

フリーバーンにおけるフィードステーションを利用した
牛の排泄場所制御に関する研究

2009. 3

岩手大学大学院
連合農学研究科
生物生産科学専攻
(帯広畜産大学)
斉藤 朋子

目次

第1章 序論	1
第2章 起立直後の牛をFSに進入させる方法の検討	
第1節 起立後FS進入までの制限時間の検討(実験1)	
1. 緒言	6
2. 材料および方法	7
3. 結果	12
4. 考察	13
第2節 起立後給餌法の検討(実験2)	
1. 緒言	14
2. 材料および方法	15
3. 結果	19
4. 考察	21
第3節 採食60分経過給餌法の検討(実験3)	
1. 緒言	22
2. 材料および方法	24
3. 結果	29
4. 考察	33
第3章 FSを利用した排泄場所の制御	
1. 緒言	34
2. 起立からFS進入までの時間	35
3. 起立から排泄までの時間	38
4. FS利用による各エリアの排泄割合の変化	45
5. FS利用と休息エリアでの排泄との関係	49
6. 休息エリアでの排泄とその制御の可能性	54
第4章 休息エリアの排泄量削減の経営的価値	
1. 緒言	55
2. 敷料削減による経済的効果	55
3. 敷料交換頻度の削減	56

要約	59
謝辞	63
参考文献	64

第1章 序論

1. なぜ排泄場所の制御が必要なのか

「牛は排泄場所を選ばない。」と言われている。言い換えればどこか特定の場所を排泄場所として決める動物、たとえばイヌやネコのように排泄場所を「しつける」ことができない、ということにつながる。本来牛が生活していた草原や森林は「広い」ものであった。己の排泄場所を考える必要もないほど広がったわけである。それゆえか、牛は「特定の排泄場所を持つ」ということをしなかった。たとえ 8000 年前に家畜化されたとはいえ、家畜化した人間が広い場所を提供すれば、牛は生来の行動パターンによって生活し、自分の体が自分の排泄物に汚染される、という心配をする必要もなく、また人間は牛が汚れる、という心配をすることもなくなり、排泄場所の制御など必要ないことになる。排泄場所の制御が必要になった理由は牛が「牛舎」という、限られた狭い空間で、本来あるべき以上の密度（単位面積あたりの頭数）で飼育されるために他ならない。

このような牛の生まれ持った行動の特質に対して、管理のため、経営のために「牛舎」という狭い空間で牛を飼いたい人間はどのような手段が講ずることができるのであろうか。考えられる手段としては2つある。それは何らかの労力を費やして牛の排泄物を牛舎から搬出することで牛体と排泄物の接触をさけるか、もしくは牛の行動を何らかの手段で制限しその結果として排泄物と牛体の接触をさけるか、のどちらかである。

完全に牛が自由に行動する状態で、手段として前者を選んだ場合、どうなるのであろうか。牛の1日の排泄量は乳量 45.5kg の泌乳牛で1日排糞 56.7kg、排尿 31.8kg、また乾乳牛で1日排糞 20.4kg、排尿 15.9kg (Van Horn, 1997)、さらに泌乳前期の経産牛（乳量 37.6kg）で1日排糞 50.7kg、排尿 13.4kg という報告（扇, 1998）がある。人間は牛の排泄物にふりまわされる生活を送ることになりかねないだろう。後者を選ぶなら、つなぎ飼い牛舎におけるカウトレーナーの利用や、フリーストール牛舎における牛床のサイズの十分な熟考を必要とする。

そこで、「人の手をできるだけわずらわせずに放し飼いの牛の排泄場所を制御できる方法」を提案できないかと考えたところから、本研究は始まった。

2. 牛舎とその特徴

限られた空間である「牛舎」で牛を飼うとはいえ、その牛舎の「構造」で牛の排泄をある程度コントロールできることもまた事実である。

1頭ずつ牛を繋いで管理するタイプの牛舎であるつなぎ飼い牛舎にすれば、牛床の長さや牛を繋ぐ鎖の長さ、さらにカウトレーナーの使用で牛が横臥する場所の外に排泄させることができる。さらにつなぎ飼い牛舎は1頭ずつに目が届きやすい、必要とされる面積が少なく済む、といったメリットがあり、50頭以下の比較的小規模な経営で採用されることが多い牛舎形式である。しかし、搾乳作業や給餌作業などは人の手による部分が多く、労力がかかるというデメリットがある。また、起立動作に時間がかかる（森田, 2004）ことから牛が不自由さを感じている可能性もあり、さらに近年の家畜福祉の考え方から、「牛が自由に動けない」ところが問題視されることもある。

また、フリーストール牛舎にすれば、放し飼いの状態でも牛舎の構造を利用して牛が横臥する場所の外に排泄させることができる。フリーストール牛舎では、牛の休息場所を柵によって1頭分ずつに区切り、またストール前方にネックレールやブリスケットボードを設けることで牛の横臥位置、方向、姿勢を制御する。そのため、牛の排泄物が横臥場所ではなく通路に落ちることになり、また敷料の必要量を軽減できる。また、つなぎ飼いと違って牛を群で管理することにより、省力化が可能であり、そのため規模拡大が図りやすいとされる。ただし、ワラ、おがくず、もみがらなどの水分調整剤が入手しにくい地域では、排出される糞尿が液状に近くなり、糞尿処理が難しいことがある。

一方、放し飼い牛舎の形態として日本ではフリーバーンと呼ばれるシステムがある。欧米ではストローヤード (straw yard)、コンポストベッディドパック (compost bedded pack)、コンポストバーン (compost barn) などと呼ばれ、日本ではフリーバーンのほかに発酵床やバイオベッド (敷料を厚く敷いてその場で糞尿と混ぜて発酵させる) などと呼ばれることもある。このタイプの牛舎は敷料 (麦稈、稲藁、おがくずなど) が敷かれた休息場所とコンクリートの採食通路からなる。コンポストバーンを採用した農家が、その理由の1番として家畜福祉を挙げ、次いで牛の長命さ、労力の軽減を挙げるという報告 (Barberg, 2007) もある。大量の敷料を使用することから、フリーストール牛舎と比べて糞尿の堆肥化が容易である。そのことから、日本ではスラリー処理のしにくい北海道以外の地域に多い (中央酪農会議, 2005)。

3. フリーバーンの利点と欠点

さて、本研究は牛の排泄を制御できるような牛舎上の構造を持たないフリーバーンでの排泄場所の制御を目的としている。フリーバーンの特徴 (利点と欠点) をフリーストール牛舎と比較して述べる。

マットの敷かれたフリーストール牛舎のほうがフリーバーンより飛節の怪我が多く、怪我の程度も重症であった (Livesey et al, 2002)、またフリーバーンでの跛行の発生率はフリーストール牛舎よりも低かった (Barberg, 2007 と Sigh et al, 1993) という報告がある。その理由としてフリーストール牛舎ではフリーバーンと比較して横臥時間が短く、立っている場合は濡れた通路に立っているため、蹄が柔らかくなり、擦り減りやすくなるが、一方フリーバーンでは横臥時間が長く、立っているときもフリーストール牛舎より乾いて滑りにくいため、蹄の磨耗が最小限ですむ (Phillips, 1994)、という報告がある。このように蹄や肢の怪我や疾病が少ない、ということはフリーバーンの利点といえる。

また、近年注目されている家畜福祉の点からフリーストール牛舎とフリーバーンを比較した研究によると、フリーバーンでの横臥時間ならびに群れの横臥が同時に起こった時間がフリーストール牛舎より長かったことから、フリーストール牛舎よりフリーバーンの方が福祉的に優れている (Fregonesi and Leaver, 2001) という報告がある。さらに、フリーストール牛舎とフリーバーンの牛を比較すると、フリーバーンのほうが発情時に行動が大きく変化し、より多くの親和行動を見せた。このことはストローヤードにおいてより自由に行動できることを示しており、フリーストール牛舎よりフリーバーンのほうが福祉的に優れている (Phillips, 1994)、とした報告もある。牛はフリーストールよ

りフリーバーンで横臥することを好む (Sigh et al, 1994) とも報告されている。

ただし一方で、フリーストール牛舎のほうがフリーバーンより乳房炎の発生率が低い (Berry, 1998)、さらにフリーバーンで搾乳牛を飼うと、フリーストール牛舎より乳房炎のリスクが高くなる (Peeler et al, 2000) という報告があり、フリーストール牛舎と比較してフリーバーンでは乳房炎の発生率が高いことが知られている。その理由として、フリーバーンで牛の体が汚れていたからであり、さらに牛の体が汚れた原因は牛舎のレイアウトであると結論づけ、具体的にはベッドと給餌通路が近く、給餌通路に近い部分のベッドが踏み荒らされ、汚れてしまったためである (Fregonesi and Leaver, 2001) という報告がある。フリーバーンにはフリーストール牛舎の隔柵やネックレールのような、休息場所で排泄をコントロールするような構造上の設備が無く、牛の横臥姿勢は牛舎にある構造物によっては制限できない。そのため排泄物はそのまま牛の休息場所に落ちる可能性が高く、それゆえ、牛の体が汚れると考えてよさそうである。牛の体が汚れやすい、これがフリーバーンでの大きな欠点である。

さらに、北海道立新得畜産試験場 (2004) の報告によると、フリーストール牛舎 (7.0m²) よりフリーバーン (11.0m²) のほうが牛 1 頭あたりの必要面積が広がってしまう、また、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おり、フリーストール牛舎と比較して 3~8 倍の敷料費がかかるとされており、これも欠点と言える。

以上のことから、フリーバーンはフリーストール牛舎と比較して肢蹄の疾病が少なく福祉の点で優れている、という利点があるが、牛の体が汚れやすく、それに関連して乳房炎の発生が多くなってしまい、それを回避するためには大量の敷料が必要になるという欠点もある。もしフリーバーンで牛体が汚れないようにする方法があれば、フリーバーンの欠点を補うことができるであろう。

4. フィードステーション (FS) とは

本論文では、フィードステーションを FS という略称で記述することにする。

牛に配合飼料を給与する場合、1 度に大量に給与すると代謝障害を引き起こすことはよく知られていることである。高泌乳牛に 1 日 10kg 以上を給与したい場合、配合飼料を粗飼料に混ぜて与える、もしくは人が何度も給与する、そのどちらかの必要がある。粗飼料に混ぜて与える場合、群の能力をある程度均一にしておかなければいけない。栄養価の高すぎる飼料を食べ過ぎた牛が過肥になる可能性があるからである。人が何度も給与する、というのは放し飼いの状況ではあまり現実的でない。そのような問題を解決する設備として FS がある。FS は、給餌作業が機械化され自動化されれば労働の軽減になる (Frobish, 1987) との考えから開発された。

FS で配合飼料を給与する場合、牛ごとにその日の割当量と 1 回の最大給与量、さらに給与のタイミングを設定することができる。牛が FS に進入し、採食するべき割当量が残っていれば配合飼料が給与される。個体識別から配合飼料の給与まで、すべて自動で行われる。FS を利用する利点として、個体ごとに配合飼料の給与量をコントロールし、摂取量をモニターできることがあげられる。

一方で、一般的な FS は割当量が残っているということを牛に外部的に示す機能を持たない。たとえば人が給餌する場合、牛はその人の動きを見て配合飼料が与えられるこ

とを予想できるが、FS では予想できない。言い換えると牛は FS に入って配合飼料が給餌されるかどうか「試してみる」必要がある。その点牛は習慣の動物であり 1 日の中で一定時間ごとに FS を訪問するという報告(Wierenga,1990)もある。

5. 牛の排泄行動の特性

牛の排糞行動の特徴として、牛が自分で排糞をコントロールすることはほとんどなく、排糞はランダムに起こる (Albright and Arave, 1997)、牛は排泄場所を選ぶ習性がなく、長時間滞在する場所に排泄物が多く堆積する (鈴木,1969)、さらに牛床での 24 時間 1 頭あたりの排糞回数と滞在時間に有意な正の関係が見られた (吉岡,2004) など、特に排泄場所を選ばないという報告がある。

また、起立後 5 分以内に排糞する割合が 57%、起立後 10 分以内に排糞する割合が 66% ときわめて高いこと (鈴木ら,1983)、また長い休息ピリオドの後立ち上がった牛の 95% が排糞もしくは排尿もしくはその両方をし、また採食や飲水のあと 60%の牛が排糞もしくは排尿もしくはその両方をした (Aland et al, 2002) という報告がある。

牛舎の中という人工的な環境下で飼養されている牛の体が汚染される最も大きな原因となる物質は牛の排泄物である。もし牛が排泄物を回避して行動するならば、牛の体は汚れずに済むともいえる。

牛が排泄物を回避して行動するかについては、以下のような研究がある。

Phillips and Morris (2001)によると 5cm の深さのスラリーのある通路をはっきり避ける牛とそうでない牛がおり、避けない牛がいた理由として、牛はスラリーの臭いになれてしまい、その上を通過することをストレスとは思っていないからだ、としている。しかし一方で同じ著者らによって行われた次の実験 (Phillips and Morris, 2002) では牛は明確に排泄物のある通路を避けたことも報告されている。この違いについては、スラリーを避けなかった実験の牛は実験前に 1 日 2 回通路の除糞が行われるよう管理されたフリーストール牛舎で飼われ、一方排泄物のある通路を避けた牛は放牧されていたことをあげている。また、フリーストール牛舎とフリーバーンでの排糞行動を比較し、フリーバーンの牛は排泄物を回避する行動を示すという報告もある (Wistance, 2007) が、この研究では「排糞時もしくは排糞直後に移動を伴う」ことをもって「排泄物を回避した」としており、歩行時もしくは横臥時に「排泄物を避けて行動するか」までは論じられていない。

結局、牛は横臥する場所での排泄を避けるという潔癖性はない動物といえるだろう。

6. FS を利用した牛の移動誘発と排泄場所の制御

筆者らは先ほど述べた牛の排泄行動の特徴 (起立後の排泄が多い) に注目し、排泄場所を制御できないかと考えた。起立した牛を速やかに休息エリアの外に移動させれば、フリーバーンのように牛床の構造物によって牛の横臥姿勢を制限できないタイプの牛舎でも、休息エリアでの排泄を減らすことができるのではないかと考えたのである。

FS で配合飼料を採食するためには、牛は FS に進入しなければいけない。横臥場所と離れた場所に FS を設置すれば、牛は配合飼料を採食するために移動しなければならず、

結果として休息エリアから離れることになる。

そこで、牛を休息エリアから移動させるために FS に進入させる方法として、オペラント条件づけの理論に基づいた牛の行動制御を試みることにした。オペラント条件づけとは、条件づけたい行動（反応）に対して報酬（強化子）を与え、その行動（反応）の発現頻度を上げる（強化する）ものである。この理論を本研究に適用すると、条件づけたい行動は FS への進入であり、報酬が FS での配合飼料の給与となる。

さらに、起立後速やかに移動させるためには起立直後の進入でのみ報酬を得られる（強化する）ように FS を制御する必要があると考えた。そのためには牛の「起立」を自動的に検知する必要がある。そこでまず、牛が起立したことを自動的に検知する装置を作成した（飯田,2002）。起立検知機の原理は、牛の肢が起立すると直立し、横臥すると横倒しになることを利用したものである。この起立検知機を牛の肢に装着し、水銀スイッチのオン/オフ信号をパソコンに無線で送信することができるようにした。

以上のことから、次のようなシステムを構築することとした。

- ①牛の起立を起立検知機により自動的に検知し、無線でコンピュータに送信する
- ②起立の信号を受けると FS は配合飼料を給与する準備状態になる
- ③該当牛が FS に進入すれば配合飼料が給与される

このシステムが順調に稼動するようになってから本研究を開始した。

7. 本研究の目的と論文構成

本研究の目的は、牛が起立した直後に休息エリアから出て FS に進入するように習慣づけることによって、フリーバーンにおける休息エリアでの排泄頻度を減少させようとしたものである。言い換えると、休息エリアでの排泄頻度は起立直後に FS に進入する頻度が高くなればおのずと減少するであろうと考えたわけである。よって実験の進め方は起立直後の牛が FS に進入する確率を高める方法を検討しながら順次実施した。

以上の理由から、本論文では第 2 章「起立直後の牛を FS に進入させる方法の検討」において、すべての実験（実験 1、2、3）の概要が分かるように「緒言」「材料および方法」「結果」「考察」という一般的な論文型式で記述した。そして第 3 章では、それらの実験結果を元に排泄場所制御という本来の目的について考察を深め、第 4 章では本研究で得られた休息エリアでの排泄物の減少量を基に経営的な価値を試算し、研究成果を検証するという構成とした。

第2章 起立直後の牛をFSに進入させる方法の検討

第1節 起立後FS進入までの制限時間の検討(実験1)

1. 緒言

牛が起立した直後にFSに進入するように仕向けるには、オペラント条件づけ理論で示されている制限時間の導入が有効ではないかと考えた。オペラント条件づけにおける制限時間とは、固定間隔強化スケジュールまたは変動間隔強化スケジュールにおいて、強化が準備された状態からある決められた制限時間以内に行動(反応)が生じたときのみ報酬(強化子)を与えるというものである。オペラント条件づけでは、この制限時間を短くすると反応率(単位時間あたりの反応数)が上昇するといわれている(レイノルズ,1978)。

そこで、起立後FSに進入し、配合飼料を得られるまでの時間に制限時間を導入することにした。牛が起立した後、すみやかにFSに進入すれば配合飼料を得られるが、時間が経過してからFSに進入しても配合飼料が得られないことを牛が学習するのではないかと考えたのである。さらに、この制限時間を短くすることにより、牛が起立直後(5分以内)にFSに進入する確率も向上するのではないかと考えた。

以上の考えに基づいて、実験1では60分の制限時間と10分の制限時間で、起立直後のFS進入回数がどのように変化するか比較することにした。

2. 材料および方法

(1) 実験期間および供試家畜

実験期間は2004年9月22日～11月28日であった。供試牛としてホルスタイン種育成雌牛6頭（実験開始時12～16ヶ月齢）を群飼した。実験牛の概要を表1に示した。供試牛6頭を同時に実験用パドックに導入し、実験期間中、牛の入れ替えはしなかった。供試牛は実験用パドックに移される以前にFSから配合飼料を給与された経験があった。

表1. 実験1で供試した牛の概要

牛番号	生年月日	供試時の月齢
314	2003年5月26日	16
317	2003年7月6日	14
318	2003年7月6日	14
321	2003年7月24日	14
323	2003年7月28日	14
330	2003年9月23日	12

(2) 実験用パドック

帯広畜産大学附属畜産フィールド科学センターに実験用パドック（11.3×6.8m）を作った。実験用パドックを2つに分けて、その片方に屋根をかけ、麦稈を敷き休息エリアとした。もう片方にはFSを設置し、屋根のない採食エリアとした。採食エリアにはサイレージを給与する屋根付きの餌槽があり、さらにロール乾草を入れる草架と水槽を設置した。実験パドックの概要を図1に、写真を図2に示した。

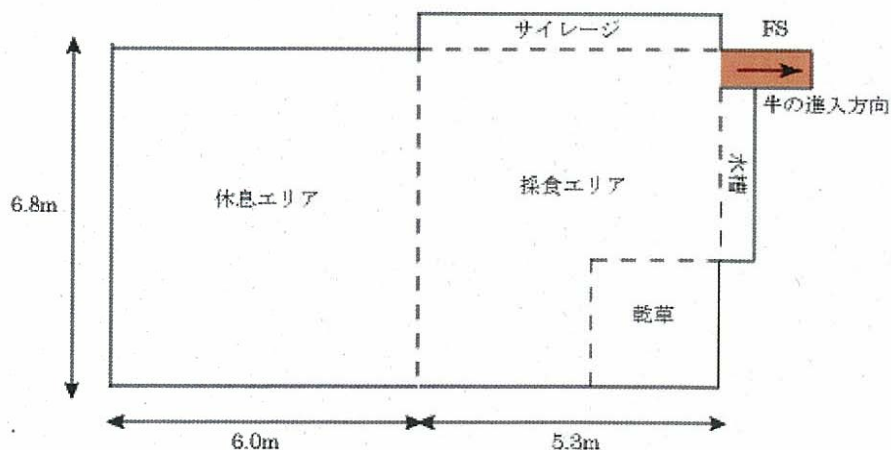


図1. 実験1パドック見取り図



図 2. 実験 1 パドック写真

(3) 起立検知機と FS 制御

牛の起立と横臥動作をスイッチで検知し、無線でコンピュータに送信する起立検知機を利用した(飯田,2002)。起立検知機が縦および横になると、検知機内部の水銀スイッチがそれぞれオンおよびオフに切り替わるように組み込んだ。起立検知機を牛の左後肢に取り付けた。牛が起立すると検知機が縦になりスイッチがオンになり、牛が横臥すると検知機が横になりスイッチがオフになるようにした。横臥判定の誤認識を減少させる為、横臥時の信号は起立検知機のスイッチがオフ状態になり、それが15秒以上続いた場合、横臥判定の信号が送信されるようになっていた。起立検知機内部の写真を図3-1に示した。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、その上に起立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3-2に示した。

FSには牛の首に取りつけたリスポンダーから個体識別番号を読み取るアンテナとコントローラがついており、必要な時には配合飼料が給与できるようになっていた。起立検知と個体識別番号の読み取りおよびFSからの配合飼料の給与はすべて1台のコンピュータ(IBM社製OS:Microsoft Windows 98)で処理と制御ができるようにした(図4)。

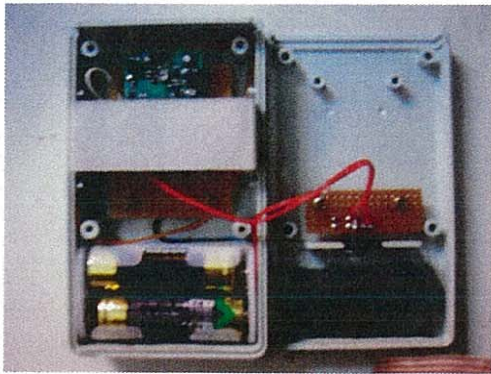


図 3-1. 実験 1 で利用した起立検知機



図 3-2. 起立検知機を牛に装着した様子

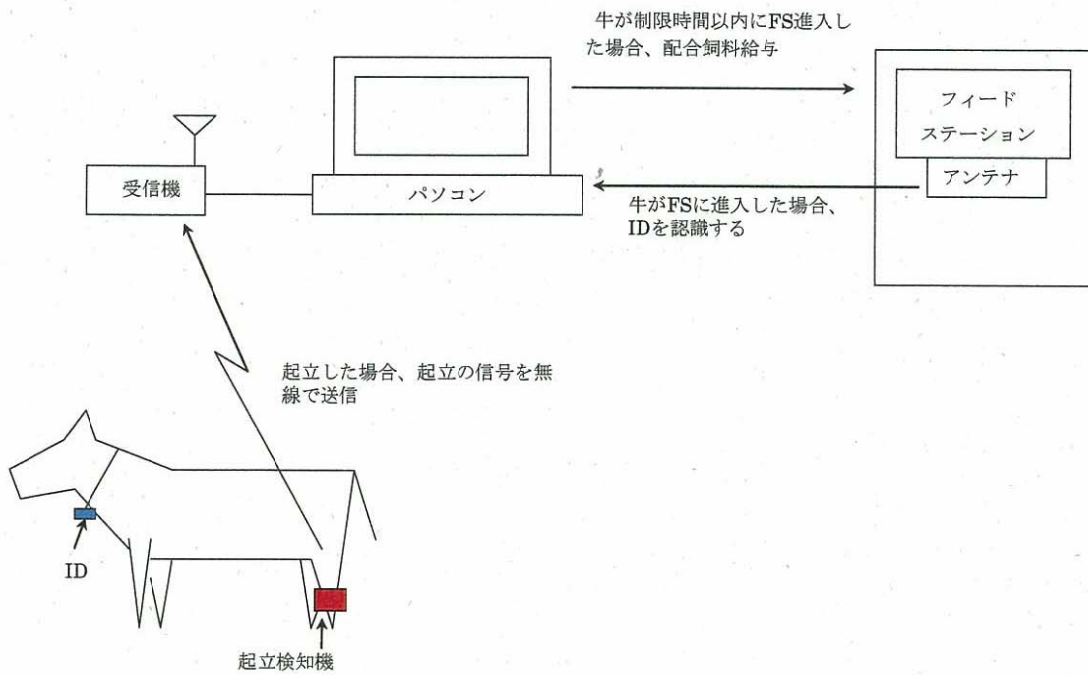


図 4. 起立検知ならびに FS 制御システム

(4) 試験計画

実験期間を1～3期に分けた(図5)。1期の16日間はFS閉鎖とし、この期ではFSの入り口を閉鎖し、牛がFSに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FSを利用した処理期に対する対照期と考えた。2期および3期は、起立を検知した後、制限時間以内に牛がFSに進入した場合のみ配合飼料を約160g給与するように設定した。ただし給与されるのは起立後最初の進入のとき1回のみで、その後再度進入しても給与されないようにした。そのため次の給与は、牛が一度横臥し、その後起立して制限時間以内にFSに進入したときであった。

2期の25日間は制限時間を60分間に設定し、以後この処理を制限時間60分と呼ぶ。続く3期の26日間は10分間に設定し、以降この処理を制限時間10分と呼ぶ。筆者らのそれまでの実験(斉藤, 2005)では、糞の排泄場所はFS利用開始後またはFSの給与条件を変更した後15日間ではほぼ安定したことから、本実験においても処理60と処理10のそれぞれ初めの15日間を移行期とし、それに続く10日間を安定期として本研究の分析に使用した。

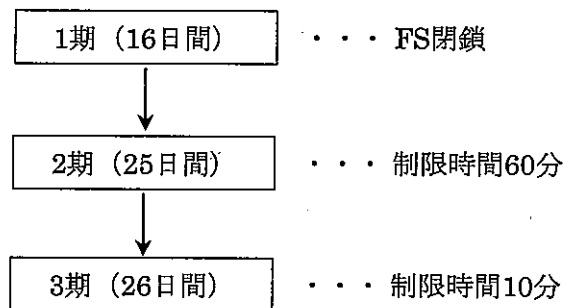


図5. 実験1の処理の流れ

(5) 飼養管理方法

とうもろこしサイレージは、畜産フィールド科学センターの通常作業として1日1回給与された。ロール乾草と水は終日自由摂取させた。配合飼料の割当量は1頭あたり2kgとした。パドック内の清掃作業は朝8時半と夕方16時半に行った。

(6) 排糞場所の確認

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とその場所を記録した。予備期開始直後3日間は、データに不備があったため、糞の個数の集計から除外した。

(7) 起立行動とFS進入の記録

コンピュータには6頭の牛それぞれの起立を検知した時刻、FSに進入した時刻、配合

飼料の給与時刻が記録されていた。システムの不調によってコンピュータに記録が残らない日が2期で2日間、3期で4日間あったため、この日は分析から除外した。

(8) 誘導成功率と採食成功率の計算

a) 誘導成功率

各期安定期の1日1頭ごとの誘導成功率を次の式で求めた。

$$\text{誘導成功率(\%)} = \text{起立後進入回数} / \text{起立回数} \times 100$$

起立回数は、起立後進入回数と起立後非進入回数の合計からなっている。起立後進入回数とは、起立後FSに進入した回数である。起立後非進入回数は、起立したものの横臥するまでFSに進入しなかった回数である。

b) 採食成功率

各期行動観察日の1日1頭ごとの採食成功率を次の式で求めた。

$$\text{採食成功率(\%)} = \text{採食回数} / \text{進入回数} \times 100$$

進入回数は、採食回数と非採食進入回数の合計からなる。採食回数とは牛が起立後FS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。非採食進入回数は、FS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り、一度採食した後の再進入も含まれる。

(9) 統計解析

SAS (1999) の GLM プロシジャを用いて統計解析を行った。変動要因 (クラス) を処理 (FS 閉鎖、制限時間 60 分、制限時間 10 分) および牛個体とし、分析した特性値は起立回数、採食回数、FS 進入回数、誘導成功率、採食成功率、起立後 FS 進入までの時間の出現回数であった。

3. 結果

(1) FS 進入回数と FS 採食回数

それぞれの処理の安定期の起立回数、採食回数、FS 進入回数ならびに誘導成功率および採食成功率を表 2 に示した。1 日 1 頭あたりの平均起立回数は、制限時間 60 分で 9.2 ± 0.4 (最小二乗平均 \pm 標準誤差) 回、制限時間 10 分で 8.0 ± 0.4 回となり、その差は小さかったが、制限時間 60 分で有意 ($p < 0.05$) に多かった。採食回数は制限時間 60 分で 6.6 ± 0.3 回、制限時間 10 分で 3.7 ± 0.3 回となり、制限時間 60 分で有意 ($p < 0.05$) に多かった。FS 進入回数は制限時間 60 分で 18.4 ± 0.9 回、制限時間 10 分で 9.3 ± 1.0 回となり、採食回数と同じように制限時間 60 分で有意 ($p < 0.05$) に多かった。すべての起立に対する起立後制限時間以内に FS に進入し採食できた割合を示す誘導成功率は、制限時間 60 分で $71.9 \pm 3.2\%$ となり、制限時間 10 分の $43.8 \pm 3.4\%$ より有意 ($p < 0.05$) に高かった。すべての FS 進入に対し FS で採食できた割合を示す採食成功率は、制限時間 60 分で $30.6 \pm 2.4\%$ 、制限時間 10 分で $36.6 \pm 2.9\%$ となり、有意差はなかった。

表 2. 起立回数・採食回数・進入回数・誘導成功率・採食成功率 (実験 1)

(1 日 1 頭あたり最小二乗平均値 \pm S.E.)

処理	起立回数 (回)	採食回数 (回)	進入回数 (回)	誘導成功率 (%)	採食成功率 (%)
制限時間 60 分	9.2 ± 0.4^a	6.6 ± 0.3^a	18.4 ± 0.9^a	71.9 ± 3.2^a	30.6 ± 2.4
制限時間 10 分	8.0 ± 0.4^b	3.7 ± 0.3^b	9.3 ± 1.0^b	43.8 ± 3.4^b	36.6 ± 2.9

※a,b: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 ($p < 0.05$) あり

(2) 起立後 5 分以内の FS 進入

FS で採食できたときの起立後 FS 進入までの時間を 0~5 分、5~10 分、10~30 分、30~60 分の 4 階級に分け、1 日 1 頭あたりの出現回数として表 3 に示した。制限時間 60 分、制限時間 10 分ともに起立後 0~5 分での進入回数が最も多かった。0~5 分での進入は制限時間 60 分で 4.2 ± 0.3 回、制限時間 10 分で 2.9 ± 0.3 回となり、制限時間 60 分で有意 ($p < 0.05$) に多かった。

表 3. 起立後進入 (採食) までの時間分布 (単位: 回) (実験 1)

(1 日 1 頭あたりの出現回数、最小二乗平均値 \pm S.E.)

処理	0~5 分	5~10 分	10~30 分	30~60 分
制限時間 60 分	4.2 ± 0.3^a	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.3 ± 0.1
制限時間 10 分	2.9 ± 0.3^b	1.0 ± 0.1	—	—

※a,b: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 ($p < 0.05$) あり

4. 考察

この実験の目的の一つは、オペラント条件づけの理論に基づいて制限時間を設定し、その有効性について確認することであった。起立後 FS 進入までの制限時間を短くすることで、牛が起立直後に FS へ進入する確率が高まるのではないかと考えた。しかし、結果は逆であった。制限時間の長い 60 分の方が、制限時間の短い 10 分より 1 日の FS 進入回数が多く、また起立後 5 分以内の FS 進入回数も多かった。今回の実験が一般的なオペラント条件づけと異なる結果となったのは以下のような理由によると考えられる。

まず、本実験をオペラント条件づけに当てはめて考えると、FS 進入は「反応」に相当し、FS での採食は「強化」に相当するといえる。また、強化スケジュールとしては、変動間隔強化スケジュールとみなすことができるだろう。

ただし、一般的なラットやハトなどの実験動物で行われるオペラント条件づけ実験と異なる点として、次の二点の特徴を考慮する必要がある。一点目は、強化と強化の時間間隔が非常に長く、さらに短時間の強化間隔は出現しなかったことである。これは、強化と強化の間に少なくとも 1 回の横臥行動が入らなければならないという設定により生じた。ふつう牛の横臥位の継続時間は 1 時間前後が最も多く、少なくとも 10 分以上は継続する。また起立から次の起立までの時間間隔は 3~4 時間が最も多く、ほとんどの場合 60 分以上となる(柏村, 2006)。これらのことから強化間隔が長くなったのである。

二点目の特徴は、一般的な変動間隔強化スケジュールでは、そのスケジュールの要求する時間間隔が終了すると次の強化が準備され、反応が起こるまでその強化準備状態が維持される。しかし、本実験の場合には、制限時間内に反応が出現しなければ、その強化準備状態はキャンセルされ、一旦横臥行動を経た後の起立によって次の強化が準備されることになっていた。すなわち制限時間 10 分の場合、強化が準備されてから 10 分以内に反応しなければ、せっかく準備された強化が取り消されてしまう。レイノルズ(1978)は、制限時間を導入した場合、その時間を短くすると反応率(単位時間当たりの反応数)は増大すると記している。しかし、本実験では強化間隔が非常に長かったため、制限時間の延長は採食可能時間の延長と同等の効果をもたらし、その結果、その間に採食できる(強化される)確率が高くなった。一方、制限時間を 10 分に短くするとタイムアウトで採食できない反応が多くなり、そのときは次回強化までの時間が一気に延長されることになった。この強化間隔の大きな延長は、前述のように一度横臥行動を含まなければならないために生じたものである。変動間隔強化スケジュールでは、反応率と強化率(単位時間当たりの強化数)は相互に関係することが知られている(レイノルズ, 1978)。本実験の場合、制限時間 10 分という設定が強化率(1 日の採食回数)の低下をもたらし、さらに強化率の低下が反応率(1 日の FS 進入回数)の低下をもたらしたと考えることができる。

なお、起立後 5 分以内に FS に進入した回数も制限時間 60 分のほうが制限時間 10 分より多かったが、その理由としては、制限時間 60 分の FS 進入がより頻繁であったためではないかと考えられる。もしそうであれば、1 日の進入回数を多くすることによって起立後 5 分以内に進入する確率も高まるのではないかと想像された。しかし、この点については実験 1 の段階では明らかではなく、検討課題として残された。

第2節 起立後給餌法の検討（実験2）

1. 緒言

前節の実験1では、オペラント条件づけにおける制限時間の考えを導入し、起立直後のFS進入回数を増やそうと試みた。オペラント条件づけの理論では制限時間を短く設定すると反応率（単位時間あたりの反応数）が上昇するといわれているが、実験1の結果は逆であった。すなわち、制限時間が長かった60分の方が、短かった10分より1日のFS進入回数が多く、また起立後5分以内のFS進入回数も多かった。また、1日のFS進入回数が多くなると起立後5分以内のFS進入回数も多くなるのではないかと考えられた。

ここで、1日のFS進入回数を増加させれば起立直後のFS進入回数が増加するのであれば、起立後FS進入までの時間を制限しないほうがよいように思われた。そこで、実験2として起立後FS進入までの時間に制限時間を設けない「起立後給餌」を考案し、その有効性を検討することにした。

また、比較対象として従来のFSの給餌方法を模倣した「1日4回給餌」も同時に試験した。なお、一般的なFSでの給餌方法では、1日を等間隔のピリオドに分け、各ピリオドの配合飼料の給与量と1回あたりの給与量の上限を設定し、そのピリオド内の設定量をすべて摂取し終わるまで数回に分けて配合飼料が給与されるものである。ただし、本実験では1日の配合飼料給与量が少量（2kg）であったため、各ピリオド1回目のFS進入でそのピリオドの割当量（560g）がすべて給与された。そのため、そのピリオドの開始時刻から1回目のFS進入（行動）に対してのみ配合飼料（報酬）を与えることになった。それをオペラント条件づけにあてはめると、強化の時間間隔を6時間とした固定間隔強化スケジュールに近いものであるとも考えられる。

2. 材料および方法

(1) 実験期間および供試家畜

実験期間は2005年6月23日～10月13日であった。供試牛としてホルスタイン種育成雌牛6頭(実験開始時12～14ヶ月齢)を群飼した。実験牛の概要を表4に示した。供試牛6頭を同時に実験用パドックに導入し、実験期間中、牛の入れ替えはなかった。供試牛は実験用パドックに移される以前にFSから配合飼料を給与された経験があった。

表4. 実験2で供試した牛の概要

牛番号	生年月日	供試時の月齢
350	2004年4月23日	14
351	2004年4月29日	13
352	2004年5月3日	13
353	2004年5月21日	13
354	2004年5月22日	13
355	2003年5月26日	12

(2) 実験用パドック

帯広畜産大学畜産フィールド科学センターに実験用パドック(6.5×9.6m)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、片方に麦稈を敷き、休息エリア(4.0m×9.6m)とした。もう片方にはサイレージ用の飼槽、水槽、乾草ロール、FSがあり、採食エリアとした。排泄数の分析のため採食エリアをさらに、サイレージ用飼槽と水槽のあるサイレージエリア(2.5m×4.8m)、および乾草ロールとFSのあるFSエリア(2.5m×4.8m)の2つに分けた。ただし、サイレージエリアとFS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。実験パドックのエリア分けの概要を図6に、写真を図7に示した。

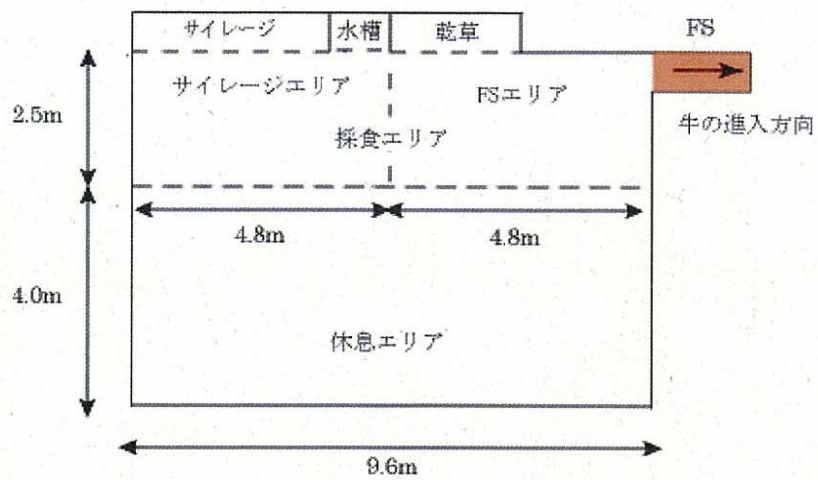


図 6. 実験 2 パドック見取り図

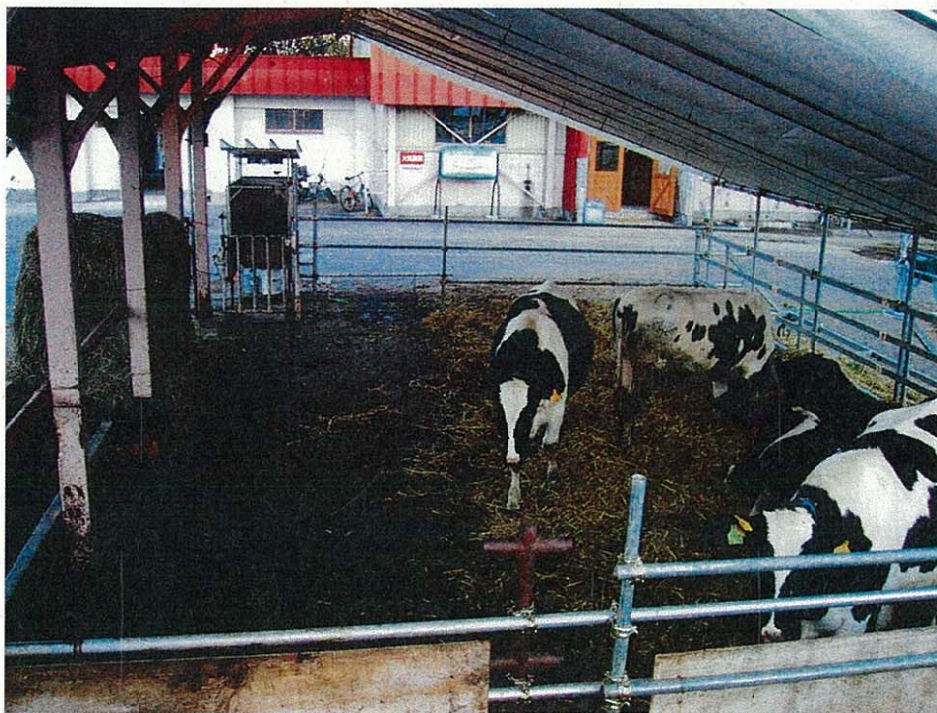


図 7. 実験 2 パドック写真

(3) 起立検知機と FS 制御

起立検知機は実験 1 と同じものであったが内部のスイッチを水銀スイッチから傾斜スイッチに変更した。内部の写真を図 8 に示した。

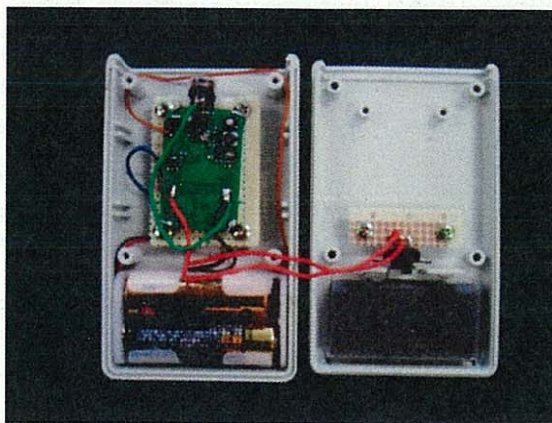


図 8. 実験 2 および実験 3 で利用した起立検知機の内部

(4) 試験計画

実験期間を 1～4 期に分けた (図 9)。1 期の 28 日間は FS 閉鎖 A とした。これは実験 1 の 1 期と同じ処理である。2 期の 29 日間は起立後給餌とした。この期間中は、牛が一度横臥した後、起立検知し FS に進入すると配合飼料が給与されるように設定した。1 回に給与される配合飼料の量は、次のように自動的に計算されるようにした。① 1 日の給与量を 1440 (24 時間 = 1440 分) で割り、1 分あたりの給与量を計算し、次に② 前回給与時刻からの経過時間 (分) を求める。③ この経過時間に① で求めた 1 分あたりの給与量を掛けて今回の給与量を決定する。

このとき給与頻度が高すぎると過剰に起立、横臥を繰り返すことが考えられる。そのため、配合飼料が給与されるのは前の起立検知信号と次の起立検知信号との時間差が 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 FS 閉鎖 B とし、1 期と同じ処理を行い、また 4 期に移るための予備期間とも考えた。4 期の 29 日間は 1 日 4 回給餌とした。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、各ピリオド最初の進入 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 FS に入らなかった場合、その分の配合飼料は次のピリオドに割り振られることはなかった。

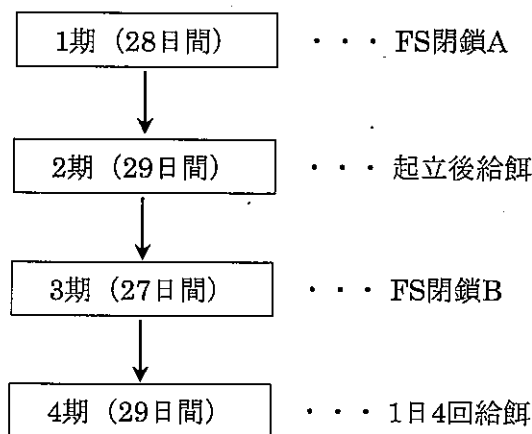


図 9. 実験 2 の処理の流れ

(5) 飼養管理方法

実験 1 と同様であったため省略する。

(6) 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エリアおよび行動（横臥、起立、採食、反芻、飲水）を記録した。同時に各牛が排泄（排糞、排尿）をした時刻と場所を記録した。さらに、ビデオの録画から牛の発情や人からの特別な干渉がなかった日を選び、24時間の行動を記録した。ただし1期は行動記録に適した録画がなかったため、実施しなかった。行動の記録の内容は、前記の24時間行動観察と同等であった。ただし反芻は判別が困難だったため、記録しなかった。

(7) 起立行動と FS 進入の記録

各牛の起立時刻および FS 進入時刻は実験 1 と同様にコンピュータに記録されたデータを利用した。4 期において 3 日間コンピュータのトラブルで記録の残らない時間帯が存在した。

(8) 誘導成功率と採食成功率の計算

実験1と同様に求めた。

(9) 統計解析

本節では実験 1 と実験 2 のデータをあわせて分析したため、変動要因として牛個体の因子は含まれず、処理の因子のみであった。よって平均値と標準偏差を SAS (1999) の means プロシジャを用いて求め、有意差の検定は GLM プロシジャの mean ステートメントの中で Tukey オプションを利用した。

3. 結果

(1) FS 進入回数と FS 採食回数

実験 2 における起立回数、採食回数、FS 進入回数ならびに誘導成功率および採食成功率を実験 1 の制限時間 60 分給餌の結果と合わせて表 5 に示した。

1 日 1 頭あたりの平均起立回数は、1 日 4 回給餌 (13.3±2.4 回) で制限時間 60 分 (9.2±2.3 回) ならびに起立後給餌 (9.6±1.6 回) より、有意 ($p<0.05$) に多くなった。採食回数は、制限時間 60 分 (6.6±2.4 回) より起立後給餌 (9.2±1.9 回) の方が有意 ($p<0.05$) に多く、1 日 4 回給餌 (3.6±1.7 回) は他の処理より有意 ($p<0.05$) に少なかった。FS 進入回数は、制限時間 60 分 (18.4±8.7 回) より起立後給餌 (21.6±7.8 回) の方がわずかに多かったがその差は有意ではなかった。また、1 日 4 回給餌 (11.3±4.1 回) は他の処理より有意 ($p<0.05$) に少なかった。起立後 FS に進入し採食した割合を示す誘導成功率は、制限時間 60 分 (71.9±20.2%) より起立後給餌 (95.5±12.4%) で有意 ($p<0.05$) に高く、1 日 4 回給餌 (27.1±13.9%) は他の処理より有意 ($p<0.05$) に低かった。FS に進入し採食できた割合を示す採食成功率は、起立後給餌 (45.6±13.3%)、1 日 4 回給餌 (32.7±15.3%)、制限時間 60 分 (30.6±17.0%) の順になり、すべての処理間に有意差 ($p<0.05$) がみられた。

表 5. 起立回数・採食回数・進入回数・誘導成功率・採食成功率 (実験 2)

処理	(1 日 1 頭あたり平均値±S.D.)				
	起立回数 (回)	採食回数 (回)	進入回数 (回)	誘導成功率 (%)	採食成功率 (%)
実験 1					
制限時間 60 分	9.2±2.3 ^a	6.6±2.4 ^a	18.4±8.7 ^a	71.9±20.2 ^a	30.6±17.0 ^a
実験 2					
起立後給餌	9.6±1.6 ^a	9.2±1.9 ^b	21.6±7.8 ^a	95.5±12.4 ^a	45.6±13.3 ^b
1 日 4 回給餌	13.3±2.4 ^b	3.6±1.7 ^c	11.3±4.1 ^b	27.1±13.9 ^b	32.7±15.3 ^a

※a,b,c: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 ($p<0.05$) あり

(2) 起立後 5 分以内の FS 進入

起立後 FS 進入までの時間を 1 日 1 頭あたりの出現回数として表 6 に示した。実験 1 の制限時間 60 分と同様、起立後給餌、1 日 4 回給餌ともに起立後 5 分以内での FS 進入回数が最も多かった。5 分以内の FS 進入回数は起立後給餌 (9.0±2.4 回) が制限時間 60 分 (4.2±2.6 回) および 1 日 4 回給餌 (4.2±1.6 回) より有意 ($p<0.05$) に多かった。

表 6. 起立後 FS 初回進入までの時間分布 (単位: 回) (実験 2)

(1 日 1 頭あたりの出現回数、平均値±S.D.)

処理	0~5 分	5~10 分	10~30 分	30~60 分	60 分以上
実験 1					
制限時間 60 分	4.2±2.6 ^a	0.7±0.9	0.8±1.0	0.3±0.6	-
実験 2					
起立後給餌	9.0±2.4 ^b	0.7±1.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
1 日 4 回給餌	4.2±1.6 ^a	0.5±0.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

※a,b : 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 (p<0.05) あり

4. 考察

実験1では、オペラント条件づけにおける制限時間の考えを導入して、制限時間を短くすることにより起立直後のFS進入回数の増加を期待した。しかし、制限時間10分と60分を比較したところ、制限時間が長い60分の方がFS進入回数が多かった。そこで、実験2では制限時間を設定しない起立後給餌という方法の有効性を確かめた。その結果、起立後給餌のFS進入回数は、実験1の制限時間60分に比べ、有意差はみられなかったがむしろ多いという結果が得られた(表5)。さらに起立後5分以内のFS進入回数は、起立後給餌のほうが制限時間60分より有意($p < 0.05$)に多かった(表6)。この結果と実験1の結果から、起立からFSに進入するまでの時間に制限を設けることは無意味であるばかりでなく、むしろマイナスの効果をもたらすことが明らかとなった。本実験のような環境下で飼育されている牛にとって、オペラント条件づけで有効とされている制限時間を学習することは困難であったと考えられる。

一方、牛を起立直後(5分以内)にFSに進入するように動機づけるには、FS進入回数を多くすることが有効であろうと考えられる。ただし、起立後給餌と制限時間60分ではFS進入回数に有意差はなかったが、起立後5分以内のFS進入回数は起立後給餌のほうが有意に多かった(表6)。このことから起立直後に牛をFSに進入させるには、単にFS進入回数を増やせばよい、というわけではないことが分かる。その点に関して、表5では起立後給餌の採食成功率が制限時間60分より高いことが示されている。すなわちFS進入回数を多くするとともに採食成功率もある程度高くすることが有効ではないかと考えられる。採食成功率を高くするためには「起立後初回の進入で確実に配合飼料を採食させる」ことが必要であることは間違いないであろう。

第3節 採食 60分経過給餌法の検討

1. 緒言

前節の実験2の考察において、起立直後（5分以内）のFS進入回数を増やすためには、「起立後初回の進入で配合飼料を確実に採食させ、採食成功率を低下させない」ことが重要であることを指摘した。もしそのような条件を起立検知機を用いずに満たすことができれば、起立検知機にかかる費用や牛への取り付けの手間が必要なくなり、実用上有効である。単純に採食成功率を保つだけなら、すべてのFS進入に対して配合飼料を給与すればよい（採食成功率100%）。しかし、そのような条件設定では、牛は起立と無関係にFSへ頻繁に進入するようになり、牛の1日の行動パターンが大きく乱されることが危惧される。さらに、「起立後の牛に配合飼料を給与し、休息エリア外に移動させる」という本研究の趣旨から離れる。

そこで、起立検知機を用いずに起立後初回の進入で採食を可能にする方法を考えるにあたり、まず牛の起立から次の起立までの時間（以降、起立間隔と呼ぶ）に注目した。実験2の起立後給餌でみられた起立間隔を10分ごとの階級に分け、それぞれの階級の出現回数を図10に示した。

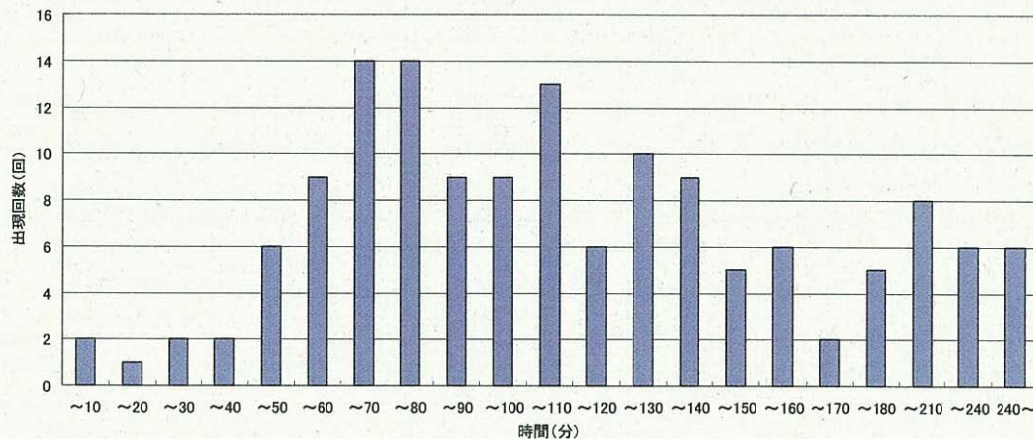


図10. 実験2の起立後給餌でみられた起立間隔の出現回数（回）（2日間6頭総計）

この図から60分以下の出現回数はかなり少ないことがわかる。正確には全体の15%しかなかった。言い換えると「起立後5分以内にFSに進入し配合飼料を採食した牛が、その次の起立で5分以内にFSに進入する」間隔の85%以上が60分以上の周期になることを意味している。このことから、「採食から60分以上経過したときの進入に対して配合飼料を給与する」という条件を設定すれば、起立検知機を用いずに起立後初回の進入で配合飼料を給与する状況を高い確率で作り出すことができることになる。

次にこの方法で1回の起立継続期間において初回の進入でのみ配合飼料を給与すると

いう条件も満たすことができるか検討した。実験 2 の起立後給餌でみられた起立継続時間の出現回数を図 11 に示した。

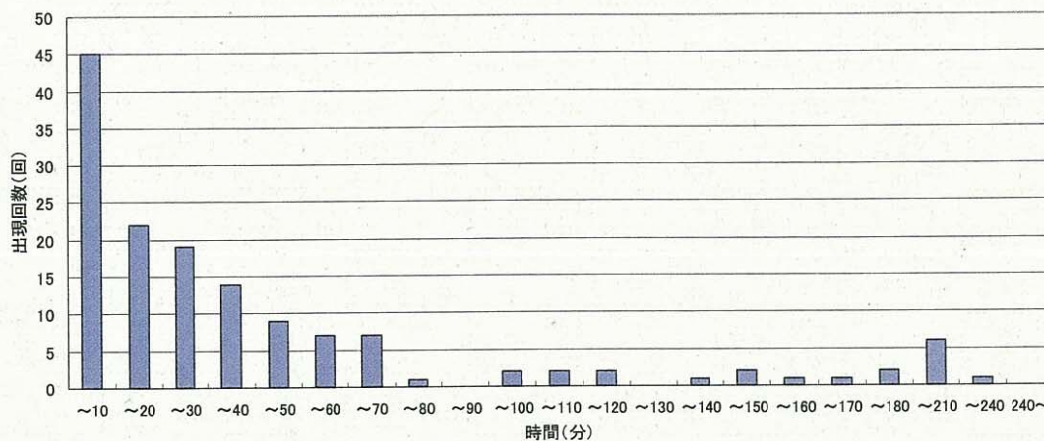


図 11. 実験 2 の起立後給餌でみられた起立継続時間の出現回数 (回)
(2 日間 6 頭総計)

この図から、一度起立した牛は 80 分以上起立位（起立継続）であることは稀であることがわかる。実際には 80% が 60 分以内に横臥していた。言い換えると、起立後初回の進入で配合飼料を採食した牛が 60 分以上起立しているのは 20% に過ぎないということになる。このことから、先ほどの採食から 60 分以上経過したときの進入に対して配合飼料を給与するという条件を設定すれば、配合飼料の給与は起立後初回の進入のみになる確率が高く、しかも一回の起立の間に複数回給与されることもほとんどないと言える。よって、採食から次の採食までの経過時間が 60 分以上になるように設定すれば、起立検知機を用いずに起立後給餌と同じ状況をかなりの確率で作り出すことができると考えた。

そこで実験 3 として、起立検知機を使用せず、FS での給与条件の設定のみで起立後の牛に配合飼料を給与することを目指した「採食 60 分経過給餌」を試験した。また、実験 2 で最も効果的であった起立後給餌と比較することにした。さらに、休息エリアと FS の距離が離れると FS 進入回数が減少する可能性も考えられたため、最後に FS と休息エリアの距離を延長する処理も加え、検討した。

2. 材料および方法

(1) 実験期間および供試家畜

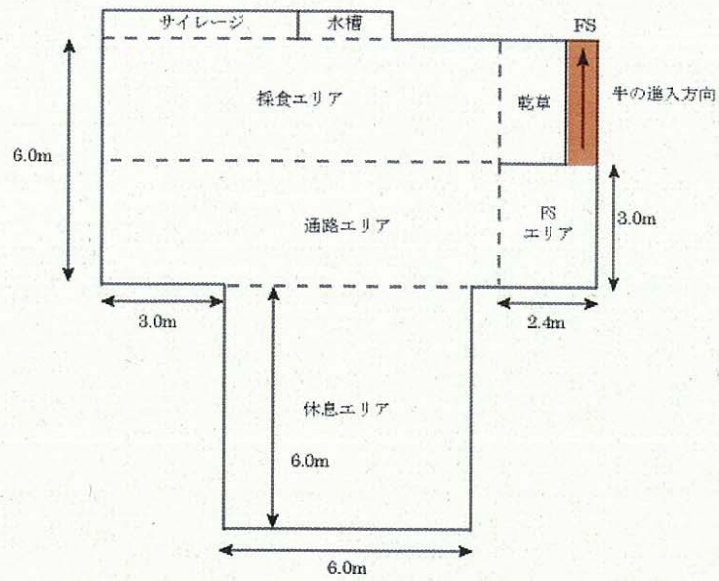
実験期間は2006年5月23日～11月13日であった。供試牛としてホルスタイン種育成雌牛6頭（実験開始時11～15ヶ月齢）を群飼した。実験牛の概要を表7に示した。供試牛6頭を同時に実験用パドックに導入した。実験開始1週間後に牛を1頭入れ替えたほかは供試牛の入れ替えはしなかった。供試牛は実験用パドックに移される以前にFSから配合飼料を給与された経験があった。

表 7. 実験 3 で供試した牛の概要

牛番号	生年月日	供試時の月齢
375	2005年2月28日	15
376	2005年3月14日	14
377	2005年3月14日	14
378	2005年3月19日	14
380	2005年4月5日	13
382	2005年7月1日	11

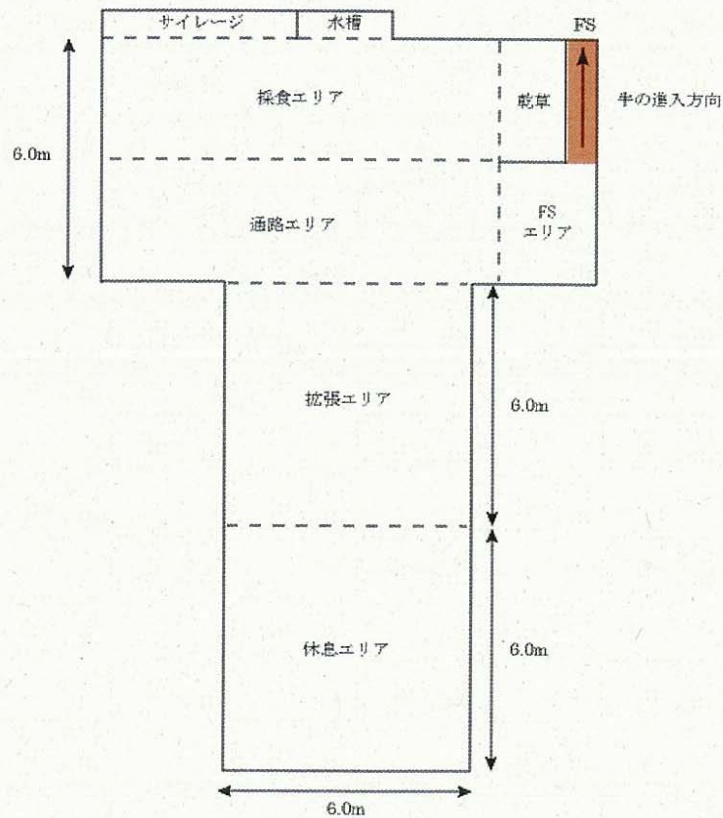
(2) 実験用パドック

帯広畜産大学畜産フィールド科学センターに実験用パドックを作り、分析のため4つのエリアに分けた。まず、大きく休息エリア(6m×6m)と活動エリア(3m×12m)の2つに分けた。休息エリアは麦稈を敷き、テント用の布で屋根をかけた。活動エリアはさらに3つのエリアに分け、サイレージ用の飼槽・水槽・乾草置き場のある採食エリア(3m×9.6m)、通路部分で特に何も無い通路エリア(3m×9.6m)およびFSを設置した場所の前のFSエリア(3m×2.4m)で構成されていた。また、6期(試験計画を参照)のときにパドックを拡張し、休息エリアと活動エリアの間に新たな拡張エリア(6m×6m)を設けた。実験パドックの概要を図12-1および図12-2に、写真を図13-1および図13-2に示した。



注) 採食エリアと通路エリアをあわせ活動エリアとする

図 12-1. 実験 3 パドック見取り図 (1~5 期)



注) 採食エリア、通路エリア、拡張エリアをあわせ活動エリアとする

図 12-2. 実験 3 パドック見取り図 (6 期)



図 13-1. 実験 3 パドック写真 1 (6 期)



図 13-2. 実験 3 パドック写真 2 (6 期)

(3) 起立検知機と FS 制御

実験 2 と同じものを用いたため省略する。

(4) 試験計画

実験期間を1～6期に分けた(図14)。1期の21日間はFS閉鎖とした。これは実験1の1期および実験2の1期および3期と同じ処理である。2期の28日間は起立後給餌Aとした。処理は実験2の2期の起立後給餌と同じである。3期の47日間は採食60分経過給餌とした。この期間中は起立検知機を用いず、起立横臥に関わらず前回のFSでの配合飼料の給餌から60分以上経過してFSに進入したときに配合飼料が給与されるように設定した。4期の12日間は再びFS閉鎖とし、5期に移るための予備期間と考えた。5期の32日間は起立後給餌Bとした。設定は2期と同様であった。6期の28日間は起立後給餌Cとした。この期ではパドックを拡張し、休息エリアとFSの距離が遠くなったときの影響を検証するために行った。FSでの給餌条件の設定は2期および5期と同様の起立後給餌とした。

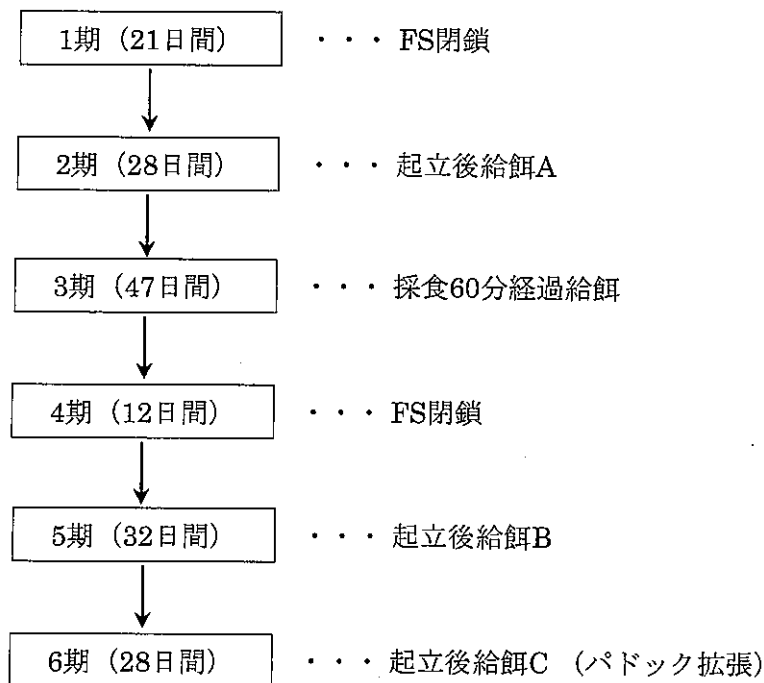


図 14. 実験 3 の処理の流れ

(5) 飼養管理方法

実験 1 および実験 2 と同様であるため省略する。

(6) 行動観察

FS閉鎖以外の2、3、5、6期において1回ずつ目視による48時間連続の行動観察を行った。1分ごとにそれぞれの牛の滞在场所および行動(横臥、起立、採食、反芻、飲水)を記録し、同時に各牛が排泄(排糞、排尿)した時刻と場所を記録した。

4期の行動記録はビデオの録画から牛の発情や人からの特別な干渉がなく、比較的天気がよかった2日間を選んで実施した。行動の記録内容は、前記の48時間連続の行動観察と同じように行った。反芻は判別が困難だったため、記録しなかった。1期は観察に適した日がなかったため、行動の記録を行わなかった。そのため、実験3における「FS閉鎖」とは4期を指すものとする。

(7) 起立行動とFS進入の記録

各牛の起立時刻およびFS進入時刻は実験1および実験2と同様にコンピュータに記録されたデータを利用した。3期においてコンピュータのトラブルにより1日、5期に停電により1日、記録が残らない時間帯が存在した日があった。

(8) 誘導成功率と採食成功率の計算

実験1および実験2と同様に求めた。

(9) 統計解析

SAS (1999) の GLM プロシジャを用いて統計解析を行った。モデルは実験1と同様である。

3. 結果

(1) FS 進入回数と FS 採食回数

実験 3 における起立回数、採食回数、FS 進入回数ならびに誘導成功率および採食成功率を表 8 に示した。

1 日 1 頭あたりの平均起立回数は、どの処理の間にも有意差はみられなかった。採食回数は採食 60 分経過給餌 (12.7±2.1 回) が他の処理より有意 (p<0.05) に多く、続いて起立後給餌 A (8.1±2.6 回)、起立後給餌 C (7.0±1.3 回) となり、起立後給餌 B (5.3±1.3 回) は他の処理より有意 (p<0.05) に少なかった。FS 進入回数は採食 60 分経過給餌 (30.0±15.0 回) が他の処理より有意 (p<0.05) に多かった。起立後給餌 A (14.3±2.9 回)、起立後給餌 B (19.3±8.5 回)、起立後給餌 C (20.2±7.6 回) の間に有意差はみられなかった。すべての起立に対する起立後 FS に進入し採食した割合を示す誘導成功率は、採食 60 分経過給餌 (93.9±6.7%) が他の処理より有意 (p<0.05) に高かった。起立後給餌 A (81.8±10.4%)、起立後給餌 B (85.5±10.2%)、起立後給餌 C (84.4±10.5%) の間に有意差はみられなかった。すべての FS 進入に対する採食できた割合を示す採食成功率は、起立後給餌 A (57.8±16.6%) と採食 60 分経過給餌 (48.0±14.3%) が、起立後給餌 B (31.2±11.7%) や起立後給餌 C (37.2±9.9%) より有意 (p<0.05) に高かった。

表 8. 起立回数・採食回数・進入回数・誘導成功率・採食成功率 (実験 3)

処理	(1 日 1 頭あたり最小二乗平均値±S.E.)				
	起立回数 (回)	採食回数 (回)	進入回数 (回)	誘導成功率 (%)	採食成功率 (%)
起立後給餌 A	12.3±0.8	8.1±0.5 ^a	14.3±1.7 ^a	81.8±2.6 ^a	57.8±2.6 ^a
採食 60 分経過給餌	10.7±0.8	12.7±0.5 ^b	30.0±1.7 ^b	93.9±2.6 ^b	48.0±2.6 ^a
起立後給餌 B	11.8±0.8	5.3±0.5 ^c	19.3±1.7 ^a	85.5±2.6 ^a	31.2±2.6 ^b
起立後給餌 C	10.8±0.8	7.0±0.5 ^a	20.2±1.7 ^a	84.4±2.6 ^a	37.9±2.6 ^b

a,b,c: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 (p<0.05) あり

(2) 起立後 5 分以内の FS 進入

起立後 FS 進入までの時間を他の実験と同様に 1 日 1 頭あたりの出現回数として表 9 に示した。どの処理においても起立後 5 分以内での進入回数がそれ以降の時間で進入する回数より多かった。5 分以内での進入において、採食 60 分経過給餌 (9.6±2.9 回) が他の処理より有意 (p<0.05) に多かった。起立後給餌 A (7.6±2.0 回)、起立後給餌 B (8.7±2.3 回)、起立後給餌 C (7.6±2.2 回) の間に有意差はみられなかった。

表 9. 起立後 FS 初回進入までの時間分布 (単位: 回) (実験 3)

(1 日 1 頭あたりの出現回数、最小二乗平均値±S.E.)

	0~5 分	5~10 分	10~30 分	30~60 分	60 分以上
起立後給餌 A	7.6±0.4 ^a	0.3±0.2	0.5±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.7±0.1 ^a
採食 60 分経過給餌	9.6±0.4 ^b	0.3±0.2	0.3±0.1 ^a	0.0±0.1 ^b	0.0±0.1 ^b
起立後給餌 B	8.7±0.4 ^a	0.3±0.2	0.1±0.1 ^b	0.1±0.1 ^b	0.3±0.1 ^c
起立後給餌 C	7.6±0.4 ^a	0.3±0.2	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.2±0.1 ^c

a,b,c: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 (p<0.05) あり

(3) 起立間隔ならびに起立継続時間

本節の緒言で述べた起立間隔について、採食 60 分経過給餌の処理における 10 分ごとの階級別出現回数を図 15 および表 10 に示した。また同じ処理における起立継続時間について 10 分ごとの階級別出現回数を図 16 および表 11 に示した。

本実験の採食 60 分経過給餌では、起立間隔と起立継続時間を考慮して採食から次の採食まで 60 分以上の間隔が開くようにしたが、表 10 によると起立間隔は 60 分以上が 87.0% (60 分以下が 13.0%) であり、また表 11 によると起立継続時間は 60 分以下が 80.6%であった。

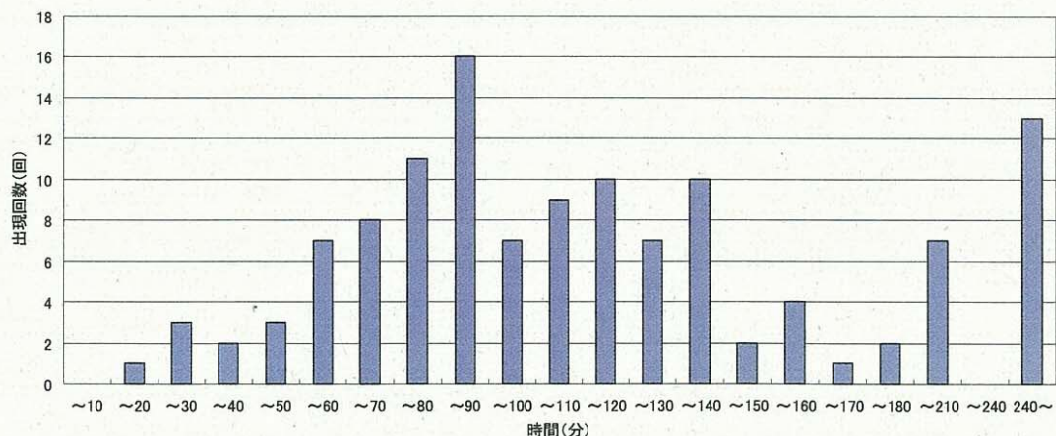


図 15. 採食 60 分経過給餌でみられた起立間隔の出現回数 (回) (2 日間 6 頭総計)

表 10. 採食 60 分経過給餌でみられた起立間隔の出現回数 (回)
ならびに割合 (%) (実験 3)

(行動観察 2 日間 6 頭総計)

	出現回数 (回)	出現割合 (%)	累積割合 (%)
~10 分	0	0	0
~20 分	1	0.8	0.8
~30 分	3	2.4	3.3
~40 分	2	1.6	4.9
~50 分	3	2.4	7.3
~60 分	7	5.7	13.0
~70 分	8	6.5	19.5
~80 分	11	8.9	28.5
~90 分	16	13.0	41.5
~100 分	7	5.7	47.2
~110 分	9	7.3	54.5
~120 分	10	8.1	62.6
~130 分	7	5.7	68.3
~140 分	10	8.1	76.4
~150 分	2	1.6	78.0
~160 分	4	3.3	81.3
~170 分	1	0.8	82.1
~180 分	2	1.6	83.7
~210 分	7	5.7	89.4
~240 分	0	0	89.4
240 分~	13	10.6	100

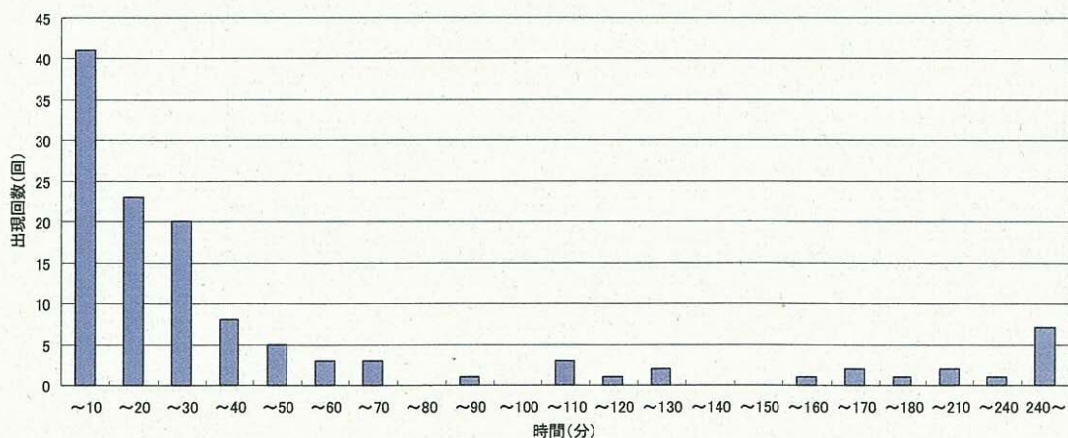


図 16. 採食 60 分経過給餌でみられた起立継続時間の出現回数 (回) (2 日間 6 頭総計)

表 11. 採食 60 分経過給餌でみられた起立継続時間の出現回数 (回)
ならびに割合 (%) (実験 3)

(行動観察 2 日間 6 頭総計)

	出現回数 (回)	出現割合 (%)	累積割合 (%)
～10 分	41	33.1	33.1
～20 分	23	18.5	51.6
～30 分	20	16.1	67.7
～40 分	8	6.5	74.2
～50 分	5	4.0	78.2
～60 分	3	2.4	80.6
～70 分	3	2.4	83.1
～80 分	0	0	83.1
～90 分	1	0.8	83.9
～100 分	0	0	83.9
～110 分	3	2.4	86.3
～120 分	1	0.8	87.1
～130 分	2	1.6	88.7
～140 分	0	0	88.7
～150 分	0	0	88.7
～160 分	1	0.8	89.5
～170 分	2	1.6	91.1
～180 分	1	0.8	91.9
～210 分	2	1.6	93.5
～240 分	1	0.8	94.4
240 分～	7	5.6	100

4. 考察

起立検知機を利用しない採食 60 分経過給餌の方が起立後給餌 A、B、C より進入回数 (表 8)、起立後 5 分以内での FS 進入回数 (表 9) ともに有意 ($p < 0.05$) に多い結果となった。この結果から、起立検知機を用いない採食 60 分経過給餌は、起立直後の牛を FS に進入させる点において起立後給餌より優れていることが示唆された。

採食 60 分経過給餌がこのように上手く機能したのは、以下のような理由によると考えられる。

実験 2 の起立後給餌と同じく、実験 3 の採食 60 分経過給餌でも、起立間隔 (起立ー横臥ー起立の一連のサイクルに要する時間) は 60 分以上が 87.0% を占め (表 10)、また起立継続時間 (起立から横臥までの時間) は 80.6% が 60 分以下となった (表 11)。

採食 60 分経過給餌では、牛が起立後 FS に進入し配合飼料を採食すると次回採食できるのは 60 分以上経過していなければならない。牛の起立継続時間は 60 分以内が約 80% になるので、次回採食できるまでに多くの場合牛は一旦横臥することになる。牛が起立するのは前回の起立から 60 分以上経過していることが多い (約 87%) ので、牛が起立したとき前回の採食からも 60 分以上経過していることが多いはずである。

このことから、採食 60 分経過給餌では、起立直後に採食すると次の起立直後の進入でも配合飼料を採食できる、という状況を作り出せていたと考えられる。

さらに、採食 60 分経過給餌で起立回数が 10.7 回だったのに対し採食回数が 12.7 回となり (表 8)、1 回の起立継続中に複数回の採食があったことは明らかである。このような複数回の採食も FS 進入を促進することはあっても、それが起立直後の FS 進入を抑制することにはならなかった。

以上のことから、起立検知機を用いない採食 60 分経過給餌は、起立後の牛を速やかに FS に進入させる方法としてより実用的であると考えられた。

第3章 FSを利用した排泄場所の制御

1. 緒言

第2章ではフリーバーンの休息エリアにおける排泄を減少させるための方法として、牛を起立直後（5分以内）にFSに向かわせる方法を検討した。そこでは牛が起立後5分以内にFSに進出した回数によってその方法を評価し、採食60分経過給餌の優位性を示した。第3章では、起立後のFS進入と排泄行動の関係について分析し、牛が起立直後（5分以内）に進出したとき、本当に休息エリアの排泄が減少したかを検証することにする。

各実験の材料と方法はすでに第2章で記述したので、本章では3つの実験を概観できるように各実験の概要を表12にまとめて示した。

表12. 各実験の概要

	実験1	実験2	実験3
供試牛頭数 (開始時月齢)	6頭 (12~16ヶ月齢)	6頭 (12~14ヶ月齢)	6頭 (11~15ヶ月齢)
場所	実験用パドック (図1)	実験用パドック (図6)	実験用パドック (図12)
使用機材	起立検知機 (水銀スイッチ) フィードステーション (FS) 制御用コンピュータ	起立検知機 (傾斜スイッチ) フィードステーション (FS) 制御用コンピュータ	起立検知機 (傾斜スイッチ) フィードステーション (FS) 制御用コンピュータ
実験期間	2004年 9月22日~11月28日 (57日間)	2005年 6月23日~10月13日 (113日間)	2006年 5月23日~11月10日 (170日間)
実験計画 (日数)	1期: FS閉鎖 (16) 2期: 制限時間 60分 (25) 3期: 制限時間 10分 (26)	1期: FS閉鎖A (28) 2期: 起立後給餌 (29) 3期: FS閉鎖B (27) 4期: 1日4回給餌 (29)	1期: FS閉鎖 (21) 2期: 起立後給餌A (28) 3期: 採食60分経過給餌 (47) 4期: FS閉鎖 (14) 5期: 起立後給餌B (32) 6期: 起立後給餌C (28)
データ収集	・ ベッドエリアの糞の個数 (作業時カウント) ・ PCデータ (起立検知機の起立検知数 FSでの採食回数・進入回数)	・ PCデータ (実験1と同様) ・ 行動観察 (各期 24時間 目視1回+ビデオ1回)	・ PCデータ (実験1と同様) ・ 行動観察 (各期 48時間目視1回)

2. 起立から FS 進入までの時間

前章では「起立後 5 分以内」の FS 進入を「起立直後」として述べてきた。ここでは起立から FS 進入までの時間についてさらに詳細に調べた結果について述べる。

実験 2 と実験 3 について、起立から FS 進入までの時間を 1 分ごとの階級に分け、それぞれの階級の出現割合を表 13 および図 17-1 から図 17-6 に示した。表 13 および図 17 より、牛が起立後 1 分以内に進入した割合は全処理の平均で 60.7%（範囲は 42.9～70.2%）で、起立後 5 分以内に進入した割合は全処理の平均で 89.1%（範囲は 80.5～90.5%）であった。特に実験 3 の採食 60 分経過給餌において、FS 進入までの時間が短い傾向にあり、起立後 1 分以内では 70.2%、起立後 5 分以内では 95.0%であった。

これらの結果から、起立後に FS に進入する場合はほとんどが起立後 5 分以内に進入することが明らかとなった。このことから前章での起立直後としての起立後 5 分以内での集計は妥当であるといえるだろう。

表 13. 起立後 FS 進入までの時間の出現割合およびその累積 (%)

処理		1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	11分～
実験 2												
起立後給餌	割合	58.0	21.0	6.7	3.4	4.2	3.4	2.5	0.8	0	0	0
	累積	58.0	79.0	85.7	89.1	93.3	96.6	99.2	100	100	100	100
1日4回給餌	割合	42.9	16.1	7.1	17.9	5.4	5.4	5.4	0	0	0	0
	累積	42.9	58.9	66.0	83.9	89.3	94.6	100	100	100	100	100
実験 2 平均		割合	50.5	18.6	6.9	10.7	4.8	4.4	4.0	0.3	0.0	0.0
		累積	50.5	69.0	75.9	86.6	91.4	95.8	99.7	100	100	100
実験 3												
起立後給餌 A	割合	64.4	6.8	5.9	1.7	1.7	0	1.7	0.8	0	0.8	16.2
	累積	64.4	71.2	77.1	78.8	80.5	80.5	82.2	83.0	83.0	83.8	100
採食 60 分経過給餌	割合	70.2	12.4	3.3	5.8	3.3	1.7	0.8	0	0	0	2.5
	累積	70.2	82.6	85.9	91.7	95.0	96.7	97.5	97.5	97.5	97.5	100
起立後給餌 B	割合	64.0	14.0	7.0	3.5	2.6	0.9	1.8	0	0	0.9	5.3
	累積	64.0	78.0	85.0	88.5	91.1	92.0	93.8	93.8	93.8	94.7	100
起立後給餌 C	割合	64.6	13.1	4.7	0	2.8	1.9	0	1.9	0	0	11.0
	累積	64.6	77.7	82.4	82.4	85.2	87.1	87.1	89.0	89.0	89.0	100
実験 3 平均		割合	65.8	11.6	5.2	2.8	2.6	1.1	1.1	0.7	0.0	0.4
		累積	65.8	77.4	82.6	85.4	88.0	89.1	90.2	90.8	90.8	91.3
全処理平均		割合	60.7	13.9	5.8	5.4	3.3	2.2	2.0	0.6	0.0	0.3
		累積	60.7	74.6	80.4	85.8	89.1	91.3	93.3	93.9	93.9	94.2

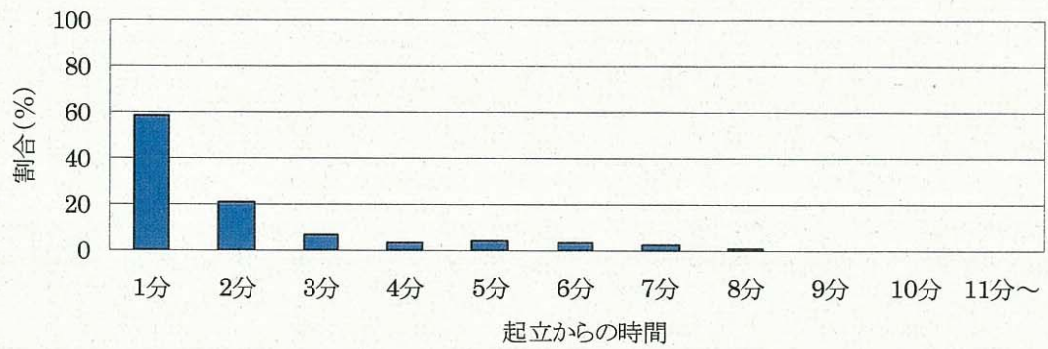


図 17-1. 起立後給餌でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 2)

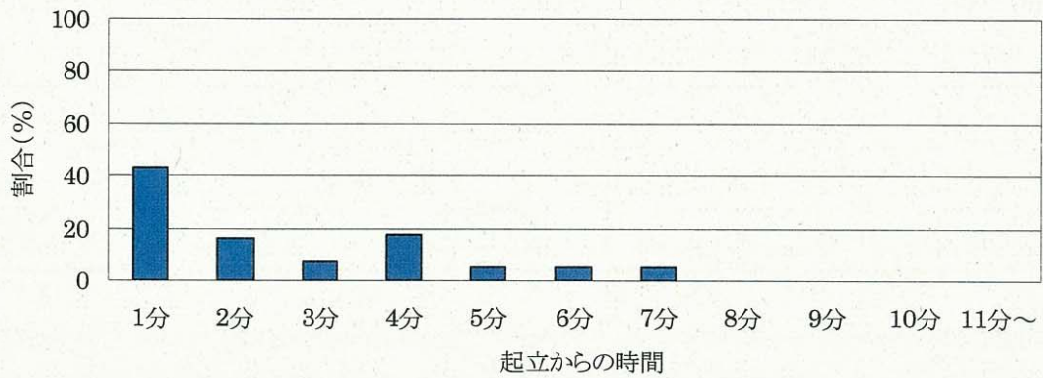


図 17-2. 1日4回給餌でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 2)

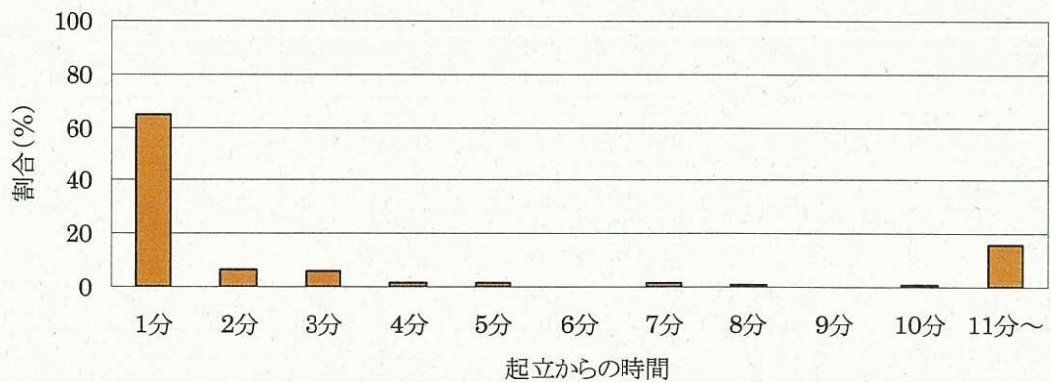


図 17-3. 起立後給餌 A でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 3)

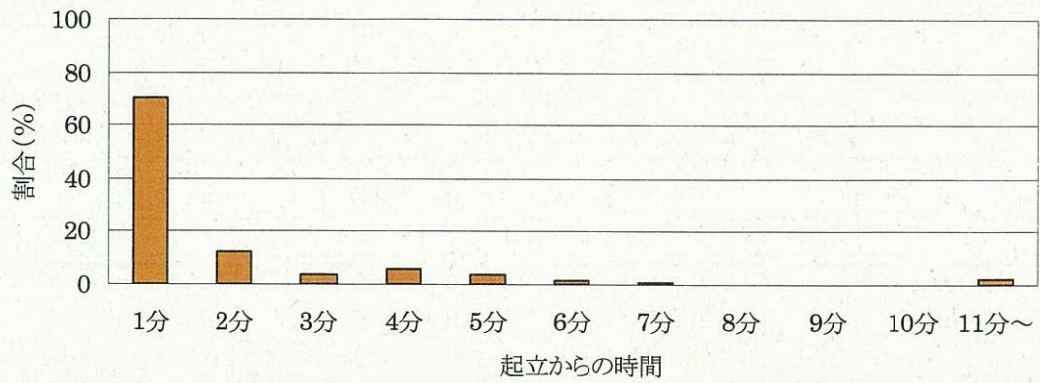


図 17-4. 採食 60 分経過給餌でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 3)

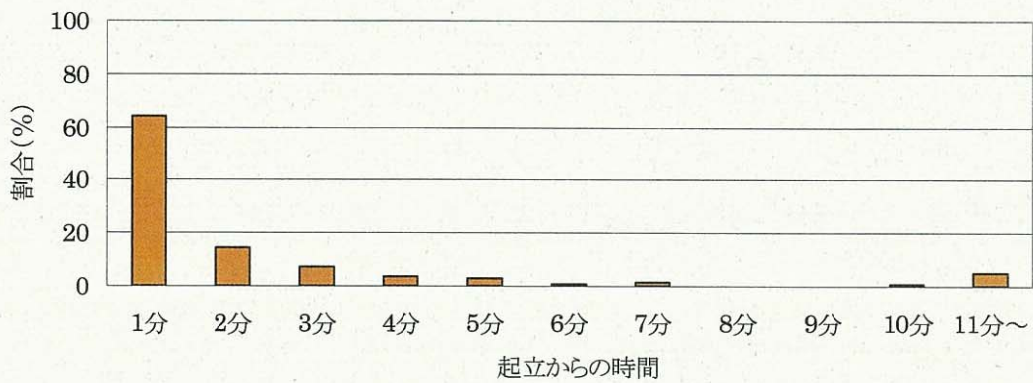


図 17-5. 起立後給餌 B でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 3)

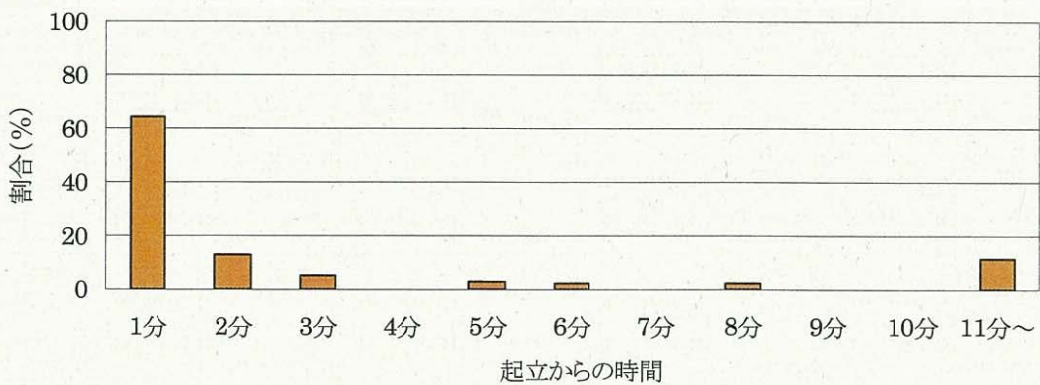


図 17-6. 起立後給餌 C でみられた起立から FS 進入までの時間 (実験 3)

3. 起立から排泄までの時間

本研究の序論においても述べたが、牛は起立してから5分以内に排泄することが多いことが知られており（鈴木,1983）、本研究ではそのような牛の行動の特徴を利用して排泄場所を制御しようとした。そこで今回の実験でも、牛が起立直後に排泄しているかどうかを調べたので、その結果を次に記す。

(1) 排糞

本研究の実験2および実験3における起立から排糞までの時間を1分ごとの階級に分け、それぞれの階級の出現割合を表14および図18-1から図18-9に示した。

鈴木（1983）の報告では、起立後5分以内の排糞は全排糞の57.1%としているが、本研究の実験2と実験3の全処理平均では37.2%（範囲は21.5～49.1）となり、鈴木の報告より少なかった。鈴木は報告と本研究の大きな違いは、前者が搾乳牛のものであったのに対し、本研究では育成牛のものであった。搾乳牛と育成牛ではその飼料構成や飲水量はかなり違う。搾乳牛の場合、濃厚飼料の摂取量や飲水量は、育成牛よりかなり多く、軟便になりやすい。例えば乳量45.5kgの搾乳牛の1日の糞尿中の水分量は78.7kgであったのに対し、乾乳牛では31.8kgであったとの報告（Van Horn,1994）がある。軟便の場合、起立後直ぐに排泄されることが考えられる。鈴木は報告との違いは、このような糞の性状が影響を与えた可能性が考えられる。

起立から排糞までの時間に関して、一つ気になることがあったので以下に述べる。実験2のFS閉鎖AやFS閉鎖Bでは起立後1分以内の排糞が20.7%および29.8%となり、FSを利用した他の処理と比べて多かった。このことは、FSを利用しない場合は起立後すぐに（1分以内に）排糞する傾向が強いことを示している（図18-1、図18-3）。さらに、起立後給餌では1分以内の排糞が14.0%と、他の処理と比べ最も少なく、逆に5分以内の排糞が46.9%と、最も多くなっていた（図18-2）。このことは起立後給餌では、排糞までの時間が長くなる傾向があったことを示している。同じような傾向は実験3でも見られ、FSを利用した採食60分経過給餌や起立後給餌A、B、Cでは5分以内の排糞が平均41.4%（35.1～49.1%）とFS閉鎖（21.5%）より長くなっていた。このように起立直後のFS進入回数が多かった処理は、牛の起立から排糞までの時間を長くするような作用をもたらした可能性が考えられる。

表 14. 起立後排糞までの時間の出現割合および累積 (%)

処理		1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	10分以上
実験 2												
FS 閉鎖 A	割合	20.7	1.7	2.0	2.6	2.5	4.7	1.4	11.4	0.0	1.1	51.9
	累積	20.7	22.4	24.4	27.0	29.5	34.2	35.6	47.0	47.0	48.1	100
起立後給餌	割合	14.0	9.8	10.0	7.5	5.6	4.0	3.8	8.6	1.7	0.0	35.0
	累積	14.0	23.8	33.8	41.3	46.9	50.9	54.7	63.3	65.0	65.0	100
FS 閉鎖 B	割合	29.8	7.0	2.9	4.5	0.8	0.0	0.5	12.1	0.0	0.0	42.4
	累積	29.8	36.8	39.7	44.2	45.0	45.0	45.5	57.6	57.6	57.6	100
1日4回給餌	割合	15.9	4.2	2.9	1.4	2.2	5.7	2.8	14.6	2.4	1.0	46.9
	累積	15.9	20.1	23.0	24.4	26.6	32.3	35.1	49.7	52.1	53.1	100
実験 2 平均												
	割合	20.1	5.7	4.5	4.0	2.8	3.6	2.1	11.7	1.0	0.5	44.1
	累積	20.1	25.8	30.2	34.2	37.0	40.6	42.7	54.4	55.4	56.0	100
実験 3												
起立後給餌 A	割合	13.3	13.4	10.9	6.6	4.9	3.8	2.6	8.0	1.3	0.0	35.0
	累積	13.3	26.7	37.6	44.2	49.1	52.9	55.5	63.5	64.8	64.8	100.0
採食 60分経過給餌	割合	9.1	7.9	13.6	8.6	4.4	0.8	4.1	8.7	1.5	1.0	40.3
	累積	9.1	17.0	30.6	39.2	43.6	44.4	48.5	57.2	58.7	59.7	100.0
FS 閉鎖	割合	12.8	3.2	1.4	2.9	1.2	3.1	1.7	13.1	2.1	1.4	57.1
	累積	12.8	16.0	17.4	20.3	21.5	24.6	26.3	39.4	41.5	42.9	100.0
起立後給餌 B	割合	11.6	4.2	7.3	8.5	3.5	7.5	1.5	6.5	1.8	4.3	43.3
	累積	11.6	15.8	23.1	31.6	35.1	42.6	44.1	50.6	52.4	56.7	100.0
起立後給餌 C	割合	15.1	5.7	5.0	9.0	2.9	3.5	1.6	9.5	1.1	0.8	45.8
	累積	15.1	20.8	25.8	34.8	37.7	41.2	42.8	52.3	53.4	54.2	100.0
実験 3 平均												
	割合	12.2	5.3	6.8	7.3	3.0	3.7	2.2	9.5	1.6	1.9	46.6
	累積	12.2	17.4	24.2	31.5	34.5	38.2	40.4	49.9	51.5	53.4	100.0
全処理平均												
	割合	15.8	6.3	6.2	5.7	3.1	3.7	2.2	10.3	1.3	1.1	44.2
	累積	15.8	22.2	28.4	34.1	37.2	40.9	43.1	53.4	54.7	55.8	100.0

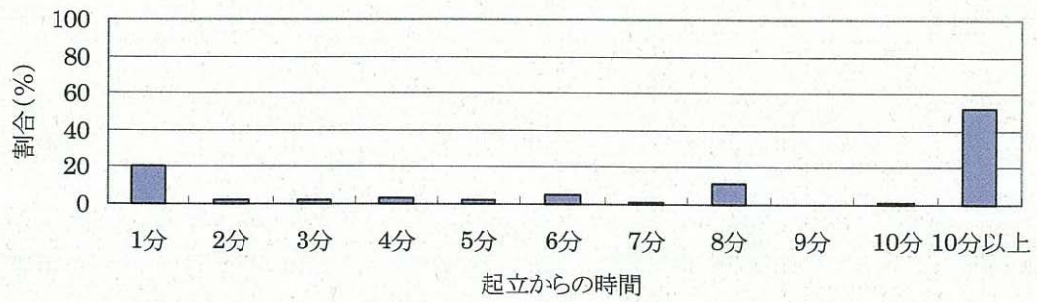


図 18-1. FS 閉鎖 A でみられた起立から排糞までの時間 (実験 2)

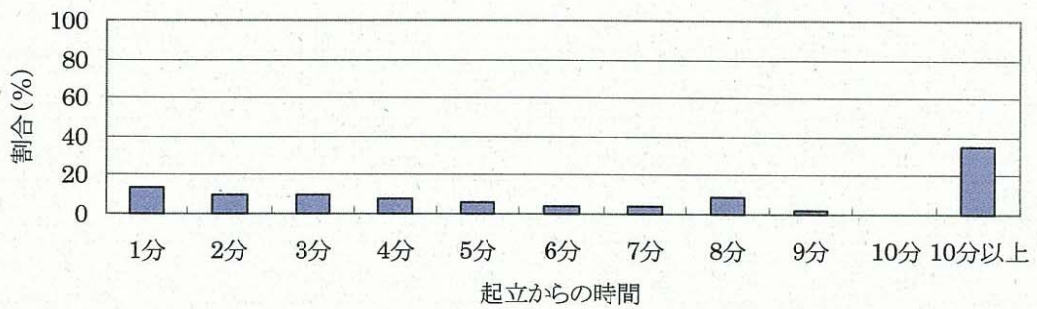


図 18-2. 起立後給餌でみられた起立から排糞までの時間 (実験 2)

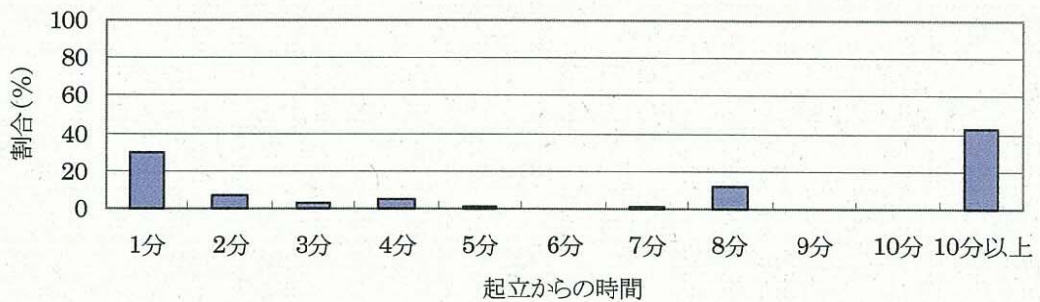


図 18-3. FS 閉鎖 B でみられた起立から排糞までの時間 (実験 2)

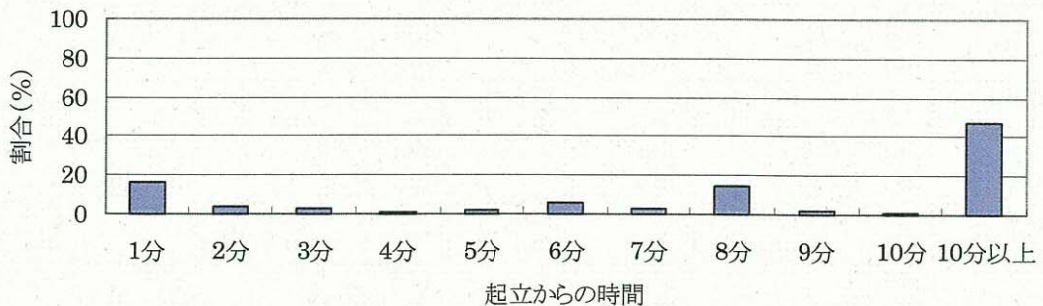


図 18-4. 1日4回給餌でみられた起立から排糞までの時間 (実験 2)

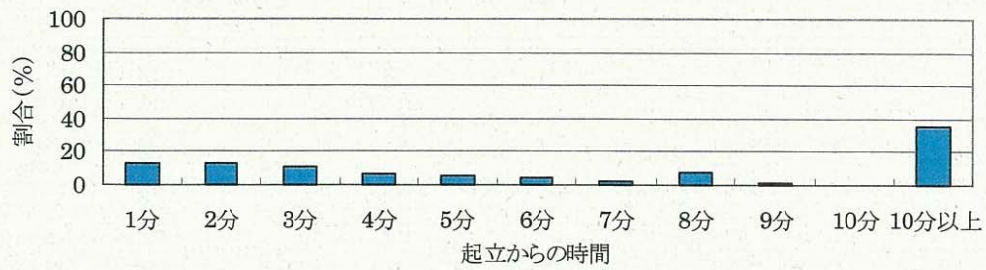


図 18-5. 起立後給餌 A でみられた起立から排糞までの時間 (実験 3)

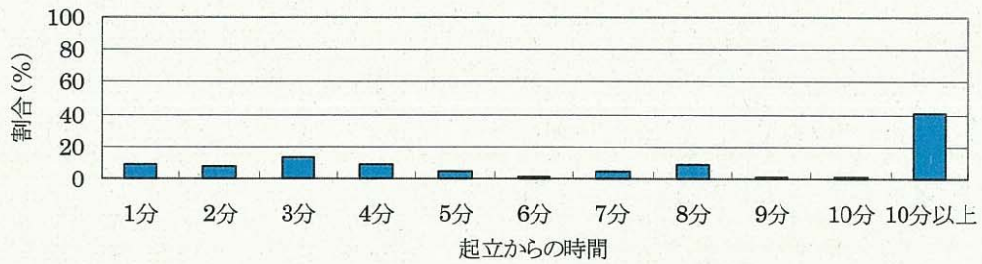


図 18-6. 採食 60 分経過給餌でみられた起立から排糞までの時間 (実験 3)

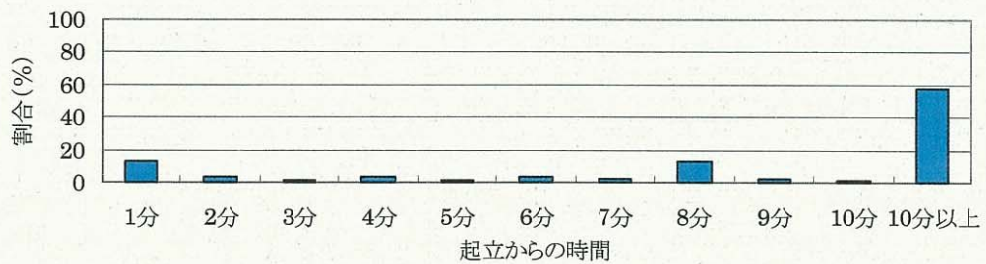


図 18-7. FS 閉鎖でみられた起立から排糞までの時間 (実験 3)

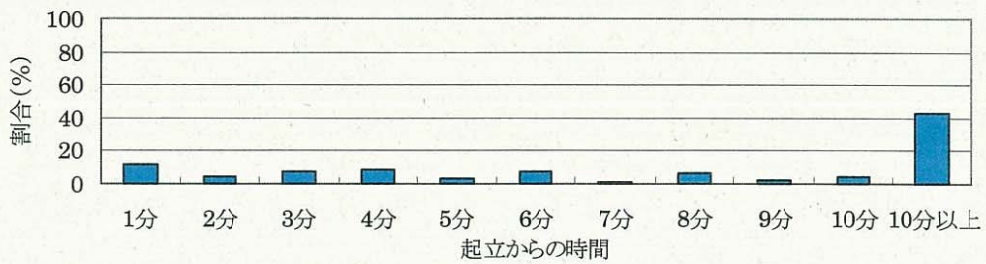


図 18-8. 起立後給餌 B でみられた起立から排糞までの時間 (実験 3)

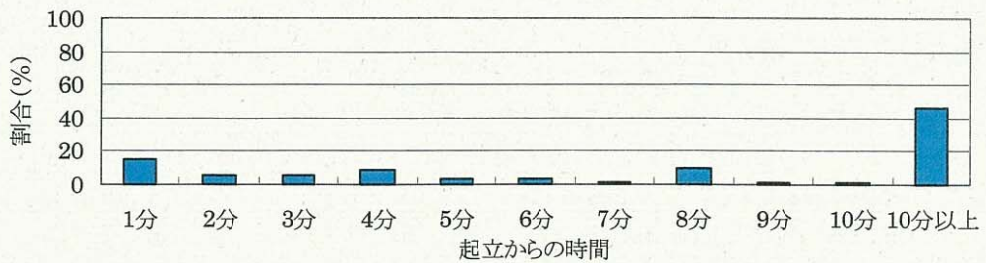


図 18-9. 起立後給餌 C でみられた起立から排糞までの時間 (実験 3)

(2) 排尿

排糞と同様、本研究の実験 2 および実験 3 における起立から排尿までの時間を 1 分ごとの階級に分け、それぞれの階級の出現回数を表 15 および図 19-1 から 19-9 に示した。

起立後 1 分以内の排尿割合は実験 2 (平均 19.8%) の方が実験 3 (平均 6.3%) より高かった。起立後 5 分以内の排尿割合は実験 2 (平均 37.0%) と実験 3 (平均 32.8%) では大きな差はなかった。鈴木 (1983) は、起立後排尿までの時間は 5 分以下が 23.2% であったと報告している。本研究の全処理平均では 34.6% となり、起立直後の排尿は比較的多かった。これらの点について、今回の研究からその原因を究明するには至らなかった。

表 15. 起立後排尿までの時間の出現割合および累積 (%)

処理		1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	10分以上
実験 2												
FS 閉鎖 A	割合	19.7	5.9	4.2	5.3	1.0	1.3	1.7	10.4	2.5	0.6	47.4
	累積	19.7	25.6	29.8	35.1	36.1	37.4	39.1	49.5	52.0	52.6	100.0
起立後給餌	割合	15.2	3.4	2.2	6.6	3.2	2.9	3.0	12.0	2.1	3.2	46.2
	累積	15.2	18.6	20.8	27.4	30.6	33.5	36.5	48.5	50.6	53.8	100.0
FS 閉鎖 B	割合	22.6	7.2	5.6	2.5	1.0	4.3	0.0	13.1	2.0	0.8	40.9
	累積	22.6	29.8	35.4	37.9	38.9	43.2	43.2	56.3	58.3	59.1	100.0
1日4回給餌	割合	21.6	7.6	2.4	4.0	6.7	1.9	0.7	10.9	2.7	0.0	41.5
	累積	21.6	29.2	31.6	35.6	42.3	44.2	44.9	55.8	58.5	58.5	100.0
実験 2 平均	割合	19.8	6.0	3.6	4.6	3.0	2.6	1.4	11.6	2.3	1.2	44.0
	累積	19.8	25.8	29.4	34.0	37.0	39.6	40.9	52.5	54.9	56.0	100.0
実験 3												
起立後給餌 A	割合	7.0	5.3	6.3	10.8	7.9	4.0	1.0	12.3	2.1	0.0	48.3
	累積	7.0	12.3	18.6	29.4	37.3	41.3	42.3	54.6	56.7	56.7	100.0
採食 60 分経過給餌	割合	4.9	8.7	7.4	7.3	4.0	3.7	2.2	12.3	3.9	1.0	44.7
	累積	4.9	13.6	21.0	28.3	32.3	36.0	38.2	50.5	54.4	55.4	100.1
FS 閉鎖	割合	13.7	12.0	5.8	6.2	2.8	0.8	1.0	4.2	0.0	1.4	52.1
	累積	13.7	25.7	31.5	37.7	40.5	41.3	42.3	46.5	46.5	47.9	100.0
起立後給餌 B	割合	4.6	7.8	5.9	4.1	8.3	2.7	3.1	11.4	6.2	3.1	42.8
	累積	4.6	12.4	18.3	22.4	30.7	33.4	36.5	47.9	54.1	57.2	100.0
起立後給餌 C	割合	1.4	3.8	5.4	9.3	3.2	4.8	4.9	15.0	1.0	1.2	50.0
	累積	1.4	5.2	10.6	19.9	23.1	27.9	32.8	47.8	48.8	50.0	100.0
実験 3 平均	割合	6.3	7.5	6.2	7.5	5.2	3.2	2.4	11.0	2.6	1.3	46.6
	累積	6.3	13.8	20.0	27.5	32.8	36.0	38.4	49.5	52.1	53.4	100.0
全処理平均	割合	12.3	6.9	5.0	6.2	4.2	2.9	2.0	11.3	2.5	1.3	45.4
	累積	12.3	19.2	24.2	30.4	34.6	37.6	39.5	50.8	53.3	54.6	100.0

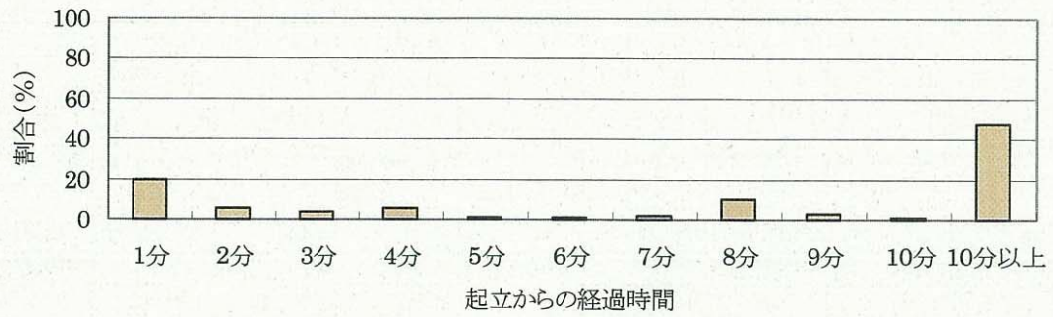


図 19-1. FS 閉鎖 A でみられた起立から排尿までの時間 (実験 2)

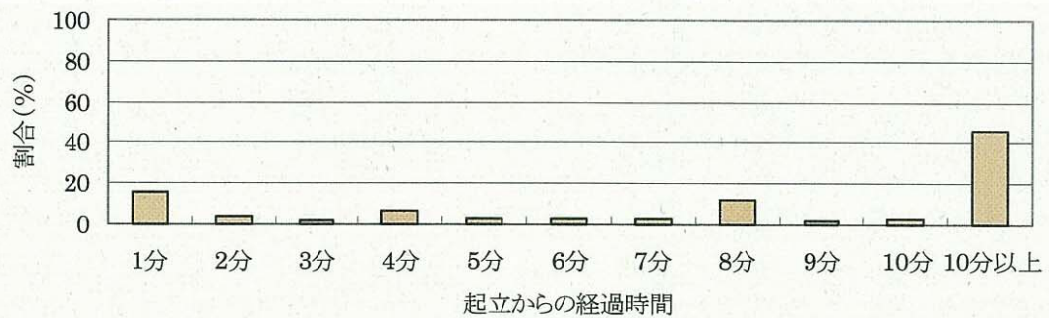


図 19-2. 起立後給餌でみられた起立から排尿までの時間 (実験 2)

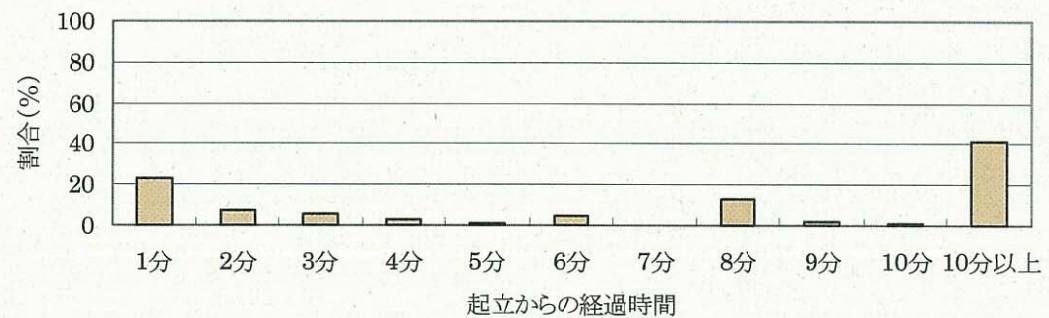


図 19-3. FS 閉鎖 B でみられた起立から排尿までの時間 (実験 2)

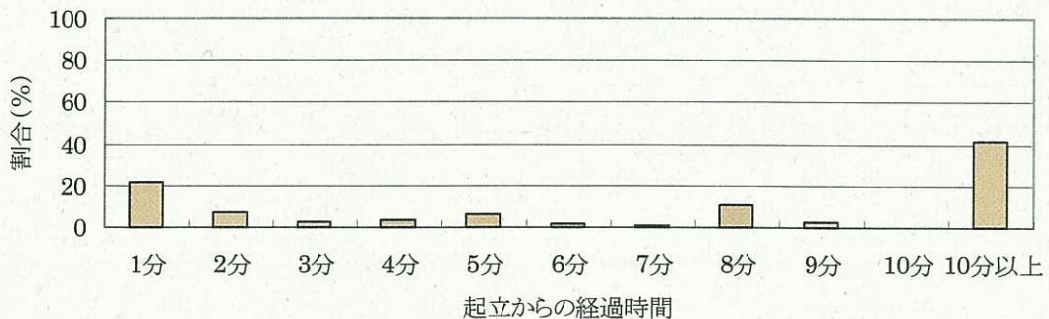


図 19-4. 1日4回給餌でみられた起立から排尿までの時間 (実験 2)

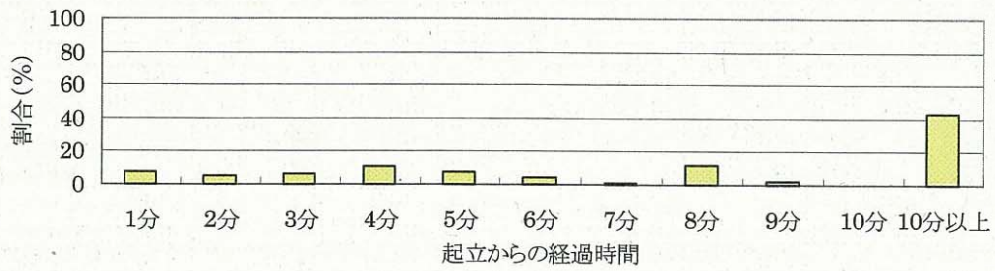


図 19-5. 起立後給餌 A でみられた起立から排尿までの時間 (実験 3)

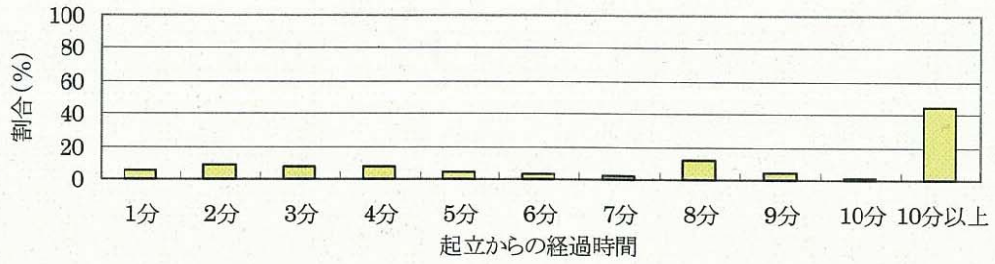


図 19-6. 採食 60 分経過給餌でみられた起立から排尿までの時間 (実験 3)

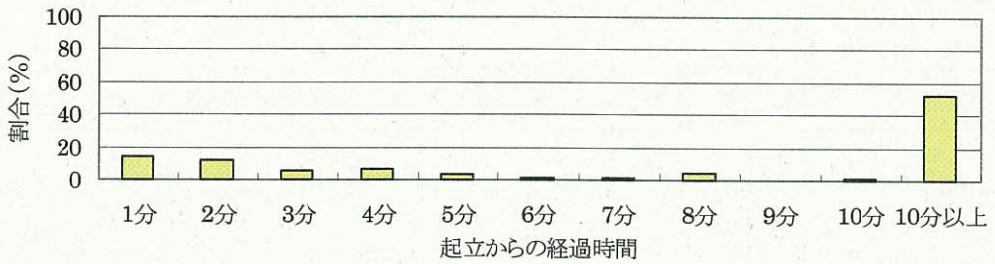


図 19-7. FS 閉鎖でみられた起立から排尿までの時間 (実験 3)

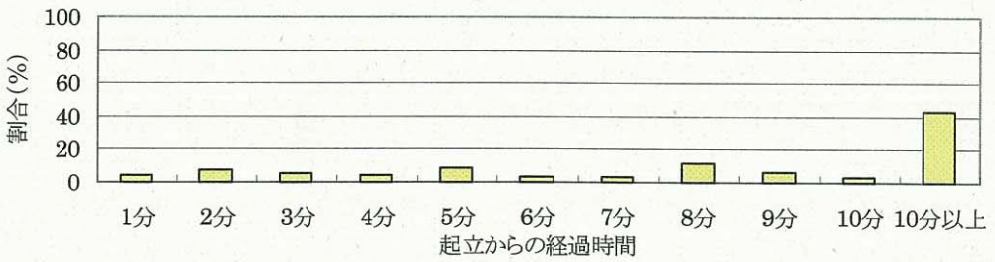


図 19-8. 起立後給餌 B でみられた起立から排尿までの時間

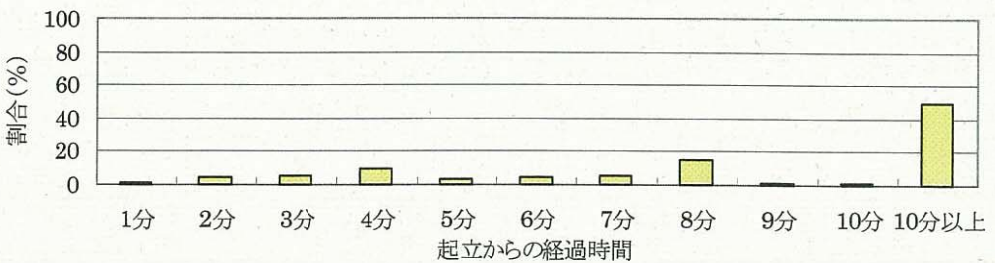


図 19-9. 起立後給餌 C でみられた起立から排尿までの時間 (実験 3)

4. FS 利用による各エリアの排泄割合の変化

(1) 排糞

実験 2 および実験 3 について、各エリアの排糞割合および FS を利用しない処理 (FS 閉鎖) との差を表 16 に示した。なお、FS を利用した処理と FS 閉鎖との差は、FS を利用した処理が利用しなかった処理と比較して、各エリアの排泄がどの程度変化したかをみるために示した。

FS エリアでの排糞は、FS を利用した実験 2 の起立後給餌や 1 日 4 回給餌、および実験 3 の採食 60 分経過給餌や起立後給餌 A、B、C で、FS を利用しなかった FS 閉鎖より明らかに増加していた (表 16)。例えば実験 2 では、FS 閉鎖 A で 7.2%であったものが起立後給餌では 46.3%となり、39.1%の増加となった。一方で休息エリアの排糞は、57.9%から 40.2%と 17.7%の減少がみられ、さらに採食エリアの排糞も 21.4%の減少がみられた。実験 3 においては、FS 閉鎖期で 14.1%であったものが採食 60 分経過給餌で 49.8%となり、35.7%の増加となった。一方で休息エリアの排糞は 38.5%から 13.3%と 25.2%の減少がみられ、活動エリアの排糞も 15.4%の減少がみられた。このように FS を利用すると FS エリアの排糞割合が増加し、それに伴って休息エリアや採食エリアまたは活動エリアの排糞割合が減少することが明らかとなった。ただし、FS エリアの排糞の増加にともなって、他のどのエリアの排糞がどれほど減少するかは一定しなかった。それは、実験 1 と実験 2 ではパドックの形状や面積、設備の配置が違ったこと、および同じ実験パドックでも給与されている粗飼料の質や量などが管理できなかったため、処理によってかなり変化したためだと考えられた。

表 16. 実験 2 および実験 3 の各エリアの排糞割合および FS 閉鎖との差 (%)

処理	排糞割合			FS 閉鎖との差		
	休息エリア	FS エリア	採食エリア	休息エリア	FS エリア	採食エリア
実験 2						
FS 閉鎖 A	57.9	7.2	34.8	0	0	0
起立後給餌	40.2	46.3	13.4	-17.7	39.1	-21.4
FS 閉鎖 B	60.4	7.0	32.5	20.2	-39.3	19.1
1 日 4 回給餌	44.5	20.9	34.6	-15.9	13.9	2.1
	休息エリア	FS エリア	活動エリア	休息エリア	FS エリア	活動エリア
実験 3						
起立後給餌 A	13.4	46.1	35.0	-25.2	32.0	-8.7
採食 60 分経過給餌	13.3	49.8	28.3	-25.1	35.7	-15.4
FS 閉鎖	38.5	14.1	43.7	0	0	0
起立後給餌 B	17.6	52.8	30.6	-20.9	38.7	-13.1
起立後給餌 C	13.3	33.4	51.4	-25.2	19.3	7.7

(2) 排尿

排糞と同様、各エリアの排尿割合および FS を利用しない処理 (FS 閉鎖) との差を表 17 に示した。

表 17 より、FS を利用すると排糞と同様に FS エリアの排尿が増加したことは明らかである。例えば、実験 2 の FS 閉鎖 A では FS エリアの排尿は 6.0%であったものが起立後給餌では 33.2%となり、27.2%の増加となった。一方で休息エリアの排尿は 53.5%から 42.7%と 10.8%の減少がみられ、さらに採食エリアの排尿も 16.5%の減少がみられた。さらに実験 3 の FS エリアでの排尿は、FS 閉鎖期で 7.9%であったものが採食 60 分経過給餌で 41.6%となり、33.7%の増加となった。一方で休息エリアの排尿は 35.8%から 20.8%と 15.0%の減少がみられ、活動エリアの排尿も 18.7%の減少がみられた。これらのことより、FS を利用すると、排糞と同様、FS エリアの排尿が増加し、それによってもって休息エリアやその他のエリアの排尿が減少することが明らかとなった。

表 17. 実験 2 および実験 3 の各エリアの排尿割合および FS 閉鎖との差 (%)

処理	排尿割合			FS 閉鎖との差		
	休息エリア	FS エリア	採食エリア	休息エリア	FS エリア	採食エリア
実験 2						
FS 閉鎖 A	53.5	6.0	40.6	0	0	0
起立後給餌	42.7	33.2	24.1	-10.8	27.2	-16.5
FS 閉鎖 B	36.7	18.4	44.9	-6.0	-14.8	20.8
1 日 4 回給餌	45.1	13.5	41.4	8.4	-4.9	-3.5
	休息エリア	FS エリア	活動エリア	休息エリア	FS エリア	活動エリア
実験 3						
起立後給餌 A	15.9	27.6	56.5	-19.9	19.7	0.2
採食 60 分経過給餌	20.8	41.6	37.6	-15.0	33.7	-18.7
FS 閉鎖	35.8	7.9	56.3	0	0	0
起立後給餌 B	19.1	44.8	36.1	-16.7	36.9	-20.2
起立後給餌 C	12.5	28.2	59.3	-23.3	20.3	3.0

(3) 各エリアの排泄回数と滞在時間との関係

各エリアにおける排糞回数と排尿回数およびそれぞれのエリアの滞在時間を表 18 に示した。また、表 18 をもとに各エリアの単位滞在時間あたりの排糞回数および排尿回数を計算した結果を表 19 に示した。表 18 より FS を利用すると FS エリアの滞在時間は増加する傾向がみられた。しかし、それによって休息エリアの滞在時間が減少することはなかった。また、採食エリアの滞在時間も一定の傾向がみられず、これはむしろ粗飼料の給与量や質の影響が考えられた。粗飼料の採食時間を表 20 および表 21 に示した

が、本研究では粗飼料の給与量や質については調査していなかったので、採食エリアの滞在時間と粗飼料との関係は不明であった。

排泄は長時間滞在しているところに多くみられるといわれることが多い。しかし滞在時間と排泄回数との間には一定の関係がみられなかった。その理由は以下のように考えられる。FSで給与される配合飼料は短時間（2～3分）で採食されてしまうため、FSエリアの滞在時間は長くはならない。さらに、今回利用した実験パドックは一般的な酪農家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の距離が短く、短時間で移動できた。このようなことが各エリアの滞在時間と排泄回数の関係が一定しなかった原因として考えられる。

一方、単位滞在時間（1時間）あたりの排糞数ならびに排尿数（表19）をみると採食もしくは活動エリアおよびFSエリアで多く、休息エリアでは少なかった。これは、牛は横臥中に排泄することが少なく、採食後や移動直後の排泄が多いため生じたものと考えられる。滞在時間あたりの排泄回数でも、FSを利用するとFSエリアで排泄する割合が多くなり、休息エリアでの排泄が少なくなる傾向が示された。

表 18. 各エリアにおける 1 頭 1 日あたりの排糞回数と排尿回数および滞在時間

処理	排糞回数 (回/頭・日)			排尿回数 (回/頭・日)			滞在時間 (分/頭・日)			
	エリア	休息	FS	採食	休息	FS	採食	休息	FS	採食
	実験 2									
FS 閉鎖 A		9.7	1.2	5.5	10.5	1.0	7.5	1037.8	104.5	298.7
起立後給餌		4.9	5.5	1.7	4.8	3.6	2.8	1010.9	168.1	262.0
FS 閉鎖 B		6.4	0.7	3.7	3.8	1.5	4.8	984.8	55.0	401.2
1日4回給餌		4.8	2.1	3.2	4.6	1.5	3.9	1000.9	62.1	378.0
	エリア	休息	FS	活動	休息	FS	活動	休息	FS	活動
実験 3										
起立後給餌 A		1.5	5.3	4.6	1.3	2.2	4.4	946.8	66.5	426.8
採食 60分経過給餌		1.7	6.2	4.6	2.9	6.0	5.0	913.9	186.8	339.4
FS 閉鎖		2.8	1.0	3.7	2.3	0.8	3.7	946.7	45.9	447.5
起立後給餌 B		2.1	6.3	3.4	1.4	3.4	2.9	913.4	134.7	391.9
起立後給餌 C		2.3	4.2	6.1	0.8	2.1	4.0	943.3	120.0	376.8

表 19. 各エリアの単位滞在時間あたりの排糞回数および排尿回数

処理	排糞 (回/頭・日)			排尿 (回/頭・日)			
	エリア	休息	FS	採食	休息	FS	採食
実験 2							
FS 閉鎖 A		0.56	0.67	1.10	0.61	0.57	1.51
起立後給餌		0.29	1.96	0.38	0.29	1.28	0.63
FS 閉鎖 B		0.39	0.73	0.55	0.23	1.64	0.71
1日4回給餌		0.29	2.01	0.50	0.27	1.45	0.62
	エリア	休息	FS	採食	休息	FS	採食
実験 3							
起立後給餌 A		0.10	4.74	0.64	0.08	1.95	0.62
採食 60分経過給餌		0.11	1.98	0.81	0.19	1.93	0.88
FS 閉鎖		0.17	1.31	0.49	0.15	0.98	0.49
起立後給餌 B		0.14	2.78	0.52	0.09	1.52	0.45
起立後給餌 C		0.14	2.08	0.97	0.05	1.04	0.64

表 20. 各期のサイレージと乾草の採食時間

(1日1頭あたり 単位:分) (実験 2) (平均±S.D.)

処理	サイレージ	乾草	採食合計
FS 閉鎖 A	181.0±46.0 ^a	69.3±21.9 ^{ac}	250.3±47.8 ^a
起立後給餌	190.8±29.6 ^a	72.4±24.9 ^a	263.3±39.2 ^a
FS 閉鎖 B	270.5±63.0 ^b	38.6±56.2 ^{bc}	309.1±56.2 ^b
1日4回給餌	283.5±50.0 ^b	7.5±7.9 ^d	291.0±49.0 ^b

※a,b,c,d: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 (p<0.05) あり

表 21. 各期のサイレージと乾草の採食時間

(1日1頭あたり 単位:分) (実験 3) (平均±S.D.)

処理	サイレージ	乾草	採食合計
起立後給餌 A	183.2±28.3 ^a	112.9±41.9 ^a	296.1±54.8 ^a
採食 60分経過給餌	56.7±9.1 ^b	71.7±22.1 ^c	128.3±22.1 ^b
FS 閉鎖	64.7±10.0 ^b	165.0±167.1 ^b	229.7±171.1 ^a
起立後給餌 B	54.6±7.3 ^b	120.8±26.9 ^a	175.3±28.9 ^b
起立後給餌 C	57.1±10.8 ^b	107.9±14.1 ^a	165.0±11.6 ^b

※a,b,c: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 (p<0.05) あり

5. FS利用と休息エリアでの排泄との関係

(1) 排糞

実験1では行動観察を行わなかったため、休息エリアの排糞回数は不明であった。そこで除糞作業時に数えた休息エリアの糞の個数を表22に示した。また、起立後5分以内での進入回数を第2章の表3から転載して同表中に示した。この表において、休息エリアの排糞個数は、FSを利用した制限時間60分(6.8±1.6個)と制限時間10分(9.8±3.7個)は、FSを利用しなかったFS閉鎖(16.5±4.1個)より有意(p<0.05)に少なかった。また、制限時間60分と制限時間10分を比較すると、制限時間60分の方が有意(p<0.05)に少なかった。一方、第2章の表3において制限時間60分における起立後5分以内のFS進入回数は、制限時間10分より多かったことを示した。これらを組み合わせて考えると、制限時間60分の休息エリアの排糞個数が少なかったのは、起立後5分以内のFS進入回数が多かったことに起因する可能性が高い。

表22. 休息エリアの排糞個数ならびに起立後5分以内の進入回数

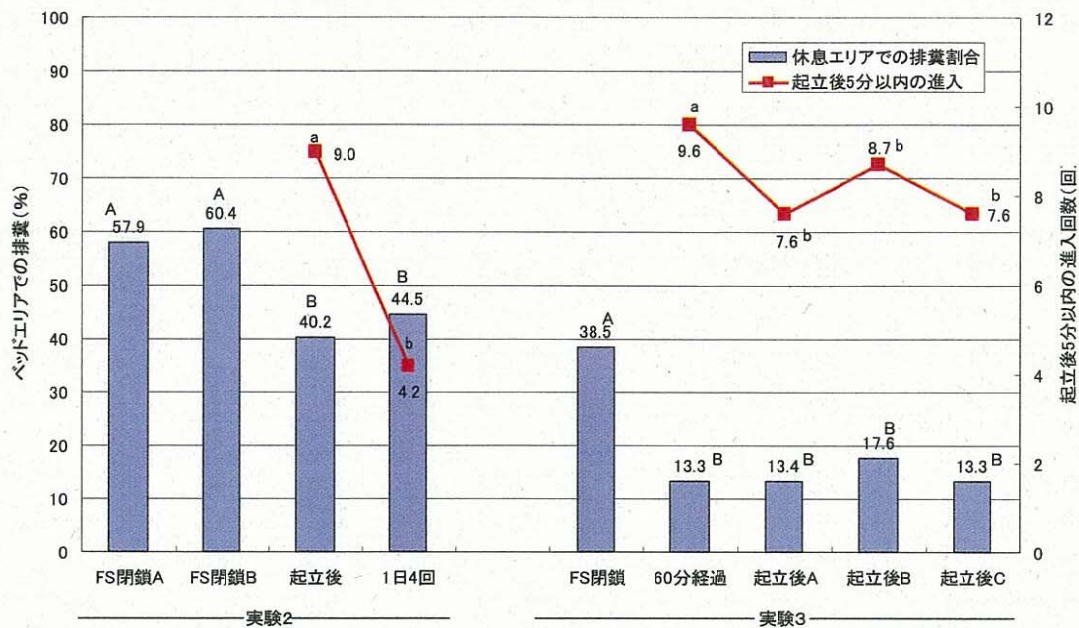
(実験1)

処理	排糞個数(個)	5分以内の進入(回)
FS閉鎖	16.5±4.1 ^a	-
制限時間60分	6.8±1.6 ^b	4.2±0.3 ^a
制限時間10分	9.8±3.7 ^c	2.9±0.3 ^b

(糞の個数: 平均値±S.D., 5分以内の進入: 最小二乗平均値±S.E.)

注: 5分以内の進入回数は表2から転載

実験2および実験3の結果について、エリア全体の排糞回数に対する休息エリアの排糞回数の割合を図20の棒グラフとして示した。また同図中に、実験2の表6と実験3の表9より得た起立後5分以内の進入回数を折れ線グラフとして示した。この図の実験2において、起立後5分以内の進入回数は起立後給餌(9.0回)の方が1日4回給餌(4.2回)より有意(p<0.05)に多いことが示されている。しかし、休息エリアの排糞割合は、起立後給餌(40.2%)と1日4回給餌(44.5%)の差は小さく、有意差もみられなかった。また実験3においては、5分以内の進入回数は採食60分経過給餌(9.6回)が起立後給餌A、B、C(7.6回, 8.7回, 7.6回)の3処理より有意(p<0.05)に多かったが、休息エリアの排糞割合に有意差はみられなかった。



A,B : 実験内で異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

a,b : 実験内で異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

図 20. 5分以内の FS 進入回数 (回) と休息エリアの排糞割合 (%)

(2)排尿

排糞と同様に実験 2 および実験 3 の排尿に関する結果を図 21 に示した。ここで棒グラフは、エリア全体の排尿回数に対する休息エリアの排尿回数の割合であり、折れ線グラフは、実験 2 の表 6 と実験 3 の表 9 より得た起立後 5 分以内の進入回数である。排尿 (図 21) もほとんど排糞 (図 20) と同じような傾向が示された。実験 2 と実験 3 とともに FS を利用した処理において、起立後 5 分以内の進入回数には有意差が認められたが、休息エリアの排尿割合に有意差は認められなかった。

これら排糞と排尿の結果は、①FS を利用することで休息エリアの排泄回数を減少させることが出来ること、および②起立後 5 分以内の進入回数を増やしていけば、あるところまでは休息エリアの排泄回数は減少するが、それほどどこまでも続くわけではないことを示している。



A,B : 実験内で異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

a,b : 実験内で異なる文字間に有意差あり (p<0.05)

図 21. 5 分以内の FS 進入回数 (回) と休息エリアの排尿割合 (%)

(3) 起立後 5 分以内の排泄場所

これまで、起立後 5 分以内の FS 進入について検討を重ねてきたが、ここでは起立後 5 分以内の排泄場所と FS 利用との関係について検討する。

起立後 5 分以内の排糞場所を休息エリア外および休息エリア内に分けて表 23 に示した。実験 2 の休息エリア外の排糞は、FS 閉鎖 A が 28.2%であったのに対し起立後給餌では 60.2%と有意 (p<0.05) に増加した。またそれに伴い休息エリア内の排糞が FS 閉鎖 A で 71.8%であったものが起立後給餌 39.8%と有意 (p<0.05) に減少した。実験 3 でも同様に、FS を利用しない FS 閉鎖と比較すると FS を利用する起立後給餌および採食 60 分経過給餌において休息エリア外の排糞割合が有意 (p<0.05) に高く、休息エリア内の排糞割合が有意 (p<0.05) に低くなった。このことから、FS を利用すると起立後 5 分以内の排糞が休息エリア外に移動することがわかる。

同様に起立後 5 分以内の排尿場所を休息エリア外および休息エリア内に分けて表 24 に示した。実験 2 の休息エリア外での排尿は、起立後給餌 (49.8%) の方が FS 閉鎖 A (11.3%) および FS 閉鎖 B (29.8%) より有意 (p<0.05) に高く、それに呼応して休息エリア内では、起立後給餌 (50.2%) の方が FS 閉鎖 A (88.7%) および FS 閉鎖 B (70.2%) より有意 (p<0.05) に低い結果となった。実験 3 では FS を利用した処理

で休息エリア外の排尿が全て 70%以上 (70.5~85.7%) となり、FS 閉鎖 (48.6%) より有意 ($p<0.05$) に高い結果となった。それに伴い、休息エリア内の排尿は全て 30%以下 (14.3~29.5%) となり、FS 閉鎖 (51.4%) より有意 ($p<0.05$) に低い結果となった。FS を使うと起立後 5 分以内の排尿も排糞と同様に、休息エリアの外に移動することがわかる。

以上のことから、FS を利用すると起立後 5 分以内の排泄が休息エリア外で起こる割合が高くなることが明らかとなった (表 23)。実験 2 および実験 3 の起立後給餌と採食 60 分経過給餌では、誘導成功率が 80%以上であり (表 5、表 8)、起立後 5 分以内での FS 進入も 80%以上であった (表 13)。言い換えれば、起立後給餌および採食 60 分経過給餌では、牛は起立後 80%以上の確率で 5 分以内に FS に進入していることになる。このことより FS を利用したとき起立後 5 分以内の排泄場所が休息エリア内から休息エリア外へ移動したのは、牛が起立直後 (5 分以内) に FS へ進入するようになったためだと考えられる。

表 23. 起立後 5 分以内の排泄の発生場所 (最小二乗平均値 \pm S.E. %)

処理	排糞		排尿	
	休息エリア外	休息エリア内	休息エリア外	休息エリア内
実験 2				
FS 閉鎖 A	28.2 \pm 10.1 ^a	71.8 \pm 10.1 ^a	11.3 \pm 11.4 ^a	88.7 \pm 11.4 ^a
起立後給餌	60.2 \pm 7.1 ^{bc}	39.8 \pm 7.1 ^b	49.8 \pm 8.5 ^b	50.2 \pm 8.5 ^b
FS 閉鎖 B	17.5 \pm 7.1 ^a	82.5 \pm 7.1 ^{ac}	29.8 \pm 8.1 ^a	70.2 \pm 8.1 ^a
1 日 4 回給餌	47.6 \pm 7.8 ^c	52.4 \pm 7.8 ^{ad}	38.0 \pm 8.1 ^a	62.0 \pm 8.1 ^a
実験 3				
起立後給餌 A	81.5 \pm 8.9 ^a	18.5 \pm 8.9 ^a	85.0 \pm 9.5 ^a	15.0 \pm 9.5 ^a
採食 60 分経過給餌	78.7 \pm 8.9 ^a	21.3 \pm 8.9 ^a	78.7 \pm 9.1 ^a	21.3 \pm 9.1 ^a
FS 閉鎖	23.9 \pm 10.3 ^b	76.1 \pm 10.3 ^b	48.6 \pm 9.1 ^{bc}	51.4 \pm 9.1 ^{bc}
起立後給餌 B	71.9 \pm 8.9 ^a	28.1 \pm 8.9 ^a	70.5 \pm 10.0 ^{ac}	29.5 \pm 10.1 ^{ac}
起立後給餌 C	70.4 \pm 8.9 ^a	29.6 \pm 8.9 ^a	85.7 \pm 11.9 ^a	14.3 \pm 11.9 ^a

※a,b,c,d: 同一項目内の処理間で異なる肩文字間に有意差 ($p<0.05$) あり

起立後 5 分以内に FS に進入した場合の排糞場所を休息エリア外と休息エリア内に分けて表 24 に示した。表 24 の数値は表 23 の起立後 5 分以内の排泄場所の結果と大きくは変わらなかった。これは本実験において誘導成功率が高く (80%以上)、また起立から初回 FS 進入までの時間がほとんど 5 分以内 (全処理平均 89%) であったことからもうなずける。表 24 の休息エリア内の排糞割合はどの処理でも表 23 の値より高かった。しかし排尿割合については、いくつかの処理で表 24 の値のほうが若干低くなっていた。

この理由に関しては、起立後 5 分間の行動をより詳しく分析する必要があり、本研究では明らかにすることができなかった。実験 3 の採食 60 分経過給餌では、起立後 5 分以内に FS に進入する確率が 95% (表 13) と高かったため、表 23 と表 24 の値には変化が生じなかった。

表 24. 起立後 5 分以内に FS に進入した場合の排泄場所 (最小二乗平均値±S.E. %)

処理	排糞		排尿	
	休息エリア外	休息エリア内	休息エリア外	休息エリア内
実験 2				
起立後給餌	66.2±7.0	33.8±7.0	42.2±12.7	57.8±12.7
1 日 4 回給餌	56.4±4.9	43.6±9.9	38.5±13.4	61.4±13.4
実験 3				
起立後給餌 A	82.3±6.4	17.7±6.4	86.1±7.5	13.8±7.4
採食 60 分経過給餌	78.7±6.4	21.3±6.4	78.7±7.1	21.3±7.1
起立後給餌 B	72.7±6.4	27.3±6.4	68.6±7.9	31.4±7.9
起立後給餌 C	80.6±6.4	19.4±6.4	79.4±9.6	20.6±9.6

6. 休息エリアでの排泄とその制御の可能性

本研究の目的は、序論で記したように、牛が起立した直後に休息エリアから出て FS に進入するように習慣づけることによって、フリーバーンにおける休息エリアでの排泄頻度を減少させることであった。そこでまず、起立直後に FS に進入するように仕向けるため起立検知機を用いる方法の試験をした（実験 1、2）。さらに起立検知機を用いなくても起立直後に FS に進入するように習慣づけることが可能であることが明らかとなった（実験 3）。実験 3 の採食 60 分経過給餌の結果によると、全起立行動のうち 95% が起立後 5 分以内に FS に進入した（表 13）。また同実験で起立後の排泄について調べたところ、起立後 5 分以内に排糞した割合が 37%、排尿した割合が 34.6%であった（表 14 および表 15）。さらに実験 3 において起立後 5 分以内の排泄場所を調べたところ、FS 閉鎖において休息エリア内の排糞が 76%であったものが、採食 60 分経過給餌では 21% に減少した（表 23）。また、排尿では FS 閉鎖で 51%であったものが、採食 60 分経過給餌では 21% に減少した（表 23）。このように FS を利用することにより休息エリアの排泄が減少したのは明らかである。

ただし、実験 3 の採食 60 分経過給餌において、起立後 5 分以内に FS に進入しても休息エリアで排泄した割合が約 20%は存在した（表 24）。このことは、起立直後に牛が 100%FS に進入したとしても、休息エリアの排泄を全てなくすことは出来ないことを暗示している。

本研究で休息エリアの排糞割合が最も低かったのは実験 3 の採食 60 分経過給餌であり、休息エリアでの排泄は排糞が全体の 13.4%、排尿が全体の 20.8%であった（表 16、表 17）。この方法は、起立検知機を用いないためその費用が不要で、取り付ける労力もいらない。よって、本研究で開発した採食 60 分経過給餌は、実用性が高く、将来普及の可能性を秘めた方法であるといえるだろう。

第4章 休息エリアの排泄量削減の経営的価値

1. 緒言

第2章および第3章で述べたとおり、FSの利用によって休息エリアでの排糞を減少させることができることが明らかとなった。この章では、本研究で最も休息エリアでの排泄量を減少させることができ、しかも起立検知機を使用せずに実現できる採食60分経過給餌で得られた結果をもとに、それが実際の酪農現場で応用されたときの経営的価値を試算し、本研究の成果を検証することとする。

2. 敷料削減による経済的効果

まず、今回の試算において設定した条件を以下に示す。

- ①FSの条件設定は「採食60分経過給餌」とする（実験3の結果より）
- ②休息エリアでの排糞割合は、FSを利用しない場合には38.5%とし、FSを利用した場合は13.4%とする。（実験3の表16より）
- ③休息エリアでの排尿割合は、FSを利用しない場合には35.8%とし、FSを利用した場合は20.8%とする。（実験3の表17より）
- ④1日の排糞量は牛1頭あたり50kgとし、その水分含量は85%とする。（堆肥化施設設計マニュアル（2001）より）
- ⑤1日の排尿量は牛1頭あたり15kgとし、その水分含量は100%とする。（堆肥化施設設計マニュアル（2001）より）
- ⑥使用する敷料は麦稈とし、その水分含量は15%とする。（堀江（2001）より）
- ⑦休息エリアの目標とする水分含量は70%とする。（北海道立新得畜産試験場（1999）より）
- ⑧麦稈の価格は1kgあたり18.5円とする。（2008年11月の調査より）
- ⑨水分の蒸発は考慮しない。

以上の条件で試算した結果を表25に示した。FSを利用することにより牛1頭あたりの敷料を2941.0kgから1238.2kgへと大幅に削減（1702.8kg）することが確認された。費用では、1頭につき1年で約3万円の削減となった。例として45頭飼養の酪農家の場合と80頭飼養の酪農家の場合の実際の金額を試算し、表26に示した。本研究の成果である採食60分経過給餌を行った場合には、行わなかった場合より、45頭飼養では141万円/年、80頭飼養では252万円/年の増収になることが示された。

表 25. 牛 1 頭あたりの敷料の年間削減量 (試算)

	試算値	
1 年間の排糞量 (kg)	18250	
1 年間の排尿量 (kg)	5475	
	FS を利用しない	FS を利用する
ベッド排糞量 (kg)	7026.3	2445.5
ベッド排尿量 (kg)	1960.1	1138.8
ベッドの排泄物合計 (kg)	8986.3	3584.3
ベッド排糞中水分 (kg)	5972.3	2078.7
ベッド排尿中水分 (kg)	1960.1	1138.8
ベッド排泄物中水分 (kg)	7932.4	3217.5
ベッド排泄物水分割合 (%)	88.2	89.8
ベッドの水分 70%にするための必要麦稈量 (kg)	2941.0	1238.2
費用	¥54,408	¥22,907

削減可能な麦稈量：2941.0-1238.2=1702.8kg

その費用：1702.8×18.5=¥31,502

※ベッドの水分 70%にするための必要麦稈量 (kg) は以下の式で求めた。

必要量 = 排泄物量 × (排泄物の水分割合 - ベッドの目標水分割合) / (ベッド目標水分割合 - 敷料の水分割合)

表 26. 年間の敷料費の比較

牛群規模	FS なし	FS あり	差
45 頭飼養	¥2,448,358	¥1,030,812	¥1,417,546
80 頭飼養	¥4,352,637	¥1,832,555	¥2,520,082

3. 敷料交換頻度の削減

酪農家にとって、搾乳作業、給餌作業、除糞作業は三大作業といわれている。本研究の休息エリアでの排泄量の削減は、その除糞作業または敷料交換作業の減少につながると考えられる。そこで次に、FS の利用による休息エリアでの排泄量減少が敷料交換作業の頻度に与える影響を試算することにした。なお、設定条件の①～⑨は前述の敷料削減の試算と同じである。ここでは、以下の⑩～⑫の条件を追加設定した。

⑩牛 1 頭あたりの休息エリアの面積は 7.7m²、採食エリアの面積は 3.3m²とする (北海道立新得畜産試験場 (1999) より)

⑪開始時の条件として、敷料を牛 1 頭あたり 16kg 敷く。

⑫休息エリアの水分含量が 70%を越すまで敷料を交換しない。(ここで想定したのは、

牛体が汚れる状態（水分70%以上）になったら敷料全量を交換する状況である。）

試算の手順は以下のとおりである。

まず、面積が1頭あたり7.7m²の休息エリアと、休息エリアに接する1頭あたり3.3m²の採食エリアを仮定する。その休息エリアに1頭あたり16kgの麦稈を敷料として敷く。このときの休息エリアの水分は麦稈16kg中の水分2.4kgのみである。ここに牛を入れると休息エリアの水分量は排泄により次第に増加する。牛を入れた翌日（1日目）の状況を試算したものを表27に示した。2日目以降は排糞予測量と排尿予測量ならびにそれぞれの水分量を加算していく。その試算の結果を表28に示した。

FSを利用しないと2日目で70%を超えてしまうが、FSを利用すると5日目でやっと70%を超えることが分かる。このことは、牛が汚れない良好なベッド状態を保つためには、FSなしでは2日に1回敷料を交換しなければいけないものが、FSを利用すると5日に1回と半分以下の頻度で済むということの意味している。

表 27. FS を利用しない状態での 1 日目の状況の試算

	FS を利用しない	FS を利用する
排糞予測量 (kg)	19.3	6.7
糞中水分量 (kg)	16.4	5.7
排尿予測量 (kg)	5.4	3.1
尿中水分量 (kg)	5.4	3.1
麦稈量 (kg)	16.0	16.0
麦稈中水分量 (kg)	2.4	2.4
排泄物と麦稈の合計 (kg)	40.6	25.8
総水分量 (kg)	24.1	11.2
水分割合 (%)	59.4	43.4

表 28. 敷料中の水分含量の変化

	FS を利用しない	FS を利用する
0 日目	15.0	15.0
1 日目	59.4	43.4
2 日目	70.3	56.2
3 日目	75.2	63.5
4 日目	78.0	68.1
5 日目	79.8	71.4

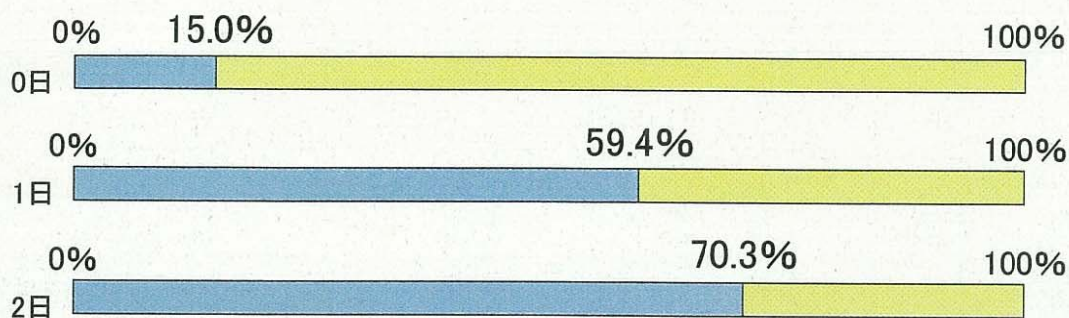


図 22A. FS を利用しない場合の敷料中の水分 70%になるまでの日数

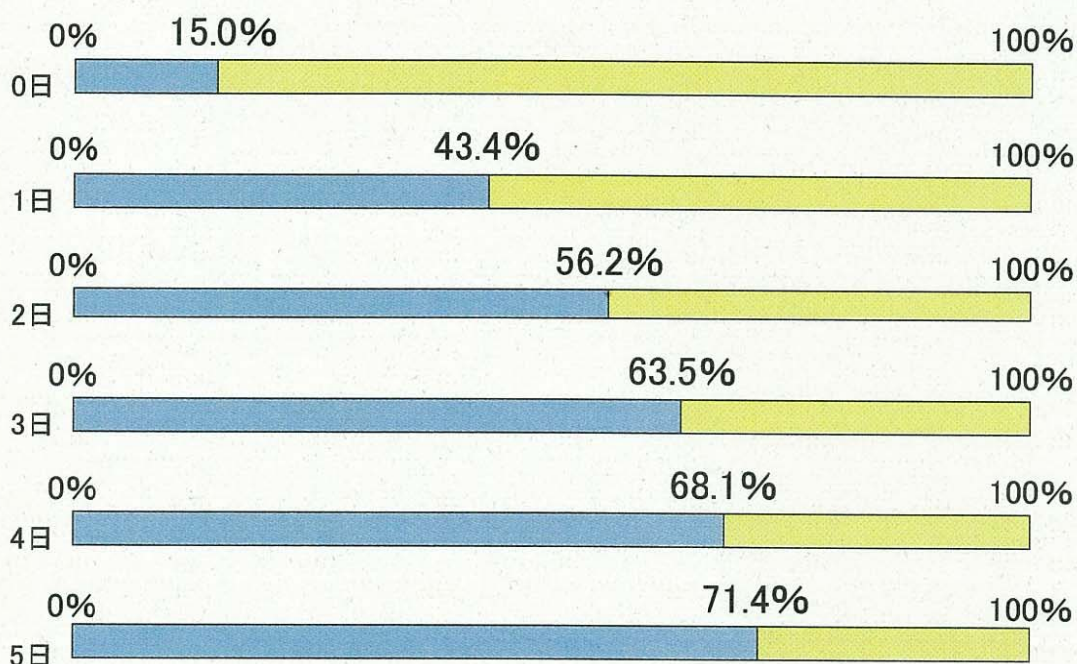


図 22B. 採食 60 分経過給餌を行った場合の敷料中の水分 70%になるまでの日数

今回は敷料交換に伴う労賃の試算まではしなかったが、人力であれ機械力であれ、敷料交換頻度が半分以下で済むということは経営上かなり有利と断言していいだろう。

また、北海道立新得畜産試験場（1999）の報告によると、休息エリアの除糞作業を毎日行う農家では、行わない農家に比べて平均の床管理労力が 3.8 倍、糞尿管理労力が 2.0 倍であったとされている。FS の利用によって休息エリアでの排泄を減少させることができればこのような労力を低減することができることも考えられる。

さらに休息エリアの牛 1 頭あたりの飼養面積が広いと敷料量が少なく済むが、飼養面積が狭いところでは休息エリアの除糞に加えて敷料量を増やすことで対応している

(北海道立新得畜産試験場,1999) という報告もある。もし FS の利用で休息エリアの排泄を減少させることができれば、1 頭あたりの飼養面積を減少させたり、敷料の量を減少させたりすることも可能になるかもしれない。

以上より、FS を利用した採食 60 分経過給餌の採用により休息エリアの排泄量を減少させることができれば、敷料それ自体の節減による経済的効果だけでなく、敷料の交換頻度の削減による労働力や燃料費の節減、さらには 1 頭あたりに必要な休息エリアの面積の削減にまでつながり、経営上かなり有効な手段であると考えられる。

要約

牛を放し飼いにするタイプの牛舎の一つであるフリーバーンは、起立や横臥時に障害となる牛舎の構造物がないため、牛の行動の自由度が大きく、家畜福祉の点から優れている牛舎形式と考えられる。また、フリーストール牛舎に比べ肢蹄の疾病率も少ない点が長所としてあげられる。しかし短所として、横臥場所と排泄場所が区分されていないため牛が横臥する休息エリアに排泄物が蓄積し、それが牛体の汚れの原因となり、さらに乳房炎発症の原因ともなることが指摘されている。そのため一般的な対策として、牛の飼養密度を下げるか、または休息エリアの除糞と十分な敷料投入という対策がとられている。

牛は排泄場所を選ばない動物とされており、これまで犬猫のようなトイレのしつけは考えられてこなかった。本研究は牛がフリーバーンの休息エリアで排泄しないような行動的制御ができないか挑戦したものである。

乳牛は起立直後に排泄することが多いことが知られている。そこで本研究では、牛が起立した直後に休息エリアから出てフィードステーション (FS) に進入するように習慣づけることによって、休息エリアでの排泄を減少させることを考えた。

第 2 章では、起立直後の牛を速やかに FS に進入させる方法を検討した。休息エリアでの排泄頻度は起立直後に FS に進入する頻度が高くなればおのずと減少するであろうと考えたわけである。その方法を検討するために「起立後 FS 進入までの制限時間の検討」「起立後給餌法の検討」「採食 60 分経過給餌法の検討」という 3 つの実験を行った。それぞれの実験の概要を以下にまとめる。

実験 1. 起立後 FS 進入までの制限時間の検討

<目的>

起立直後の牛を速やかに FS に進入させる方法を検討するため、オペラント条件づけの間隔スケジュールにおける制限時間の有効性について試験した。起立後 FS に進入し飼料を得られるまでの時間に 60 分または 10 分の制限時間を設定し、その効果を比較した。もし牛が制限時間を学習できれば、制限時間を 10 分とした方が起立から FS 進入までの時間が短くなると考えたのである。

<材料および方法>

実験用パドックで、6 頭のホルスタイン種育成牛を 67 日間群飼した。パドックの半分は麦稈を敷き休息エリアとし、残り半分を採食エリアとし、そこに FS を設置した。牛の左後肢に起立検知機を装着した。実験期間を 1~3 期に分けた。1 期では FS を閉鎖し利用しなかった。2 期および 3 期では牛が起立後制限時間以内に FS に進入すると配合飼料が給与されるようにした。2 期では制限時間は 60 分 (制限時間 60 分)、3 期では 10 分 (制限時間 10 分) とした。

<結果および考察>

制限時間 60 分の方が 1 日の FS 進入回数が多く、また起立後 5 分以内の FS 進入回数も多くなった。制限時間 10 分ではタイムアウトによって採食できない進入が多く、そのため牛が FS 進入回数を減少させたと考えられた。また、1 日の FS 進入回数が多いほど起立後 5 分以内の FS 進入回数も多くなることが考えられた。

実験 2. 起立後給餌法の検討

<目的>

実験 1 で 1 日の FS 進入回数が多いほど起立後 5 分以内の FS 進入回数も多くなることが示唆されたことより制限時間は必要ないと考え、制限時間を設けない起立後給餌(起立後初回の FS 進入に対して飼料を給与する)の有効性を検討することにした。比較対象として従来の FS の給餌方法を模倣した 1 日 4 回給餌 (1 日を 6 時間等間隔の 4 つのピリオドにわけ、各ピリオド 1 回目の FS 進入で配合飼料を給与する)を試験した。

<材料および方法>

実験用パドックで、6 頭のホルスタイン種育成牛を 113 日間群飼した。パドックの半分は麦稈を敷き休息エリアとし、残り半分を採食エリアとし、そこに FS を設置した。牛の左後肢に起立検知機を装着した。実験期間を 1~4 期に分け、1 期と 3 期では FS を閉鎖し、2 期では起立後給餌を行い、4 期では 1 日 4 回給餌を行った。

<結果および考察>

起立後給餌の FS 進入回数は、実験 1 の制限時間 60 分に比べ、有意差はなかったがむしろ多いという結果が得られた。また 1 日 4 回給餌よりも有意 ($p<0.05$) に多い結果となった。さらに起立後 5 分以内の FS 進入回数に関しては、起立後給餌のほうが制限時間 60 分および 1 日 4 回給餌より有意 ($p<0.05$) に多かった。このことより、起立後 FS 進入までの制限時間の設定は無意味であるばかりでなく、むしろマイナス要因になることが明らかとなった。また、起立後 5 分以内の FS 進入を増加させるためには、起立後初回の進入で確実に配合飼料を採食できる状況をつくることが重要であることも明らかになった。

実験 3. 採食 60 分経過給餌法の検討

<目的>

実験 2 において、起立直後 (5 分以内) の FS 進入回数を増やすためには、起立後初回の進入で配合飼料を確実に採食させ、採食成功率を低下させないことが重要であることが示された。もしそのような条件を起立検知機を用いずに満たすことができれば、起立検知機にかかる費用や牛への取り付けの手間が必要なくなり、実用上有効である。そこで実験 3 では前の実験 1 と 2 で用いた起立検知機を使用しないで起立直後の牛を FS へ進入させる方法の検討をした。その方法は、牛が FS で採食してから 60 分以上経過してからの FS 進入に対して飼料を給与するという方法 (採食 60 分経過給餌) である。

<材料および方法>

実験用パドックで、6 頭のホルスタイン種育成牛を 170 日間群飼した。パドックを麦稈を敷いた休息エリア、FS を設置した採食エリア、通路エリアに分けた。牛の左後肢に起立検知機を装着した。実験期間を 1~6 期に分け、1 期および 4 期では FS を閉鎖し、2、4、5 期では起立後給餌を行い、3 期で採食 60 分経過給餌を行った。

<結果および考察>

採食 60 分経過給餌において、前述の起立後給餌より採食回数、起立後 5 分以内の FS 進入回数ともに有意 ($p<0.05$) に多い結果が得られた。

以上のことから、採食 60 分経過給餌は、起立後の牛を速やかに FS に進入させる方法として最も有効で、起立検知機を用いない点において、より実用的な方法であると考え

られた。

第3章では、起立後のFS進入と排泄行動の関係について分析し、牛が起立直後（5分以内）にFSに進入したとき、本当に休息エリアの排糞が減少したかを検証した。

はじめに起立からFS進入までの時間と起立から排泄までの時間について検証した。実験2と実験3について、牛が起立後1分以内に進入した割合は全処理の平均で60.7%で、起立後5分以内に進入した割合は全処理の平均で89.1%であった。このことから、起立後にFSに進入する場合はほとんどが起立後5分以内に進入することが明らかとなった。特に実験3の採食60分経過給餌において、FS進入までの時間が短い傾向にあった。

起立後5分以内の排糞は本研究の実験2と実験3の全体平均では37.2%となった。また、実験2のFS閉鎖AやFS閉鎖Bでは起立後1分以内の排糞が20.7%および29.8%となり、FSを利用した他の処理と比べて多かった。このことは、FSを利用しない場合は起立後すぐに（1分以内に）排糞する傾向が強いことを示している。さらに、起立後給餌では1分以内の排糞が14.0%と、他の処理と比べ最も少なく、逆に5分以内の排糞が46.9%と最も多くなっていた。このことは起立後給餌では、排糞までの時間が長くなる傾向があったことを示している。同じような傾向は実験3でも見られた。起立直後のFS進入回数が多かった処理は、牛の起立から排糞までの時間を長くするような作用をもたらした可能性が考えられる。

次にFS利用による各エリアの排泄割合の変化ならびにFS利用と休息エリアの排泄との関係について検証した。FSエリアについては、実験2の起立後給餌や1日4回給餌、および実験3の採食60分経過給餌や起立後給餌A、B、Cは、FS閉鎖に比べて明らかに増加していた。FSを利用するとFSエリアの排糞割合が増加し、それともなって休息エリアや採食エリアまたは活動エリアの排糞割合が減少することが明らかとなった。排尿についても排糞と同様、FSを利用するとFSエリアの排尿が増加し、それともなって休息エリアやその他のエリアの排尿が減少することが明らかとなった。

また、起立後5分以内の排糞場所を休息エリア外および休息エリア内に分けると、実験2の休息エリアの排糞割合はFS閉鎖に対し起立後給餌で有意 ($p<0.05$) に低くなった。実験3でも同様に、FS閉鎖に対し起立後給餌および採食60分経過給餌で休息エリアの排糞割合が有意 ($p<0.05$) に低くなった。このことから、FSを利用すると起立後5分以内の排糞が休息エリアから休息エリアの外に移動することがわかる。起立後5分以内の排尿も排糞と同様に、FSを利用すると休息エリアの外に移動することが示された。

実験2および実験3の起立後給餌と採食60分経過給餌では、誘導成功率が80%以上であり、起立後5分以内でのFS進入も80%以上であった。言い換えれば、起立後給餌および採食60分経過給餌では、牛は起立後80%以上の確率で5分以内にFSに進入していることになる。このことよりFSを利用したとき起立後5分以内の排泄場所が休息エリアから休息エリア外へ移動したのは、牛が起立直後（5分以内）にFSへ進入するようになったためだと考えられる。

以上のことからFSを利用すると休息エリアでの排泄が減少することが明らかとなった。さらに採食60分経過給餌は、起立検知機を用いないためその費用が不要で、取り付ける労力もいないため、実用性が高く、将来普及の可能性を秘めた方法であると考えられた。

第4章では、起立検知機を使用せずに実現できる採食60分経過給餌で得られた結果をもとに、それが実際の酪農現場で応用されたときの経営的価値を試算した。

はじめに敷料の削減による経済的効果を試算した。その結果、FSを利用することにより牛1頭あたりの年間敷料使用量を2941.0kgから1238.2kgへと大幅に削減(1702.8kg)することが確認された。費用では、1頭につき1年で約3万円の削減となった。たとえば45頭飼養の農家では141万円/年、80頭飼養の農家では252万円/年の増収になることが示された。次に敷料交換頻度の削減による労力の軽減について試算した。その結果、FSを利用しないと2日に1回敷料を交換しなければいけないものが、FSを利用すると5日に1回と半分以下の頻度で済むということが示された。

結論として、本研究で提示したFSを利用した採食60分経過給餌は、牛が起立した直後に休息エリアから出るように習慣づけられる方法であり、フリーバーンの休息エリアでの排泄を減少させる行動的制御方法として有効であることが示された。また、敷料の経費や牛舎清掃作業の労力を削減する実用的な手法であり、将来普及の可能性もあることが示唆された。

謝辞

研究ならびに論文作成にあたり、ご指導、ご助言いただきました帯広畜産大学柏村文郎教授、古村圭子准教授、瀬尾哲也助教、岩手大学小田伸一准教授、山形大学高橋敏能教授に心から感謝を申し上げます。

また、実験を行う際にお世話になりました、帯広畜産大学フィールド科学センターの職員の皆様、柏村研究室の学生の皆様、そして支えてくれたたくさんの友人たちにお礼申し上げます。

参考文献

- Albright, J.L., and C.W. Arave. The Behaviour of Cattle. 1997. C.A.B. International. UK.
- Aland, A., L. Lidfors, and I. Ekesbo. 2002. Diurnal distribution of dairy cow defecation and urination. *Applied Animal Behaviour Science*. 78:43-54.
- Barberg, A., M. Endres, J. Salfer, and J. Reneau. 2007. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*. 90:1575-1583.
- Berry, E. 1998. Mastitis incidence in straw yards and cubicles. *The Veterinary Record*. 142:517-518.
- Fregonesi, J. and J. Leaver. 2001. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science*. 68:205-216.
- Frobish, R.A., K.E. Harshbarger, and E.F. Olver. 1978. Automatic individual feeding of concentrates to dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 61:1789-1792.
- 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. 北海道立農業試験会議（成績会議）資料. 北海道.
- 堀江秀夫. 2001. 北海道における家畜敷料の需給予測. *林産試験場報*. 15:10-20.
- 飯田真直. 2002. 牛の起立動作の電子的検知法に関する研究. 帯広畜産大学卒業論文.
- 柏村文郎, 増子孝義, 古村圭子. 2006. 乳牛管理の基礎と応用 (2006 改訂版). 第 1 版. デーリィ・ジャパン社. 東京.
- Livesey, C., C. Marsh, J. Metcalf, and R. Laven. 2002. Hock injuries in cattle kept in straw yards or cubicles with rubber mats or mattresses. *The Veterinary Record*. 150:677-679.
- 森田茂, 影山杏里奈, 村上絢野, 有賀暁, 干場信司. 2004. 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*. 40:109-114.

扇 勉, 峰崎康裕, 西村和行, 糠谷広高. 1998. 乳牛の糞尿量および糞尿窒素量の低減. 栄養生理研究会報. 42:155-165.

Peeler, E. J., M. J. Green, J. L. Fitzpatrick, K. L. Morgan, and L. E. Green. 2000. Risk factors associated with clinical mastitis in low somatic cell count British dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 83:2464-2472.

Phillips, C., and I. Morris. 2001. A novel operant conditioning test to determine whether dairy cows dislike passageways that are dark or covered with excreta. *Animal Welfare*. 8:65-72.

Phillips, C., and I. Morris. 2002. The ability of cattle to distinguish between, and their preference for, floors with different levels of friction, and their avoidance of floors contaminated with excreta. *Animal Welfare*. 9:21-29.

Phillips, C. J. C., and S. A. Schofield. 1994. The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. *Animal Welfare*. 3:37-44.

レイノルズ. 1978. オペラント心理学入門. 第2版. (浅野俊夫訳). サイエンス社. 東京.

斉藤朋子, 瀬尾哲也, 柏村文郎. 2005. 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. 北海道畜産学会報. 47:47-52.

Samarakone, T.S. 2001. A study of deep bedded barn system of dairy cattle rearing in Hokkaido, Japan. 帯広畜産大学修士論文.

Singh, S., W. Ward, J. Hughes, K. Lautenbach, and R. Murray. 1994. Behaviour of dairy cows in a straw yard in relation to lameness. *The Veterinary Record*. 135:251-253.

Singh, S., W. Ward, K. Lautenbach, and R. Murray. 1993. Behaviour of lame and normal dairy cows in cubicles and in a straw yard. *The Veterinary Record*. 133:204-208.

Statistical Analysis Systems (SAS). 1999. SAS/STAT User's Guide: Statistics, Version 6.12. SAS Institute, Cary NC.

鈴木省三. 1969. 乳牛の管理. 第3版. 明文書房. 東京.

鈴木省三, 大田孝治, 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.

中央畜産会. 2001. 堆肥化施設設計マニュアル. 第2版. 東京.

中央酪農会議. 2005. 平成16年度酪農全国基礎調査報告書. 中央酪農会議. 東京.

Vanhorn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers, and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *Journal of Dairy Science*. 77:2008-2030.

Whistance, L., D. Arney, L. Sinclair, and C. Phillips. 2007. Defaecation behaviour of dairy cows housed in straw yards or cubicle systems. *Applied Animal Behaviour Science*. 105:14-25.

Wierenga, H. K., and H. Hopster. 1991a. Behavior of dairy cows when fed concentrates with an automatic feeding system. *Applied Animal Behaviour Science*. 30:223-246.

Wierenga, H. K., and H. Hopster. 1991b. Timing of visits to the concentrates feeding station by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 30:247-271.

吉岡勇氣. 2004. 乳牛のフリーバーン牛床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.