞割合は1期 7.2±5.03%、2期 46.3±3.56%、3期 7.0±3.56%、4期 20.9±3.56%であり、2期と4期で1期や3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多くなった。また、2期は4期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。

サイレージエリアの排糞割合は1期 34.8±6.79%、2期 13.4±4.81%、3期 32.5±4.81%、4期 34.6±4.81%であり、2期で1期と3期および4期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なかった。

## 2) 滞在時間

7回の行動観察から各エリアでの牛の滞在時間と行動内容の時間を表7に示した。サイレージエリアおよびステーションエリアで観察された牛は全て起立位として記録されていた。ベッドエリアに滞在していた牛では起立位と横臥位の両方が観察されたが、そのほとんどが横臥位だった。ベッドエリアの滞在時間は1期 1035.5±39.7 (平均±標準偏差) 分、2期 1010.9±51.4分、3期 984.8±64.3分、4期 1000.9±53.9分であった。その内訳は、横臥時間が1期 891.7±53.0分、2期 903.6±38.9分、3期 886.9±49.7分、4期 927.6±43.9分であり、ベッドエリアにおける起立時間は1期 143.8±59.5分、2期 107.4±31.6分、3期 97.6±32.8分、4期 73.3±29.7分であった。ステーションエリアでの滞在時間は1期 104.5±25.5分、2期 168.0±47.7分、3期 55.0±30.1分、4期 62.1±21.0分だった。



### 3. ステーションエリアの排糞回数の推移

ビデオ録画より観察したステーションエリアの排糞回数を表 8 および図 6 に示した。ステーションエリアのみを観察した 24 日間分のデータに、行動観察 7 回の記録からステーションエリアにおける排糞回数のデータを加え、計 31 日間分を集計した。ステーションエリアの排糞回数は、1 期  $5.3 \pm 2.38$  (平均±標準誤差) 回、2 期  $26.5 \pm 1.19$  回、3 期  $4.2 \pm 2.06$  回、4 期  $18.7 \pm 1.19$  回であり、2 期と 4 期はそれぞれ 1 期や 3 期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。また 2 期は 4 期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に排糞回数が多かった。

### 4. 起立採食率

1 日 1 頭あたりの起立検知数およびフィードステーションから給与された配合飼料の採食回数、起立後非採食回数と、起立採食率を表 9 および図 7、8 に示した。2 期の 1 日 1 頭あたりの起立検知数は  $9.9 \pm 0.8$  (平均±標準偏差) 回、4 期は  $12.0 \pm 4.9$  回であった。採食回数は、2 期  $9.2 \pm 0.9$  回、4 期  $3.8 \pm 1.6$  回となり、起立後非採食回数は 2 期  $0.7 \pm 0.6$  回、4 期  $9.1 \pm 3.0$  回であった。また、起立採食率は、2 期で  $92.9 \pm 6.0\%$ 、4 期で  $26.7 \pm 10.8\%$  となり、2 期の方が高かった。

### 5. 進入採食率

1 日 1 頭あたりの採食回数と非採食進入回数および進入採食率を表 10 および図 9、10 に示した。2 期の総進入回数は  $20.9 \pm 3.9$  回、4 期は  $14.1 \pm 6.2$  回であった。進入採食率は、2 期で  $47.6 \pm 7.3\%$ 、4 期は  $26.7 \pm 10.8\%$  となり、2 期の方が高かった。

また、総進入回数を起立検知数で割った起立後進入回数は、2 期  $2.1 \pm 0.4$  回、4 期  $1.2 \pm 0.3$  回となった。

## 6. 起立から排糞までの時間

行動観察のデータより、起立してから排糞するまでの時間を調べた結果を表 11、12 および図 11 に示した。ここでは起立後、横臥するまでに数回排糞した場合、2 回目以降の排糞は前の排糞に関わらず起立してからの時間を記録した。全ての期において起立後 10 分以内の排糞が最も多い結果になり、全ての期の平均は  $50.3 \pm 9.4\%$  であった。

また、起立後 10 分以内の排糞をさらに 1 分ごとに分けて調べた結果を表 13、14 および図 12 に示した。1 期と 3 期および 4 期は、起立後 2 分以内の排糞の割合が最も高くなり、1 期  $51.1\%$ 、3 期  $50.3 \pm 8.8\%$ 、4 期  $41.3 \pm 9.6\%$  であった。2 期は、起立後 3~8 分にばらけた割合になった。

## 7. 起立後の牛の行動

2 期と 4 期における起立後 10 分以内の排糞を牛の行動から分類した結果を表 15 および図 13 に示した。

起立直後は 2 期  $5.8 \pm 3.5\%$ 、4 期  $28.9 \pm 3.4\%$  で 4 期が有意 ( $p < 0.05$ ) に高くなり、進入後は 2 期  $60.5 \pm 2.9\%$ 、4 期  $28.9 \pm 2.0\%$  で 2 期が有意 ( $p < 0.05$ ) に高くなった。また、進入前は 2 期  $25.6 \pm 0.1\%$ 、4 期  $28.9 \pm 7.5\%$ 、進入中は 2 期  $3.5 \pm 0.7\%$ 、4 期  $3.8 \pm 0.6\%$ 。その他は 2 期  $4.6 \pm 1.3\%$ 、4 期  $9.5 \pm 6.7\%$  となり、2 期と 4 期の間で差はなかった。

## 考察

### 1. 朝夕の作業前に数えた排糞数

作業前に実験パドックの排糞を数え記録した、毎日の排糞数から分析したベッドエリアの排糞は4期では閉鎖期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなった (表4)。しかし、2期では3期よりは有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなったものの、1期との差はないという結果であった。だが、この分析に用いた記録はパドックに落ちていた糞のかたまりの個数を数えたものであり、実際の排糞回数と異なる可能性がある。

そこで行動観察の記録と比較した結果、作業前に数え記録した実験パドックの糞の個数は、行動観察により示された排糞回数と大きく異なっていた。作業前に記録した糞の個数と行動観察による実際の排糞回数の比較を表16に示した。1つのエリア内の排糞回数が20個を超えると正確に数えることができない傾向にあり、各エリア内とも実際の排糞回数と10個以上の数の相違がみられた。特に1期(7月16日)と3期(8月16日)では、2つのエリアに亘って大量の排糞が集中し、数えることのできなかつた糞の個数が多かったため、実際の排糞回数の40%以下という結果になった。その他5日間の結果も、行動観察で記録された数の60~70%であった。このような相違が出た原因として、1つのエリア内に大量の排糞が集中すると、糞同士が重なり1つずつの判別が難しいということ、また糞が密集することにより牛に踏み荒らされる可能性が高くなったということが考えられる。以上のことから、毎日作業時に数えた糞の個数の記録は実際の排糞回数とは大きく異なる可能性が高く、分析には適さないと考えられた。そのため、以下の排糞回数の分析では、行動観察7回分の記録およびビデオ録画から得た記録を使うことにした。

## 2. エリアごとの排糞割合の推移

ベッドエリアの排糞割合は、1期と3期に比べ2期で有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなり、4期では3期より有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなった (表6および図5)。また4期は1期と有意差はなかったものの少ない傾向にあった。これに対しステーションエリアの排糞割合は1期と3期に比べ2期や4期で有意 ( $p < 0.05$ ) に多くなった。このことから2期と4期ではフィードステーションを稼動したため、ベッドエリアでの排糞がステーションエリアに移動し、その結果ベッドエリアの排糞が少なくなったと考えられる。このことから、フィードステーションを利用して排糞場所を移動させることは可能だと考えられる。

## 3. エリア内の滞在時間と排糞回数との関係

ベッドエリアの横臥時間は全ての期を通して900分前後であり安定していた (表7)。Tucker (2004) は快適な場所が与えられた泌乳牛は、1日に少なくとも12時間は横臥すると報告している。今回の実験では毎回約15時間近く横臥していたことから、ベッドエリアは休息する場として充分快適だったといえるだろう。ベッドエリアでの起立時間は1期143.8分、2期107.4分、3期97.6分、4期73.3分と徐々に少なくなる傾向にあった。しかし、ベッドエリアの排糞割合は2期や4期より1期と3期の方が高かった (表6および図5)。また、2期のベッドエリアでの起立時間は8月15日が  $72.2 \pm 17.8$  分、8月16日が  $142.5 \pm 45.4$  分と倍近い違いがあったが、排糞数は8月15日は31回、8月16日は28回と差がなかった (表5)。

さらに、ステーションエリアでの滞在時間は、2期で最も多くなっているが、3期と4期の間には差がなかった。また1期の方が3期や4期よりも長くステーションエリアに滞在していた (表7)。鈴木 (1983) は、牛は排

泄する場所を選ぶ習性がなく、長時間滞在する場所に多くの排泄物が堆積すると示しており、また吉岡（2004）も牛は多く利用するエリアで多くの排泄をすると報告している。しかし、今回の実験において滞在時間と排糞数の関連性はみられなかった。一方、トヤルラ（2004）は、本実験の前段階に行われた実験で、フィードステーションが稼動したことによって、フィードステーションのあるエリアの排糞数が7から59まで増加したが、滞在時間は30分しか増えなかったという結果を報告している。トヤルラは、排糞数の増加は起立直後の牛をフィードステーションに誘導したことによるものではないかとしており、今回の実験でも同様のことが考えられる。起立直後の牛をフィードステーションに誘導することでステーションエリアの排糞は多くなり、ベッドエリアの排糞は少なくなる。しかし、給与される配合飼料は数分で採食し尽くしてしまうため、ステーションエリアの滞在時間は長くないのだと考えられる。また、今回利用した実験パドックは一般的な農場のフリーバーンのように広いものではなかったのでエリア間を短距離で移動できたということも滞在時間と排糞回数との関係が一定しなかった要因として考えられる。

#### 4. ステーションエリアでの排糞回数

フィードステーションを稼動させることによってステーションエリアでの排糞回数が有意 ( $p < 0.05$ ) に多くなった(表 8 および図 6)。特に 2 期は 26.5 回と全ての期間中最も多く、4 期の 18.7 回と比較しても有意 ( $p < 0.05$ ) にステーションエリアでの排糞回数が多かった。この違いは、2 期と 4 期で牛のフィードステーション利用法に違いがあったためだと考えられるため、以下の分析は 2 期と 4 期の比較に焦点を絞る。

## 5. 起立採食率

2期では起立採食率が92.9%と非常に高くなった(表9)。2期は起立後フィードステーションに進入すると1回目の進入では、ほぼ毎回配合飼料を得ることができたといえる。また、2期は全期間中最もステーションエリアの排糞回数が多かった。このことから2期では牛が起立後すばやくフィードステーションに向かったため、ステーションエリアの排糞回数が多くなったのだと考えられる。これに対し4期では起立採食率が29.5%になった。これは4期では配合飼料が給与されるのは、各ピリオド1回のみと決まっていたため、起立後フィードステーションに進入しても採食できないことが多かったためだと考えられる。このことは4期は1日の起立検知数12.0回に対し、起立後非採食回数は $9.1 \pm 3.0$ 回となり起立した際、配合飼料が給与されないことの方が多かったことから伺える。そのため、4期は2期と比べてステーションエリアの排糞回数が増加しなかったのだと考えられる。

## 6. 進入採食率

進入採食率は2期では47.6%と比較的高い結果となった(表10)。また起立後進入回数は2.1回であり、起立後、次に横臥するまでに平均で約2回フィードステーションに進入していることになる。配合飼料が給与されるのは1回目の進入時のみで、その後再進入しても配合飼料は得られないが、前述したように起立採食率が高く起立後1回目の進入において高い確率で配合飼料を得ることができるため、牛の満足度は高かったと考えられる。一方4期の採食成功率は26.7%と2期と比較して低い結果となった。起立後進入回数は1.2回であった。また、4期ではフィードステーションの総進入回数は、2期の20.9回から14.1回と大きく減少している。2期よりも配合飼料が得られる可能性が低いため、進入しても給与されないことの方が多く

なり、進入回数自体が減少したのだと考えられる。さらに牛は、自分以外の牛が配合飼料を給与された時その音に反応して、すでに採食した後でもフィードステーションに進入する傾向がみられた。2期の方が採食回数が多いことから、このような牛の行動も2期と4期の総進入回数の違いに影響を及ぼしているかもしれない。

4期の採食回数は3.8回であり、1回の配合飼料給与量は560gであった。これに対し2期の採食回数は9.2回であり、フィードステーションに進入して配合飼料が給与された場合、2期の方が明らかに1回の給与量は少なくなる(給与量の平均は約217g/回)。しかし、2期の方が起立後、フィードステーションに進入する回数が多いことから、1回の給与量は起立後の牛を誘導する要素としてあまり影響がないといえるだろう。1回の給与量よりも、給与される機会が多いことのほうが重要だと考えられる。

また起立検知数は、2期9.9回に対し、4期12.0回であり、2期より4期のほうが若干多くなっている。特に起立検知数が増加する原因も見当たらないため、日ごとの誤差とも考えられる。ただし、起立検知数が増加し、総進入回数が減少したという結果は起立後フィードステーションに誘導することでベッドエリアから排糞を減少させようとするとき、マイナスの要因であるといえる。

#### 7. 起立から排糞までの時間

起立してから排糞するまでの時間は、7回の行動観察の全てで起立後10分以内の割合が最も高くなったが(表12)、行動観察を行った日によって40.5%から63.0%とばらつきがみられた。斉藤(2003)は起立後10分以内での排糞は42.5%であったと報告している。一方トヤルラ(2004)は起立後10分以内の排糞は全体の63%であったと報告している。今回の実験でも、

同じ期の中でも割合にばらつきがあることから、これらの違いは期によるものではなく、牛の1日ごとの気分や調子などの変化によるものと考えられる。全ての期において10分以内の排糞割合が最も高く、その後の時間は10%に満たないものがほとんどであり、起立後に起こる排糞のタイミングの傾向は変わらないといえる。

起立後10分以内の排糞を1分ごとに分類したものをみると、1期と3期および4期は起立後2分以内の排糞割合が最も高くなった(表14)。鈴木(1969)は、排糞は移動直前もしくは歩き始めてすぐ起こる場合が多く(81%)、移動の終わりごろあるいは直後には非常に少ない(6%)と報告している。起立直後1、2分の排糞は寝返りの際や移動の前、または移動中に起こり、その結果としてベッドエリアに排泄されることが多い。そのため、フィードステーションを稼動していない1期と3期ではベッドエリアに糞が多くなったのだと考えられる。一方、4期の起立後2分以内の排糞割合は1期と3期より低い結果となったが、2期とは明らかな傾向の違いが見られた(図12)。起立採食率においても、2期92.9%、4期29.5%と大きく異なることから、この2期と4期の起立後10分以内の排糞時間の違いは起立後の牛の行動の違いによるものと考えられる。

#### 8. 起立後10分以内の牛の行動

起立後10分以内の排糞を牛の行動で分類した結果、2期はフィードステーション「進入後」の排糞が4期より有意( $p < 0.05$ )に多くなった(表15)。そのため、2期では4期よりもステーションエリアに排糞が集中したのだと考えられる。これに対し、4期は「起立直後」の排糞が2期より有意( $p < 0.05$ )に多くなり、その結果として4期は2期よりもベッドエリアの排糞が多くなったと考えられる。



2期は起立採食率が92.9%と非常に高く(表9)、起立後に進入すればほぼ毎回配合飼料を得ることができた。そのため、牛は起立後すぐにフィードステーションに向かうよう習慣づけられたのだと考えられる。2期では、「進入後」の項目の中でもフィードステーションに直行し、配合飼料を採食して退出したあとステーションエリアに排糞するものが $48.8 \pm 0.3\%$ と起立後10分以内の排糞の大部分を占めていた(表15)。牛にとって配合飼料の魅力の方が強く排泄が抑制されたのかもしれない。また、配合飼料が給与されたことにより腸の蠕動運動が活発化したため、退出後の排糞が多くなったとも考えられる。これに対し4期では起立採食率が29.5%と低く、2期と比べて進入しても配合飼料が給与されることが少なかった。そのため牛は起立後、速やかにフィードステーションに向かうことがなくなり、まず排糞をすませてから次の行動に移るようになったのではないかと考えられる。

## 9. まとめ

今回の実験において、両方の方法ともベッドエリアの排糞は減少した。しかし、起立採食率、進入採食率ともに2期の起立後給餌の方が高い結果になった。起立後の牛を確実にフィードステーションに誘導する方法としては、起立後給餌の方が優れているといえる。また、起立後の行動としても起立後給餌ではフィードステーションに直行するのに対し、4期の1日4回給餌では排糞行動を先に済ませることが多く、ベッドエリアの排糞割合に違いが現れた。以上から、起立後給餌と1日4回給餌を比較した場合、起立検知機を用いた起立後給餌の方が効果的にベッドエリアの排糞を減少させることができたといえる。

## 10. 今後の課題

今回の実験パドックのレイアウトは、フィードステーションがベッドエリアに対して斜めの位置にあり、排糞を誘導する目的からすると問題があると思われる。牛は起立後フィードステーションに進入しようと移動したとき、起立した場所から真っ直ぐ最短距離でフィードステーションに向かおうとする。そのため、今回のフィードステーションの位置では、牛はベッドエリアを斜めに横断することになり、移動中に起こった排糞の多くはベッドエリアに落ちることになった。起立後のベッドエリア上の歩行距離をできるだけ短くするようにフィードステーションを配置することも重要だと考えられる。

また、今回の実験では4期のピリオドの数を1日4回と設定した。これは一般的にフィードステーションを利用する場合に用いられるピリオド数である。しかし、1日の牛の起立回数は4期で12.0回であり、起立後速やかにフィードステーションに進入しても配合飼料が給与される機会は少なかった。そのため、フィードステーションへの進入回数自体が減り、その結果ベッドエリアの排糞があまり減少しなかったのではないかと考えられる。この問題を解決する方法として、1日のピリオドの数を増やすということが考えられる。今後は、牛の起立回数や起立間隔を調べ、最適なピリオドについても検討することが必要だろう。

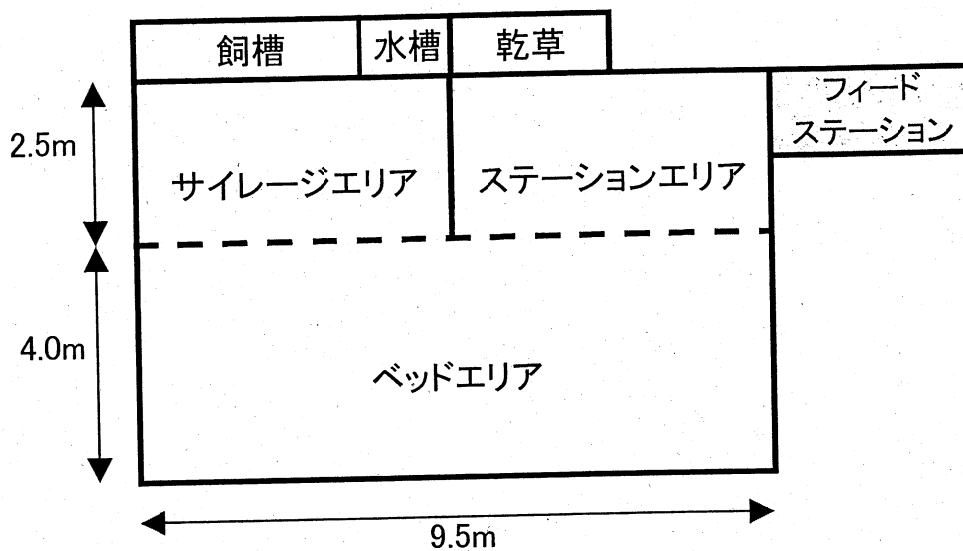


図 1-1. 実験パドックのエリア分け

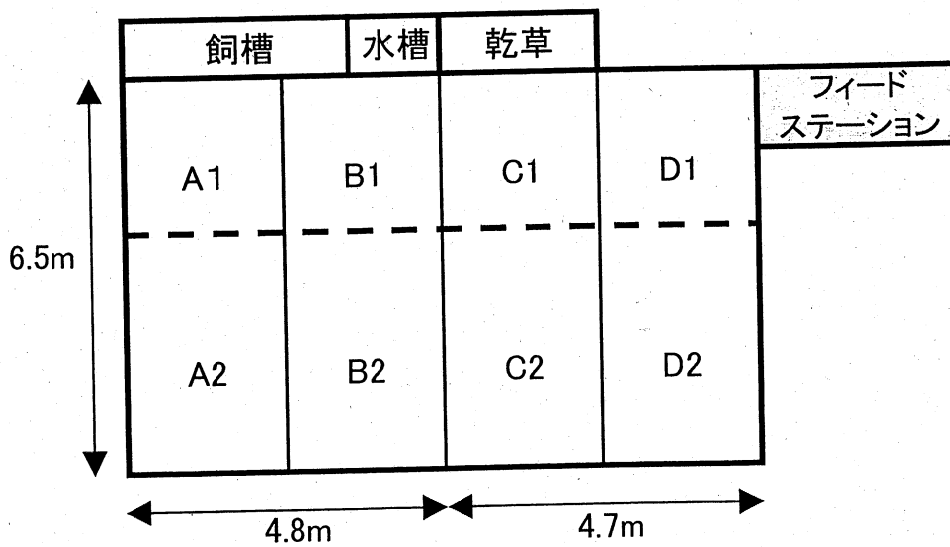


図 1-2. 行動観察に利用した8区画

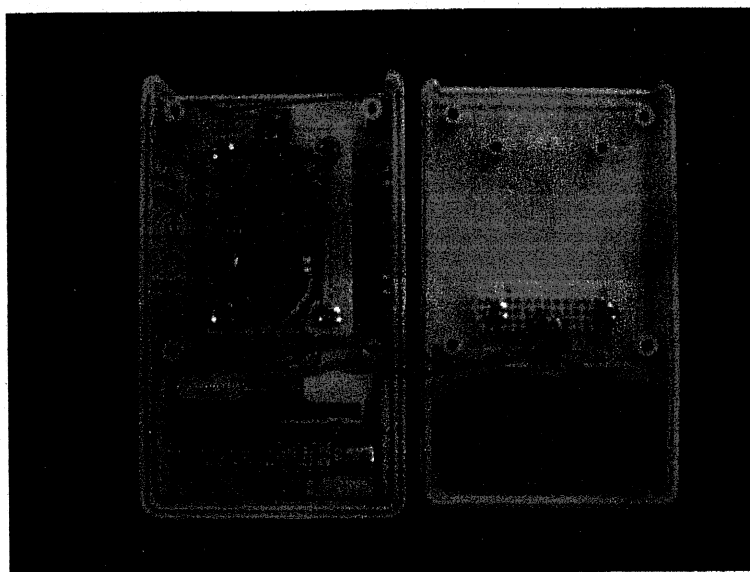


図 2-1. 起立検知機の内部

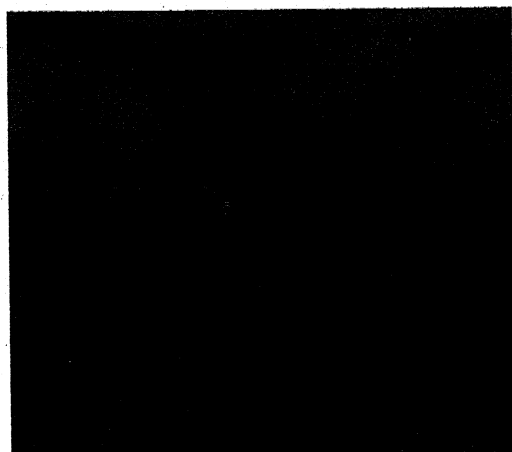


図 2-2. 傾斜スイッチ



図 3. 起立検知機を牛に装着した様子

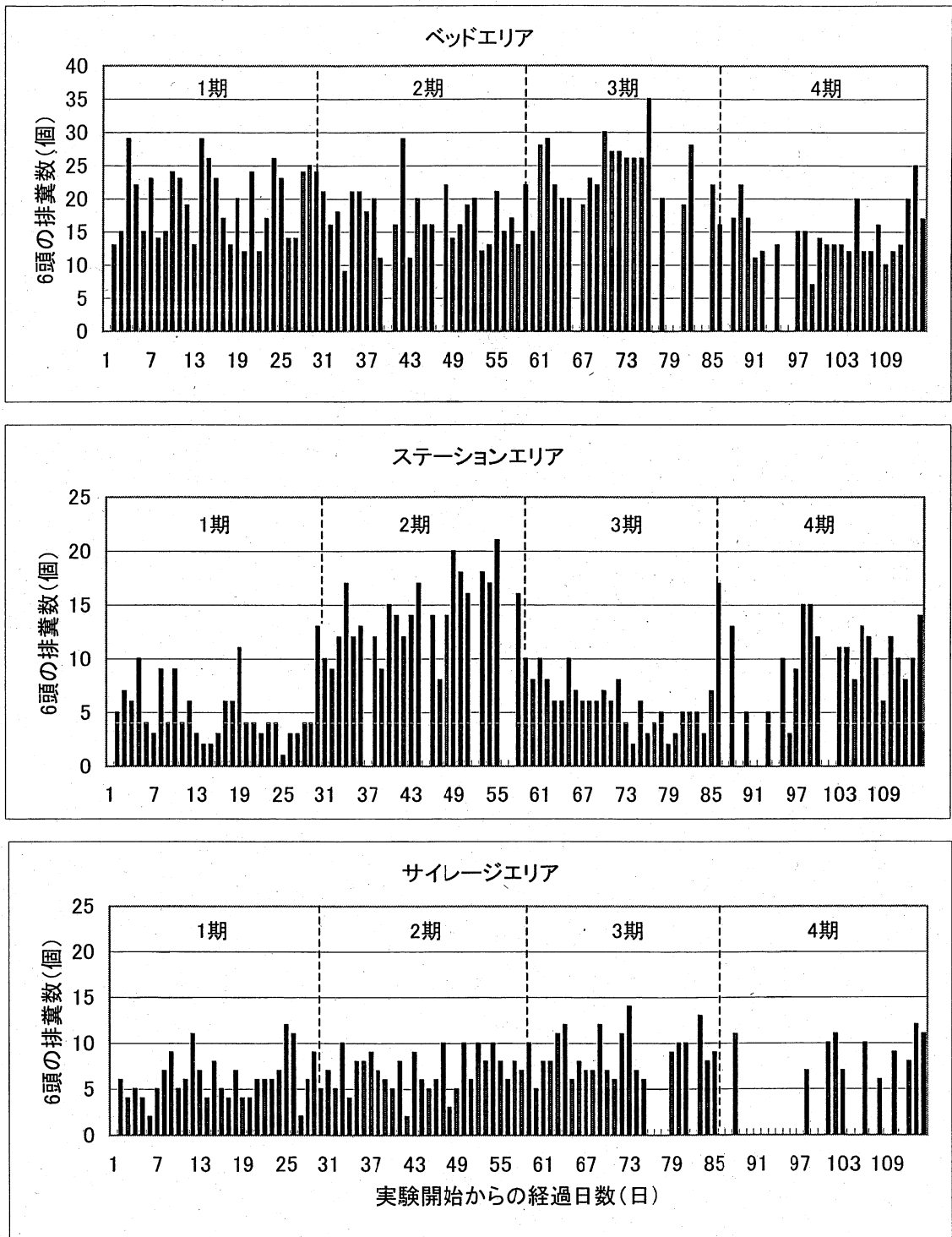


図4. 作業前に数えたエリアごとの糞の個数の推移

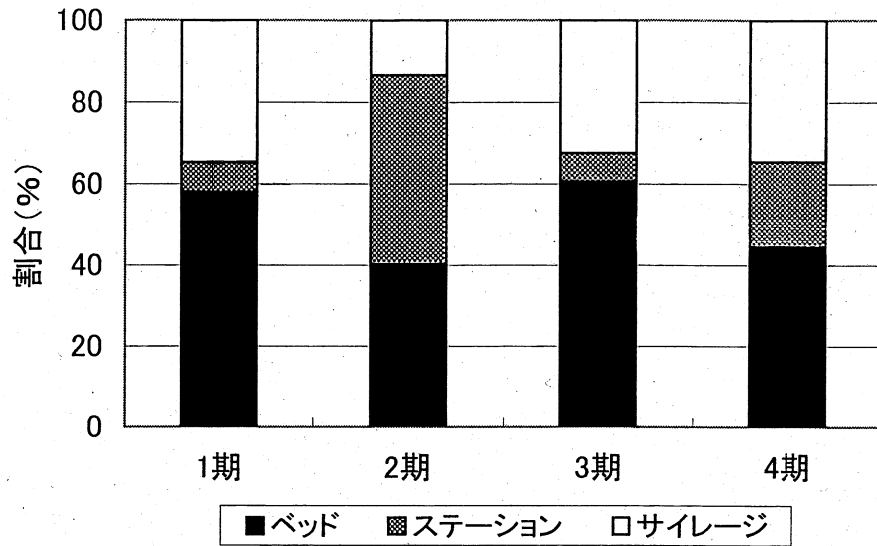


図5. 行動観察から記録したエリアごとの排糞割合

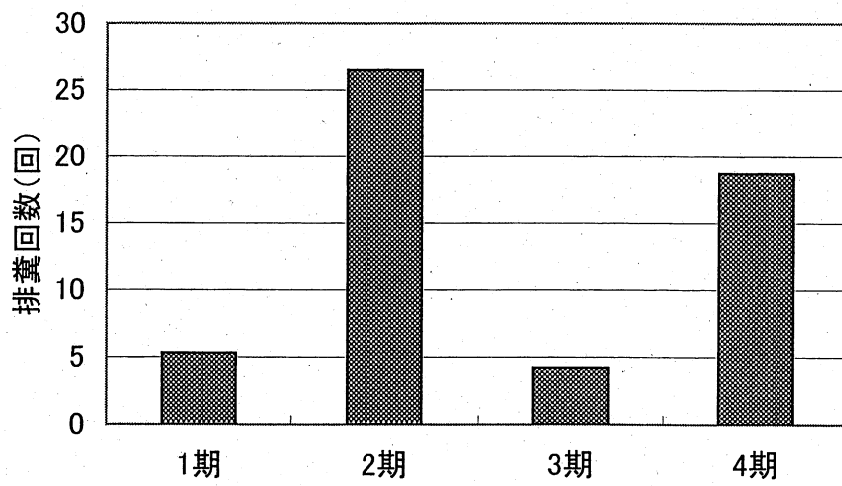


図6. ビデオ観察によるステーションエリアの排糞回数

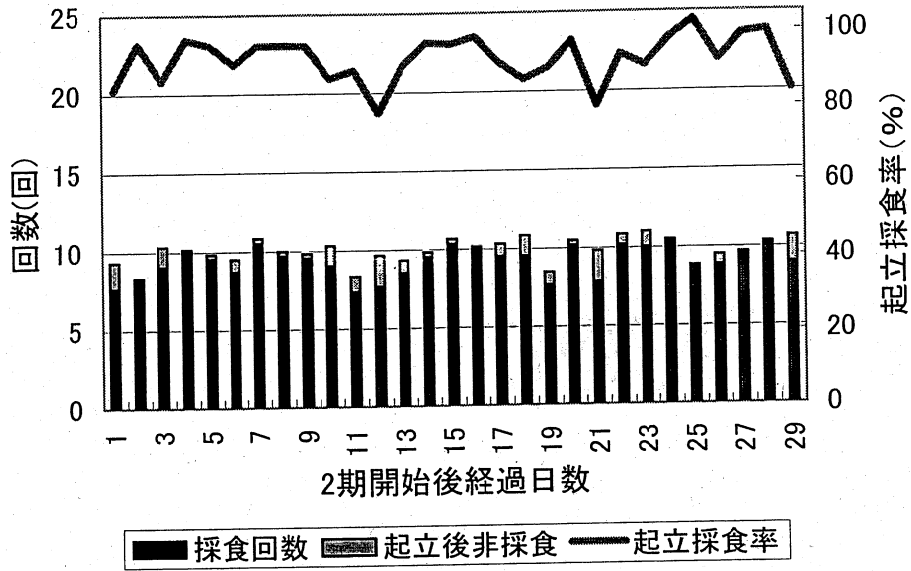


図7. 2期の起立採食率

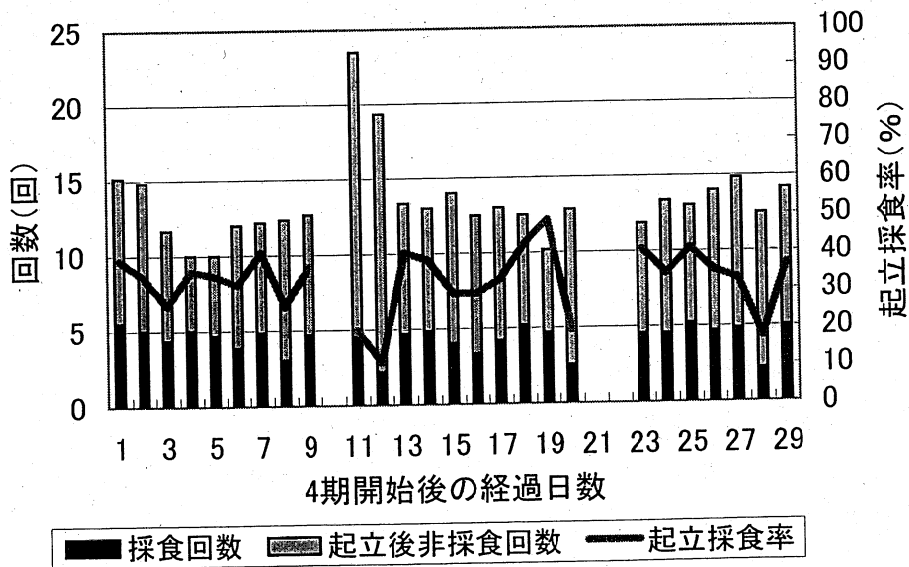


図8. 4期の起立採食率



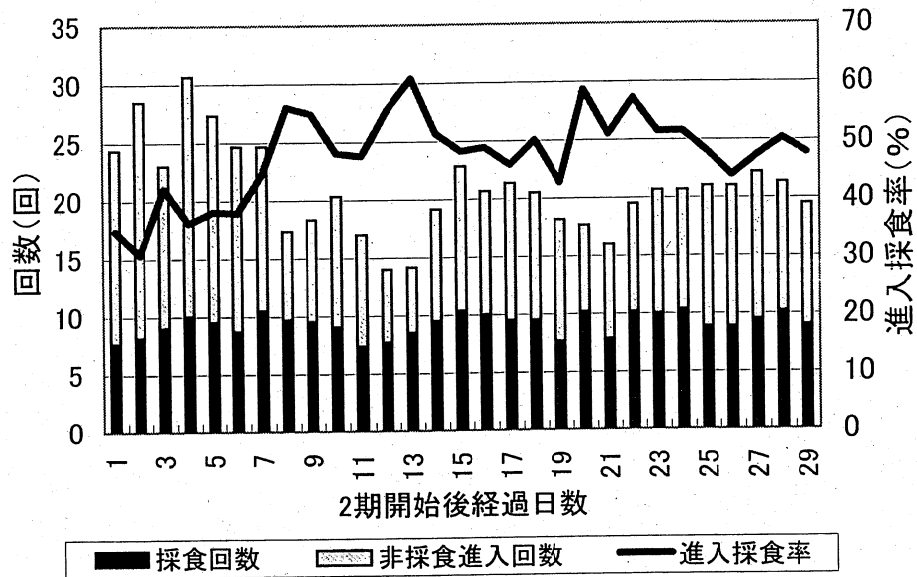


図9. 2期の進入採食率

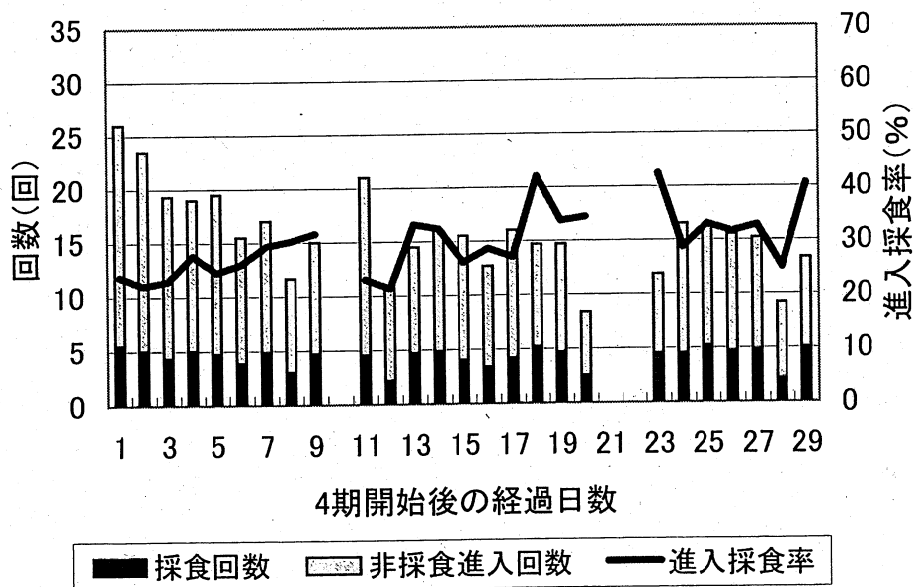


図10. 4期の進入採食率

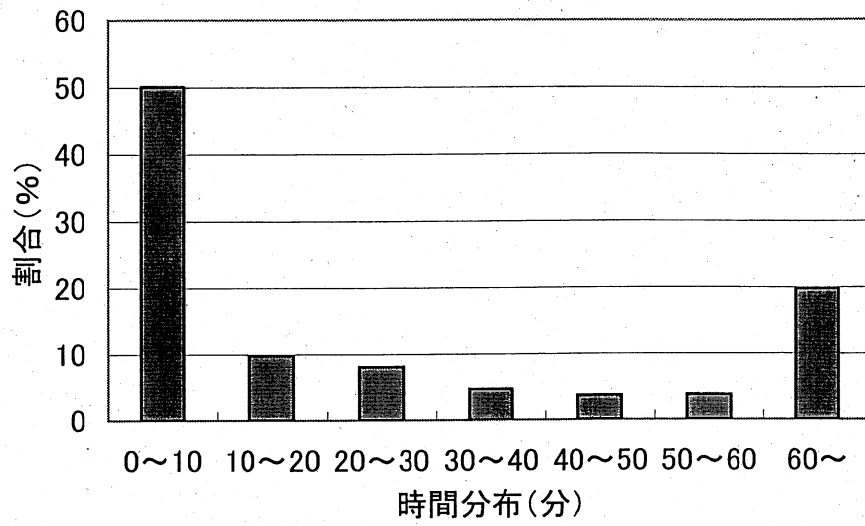


図11. 起立してから排糞するまでの時間分布（全ての期の平均）

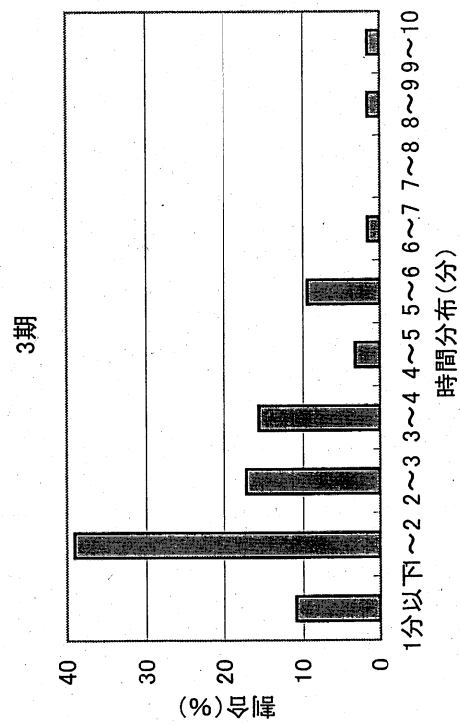
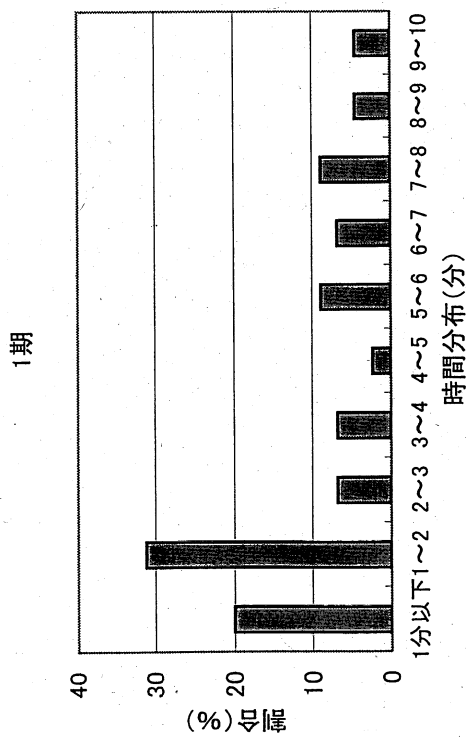
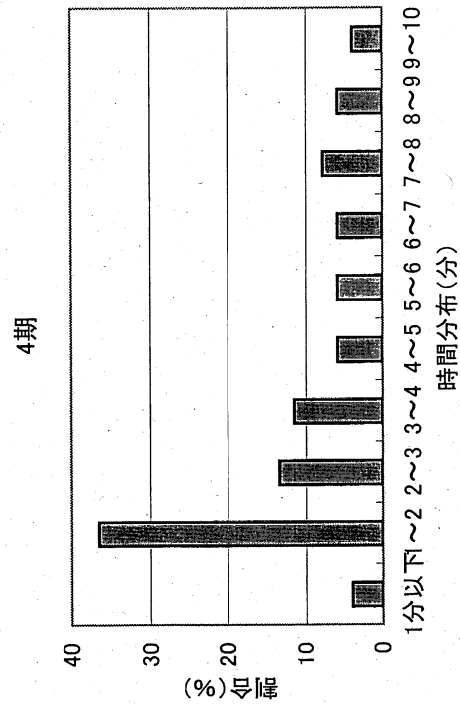
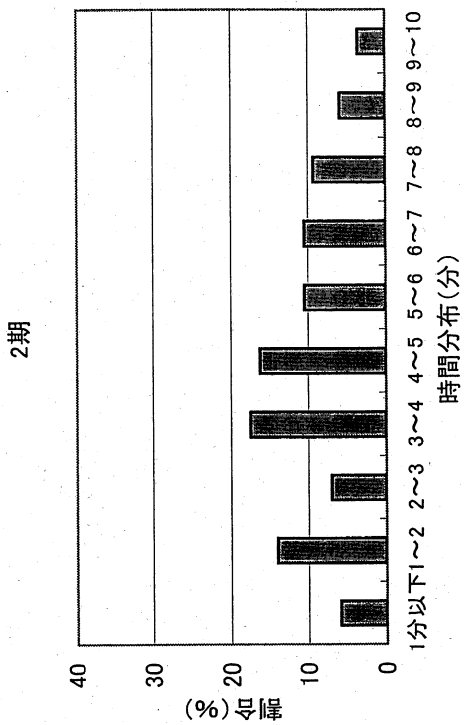


図12. 期ごとの起立後10分以内の排糞の時間分布

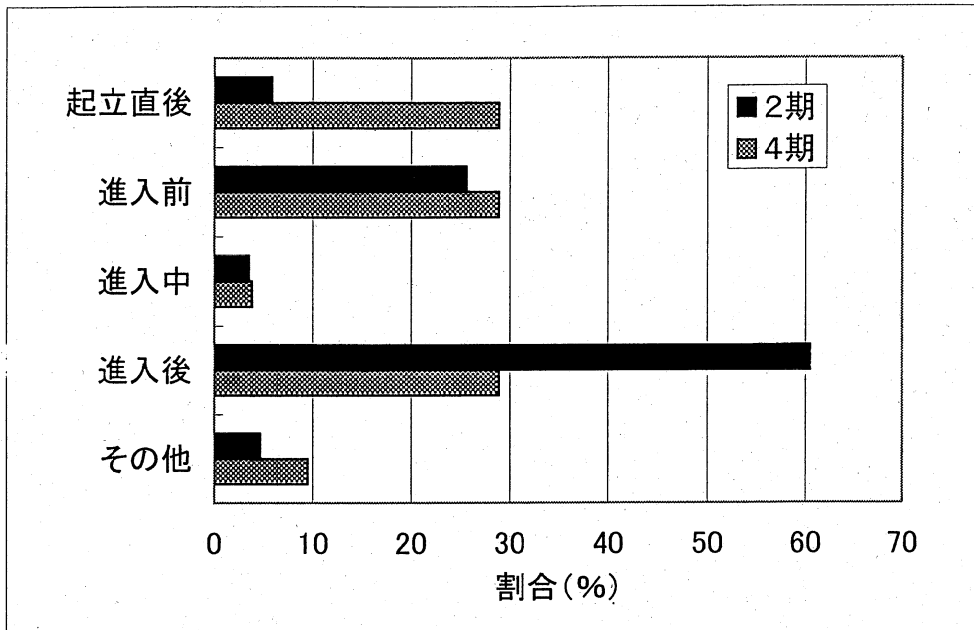


図13. 起立後10分以内の排糞の行動による分類

表1. 供試牛の概要

牛番号	生年月日	供試時の月齢(ヵ月)	開始時の体重(kg)	終了時の体重(kg)
350	2004年4月23日	14	449	550
351	2004年4月29日	13	439	556
352	2004年5月3日	13	387	562
353	2004年5月21日	13	408	526
354	2004年5月22日	13	449	562
355	2004年5月26日	12	433	564

表 2. 24時間行動観察の実施日

期	方法	月/日	時刻
1	目視	7/16	8:00～翌朝 8:00まで
2	目視	8/15	8:00～翌朝 8:00まで
	ビデオ	8/16	8:00～翌朝 8:00まで
3	ビデオ	9/3	8:00～翌朝 8:00まで
	目視	9/5	8:00～翌朝 8:00まで
4	目視	10/12	8:00～翌朝 8:00まで
	ビデオ	10/13	8:00～翌朝 8:00まで

表3. ステーションエリアでの排糞行動の回数をビデオ録画より観察した日

期	ビデオ観察日
1期	7/15、7/17
2期	7/21、7/22、7/23、7/26、7/28、7/29、8/2、8/5、8/9、8/12
3期	9/13、9/14
4期	9/16、9/17、9/18、9/22、9/27、10/3、10/5、10/7、10/9、10/11

表4. 作業前に調べた各エリアの糞の個数

期	エリア			合計
	ベッド	ステーション	サイレージ	
1	19.6±0.87 <sup>a</sup> (28)	4.8±0.54 <sup>a</sup> (28)	6.1±0.44 <sup>a</sup> (28)	30.6±1.01 <sup>a</sup>
2	17.4±0.89 <sup>a</sup> (29)	14.2±0.58 <sup>b</sup> (29)	6.9±0.43 <sup>a</sup> (29)	38.6±1.14 <sup>b</sup>
3	24.1±1.00 <sup>b</sup> (27)	5.9±0.55 <sup>a</sup> (27)	8.9±0.48 <sup>b</sup> (27)	38.9±1.27 <sup>b</sup>
4	14.6±0.92 <sup>c</sup> (29)	10.9±0.64 <sup>c</sup> (29)	9.9±0.77 <sup>b</sup> (29)	37.8±2.03 <sup>b</sup>

注) 表の値は最小二乗平均±S.E (例数)

各エリアの期間において異なる肩文字間に有意差あり(P<0.05)

表5. 行動観察から記録した排糞行動回数(回)

期	実施日	エリア			計
		ベッド	ステーション	サイレージ	
1期	7月16日	58	7	33	98
2期	8月15日	31	36	14	81
	8月16日	28	30	6	64
3期	9月3日	41	4	10	55
	9月5日	36	4	34	74
4期	10月12日	34	10	24	68
	10月13日	24	15	14	53

表6. エリアごとの排糞の割合(%)

期	エリア			計
	ベッド	ステーション	サイレージ	
1期	57.9±6.54 <sup>ac</sup>	7.2±5.03 <sup>a</sup>	34.8±6.79 <sup>a</sup>	100
2期	40.2±4.63 <sup>bc</sup>	46.3±3.56 <sup>b</sup>	13.4±4.81 <sup>b</sup>	100
3期	60.4±4.63 <sup>a</sup>	7.0±3.56 <sup>a</sup>	32.5±4.81 <sup>a</sup>	100
4期	44.5±4.63 <sup>c</sup>	20.9±3.56 <sup>c</sup>	34.6±4.81 <sup>a</sup>	100

注) 表の値は平均±S.E

各エリア間の異なる肩文字間に有意差あり(p<0.05)



表7. 行動観察における各エリアの滞在時間(分)

期	日	エリア			ベッドエリア滞在時間	
		ベッド	ステーション	サイレージ	ベッド横臥	ベッド起立
1	7/16	1035.5±39.7	104.5±25.5	294.5±37.6	891.7±53.0	143.8±59.5
2	8/15	1012.5±40.0	167.2±46.6	261.3±19.3	940.3±41.6	72.2±17.8
	8/16	1009.3±62.7	168.8±48.8	262.8±36.1	866.8±36.2	142.5±45.4
	平均	1010.9±51.4	168.0±47.7	262.0±27.7	903.6±38.9	107.4±31.6
3	9/3	1001.3±63.9	87.8±41.1	351.8±39.6	897.8±57.4	103.5±15.8
	9/5	968.2±64.6	22.3±19.1	450.5±63.0	876.0±42.0	92.0±49.8
	平均	984.8±64.3	55.0±30.1	401.0±51.3	886.9±49.7	97.6±32.8
4	10/12	978.5±49.7	55.7±20.1	406.8±35.9	908.7±40.6	69.8±36.5
	10/12	1023.3±58.0	68.5±22.0	349.2±49.8	946.5±47.2	76.8±22.9
	平均	1000.9±53.9	62.1±21.0	378.0±42.9	927.6±43.9	73.3±29.7

(行動観察1日ごとの値は6頭の平均±標準偏差)

注)期の平均の行における標準偏差は2つの標準偏差の平均

表8. ビデオ観察によるステーションエリアの排糞回数

期	ステーション
1	5.3±2.38 <sup>a</sup> (3)
2	26.5±1.19 <sup>b</sup> (12)
3	4.2±2.06 <sup>a</sup> (4)
4	18.7±1.19 <sup>c</sup> (12)

注) 表の値は最小二乗平均±S.E. (例数)  
各エリアの異なる肩文字間に有意差あり(P<0.05)

表9. 起立検知数、採食回数、起立後非採食回数および起立採食率

	起立検知数(回)	採食回数(回)	起立後非採食回数(回)	起立採食率(%)
2期	9.9±0.8	9.2±0.9	0.73±0.6	92.9±6.0
4期	12.0±4.9	3.8±1.6	9.1±3.0	29.5±13.0

注) 表の値は平均±S.D

表10. 採食回数、非採食進入回数、総進入回数、起立後進入回数および進入採食率

	採食回数(回)	非採食進入回数(回)	総進入回数(回)	起立後進入回数(回)	進入採食率(%)
2期	9.2±0.9	11.7±3.7	20.9±3.9	2.1±0.4	47.6±7.3
4期	3.8±1.6	10.2±4.8	14.1±6.2	1.2±0.3	26.7±10.8

注) 表の値は平均±S.D

表11. 起立してから排糞するまでの時間分布 (単位:回)

	1期		2期		3期		4期		全体平均
	7/16	8/15	8/16	9/3	9/5	10/12	10/13	平均	
0~10分	45	51	35	34	30	29	23	26.0±4.2	35.3±9.7
10~20分	12	3	8	3	6	4	12	8.0±5.7	6.9±3.9
20~30分	12	7	5	0	7	4	5	4.5±0.7	5.7±3.6
30~40分	5	4	3	1	4	3	3	3.0±0.0	3.3±1.3
40~50分	6	0	1	5	1	3	2	2.5±0.7	2.6±2.2
50~60分	4	1	1	2	3	6	2	4.0±2.8	2.7±1.8
60分~	14	15	11	10	23	19	6	12.5±9.2	14.0±5.7
合計	98	81	64	55	74	68	53	60.5±10.6	70.4±15.7

注)各期の平均の項目は、平均±S.D

表12. 起立してから排糞するまでの時間分布 (単位: %)

	1期		2期		3期		4期		全体平均		
	7/16	8/15	8/16	9/3	9/5	9/13	10/12	10/13			
0~10分	45.9	63.0	54.7	58.8±5.9	61.8	40.5	51.2±15.1	42.7	43.4	43.1±0.5	50.3±9.4
10~20分	12.2	3.7	12.5	8.1±6.2	5.5	8.1	6.8±1.8	5.9	22.6	14.3±11.8	10.1±6.5
20~30分	12.2	8.7	7.8	8.2±0.6	0.0	9.5	4.8±6.7	5.9	9.4	7.7±2.5	7.7±3.9
30~40分	5.1	4.9	4.7	4.8±0.1	1.8	5.4	3.6±2.5	4.4	5.7	5.1±0.9	4.6±1.3
40~50分	6.1	0.0	1.6	0.8±1.1	9.1	1.4	5.3±5.4	4.4	3.8	4.1±0.4	3.8±3.1
50~60分	4.1	1.2	1.6	1.4±0.3	3.6	4.0	3.8±0.3	8.8	3.8	6.3±3.5	3.9±2.5
60分~	14.3	18.5	17.2	17.9±0.9	18.2	31.1	24.7±9.1	27.9	11.3	19.6±11.7	19.8±7.2
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

注)各期の平均の項目は、平均±S.D

表13. 起立後10分以内の排糞の時間分布 (単位:回)

	1期		2期		3期		4期		平均
	7/16	8/15	8/16	平均	9/3	9/5	10/12	10/13	
1分以下	9	4	1	2.5±2.1	0	7	1	1	1.0±0.0
1~2分	14	8	4	6.0±2.8	15	10	9	10	9.5±0.7
2分以内	23	12	5	8.5±4.9	15	17	10	11	10.5±0.7
2~3分	3	3	3	3.0±0.0	9	2	5	10	3.5±2.1
3~4分	3	11	4	7.5±4.9	5	5	5	2	3.0±2.8
4~5分	1	10	4	7±4.2	0	2	1	1	1.5±0.7
5~6分	4	2	7	4.5±3.5	3	3	1	2	1.5±0.7
6~7分	3	6	3	4.5±2.1	1	0	2	2	1.5±0.7
7~8分	4	5	3	4.0±1.4	0	0	3	1	2.0±1.4
8~9分	2	0	5	2.5±3.5	0	1	1	2	1.5±0.7
9~10分	2	2	1	1.5±0.7	1	0	1	1	1.0±0.0
合計	45	51	35	43.0±11.3	34	30	29	23	26.0±4.2

注)各期の平均の項目は、平均±S.D

表14. 起立後10分以内の排糞の時間分布 (単位: %)

	1期		2期			3期			4期		
	7/16	8/15	8/16	平均	9/3	9/5	平均	10/12	10/13	平均	
1分以下	20.0	7.8	2.9	5.4±3.5	0.0	23.3	11.7±16.5	3.4	4.3	3.9±0.6	
1~2分	31.1	15.7	11.4	13.6±3.0	44.2	33.3	38.7±7.6	31.1	43.7	37.4±8.9	
2分以内	51.1	23.5	14.3	18.9±6.5	44.2	56.6	50.3±8.8	34.5	48.0	41.3±9.5	
2~3分	6.7	5.9	8.6	7.21±1.9	26.5	6.7	16.6±14.0	17.3	8.7	13.0±6.1	
3~4分	6.7	21.6	11.4	16.5±7.2	14.7	16.7	15.7±1.4	17.3	4.3	10.8±9.2	
4~5分	2.2	19.6	11.4	15.5±5.8	0.0	6.7	3.3±4.7	3.4	8.7	6.1±3.7	
5~6分	8.9	3.9	20.0	12.0±11.4	8.8	10.0	9.4±0.8	3.4	8.7	6.1±3.7	
6~7分	6.7	11.8	8.6	10.2±2.2	2.9	0.0	1.5±2.1	6.9	4.3	5.6±1.8	
7~8分	8.9	9.8	8.6	9.2±0.9	0.0	0.0	0.0	10.4	4.3	7.4±4.3	
8~9分	4.4	0.0	14.2	7.1±10.0	0.0	3.3	1.5±2.1	3.4	8.7	6.1±3.7	
9~10分	4.4	3.9	2.9	3.4±0.7	2.9	0.0	1.5±2.1	3.4	4.3	3.9±0.6	
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

注) 各期の平均の項目は、平均±S.D

表15. 起立後10分以内の排糞の行動による分類

行動	内容	2期(個)	2期(%)	4期(個)	4期(%)
起立直後	起立直後に排糞、FS未進入	2.5±2.1	5.8±3.5 <sup>a</sup>	7.5±2.1	28.9±3.4 <sup>b</sup>
進入前	(a)起立直後に排糞、その後FSに進入	4.5±2.1	10.5±7.9	4.0±1.4	15.4±8.1
	(b)起立後FSに移動中に排糞	6.0±5.6	13.9±9.8	3.0±0.0	11.6±1.9
	(c)その他	0.5±0.7	1.2±2.1	0.5±0.7	1.9±2.4
進入前計		11±2.8	25.6±0.1	7.5±0.7	28.9±7.5
進入中	起立後FSへ進入中に排糞	1.5±0.5	3.5±0.7	1.0±0.0	3.8±0.6
進入後	(a)起立後FSへ進入、採食して退出後に排糞	21±5.6	48.8±0.3	3.0±1.4	11.6±7.4
	(b)非採食で退出後排糞	3.0±2.8	7.0±4.9	4.0±2.8	15.4±8.5
	(c)その他	2.0±2.8	4.7±8.1	0.5±0.7	1.9±3.0
進入後計		26±5.6	60.5±2.9 <sup>a</sup>	7.5±0.7	28.9±2.0 <sup>b</sup>
その他	サイレーン採食中、歩き回るなど	2.0±0.0	4.6±1.3	2.5±2.1	9.5±6.7
合計		43.0±11.3	100	26.0±4.2	100

注)表の値は平均±S.D

2期と4期の割合において異なる肩文字間に有意差あり(p<0.05)

合計は、起立直後、進入前計、進入中、進入後計、その他の合計

表16. 作業前に数えた糞の個数と行動観察による排糞回数との比較

実験期	日付	ベッド	ステーション	サイレージ	合計	作業前に記録できた割合
1期(目視)	7月16日	58	7	33	98	36.7%
		(作業)	23	1	12	
2期(目視)	8月15日	31	36	14	81	61.7%
		(作業)	21	21	8	
(ビデオ)	8月16日	28	30	6	64	35.9%
		(作業)	15	欠測(2)	6	
3期(ビデオ)	9月3日	41	4	10	55	63.6%
		(作業)	26	2	7	
(目視)	9月5日	36	4	34	74	63.5%
		(作業)	35	3	欠測(9)	
4期(目視)	10月12日	34	10	24	68	69.1%
		(作業)	25	10	12	
(ビデオ)	10月13日	24	15	14	53	79.2%
		(作業)	17	14	11	

※(目視)・・・24時間の目視による行動観察 (ビデオ)・・・ビデオ録画による行動観察

(作業)・・・朝夕の作業前の記録

カウント不可能なものは欠測とした。( )内の数字は数えることのできた糞の個数



## 要約

フリーバーン牛舎は牛の自由度が高く、ストレスが少ないため、牛に優しい牛舎といわれている。フリーストール牛舎にある隔柵がないため、除糞作業の労力は軽減され、さらに堆肥化が容易である。しかし、排泄場所が一定せず、牛体が汚れやすいという欠点がある。そのため、フリーバーンにおいては、敷料を十分に補給する必要があり、農家にとって負担となっている。もし、牛がベッドの上で排泄しなくなれば、このような敷料確保の問題が軽減できると考えられる。これまでに行われた研究から、起立直後の牛をフィードステーションに誘導することにより、ベッドの排糞が少なくなるという可能性が示されてきた。

本実験では、より効率の良いフィードステーション利用法を検討するため、起立検知機を用いた起立後給餌と従来のフィードステーション利用法である1日4回給餌を比較した。

実験は、帯広畜産大学畜産フィールド科学センターの屋外パドックで行った。パドックを2つに分け、片方の床にワラを敷いてベッドエリアとした。もう片方をさらに2つに分け、サイレージ用の飼槽のある場所をサイレージエリア、フィードステーションのある場所をステーションエリアとした。ホルスタイン種育成牛6頭を供試した。牛の左後肢に起立検知機を装着し、牛の起立・横臥を検知した。フィードステーションからの配合飼料給与や起立検知機からの信号の受信は、全て1台のコンピュータで制御した。また、カメラを2台設置し、パドック全体をタイムラプスビデオで24時間録画した。

実験は4つの期からなる。1期と3期はフィードステーション閉鎖期とし、フィードステーションに牛が進入できないようにした。閉鎖期間中の配合飼

料はサイレージ用の飼槽で給与し、全頭が同時に採食できるようにした。

2期は起立後給餌期とし、牛が一度横臥した後、起立検知しフィードステーションに進入すると1回のみ配合飼料が給与されるように設定した。

4期は1日4回給餌期とした。この期間中は1日を0:00~6:00、6:00~12:00、12:00~18:00、18:00~0:00の4つのピリオドに分け、各ピリオド1回のみ560gの配合が給与されるように設定した。次のピリオドまでに再度進入しても配合飼料は給与されなかった。24時間行動観察、ビデオ録画からの行動観察を合計7回行い、排糞行動を記録した。さらにビデオ録画からはステーションエリアの排糞行動や起立後の牛の行動などを記録した。

パドック全体の中で、ベッドエリアでの排糞割合は、1期  $57.9 \pm 6.54$  (平均±標準誤差)%、2期  $40.2 \pm 4.63$ %、3期  $60.4 \pm 4.63$ %、4期  $44.5 \pm 4.63$ %であり、2期で1期や3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなった。4期は3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に少なくなり、1期とは有意差はなかったが少ない傾向にあった。これに対し、ステーションエリアの排糞割合は1期  $7.2 \pm 5.03$ %、2期  $46.3 \pm 3.56$ %、3期  $7.0 \pm 3.56$ %、4期  $20.9 \pm 3.56$ %であり、2期と4期で1期や3期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多くなった。また、2期は4期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。2期や4期でフィードステーションを稼動したことにより、ベッドエリアの排糞がステーションエリアに移動したと考えられる。ステーションエリアの排糞数を2期と4期について、さらに詳しく調べてみると、2期  $26.5 \pm 1.19$ 回、4期  $18.7 \pm 1.19$ 回であり、2期は4期よりも有意 ( $p < 0.05$ ) に排糞回数が多かった。

起立採食率（起立後フィードステーションに進入し、採食する割合）は、2期は  $92.9 \pm 6.0$  (平均±標準偏差) %、4期で  $26.7 \pm 10.8$ %となり、2期で非常に高かった。また総進入回数は2期  $20.9 \pm 3.9$ 回、4期は  $14.1 \pm 6.2$ 回で4期で少なくなっていた。4期では2期と比較して配合飼料が給与され

る確率が低く、またフィードステーションに進入する回数自体も減少した。その結果 4 期は 2 期よりもステーションエリアに排糞が移動しにくかったのだと考えられる。

2 期と 4 期では起立後の行動に違いが見られた。起立後 10 分以内に排糞したものを牛の行動で分類してみると、2 期では起立後すぐにフィードステーションに進入し、退出してから排糞するものが  $60.5 \pm 2.9\%$  と高かったが、4 期では進入後の排糞は  $28.9 \pm 2.0\%$  と有意 ( $p < 0.05$ ) に低くなった。また起立直後ベッドで排糞するものは 2 期が  $5.8 \pm 3.5\%$ 、4 期が  $28.9 \pm 3.4\%$  で 4 期が有意 ( $p < 0.05$ ) に高くなった。

以上のことから、起立後給餌によって牛は、起立後直ちにフィードステーションで採食し、その後排糞するようになったと考えられる。一方、1 日 4 回給餌では起立後ベッドエリアで排糞してから、次の行動に移ることが多いため、ベッドでの排糞が起立後給餌ほど減少しなかったと考えられる。

よって起立検知機を用いた起立後給餌はベッドエリアの排糞を減少させる有効な手段であるといえるだろう。

## 参考文献

北海道立新得畜産試験場. 2004. 搾乳牛におけるフリーバーンの糞尿・床管理. 北海道農業試験会議（成績会議）資料. 北海道.

斉藤朋子. 2004. 起立直後の牛をフィードステーションへ誘導することによる排泄場所の制御. 帯広畜産大学卒業論文.

斉藤朋子. 2005. フィードステーションを利用した牛の排糞場所の制御. 帯広畜産大学修士論文.

鈴木省三, 大田考治, 佐藤 修, 柏村文郎. 1983. 乳牛における排泄の行動的背景. 畜大研報, 13 : 79-84.

鈴木省三. 1969. 乳牛の管理. 第3版. 45-52. 明文書房. 東京.

高橋行雄. 1989. SASによる実験データの解析. 第3版. 東京大学出版会. 東京.

Tucker C.B. , Weary D.M. , Rushen J. , Passile A.M.. 2004. Designing better environments for dairy cattle to rest. Advances in Dairy Technology , 16 : 39-51.

トヤルラ. 2004. 牛をフィードステーションに誘導することによる排泄場所の制御. 帯広畜産大学修士論文.

吉岡勇氣. 2004. 乳牛のフリーバーン牛舎における排泄回数は佇立、横臥  
時間から予測可能か?. 帯広畜産大学卒業論文.