

博士論文

日本における肥育牛の福祉問題

および福祉性改善に有効な屋外運動場の検討

Problems on animal welfare of fattening steers and investigation
of outdoor exercise area to improve their welfare in Japan

(平成 26 年度)

東北大学大学院農学研究科
応用生命科学専攻 陸圏生態学分野

有賀 小百合

指導教員 佐藤 衆介 教授

日本における肥育牛の福祉問題および福祉性改善に有効な屋外運動場の検討

目 次

第 1 章 緒 言

1.1. 家畜福祉に関する国際的な動向	1
1.2. 屋外運動場および放牧地の開放による福祉性改善の効果	3
1.3. 日本の肉用牛生産の特徴および問題点	5
1.4. 本研究の目的	7

第 2 章 集約飼育下の肥育牛における家畜福祉性評価

緒 言	9
第 1 節 実用肥育農場における Welfare Quality® assessment protocol を用いた家畜福祉性評価	
2.1.1. 背景および目的	10
2.1.2. 材料および方法	11
2.1.3. 結 果	14
2.1.4. 考 察	17
第 2 節 放牧牛の行動特徴との比較からみた舎飼肥育牛の福祉問題の検討	
2.2.1. 背景および目的	22
2.2.2. 材料および方法	22
2.2.3. 結 果	25
2.2.4. 考 察	25
結 言	28
図 表	29

第3章 経時的行動変化からみた屋外運動場開放時間の検討

緒言	44
3.1. 背景および目的	46
3.2. 材料および方法	46
3.3. 結果	49
3.4. 考察	50
結言	52
図表	53

第4章 屋外運動場の構成素材が正常行動の発現に及ぼす影響

緒言	57
第1節 3素材の屋外運動場の開放が正常行動の発現に及ぼす影響	
4.1.1. 背景および目的	58
4.1.2. 材料および方法	59
4.1.3. 結果	63
4.1.4. 考察	64
第2節 屋外運動場における土壌の提示方法が正常行動の発現に及ぼす影響	
4.2.1. 背景および目的	68
4.2.2. 材料および方法	69
4.2.3. 結果	73
4.2.4. 考察	74
結言	77
図表	78

第5章 定期的な土壌床運動場の開放が身体的および心理的健康性、生産性に及ぼす影響

緒言	89
----	----

5.1. 背景および目的	90
5.2. 材料および方法	92
5.3. 結果	98
5.4. 考察	100
結 言	108
図 表	110
第 6 章 総合考察	121
謝 辞	126
引用文献	129

第 1 章

緒 言

1.1. 家畜福祉に関する国際的な動向

欧米諸国を中心に発展した集約畜産システムは、効率的かつ経済的な畜産物生産が可能であり、20 世紀後半にかけて世界的に拡大した（桑原, 2006）。しかし本システムは、狭小飼育スペースでの行動制限や濃厚飼料多給など、畜産動物の生態や行動、生理に不適合な飼育管理を主体としている。そのため、1960 年代以降、英国において集約畜産システムの虐待性の高さや、身体的および心理的健康性への悪影響が問題視されるようになった。家畜福祉に関する市民の関心の高まりを受け、英国政府は家畜福祉調査専門委員会「集約畜産システム下での家畜福祉に関する調査専門委員会」を設置し、1965 年には「家畜が不自由なく方向転換でき、身繕いでき、立ち上がり、寝転び四肢を伸ばせる自由を与えるべき」とする調査報告書（通称 **Brambell report**）を提出した（**Brambell, 1965**）。その後、この報告書を基に、英国の家畜福祉政策進展のため設立された英国畜産動物福祉専門委員会（**FAWC**）において、家畜福祉の基本原則である「5 つの自由（**Five freedoms**）」が規定され、現在では多くの国際機関が本原則を基に飼育管理の法令化や規約化を進めている。「5 つの自由」は ①空腹および渇きからの自由、②不快からの自由、③苦痛、損傷、疾病からの自由、④正常行動の発現の自由、⑤恐怖および苦悩からの自由で構成されている（**FAWC, 1992**）。①～③は特に身体的健康性について、④～⑤は心理的健康性について言及しており、これら全ての自由を

確保することで、家畜福祉性が改善される。また、正常行動とは、異常かつ有害な行動でなく、内的または外的に強く動機づけられた、発現により快情動をもたらす、多様な刺激が存在する自然環境で発現する自然な行動のことを指す (Bracke and Hopster, 2006)。

欧州諸国では、家畜福祉に関する条約化や政策化が非常に進んでおり、その一つが EU の共通農業政策 (CAP: Common Agricultural Policy) である。本政策では、農村開発プログラム (Rural development programmes) として家畜福祉支払制度を実施しており、法定家畜福祉基準を超える水準で自発的に家畜福祉に取り組む農家へ経済的支援を行っている (Eurogroup for animals, 2003)。福祉基準は各加盟国や地域ごとに詳細に規定されており、英国、ドイツ、フィンランドなどの多くの国でウシの繋留飼育制限や飼育スペース拡大など、福祉性に配慮した飼育管理を推奨している (Eurogroup for animals, 2010)。EU に加盟していないスイスにおいても、国内の動物福祉法により福祉基準が設けられ、補助金の支給が行われている (Regula et al., 2004)。

このような欧州諸国における家畜福祉への対策を受け、動物衛生に携わる OIE (国際獣疫事務局、世界動物保健機関) においても、「5 つの自由」を基に家畜福祉に関する指針化が進められている (OIE, 2005a)。OIE では「動物の健康と福祉の間には強い関連性がある」「福祉性改善は生産性や食の安全性、経済的利益につながる」という認識から、家畜福祉を主要検討課題として取り上げ (OIE, 2005a)、肉用牛に対しても輸送、屠畜、飼育管理などの全生産工程に関して福祉基準を提言している (OIE, 2005b, 2005c, 2012)。また、OIE の 11 項目からなる家畜生産システムにおける家畜福祉原則

(OIE, 2005a) では、「畜産動物が動機づけられている自然な行動発現が可能な機会を与えること」を福祉性改善の必要事項として掲げ、「正常行動の発現の自由」を重要視している。2014年5月現在、OIEには180の国と地域が加盟していることから、家畜福祉への配慮は重要な国際的課題であり、各国において対応が求められる。

1.2. 屋外運動場および放牧地の開放による福祉性改善の効果

ウシへの屋外運動場や放牧地の開放は、正常な行動発現が可能な飼育環境の一つとして、欧州諸国を中心に活用されている。屋外運動場や放牧地は、ウシが内的に強く動機づけられている探査行動や遊戯行動、移動行動などの正常行動の発現を促進し (Loberg et al., 2004; Tuomisto et al., 2008)、攻撃行動や心理的ストレス指標である異常行動を減少させることが明らかとなっている (O'Connell et al., 1989; Redbo, 1990; Miller and Wood-Gush, 1991; Krohn, 1994)。このように、ウシへの屋外運動場や放牧地の開放は、ウシの行動発現や心理的健康性に対して正の効果がある。また、ヒトやマウスでは、運動は精神安定やストレスからの回復力を高める効果があることが明らかとなっている (Sciolino and Holmes, 2012)。屋外運動場や放牧地の開放により運動の機会を与えることは、ウシにおいても同様の効果をもたらすと考えられる。

屋外運動場や放牧地の開放は、ウシの身体的健康性に対しても正の効果がある。日々の運動は筋肉や骨、関節を発達させ、関節炎、不全麻痺、跛行などの運動器病を減少させる (Gustafson, 1993; Krohn and Munksgaard, 1993)。また、心肺機能が向上し (石黒および木船, 2004; Davidson and Beede, 2003)、脚の血液循環の改善により蹄

病の発症が減少する (Loberg et al., 2004)。その他にも、不適切な横臥行動の改善による外傷の減少 (Gustafson and Lund-Magnussen, 1995; Regula et al., 2004; Keil et al., 2006)、エネルギー代謝の改善に伴う周産期病や消化器病の減少 (Gustafson, 1993; Adewuyi et al., 2006)、免疫機能の亢進 (石黒および木船, 2004) など、屋外運動場や放牧地の開放による身体的健康性への効果は多岐に渡っている。Popescu et al. (2013) の運動場開放と家畜福祉性との関係についての報告では、運動場を定期開放された繋留飼育乳用牛は「5つの自由」のうち、②不快からの自由、③苦痛、損傷、疾病からの自由、④正常行動の発現の自由、⑤恐怖および苦悩からの自由において、運動場を開放されていないウシより高評価であった。このことから、屋外運動場の開放はウシの福祉性を行動発現や心理的健康性、身体的健康性の面から包括的に改善する効果があると考えられる。また、強制的な運動や運動場での生草摂取は増体や肉色を低下させる一方で (Huuskonen et al., 2010; Dunne et al., 2005)、運動強制や生草摂食を伴わない屋外飼育は、増体向上などの生産性の改善にも効果があることが明らかとなっている (Moloney et al., 2004; Dunne et al., 2008)。

EU の家畜福祉支払制度では、2006 年欧州委員会規則 [Commission Regulation (EC) No. 1974/2006] により、高水準を維持すべき項目の一つとして、屋外環境への開放を明記している。本制度に参加している 21 の国と地域のうち 19 か所で、屋外運動場への開放や放牧飼育に関する福祉基準が設けられており (Eurogroup for animals, 2010)、EU における屋外運動場や放牧地の利用に関する意識は非常に高い。実際に、オーストリアでは週 3 回以上の運動場の開放を、フィンランドでは放牧期間には 60 日

以上の放牧飼育を、冬季には週 2 回以上の屋外運動場の開放をウシの福祉基準として
いる。このように欧州諸国では、正常な行動発現が可能な飼育方式を積極的に取り入
れており、「正常行動の発現の自由」を重要視した家畜福祉政策を行っている。

1.3. 日本の肉用牛生産の特徴および問題点

我が国では 1960 年代以降、肉用牛の集約飼育化が急速に発展した（桑原, 2006）。
国民の嗜好性や 1991 年の牛肉の輸入自由化に伴う国内産牛肉の差別化から霜降り肉
生産に特化しており、濃厚飼料多給、ビタミン A 制限給与、舎飼による長期肥育とい
う特異的な生産方式を行っている（佐藤, 2005）。

我が国では、繋留や狭小飼育牛房にてウシの行動や運動を制限することにより、肉
用牛を肥育している。そのため、舎飼肥育牛への屋外運動場や放牧地の開放はほとん
ど行われていない。このような行動を制限する飼育方式は、肉用牛の行動発現や心理
的健康性に対して負の影響があると考えられる。ウシは摂食行動や探査行動、歩行活
動、遊戯行動などの発現に対し内的に強く動機づけられており、これらの正常行動を
発現することで快適性や喜びを感じる（Westerath et al, 2009a, 2009b; Mills, 2010）。
そのため、正常行動を十分に発現できない飼育環境では、長期的な葛藤状態や欲求不
満状態に陥りやすい。また、慢性的な行動制限は、コルチゾルや甲状腺ホルモンなどの
生理的ストレス指標を上昇させ（Friend et al., 1985; Redbo, 1993）、慢性的な心理的
ストレスの要因にもなる。心理的ストレスは免疫機能の低下による細菌感染や、胃潰
瘍、高血圧、腎不全などの深刻な疾病にもつながる（Dellmeier, 1989）。ウシの行動を

制限した飼育方式は、心理的健康性だけでなく、身体的健康性にも悪影響を与える可能性があり、軽視できない問題である。平成 23 年度家畜共済統計表（農林水産省）によると、肉用牛の全国飼養頭数約 236 万頭のうち 2.8 % が疾病により死亡しており（死産事故頭数：約 6.7 万頭）、その死因は新生子異常が 25 %、消化器病が 23 %、呼吸器病が 19 %、循環器病が 16 %、運動器病が 6 %となっている。これらの疾病の多くが、濃厚飼料多給、屋内での密飼い、運動制限と関連しており、肉用牛の身体的健康の阻害や生産のロスは非常に大きいと言える。

我が国では、年間 909 トン（約 57 億円；食用畜産物で第 1 位）の牛肉をアジア諸国やアメリカ合衆国に対し輸出しており、牛肉は我が国の主要な輸出対象畜産物となっている（農林水産省，2014）。農林水産省では、牛肉の一大消費国である欧米諸国に対し輸出を拡大することを目標に掲げている（農林水産省，2013）。家畜福祉に関する国際的な動向に対応するため、我が国でも 2005 年に公益社団法人畜産技術協会を事務局とした「家畜福祉に配慮した家畜の取扱いに関する検討会」が設置され、2011 年には「アニマルウェルフェアの考え方に対応した肉用牛の飼養管理指針」が公表された。本指針では、「5 つの自由」のうち先述の①～③、⑤の自由に関しては対応されている（公益社団法人畜産技術協会，2011）。一方で、④正常行動の発現の自由については、身体的健康性や生産性に直結しないという考えや、労力や経済性の問題などを理由に、指針化には至っていない。研究機関では正常行動の発現の自由の改善のため、畜舎への身繕い用器具の設置が試みられているが（Ninomiya and Sato, 2009）、実用肥育農場ではあまり普及していないのが現状である。また、このような手法は正常行動の発

現の一部しか担っていないことから、正常行動の発現におけるより包括的な改善方法が必要であると考えられる。

我が国のような身体的健康性や生産性のみを重視する生産システムは、OIE や欧州諸国の家畜福祉性政策と未だ隔たりがあると考えられる。畜産物流通の国際化に対応するためには、国際機関や各国の家畜福祉情勢に対応した生産システム構築が必須であると考えられる。

1.4. 本研究の目的

我が国では霜降り肉生産が主流であるため、一般的に肥育牛へのビタミン A 給与は制限されている。そのため、生草の摂食に繋がる放牧飼育は肥育農家の理解が得られにくい状況にある。我が国の産肉の特色を維持しながら、家畜福祉に配慮した飼養管理を行うためには、屋外運動場の活用が有効であると考えられる。しかし、屋外運動場に関する報告は繋留飼育乳用牛に関するものが多く、我が国の舎飼肥育牛のように行動を軽度に制限されたウシにおける報告はわずかである。また、自然素材の提示等による飼育環境の複雑化は、正常行動の発現促進や心理的ストレスの軽減に効果があることが、肥育豚や動物園動物において明らかとなっている (Beattie et al., 1996; Chang et al., 1999)。飼育環境の複雑化は環境エンリッチメントの手法の一つとされており、様々な動物種において福祉性への影響が研究されている。しかし、屋外運動場の構成素材が肥育牛の福祉性に与える影響については調査されていない。

そこで本研究では、まず我が国の舎飼肥育牛の福祉問題を明らかにした。そして、

最も必要な改善点は正常行動の発現促進であったことから、より効果的な屋外運動場の開放方法を、運動場の開放時間と構成素材の点から調査および検討することを目的とした。まず、2章では、従来の舎飼飼育下にある肥育牛の福祉性改善点を、欧州で開発された Welfare Quality® assessment protocol、並びに放牧牛の行動特徴との比較により検討した。次に3章では、屋外運動場の開放が肥育牛の行動に及ぼす効果を調査するとともに、有効な運動場開放時間を検討した。さらに第4章1節では、屋外運動場の構成素材に着目し、コンクリート床、土壌床、草地床の運動場を肥育牛に開放することで、運動場の構成素材が行動に及ぼす影響を調査した。その結果、土壌床運動場において正常行動の発現が持続的に促進したことから、第4章2節では、土壌の提示方法が行動に及ぼす効果を明らかにした。その結果、屋外運動場の構成素材として圧縮土壌床が有効であった。そこで、第5章として、圧縮土壌床運動場の定期的開放が肥育牛の身体的および心理的健康性、生産性に及ぼす影響を代謝プロファイルテスト、生理的ストレスホルモン分析、新奇（新規）刺激に対する行動反応、出荷時の生産成績により調査した。そして最後に第6章として、現行の集約畜産システムにおける肥育牛の福祉性改善点および改善方法について総合的に考察した。

第 2 章

集約飼育下の肥育牛における家畜福祉性評価

緒 言

OIE や欧州諸国では、家畜福祉に関する規約化および政策化を進めるのに際し、正常な行動発現が可能な飼育環境の提示を特に重要視している。我が国の「アニマルウェルフェアの考え方に対応した肉用牛の飼養管理指針」では、家畜福祉性の基本原則「5つの自由 (FAWC, 1992)」のうち身体的健康性や生産性と密接に関わる事項に関しては指針化が進められている (公益社団法人畜産技術協会, 2011)。しかし、「正常行動の発現の自由」に関しては依然として問題視されておらず、家畜福祉性に関する国際情勢と大きな差が生じていると考えられる。家畜福祉政策の進む欧米諸国へ畜産物を輸出するためには、我が国の家畜福祉性における現状や改善点を把握し、身体的および心理的健康性、行動発現の全てにおいて高い福祉水準を確保することが求められる。

そこで本章では、我が国の現行の集約畜産システムにおける肥育牛の福祉性に関する問題点を抽出するため、第 1 節として、EU で開発された家畜福祉性評価法 Welfare Quality® assessment protocol により実用肥育農場の福祉性評価を行った。その結果、正常行動の発現に福祉問題があることが明らかとなったことから、第 2 節では、特に改善すべき行動発現を明らかにするため、舎飼肥育牛と放牧飼育牛との行動特徴の比較を行った。そして、現行の集約畜産システムにおいて、畜産物流通の国際化に際し求められる福祉性改善点を検討した。

第1節 実用肥育農場における Welfare Quality® assessment protocol を用いた 家畜福祉性評価

2.1.1. 背景および目的

EU の家畜福祉政策の 1 つである Welfare Quality® project は、食品品質チェーン全体における一貫した家畜福祉を目的とし、様々な方策を開発している。その方策の一つが、EU 共通の農場福祉評価法「Welfare Quality® assessment protocol」の開発である。Welfare Quality® assessment protocol では、身体的健康状態や行動発現の正常性という動物の状態を主に評価するが、給餌および給水状況や飼育設備などの飼養管理評価も一部に加えている (Welfare Quality® Consortium, 2009a)。英国では、本評価法を家畜福祉支払制度における福祉性評価基準として実際に活用している (Eurogroup for animals, 2010)。本評価法は「5 つの自由」の全項目を網羅した評価方法であり、我が国の集約畜産システムにおける家畜福祉性問題点の抽出にも有効であると考えられる。

肉用牛飼養実態アンケート調査報告書 (公益社団法人畜産技術協会, 2010) によると、我が国の肥育農場のうち 77.9 %が舎飼による群飼育を行っている。そこで本節では、舎飼群飼育を行う 3 か所の実用肥育農場において Welfare Quality® assessment protocol により家畜福祉性を評価し、畜産物流通の国際化に際し求められる福祉性改善点を明らかにすることを目的とした。

2.1.2. 材料および方法

宮城県と栃木県に所在する 3 か所の実用肥育農場において、Welfare Quality® assessment protocol により家畜福祉性を評価した。調査農場の概要および様子は表 2.1.1.および図 2.1.1.に示した通りである。3 農場とも舎飼による群飼育であった。全ての農場において、導入後 1 年以上経過した肥育後期牛（22 ヶ月齢前後）の家畜福祉性を評価した。Welfare Quality® assessment protocol for cattle (Welfare Quality® Consortium, 2009b) に基づき、給餌方法、飼育環境、健康状態、行動発現に関する 11 項目（表 2.1.2.）を調査し、スコアを算出した。その後、スコアが 80 点以上で「優」、55 点以上で「良」、20 点以上で「可」、20 点未満で「不可」の 4 段階評価を行った。

(1) 適切な給餌

長期空腹状態からの回避は、Body Condition Score (BCS) により調査した。1 農家につき 20 頭をランダムに選び、4 部位（尾根部、腰骨、脊椎骨、肋骨）の内、3 部位以上で非常に痩せている個体数割合（%）を調査し、専用の算出式によりスコアを算出した。

長期渇水状態からの回避は、1 農家につき 5 牛房をランダムに選び、牛房毎の飼育頭数および給水器数から、十分な数（13 頭に対し 1 か所以上）の給水器を設置しているか、1 頭に対し 2 か所以上の給水器が利用可能かを調査した。また、給水器の清潔さを、給水器内の汚泥の有無から評価した。そして、専用の樹状図によりスコアを算出し、5 牛房のうち最も低いスコアを調査農場の評価とした。

(2) 適切な畜舎

休息時の快適性は、伏臥に要する時間と牛体の清潔性から評価した。伏臥に要する時間 (sec.) は、伏臥開始 (ウシが手根関節を曲げて体を下し始める) から伏臥完了 (後軀を横転させて前脚を体の下から引き伸ばす) までを計測した。牛体の清潔性は、1 農家につき 20 頭をランダムに選び、脚や腹部に液状汚泥が 50 %、または固形汚泥が 25 %以上付着している状態を不潔とし、不潔な個体数割合 (%) を調査した。伏臥に要する時間と牛体の清潔性から、専用の算出式により休息時の快適性に関するスコアを算出した。

動きの自由度は、1 農家につき 5 牛房をランダムに選び、飼育頭数/ペン (頭)、ペンサイズ (m^2)、推定体重 (kg)、生体重 700 kg と仮定した場合の換算ペンサイズ (m^2 /生体 700 kg; 最小 $2 m^2$, 最大 $9 m^2$) を調査した。また、農家経営者からの問診により、屋外運動場や放牧地を 1 時間以上利用可能な日数割合 (%/年) および 1 日当たりの利用時間 (時間/日) を調査した。これらの結果から専用の算出式により動きの自由度に関するスコアを算出し、5 牛房のうち最も低いスコアを調査農場の評価とした。

(3) 健康状態

無損傷は、1 農家につき 20 頭をランダムに選び、跛行個体数割合 (%) と皮膚変性のある個体数割合 [軽度 (ハゲ)、重度 (疥癬、炎症、コブ); %] を調査し、専用の式によりスコアを算出した。

無疾病は、1 農場につき 5 牛房をランダムに選び、鼻漏個体割合 (%)、眼漏個体割

合 (%)、1 頭および 15 分当たり咳回数 (回/15 min./頭)、呼吸困難個体割合 (%)、下痢個体割合 (%)、鼓張症個体割合 (%) を調査した。鼻孔から明らかに透明または黄緑色の粘性のある鼻汁が出ている場合、鼻漏個体とした。目から明らかに 3 cm 以上濡れた跡、または涙が乾いた跡がある場合、眼漏個体とした。深く苦しそうな雑音のする呼吸をしている場合、呼吸困難個体とした。手のひらサイズの湿った糞が尾根部周辺に付着している場合、下痢個体とした。左側の寛骨と肋骨の間が明らかに鼓張している場合、鼓張症個体とした。また、農場経営者からの問診により、年間死亡率 (%/年) を調査した。鼻漏個体割合が 5 %以上、眼漏個体割合が 3 %以上、1 頭および 15 分間当たり咳回数が 4 回/15min./頭以上、呼吸困難個体割合が 5 %以上、下痢個体割合が 3 %以上、鼓張症個体割合が 5 %以上、年間死亡率が 2 %以上を警戒予兆域として扱い、警戒予兆域以上の疾病数を基に専用の式によりスコアを算出した。

管理手技に伴う痛みの除去は、農家経営者への問診により除角、断尾、去勢の有無、処理時の麻酔鎮痛薬の使用状況を調査し、専用の樹状図によりスコアを算出した。

(4) 適切な行動

社会行動の発現は、1 農家につき 5 牛房をランダムに選び、各牛房において 12 分間の連続観察を 2 回実施した。敵対行動回数 (頭突き、押しのけ、追跡、闘争、横臥牛の妨害)、親和行動回数 [他個体舐め、模擬闘争 (horning)] を調査し、専用の式によりスコアを算出した。

他の行動の発現は、農家経営者からの問診により、肥育期間中に 6 時間/日以上放

牧する日数割合（%/年）を調査し、専用の式によりスコアを算出した。

ヒトと動物との良好な関係は、逃避距離により評価した。餌槽に頭を入れているウシに対し、3 m 離れた位置から 60 cm/sec.の速さで接近し、ウシが餌槽から頭を抜いて逃げ始めた時のヒトと餌槽との距離を逃避距離として計測した。逃避距離が 0 cm、50 cm 以下、100 cm 以下、100 cm 以上の個体数割合（%）を調査し、専用の式によりスコアを算出した。

快情動においては、Qualitative Behaviour Assessment (QBA) により調査した。社会行動の行動観察後に、「活動的である」「寛いでいる」「不快である」などの 20 気質評価項目を Visual Analogue Scale (VAS) により評価し、専用の式によりスコアを算出した。VAS とは、0 mm の目盛りを「該当しない」、125 mm の目盛りを「非常に該当する」とし、気質の程度を 0~125 mm の尺度によって表現する方法である。

2.1.3. 結果

(1) 適切な給餌

長期空腹状態からの回避の項に関しては、全農場で非常に痩せている個体はおらず、評価は 100.0 点（優）であった。

長期渇水状態からの回避の項に関しては、A および C 農場で給水器に餌や汚泥が付着し、1 頭に対し利用可能な給水器数が 1 か所であったため、評価は 45.0 点（可）であった（表 2.1.3.）。B 農場においても 1 頭に対し利用可能な給水器数は 1 か所であったが、給水器が清潔であり、評価は 80.0 点（優）であった（表 2.1.3.）。

(2) 適切な畜舎

休息時の快適性の項に関しては、A農場では伏臥に4.5秒を要したが、不潔な個体数割合が10.0%と少なく、評価は60.5点（良）であった（表2.1.4.）。B農場では行動観察中に伏臥行動が発現されなかったため、快適性に関する総合評価は出来なかったが、不潔個体数割合が60.0%と非常に多かった（表2.1.4.）。C農場では伏臥に3.2秒を要したが、不潔な個体数割合が35.0%と比較的多く、評価は49.9点（可）であった（表2.1.4.）。

動きの自由度の項に関しては、全農場で屋外運動場や放牧地の開放は行われていなかった（表2.1.5.）。しかし、生体重700kg換算ペンサイズ（m²/生体700kg）はそれぞれ5.4、6.5、6.7と比較的広く、評価はそれぞれ62.3点（良）、80.1点（優）、83.2点（優）であった（表2.1.5.）。

(3) 健康状態

無損傷の項に関しては、全農場で跛行症状を示す個体はいなかった（表2.1.6.）。しかし、B農場では軽度皮膚変性個体数割合が25.0%、重度変性が5.0%であり、無損傷に関する評価は73.8点（良）であった（表2.1.6.）。A農場では皮膚変性は見られず、B農場では重度変性個体数割合が5.0%であったが軽度変性は見られなかったため、評価はそれぞれ86.8点（優）および80.0点（優）であった（表2.1.6.）。

無疾病の項に関しては、AおよびB農場の全ての項目で、警戒予兆域を下回っており、無疾病に関する評価は100.0点（優）であった（表2.1.7.）。C農場では下痢個体

割合が 4.2 %と警戒予兆域を上回っていたが、その他の項目は全て予兆域以下であり、評価は 81.0 点（優）であった（表 2.1.7.）。

管理手技に伴う痛みの除去の項に関しては、A 農場では麻酔鎮痛薬を処方せずに焼きゴテにより除角を行っていた（表 2.1.8.）。去勢は導入前に行われており、農家経営者は詳細な去勢方法や麻酔薬の使用状況を把握していなかった。麻酔鎮痛薬を処方しない焼きゴテによる除角は 28.0 点であり、麻酔鎮痛薬を処方するバルザックによる去勢を行われていたとしても 35.0 点（去勢方法内で最高点）である。そのため、A 農場の評価は 28.0 点（可）以下と考えられる。B 農場では、麻酔鎮痛薬を処方しない焼きゴテによる除角、麻酔鎮痛薬を処方しないバルザックによる去勢を行っていたことから、評価は 0.0 点（不可）であった（表 2.1.8.）。C 農場では除角は行われておらず、麻酔薬のみ処方した去勢を行っていたが、詳細な去勢方法は把握できなかった（表 2.1.8.）。麻酔薬のみ処方した手術による去勢は 21.0 点、ゴムリングによる去勢は 17.0 点、バルザックによる去勢は 21.0 点であることから、C 農場の評価は 21.0 点（可）以下であると考えられた。

（4）適切な行動

社会行動の発現の項に関しては、A 農場では敵対行動回数（回/頭/時）が 1.5、親和行動が 1.2 と敵対行動が僅かに多く発現しており、評価は 42.5 点（可）となった（表 2.1.9.）。B および C 農場では敵対行動がそれぞれ 3.4 および 3.2 と多く発現し、親和行動が 2.2 および 0.3 と少なかった（表 2.1.9.）。そのため、それぞれ 21.5 点（可）お

よび 11.9 点（不可）と低い評価となった。

その他の行動の発現の項に関しては、全農場で肥育牛に放牧地を開放しておらず、正常行動の発現の機会が与えられていなかったため、評価は 0.0 点（不可）であった。

ヒトと動物との良好な関係（逃避距離）の項に関しては、全農場において接触可能な個体割合（%）が 68.0、80.0 および 93.3 と多く、評価はそれぞれ 82.4 点（優）、94.7 点（優）および 89.1 点（優）であった（表 2.1.10.）。

快情動（QBA）の項に関しては、B 農場では「満足している」「幸福」という快情動項目が他農場より低く、「欲求不満」「退屈」「イライラしている」「不安」「苦しんでいる」などの不快情動項目が高評価となった（表 2.1.11.）。そのため、B 農場の快情動に関する評価は 5.1 点（不可）となった。一方、A および C 農場は快情動項目が高評価であり、不快情動項目が低評価であったため、快情動に関する評価はそれぞれ 66.1 点（良）および 63.6 点（良）であった（表 2.1.11.）。

2.1.4. 考 察

3 か所の実用舎飼肥育農場で共通して「管理手技に伴う痛みの除去」「社会行動の発現」「他の行動の発現」が低評価であったことから（表 2.1.12）、「5 つの自由」のうち「苦痛、損傷、疾病からの自由」および「正常行動の発現の自由」に福祉問題があることが明らかとなった。

「管理手技に伴う痛みの除去」に関する問題点は、除角および去勢が麻酔鎮痛剤の処方なしで実施されている点であった。我が国において除角は 48.0 %の肥育農場が実

施し、88.4 %が生後 3 ヶ月齢以上に、45.1 %が断角器を用い、83.1 %が麻酔を処方せずに実施している（公益社団法人畜産技術協会, 2010）。また、去勢は 77.0 %の肥育農場が実施し、88.9 %が生後 3 ヶ月齢以上に、60.3 %が外科手術により実施している（公益社団法人畜産技術協会, 2010）。このことから、我が国の多くの農家において同様の福祉問題が生じていると考えられる。除角処理は、一般的に群飼育において実施されている。除角は群内における摂食時の闘争を緩和し（吉田ら, 1969; 前原ら, 1990）、闘争時の角突きによる負傷やそれに伴う生産性の低下を防ぐことが可能である。しかし、除角時の強烈かつ長時間に及ぶ痛みや、不適切な処理による傷口の重症化は福祉性を低下させる。生後 2 ヶ月齢以内での焼きゴテによる除角は骨の損傷が少なく、損傷を表面組織のみに限定できる（Stafford and Mellor, 2005）。そのため、焼きゴテによる除角時の生理的および行動的ストレス反応は、角切断や腐食性化学薬品による除角より早く消失することが明らかとなっている（Stafford and Mellor, 2005）。また、生後数週間での早期除角は、9 ヶ月齢での除角より作業所要時間を短縮し、傷口も短期間で修復する（白尾ら, 2000）。また、処置時および処置後に麻酔鎮痛薬や抗炎症薬を処方することにより、痛みの強度や持続期間を軽減し、痛み由来の行動発現を減少することが可能である（Stafford and Mellor, 2005）。Welfare Quality® assessment protocol においても、角が生え始める若齢時の、麻酔鎮痛薬を処方した、焼きゴテによる除角が最も高評価であり、この方法により 75 点（良）にまで改善される。去勢処理は、群や飼育者に対する攻撃行動の抑制、望まない繁殖の制限、肉の柔らかさや明度、性臭の改善を目的として行われている（Field, 1971; Appleby, 1986）。しかし、去勢による慢性

痛は、身体的および心理的ストレスの原因となり、増体重の減少にもつながる (Fenton et al., 1985)。除角と同様に、処理時の痛みを軽減し、長期的な負担を強いらぬ方法が求められる。精索を押しつぶすバルザック (挫滅鉗) 去勢法は、精巣摘出手術や精巣を壊死・落脱させるゴムリング法よりも、急性および慢性痛が少なく、痛みによる生理的ストレス指標の反応性および反応期間、痛み由来の行動の発現期間が少ないことが明らかとなっている (Fenton et al., 1985; Robertson et al., 1994; Molony et al., 1995; Fisher et al., 1996)。また、バルザック法において麻酔鎮痛薬を処方することで、生理的ストレス指標の反応性が少なくなり、正常値まで早く回復することが可能であり、増体重の減少も防ぐことができる (Ting et al., 2003)。Welfare Quality® assessment protocol では、麻酔鎮痛薬を処方しバルザック法により実施することで、35 点 (可) まで改善することが出来る。去勢処理はホルモン分泌や性行動発現に対し長期的な影響をもたらす。除角のような瞬間的な苦痛のみでは済まないため、実施自体が福祉性に悪影響があると考えられている。そのため、Welfare Quality® assessment protocol では去勢を実施しないことでのみ 100 点を得られる。以上のように、「管理手技に伴う痛みの除去」に関する問題点は、最適な管理手技への変更や麻酔鎮痛薬の処方という単純な飼育管理方式の変更により改善できる。現行の集約畜産システムにおいても十分に対応が可能であり、早急に改善できると考えられる。

「正常行動の発現の自由」のうち、「社会行動の発現」に関する問題点は敵対行動の発現が親和行動より多い点であった。他個体舐め行動などの親和行動には牛群内の緊張を和らげ、社会的安定化を促進する働きがある (Sato et al., 1991; Sato et al.,

1993)。そのため、福祉性の良い指標と考えられている (Winckler et al., 2003; Napolitano, et al., 2009)。敵対行動は牛群内の社会的優劣関係の決定や、資源や配偶者などの獲得競争において重要な役割を担う行動である (Albright and Arave, 1997)。

しかし一方で、欲求不満状態と関連して敵対行動の発現が増加するため (Duncan and Wood-Gush, 1971; Carlstead, 1986)、敵対行動の多発は不快性や心理的ストレスの指標と考えられている (Laister et al., 2009)。特に、身体的接触を伴う物理的敵対行動 (他個体への頭突き押し行動など) は、攻撃を受けたウシの皮膚損傷を増加させるため (Menke et al., 1999)、身体的健康性や生産性に対して悪影響をもたらし、ウシの福祉性を低下させる原因となる。Nielsen et al. (1997) や Sandem et al. (2002) は、飼料や飼育スペースの制限により行動発現欲求が満たされない場合に敵対行動の発現が増加することを報告している。しかし、本節の調査農場では「動きの自由」の項に関して全農場で良以上の高評価が得られ、飼育スペースの広さに関しては問題点が見られなかった。このことから、ある程度の飼育スペースが確保されていても、舎飼下の単調な飼育環境では正常行動に対する発現欲求を満たすことができず、欲求不満状態に陥っている可能性が考えられた。そして、「他の行動の発現」に関する問題点は、放牧地の開放が全く行われていない点であった。放牧地の開放は、ウシが内的に動機づけられている探査行動や遊戯行動、移動行動などの正常行動の発現を増加させ、敵対行動や異常行動の発現を減少させる効果がある (O'Connell et al., 1989; Redbo, 1990; Miller and Wood-Gush, 1991, Tuomisto et al., 2008)。そのため、放牧地の開放は、正常な行動発現に最適な飼育方式であると考えられ、EU の家畜福祉支払制度においても積極的

に取り入れられている(Eurogroup for animals, 2010)。しかし、我が国ではビタミン A 制限による霜降り肉生産が主流であり、肥育中期から後期にかけて β カロテンを含む生草や乾草の給与が制限される。生草の摂食を伴う放牧飼育は農家からの理解が得られにくく、実現は困難である。現行の舎飼飼育における「正常行動の発現の自由」の改善には、ウシの行動発現欲求を満たす飼育環境や追加設備が必要であり、我が国の現行の集約畜産システムにおいても実施可能な対策を検討することが求められると示唆した。

第 2 節 放牧牛の行動特徴との比較からみた舎飼肥育牛の福祉問題の検討

2.2.1. 背景および目的

前節の実用肥育農場における家畜福祉性評価から、現行の集約畜産システムでは苦痛を軽減させる管理手技の徹底と、牛群の社会的親和性や正常行動の発現の促進が求められ、特に後者に関して実施可能な対応策を検討する必要があることが明らかとなった。しかし、Welfare Quality® assessment protocol における「他の行動の発現」の評価は、放牧地の開放時間および日数に依存しており、直接的にウシの行動の正常性を評価するものではない。本評価方法だけでは舎飼肥育牛の行動が正常でないとは断定できず、より詳細な調査から行動の正常性を評価することが求められる。

動物の行動発現の正常性は、自然な状態での行動レパートリーや行動発現割合との近似性から判断することが可能である (Chamove, 1989; Kilgour, 2012)。そこで本節では、舎飼肥育牛の行動の正常性を評価するため、舎飼肥育牛と放牧飼育牛との行動特徴の比較を行った。そして、舎飼肥育牛の行動発現における問題点を明らかにし、現行の集約畜産システムの行動における福祉性の改善点を特定した。

2.2.2. 材料および方法

本節では、舎飼飼育下の黒毛和種去勢肥育牛の行動を 24 時間にわたり観察し、1 日の維持行動時間配分 (%) を調査した。そして、放牧飼育下の黒毛和種去勢牛の 24 時間の維持行動時間配分の調査報告と比較し、舎飼肥育牛の行動発現における問題点を

明らかにした。

(1) 舎飼肥育牛およびその飼育方式

舎飼肥育牛の行動特徴調査は東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター（以下、川渡 FSC）で飼育していた黒毛和種去勢肥育牛 12 頭（平均月齢 \pm SD: 26 \pm 1 ヲ月齢; 平均体重 \pm SD: 570 \pm 72 kg）を用いた。畜舎内ペン（5 m 四方; 図 2.2.1.）に 3 頭 1 群を配し、計 4 ペンで飼育した。毎日 9:00 および 16:00 に 1 頭当たり稲ワラ約 1 kg と濃厚飼料約 5 kg（白鳥後期 70, 明治飼糧株式会社, 東京）を給餌した。1 ペン当たりウォーターカップ 1 つを設置し、不断給水とした。

畜舎はコンクリート製の床および壁、屋根で構成されており、外部環境とは隔てられた牛舎であった（図 2.2.1.）。畜舎内ペンの床には 3 m³/ペンの敷料（オガクズ）を敷いた。畜舎内ペンには、小窓（幅 1.1 m, 高さ 0.5 m, 地面からの高さ 0.2 m）および壁上部の吹き抜け（幅 5 m, 高さ 2 m, 地面からの高さ 2.2 m）があり、自然換気と自然採光がされていた。そのため、日の出時刻の 5:00 から日の入り時刻 18:30 の自然な日照時間で管理することが可能であった。

(2) 舎飼肥育牛の行動観察方法

2011 年 8 月 9 日および 9 月 26 日の 9:00 から翌 9:00 に、畜舎内ペンの天井に設置したビデオカメラ（WV-CW180, WV-PS174, パナソニック株式会社, 大阪）を用いて舎飼肥育牛の行動を撮影した。撮影した映像はデジタルレコーダー（KV-D900 (B),

株式会社東芝，東京）内に保存し、後日、行動観察に供試した。5分間隔のスキャンサンプリングにより、肥育牛の姿勢（立位、伏臥位、横臥位）、維持行動（摂食および探査、休息、反すう、歩行）の時間配分（%）を調査した。

(3) 放牧飼育牛およびその飼育方式

放牧飼育牛の行動特徴は、田代（1967）と三秋ら（1969）の報告を引用した。田代（1967）は、東桜島高免放牧場（鹿児島）にて飼育していた黒毛和種去勢牛を供試した。人工草地と野草地が隣接した 10 ha の放牧地を 5 牧区に区切り、群サイズ 32 頭で輪換放牧を行った。その中から 4 頭（若齢）の行動を調査した。牧区内には給水器と採塩場を備えた管理区があり、自由に利用できた。濃厚飼料給与は行われておらず、生草を自由に摂食させた。三秋ら（1969）は、岡山県和牛試験場（岡山）にて放牧飼育していた黒毛和種去勢牛 7 頭/群（12.7 ヲ月齡；平均体重 248 kg）を供試した。人工草地から成る 2.04 ha の放牧地を 8 牧区に分割し、各牧区とも平均 3 日間滞在の輪換法により昼夜放牧を行った。草地内に設置した開放牛舎にて毎日 9:00 に濃厚飼料（給餌量不明）を給餌し、乾草および生草は自由に飽食させた。

(4) 放牧飼育牛の行動観察方法

田代（1967）は 7 月に 1 回、12:00 から翌 12:00 に連続観察法により、三秋ら（1969）は 8 月 12 日の 13:00 から翌 13:00 に 10 分間隔のスキャンサンプリングにより、24 時間の維持行動時間配分（%）を調査した。行動観察項目は両報告とも、姿勢

(立位、伏臥位、横臥位)、維持行動（摂食および探査、休息、反すう、歩行）であった。

2.2.3. 結 果

舎飼肥育牛の摂食行動および探査行動時間配分は 10.6 %、歩行活動時間配分は 1.1 %であった（図 2.2.2.）。その一方で、田代（1967）および三秋ら（1969）の報告において、放牧飼育牛の摂食行動とそれに伴う探査行動時間配分はそれぞれ 38.1 %および 32.4 %であり、歩行活動時間配分は 6.4 %および 4.9 %であった（図 2.2.2.）。舎飼肥育牛の横臥位休息行動時間配分は 41.5 %と非常に長かったのに対し、放牧飼育牛では 15.4 %および 19.4 %であった（図 2.2.2.）。

2.2.4. 考 察

放牧牛は 1 日のうち大半を摂食行動に費やしており、合計時間は 6.8～13 時間に及ぶことが明らかとなっている（Kilgour, 2012）。本節で引用した放牧飼育牛も 24 時間のうち 32.4～38.1 %（7.8～9.1 時間）を摂食および探査行動に費やしており、Kilgour（2012）の報告と一致した。一方で、本節の舎飼肥育牛は摂食および探査行動に 10.6 %（2.5 時間）しか費やさず、放牧牛に比べ 1/3～1/4 にまで減少していた。本来、ウシは餌を探しながら歩き（欲求行動）、餌を食べる（完了行動）という一連の流れで摂食する（佐藤ら, 1995）。動物は完了行動だけでなく、欲求行動に対しても内的に強く動機づけられている（Hughes and Duncan, 1988; Boissy et al., 2007）。そのため、欲求行動を発現する機会がない、または、完了行動に費やす時間が短縮すると、栄養面

は充足していても行動的満足感を得ることができず、欲求不満状態に陥りやすくなる (Hughes and Duncan, 1988; 佐藤ら, 1995)。これらの行動発現の制限による欲求不満状態は常同行動を引き起こし (Hughes and Duncan, 1988)、福祉性の低下につながる (Boissy et al., 2007)。また、探査行動はウシの正常行動の一つである。ウシは探査行動に対し内的に強く動機づけられており、探査行動を行うことに喜びを感じる (Westerath et al., 2009a)。舎飼肥育牛は決められたタイムスケジュールに従い給餌されるため、餌を探す必要がなく、欲求行動や探査行動を発現する機会がない。また、栄養価の高い濃厚飼料により短時間で十分に栄養源を摂取できるため、摂食行動は給餌時間に集中し、摂食に費やす時間が非常に短くなる。本節の舎飼肥育牛は摂食行動が短縮され、探査行動を発現する機会を与えられていないことから、欲求不満状態に陥る可能性が示唆された。

Herbel and Nelson (1966) や Low et al. (1981) は、放牧牛が歩行活動に 2.9 または 1.9 時間を費やすと報告している。本節で引用した放牧飼育牛は 4.9~6.4 % (1.2~1.5 時間) を歩行活動に費やしており、同様の結果であった。ウシは飼料や水、庇陰場所、仲間との社会的交流、配偶者などの資源獲得のために歩くと考えられている (Zeeb, 1983)。その一方で、飼料などの資源がない環境においても歩く様子が観察されており (Krohn et al., 1992)、行動制限の時間や飼育スペース制限が増すのに伴い、屋外環境に解放された際の歩行や蹴り上げなどの移動性行動が増加することが明らかとなっている (Dellmeier et al., 1990; Jensen, 1999; Loberg, 2004; Veissier et al., 2008)。そのため、ウシは歩行活動に対しても内的に強く動機づけられていると考えられている

(Veissier et al., 2008)。本節で引用した田代 (1967) の報告においても、歩行活動時間配分 6.4%のうち 3.6%は摂食や飲水場所などのはっきりした目的を持って歩き、2.8%は目的なく歩き回っていた。本節の舎飼肥育牛は歩行活動時間配分が 1.1%と、放牧牛に比べ 1/5~1/6 近く減少しており、歩行活動に対する生得的欲求も十分に満たされていないと考えられた。一方で、舎飼肥育牛では横臥位休息行動時間配分が 41.5%と、放牧牛に比べ 3 倍近く増加した。摂食行動や探査行動、歩行活動が制限されたことにより増加したと考えられる。また、休息行動は低レベルの欲求不満状態や葛藤状態の指標とされている (佐藤, 1997)。第 1 節における舎飼肥育牛の社会的親和性の低さは、摂食行動や探査行動、歩行活動などの正常行動の発現が制限されたことにより欲求不満状態や葛藤状態に陥ったことが原因であると考えられる。

以上のことから、現行の集約畜産システムでは摂食行動や探査行動、歩行活動などの立位姿勢による正常行動の発現が制限されることが明らかとなった。ウシはこれらの正常行動に対し内的に強く動機づけられているため、これらの行動発現の制限は欲求不満状態を引き起こす可能性が示唆された。舎飼肥育牛の行動における福祉性を改善するには、摂食行動や探査行動、歩行活動などの正常行動の発現を促進し、横臥位休息行動を正常な範囲で減少させる飼育環境を提示することが必要であると考えられた。

結 言

第 1 節における EU の農場福祉評価法 Welfare Quality® assessment protocol (2009) による実用肥育農場の福祉性評価の結果、現行の集約畜産システムにおいて国際的な家畜福祉性への配慮に対応するためには、苦痛を軽減させる管理手技の徹底と、牛群の社会的親和性およびその他の正常行動発現の促進の点で改善が必要であることが明らかとなった。また、第 2 節の舎飼肥育牛と放牧飼育牛の行動特徴の比較から、舎飼肥育牛は集約飼育という環境故に、摂食および探査行動、歩行活動が短縮または制限され、長時間の横臥位休息行動の発現を強いられていることが明らかとなった。このような飼育環境では、生得的な行動発現欲求が満たされず、欲求不満状態に陥る可能性がある。これらのことから、現行の集約畜産システムにおいて、摂食や探査行動、歩行活動などの立位姿勢による正常行動の発現を促進させ、伏臥位・横臥位姿勢時間配分を正常な範囲に減少させることが必要であると示唆した。また、これにより行動発現に対する欲求不満状態を改善することで、正常行動の発現や社会的親和性に関する福祉性が改善されると考えられた。

苦痛を軽減させる管理手技の徹底は、管理手技の変更により対応が可能であり、現行の集約畜産システムにおいてすぐに改善することができる。しかし、正常行動の発現や社会的親和性の促進には、行動発現欲求を満たす飼育環境や追加設備が必要であり、現行の集約畜産システムにおいても実施可能な対策を検討することが求められる。

表 2.1.1. Welfare Quality® assessment protocol による家畜福祉性評価を実施した実用舎飼肥育農場の概要.

	A 農場	B 農場	C 農場
調査地	栃木県	宮城県	宮城県
調査日程	2012.1.31	2012.3.6	2014.5.7
飼育方式	舎飼	舎飼	舎飼
平均飼育頭数/ペン (頭)	9.4	5.0	4.8
平均飼育面積 (m ² /頭)	5.7	6.1	6.2
品種	ホルスタイン×黒毛の F1	褐毛×黒毛の F1	黒毛
ビタミン A 給与	無	有	有
備考	嗜好性穀物 (麦等) 添加	漢方草ブレンド飼料	肝機能改善薬添加



A 農場



B 農場



C 農場

図 2.1.1. Welfare Quality® assessment protocol による家畜福祉性評価を実施した実用舎飼肥育農場の様子.

表 2.1.2. Welfare Quality® assessment protocol における福祉基準および各調査項目.

福祉指針	福祉基準	調査項目
適正な給餌 ¹⁾	長期空腹状態からの回避	Body Condition Score (BCS)
	長期渇水状態からの回避	飼育頭数/ペン、給水器数、給水器の清潔度など
適正な畜舎 ²⁾	休息時の快適性	伏臥に要する時間、牛体の清潔度
	温熱環境の快適性	(測定方法未定)
	動きの自由度	飼育頭数/ペン、ペンサイズ、推定体重、生体重 700 kg 換算ペンサイズ、屋外運動場や放牧地の利用
健康状態 ³⁾	無損傷	跛行、皮膚変性の有無
	無疾病	鼻漏、眼漏、咳、呼吸困難、下痢、鼓張症の有無、死亡率
	管理手技に伴う痛みの除去	除角・断尾・去勢処置の有無、麻酔鎮痛薬の使用状況
適正な行動	社会行動の発現 ⁴⁾	敵対行動、親和行動の発現回数
	他の行動の発現 ⁴⁾	放牧地の利用状況
	ヒトと動物との良好な関係 ⁵⁾	逃避距離
	快情動 ⁵⁾	Qualitative Behaviour Assessment (QBA)

各福祉指針はそれぞれ「5つの自由 (FAWC, 1992)」のうち、以下のように対応している.

1) 空腹および渇きからの自由, 2) 不快からの自由, 3) 苦痛、損傷、疾病からの自由, 4) 正常行動の発現の自由, 5) 恐怖および苦悩からの自由..

表 2.1.3. 実用舎飼肥育農場における「長期渇水状態からの回避」に関する評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
飼育頭数/ペン (頭)	9.4	4.0	5.0
給水器数/ペン (個)	1	1	1
十分な給水器があるか (13 頭に対し 1 か所以上)	有	有	有
給水器の清潔さ	不潔	清潔	不潔
1 頭に対し 2 か所以上の給水器が利用可能か	不可	不可	不可
スコア (点)	45.0	80.0	45.0
評価	可	優	可

表 2.1.4. 実用舎飼肥育農場における「休息時の快適性」の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
伏臥に要する時間 (sec.)	4.5	No Data	3.2
不潔な個体数割合 (%)	10.0	60.0	35.0
スコア (点)	60.5	-	49.9
評価	良	-	可

表 2.1.5. 実用舎飼肥育農場における「動きの自由度」の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
飼育頭数/ペン (頭)	13	9	4
ペンサイズ (m ²)	60.0	33.4	23.1
1 頭あたりペンサイズ (m ² /頭)	4.6	3.7	5.8
推定体重 (kg)	600	400	600
生体重 700kg 換算ペンサイズ (m ² /生体 700 kg)	5.4	6.5	6.7
屋外運動場または放牧地の利用時間 (時間/日)	0	0	0
スコア (点)	62.3	80.1	83.2
評価	良	優	優

表 2.1.6. 実用舎飼肥育農場における「無損傷」の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
跛行個体割合 (%)	0.0	0.0	0.0
皮膚変性のある個体割合 (%)	軽度 (ハゲ)	0.0	25.0
	重度 (疥癬、炎症、コブ)	0.0	5.0
スコア (点)	86.8	73.8	80.0
評価	優	良	優

表 2.1.7. 実用舎飼肥育農場における「無疾病」の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
鼻漏個体割合 (%)	4.3	4.0	0.0
眼漏個体割合 (%)	2.1	0.0	0.0
咳回数 (回/15 min./頭)	0.15	0.08	0.08
呼吸困難個体割合 (%)	0.0	0.0	0.0
下痢個体割合 (%)	0.0	0.0	4.2
鼓張症個体割合 (%)	4.3	0.0	0.0
死亡率 (%/年)	0.0075	0.03	0.03
スコア (点)	100.0	100.0	81.0
評価	優	優	優

表 2.1.8. 実用舎飼肥育農場における「管理手技に伴う痛み」の除去の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場	
除角	処置の有無	焼きゴテ	焼きゴテ	無
	麻酔鎮痛薬の使用	無	無	-
断尾	処置の有無	無	無	無
	麻酔鎮痛薬の使用	-	-	-
去勢	処置の有無	有	バルザック	有
	麻酔鎮痛薬の使用	No Data	無	麻酔のみ
スコア (点)	28.0 以下	0.0	21.0 以下	
評価	可 or 不可	不可	可 or 不可	

表 2.1.9. 実用舎飼肥育農場における「社会行動の発現」の評価結果.

調査項目	A 農場	B 農場	C 農場
敵対行動 (回/頭/時)	1.5	3.4	3.2
親和行動 (回/頭/時)	1.2	2.2	0.3
スコア (点)	42.5	21.5	11.9
評価	可	可	不可

表 2.1.10. 実用舎飼肥育農場における「ヒトと動物との良好な関係
(逃避距離)」の評価結果.

逃避距離	A 農場	B 農場	C 農場
0 cm (接触可能)	68.0 *	80.0	93.3
50 cm 以下	16.0	20.0	6.7
100 cm 以下	16.0	0.0	0.0
100 cm 以上	0.0	0.0	6.7
スコア (点)	82.4	94.7	89.1
評価	優	優	優

*: 個体割合 (%)

表 2.1.11. 実用舎飼肥育農場における「快情動 (QBA)」の評価結果.

項目	A 農場	B 農場	C 農場
活動的	63.2 *	48.0	23.2
寛いでいる	81.8	84.6	115.2
不快	27.2	31.0	19.6
おとなしい	69.4	80.4	115.4
満足している	90.8	40.4	81.8
緊張している	29.0	18.8	8.0
楽しんでいる	46.4	31.6	38.8
無関心	67.2	16.4	35.8
欲求不満	34.4	58.0	37.4
友好的	73.4	69.8	90.4
退屈	53.8	93.8	70.8
集中している	69.2	43.0	43.6
探索好き	57.2	54.0	49.2
イライラしている	37.0	58.6	19.2
神経質	19.6	23.2	7.2
騒々しい	22.8	29.6	11.6
不安	5.4	33.6	12.8
社交的	73.2	68.0	60.6
幸福	74.4	39.8	61.4
苦しんでいる	9.8	50.2	17.6
スコア (点)	66.1	5.1	63.6
評価	良	不可	良

*: VAS スコア

表 2.1.12. 実用舎飼肥育農場における Welfare Quality® assessment protocol を用いた福祉性評価結果 (まとめ).

福祉指針	福祉基準	A 農場	B 農場	C 農場			
適正な給餌 ¹⁾	長期空腹状態からの回避	100.0	100.0	100.0			
	長期渇水状態からの回避	45.0	*	80.0	45.0	*	
適正な畜舎 ²⁾	休息時の快適性	60.5	No Data	49.9	*		
	温熱環境の快適性		(測定方法未定)				
	動きの自由度	62.3	80.1	83.2			
健康状態 ³⁾	無損傷	86.8	73.8	80.0			
	無疾病	100.0	100.0	81.0			
	管理手技に伴う痛みの除去	28.0	*	0.0	**	21.0	*
適正な行動	社会行動の発現 ⁴⁾	42.5	*	21.5	*	11.9	**
	他の行動の発現 ⁴⁾	0.0	**	0.0	**	0.0	**
	ヒトと動物との良好な関係 ⁵⁾	82.4		94.7		89.1	
	快情動 ⁵⁾	66.1		5.1	**	63.6	

優: 80 点以上、良: 55 点以上、可: 20 点以上 (*), 不可: 20 点未満 (**).

各福祉指針はそれぞれ「5 つの自由 (FAWC, 1992)」のうち、以下のように対応している.

1) 空腹および渇きからの自由, 2) 不快からの自由, 3) 苦痛、損傷、疾病からの自由, 4) 正常行動の発現の自由, 5) 恐怖および苦悩からの自由.



図 2.2.1. 第 2 章 2 節にて調査した舎飼肥育牛の牛舎の外観 (左) および畜舎内の様子 (右).

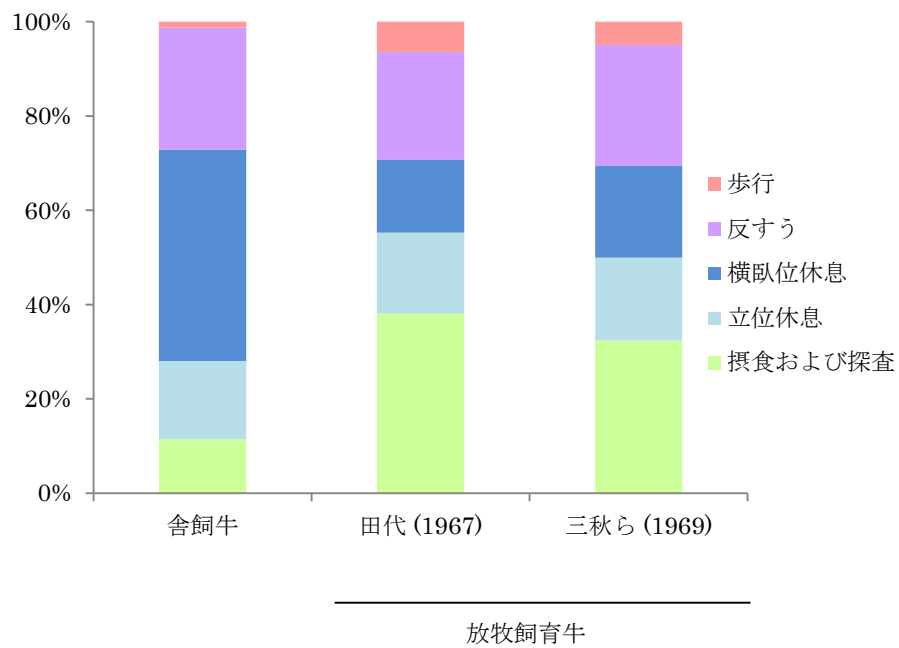


図 2.2.2. 舎飼肥育牛と放牧飼育牛の維持行動時間配分 (%) の結果.

第3章

経時的行動変化からみた屋外運動場開放時間の検討

緒言

前章により、我が国の現行の肥育牛飼育システムにおいて、動物福祉の視点から5つの自由 (FAWC, 1992) のうち「苦痛、損傷、疾病からの自由」および「正常行動の発現の自由」において問題があることが明らかとなった。特に、「正常行動の発現の自由」においては、維持行動や社会的親和行動の促進には、生得的な行動発現欲求を満たす追加設備が不可欠であり、現行の集約畜産システムにおいて実施可能な対策を検討する必要がある。

環境エンリッチメント (Environmental enrichment) は、飼育動物の心理的および身体的健康性に最適な飼育環境を提示し、飼育管理の質や福祉性を向上させる試みである (Shepherdson, 1998)。これは、飼育動物の行動を多様化し、正常な行動パターンを発現させ、異常行動の発現を抑制することを目的に行われ、様々な手法が開発されている (Young, 2003)。その手法は 1) 社会的手法: 群飼育、同種個体の映像の提示など、2) 作業的手法: パズルなどの課題の提示、3) 物理的手法: 付属設備の設置、飼育環境の拡大や複雑化、4) 感覚的手法: 映像、音楽、匂いの提示、5) 栄養的手法: 給餌スケジュールの工夫、新奇な餌の給与など、多岐にわたっている (Young, 2003)。

ウシにおいても環境エンリッチメントに関する研究が行われており (Ishiwata et al., 2006)、代表的な手法としては身繕い用器具の設置が挙げられる (Pelley et al.,

1995; Wilson et al., 2002; Ninomiya and Sato, 2009)。身繕い用器具の設置は、正常行動である自己グルーミングの発現を促進し、Wilson et al. (2002) が言及しているように舌遊びや棒齧りなどの異常行動の発現を減少させる効果がある (Mench et al., 1998)。しかし、身繕い用器具の設置では、探査行動や歩行活動の発現、社会的親和性を促進するという報告は少ないことから、これらの正常行動を包括的に刺激する環境エンリッチメントの検討が求められる。そこで、本章では環境エンリッチメントの物理的手法の一つである屋外運動場の開放に着目し、舎飼肥育牛の福祉性改善に効果的な屋外運動場の開放方法を検討した。

3.1. 背景および目的

屋外運動場の開放による福祉性改善に関しては、繋留飼育乳用牛において盛んに研究されている。繋留飼育はウシの行動範囲を過度に制限するため、正常な行動発現や動作を行うことができない。行動を制限された飼育環境では、ウシは探査行動や歩行活動、遊戯行動、社会的親和行動などの行動発現に対して強く動機づけられ (Dellmeier et al., 1985, 1990; Jensen, 1999, 2001)、動機が解消されないことにより欲求不満状態に陥る。屋外運動場の開放は、乳用牛において探査行動や歩行活動、遊戯行動、身繕い行動などの正常行動の発現を効果的に促進する (Loberg et al., 2004; Vissier et al., 2008)。そのため、EU の家畜福祉支払制度では、放牧を行えない冬季などには、放牧の代替策として屋外運動場の開放を推奨している (Eurogroup for Animals, 2010)。これらのことから、舎飼肥育牛においても屋外運動場を開放することにより、同様の正常行動の発現促進効果が期待される。しかし、我が国の現行の集約畜産システムのように、軽度に行動を制限する舎飼群飼育に関しては報告が非常に少ない。そこで本章では、舎飼肥育牛における屋外運動場の開放の効果を検証するとともに、効果的な運動場開放時間を検討するため、舎飼肥育牛に 5 時間にわたり屋外運動場を開放した。そして、開放時間の経過に伴う行動変化を調査し、行動における福祉性への影響を評価した。

3.2. 材料および方法

本研究では、黒毛和種去勢肥育牛に 1 日のみ 10:00 から 15:00 の間、屋外運動場

を開放した。終日舎飼日および 5 時間運動場開放日の 10:00 から 15:00 に行動観察を行い、運動場の開放時間の経過に伴う行動変化を調査した。

(1) 供試牛および飼育方式

供試牛は、川渡 FSC で飼育していた黒毛和種去勢肥育牛 12 頭（平均月齢 \pm SD: 24 ± 1 ヲ月齢; 平均体重 \pm SD: 482 ± 32 kg) であった。畜舎内ペン (5 m 四方/ペン; 図 3.1.) に 3 頭 1 群を配し、計 4 ペンで飼育した。各群を舎飼開始時の体重に基づき構成し、試験後の出荷時まで群構成を変えなかった。毎日 9:00 および 16:00 に 1 頭当たり稲ワラ約 1 kg と濃厚飼料約 5 kg (白鳥後期 70, 明治飼糧株式会社, 東京) を給餌した。1 ペン当たりウォーターカップ 1 つを設置し、不断給餌とした。また、1 ペン当たり鈹塩 1 つを配し、不断給餌した。

(2) 試験区の構造

畜舎内ペンの床はコンクリート製で、その上に敷料 (オガクズ: 3 m^3 /ペン) を敷いた。各畜舎内ペンは柵で区切られており、隣接するペン間のウシ同士の社会的接触は可能であった。各ペンには手動スライドドア (幅 1 m, 高さ 1.8 m) があり、ドアの外側にはコンクリート製床の屋外運動場 (5 m 四方/ペン; 図 3.1.) があった。供試牛は月 1 回の体重測定日や敷料交換日のみ、運動場を利用できた。運動場もペン毎に柵で区切られており、隣接する運動場間での社会的接触が可能であった。

(3) 試験日程および行動観察方法

2010年6月14日および15日に試験を実施した。6月14日は終日舎飼区（以下、舎飼区）とし、運動場は開放せずに通常通り屋内飼育を行った。6月15日は5時間運動場開放区（以下、運動場区）とし、10:00から15:00の間、4群同時に運動場を開放し続けた。両区ともに10:00から15:00に、畜舎内ペンと運動場の天井に設置したビデオカメラ（WV-CW180, WV-PS174, パナソニック株式会社, 大阪; HCIR-41F690, HOGA, 京都）を用いて肥育牛の行動を撮影した。撮影した映像はデジタルレコーダー（KV-D900 (B), 株式会社東芝, 東京; DVR-800, 株式会社塚本無線, 三重）内に保存し、後日、行動観察に供試した。

行動単位および定義を表3.1.に示した。姿勢および維持行動時間配分（%）、畜舎内ペンおよび運動場利用率（%）を5分間隔のスキャンサンプリングにより、個体遊戯行動および社会行動発現頻度（No./時）を連続観察法により記録した。観察時間を1時間ごとの5期間（10:00 - 11:00, 11:00 - 12:00, 12:00 - 13:00, 13:00 - 14:00, 14:00 - 15:00）に区分し、各期間における各行動時間配分および発現頻度、利用率を算出した。

(4) 統計分析

維持行動時間配分、畜舎内ペンおよび運動場利用率、個体遊戯行動発現頻度は個体毎に、社会行動発現頻度は群毎に算出した。維持行動時間配分と社会行動発現頻度における期間毎の舎飼区と運動場区との比較は、対応のあるt検定により分析した。期間毎の畜舎内ペン利用率と屋外運動場利用率との比較は χ^2 検定により分析した。維持行

動時間配分および運動場利用率に関して、運動場区における期間比較は Tukey-Kramer 法により分析した。個体遊戯行動発現頻度における期間毎の舎飼区と運動場区との比較は Wilcoxon signed-rank 検定により分析した。P < 0.05 を有意差あり、P < 0.1 を傾向ありとした。

3.3. 結果

運動場区の開放 1 時間目、探査行動および歩行活動時間配分が舎飼区より多かった（探査：舎飼区 4.5±5.2 vs. 運動場区 29.9±14.3；歩行：2.1±2.8 vs. 9.7±4.5；それぞれ P < 0.05；表 3.2.）。開放 2 時間目以降も両行動時間配分とも舎飼区より運動場区で多かったが（それぞれ P < 0.05；表 3.2.）、運動場区での期間比較では、両行動時間配分とも開放 2 時間目以降に 1 時間目より半減した（それぞれ P < 0.05；表 3.2.）。運動場区の伏臥位および横臥位休息行動時間配分は、全期間で舎飼区より少なかった（P < 0.05；表 3.2.）。運動場利用率は、開放 1 時間目でのみ畜舎内ペン利用率より多かった（ χ^2 値：10.9, P < 0.05；表 3.2.）。開放 3～4 時間目には運動場利用率が畜舎内ペン利用率より低下し（3 時間目： χ^2 値：3.0, P < 0.1；4 時間目： χ^2 値：6.1, P < 0.05；表 3.2.）、3 時間目以降の運動場利用率は 1 時間目より減少した（P < 0.05；表 3.2.）。運動場区の個体遊戯行動発現頻度は、開放 1 時間目でのみ舎飼区より多く（0.0±0.0 vs. 3.7±2.6；P < 0.05；表 3.3.）、開放 2 時間目以降は発現しなかった。運動場区の親和行動発現頻度は、開放 1 時間目でのみ舎飼区より減少し（6.1±3.3 vs. 0.9±0.9；P < 0.05；表 3.3.）、反対に敵対行動発現頻度が増加した（1.8±2.3 vs. 9.6±5.0；P < 0.05；表 3.3.）。

3.4. 考察

5 時間の屋外運動場の開放により、開放 1 時間目には多くの正常行動の発現が促進した。開放 1 時間目、運動場区では舎飼区の 7 倍近い時間を探査行動に、4 倍以上の時間を歩行活動に費やしていた。同期間、運動場区では個体遊戯行動が新たに発現した。探査行動と歩行活動はウシの正常行動であり、ウシはこれらの行動発現に内的に強く動機づけられている (Veissier et al., 2008; Westerath et al., 2009a)。また、探査行動は環境エンリッチメントの効果を評価する上で重要な指標である (Mench, 1998)。跳ね回り行動などの移動性個体遊戯行動は、歩行活動に対する強い発現欲求の指標であるとともに (Dellmeier et al., 1990; Jensen, 1999; Loberg, 2004; Veissier et al., 2008)、ストレスのない、良い福祉性の指標であるとされている (Winckler et al., 2003; Westerath et al., 2009b; Mills, 2010)。また、本節の運動場区では、開放 1 時間目には畜舎内ペンよりも屋外運動場をより多く利用し、運動場区の横臥位姿勢の発現が舎飼区よりも減少した。これらのことから、繫留飼育乳用牛と同様に舎飼肥育牛においても、屋外運動場の開放は探査行動や歩行活動、遊戯行動などの正常行動の発現や活動性を向上させ、行動における福祉性の改善に有効であった。

屋外運動場の開放 1 時間目、運動場区では敵対行動の発現が舎飼区より増加し、親和行動の発現が減少した。他個体押し行動などの敵対行動は、飼料や配偶者などの資源の獲得競争のため発現する (Albright and Arave, 1997)。この結果から、舎飼肥育牛が屋外運動場を重要な資源として認識したと考えられた。また Castro et al. (2011) は、社会的優劣関係の確立した繫留飼育乳用牛群において、運動場の開放が 3 日以上

行われない場合、毎日開放した場合よりも運動場開放時の敵対行動が増加することを明らかにし、運動場開放を3日以内の間隔で実施することを推奨している。本節の供試牛は、1年間にわたり同じ群構成で群飼されており、社会的優劣関係は安定していた。また、供試牛が屋外運動場を利用する機会は月1回の体重測定日および敷料交換日に限られていた。長期間にわたり畜舎内に拘束されていたことも、運動場開放時に敵対行動の発現が増加した要因であると考えられる。

開放2時間目以降には、運動場区の探査行動と歩行活動は開放1時間目より半減し、個体遊戯行動は全く発現しなかった。運動場区における運動場利用率は開放2時間目以降に漸減していき、開放3～4時間目には畜舎内ペン利用率より有意に低下した。このことから、肥育牛が運動場を好んで利用したのは開放1時間のみであり、探査行動や歩行活動、遊戯行動に対する発現欲求は開放1時間で満たされると考えられた。

Newberry (1995) は、屋内施設と屋外環境を交互に提示することで、探査行動や縄張り行動の発現の機会を増加させると言及している。屋外運動場を長時間開放し続けることが、必ずしも肥育牛の福祉性改善に有効であるとは限らないと考えられる。また、赤坂ら (2011) は、黒毛和種去勢肥育牛に運動場1時間開放と5時間開放を4日間にわたり実施し、開放時間の違いによる快適性ホルモンへの影響を調査した。その結果、1時間の運動場開放により血漿中オキシトシン値が増加し、肥育牛の快適性が向上したことを明らかにした。さらに、乳用牛では1日当たり1時間、3～4 km/h を歩かせることが推奨されている (Phillips, 1993)。これらのことから乳用牛と同様に肥育牛においても1時間の運動場開放が行動における福祉性改善に有効であると考えられた。

結 言

舎飼肥育牛に 5 時間にわたり運動場を開放した結果、開放 1 時間目には探査行動や歩行活動、個体遊戯行動の発現が促進し、運動場を積極的に利用することが明らかとなった。また、探査行動や歩行活動、個体遊戯行動に対する発現欲求は開放 1 時間目で満たされ、開放 2 時間目以降は、運動場が開放されていても運動場を積極的に利用せず、時間経過とともに活動が安定すると示唆された。これらのことから、開放 1 時間が最も正常行動発現の促進に有効であり、舎飼肥育牛の行動における福祉性や快適性の向上につながると考えられた。



図 3.1. 屋外運動場開放時間の検討における畜舎内ペン（左）およびコンクリート床屋外運動場（右）の様子.

表 3.1. 屋外運動場開放時間の検討における行動単位および定義.

行動単位	定義	
姿勢	立位	起立している。
	伏臥位	両前脚を折り曲げ、両後脚を体に添わせて座る。両方または片方の前脚を伸ばしている場合も含む。
	横臥位	四肢を伸ばし、片側体側面を完全に地面に横たわらせる。頭を仲間の体に預けている場合も含む。
維持行動	摂食	稲ワラ、濃厚飼料を口に含み、咀嚼し、嚥下する。鉍塩を舐める。
	探査	周辺環境を見る、舐める、ニオイを嗅ぐ。
	歩行	歩き回る。
	休息	覚醒している状態で、立位または伏臥位で動かない。
	反すう	立位または伏臥位でいったん摂食した飼料を口中に吐き戻し、咀嚼し、再び嚥下する。
利用率	畜舎内ペン	屋内の畜舎内ペンで活動する。
	屋外運動場	屋外運動場で活動する。
個体遊戯行動	跳ね回り	速い歩調で駆け回り、ジャンプや後脚での蹴り上げを行う。1歩、1跳ねを1発現回数とした。
社会行動	親和	同群または隣群のウシを舐める。顔や頭で仲間の体を擦る。10秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。
	敵対	同群または隣群のウシを角や頭で押しつける。10秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。

佐藤ら (1995) を参照.

表 3.2. 舎飼および5時間のコンクリート床運動場開放における肥育牛の行動時間配分および運動場利用率の経時的変化 (%: スキャンサンプリング; n=12).

行動 (%)		1 時間目		2 時間目		3 時間目		4 時間目		5 時間目							
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.						
摂食	舎飼区	20.5	20.6	3.5	5.3	0.0	0.0	1.4	3.2	2.8	4.1						
	運動場区	11.8	12.5	b	8.0	12.6	a	3.8	5.8	a	4.2	5.3	a	0.7	2.4	a	
探査	舎飼区	4.5	5.2	}*	5.6	4.5	1.7	2.8	5.6	6.5	0.7	1.6					
	運動場区	29.9	14.3		b	14.2	7.2	a	12.5	9.9	a	14.2	10.0	a	16.3	14.0	a
歩行	舎飼区	2.1	2.8	}*	0.7	1.6	}*	0.0	0.0	}*	0.7	1.6	}*				
	運動場区	9.7	4.5		AB	4.2		6.2	A		5.2	4.4		6.3	8.6	3.8	4.5
休息	立位	舎飼区	42.0	23.1	47.2	11.1	5.2	7.6	}*	6.6	5.8	}*	10.8	13.9	}*		
		運動場区	31.9	15.7	b	38.2	15.1	b		32.3	11.3		a	30.9		11.6	a
	伏・横臥位	舎飼区	7.3	16.6	}*	10.8	8.4	}*	64.6	26.6	}*	58.3	25.0	}*	54.5	18.7	}*
		運動場区	0.0	0.0		2.4	5.2		11.5	15.8		13.2	18.1		13.5	17.2	
反芻	立位	舎飼区	0.7	1.6	9.7	9.8	1.7	2.8	}*	2.1	3.3	0.7	2.4	}*			
		運動場区	0.4	1.2	a	7.3	8.2	b		12.2	10.0	ac	6.6		7.6	ac	9.0
	伏・横臥位	舎飼区	1.4	2.7	}*	13.5	11.3	}*	21.9	23.8	}*	20.8	16.9	}*	27.4	17.8	}*
		運動場区	0.0	0.0		a	1.7		6.0	a		10.8	15.8		b	20.5	
利用率	畜舎内ペン	33.5	24.0	}*	44.3	23.7	58.6	30.0	}*	62.4	24.6	}*	53.0	33.7			
	運動場	66.5	24.0		b	55.7	23.7	ab		41.4	30.0		a	37.6	24.6	a	47.0

舎飼区: 終日舎飼区、運動場区: コンクリート床運動場区.

*: 各開放時間および各行動単位における舎飼区と運動場区との比較で有意差あり (対応のある t 検定, $P < 0.05$).

a, b: 運動場区および運動場利用率における各開放時間の間での比較で異文字間に差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$).

A, B: 運動場区における各開放時間の間での比較で同文字間に差がある傾向あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.1$).

†, †: 畜舎内ペンと屋外運動場利用率との比較で有意差あり (χ^2 検定, $P < 0.1$, $P < 0.05$).

表 3.3. 舎飼および 5 時間のコンクリート床運動場開放における肥育牛の遊戯行動および社会行動の発現頻度の経時的変化 (No./時: 連続観察法; n=12).

行動 (No./時)	1 時間目		2 時間目		3 時間目		4 時間目		5 時間目					
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.				
個体遊戯	舎飼区	0.0	0.0	}*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	運動場区	3.7	2.6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
親和	舎飼区	6.1	3.3	}*	2.3	1.7	0.1	0.3	0.1	0.3	1.0	1.4		
	運動場区	0.9	0.9		2.4	1.0	0.6	0.8	0.8	1.0	0.6	0.5		
敵対	舎飼区	1.8	2.3	}*	1.4	0.9	}*	0.4	0.3	}*	0.4	0.8	0.0	0.0
	運動場区	9.6	5.0		3.6	1.1		2.5	0.9		1.4	0.9	1.4	1.8

舎飼区: 終日舎飼区、運動場区: コンクリート床運動場区.

*: 個体遊戯行動 (Wilcoxon signed-rank 検定) および親和・敵対行動 (対応のある t 検定) における各開放時間の舎飼区と運動場区との間に有意差あり ($P < 0.05$).

第 4 章

屋外運動場の構成素材が正常行動の発現に及ぼす影響

緒 言

前章では、屋外運動場の開放は舎飼肥育牛においても正常行動の発現を促進する効果があり、1時間の運動場開放が最も有効であると示唆した。

動物の飼育環境は一般的に作業効率や衛生管理を重視して設計され (Chamove, 1989)、コンクリートや金属などの無機質な素材により構成される。しかし、このような飼育環境は動物の正常な行動発現に適していないと考えられている。コンクリート製の床は摩擦係数が低く滑りやすいため、ウシが正常な立位姿勢や歩行を行うには適していない (Cook and Nordlund, 2009)。コンクリート床は砂やゴムマットなどの素材よりウシの歩行速度や歩幅を減少させ (Telezhenko and Bergsten, 2005)、選好性が低いことが明らかとなっている (Telezhenko et al., 2007)。屋外運動場の開放は舎飼肥育牛の立位姿勢による正常行動の発現を促進する。運動場の開放により行動における福祉性を効果的に向上させるためには、その構成素材にも配慮するべきである。

そこで本章では、肥育牛の正常行動の発現に最も効果的な運動場の構成素材を明らかにすることを目的とし、第 1 節として人工素材であるコンクリート床運動場と、自然素材である土壌床および草地床運動場を開放し、屋外運動場の構成素材が行動に及ぼす影響を調査した。その結果、土壌床の存在が正常行動の発現を持続的に促進したことから、第 2 節では、土壌の提示方法が行動に及ぼす効果を調査した。

第1節 3 素材の屋外運動場の開放が正常行動の発現に及ぼす影響

4.1.1. 背景および目的

複雑または生息環境に類似した飼育環境は、行動発現や心理的健康状態の改善に効果があることが、動物園動物や畜産動物において明らかとなっている。樹上性霊長類では、飼育ケージ内に木の枝やネットを設置することで活動性が向上する (Chamove, 1989; Chang et al., 1999)。産卵鶏では止まり木や砂浴び場、人工芝、紐などの設置により、止まり木止まり行動やつつき行動、地面掻き行動などの正常行動を発現し、敵対行動や羽つつき行動などの異常行動を減少させる (Appleby et al., 1993; Gvoryahu et al., 1994; McAdie et al., 2005)。肥育豚では稲ワラや泥炭、丸太、土壌などの提示により、探査行動や歩行活動が増加し、敵対行動や有害行動が減少する (Wood-Gush and Beilharz, 1983; Simonsen, 1990; Beattie et al., 1996)。このように、飼育動物の生態に関連した、または行動発現欲求を満たす構成素材の提示は、単に飼育スペースを拡大するよりも、効果的に行動における福祉性を改善することが可能である (Wilson, 1982; Reinhardt et al., 1996; Beattie et al., 1996)。ウシへの放牧地の開放は、探査行動や遊戯行動、移動行動などの正常行動の発現を増加させる (O'Connell et al., 1989; Redbo, 1990; Miller and Wood-Gush, 1991; Tuomisto et al., 2008)。このことから、舎飼肥育牛に屋外運動場を開放する際にも、放牧地に存在する土壌や草地などの自然素材を同時に提示することで、運動場開放による正常行動の発現の促進効果をより高められる可能性がある。また、環境エンリッチメントにおいて、

床材の変更は行動発現の改善に対しコストパフォーマンスが良いとされる (Chamove, 1989)。そこで本節では、舎飼肥育牛に人工素材であるコンクリート床運動場と、自然素材である土壌床および草地床運動場を 1 日のみ 1 時間にわたり開放し、屋外運動場の構成素材が正常行動の発現に及ぼす影響を調査した。そして、肥育牛の正常行動の発現促進に最も効果的な運動場の構成素材を明らかにすることを目的とした。

4.1.2. 材料および方法

本節では、黒毛和種去勢肥育牛にコンクリート床運動場、土壌床運動場、草地床運動場をそれぞれ 1 日のみ 10:00 から 11:00 の間に開放し、終日舎飼した肥育牛の行動と比較した。

(1) 供試牛および飼育方式

供試牛は川渡 FSC で飼育していた黒毛和種去勢肥育牛 12 頭 (平均月齢 \pm SD: 26 ± 1 ヲ月齢; 平均体重 \pm SD: 570 ± 72 kg) であった。畜舎内ペン (5 m 四方/ペン; 図 4.1.1a.) に 3 頭 1 群を配し、計 4 ペンで飼育した。全頭、2009 年 6 月から 7 月に農場内の放牧地で出生し、同年 11 月まで母仔ともに放牧飼育した。11 月から 2010 年 4 月まで舎飼飼育した。同年 5 月から 9 月に同放牧地で再び放牧飼育し、10 月から試験期間 (2011 年 7 月から 10 月) を通して、2012 年 3 月の出荷時まで舎飼した。群を舎飼開始時の体重に基づき構成し、試験後の出荷時まで群構成を変えなかった。毎日 9:00 および 16:00 に 1 頭当たり稲ワラ約 1 kg と濃厚飼料約 5 kg (白鳥後期 70, 明治飼糧株式会社,

東京)を給餌した。1ペン当たりウォーターカップ1つを設置し、不断給水とした。また、1ペン当たり鉱塩1つを不断給餌した。

(2) 試験区の構造

畜舎内ペンの構造は第3章と同様である (p.47)。構成素材の異なる3つの屋外運動場を供試牛に開放した。各運動場の概要は以下に示した通りである。

1) コンクリート床運動場 (以下、コンク床区; 5 m 四方/ペン; 図 4.1.1b.): 通常の屋外運動場である。運動場開放時には、畜舎内ペンとコンク床区との行き来が可能であった。

2) 土壌床運動場 (以下、土壌床区; 5 m 四方/ペン; 図 4.1.1c.): コンクリート床運動場の床に土壌 (約 2 トン/ペン; 厚さ約 20 cm) を敷き詰めた運動場である。土壌は川渡 FSC 内にて調達し、怪我の防止のため土壌内の石や木の根などはできる限り取り除いた。運動場開放時には、畜舎内ペンと土壌床区との行き来が可能であった。

3) 草地床運動場 (以下、草地床区; 5 m 四方/ペン; 図 4.1.1d.; 図 4.1.2.): 草地に設置した運動場である。畜舎前には植被率 94 ± 12 % [平均 \pm SD: コドラート法 (1 m 四方) により 12 か所で調査] の放牧地があった。畜舎から少なくとも 20 m 離れた草地に単管パイプ製の囲い (5 m 四方) を設置し、草地床運動場とした。畜舎と草地床区の間には、単管パイプ製の柵により通路を設けた (幅 5 m)。畜舎内ペンと草地床区は隣接していなかったため、開放時には畜舎内ペンと草地床区との行き来ができなかった。餌資源としてではなく運動場として提示するため、試験に利用した草地は試験 1 週間前

に草高 20 cm で刈り取った。供試牛は 1 年間にわたり放牧地を利用していなかったため、草地床区の開放時には暴れると想定した。牛群を安全に管理するため、草地床区の開放は 1 日 1 群ごとに行った。また、全群に新鮮な草地を提示するため、各群の開放終了後に毎日、柵を移動した。

(3) 試験日程および行動観察方法

終日舎飼日の行動（以下、舎飼区）は、2011 年 8 月 9 日および 9 月 26 日の 9:00 から翌 9:00 に観察した。

コンク床区、土壌床区、草地床区の開放は、それぞれ 8 月 1 日、8 月 10 日、9 月 27 日から 30 日の 10:00 から 11:00 に実施した。コンク床区および土壌床区の開放は全群同時に実施した。草地床区の開放は 1 日 1 群ずつ実施した。草地床区への移動はウシのペースで行い、牽引はしなかった。ペン内へ自主的に入らなかった場合のみ、後ろから手で押し入れた。畜舎内ペンと草地床区間の移動は全群とも 5 分以内に終了した。全運動場区において運動場開放終了後（11:00 以降）は、供試牛を畜舎内に再び拘束した。全運動場区において、運動場開放時（10:00 から 11:00）および閉鎖後（11:00 から翌 9:00）、閉鎖 1 日後（翌 9:00 から翌々 9:00）に行動観察を行った。供試牛の行動は畜舎内ペン、コンク床区、土壌床区の天井に設置したビデオカメラ（WV-CW180, WV-PS174, パナソニック株式会社, 大阪; HCIR-41F690, HOGA, 京都）により撮影した。撮影した映像はデジタルレコーダー（KV-D900 (B), 株式会社東芝, 東京; DVR-800, 株式会社塚本無線, 三重）内に保存し、後日、行動観察に供試した。草地床区に

は、ハンディカムビデオカメラ (DCR-SR220, ソニーマーケティング株式会社, 東京) を設置し、行動を記録した。夜間の行動観察のため、畜舎内ペンの天井には 2 台の赤外線投光器 (Raymax, RayTec Ltd., UK) を設置した。行動単位および定義を表 4.1.1. に示した。姿勢および維持行動時間配分 (%)、運動場利用率 (%) は 5 分間隔のスキャンサンプリングにより、個体遊戯行動および社会行動発現頻度 (No./時) は連続観察法により計測した。歩行活動の調査のため、牛歩計 (TMT411E, TFR400EA, 株式会社コムテック, 宮崎) を供試牛の後脚に取り付けた。歩数は舎飼区と各運動場区の開放日および閉鎖 1 日後に計測した。

(4) 統計分析

維持行動時間配分、歩数、運動場利用率、個体遊戯行動発現頻度は個体毎に、社会行動発現頻度は群毎に算出した。維持行動時間配分における処理区間の比較は、処理区間と個体間を二元とした Two-way ANOVA および事後検定として Tukey-Kramer 法により分析した。運動場利用率におけるコンク床区と土壌床区との比較は、対応のある t 検定により分析した。歩数および個体遊戯行動発現頻度における処理区間の比較は、Friedman 検定および事後検定として Wilcoxon signed-rank 検定により分析した。社会行動発現頻度における処理区間の比較は、Friedman 検定および事後検定として対応のある t 検定により分析した。歩数、個体遊戯行動および社会行動発現頻度における事後検定の P-value は Shaffer 法により補正した。P < 0.05 を有意差あり、P < 0.1 を傾向ありとした。

4.1.3. 結果

(1) 舎飼区と各運動場開放時の比較 (10:00 から 11:00)

運動場開放時、全運動場区で舎飼区より探査行動時間配分が増加し (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.2.)、立位休息行動、立位反すう行動、伏臥位・横臥位休息行動時間配分が減少した ($P < 0.05$; 表 4.1.2.)。土壌床区では、探査行動時間配分が他運動場区より多く発現した ($P < 0.05$; 表 4.1.2.)。草地床区では、摂食行動時間配分が舎飼区と他運動場区よりも多く発現した (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.2.)。

運動場開放時、全運動場区で舎飼区より歩数、個体遊戯行動発現頻度が増加し (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.3.)、親和行動発現頻度が減少した ($P < 0.05$; 表 4.1.3.)。草地床区の親和行動発現頻度は、コンク床区および土壌床区より減少した (vs. コンク床区, $P < 0.1$; vs. 土壌床区, $P < 0.05$; 表 4.1.3.)。また有意ではないが、草地床区の敵対行動発現頻度は舎飼区の 5.4 倍になった (舎飼区 vs. 草地床区, $P = 0.14$; 表 4.1.3.)。

(2) 舎飼区と各運動場閉鎖後の比較 (11:00 から翌 9:00)

運動場閉鎖後、コンク床区では舎飼区より探査行動時間配分が多く ($P < 0.05$; 表 4.1.4.)、立位休息行動時間配分が少なかった ($P < 0.05$; 表 4.1.4.)。土壌床区では、探査行動および立位休息行動時間配分が舎飼区より多く (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.4.)、伏臥位休息・反すう行動と睡眠行動時間配分が舎飼区および他運動場区より少なかった (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.4.)。草地床区ではどの行動においても舎飼区と差がなかった。

運動場閉鎖後、コンク床区では舎飼区より歩数および敵対行動発現頻度が少なかった（それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.5.）。土壌床区では舎飼区より歩数が多く（ $P < 0.05$; 表 4.1.5.）、敵対行動発現頻度が少ない傾向があった（ $P < 0.1$; 表 4.1.5.）。

(3) 舎飼区と各運動場閉鎖 1 日後の比較（翌 9:00 から翌々 9:00）

運動場閉鎖 1 日後、コンク床区では舎飼区や他運動場区よりも伏臥位・横臥位姿勢時間配分が多かった（ $P < 0.05$; 表 4.1.4.）。また、コンク床区および草地床区では舎飼区より歩数が少なく（それぞれ $P < 0.05$; 表 4.1.5.）、土壌床区では歩数が多かった（ $P < 0.05$; 表 4.1.5.）。

4.1.4. 考察

(1) 運動場開放時（10:00 から 11:00）

運動場開放時、全運動場区で舎飼区より探査行動、歩行活動および個体遊戯行動の発現が促進され、立位休息・反すう行動と伏臥位・横臥位休息行動の発現が減少した。探査行動、歩行活動および個体遊戯行動は、ウシが内的に強く動機づけられている正常行動である（Dellmeier et al., 1990; Jensen, 1999; Loberg, 2004; Veissier et al., 2008; Westerath et al., 2009a）。運動場開放時には、全ての構成素材においてこれらの正常行動の発現欲求を満し、活動性を向上することが可能であった。

中でも土壌床区は、探査行動の発現が他運動場区よりも多かった。探査行動は環境エンリッチメントの効果を評価する上で重要な指標である（Mench, 1998）。運動場開

放時、土壌床運動場は他運動場より効果的に正常行動の発現を促進できたと考えられる。ウシは放牧地の裸地や土壌運動場において新鮮土壌を摂食することがある（石井, 1986）。また、露出した土面に体を擦りつけるなど、土壌は身繕いの道具としても利用される（石井, 1986）。誇示行動の発現にも、角や蹄による土掘りや土の巻上げなどに土壌が活用される（石井, 1986; 佐藤ら, 1995）。実際に、本節の土壌床区においても土壌を前脚で引っ掻く様子が観察された。このように、土壌は摂食行動、探査行動、身繕い行動、社会行動の発現に関わる生物学的に重要な資源である。土壌の存在はウシにとって非常に刺激的であったことから、他の構成素材より探査行動の発現が促進されたと考えられた。

草地床区では、摂食行動の発現が舎飼区より多く、生草の摂食行動が新たに発現した。運動場開放は、給与飼料への摂食行動が終了し始めた頃（給餌 1 時間後）に実施しており、栄養摂取は十分であったと考えられる。このことから、ウシの生草の摂食欲求は非常に大きく、栄養上の満腹状態にあっても生草の摂食行動が発現することが明らかとなった。一方で、草地床区では敵対行動が舎飼区の 5.4 倍も多く発現した。草地床区は 5 m 四方の狭小草地であり、試験 1 週間前に草高 20 cm に刈り取りを実施していた。生草や空間資源が不足していたため、敵対行動の発現が増加したと考えられる。敵対行動の多発は、攻撃を受けたウシの皮膚損傷を増加させるため（Menke et al., 1999）、身体的健康性や生産性に対して悪影響をもたらす可能性がある。敵対行動の発現を増加させずに、放牧地の開放による福祉性改善効果を得るためには、より広域かつ豊富な資源を有する草地が必要であると考えられた。

(2) 運動場閉鎖後 (11:00 から翌 9:00) および閉鎖 1 日後 (翌 9:00 から翌々 9:00)

運動場閉鎖後、コンク床区では探査行動の発現が舎飼区より増加し、立位反すう行動と敵対行動の発現が減少した。先述のように探査行動は正常行動の一つであり、環境エンリッチメントの効果の指標である (Mench, 1998)。また、敵対行動は欲求不満状態と関連して発現し (Duncan and Wood-Gush, 1971; Carlstead, 1986)、不快性やストレスの指標とされている (Laister et al., 2009)。このことから、コンク床区では閉鎖後にも正常行動の発現や快適性を促進する効果があることが明らかとなった。しかし、歩行活動や立位休息行動の発現は舎飼区より減少し、閉鎖 1 日後には伏臥位・横臥位姿勢の発現が増加した。第 2 章 2 節から、舎飼肥育牛の行動において、伏臥位・横臥位姿勢の長期化が問題であることが明らかになっている。また、環境エンリッチメントの観点において、飼育動物の行動発現パターンを自然下同種個体が発現する正常範囲まで改変する事が重要視される (Chamove, 1989)。コンク床区では、閉鎖後には活動性を低下させ、伏臥位・横臥位姿勢をさらに長期化してしまうため、舎飼肥育牛の伏臥位・横臥位姿勢時間の正常化には適していないと考えられた。また草地床区では、閉鎖 1 日後に歩数が舎飼区より減少した。草地床区もコンク床区と同様に、閉鎖後の活動性を低下させたことから、舎飼肥育牛の伏臥位・横臥位姿勢時間の正常化には適していないと考えられた。

対して土壌床区では、運動場閉鎖後にも探査行動および歩行活動が舎飼区より増加し、立位反すう行動と敵対行動の発現が減少する傾向が見られた。また、立位休息行動の発現は舎飼区より増加し、伏臥位休息・反すう行動と睡眠行動の発現が舎飼区よ

り減少した。土壌床区では、閉鎖後にも立位姿勢での正常行動の発現や活動性、快適性を促進する効果があり、舎飼肥育牛の行動発現の正常性を持続的に改善することが可能であった。

本実験から、コンクリート床運動場は、開放時には正常行動の発現や活動性の改善効果をもたらし、閉鎖後は活動性を低下させることが明らかとなった。草地床運動場は、開放時に生草の摂食行動の発現を特に促進し、閉鎖後は僅かに活動性が低下した。

このことから、コンクリート床運動場と草地床運動場の正常行動発現の促進効果は運動場開放時に限定され、閉鎖後の行動発現の正常化には効果がないと考えられた。それに対し、土壌床運動場は 1 時間の開放時および閉鎖 1 日後まで、持続的に探査や歩行活動などの立位姿勢での正常行動の発現を促進し、行動発現を正常化することが明らかとなった。したがって、舎飼肥育牛に屋外運動場を開放する際には、土壌床運動場として開放することが正常行動の持続的な発現促進により有効であると示唆された。

第2節 屋外運動場における土壌の提示方法が正常行動の発現に及ぼす影響

4.2.1. 背景および目的

前節から、1時間の土壌床運動場の開放は、コンクリート床や草地床より立位姿勢での正常行動の発現を持続的かつ効果的に促進することが明らかとなった。

ウシはヒトより優れた嗅覚を持ち (Albright and Arave, 1997)、視覚や聴覚と同様に環境探査や個体認識、繁殖活動などに嗅覚を利用する (Sommerville and Broom, 1998)。嗅覚刺激がウシの行動に及ぼす影響はいくつか研究されている。捕食者の糞や新奇な植物油、高ストレスなウシの尿のニオイを提示すると摂食量や摂食時間が減少し (Pfister et al., 1990; Boissy et al., 1998)、血液や犬の糞のニオイを提示すると警戒性の行動発現が増加する (Terlouw et al., 1998)。また、環境エンリッチメントとして牛乳のニオイを提示した結果、短期的ではあるが探査行動を増加させた (Wilson et al., 2002)。動物は生物学的に関連のあるニオイに行動反応を示すため、嗅覚刺激の提示は感覚的エンリッチメントの一手法とされている (Wells, 2009)。前節で述べたように、土壌は摂食行動、探査行動、身繕い行動、社会行動の発現に関わる生物学的に重要な資源である。土壌のニオイの提示により、探査行動をはじめとする正常行動の発現を促進する可能性がある。

また、ウシは放牧地において、土壌に頭や体を擦り付ける、土壌を角や蹄で掘る、木や牧柵を頭や角で動かすなど、土壌や物との身体的接触を頻繁に行っている (石井, 1986; 佐藤ら, 1995)。これらの行動は誇示行動や身繕い行動、個体遊戯行動などの様々

な目的で発現する。このような種特異的な行動発現を刺激することは、飼育動物の福祉性改善に効果的であるとされている (Reinhardt et al., 1996)。また、動物が操作可能な付属設備の設置は、物理的エンリッチメントの一手法である (Young, 2003)。運動場の全面を土壌で覆わずとも、身体的接触が可能な土壌の塊を提示することで、正常行動の発現を促進できる可能性があると考えられる。

最後に、ウシは床の硬度に対して選好性があり、立位休息時には非常に柔らかいゴムマットを好み、歩行活動時には硬いゴムマットを好むことが明らかとなっている (Telezhenko et al., 2007)。このことから、土壌床運動場を開放する際にも、土壌床の硬度により正常行動の発現に影響がある可能性が考えられる。

そこで本節では、コンクリート床屋外運動場において土壌のニオイ、土壌の山、柔らかい耕耘土壌床、硬い圧縮土壌床の 4 方法により土壌を提示し、土壌の提示方法が正常行動の発現に及ぼす影響を調査した。そして、土壌の環境エンリッチメント素材としての有用性を検討した。

4.2.2. 材料および方法

黒毛和種去勢肥育牛に 1 日のみ 10:00 から 11:00 の間、コンクリート床運動場区において土壌のニオイ、土壌の山、耕耘土壌床、圧縮土壌床を提示し行動調査を行った。そしてコンクリート床運動場を開放した肥育牛の行動と比較した。

(1) 供試牛および飼育方式

供試牛は川渡 FSC で飼育していた黒毛和種去勢肥育牛 12 頭（平均月齢 \pm SD: 24 ± 2 ヲ月齢; 平均体重 \pm SD: 565 ± 60 kg) であった。畜舎内ペン (5 m 四方/ペン) に 3 頭 1 群を配し、計 4 群で飼育した。群を舎飼開始時の体重に基づき構成し、試験後の出荷時まで群構成を変えなかった。毎日 9:00 および 16:00 に 1 頭当たり稲ワラ約 1 kg と濃厚飼料約 5 kg (白鳥後期 70, 明治飼糧株式会社, 東京) を給餌した。1 ペン当たりウォーターカップ 1 つを設置し、不断給水とした。また、1 ペン当たり鉱塩 1 つを不断給餌した。

(2) 試験区の構造

畜舎内ペンの構造は第 3 章と同様である (p. 47)。畜舎内ペンにはコンクリート製の屋外運動場 (5 m 四方/ペン; 図 4.2.1a.) が隣接していた。供試牛は月 1 回の体重測定日や敷料交換日にのみ運動場を利用できた。運動場はペン毎に柵で区切られており、隣接する運動場間での社会的接触が可能であった。以下の 4 つの方式により、コンクリート床運動場において土壌を提示した。使用した土壌は川渡 FSC 内にて採取し、怪我を防ぐため土壌内の石や植物の根などはできる限り取り除いた。いずれの区においても、畜舎内ペンと屋外運動場との行き来が可能であった。

1) 土壌のニオイの提示 (以下、土ニオイ区; 図 4.2.1b.): コンクリート床運動場に設置した金網の蓋付きのコンテナ 9 個 (コンテナ 1 個あたりのサイズ: 横 50 cm, 縦 40 cm, 高 15 cm; 全長 4.6 m) に土壌 (19.4 kg/個) を入れ、土の匂いのみを提示した。コンテ

ナに対する馴致のため、試験前の1週間に1時間/日、3日間、畜舎内ペンにてコンテナのみを提示した。

2) 土壌の山の提示 (以下、土山区; 図 4.2.1c.): コンクリート床運動場に設置した金属製トレイ (幅 1.8 m, 奥行き 0.9 m, 高さ 6 cm) に、土壌を山型に盛り提示した (高さ約 1 m, 平均重量 1187 kg)。

3) 耕耘土壌床運動場の提示 (以下、耕耘床区; 図 4.1.1d.): コンクリート床運動場の床に土壌 (約 2 トン/ペン, 厚さ約 20 cm) を敷き詰め、耕耘機を用いて耕した土壌床を提示した (平均硬度 2.4 ± 1.2 mm)。

4) 圧縮土壌床運動場の提示 (以下、圧縮床区; 図 4.1.1e.): コンクリート床運動場の床に土壌 (約 2 トン/ペン, 厚さ約 20 cm) を敷き詰め、ショベルカーなどの重機を用いて圧縮鎮圧した土壌床を提示した (平均硬度 24.9 ± 0.7 mm)。

(3) 試験日程および行動観察方法

コンクリート床運動場に1時間開放した肥育牛の行動 (以下、コンク床区) は、第4章1節のデータを利用した。2011年8月1日の10:00から11:00にコンク床区を開放した。土ニオイ区および土山区はそれぞれ2区ずつ設け、2013年5月22日および29日に各区2群ずつ10:00から11:00に開放した。耕耘床区および圧縮床区も同様にそれぞれ2区ずつ設け、2013年6月5日および6月12日に各区2群ずつ10:00から11:00に開放した。各試験区とも開放終了後 (11:00以降) は、供試牛を畜舎内に再び拘束した。行動観察は運動場開放時 (10:00から11:00) および閉鎖後 (11:00から翌

9:00) に行った。

供試牛の行動は、畜舎内ペンおよび屋外運動場の天井に設置したビデオカメラ (WV-CW180, WV-PS174, パナソニック株式会社, 大阪; HCIR-41F690, HOGA, 京都) により撮影した。撮影した映像はデジタルレコーダー (KV-D900 (B), 株式会社東芝, 東京; DVR-800, 株式会社塚本無線, 三重) 内に保存し、後日、行動観察に供試した。夜間の行動観察のため、畜舎内ペンの天井には 2 台の赤外線灯光器 (Raymax, RayTec Ltd., UK) を設置した。行動単位および定義を表 4.2.1. に示した。姿勢および維持行動時間配分 (%)、運動場利用率 (%) は 5 分間隔のスキャンサンプリングにより、個体遊戯行動、誇示行動および社会行動発現頻度 (No./時) は連続観察法により計測した。

歩行活動の調査のため、牛歩計 (TMT411E, TFR400EA, 株式会社コムテック, 宮崎) を供試牛の後脚に取り付けた。歩数を運動場開放日および閉鎖 1 日後に計測した。

(4) 統計分析

維持行動時間配分、運動場利用率、個体遊戯行動および誇示行動発現頻度は個体毎に、社会行動発現頻度は群毎に算出した。コンク床区と各土壌提示区で使用した供試牛は個体が異なるため、維持行動時間配分および運動場利用率におけるコンク床と各土壌提示区との比較は One-way ANOVA により、各土壌提示区間の比較は処理区と個体を二元とした Two-way ANOVA により分析し、事後検定として Tukey-Kramer 法を用いた。歩数および個体遊戯行動、誇示行動発現頻度におけるコンク床区と各土壌提示区との比較は、Kruskal-Wallis 検定により分析し、事後検定として Steel 検定を用

いた。また各土壌提示区間の比較は Friedman 検定により分析し、事後検定として Wilcoxon signed-rank 検定を用いた。社会行動発現頻度における処理区間の比較は、コンク床区と各土壌提示区との比較は、Kruskal-Wallis 検定により分析し、事後検定として Steel 検定を用いた。また、各土壌提示区間の比較は Friedman 検定により分析し、事後検定として対応のある t 検定を用いた。歩数、個体遊戯行動、誇示行動および社会行動発現頻度における事後検定の P-value は Shaffer 法により補正した。P < 0.01 および P < 0.05 を有意差あり、P < 0.1 を傾向ありとした。

4.2.3. 結果

(1) 運動場開放時 (10:00 から 11:00)

運動場開放時、全土壌提示区で摂食行動時間配分が減少した (P < 0.01; 表 4.2.2.)。土ニオイ区では、立位休息行動時間配分がコンク床区より多かったが (P < 0.05; 表 4.2.2.)、その他の行動においては差がなかった。土山区では、探査行動時間配分および誇示行動発現頻度がコンク床区より多かった (それぞれ P < 0.01; 表 4.2.2. および表 4.2.3.)。耕耘床区では、歩数、個体遊戯行動、誇示行動および親和行動発現頻度がコンク床区より多かった (歩数, 誇示, 親和: P < 0.05; 個体遊戯: P < 0.01; 表 4.2.3.)。圧縮床区では、歩数、個体遊戯行動および親和行動発現頻度がコンク床区より多かった (それぞれ P < 0.05; 表 4.2.3.)。

(2) 運動場閉鎖後 (11:00 から翌 9:00) および閉鎖 1 日後

運動場閉鎖後、土ニオイ区および土山区では立位休息行動時間配分がコンク床区より多かった (それぞれ $P < 0.05$; 表 4.2.2.)。圧縮床区では、探査行動時間配分が土ニオイ区と耕耘床区より多い傾向があった (それぞれ $P < 0.1$; 表 4.2.2.)。また、運動場閉鎖 1 日後、土山区、耕耘床区および圧縮床区では歩数がコンク床区より多かった ($P < 0.05$; 表 4.2.3.)。

4.2.4. 考察

運動場開放時、全土壌提示区で摂食行動の発現が減少した。運動場利用率 \pm SD (%) はコンク床区で 66.0 ± 23.4 であったが、有意ではないものの各土壌提示区で 74.3 ± 14.0 ~ 81.9 ± 15.4 まで増加した。飼槽は畜舎内ペンにあり、土壌の提示により屋外運動場を積極的に利用したため、摂食行動の発現が減少したと考えられる。

運動場開放時、土ニオイ区では立位休息行動の発現がコンク床区より多かった。Terlouw et al. (1998) は、環境に付加したニオイへの反応として、空気嗅ぎ行動 (頭は上向きで、移動せずに、鼻孔を動かし空気を吸い込む行動) が増加すると報告している。本実験では、立位姿勢で移動せず、頭を動かさない状態を立位休息行動と定義した。また、ビデオカメラは天井に設置したため、詳細な鼻孔の動きなどは観察できず、空気嗅ぎ行動と立位休息行動を区別することができなかった。土ニオイにおける立位休息行動の増加は空気嗅ぎ行動の増加を示している可能性がある。しかし、土ニオイ区では他の行動においては差がなかった。このことから、土壌のニオイの提示では、コンクリ

ート床運動場と同程度の正常行動の発現促進効果しかないと考えられる。

運動場開放時の土山区では、探査行動の発現がコンク床区よりも促進した。探査行動は環境エンリッチメントの効果の良い指標であることから (Mench, 1998)、運動場開放時、土山区では効果的に正常行動の発現を促進できたと考えられる。また、土山区と耕耘床区では、放牧牛でよく観察される誇示行動の発現が新たに発現した。土を角や蹄で掘る、頭や体を土壤に擦り付けるなどの種特異的な行動が新たに発現したことは、環境エンリッチメント素材として有効であることを示している。また、圧縮床区でも誇示行動が僅かに発現したが、土山区や耕耘床区より少なかった。放牧地では地形の傾斜や木などの立体物が多く存在し、ウシはそれらを利用して誇示行動や身繕い行動、操作性の個体遊戯行動を行っている (石井, 1986)。本節における誇示行動の発現は、土壤の高さや柔らかさにより刺激されると考えられる。

運動場開放時の耕耘または圧縮床区では、歩行活動や移動性の個体遊戯行動、親和行動の発現がコンク床区より増加した。ウシはこれらの行動発現に内的に強く動機づけられており (Veissier et al., 2008; Westerath et al., 2009b) 移動性個体遊戯行動と親和行動は良い福祉性の指標である (Winckler et al., 2003; Napolitano, et al., 2009; Westerath et al., 2009b; Mills, 2010)。このことから、両土壤床において歩行活動や個体遊戯行動、親和行動の発現がコンクリート床運動場より促進し、福祉性が向上したことが明らかとなった。

運動場閉鎖 1 日後、土山区、耕耘床区および圧縮床区では、歩行活動の発現がコンク床区より多かった。土壤との直接的な接触が可能な提示方法は、閉鎖後にも歩行

活動の発現を促進することが明らかとなった。また、圧縮床区では、探査行動の発現が土ニオイ区と耕耘床区より多かった。土壌提示区の中でも、圧縮床区は特に持続的に正常行動の発現を促進することが明らかとなった。

結 言

第 1 節において、屋外運動場の構成素材が舎飼肥育牛の行動に及ぼす影響を調査するため、人工素材であるコンクリート床運動場と、自然素材である土壌床および草地床運動場を 1 時間にわたり開放した。コンクリート床および草地床運動場は、開放時には探査行動や歩行活動などの正常行動の発現促進効果をもたらしたが、閉鎖後は活動性が低下した。そのため、両素材は舎飼肥育牛の福祉性改善の効果は一時的であると考えられた。それに対し、土壌床運動場は開放時および閉鎖 1 日後まで探査行動や歩行活動などの立位姿勢による正常行動の発現を促進し、閉鎖後の敵対行動の発現を減少したことから、持続的に行動発現を正常化する効果があると示唆した。また、第 2 節において、土壌の提示方法が舎飼肥育牛の行動に与える影響を調査し、より効果的な土壌の提示方法を検証した。土山や耕耘土壌床という身体的接触が可能な、または柔らかい土壌の提示は、放牧牛でよく観察される誇示行動の発現を刺激した。耕耘または圧縮土壌床という土壌床としての提示では、歩数、個体遊戯行動、親和行動などの複数の正常行動の発現が促進した。土山、耕耘または圧縮土壌床の運動場閉鎖後にも、歩行活動の発現は促進され、特に圧縮土壌床では探査行動の発現も多かった。

以上のことから、舎飼肥育牛に屋外運動場を開放する際には、締め固められたコンクリートではなく、適度に硬い土壌床にすることが持続的な多数の正常行動の発現の促進に最も有効であると考えられた。また、身体的接触が可能な土山の提示も、誇示行動を主とした正常行動の発現に有効な方法であった。



(a) 畜舎内ペン



(b) コンクリート床運動場



(c) 土壌床運動場



(d) 草地床運動場

図 4.1.1. 屋外運動場の構成素材の検討における畜舎内ペン (a) および 3 構成素材による屋外運動場の様子 (b, c, d).

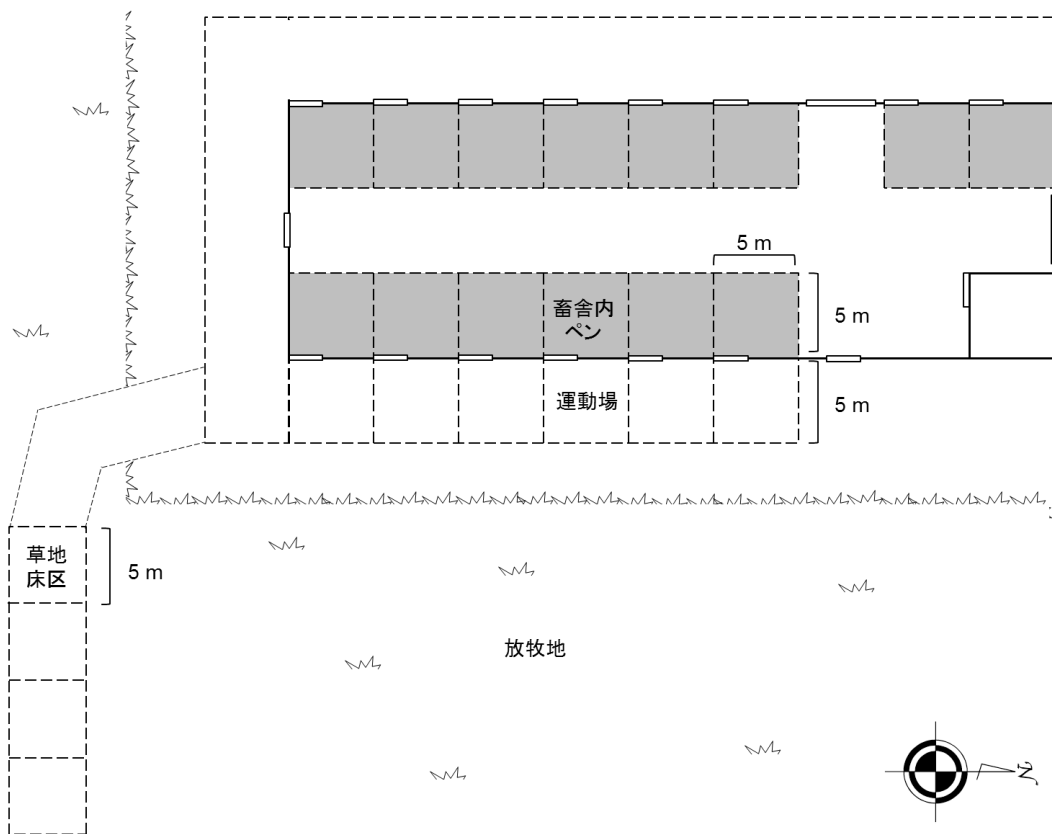


図 4.1.2. 屋外運動場の構成素材の検討における畜舎内ペンおよび草地床運動場区（草地床区）の位置関係の略図. 実線は壁、点線は柵を示す.

表 4.1.1. 屋外運動場の構成素材の検討における行動単位および定義.

行動単位	定義	
姿勢	立位	起立している。
	伏臥位	両前脚を折り曲げ、両後脚を体に添わせて座る。両方または片方の前脚を伸ばしている場合も含む。
	横臥位	四肢を伸ばし、片側体側面を完全に地面に横たわらせる。頭を仲間の体の上に置いている場合も含む。
維持行動	摂食	稲ワラ、濃厚飼料を口に含み、咀嚼し、嚥下する。鉱塩を舐める。草地床区でのみ生草の摂食が可能であった。
	探査	周辺環境を見る、舐める、ニオイを嗅ぐ。
	歩行	歩き回る。
	休息	覚醒している状態で、立位または伏臥位で動かない。
	反すう	立位または伏臥位でいったん摂食した飼料を口中に吐き戻し、咀嚼し、再び嚥下する。
	睡眠	伏臥位の状態で頸を曲げ、頭を自分の体に乗せる。または、横臥位の状態で頭を地面や仲間の体の上に置く。
利用率	屋外運動場	屋外運動場で活動している割合。コンク床区および土壌床区でのみ観察した。
個体遊戯行動	跳ね回り	速い歩調で駆け回り、ジャンプや後脚での蹴り上げを行う。1歩、1跳ねを1発現回数とした。
	遊戯 (模擬闘争)	2頭のウシが互いに向き合い、頭や角を突き合わせ、押し合う。10秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。
社会行動	親和	同群または隣群のウシを舐める。顔や頭で仲間の体を擦る。10秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。
	敵対	同群または隣群のウシを頭や角で押しのける。10秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。

佐藤ら (1995) を参照.

表 4.1.2. コンクリート床、土壌床および草地床からなる屋外運動場の開放 1 時間における肥育牛の行動時間配分 (%: スキャンサンプリング; n=12).

行動 (%)	開放時 (10:00 - 11:00)											
	舎飼区			コンクリート床区			土壌床区			草地床区		
	Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.	
摂食	27.8	14.1	a	26.4	11.7	a	14.6	12.4	a	51.4	18.1	b
探査	5.2	5.9	a	37.5	14.4	c	55.6	10.9	d	20.8	11.5	b
立位休息	36.1	11.8	b	13.9	7.4	a	14.6	10.1	a	15.3	10.6	a
伏臥位・横臥位休息	9.7	13.7	b	0.0	0.0	a	0.0	0.0	a	0.0	0.0	a
反すう	3.5	5.8	b	0.0	0.0	a	0.0	0.0	a	0.0	0.0	a
運動場利用率	-	-		66.0	23.4		52.8	22.3		-	-	

舎飼区: 終日舎飼区、コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 土壌床運動場区、草地床区: 草地床運動場区.

abcd: 各行動単位の異文字間で有意差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$).

表 4.1.3. コンクリート床、土壌床および草地床からなる屋外運動場の開放 1 時間における肥育牛の行動発現頻度 (No./時: 連続観察法; n=12).

行動 (No./時)	開放時 (10:00 - 11:00)											
	舎飼区			コンクリート床区			土壌床区			草地床区		
	Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.	
歩数	161	31	a	314	74	b	334	77	b	379	83	b
個体遊戯	0.0	0.0	a	17.8	12.8	b	21.7	16.8	b	12.8	15.7	b
社会遊戯	2.4	2.5	a	28.0	3.0	b	7.3	2.9	a	6.8	4.0	a
親和	13.5	5.5	c	1.5	1.0	ab [†]	3.5	1.7	b	0.0	0.0	a [†]
敵対	4.9	1.9		15.5	7.4		8.8	3.9		26.5	16.5	

舎飼区: 終日舎飼区、コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 土壌床運動場区、草地床区: 草地床運動場区.

abc: 各行動単位の異文字間で有意差あり (Shaffer, $P < 0.05$).

†: 各行動単位の同符号間で有意な傾向あり (Shaffer, $P < 0.1$).

表 4.1.4. コンクリート床、土壌床および草地床からなる屋外運動場の閉鎖後における肥育牛の行動時間配分 (%: スキャンサンプリング; n=12).

行動 (%)	閉鎖後 (11:00 - 翌 9:00)											
	舎飼区			コンクリート床区			土壌床区			草地床区		
	Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.	
摂食	7.2	1.6		8.0	1.2		8.1	2.3		8.0	1.4	
探査	2.1	0.8	a	3.6	1.2	b	3.6	1.6	b	2.1	1.1	a
立位休息	14.6	3.0	b	9.3	3.6	a	21.4	6.5	c	13.9	3.5	b
立位反すう	5.9	2.7	ab	5.1	2.9	ab	7.1	3.8	b	3.9	4.0	a
伏臥位休息・反すう	52.5	5.1	b	56.9	6.0	b	42.5	7.7	a	54.1	5.5	b
睡眠	12.3	2.3	b	10.9	2.8	b	7.3	3.9	a	12.3	3.6	b
	閉鎖 1 日後 (翌 9:00 - 翌々 9:00)											
摂食	10.6	1.6		9.4	1.6	AB	11.2	3.2	A	11.2	3.2	B
探査	2.4	0.8		2.3	0.9		2.7	1.2		2.7	1.2	
立位休息	15.4	3.1		13.0	2.9		15.1	3.4		15.5	3.1	
立位反すう	5.5	2.7	b	2.5	2.4	a	3.1	2.1	a	3.1	2.4	a
伏臥位・横臥位姿勢	60.4	4.7	a	68.1	5.5	b	62.7	6.2	a	63.1	6.1	a

舎飼区: 終日舎飼区、コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 土壌床運動場区、草地床区: 草地床運動場区.

abc: 各行動単位の異文字間で有意差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$).

AB: 各行動単位の同文字間で有意な傾向あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.1$).

表 4.1.5. コンクリート床、土壌床および草地床からなる屋外運動場の閉鎖後における肥育牛の行動発現頻度 (No./時: 連続観察法; n=12).

行動 (No./時)	閉鎖後 (11:00 - 翌 9:00)											
	舎飼区			コンクリート床区			土壌床区			草地床区		
	Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.		Mean	S.D.	
歩数	136	18	b	105	30	a	234	64	c	126	21	ab
社会遊戯	2.9	0.9	c [†]	1.6	0.2	bc [†]	2.0	1.0	ab	1.2	0.3	a
親和	5.3	2.4		4.4	1.4		5.8	3.6		4.2	1.2	
敵対	7.1	1.5	b [†]	2.6	0.7	a	4.0	1.7	ab [†]	4.3	2.6	ab
閉鎖 1 日後 (翌 9:00 - 翌々 9:00)												
歩数	69	9	c	42	8	a	99	27	d	59	10	b
社会遊戯	1.4	0.4	b	0.7	0.5	a	0.6	0.2	a	0.7	0.1	ab
親和	2.8	1.2	b [†]	1.4	0.7	a	1.3	0.6	ab [†]	2.1	0.6	ab
敵対	3.4	0.6	b	1.3	0.2	a	2.7	1.8	b	2.3	1.1	b

舎飼区: 終日舎飼区、コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 土壌床運動場区、草地床区: 草地床運動場区.

abc: 各行動単位および歩数の異文字間で有意差あり (Shaffer, $P < 0.05$).

[†]: 各行動単位の同符号間で有意な傾向あり (Shaffer, $P < 0.1$).



(a) コンクリート床運動場区



(b) 土壌のニオイ提示区



(c) 土山提示区



(d) 耕耘土壌床運動場区



(e) 圧縮土壌床運動場区

図 4.2.1. 土壌の提示方法の検討におけるコンクリート床屋外運動場 (a) および各土壌提示区の様子 (b, c, d, e).

表 4.2.1. 土壌の提示方法の検討における行動単位および定義.

行動単位		定義
姿勢	立位	起立している。
	伏臥位	両前脚を折り曲げ、両後脚を体に添わせて座る。両方または片方の前脚を伸ばしている場合も含む。
	横臥位	四肢を伸ばし、片側体側面を完全に地面に横たわらせる。頭を仲間の体の上に置いている場合も含む。
維持行動	摂食	稲ワラ、濃厚飼料を口に含み、咀嚼し、嚥下する。鉱塩を舐める。
	探査	周辺環境を見る、舐める、匂いを嗅ぐ。または土壌を舐める。
	歩行	歩き回る。
	休息	覚醒している状態で、立位または伏臥位で動かない。
	反すう	立位または伏臥位でいったん摂食した飼料を口中に吐き戻し、咀嚼し、再び嚥下する。
	睡眠	伏臥位の状態で頸を曲げ、頭を自分の体に乗せる。または、横臥位の状態で頭を地面や仲間の体の上に置く。
利用率	屋外運動場	屋外運動場で活動する。
個体遊戯行動	跳ね回り	速い歩調で駆け回り、ジャンプや後脚での蹴り上げを行う。1 歩、1 跳ねを 1 発現回数とした。
誇示行動 *	誇示行動	土壌を角や蹄で掻く。コンク床区ではコンク床やおがくずを蹄で掻く行動を観察した。
	身繕い行動	前脚を折り、土壌に体や頭を擦り付ける。コンク床区では柵などへの体の擦り付けを観察した。
	操作性遊戯行動	土壌の山に頭を押し付ける。コンク床区では、柵などへの頭の押し付けを観察した。
社会行動	遊戯 (模擬闘争)	2 頭のウシが互いに向き合い、頭や角を突き合わせ、押し合う。10 秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。
	親和	同群または隣群のウシを舐める。顔や頭で仲間の体を擦る。10 秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。
	敵対	同群または隣群のウシを頭や角で押しつける。10 秒以上中断した後、再び発現した場合、または相手を変えた場合、新しいバウトとした。

佐藤ら (1995) を参照。

*: 誇示行動、土壌での身繕い行動、操作性遊戯行動は連続して、入り交ざった状態で発現しており、分類が困難であったため、まとめて「誇示行動」として扱った。

表 4.2.2. 屋外運動場における土壌の提示方法の違いが開放時および閉鎖後の肥育牛の行動時間配分に及ぼす影響 (%: スキャンサンプリング; n=12).

行動 (%)	開放時 (10:00 - 11:00)													
	コンクリート床区		土ニオイ区		土山区		耕耘床区		圧縮床区					
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
摂食	26.4	11.7	0.7	2.4	a**	2.8	5.4	a**	5.6	7.4	ab**	10.4	10.7	b**
探査	37.5	14.4	50.0	11.2	ab	62.5	18.6	b**	51.4	15.0	ab	44.4	10.3	a
立位休息	13.9	7.4	32.6	15.3	b*	2.8	5.4	a	26.4	19.7	b	29.2	14.4	b [†]
運動場利用率	66.0	23.4	80.6	18.9		81.9	15.4		81.3	10.1		74.3	14.0	
	閉鎖後 (11:00 - 翌 9:00)													
摂食	8.0	1.2	8.8	1.6		8.9	2.0		8.8	1.6		8.9	1.4	
探査	3.6	1.2	2.4	1.1	A	3.2	1.7		2.3	1.1	B	3.6	2.4	AB
立位休息	9.3	3.6	15.2	3.7	*	15.5	7.3	*	14.1	4.7		12.5	2.6	
立位反すう	5.1	2.9	5.0	5.6		6.1	7.8		4.3	3.7		3.8	4.0	
伏臥位休息・反すう	60.1	6.3	50.9	5.7	*	49.0	10.4	**	51.8	6.5	*	52.2	3.5	*
睡眠	10.9	2.8	15.2	4.8		15.5	3.5	†	15.4	3.4	†	16.0	5.8	*

コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土ニオイ区: 土壌のニオイ提示区、土山区: 土山提示区、耕耘床区: 耕耘土壌床運動場区、圧縮床区: 圧縮土壌床運動場区.

abc: 各行動単位の異文字間で有意差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$).

A, B: 各行動単位の同文字間で有意な傾向あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.1$).

†, *, **: 各行動単位におけるコンクリート床区との間で有意差または有意な傾向あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.1$, $P < 0.05$, $P < 0.01$).

表 4.2.3. 屋外運動場における土壌の提示方法が開放時および閉鎖後の肥育牛の行動発現頻度に及ぼす影響 (No./時: 連続観察法; n=12).

行動 (No./時)	開放時 (10:00 - 11:00)													
	コンクリート床区		土ニオイ区		土山区			耕耘床区		圧縮床区				
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
歩数	314	74	383	84	403	117		424	70	*	442	81	*	
個体遊戯	17.8	12.8	27.7	22.5	a	27.1	16.1	a	68.8	29.2	b**	66.3	39.3	b*
社会遊戯	28.0	3.0	10.1	4.5	†	19.3	15.1		16.9	5.2	†	14.8	4.9	†
誇示	0.0	0.0	0.0	0.0	a	23.3	16.0	c**	2.1	3.4	b ^A *	0.2	0.6	ab ^A
親和	1.5	1.0	2.0	2.2		4.3	2.1		6.3	2.1	*	8.3	5.0	*
敵対	15.5	7.4	11.5	7.2		13.5	9.9		12.8	7.1		13.3	5.6	
閉鎖 1 日後 (翌 9:00 - 翌々 9:00)														
歩数	42	8	60	27		61	18	*	53	11	*	62	17	*

コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土ニオイ区: 土壌のニオイ提示区、土山区: 土山提示区、耕耘床区: 耕耘土壌床運動場区、圧縮床区: 圧縮土壌床運動場区.

abc: 各行動単位の異文字間で有意差あり (Shaffer, $P < 0.05$).

A: 各行動単位の同文字間で有意な傾向あり (Shaffer, $P < 0.1$).

†, *, **: 各行動単位および歩数におけるコンクリート床区との間で有意差または有意な傾向あり (Steel, $P < 0.1$, $P < 0.05$, $P < 0.01$).

第 5 章

定期的な土壌床運動場の開放が身体的および心理的健康性、 生産性に及ぼす影響

緒 言

前章において、土壌床運動場の開放はコンクリート床運動場や草地床運動場よりも正常行動の発現や活動性を持続的に促進し、特に硬い圧縮土壌床運動場が有効であることを明らかにした。

肥育牛への圧縮土壌床運動場の開放は、ウシが内的に動機づけられている探査行動や歩行活動などの正常行動の発現の機会を提示することが可能であり、OIE の 11 項目からなる家畜生産システムにおける家畜福祉原則 (OIE, 2005a) を満たす飼育管理方法であると考えられる。しかし、畜産現場で特に重要視されることは、肥育牛の身体的健康性や生産性である。肥育牛に対し新たな環境エンリッチメントを導入する際には、身体的健康性や生産性への影響を把握することが求められる。そこで本章では、圧縮土壌床運動場の定期開放が、肥育牛の身体的健康性および心理的健康状態、生産性に及ぼす影響を調査することを目的とした。

5.1. 背景および目的

歩行活動の増加は身体的健康性に対して正の効果がある。乳用牛では、トレッドミルを用いた運動により歩行能力が向上し、体力や心肺機能が向上した (Davidson and Beede, 2009)。また、歩行活動の多い乳用牛は血清中遊離脂肪酸値 (FFA) が低いことから、歩行活動の増加はエネルギーバランスを改善すると考えられる (Adewuyi et al., 2006)。前章において、圧縮土壌床運動場の開放は開放時および閉鎖後の歩行活動を増加させたことから、圧縮土壌床運動場の開放は舎飼肥育牛のエネルギー代謝を改善することが期待される。

運動と生産性に関しては様々な報告がある。Dunne et al. (2005) は肥育牛に 4.41 km/日を歩かせた結果、生体重と 1 日当たり増体重、脂肪スコアが減少した。繋留飼育牛 (ストール幅 0.7~0.9 m) と森パドック飼育牛 (1000 m²/頭) との比較では、森パドック飼育牛において旨み成分である筋肉中不飽和脂肪酸割合が増加したが、筋肉の明度が低下した (Huuskonen et al., 2010)。このように、運動や屋外飼育は生産性に負の影響があると報告されている。しかし一方で、ペン飼育牛 (2.5 m²/生体 500 kg または 4 m²/頭) と屋外飼育牛 (18 m²/頭) における生産性調査では、行動制限の少ない屋外飼育では 1 日当たり増体重や屠体重、脂肪スコアが増加し、肉色には差は見られなかったと報告されている (Dunne et al., 2008)。同様に、舎飼牛 (2.5 m²/頭) と生草摂食を制限した放牧飼育牛 (133 m²/頭) との比較研究においても、放牧飼育牛の体重は舎飼牛より多く、肉の明度には差がなかった (Moloney et al., 2004)。このように運動による生産性への影響は、運動が強制的かどうかや、運動場で生草の摂取が可能かによ

り変化する。そのため、福祉性改善を目的とした 1 時間/日の圧縮土壌床運動場の定期開放が生産性に与える影響は明らかではない。

正常行動を発現できる飼育環境は、心理的健康性の改善にも正の効果がある。屋外放飼場で飼育した仔ウシはストール飼育と比較して、正常な行動発現が可能で慢性的ストレスが少ないため (Dellmeier et al., 1985)、生理的ストレス指標である血中コルチゾル基底値や甲状腺ホルモンが減少する (Friend et al., 1985)。繋留飼育乳用牛においても、毎日 1 時間の運動場開放により乳中コルチゾル濃度を減少させることが可能であった (Veissier et al., 2008)。ヒトやマウスにおいて、歩行活動や運動はリラクゼーション効果や、ストレスからの回復力を高める効果をもたらすことが明らかとなっている (Sciolino and Holmes, 2012)。また、環境エンリッチメントにより多様な行動発現の機会を与えることは、ストレス負荷や新奇物に対する行動反応性を改善することが明らかとなっている。ケージ飼育産卵鶏に環境エンリッチメントを実施した結果、新奇刺激やヒトに対する恐怖反応性が減少し、怪我のリスクが低下した (Reed et al., 1993)。肥育豚や仔豚においても、環境エンリッチメントにより新規ペンや新奇物に対して移動、発声、不動などの恐怖反応性が減少し、新奇物への接触時間が増加した (Beattie et al., 2000; Lewis et al., 2006)。前章において、圧縮土壌床運動場の開放は正常行動の発現を持続的に促進したことから、本運動場の定期開放により舎飼肥育牛においても同様の心理的健康性の改善効果が得られると考えられる。

そこで本章では、圧縮土壌床運動場を定期的に開放し、身体的健康状態、生産性、生理的ストレス反応、行動反応の 4 つの側面から、肥育牛の身体的および心理的健康

状態、生産性への影響を調査した。

5.2. 材料および方法

肥育前期および肥育後期牛に2ヵ月間にわたり3日毎に1日1時間、圧縮土壌床運動場を定期開放し、身体的健康状態、生産性、生理的ストレス反応、行動反応に関して終日舎飼区およびコンクリート床運動場定期開放区の肥育牛と比較した。

(1) 供試牛および飼育方式

供試牛は、川渡FSCで飼育していた黒毛和種去勢肥育牛の肥育前期個体9頭（以下、前期群：試験開始時の平均月齢 \pm SD: 15 ± 2 ヵ月齢、平均体重 \pm SD: 385 ± 46 kg）、肥育後期個体9頭（以下、後期群：同 28 ± 2 ヵ月齢、同 628 ± 63 kg）の計18頭であった。畜舎内ペン（5 m 四方/ペン；図 5.1a.）に3頭1群を配し、計6ペンで飼育した。群を舎飼開始時に体重が近似なウシ同士で構成し、試験期間中に群構成は変えなかった。毎日9:00および16:00に、前期群には1頭当たり稲ワラ約0.6 kg、乾草約2 kg（チモシーNo.1, 明治飼糧株式会社, 東京）、前期濃厚飼料約2.3 kg（オールインワン前期, 株式会社オールインワン, 香川）、ハイキューブ約0.7 kgを給餌した。後期群には1頭当たり稲ワラ約1 kg、後期濃厚飼料約5 kg（白鳥後期70, 明治飼糧株式会社, 東京）、ハイキューブ（朝のみ）約270 gを給餌した。1ペン当たりウォーターカップ1つを設置し、不断給水とした。また、1ペン当たり鉱塩1つを不断給餌した。

試験は2013年9月26日から12月5日に実施した。前期1群および後期1群ず

つを終日舎飼区（以下、舎飼区；図 5.1a.）、コンクリート床運動場定期開放区（以下、コンク床区；図 5.1b.）、圧縮土壌床運動場定期開放区（以下、土壌床区；図 5.1c.）に配置した。各試験区の構造は第 4 章と同様である。試験期間中、舎飼区では月 1 回の体重測定および採血日、敷料交換日を除いて、常に屋内飼育した。コンク床区および土壌床区では、3 日毎に 10:00 から 11:00 の間、コンクリート床運動場および土壌床運動場を開放した。

(2) 身体的健康状態評価方法

身体的健康状態の評価として、代謝プロファイルテストを実施した。採血は試験開始前（以下、開放前：前期群：2013 年 9 月 12 日、後期群：13 日）、試験開始 1 ヶ月後（以下、開放 1 ヶ月後：前期群：10 月 24 日、後期群：25 日）、試験開始 2 ヶ月後（以下、開放 2 ヶ月後：前期群：11 月 20 日、後期群：21 日）に実施した。岡田（1999）の方法に従い、給餌 3 時間後（13:00）に採血を開始した。

測定項目はアルブミン（ALB）、血液尿素窒素（BUN）、グルコース（GLU）、総コレステロール（T-CHO）、遊離脂肪酸（FFA）、カルシウム（Ca）、 β ヒドロキシ酪酸（BHB）、無機リン（iP）、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）、 γ グルタミルトランスペプチターゼ（GGT）、アセト酢酸（ACAC）である。血中グルコース濃度はフッ化ナトリウム/EDTA2Na 入り採血管（日本ベクトン・ディッキンソン株式会社，東京）を用いて採血し、採血後ただちに冷蔵した。その後、1469 g、5 分間の遠心分離を行い、血漿を採取した。その他の測定項目は、血清分離剤入り真空採血管（日本ベクトン・デ

イッキンソン株式会社，東京）を用いて採血し、採血後 15 分間常温でインキュベートした。その後、1469 g、15 分間の遠心分離を行い、血清を採取した。全測定項目の分析は、岩手大学農学部共同獣医学科、臨床獣医学講座生産獣医療学研究室（盛岡）に外部委託した。各測定項目の適正範囲は表 5.1.に示したとおりであり、松田（2011ab）、渡辺（2011）、岡田（2007）を参照した。

(3) 生産性評価方法

生産性評価として、体重 (kg) を開放前（2013 年 9 月 12 日）と開放 2 ヶ月後（11 月 20 日）の 10:00 に測定した。また、開放前から開放 2 ヶ月後までの増体重 (kg) および増体率を求めた。

出荷時産肉成績は後期群でのみ調査した。舎飼区は 30.5 ± 0.9 ヶ月齢時（2014 年 3 月 13 日）、コンク床区は 32.4 ± 1.8 ヶ月齢時（5 月 29 日）、土壌床区は 32.4 ± 0.5 ヶ月齢時（2 月 5 日）に屠畜し、出荷時体重 (kg)、枝肉重量 (kg)、ロース芯面積 (m^2)、バラの厚さ (cm)、皮下脂肪厚 (cm)、歩留基準値、BMS (No.)、脂肪交雑等級 (No.)、BCS (No.)、肉の光沢 (No.)、BCS および光沢等級 (No.)、しまり (No.)、きめ (No.)、しまりおよびきめ等級 (No.)、取引価格 (円/kg)、内臓廃棄個体数 (頭) を調査した。

(4) 生理的ストレス指標評価方法

生理的ストレス指標として、血清中コルチゾル濃度を測定した。採血日時は代謝プロファイルテストにおける採血と同様である。保定直後および保定維持 20 分後に血清

分離剤入り真空採血管（日本ベクトン・ディッキンソン株式会社，東京）を用いて採血し、採血後 15 分間常温でインキュベートした。その後、1469 g、15 分間の遠心分離を行い、血清を採取した。血清中コルチゾル値分析は、三菱化学メディエンス動物検査センター（東京）に外部委託し、CLEIA 法により分析した。保定直後の血清中コルチゾル値は、慢性ストレス状況を示すコルチゾル基底値として扱った。保定直後から保定維持 20 分後における血清中コルチゾル増減率を以下の式で算出し、急性ストレスに対するコルチゾル反応性とした。

$$\text{コルチゾル反応性 (\%)} = (\text{保定維持 20 分後の値} - \text{基底値}) / \text{基底値} \times 100$$

また、快適性指標として血漿中オキシトシン値を測定した。採血日時は代謝プロファイルテストにおける採血と同様である。保定直後に EDTA3K/アプロチニン入り採血管（日本ベクトン・ディッキンソン株式会社，東京）を用いて採血し、採血後ただちに冷蔵した。その後、1600 g、20 分間の遠心分離を行い、血漿を採取した。血漿中オキシトシン値の分析は ELISA 法により行った。

慢性ストレスの評価として、好中球/リンパ球比（以下、N/L 比）を調査した。開放 2 ヶ月後（前期群：11 月 20 日；後期群：21 日）の保定直後に、EDTA-2Na 入りベノジエクト® II 真空採血管（テルモ株式会社，東京）を用い採血した。その後、血液塗沫標本を作製し、ディフ・クイック（シスメックス株式会社，神戸）によりメイ・ギムザ染色後、白血球数（リンパ球、好中球、好酸球、好塩基球、単球）を計測した。家畜血液図説編集委員会（1980）の方法に従い、白血球総数が 200 になるまで計測し、それぞ

れの白血球数の百分率 (%) を求め、N/L 比を算出した。白血球数は 1 個体あたり 3 回計測し、その平均値を該当個体のデータとした。

(5) 行動反応評価方法

取扱いに対する反応性として、開放前 (2013 年 9 月 12 日)、開放 1 ヶ月後 (10 月 24 日)、開放 2 ヶ月後 (11 月 20 日) の体重測定時に、体重測定時の所要時間 (sec.) を調査した。1 群ごとに畜舎内ペンから運動場に出し、待機場 (図 5.2.の①) で 1 分間待機させた。待機場の扉を開け、群全頭の体重を測定した後、体重測定後控え場 (図 5.2.の②) へ入れ、再び待機場に戻るまでの所要時間 (sec.) を計測した。

ヒトに対する反応性として、開放 2 ヶ月後以降の 2013 年 11 月 26 日から 12 月 5 日の間に 1 頭当たり 5 回 (1 回/日)、逃避距離 (m) を計測した。15:00 に濃厚飼料を用いて供試牛を飼槽に呼び寄せた。飼槽に頭を入れ、濃厚飼料を摂食し始めたら、ウシの正面から約 5 m 離れたところから 50 cm/sec.の速さで接近した。供試牛がヒトの接近に気が付き、後退して飼槽から頭を引き抜いた時のヒトと飼槽との距離 (m) を計測した。

新奇 (新規) 刺激に対する反応性として、開放 2 ヶ月後以降の 2013 年 11 月 26 日から 12 月 5 日の間に、仔ウシのデコイ (図 5.3.) に対する行動反応性を調査した。本試験では、仔ウシのデコイを新奇刺激としてだけでなく、新規の仲間として提示することを目的とした。デコイは新規の屋外運動場の一端に設置し (5 m 四方; 図 5.3.)、本運動場を新奇 (新規) 刺激に対する反応性の試験場とした。本試験場は、コンク床区

と土壌床区が定期利用した運動場とは別のものであり、体重測定時に全供試牛が通過する施設であった。そのため、試験場に対する慣れは各区ともに同等であった。供試牛を試験日の 13:00 から 1 頭ずつ試験場に入れ、20 分間行動観察を行い、各行動の発現回数を調査した。1 日当たり舎飼区、コンク床区、土壌床区から各 1 頭を試験に供試した。行動単位および定義は表 5.2. に示した通りである。各行動単位において発現回数を区分化し (0 回、1~10 回 etc.)、各区分に該当する個体数を調査した。

(6) 統計分析

代謝プロファイルテスト、生理的ストレス指標 (N/L 比を除く) および体重測定時の所要時間データを、調査時期と処理を 2 元とする Two-way ANOVA により分析した。さらに、開放前、開放 1 ヶ月後、開放 2 ヶ月後のそれぞれについて、処理区の効果を One-way ANOVA および Tukey-Kramer 法により分析した。体重、2 ヶ月間の増体重、増体率、逃避距離、後期群の出荷時体重、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪厚、取引価格の処理区間の比較を One-way ANOVA および Tukey-Kramer 法により行った。出荷時産肉成績のその他の項目、N/L 比、各行動単位の発現回数区分ごとの頭数を、Kruskal-Wallis 検定により分析した。P < 0.01 および P < 0.05 を有意差あり、P < 0.1 を傾向ありとした。

5.3. 結果

(1) 身体的健康状態評価

代謝プロファイルテストの結果、後期群の血清中 GLU 濃度および iP 濃度においてのみ、処理区および調査時期の効果は有意であった (GLU: 処理区間 $P < 0.01$, 期間 $P < 0.05$; iP: 処理区間 $P < 0.05$, 期間 $P = 0.181$; 図 5.5.)。開放前のコンク床区の血清中 GLU 濃度 (mg/dL) は、土壌床区および舎飼区より高かったが (舎飼区: 69.4 ± 2.9 , コンク床区: 75.8 ± 2.0 , 土壌床区: 68.7 ± 1.2 ; Tukey-Kramer 法にてそれぞれ $P < 0.05$)、開放 2 ヶ月後には区間に差はなくなった (舎飼区: 68.6 ± 2.1 , コンク床区: 70.1 ± 2.3 , 土壌床区: 65.4 ± 2.6 ; One-way ANOVA にて $P = 0.114$)。また、血清中 GLU 濃度の適正範囲 (55~65 mg/dL; 表 5.1.) 内個体数は、舎飼区とコンク床区では試験期間を通じて変化がなかったが、土壌床区では開放 2 ヶ月後に増加した (開放前 0 頭、開放 2 ヶ月後 2 頭; 図 5.5.)。iP 濃度の適正範囲 (4.5~6.5 mg/dL; 表 5.1.) 内個体数は、舎飼区では試験期間を通じて差がなかったが、土壌床区とコンク床区では開放 2 ヶ月後に増加した (土壌床区: 開放前 0 頭、開放 2 ヶ月後 2 頭; コンク床区: 開放前 0 頭、開放 2 ヶ月後 3 頭; 図 5.5.)。

(2) 生産性評価

前期群では体重、増体重、増体率ともに区間に差はなかった (表 5.3.)。後期群の舎飼区および土壌床区は、開放前にコンク床区より体重が重かったが ($P < 0.05$)、開放 2 ヶ月後の体重、増体重、増体率には差は見られなかった (表 5.3.)。

後期群の出荷時産肉成績に差はなかった (表 5.4.)。しかし、平均値の差を見ると、土壌床区は舎飼区やコンク床区と比較して、ロース芯面積 (舎飼区およびコンク床区より 5.6 cm および 5.3 cm 増加)、皮下脂肪厚 (舎飼区より 0.5 cm 減少)、BMS (各区より 1.3 点および 0.3 点増加)、脂肪交雑等級 (各区より 0.6 点および 0.3 点増加)、肉の光沢 (各区より 1.0 点および 0.3 点増加)、BCS および光沢等級 (各区より 1.0 点および 0.3 点増加)、しまり (舎飼区より 1.0 点増加)、きめ (舎飼区より 0.7 点増加)、しまりおよびきめ等級 (舎飼区より 1.0 点増加)、取引価格 (各区より 352 円および 184 円増加) において好成績となった (表 5.4.)。

(3) 生理的ストレス指標評価

土壌床区の血清中コルチゾル基底値は、開放前には舎飼区およびコンク床区と差がなかったが (One-way ANOVA にて $P = 0.838$; 図 5.6.)、開放 1 ヶ月後には有意に低くなった (Tukey-Kramer 法にてそれぞれ $P < 0.05$; 図 5.6.)。土壌床区のコルチゾル反応性は、開放前には舎飼区およびコンク床区と差がなかったが (One-way ANOVA にて $P = 0.216$)、開放 1 ヶ月後には有意に高くなった (Tukey-Kramer 法にてそれぞれ $P < 0.05$; 図 5.6.)。

血漿中オキシトシン値 (pg/mL) には処理区間に差はなかった (開放前: 舎飼区 38.3 ± 14.4 , コンク床区 54.3 ± 23.2 , 土壌床区 59.3 ± 22.9 ; One-way ANOVA にて $P = 0.216$; 開放 1 ヶ月後: 41.6 ± 14.4 , 63.6 ± 21.5 , 55.0 ± 25.0 ; $P = 0.215$; 開放 2 ヶ月後: 39.1 ± 19.3 , 61.8 ± 10.4 , 56.8 ± 23.8 ; $P = 0.119$)。N/L 比には処理区間に差はなかった (舎

飼区 0.29 ± 0.10 , コンク床区 0.32 ± 0.16 , 土壌床区 0.29 ± 0.15 ; $P = 0.960$ 。

(4) 行動反応評価

体重測定時の所要時間 (sec.) は処理区間に差がなかった (開放前: 舎飼区 208.8 ± 8.4 , コンク床区 169.5 ± 11.2 , 土壌床区 200.6 ± 18.0 ; One-way ANOVA にて $P = 0.112$; 開放 1 ヶ月後: 207.1 ± 69.3 , 176.4 ± 6.2 , 172.0 ± 2.7 ; $P = 0.674$; 開放 2 ヶ月後: 172.0 ± 2.7 , 191.2 ± 54.8 , 179.5 ± 2.4 ; $P = 0.839$)。また、逃避距離 (m) には処理区間に差がなかった (舎飼区 0.50 ± 0.45 , コンク床区 0.68 ± 0.44 , 土壌床区 0.70 ± 0.61 ; $P = 0.754$)。

新奇 (新規) 刺激に対する反応性において、土壌床区では、6 頭中 4 頭が移動性の個体遊戯行動を発現しなかった ($P < 0.05$; 図 5.7a.)。舎飼区やコンク床区では親和行動は全頭発現しなかったが、土壌床区では半数の個体が 1 回以上親和行動を発現していた ($P < 0.05$; 図 5.7b.)。その一方で、有意ではなかったが、土壌床区では全頭が攻撃行動を発現しなかった ($P = 0.136$; 図 5.7d.)。新奇 (新規) 刺激試験中の排便個体数は、土壌床区では 6 頭中 4 頭が発現せず、舎飼区より少ない傾向があり ($P = 0.084$; 図 5.7f.)、有意ではなかったが脱出試み行動は半数の個体で発現しなかった ($P = 0.194$; 図 5.7e.)。

5.4. 考察

(1) 身体的健康状態評価

肥育後期における土壌床区の血清中 GLU 濃度および iP 濃度は、開放前には適正

範囲内個体数は 0%であった。しかし、両血中成分とも試験経過に伴い有意ではないものの適正範囲内 (55~65 mg/dL および 4.5~6.5 mg/dL) まで改善し、開放 2 ヶ月後には適正範囲内個体数が 75%まで増加した。血清中 GLU と iP は濃厚飼料の多給により増加するため (岡田, 1999)、エネルギー源の過剰摂取の指標である。GLU は動物にとって重要なエネルギー源であり、嫌氣的解糖反応や好氣的条件下でのクエン酸回路を通じてエネルギーを産生する (小原および萩野, 2004)。第 4 章から、1 時間の圧縮土壌床運動場開放は、持続的に歩行活動や立位姿勢の発現を促進する効果があることが明らかとなった。土壌床区での血清中 GLU 濃度の改善は、歩行や立位姿勢の維持により骨格筋におけるエネルギー代謝が促進され、体内の過剰エネルギーが消費したと考えられる。また、血清中 iP 濃度は炭水化物酸化の促進に伴い減少するため (米村, 1973)、土壌床区における血清中 iP 濃度の減少は本考察を支持すると考えられる。以上のことから、圧縮土壌床運動場の定期開放は、肥育牛のエネルギー代謝の改善の点で身体的健康性の改善に効果があることが明らかとなった。

(2) 生産性評価

肥育前期、肥育後期ともに開放前から開放 2 ヶ月後までの増体重および増体率に区間差はなかった。土壌床運動場の定期開放は増体性に悪影響はないと考えられる。一方で、後期群の出荷時産肉成績の結果では統計上の有意差はなかったが、平均値において土壌床区のロース芯面積、皮下脂肪厚、BMS、脂肪交雑等級、肉の光沢、BCS および光沢等級、しまり、きめ、しまりおよびきめ等級、取引価格は舎飼区やコンク床

区より好成績となった。土壌床運動場の定期開放は産肉成績に対しても悪影響を及ぼさないと考えられる。

ロース芯面積は枝肉中の筋肉量を推定する指標であり（善林, 2013）、面積が広いほど高評価となる（公益社団法人日本食肉格付協会, 2014）。柴ら（2010）の日本短角種における報告では、4 ヶ月にわたる持続的な運動負荷によりロース芯面積が増大するとされている。土壌床区では、歩行活動や立位姿勢が持続的に促進したため、胸腰最長筋に運動負荷がかかり筋肉の発達を促した可能性が考えられた。

BMSや脂肪交雑等級は肉用牛の格付け肉質評価において最も重要視される項目である（柴田, 2014）。脂肪交雑とは、筋束内や筋束間を縦走している血管の周辺に形成される筋肉内脂肪細胞のことを指す（矢野, 2013）。筋肉内の毛細血管は運動により発達するため、放牧飼育牛では、半腱様筋や背最長筋の毛細血管密度が繋留飼育牛よりも多く、新生血管の発達が優れている（Vestergaard et al., 2000）。本実験において土壌床区の脂肪交雑等級が高かったことの一仮説として、自発的な歩行活動の増加により筋肉中の毛細血管が発達し、脂肪細胞が形成可能な部位が増加したことが考えられる。また、肉の光沢は脂肪交雑と関連があることから（並河, 1988）、土壌床区において脂肪交雑等級が向上したことにより、肉の光沢およびBCSおよび光沢等級も改善されたと推察された。

皮下脂肪厚は枝肉の評価を下げる原因となる項目であり（柴, 2013）、厚さが少ないと高評価となる（公益社団法人日本食肉格付協会, 2014）。皮下脂肪や内臓脂肪、筋間脂肪は、筋肉内脂肪細胞に蓄積されない過剰な栄養が蓄積されたものである（柴,

2013)。代謝プロファイルテストの結果、土壌床区では歩行活動や立位姿勢により過剰なエネルギー代謝が改善されており、土壌床区における皮下脂肪厚の減少もこれを反映した可能性が考えられる。

しまりやきめは、主に脂肪交雑と関連する（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2009）。筋肉内脂肪細胞は筋周膜上に形成されるため、脂肪交雑により筋周膜が崩壊することがある。筋周膜の脆弱性は、きめの細かさを増す要因となっている。また、脂肪交雑の高い筋肉は高い保水力を持つため、しまりの向上にもつながる。一方で、きめの細かさは筋束および筋繊維の細さにも関わっていると考えられる（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2009）。骨格筋の筋繊維には、I型筋繊維（遅筋）とII型筋繊維（速筋）があり、遅筋は好氣的エネルギー代謝に、速筋は解糖系による嫌氣的エネルギー代謝に依存している（柴田，2014）。遅筋は主に姿勢の保持する役割があり、その筋繊維は速筋よりも細く、遅筋主体の骨格筋は保水性が高いとされている（柴田，2014）。また、放牧飼育肉用牛は持続的に姿勢維持や運動を行うため、筋繊維中の遅筋割合が増加することが明らかとなっている（Vestergaard et al., 2000）。土壌床区における歩行活動や立位姿勢の発現促進により、骨格筋が遅筋主体筋繊維に移行し、肉のしまりやきめが改善した可能性が考えられる。

本実験では、肥育後期供試牛は各処理区に3頭ずつと非常に少なく、圧縮土壌床運動場の定期開放が出荷時産肉成績に与える影響を正確に評価できなかった。しかし、上記の結果から、圧縮土壌床運動場の定期開放には産肉成績を改善させる可能性があると考えられ、供試牛頭数を増やした更なる研究が期待される。

(3) 生理的ストレス指標評価

開放 1 ヶ月後、土壌床区の血清中コルチゾル基底値は舎飼区とコンク床区より有意に低くなり、Friend et al. (1985) や Veissier et al. (2008) の報告と同様の結果が得られた。圧縮土壌床運動場区の定期開放は正常行動の発現や運動の機会を提示するため、舎飼肥育による慢性的な心理的ストレスを軽減する効果があることが示唆された。本来、コルチゾルの分泌を促す副腎皮質刺激ホルモンは、脂肪組織内に蓄積されたトリアシルグリセロールの分解や筋肉中グリコーゲンの放出により、遊離脂肪酸やグルコースなどのエネルギー源を解放する働きがある（今道, 1990）。そのため、慢性ストレスにより血清中コルチゾル濃度が向上することは、脂肪交雑の形成を阻害し、筋肉中グリコーゲン蓄積量を減少させるなど、生産性に対しても悪影響がある（社団法人北海道酪農畜産協会, 2006）。圧縮土壌床運動場の定期開放により、舎飼肥育牛の慢性ストレスを軽減することは、心理的健康性だけでなく、生産性の改善にもつながる可能性がある。

土壌床区における急性ストレスに対するコルチゾル反応性は、開放 1 ヶ月後に舎飼区やコンク床区より有意に高くなった。Beattie et al. (2000) は、環境エンリッチメントをした豚は、退屈な飼育環境にいた豚よりも、新奇刺激の提示によるストレス負荷へのコルチゾル反応性が増加することを報告しており、本実験では同様の結果を得ることができたと考えられる。コルチゾルは視床下部・下垂体・副腎軸（HPA 軸）の活性化により、副腎皮質から産生される。しかし、慢性ストレスにより HPA 軸活性が慢性化すると、副腎皮質細胞の副腎皮質刺激ホルモンに対する反応性が脱感作されてし

まい、急性ストレスに対するコルチゾル反応性が減少することが明らかとなっている (Beattie et al., 2000)。土壌床区では慢性ストレスが軽減されたことで、急性ストレスに対するコルチゾル反応が正常化されたと示唆できる。急性ストレスに対するコルチゾル反応性が高い個体は **Reactive (Passive) coping** とされ、環境変化やストレスに対し高い適応力や柔軟性を持つことが明らかとなっている (Koolhaas et al, 1999)。一方で、急性ストレスに対するコルチゾル反応性が低い個体は **Proactive (Active) coping** とされ、ノルアドレナリン基底値が高く、環境変化やストレスに対する適応力が低いため、心臓疾患や循環器疾患を発症しやすい (Koolhaas et al, 1999)。肥育牛の飼養管理や出荷工程において、群編成や再編成、飼育ペンの変更、屠畜場への輸送などの環境変化や、管理手技や治療行為に伴うストレスへの適応力は不可欠である。圧縮土壌床運動場の定期開放による生理的ストレス反応の変更は、心理的健康性だけでなく身体的健康性に対しても良い影響を与える可能性があるだろう。

以上のことから、圧縮土壌床運動場の定期開放は、舎飼肥育牛の慢性的な心理的ストレスを軽減し、急性ストレスに対する生理的ストレス反応性を回復させる効果があり、舎飼肥育牛の心理的健康性を改善することが明らかとなった。

(4) 行動反応評価

新奇（新規）刺激に対する反応性において、舎飼区やコンク床区では全頭が個体遊戯行動を発現したのに対し、土壌床区では 6 頭中 4 頭が発現しなかった。跳ね回り行動などの移動性個体遊戯行動は、歩行活動に対する強い発現欲求の指標である

(Dellmeier et al., 1990; Jensen, 1999; Loberg, 2004; Veissier et al., 2008)。土壌床区では、舎飼区やコンク床区よりも歩行活動を持続的に促進するため、3日に1度の定期開放であっても歩行活動に対する発現欲求を十分に満たすことができたと示唆した。

舎飼区やコンク床区では全頭が親和行動を発現しなかった。しかし、土壌床区では半数の個体が1回以上親和行動を発現し、全頭が攻撃行動を発現しなかった。また、新奇（新規）刺激試験中、舎飼区では6頭中5頭が1回以上排便していたのにもかかわらず、土壌床区では6頭中4頭が排便しなかった。舎飼床区とコンク床区では6頭中5頭が脱出試み行動を発現していたが、土壌床区では半数が発現しなかった。排便や脱出試み行動は恐怖性の指標として用いられている (Forkman et al., 2007; Rushen et al., 2008)。先述のように **Reactive coping** な個体は、環境変化やストレスに対し適応的かつ柔軟性があり、新規個体への敵対行動やストレス条件下での逃避行動が少ないことが明らかとなっている (Koolhaas et al., 1999)。土壌床区における生理的ストレス反応性の正常化により肥育牛の攻撃性が低下、新奇環境や新規個体への恐怖心が軽減し、逃避行動の発現が抑制されたと考えられる。敵対行動は皮膚の損傷と関連があり (Menke et al., 1999)、敵対行動による打撲はアタリ（外傷）などの肉の変質にもつながる (社団法人北海道酪農畜産協会, 2006)。出荷時の環境変化（輸送や屠畜場）や群の再編成による敵対行動の増加は、生産性を大きく損なわせる要因となる。また、屠殺直前のストレスや運動により筋肉中グリコーゲン貯蔵が消耗すると、暗く、硬く、乾燥した **DFD** 肉を引き起こすことがある (柴田, 2014)。屠殺前の環境変化に適応できず激しい逃避行動や興奮が誘発されると、**DFD** 肉が生じる可能性が高くなると考えられ

る。圧縮土壌床運動場への定期開放は攻撃性や新奇環境での恐怖反応性を軽減することから、生産性の改善にもつながると考えられる。

以上のことから、圧縮土壌床運動場の定期開放は新規個体への攻撃性を軽減し、社会的親和性を高めることが明らかとなった。また、ストレス条件下での恐怖反応性を軽減し、環境変化に対する行動的適応力を向上することが可能であると示唆した。

結 言

本章では、黒毛和種去勢肥育牛に 2 ヶ月間にわたり 3 日毎に 1 日 1 時間、圧縮土壌床運動場を開放し、身体的および心理的健康状態、生産性への影響を調査した。その結果、圧縮土壌床運動場の定期開放は、血清中グルコース濃度や iP 濃度を適正範囲内まで改善し、濃厚飼料多給によるエネルギー過多を改善した。圧縮土壌床運動場における歩行活動や立位姿勢の持続的な促進は、エネルギー代謝の改善に効果があり、身体的健康性の向上にもつながると示唆された。

生体重、増体重および増体率に関しては、肥育ステージによらず悪影響はなかった。一方で、肥育後期牛の出荷時産肉成績においては、ロース芯面積や皮下脂肪厚などの 10 項目で舎飼飼育牛やコンクリート床運動場定期開放牛より好成績な様子が観察され、土壌床運動場の定期開放は産肉成績に対しても悪影響はないことが明らかとなった。

生理的ストレス評価においては、圧縮土壌床運動場の定期開放により血清中コルチゾル基底値が減少し、急性ストレスに対するコルチゾル反応性が高まった。また、新奇（新規）刺激に対する行動反応評価においては、新規個体への社会的親和性が向上し、攻撃性や新奇環境における恐怖反応性が低下した。圧縮土壌床運動場の定期開放による正常行動発現の機会の提示は、舎飼肥育牛の慢性的な心理的ストレスを軽減し、ストレスや新規個体、環境変化への適応性や柔軟性を高めることが明らかとなった。群の再編成や輸送、屠畜場への収容など、肥育牛にとって飼育環境変化は必ず伴うもの

である。圧縮土壌床運動場の定期開放によるこれらの心理的健康性の改善は、身体的健康性や生産性の改善にもつながると考えられる。

以上のことから、圧縮土壌床運動場の定期開放は生産性に悪影響を与えることなく、舎飼肥育牛の身体的および心理的健康性を改善する飼育管理方式であることが明らかとなった。



(a) 畜舎内ペン



(b) コンクリート床運動場



(c) 圧縮土壌床運動場

図 5.1. 定期的な運動場の開放試験における畜舎内ペン (a)、およびコンクリート床および圧縮土壌床運動場の様子 (b, c).

表.5.1. 定期的な運動場の開放試験における代謝プロファイルテストの測定項目およびその適正範囲.

測定項目	適正範囲
ALB **	3.3~4.0 g/dL (3.0 以下は異常値)
BUN †	肥育前期: 8~12 mg/dL 肥育後期: 12~20 mg/dL
GLU †	55~65 mg/dL
T-CHO †	100 mg/dL 以上
FFA *	100 µEq/L 以下
Ca ††	9.5~10.5 mg/dL (8 以下は異常)
BHB †	600~800 µmol/L
iP †	4.5~6.5 mg/dL
AST **	100 IU/L 以下
GGT †	28 IU/L 以下
ACAC †	40 µmol/L 以下

参考文献

*: 松田 (2011a)、 **: 松田 (2011b)、 †: 渡辺 (2011)、 †: 岡田 (2007)

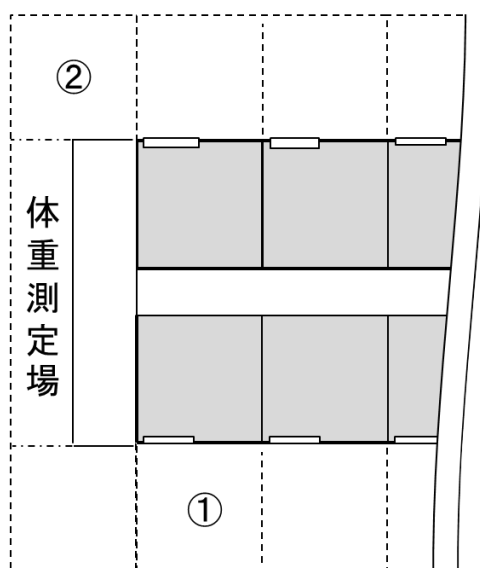


図 5.2. 定期的な運動場の開放試験における体重測定所要時間測定のための試験区の構図. ①: 待機場、
②: 体重測定後控え場、灰色網掛け: 畜舎内ペン.



図 5.3. 定期的な運動場の開放が新奇（新規）刺激に対する行動反応性に及ぼす影響調査で用いた仔ウシのデコイ（左）および試験区の様子（右）.

表 5.2. 定期的な運動場の開放が新奇（新規）刺激に対する行動反応性に及ぼす影響調査における行動単位および定義.

行動単位	定義
個体遊戯	速い歩調で駆け回り、ジャンプや後脚での蹴り上げを行う。1 歩、1 跳ねを 1 発現回数とした。
敵対	デコイに対し頭を振って威嚇する。または、頭や角でデコイを押す。
親和	デコイを舐める。デコイに体を擦り付ける。または、デコイに体を寄り添わせる。
探査	デコイに鼻先を付け、ニオイを嗅ぐ。
脱出試み	試験区の柵の隙間に体を捻じ込み、抜け出そうとする。
排便	排便する。
発声	発声する。

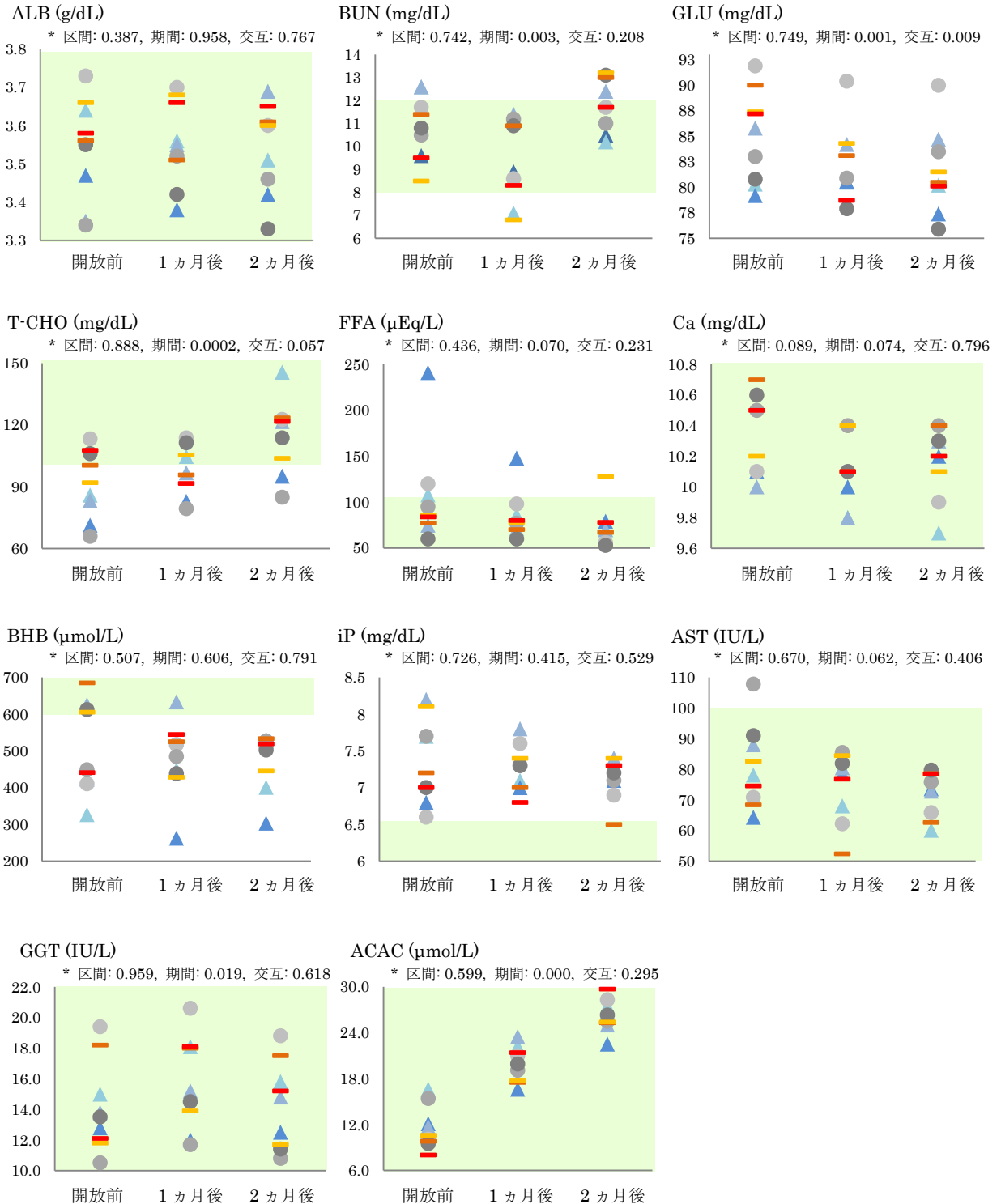


図 5.4. 定期的な運動場の開放が肥育前期牛の代謝プロファイルテストに及ぼす影響。

△: 舎飼区 (n=3)、○:コンクリ床区 (n=3)、—: 土床区 (n=3) での各個体の値を示す。緑色網掛け: 適正範囲を示す。

*: 調査時期と処理を二元とする Two-way ANOVA の結果 (区間: 処理区間の比較; 期間: 開放前・開放 1 ヶ月後・開放 2 ヶ月後の比較; 交互: 交互作用)。

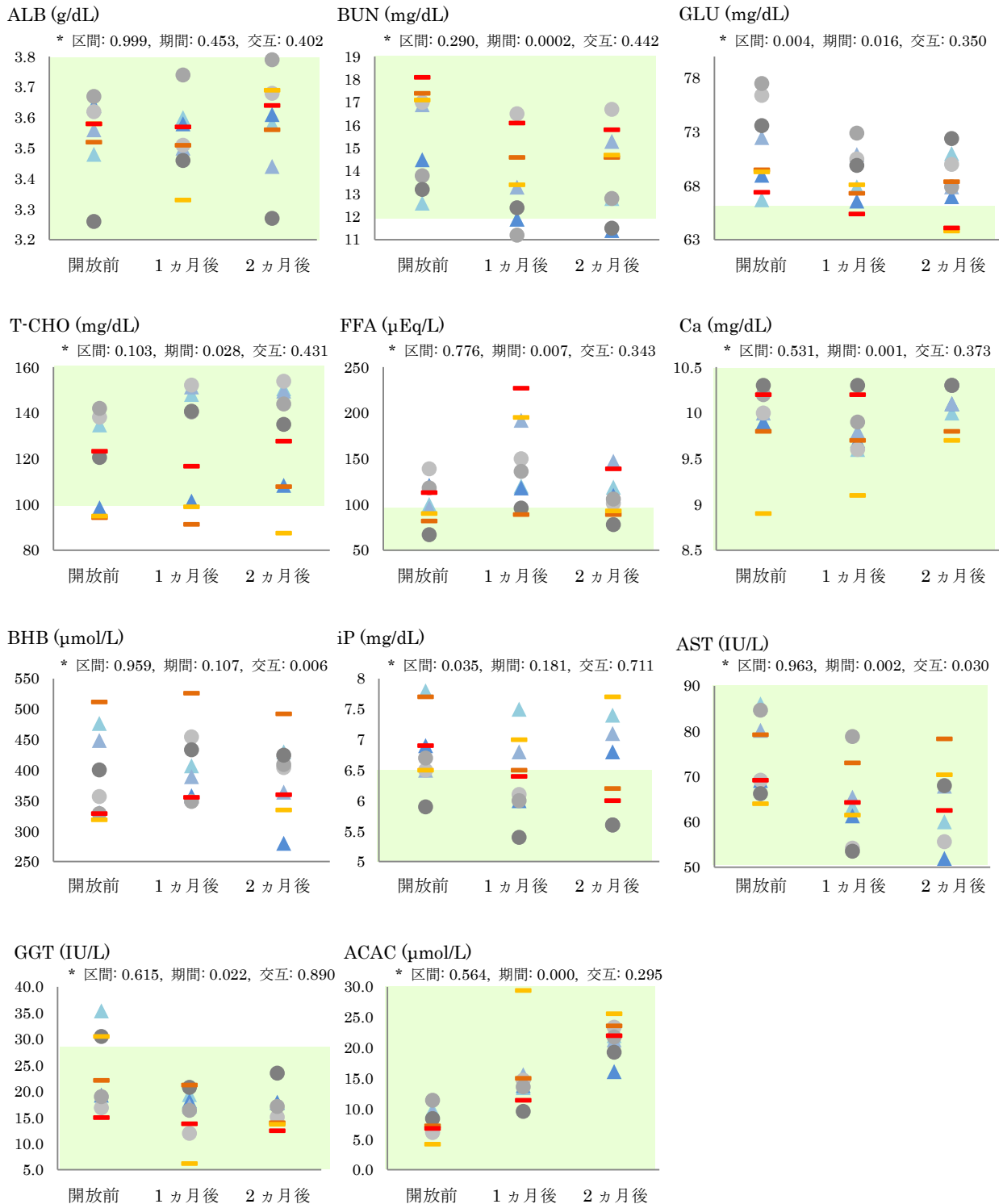


図 5.5. 定期的な運動場の開放が肥育後期牛の代謝プロファイルテストに及ぼす影響。

△: 舎飼区 (n=3)、○:コンク床区 (n=3)、—: 土床区 (n=3) での各個体の値を示す。緑色網掛け: 適正範囲を示す。

*: 調査時期と処理を二元とする Two-way ANOVA の結果 (区間: 処理区間の比較; 期間: 開放前・開放 1 ヶ月後・開放 2 ヶ月後の比較; 交互: 交互作用)。

表 5.3. 定期的な運動場の開放が肥育牛の体重、増体重および増体率に及ぼす影響

肥育前期	体重 (kg)					2 ヶ月間の増体重 (kg)		2 ヶ月間の増体率	
	開放前		開放 2 ヶ月後			Mean	S.D.	Mean	S.D.
	Mean	S.D.	Mean	S.D.					
舎飼区 (n=3)	432.7	43.5	485.3	43.5	b	52.7	13.6	1.12	0.04
コンクリート床区 (n=3)	361.7	27.6	404.0	27.6	a	42.3	6.7	1.12	0.03
土壌床区 (n=3)	360.0	27.5	408.0	27.5	ab	48.0	15.6	1.13	0.04
P-value ¹⁾	0.063		0.038			0.510		0.904	

肥育後期	体重 (kg)					2 ヶ月間の増体重 (kg)		2 ヶ月間の増体率	
	開放前		開放 2 ヶ月後			Mean	S.D.	Mean	S.D.
	Mean	S.D.	Mean	S.D.					
舎飼区 (n=3)	663.3	42.4	694.7	48.0	b	31.3	11.4	1.05	0.02
コンクリート床区 (n=3)	558.7	35.6	592.7	46.9	a	34.0	12.0	1.06	0.02
土壌床区 (n=3)	662.7	46.6	686.7	46.2	b	24.0	6.0	1.04	0.01
P-value ¹⁾	0.034		0.068			0.500		0.240	

舎飼区: 終日舎飼区、コンクリート床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 圧縮土壌床運動場区。

1): 各調査項目における処理区間の比較 (One-way ANOVA)。

ab: 各調査項目における処理区間の比較において異文字間に差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$)。

表 5.4. 定期的な運動場の開放が肥育後期牛の出荷時成績の結果.

	出荷時体重 (kg)		枝肉重量 (kg)		ロース芯面積 (m ²)		バラの厚さ (cm)		皮下脂肪厚 (cm)		歩留基準値		BMS (No.)		脂肪交雑等級 (No.)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
舎飼区 (n=3)	768.0	64.1	460.0	36.8	61.7	11.5	7.7	1.1	2.7	1.0	74.4	2.4	5.3	1.5	3.7	0.6
コンク床区 (n=3)	708.7	51.3	435.7	40.4	62.0	5.3	7.6	0.5	2.2	0.3	75.1	0.4	6.7	2.5	4.0	1.0
土壌床区 (n=3)	718.0	38.6	437.3	21.5	67.3	11.7	7.8	0.7	2.2	0.3	75.9	2.2	7.0	1.7	4.3	0.6
P-value	0.388 ¹⁾		0.639 ¹⁾		0.747 ¹⁾		0.979 ¹⁾		0.519 ¹⁾		0.587 ²⁾		0.270 ²⁾		0.513 ²⁾	
	BCS (No.)		肉の光沢 (No.)		BCS・光沢 等級 (No.)		しまり (No.)		きめ (No.)		しまり・きめ 等級 (No.)		取引価格 (円/kg)		内臓廃棄個体 数 (割合: %)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
舎飼区 (n=3)	4.0	0.0	3.3	0.6	3.3	0.6	3.3	0.6	4.0	1.0	3.3	0.6	1525	111	0 (0.0)	
コンク床区 (n=3)	4.0	0.0	4.0	1.0	4.0	1.0	4.3	1.2	4.7	0.6	4.3	1.2	1693	259	1 (33.3)	
土壌床区 (n=3)	4.0	1.0	4.3	0.6	4.3	0.6	4.3	0.6	4.7	0.6	4.3	0.6	1877	152	0 (0.0)	
P-value	1.000 ²⁾		0.270 ²⁾		0.270 ²⁾		0.263 ²⁾		0.513 ²⁾		0.263 ²⁾		0.145 ¹⁾		0.325	

舎飼区: 終日舎飼区、コンク床区: コンクリート床運動場区、土壌床区: 圧縮土壌床運動場区.

1): 各評価項目における処理区間の比較 (One-way ANOVA).

2): 各評価項目における処理区間の比較 (Kruskal-Wallis 検定).

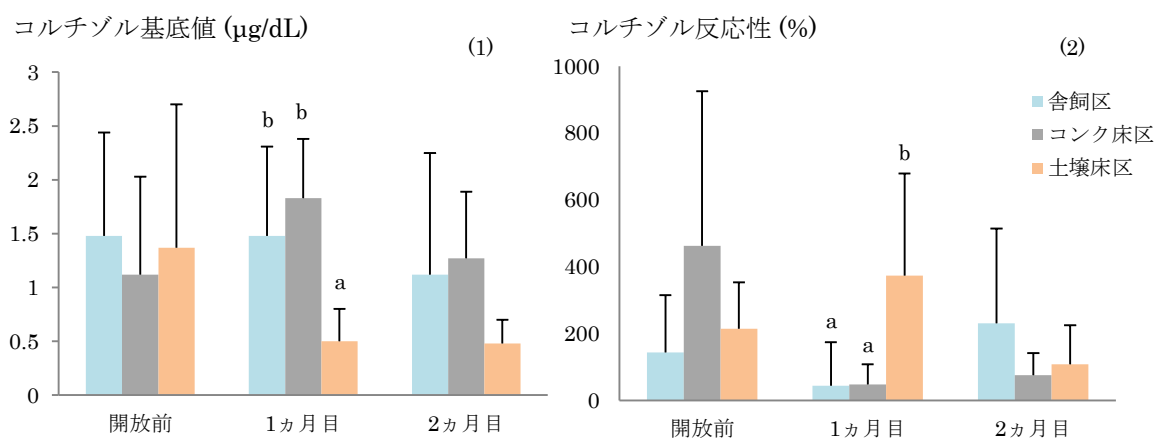


図 5.6. 定期的な運動場の開放がコルチゾル基底値 (1), および急性ストレス (保定処置) によるコルチゾル反応 (2) に及ぼす影響 (各区 n=6).

ab: 調査時期における処理区間の比較において異文字間に差あり (Tukey-Kramer 法, $P < 0.05$)

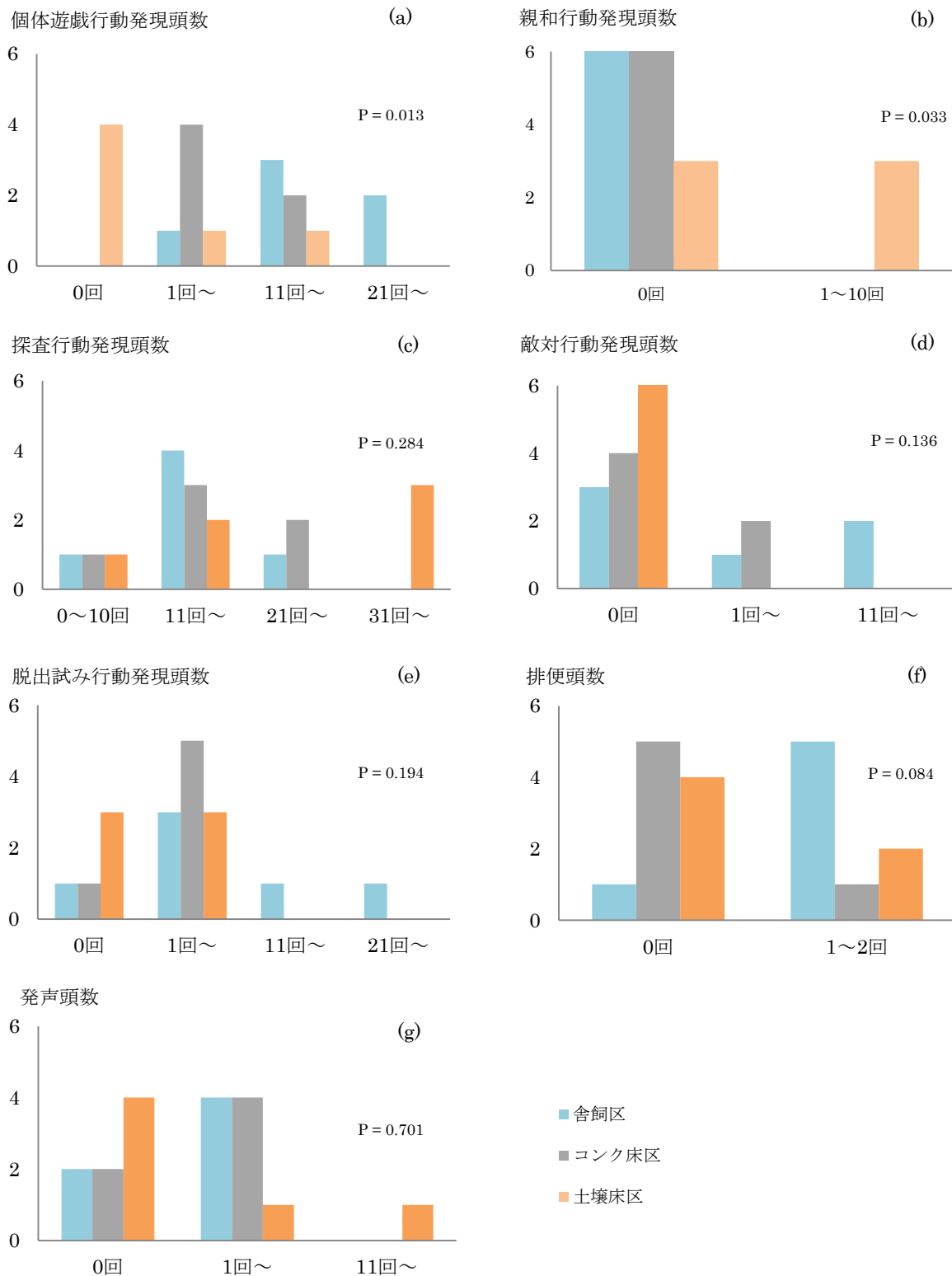


図 5.7. 定期的な運動場の開放が新奇（新規）刺激に対する各行動反応回数の区分毎頭数に及ぼす影響（各区 n=6）.

(a) 个体遊戯行動、(b) 親和行動、(c) 探査行動、(d) 敵対行動、(e) 脱出試み行動、(f) 排便、(g) 発声.

各観察項目における処理間の比較には Kruskal-Wallis 検定を用いた.

第6章

総合考察

肉用牛の家畜福祉に関する国際規約化や政策化は OIE や欧州諸国を筆頭に進められている。OIE や欧州諸国では、5つの自由のうち「正常行動の発現の自由」に特に力を入れており、放牧地や屋外運動場の開放は、正常行動の発現を促進する飼育方法として欧州諸国を中心に活用されている。このような欧州諸国における家畜福祉政策は、農畜産物の付加価値付与やブランド化だけでなく、家畜福祉に配慮していない畜産物の輸入規制をも視野に入れ進められている（永松, 2010; 松木, 2014）。我が国の肉用牛生産では、牛肉の一大消費国である欧米諸国への輸出拡大を目標として掲げている。しかし、我が国の集約畜産システムでは身体的健康性や生産性を重視しており、正常な行動発現への配慮は未だ浸透していないと考えられている。環太平洋戦略的経済連携協定（TPP）などを中心に、畜産物流通の国際化や貿易自由化が進む中、我が国においても産肉特色に適した方法で、家畜福祉に配慮した飼養管理システムを開発・実施することは重要な課題であり、早急な対応が求められる。そこで本研究では、まず我が国の現行の集約畜産システムにおける福祉問題を明らかにし、畜産物流通の国際化に際しての改善点を検討した。その結果、最も重要な福祉性改善点は正常行動の発現の促進であった。そこで、舎飼肥育牛の正常行動の発現促進を目指し、効果的な屋外運動場の開放方法を、運動場の開放時間と構成素材の点から調査した。

我が国の現行の飼養管理方法における肥育牛の福祉問題を抽出するため、EU で開

発された家畜福祉性評価法 Welfare Quality® assessment protocol (Welfare Quality® project, 2009) により 3 か所の実用肥育農場において福祉性評価を行った (第 2 章 1 節)。現行の集約的な肥育牛生産では、全ての農家に共通して管理手技に伴う痛み、正常行動発現の機会の不足、社会的親和性の低下などの福祉問題が見られた。管理手技に伴う痛みの除去は、除角や去勢方法の変更、麻酔鎮痛薬の処方により簡単に改善でき、現行の集約畜産システムにおいても十分対応が可能である。しかし、正常行動の発現や社会的親和性の促進には、内的な行動発現欲求を満たす飼育環境の提示が不可欠であり、現行の集約畜産システムにおいても実施可能な対策の検討が必要である。そこで、特に改善すべき行動発現を明らかにするため、舎飼肥育牛と放牧飼育牛との行動特徴との比較を行った (第 2 章 2 節)。舎飼肥育牛では、摂食および探査行動、歩行活動の発現が制限され、伏臥位・横臥位姿勢が非常に長く発現していた。摂食および探査行動、歩行活動は、ウシが内的に強く動機づけられている正常行動である (Veissier et al., 2008; Westerath et al., 2009a)。これらの正常な行動発現の制限は欲求不満状態や心理的ストレスの原因となるため、心理的健康性の観点からも改善が求められる。以上のことから、現行の集約畜産システムにおける福祉性改善には、摂食や探査行動、歩行活動などの立位姿勢による正常行動の発現の促進が重要となることが示唆された。

屋外運動場の開放は繫留飼育乳用牛の正常行動の発現を促進することが明らかとなっており (Loberg et al., 2004; Vissier et al., 2008)、正常な行動発現が可能な飼育環境として欧州諸国において積極的に活用されている。そこで、舎飼肥育牛に 5 時間

にわたり屋外運動場を開放し、屋外運動場の開放が肥育牛の行動における福祉性に及ぼす影響を調査するとともに、最も有効な運動場開放時間を検討した。屋外運動場の開放 1 時間目には、探査行動や歩行活動、移動性個体遊戯行動などの正常行動の発現が促進し、運動場を積極的に利用した。開放 2 時間目以降、各正常行動の発現は開放 1 時間目よりも減少し、運動場の利用率は畜舎内ペンより減少した。このことから、屋外運動場の開放は舎飼肥育牛においても正常な行動発現や快適性の促進に有効であり、特に 1 時間の屋外運動場開放が有効であることが明らかとなった。

飼育環境の構成素材や複雑性は、飼育動物の福祉性に大きな影響を与える。舎飼肥育牛の行動における福祉性改善において、より効果的な屋外運動場の開放方法を検討するため、第 4 章では運動場の構成素材に着目した。人工素材であるコンクリート床運動場と、自然素材である土壌床および草地床運動場を 1 時間にわたり肥育牛に開放し、運動場の構成素材が行動における福祉性に及ぼす影響を調査した（第 4 章 1 節）。コンクリート床運動場や草地床運動場では、運動場開放時にしか正常行動の発現が促進されず、運動場閉鎖後には活動性が低下した。しかし、土壌床運動場では開放時だけでなく閉鎖後にも持続的に探査行動、歩行活動などの立位姿勢による正常行動の発現が促進した。屋外運動場における土壌床の存在は、舎飼肥育牛の行動における福祉性改善に対し大きな効果があることが明らかとなった。そこで、次に土壌の提示方法が舎飼肥育牛の行動に及ぼす効果を明らかにし、より効果的な土壌の提示方法を検討するため、屋外運動場において土壌のニオイ、土壌の山、耕耘土壌床、圧縮土壌床を 1 時間にわたり肥育牛に提示した（4 章 2 節）。土山や耕耘土壌床では誘示行動の発現が促

進し、耕耘または圧縮土壌床では歩行活動、個体遊戯行動、親和行動などの複数の正常行動の発現が促進した。運動場閉鎖後には、土山、耕耘または圧縮土壌床を提示した区において歩行活動が促進し、特に圧縮土壌床では探査行動の発現が他土壌提示方法より多かった。舎飼肥育牛に屋外運動場を開放する際には、締め固められたコンクリートではなく硬い圧縮土壌床を提示することが持続的な複数の正常行動の発現促進に有効であると考えられた。また、身体的接触の可能な土山の提示も、誇示行動を主とした正常行動の発現に有効であった。

最後に、圧縮土壌床運動場の定期開放が肥育牛の身体的および心理的健康性、生産性に及ぼす影響を、代謝プロファイルテスト、生理的ストレス指標、新奇刺激に対する行動反応、出荷時生産成績により調査した（第5章）。圧縮土壌床運動場の定期開放は、肥育牛のエネルギー過多を改善する一方で、増体性や産肉成績には悪影響がなかった。また、圧縮土壌床運動場の定期開放は、慢性的な心理的ストレスの軽減、急性ストレスに対する生理的ストレス反応性の回復、新規個体への社会的親和性の向上、新奇刺激や環境変化に対する恐怖反応性の低下に効果があった。これらの心理的健康性や行動反応性の改善は、飼養管理工程における怪我や異常肉のリスクを下げることから、身体的健康性や生産性の改善に対しても大きく貢献すると考えられる。

舎飼肥育牛への1時間の圧縮土壌床運動場の開放は、探査行動、歩行活動、個体遊戯行動などの立位姿勢による正常行動の発現を持続的かつ包括的に促進し、「正常行動の発現の自由」の改善に効果があった。また、3日に1度、1日1時間の圧縮土壌床運動場の定期開放により、生産性に悪影響を与えずに舎飼肥育牛の身体的健康性およ

び心理的健康性を改善することが可能であった。このことから、圧縮土壌床運動場の定期開放は、現行の集約畜産システムの主要問題点であった「正常行動の発現の自由」を解決するだけでなく、「苦痛・損傷・疾病からの自由」や「恐怖および苦悩からの自由」においても効果があると考えられる。以上のことから、現行の集約畜産システムにおける圧縮土壌床運動場の定期開放は、舎飼肥育牛の福祉性を総合的に改善し、国際的な家畜福祉指針に適した飼育管理方法であると示唆した。

謝 辞

本論文の研究計画から遂行、執筆にあたり、終始ご指導ご鞭撻いただきました東北大学大学院農学研究科陸圏生態学分野教授、佐藤衆介博士に深く感謝の意を表します。また、本研究の計画から遂行、執筆にあたり、たくさんのご指導とご教授をいただきました同分野准教授、小倉振一郎博士、同分野助教、吉原佑博士、家畜福祉学寄付講座に在籍されていた親川千紗子博士に心より感謝いたします。さらに、研究の計画および遂行に際し、試験区の設置や撤去、調査補助においてご尽力を賜り、様々なお助言をいただきました、同分野技術職員、田中繁史氏に心より感謝いたします。また、本研究の計画から遂行、執筆にあたり、多くのご協力とご助言をいただきました、同分野の学生・院生諸氏に感謝いたします。

本研究の遂行にあたり、供試牛や試験区の提供、供試牛の飼育管理、試験区の設置や撤去、調査補助まで多大なるご協力とご助言をいただきました、東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センターの環境福祉畜産科、渋谷暁一氏（現、環境農林科）、千葉孝氏、佐藤和也氏（現、環境農林科）、丹内正樹氏、千葉純子氏、赤坂臣智氏、山本理恵氏、有野祐樹氏に深く感謝いたします。また、本研究の遂行にあたり、供試牛の飼育管理、試験設備の設置や撤去、調査補助において多大なるご協力をいただきました、同センター非常勤職員、渋谷昭弘氏、佐々木正勝氏、および同センター環境農林科、加納研一氏をはじめとする技術職員の皆様に心より感謝申し上げます。さらに、本研究の計画および遂行にあたり、試験日程への配慮をしていただきました

同センター教育研究支援科、中鉢広氏（現、環境福祉畜産科）に心より感謝いたします。

また、試験設備の設置においてご協力いただきました牛坂孝氏に深く感謝いたします。

実用肥育農場での家畜福祉性評価において、快く調査を引き受けていただきました、株式会社コトラミートカルチャー コトラ牧場、篠原義男氏と職員の皆様、株式会社ダイチ関村牧場、関村清幸氏と職員の皆様、JA 全農みやぎ鹿島台肥育センター、高橋伸一氏と職員の皆様に深く感謝いたします。また、屋外運動場の開放時間の検討試験において、貴重な情報とご助言をいただきました、東北大学大学院農学研究科陸圏生態学分野に在籍されていた赤坂千晶氏、大谷有紀恵氏、および岐阜大学応用生物科学部応用生物科学科生物生産科学講座准教授、二宮茂博士に心より感謝いたします。

さらに、代謝プロファイルテストに関する試験計画においてご助言やご教授をいただき、分析委託をさせていただきました、岩手大学農学部共同獣医学科、臨床獣医学講座生産獣医療学研究室准教授、岡田啓司博士、および岩手大学農学部附属動物病院、小向奈津美氏、佐藤智美氏、戸塚美奈子氏に深く感謝いたします。また、仔ウシのデコイを快く貸借していただきました、みちのくミルク株式会社本社工場の職員の皆様に心より感謝申し上げます。

国際応用動物行動学会参加にあたり参加助成をしていただき、貴重な経験を授けていただきました、応用動物行動学会の皆様心より感謝申し上げます。また、RAとして採用していただき、学会発表費用の支給などにおいて多大なるご援助をいただき、さらに、セミナーや国際フォーラムの開催により様々な知識と経験を授けていただきました、東北大学大学院生命科学研究科グローバル COE（現、生態適応センター）拠点

リーダー、中静透教授、農学研究科、陶山佳久准教授をはじめとする職員の皆様に心より感謝申し上げます。

そして、本論文をご精読くださり、大変貴重なご意見をいただきました東北大学大学院農学研究科機能形態学分野教授、麻生久博士、並びに動物生理科学分野教授、加藤和雄博士に深謝いたします。

最後に、川渡での生活にあたり温かく迎え入れていただきました藤島旅館の皆様と、心身ともに支えてくれた父義明、母緑、姉智子に心から感謝いたします。

引用文献

- Adewuyi, A.A., Roelofs, J.B., Gruys, E., Toussaint, M.J.M. and van Eerdenburg, F.J.C.M. 2006. Relationship of plasma nonesterified fatty acids and walking activity in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89: 2977-2979.
- 赤坂 千晶, 大谷 有紀恵, 田中 繁史, 二宮 茂, 佐藤 衆介. 2011. 日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌, 47 (1): 37.
- Albright, J.L. and Arave, C.W. 1997. Social behaviour. In: *The Behaviour of Cattle*. CAB Internatinal, Wallingford, pp. 45-66.
- Appleby, M.C. 1986. Development of sexual and agonistic behaviour in bulls and steers. *Applied Animal Behaviour Science*, 15: 190 (Abstr.).
- Appleby, M.C., Smith, S.F. and Hughes, B.O. 1993. Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: Effects of design on behaviour and welfare. *British Poultry Science*, 34 (5): 835-847.
- Beattie, V.E., Walker, N. and Sneddon, I.A. 1996. An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 48: 151-158.
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Kilpatrick, D.J. and Moss, B.W. 2000. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Animal Science*, 70 (3): 443-450.

- Boissy, A., Terlouw, C. and Neindre, P.L. 1998. Presence of cues from stressed conspecifics increases reactivity to aversive events in cattle: evidence for the existence of alarm substances in urine. *Physiology & Behavior*, 63 (4): 489-495.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I. and Aubert, A. 2007. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior*, 92: 375-397.
- Bracke, M.B.M. and Hopster, H. 2006. Assessing the Importance of Natural Behavior for Animal Welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19: 77-89.
- Brambell, F.W.R. 1965. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Her Majesty's Stationery Office, London, pp. 1-85.
- Carlstead, K. 1986. Predictability of feeding: Its effect on agonistic behaviour and growth in grower pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 16: 25-38.
- Castro, I.M.L., Gyax, L., Wechsler, B. and Hause, R. 2011. Increasing the interval between winter outdoor exercise aggravates agonistic interactions in Hérens cows kept in tie-stalls. *Applied Animal Behaviour Science*, 129: 59-66.
- Chamove, A.S. 1989. Environmental enrichment: A review. *Animal Technology*, 40 (3): 155-178.

- Chang, T.R., Forthman, D.L. and Maple, T.L. 1999. Comparison of confined mandrill (*Mandrillus sphinx*) behavior in traditional and “ecologically representative” exhibits. *Zoo Biology*, 18: 163-176.
- Commission Regulation (EC) No 1974/2006 of 15 December 2006 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 1698/2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD).
- Cook, N.B. and Nordlund, K.V. 2009. The influence of the environment on dairy cow behaviour, claw health and herd lameness dynamics. *The Veterinary Journal*, 179: 360-369.
- Davidson, J.A. and Beede, D.K. 2003. A system to assess fitness of dairy cows responding to exercise training. *Journal of Dairy Science*, 86: 2839-2851.
- Davidson, J.A. and Beede, D.K. 2009. Exercise training of late-pregnant and nonpregnant dairy cows affects physical fitness and acid-base homeostasis. *Journal of Dairy Science*, 92: 548-562.
- Dellmeier, G.R., Friend, T.H. and Gbur, E.E. 1985. Comparison of four methods of calf confinement. II. Behaviour. *Journal of Animal Science*, 60: 1102-1109.
- Dellmeier G.R. 1989. Motivation in relation to welfare of enclosed livestock. *Applied Animal Behaviour Science*, 22: 129-138.
- Dellmeier, G.R., Friend, T. and Gbur, E. 1990. Effects of changing housing on open-

field behaviours of calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 26: 215-230.

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構. 2009. 第5章4節 飼料と肉質の関係.

In: 日本飼養標準・肉用牛 (2008年版). 中央畜産会, 東京, pp. 101-117.

Duncan, I.J.H. and Wood-Gush, D.G.M. 1971. Frustration and aggression in the domestic fowl. *Animal Behaviour*, 19: 500-504.

Dunne, P.G., O'Mara, F.P., Monahan, F.J., French, P. and Moloney, A.P. 2005. Colour of muscle from 18-month-old steers given long-term daily exercise. *Meat Science*, 71: 219-229.

Dunne, P.G., Rogalski, J., Moreno, T., Monahan, F.J., French, P. and Moloney, A.P. 2008. Colour, composition and quality of *M. longissimus dorsi* and *M. extensor carpi radialis* of steers housed on straw or concrete slats or accommodated outdoors on wood-chips. *Meat Science*, 79: 700-708.

Eurogroup for Animals. 2003. Common Agricultural Policy. <http://eurogroupforanimals.org/what-we-do/category/farm-animals/common-agricultural-policy>

Eurogroup for Animals. 2010. Overview of the animal welfare payment measure in EU Member States rural development programmes 2007-2013. http://eurogroupforanimals.org/files/policies/downloads/77/capwelfaremeasure_saug2010.pdf

Farm Animal Welfare Council. 1992. FAWC updates the five freedoms. The

Veterinary Record, 131: 357.

Fenton, B.K., Elliot, J. and Campbell, R.C. 1985. The effects of different castration methods on the growth and well-being of calves. The Veterinary Record, 70: 101-102.

Field, R.A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. Journal of Animal Science, 32: 849-858.

Fisher, A.D., Crowe, M.A., Alonso de la Varga, M.E. and Enright, W.J. 1996. Effect of castration method and the provision of local anesthesia on plasma cortisol, scrotal circumference, growth, and feed intake of bull calves. Journal of Animal Science, 74: 2336-2343.

Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M.-C., Canali, E. and Jones, R.B. 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. Physiology & Behavior, 92: 340-374.

Friend, T.H., Dellmeier G.R. and Gbur, E.E. 1985. Comparison of four methods calf confinement. I. Physiology. Journal of Animal Science, 60: 1095-1101.

Gustafson, G.M. 1993. Effect of daily exercise on the health of tied dairy cows. Preventive Veterinary Medicine, 17: 209-223.

Gustafson, G.M. and Lund-Magnussen, E. 1995. Effect of daily exercise on the getting up and lying down behaviour of tied dairy cows. Preventive Veterinary Medicine, 25: 27-36.

- Gvaryahu, G., Ararat, E., Asaf, E., Lev, M., Weller, J.I., Robinzon, B. and Snapir, N. 1994. An enrichment object that reduces aggressiveness and mortality in caged laying hens. *Physiology & Behavior*, 55 (2): 313-316.
- Herbel, C.H. and Nelson, A.B. 1966. Activities of Hereford and Santa Gertrudis cattle on a southern New Mexico range. *Journal of Range Management*, 19: 173-176.
- Hughes, B.O. and Duncan, I.J. 1988. The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare. *Animal Behaviour*, 36: 1696-1707.
- Huuskonen, A., Joki-Tokola, E., Honkavaara, M., Tuomisto, L. and Kauppinen, R. 2010. Meat quality and fatty acid profile of *M. longissimus dorsi* of growing bulls under insulated, uninsulated and outdoor housing conditions. *Agricultural and Food Science*, 19: 214-222.
- 石井 幹. 1986. 牛の行動学入門: よりよき飼養管理のために. 中央畜産会, 東京, pp. 244-248, 273-301, 321-343.
- 石黒 裕敏, 木船 厚恭. 2004. 乾乳牛のパドック管理が維持行動、運動量、負荷運動時の心拍数および免疫活性に及ぼす影響. *日本家畜管理学会誌*, 40: 48-49.
- Ishiwata, T., Uetake, K., Abe, N., Eguchi, Y. and Tanaka, T. 2006. Effects of an environmental enrichment using a drum can on behavioral, physiological and productive characteristics in fattening beef cattle. *Animal Science Journal*, 77: 352-362.

Jensen, M.B. 1999. Effects of confinement or rebounds of locomotor behavior of calves and heifers, and the spatial preferences of calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 62: 43-56.

Jensen, M.B. 2001. A note on the effect of isolation during testing and length of previous confinement on locomotor behaviour during open-field test in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 56: 97-108.

家畜血液図説編集委員会. 1980. 家畜血液図説. チクサン出版社, 東京, pp. 79-114.

Keil, N.M., Wiederkehr, T.U., Friedli, K. and Wechsler, B. 2006. Effects of frequency and duration of outdoor exercise on the prevalence of hock lesions in tied Swiss dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 74: 142-153.

Kilgour, R.J. 2012. In pursuit of “normal”: A review of the behavior of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138: 1-11.

公益社団法人畜産技術協会. 2010. 平成 21 年度家畜生産新技術有効活用総合対策事業, 肉用牛飼養実態アンケート調査報告書, pp. 6-13, 56-62.

公益社団法人畜産技術協会, 2011. アニマルウェルフェアの考え方に対応した飼養管理指針. <http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/>

公益社団法人日本食肉格付協会. 2014. 牛枝肉取引規格の概要. <http://www.jmga.or.jp/pdf/ushi-pamphlet.pdf>

今道 友則. 1990. 第 26 章 脂質代謝. In: デュークス生理学 上巻. 学窓舎, 東京, pp. 369-379.

- Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.W. and Blokhuis, H.J. 1999. Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23: 925-935.
- Krohn, C.C., Munksgaard, L. and Jonasen, B. 1992. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. I. Experimental procedure, facilities, time budgets-diurnal and seasonal conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 34: 37-47.
- Krohn, C.C. and Munksgaard, L. 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 37: 1-16.
- Krohn, C.C. 1994. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. III. Grooming, exploration and abnormal behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 42: 73-86.
- 桑原 正貴. 2006. 1.2 畜産の歴史. In: 扇元 敬司, 桑原 正貴, 寺田 文典, 中井 裕, 清家 英貴, 廣川 治 編著. 新編畜産ハンドブック. 講談社, 東京, pp. 2-4.
- Laister, S., Brörkens, N., Lolli, S., Zucca, D., Knierim, U., Minero, M., Canali, E. and Winckler, C. 2009. Reliability of measures of agonistic behavior in dairy and beef cattle. In: Forkman, B. and Keeling, L. (Eds). *Welfare Quality Report No. 11 Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef Bulls*

and Veal Calves. Cardiff University, pp. 163-174.

Lewis, E., Boyle, L.A., O'Doherty, J.V., Lynch, P.B. and Brophy, P. 2006. The effect of providing shredded paper or ropes to piglets in farrowing crates on their behaviour and health and the behaviour and health of their dams. *Applied Animal Behaviour Science*, 96: 1-17.

Loberg, J., Telezhenko, E., Bergsten, C. and Lidfors, L. 2004. Behaviour and claw health in tied dairy cows with varying access to exercise in an outdoor paddock. *Applied Animal Behaviour Science*, 89: 1-16.

Loneragan, G.H., Dargatz, D.A., Morley, P.S. and Smith, M.A. 2001. Trends in mortality ratios among cattle in US feedlots. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219: 1122-1127.

Low, W.A., Tweedie, R.L., Edwards, C.B.H., Hodder, R.M., Malafant, K.W.J. and Cunningham, R.B. 1981. The influence of environment on daily maintenance behaviour of free-ranging Shorthorn cows in central Australia. II. Multivariate analysis of duration and incidence of activities. *Applied Animal Ethology*, 7: 27-38.

前原 俊浩, 堤 知子, 西川 光博. 1990. 肉用牛の除角について. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 22: 1-16.

松田 敬一. 2011a. 黒毛和種肥育牛における代謝プロファイルテスト (1). *家畜診療*, 58: 651-660.

- 松田 敬一. 2011b. 黒毛和種肥育牛における代謝プロファイルテスト (2). 家畜診療, 58: 721-729.
- 松木 洋一. 2014. 世界の家畜福祉政策と福祉品質 (WQ) 商品の開発動向 (1). 畜産の研究, 68: 234-246.
- McAdie, T.M., Keeling, L.J., Blokhuis, H.J. and Jones, R.B. 2005. Reduction in feather pecking and improvement of feather condition with the presentation of a string device to chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 93: 67-80.
- Mench, J.A. 1998. Environmental enrichment and importance of exploratory behaviour. In: Shepherdson, D.J., Mellen, J.D. and Hutchings, M. (Eds). *Second Nature: Environmental Enrichment for Captive Animals*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp.30-46.
- Mench, J.A., Morrow-Tesch, J. and Chu, L. 1998. Environmental enrichment for farm animals. *Laboratory Animals*, 27: 32-36.
- Menke, C., Waiblinger, S., Fölsch, D.W. and Wiepkema. P.R. 1999. Social behaviour and injuries of horned cows in loose housing systems. *Animal Welfare*, 8: 243-258.
- 三秋 尚, 大本 勲, 能勢 公, 渡辺 滋樹, 梶並 嘉芳. 1969. 急傾斜山地草地の牧草生産力に関する研究 (第2報) 放牧と舎飼いの黒毛和種若令去勢牛の行動比較. 岡山大学農学部学術報告, 34: 65-72.
- Miller, K. and Wood-Gush, G.G.M. 1991. Some effects of housing on the social

- behaviour of dairy cows. *Animal Production*, 53: 271-278.
- Mills, S.D. 2010. *The encyclopedia of applied animal behaviour & welfare*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 477-479.
- Moloney, A.P., Fallon, R.J., Mooney, M.T. and Troy, D.J. 2004. The quality of meat and fatness of bulls offered ad libitum concentrates, indoors or at pasture. *Livestock Production Science*, 87: 271-276.
- Molony, V., Kent, J.E. and Robertson, I.S. 1995. Assessment of acute and chronic pain after different methods of castration of calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 46: 33-48.
- 永松 美希. 2010. アニマルウェルフェア畜産物の生産・流通・消費拡大の可能性と課題. In: 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 畜産関係学術研究委託調査, 平成 21 年度報告. http://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_000027.html
- 並河 澄. 1988. 肉質・格付規格, I 肉質とは何か. In: 農山漁村文化協会 編著. 加除式農業技術大系 畜産編 3 肉牛. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 191-196.
- Napolitano, F., Knierim, U., Grasso, F. and Rosa, G.D. 2009. Positive indicators of cattle welfare and their applicability to on-farm protocols. *The International Journal for the Scientific Study of Animal Science and Production*, 8: 355-365.
- Newberry, R.C. 1995. Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44: 229-243.

Nielsen, L.H., Mogensen, L., Krohn, C., Hindhede, J. and Sørensen, J.T. 1997. Resting and social behaviour of dairy heifers housed in slatted floor pens with different sized bedded lying areas. *Applied Animal Behaviour Science*, 54: 307-316.

Ninomiya, S. and Sato, S. 2009. Effects of 'Five freedoms' environmental enrichment on the welfare of calves reared indoors. *Animal Science Journal*, 80: 347-351.

農林水産省. 2011. 平成 23 年度農業災害補償制度家畜共済統計表, 都道府県別統計表 事故別頭数等, 1-1, 死廃事故別頭数 (病類別; 包括共済) 肉用牛等. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001118487>

農林水産省. 2013. 報道発表資料, 農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略案に関する地方ブロック会議の開催について, 牛肉の輸出戦略(案). <http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/kaigai/130517.html>

農林水産省. 2014. 農林水産物輸出入概況 2013 年 (平成 25 年) 確定値. 国際
部 国 際 計 画 課 ,
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kokusai/pdf/yusyutu_gaikyo_13.pdf

O'Connell, J., Giller, P.S. and Meaney, W. 1989. A comparison of dairy cattle behavioural patterns at pasture and during confinement. *Irish Journal of Agricultural Research*, 28: 65-72.

小原 嘉昭, 萩野 顕彦. 2004. 第 10 章 代謝. In: 津田 恒之, 小原 嘉昭, 加藤 和雄,

萩野 顕彦, 佐々田 比呂志 編著. 第二次改訂増補, 家畜生理学. 養賢堂, 東京, pp. 204-238.

OIE (World Organisation for Animal Health). 2005a. Terrestrial Animal Health Code, Chapter 7.1., Introduction to the recommendations for animal welfare. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_introduction.htm

OIE (World Organisation for Animal Health). 2005b. Terrestrial Animal Health Code, Chapter 7.3., Transport of animals by land. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_land_transpt.htm

OIE (World Organisation for Animal Health). 2005c. Terrestrial Animal Health Code, Chapter 7.5., Slaughter of animals. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_slaughter.htm

OIE (World Organisation for Animal Health). 2012. Terrestrial Animal Health Code, Chapter 7.9., Animal welfare and beef cattle production systems. http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_beef_catthe.htm

岡田 啓司. 1999. 第 I 章 代謝プロファイルテストとは. In: 社団法人全国家畜畜産物衛生指導協会 編著. 生産獣医療システム 肉牛編, 生産獣医療を目指してテキスト

- トシリーズ (3). 農山漁村文化協会, 東京, pp. 183-191.
- 岡田 啓司. 2007. 栄養プロファイルのための血液および乳汁検査成績の読み方 (2).
家畜診療, 54 (10): 601-606.
- Pelley, M.C., Lirette, A. and Tennessen, T. 1995. Observations on the responses of
feedlot cattle to attempted environmental enrichment. *Canadian Journal of
Animal Science*, 75: 631-632.
- Pfister, J.A., Müller-Schwarze, D. and Balph, D.F. 1990. Effects of predator fecal
odors on feed selection by sheep and cattle. *Journal of Chemical Ecology*, 16 (2):
573-583
- Phillips, C.J.C. 1993. Chapter 7, Locomotion and Handling. In: *Cattle Behaviour*.
Farming Press, Ipswich, pp. 151-178.
- Popescu, S., Borda, C., Diugan, E.A., Spinu, M., Groza, I.S. and Sandru, C.D. 2013.
Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access
to exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53: 43.
- Redbo, I. 1990. Changes in duration and frequency of stereotypies and their
adjoining behaviours in heifers, before, during and after the grazing period.
Applied Animal Behaviour Science, 26: 57-67.
- Redbo, I. 1993. Stereotypies and cortisol secretion in heifers subjected to tethering.
Applied Animal Behaviour Science, 38: 213-225.
- Reed, H.J., Wilkins, L.J., Austin, S.D. and Gregory, N.G. 1993. The effect of

- environmental enrichment during rearing on fear reactions and depopulation trauma in adult caged hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 36: 39-46.
- Regula, G., Danuser, J., Spycher, B. and Wechsler, B. 2004. Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine*, 66: 247-264.
- Reinhardt, V., Liss, C. and Stevens, C. 1996. Space requirement stipulations for caged non-human primates in the United States: A critical review. *Animal Welfare*, 5: 361-372.
- Robertson, I.S., Kent, J.E. and Molony, V. 1994. Effect of different methods of castration on behaviour and plasma cortisol in calves of three ages. *Research in Veterinary Science*, 56: 8-17.
- Rushen, J., Marie de Passillé, A., von Keyserlingk, M.A.G. and Weary, D.M. 2008. Chapter 4, Animal Behaviour. In: *The Welfare of Cattle*. Springer, Dordrecht, pp.70-111.
- Sciolino, N.R. and Holmes, P.V. 2012. Exercise offers anxiolytic potential: A role for stress and brain noradrenergic-galaninergic mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36: 1965-1984.
- Sandem, A.I., Braastad, B.O. and Bøe, K.E. 2002. Eye white may indicate emotional state on a frustration-contentedness axis in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 79: 1-10.

Sato, S., Sako, S. and Maeda, A. 1991. Social licking patterns in cattle (*Bos taurus*): influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science*, 32: 3-12.

Sato, S., Tarumizu, K. and Hatae, K. 1993. The influence of social factors on allogrooming in cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 38: 235-244.

佐藤 衆介, 近藤 誠司, 田中 智夫, 楠瀬 良 編著. 1995. 行動のレパトリー. In: 家畜行動図説. 朝倉書店, 東京, pp. 18-97.

佐藤 衆介. 1997. 失宜行動と家畜の福祉. In: 三村 耕 編著. 家畜行動学, 養賢堂, 東京, pp. 98-121.

佐藤 衆介. 2005. アニマルウェルフェア, 動物の幸せについての科学と倫理. 財団法人東京大学出版会, 東京, pp.19-22.

Shepherdson, D.J. 1998. I. Introduction: Tracing the path of environmental enrichment in zoos. In: Shepherdson, D.J., Mellen, J.D. and Hutchins, M. (Eds). *Second Nature, Environmental Enrichment for Captive Animals*. Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 1-12.

柴 伸弥, 渡邊 彰, 樋口 幹人, 今成 麻衣. 2010. 肥育中期の持久的な運動負荷は日本短角種肥育牛のロース芯面積を大きくする. 農業・食品産業技術総合研究機構平成22年度研究成果情報.

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H22/kachiku/H22kachiku009.pdf>

- 柴 伸弥. 2013. 牛肉のかたさ（食感）とその測定方法. In: 農文協編集局 編著. 2013. 牛肉大辞典. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 933-938.
- 柴田 昌宏. 2014. 3.3 産肉の生体機構. In: 扇元 敬司, 葦澤 圭二郎, 桑原 正貴, 寺田 文典, 中井 裕, 杉浦 勝明 編著. 最新畜産ハンドブック. 講談社, 東京, pp. 145-152.
- 社団法人北海道酪農畜産協会 北海道立畜産試験場. 2006. 新 黒毛和種肥育の手引き, <http://www.agri.hro.or.jp/sintoku/common/publication/feedmanual/feedmanual.html>
- 白尾 大司, 澤井 利幸, 藤井 宏志. 2000. 黒毛和種における早期除角の労力性および牛への増体性、行動、生理に及ぼす影響. 山口獣医学雑誌, 27: 37-41.
- Simonsen, H.B. 1990. Behaviour and distribution of fattening pigs in the multi-activity pen. *Applied Animal Behaviour Science*, 27: 311-324.
- Sommerville, B.A. and Broom, D.M. 1998. Olfactory awareness. *Applied Animal Behaviour Science*, 57: 269-286.
- Stafford, K.J. and Mellor, D.J. 2005. Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. *The Veterinary Journal*, 169: 337-349.
- 田代 一男. 1967. 放牧牛の行動生態ならびに管理技術に関する研究（第 1 報）放牧和牛の行動解析. 鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学篇, 18: 103-116.
- Telezhenko, E. and Bergsten, C. 2005. Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 93: 183-197.

- Telezhenko, E., Lidfors, L. and Bergsten, C. 2007. Dairy Cow Preferences for Soft or Hard Flooring when Standing or Walking. *Journal of Dairy Science*, 90: 3716-3724.
- Terlouw, E.M.C., Boissy, A. and Blinet, P. 1998. Behavioural responses of cattle to the odours of blood and urine from conspecifics and to the odour of faeces from carnivores. *Applied Animal Behaviour Science*, 57: 9-21.
- Ting, S.T.L., Earley, B., Hughes, J.M.L. and Crowe, M.A. 2003. Effect of ketoprofen, lidocaine local anesthesia, and combined xylazine and lidocaine caudal epidural anesthesia during castration of beef cattle on stress responses, immunity, growth, and behavior. *Journal of Animal Science*, 81: 1281-1293.
- Tuomisto, L., Ahola, L., Martiskainen, P., Kauppinen, R. and Huuskonen, A. 2008. Comparison of time budgets of growing Hereford bulls in an uninsulated barn and in extensive forest paddocks. *Livestock Science*, 118: 44-52.
- Veissier, I., Andanson, S., Dubroeuq, H. and Pomiès, D. 2008. The motivation of cows to walk as thwarted by tethering. *Journal of Animal Science*, 86: 2723-2729.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N. and Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science*, 54: 177-185.

渡辺 大作. 2011. 黒毛和種肥育牛における代謝プロファイルテストの意義と実践. 家畜診療, 48: 279-286.

Welfare Quality® Consortium. 2009a. 4, Background Welfare Quality® protocols. In: Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle. Netherlands Standardization Institute, Lelystad, pp. 21-27.

Welfare Quality® Consortium. 2009b. 5, Welfare Quality® applied to fattening cattle. In: Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle. Netherlands Standardization Institute, Lelystad, pp. 29-73.

Wells, D.L. 2009. Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. Applied Animal Behaviour Science, 118: 1-11.

Westerath, S.H., Brörkens, N., Laister, S., MacKintosh, N., Winckler, C. and Knierim, U. 2009a. Validation of exploratory behaviour in beef cattle as an indication of positive emotions. In: Forkman, B. and Keeling, L. (Eds). Welfare Quality Report No. 11, Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef Bulls and Veal Calves. Cardiff University, pp. 163-174.

Westerath, S.H., Brörkens, N., Laister, S., MacKintosh, N., Winckler, C. and Knierim, U. 2009b. Reliability of measures of socio-positive and play behaviour in dairy and beef cattle. In: Forkman, B. and Keeling, L. (Eds). Welfare Quality Report No. 11, Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef Bulls and Veal Calves. Cardiff University, pp. 175-188.

- Wilson, S.C., Mitlöhner, F.M., Morrow-Tesch, J., Dailey, J.W. and McGlone, J.J. 2002. An assessment of several potential enrichment devices for feedlot cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 76: 259-265.
- Wilson S.F. 1982. Environmental influences on the activity of captive apes. *Zoo Biology*, 1: 201-209.
- Winckler, C., Capdeville, J., Gebresenbet, G., Hörning, B., Roiha, U., Tosi, M. and Waiblinger, S. 2003. Selection of parameters for on-farm welfare assessment protocols in cattle and buffalo. *Animal Welfare*, 12: 619-624.
- Wood-Gush, D.G.M. and Beilharz, R.G. 1983. The enrichment of a bare environment for animals in confined conditions. *Applied Animal Ethology*, 10: 209-217.
- 矢野 秀雄. 2013. わが国の肉用牛飼育の変遷と特徴. In: 農文協編集局 編著. 牛肉大辞典. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 55-62.
- 吉田 正三郎, 寺田 隆慶, 黒崎 順二, 渡辺 昭三, 小沢 忍, 宮重 俊一, 堀江 董久, 加藤 国雄, 上田 敬介, 石倉 文夫, 林 英夫. 1969. 開放牛舎における繁殖雌牛 (和牛) の採食競合とその緩和法について. *中国農業試験場報告*, B17: 1-26.
- 米村 寿男. 1973. 第8章 血液医化学的検査. In: 中村 良一, 米村 寿男, 須藤 恒二 共編. 牛の臨床検査法, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 8-45.
- Young, R.J. 2003. UFAW Animal Welfare Series, Environmental Enrichment for Captive Animals. Wiley-Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 1-3.
- Zeeb, K. 1983. Locomotion and space structure in six cattle units. In: Baxter, S.H.,

Baxter, M.R. and MacCormack, J.A.D (Eds). *Farm Animal Housing and Welfare*.

Martinus Nijhoff Publishers, Boston, pp. 129-136.

善林 明治. 2013. 産肉生理, VI 枝肉形質の発達. In: 農文協編集局 編著. 牛肉大辞典.

農山漁村文化協会, 東京, pp. 210-213.