

山羊の合理的飼養技術開発に向けた行動管理に関する研究
—群管理ならびに放牧管理向上のための行動学的アプローチ—

主 税 裕 樹

2017

目 次

	頁
第1章 緒 論	1
第2章 わが国における山羊の飼養実態	
緒 言	7
材料および方法	7
結果および考察	7
要 約	19
第3章 舎飼い山羊群における行動的問題とその緩和方法の開発	
緒 言	20
第1節 優劣順位と飼料採食競合との関係	
目 的	21
材料および方法	21
結果および考察	27
第2節 飼育密度が飼料採食競合に及ぼす影響	
目 的	40
材料および方法	40
結果および考察	42
第3節 給餌方法の違いが飼料採食競合に及ぼす影響	
3-1. 飼槽の数または配置間隔が飼料採食競合に及ぼす影響	
目 的	50
材料および方法	50
3-1-1. 飼槽の数による影響	
3-1-2. 飼槽の配置間隔による影響	
結果および考察	56
3-1-1. 飼槽の数による影響	
3-1-2. 飼槽の配置間隔による影響	

3-2. 給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響	
目的	70
材料および方法	70
結果および考察	76
第4節 要約	87
第4章 放飼山羊の行動特性の解明と行動的問題への対応	
緒言	89
第1節 障害物または跳躍台の高さが山羊の飛び越えやくぐり抜けに及ぼす影響	
目的	90
材料および方法	90
4-1-1. 障害物の高さが飛び越えに及ぼす影響	
4-1-2. 跳躍台の高さが飛び越えに及ぼす影響	
4-1-3. 障害物と地面との間隔がくぐり抜けに及ぼす影響	
結果および考察	99
4-1-1. 障害物の高さが飛び越えに及ぼす影響	
4-1-2. 跳躍台の高さが飛び越えに及ぼす影響	
4-1-3. 障害物と地面との間隔がくぐり抜けに及ぼす影響	
第2節 ネットまたは電気牧柵に対する山羊の行動反応	
目的	116
材料および方法	116
4-2-1. 放飼経験がネット牧柵に対する山羊の行動に及ぼす影響	
4-2-2. 電気牧柵に対する放飼未経験山羊の行動反応	
4-2-3. 放牧および電気牧柵への接触を経験した山羊の忌避学習の持続効果	
結果および考察	124
4-2-1. 放飼経験がネット牧柵に対する山羊の行動に及ぼす影響	
4-2-2. 電気牧柵に対する放飼未経験山羊の行動反応	
4-2-3. 放牧および電気牧柵への接触を経験した山羊の忌避学習の持続効果	
第3節 電気牧柵設置による山羊の脱柵行動の制御	
目的	140

材料および方法	140
4-3-1. 山羊の脱柵行動に及ぼす放飼経験の影響	
4-3-2. 電気柵に対する放飼未経験山羊の馴致効果	
結果および考察	148
4-3-1. 山羊の脱柵行動に及ぼす放飼経験の影響	
4-3-2. 電気柵に対する放飼未経験山羊の馴致効果	
第4節 要約	167
第5章 山羊放牧による農林地および耕作放棄地の雑草抑圧の可能性	
緒言	169
第1節 草地におけるエゾノギシギシ抑圧の可能性	
目的	170
材料および方法	170
5-1-1. エゾノギシギシが侵入した牧草地における牛および山羊の採食行動の比較	
5-1-2. エゾノギシギシに含まれる忌避物質と山羊の採食性	
(1) 忌避物質に対する山羊の味覚反応	
(2) エゾノギシギシの生育に伴う忌避物質成分の変動と山羊の採食性との関係	
結果および考察	176
5-1-1. エゾノギシギシが侵入した牧草地における牛および山羊の採食行動の比較	
5-1-2. エゾノギシギシに含まれる忌避物質と山羊の採食性	
(1) 忌避物質に対する山羊の味覚反応	
(2) エゾノギシギシの生育に伴う忌避物質成分の変動と山羊の採食性との関係	
第2節 耕作放棄地におけるセイタカアワダチソウ抑圧の可能性	
目的	193
材料および方法	193
5-2-1. セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に放牧した山羊の草類選好性および除草効果	
5-2-2. セイタカアワダチソウの生育段階の違いが山羊の選択採食に及ぼす影響	
結果および考察	200
5-2-1. セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に放牧した山羊の草類	

選好性および除草効果

5-2-2. セイタカアワダチソウの生育段階の違いが山羊の選択採食に及ぼす影響

第3節 樹園地（ツバキ園）における野草選択性ならびに除草効果・・・・・・・・ 214

目 的

材料および方法

結果および考察

第4節 要 約・・ 232

第6章 総合考察・・ 234

要 約・・ 240

謝 辞・・ 243

参考文献・・ 244

第1章 緒論

世界的な人口増加や途上国の経済発展に伴う食生活の高度化，さらには近年におけるバイオエタノールなどの代替エネルギーの開発など食用・原料としての穀物に対する需要は今後ますます増大することが見込まれている（須藤と菱田 2010）。加えて，地球温暖化の進行，資源の枯渇，土壌の劣化・砂漠化，水資源の制約といった生産面での問題も顕在化しており，世界の食料需給は逼迫することが懸念されている（農林水産省 2013）。このような状況の中，わが国における食料自給率（2011年度）は供給熱量ベースで39%，穀物自給率では29%と極めて低く（農林水産省 2014），飽食といわれる我々の食生活は大部分が海外からの食料輸入に頼っているのが現状である。

戦前までのわが国の農業はアジア・モンスーン地帯の特徴である温暖多湿な気候に順応し，水田の稲麦を中心に雑穀，野菜を育て，その中で自給飼料を中心に家畜を飼育するなど自給型の小規模複合経営が行われてきた（農山漁村文化協会文化部 1978）。本来，家畜とは単に人間に飼い慣らされた動物ではなく，人間の食料にならない草や農場副産物などを飼料にして，人間生活に有用な価値をもたらす動物である。家畜から得られる経済的価値は，(1) 畜産物（乳，肉，卵，はちみつ，毛，皮など）の供給，(2) 畜力の提供（農作業，運搬作業，乗用など），(3) 地力の向上（肥料および堆厩肥の供給）であり（阿部 2008），それぞれが用畜，役畜および糞畜利用と呼ばれてきた（野澤 1993；萬田 2000；中西 2005）。わが国においては，1961年の農業基本法施行により農業生産構造が変化し，高位生産を目標にした畜産技術の大規模化・機械化・集約化が進み（中西 2005），農耕と家畜の結びつきは弱くなった（農政ジャーナリストの会 2002；阿部 2008）。畜産の構造は生産性の高い牛，豚および鶏に特化し（中西 2005），用畜，役畜および糞畜という家畜が農業生産に果たしてきた役割のうち，糞畜および役畜の比重は低下して，家畜飼養の目的が用畜へと特化し，その効率を高めることが目指されるようになった（阿部 2008）。その結果，草食型である山羊，綿羊および馬は減少の一途を辿り（中西 2005），中でも自給用家畜としての性格が強かった山羊は，畜産の商品生産化の進展に伴い，農家の庭先からその姿を消すことになり，山羊の飼養経営は急速に衰退した（萬田ら 1983）。1957年には乳用種と肉用種を合わせて約70万頭が飼養されていたが，1975年には約11万頭に激減し（図1-1），1997年には3万頭以下，それ以降は2万頭前後で推移している（中西 2014）。

しかし，世界的にみると，山羊は古くから現在に至るまで肉用および乳用家畜として利

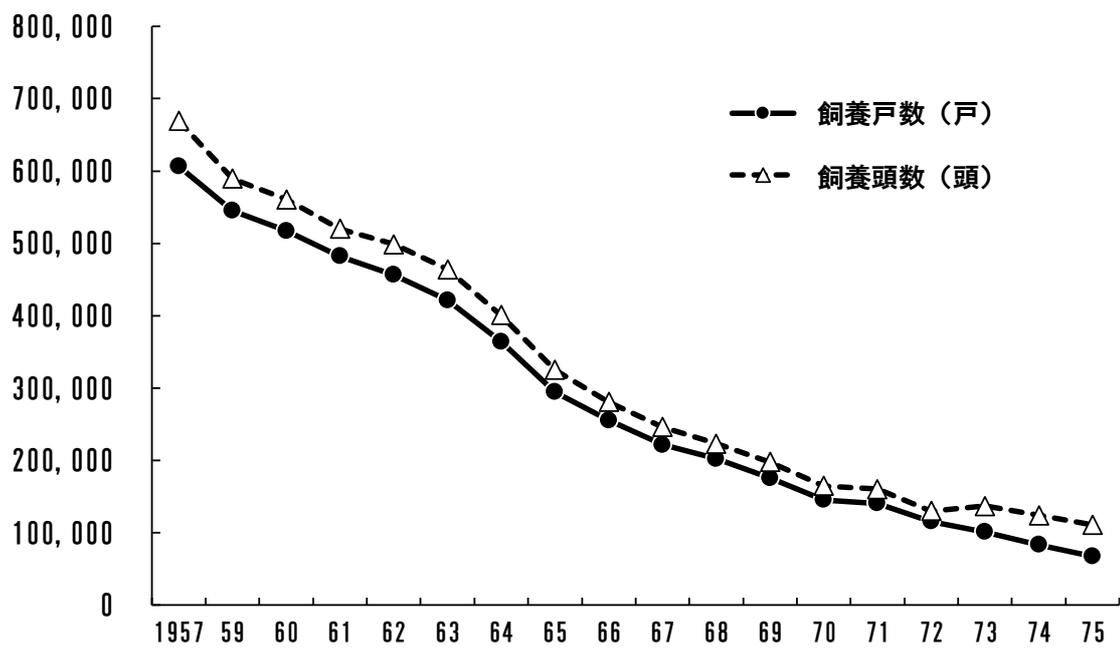


図1-1 1957～1975年における日本の山羊の飼養頭数および戸数の推移
 日本緬羊協会（1999）を基にして作成。

用され、農業生産上重要な位置を占めている（中西と萬田 1996）。山羊は優れた環境適応力を持ち、草本植物に乏しい乾燥地帯や山岳地帯においても生存可能であるため、極地を除き、世界に広く分布しており、FAO Statistical Division（2012）によれば、世界の山羊飼養頭数は2000年に約7億5千万頭であったが、2005年には8億頭、2010年には9億頭を超え、年々増加しており、そのほとんど（約96%）はアジア、アフリカおよび南アメリカなどの開発途上国に分布している。山羊は開発途上国において乳・肉・皮毛の供給源として生活および農業生産上重要な役割を果たしているだけでなく、開発国においても乳加工、農林地や未利用地の植生管理、学校教育やアニマルセラピー、動物実験などのために汎用されていることから、世界で最も重要な家畜の1つとして位置付けられている（中西 2014）。

わが国において、1999年に制定された「食料・農業・農村基本法」（農林水産省 1999）では、農業生産の近代化・合理化の追求よりも農村環境を保全しつつ、安全な食料を持続的に供給することに力点が置かれるようになった（仲地 1999；中西 2005）。このように、「食料・農業・農村基本法」では、1961年制定の「農業基本法」に対し、環境面での配慮がなされており、循環型社会の形成とともに、有畜複合農業の視点が包含されている（佐藤 2008）。近年、わが国では山羊を見直す動きが出てきており、牛に比べて扱いが容易である利点を活かし、農地の植生管理に利用される事例が散見されている（吉川ら 1999；萬田 2000）。沖縄および奄美諸島においては食肉および薬膳用としての需要が根強く（敷根 1999；渡嘉敷 2001；新城 2010）、山羊乳もまた機能性食品として注目されている（河原 1999）。山羊は乳肉生産に加え、除草利用が有効であることから、多面的な機能を持った家畜として再評価され、環境共生・資源循環型農業に相応しい家畜と考えられている（中西 2005）。

今後、わが国での山羊の利用拡大を図るには、飼養上の問題点を明らかにし、それを解決するための合理的な飼養技術の確立が必要である。しかしながら、1998年以降、農林水産省による山羊飼養頭数の調査が行われなかったため、最近の飼養頭数に関する情報は乏しく、わが国における山羊飼養の現状については不明である。

山羊は小規模であっても複数頭を群飼するケースが多いため、個体や群の特性を把握することは重要である。従来、山羊群の社会構造は相対的直線順位型に分類されてきた（Scott 1948；松沢と白石 1992；黒崎 1997）が、群によっては、劣位個体が優位個体を絶対に攻撃しない場合もあることから、むしろ絶対的直線順位型に分類されるとする報告（AddisonとBaker 1982；Barrosoら 2000）もあり、社会構造の形態については一致した見解が得ら

れていない。山羊は緬羊と比べ、群れる習性は弱いものの、群内には明確な社会的順位が存在し、個体間の闘争が激しく、特に飼料採食競合で顕著に現われる（朝日田 1997；田中と中西 2005）。そのため、制限給餌の場合には飼槽の数を増やしたり、飼槽間隔を広げたりするなどの工夫が必要である（中西と萬田 1996）。しかしながら、運動場への放し飼いまたは舎飼い山羊群における優劣順位と採食行動との関係については報告が少なく（松沢と萩谷 1991；Shinde ら 2004；Jørgensen ら 2007）、特に、舎飼い条件下における飼料採食競合について、性差、飼育密度や給餌方法などとの関連を詳細に検討した研究はほとんど見当たらない。

近年、わが国では輸入飼料への依存体質から脱却し、国土資源の有効活用による自給飼料基盤に立脚した資源循環型畜産の確立が強く求められており（農林水産省 2010）、省力的飼養技術としての放牧が推進されている。わが国の草地においては、経年化に伴う強害雑草の侵入・繁茂が問題となり、特に、エゾノギシギシ (*Rumex obtusifolius* L.)（以下、ギシギシ）は牛による嗜好性が低いこと（北原 1991）に加え、旺盛な種子繁殖で急速に拡散し、ロゼット状に広げる葉群によって、牧草の生育を阻害する（梨木 1992；森田 2011）ため、その防除法の確立が課題とされてきた（西田 1995）。現在では、化学的防除法が最も効果が高いとされ、除草剤が広く利用されているものの、環境負荷の軽減かつコスト低減の観点から、生物的防除法の確立が強く求められている（早川 1985；西田 1995）。しかし、家畜によって草類の嗜好性は異なり（小西と廣田 1998）、放牧地においては、好む場所で、好む草を選び、好む草の高さや部位を採食する選択採食が起こり（伊藤ら 1969）、不食草や残食草への糞尿汚染による不食過繁地が発生することが問題となっている（早川 1985）。そこで、これを解決する手段として、強害雑草に対する嗜好性や家畜の採食特性の違いを利用した牛と緬羊または山羊の混牧あるいは牛の放牧後、緬羊または山羊を放牧する先行・後追い放牧（掃除刈り）が有効であると考えられている（早川 1985；北原 1991；林 1994；西田 1995）。一般に、ギシギシの牛による嗜好性は低い（北原 1991）が、山羊による嗜好性は比較的高いとする報告がある（岡野と岩元 1989、林 1994）。小西と廣田（1998）は山羊を用いた舎飼い給与試験においてイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) やトールフェスク (*Festuca arundinacea* Sch.) といった牧草よりもギシギシの嗜好性が高かったと報告している。また、中西ら（2011）は山羊のギシギシに対する嗜好性はススキ (*Miscanthus sinensis* Anderss.) やセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.) よりも高く、必ずしも低くないことを示している。しかし、ギシギシが混在する牧草地に放

牧した牛と山羊の選択採食を詳細に比較検討した研究はほとんど見当たらない。

加えて、わが国の農村においては、農家の高齢化による労働力不足や農産物価格の低迷などにより、耕作放棄地が急増し、その面積は約 40 万 ha と全耕地面積の約 10% を占めている（農林水産省 2013）。耕作放棄地の増加は食料自給率の低下を招くとともに、将来的には環境保全の観点から大きな問題を引き起こすことが懸念され、解決すべき喫緊の課題となっている。また、2006 年には有機農業推進法が施行され、薬剤散布を行わない環境に配慮した持続的な農業生産が求められるとともに、労力面からも機械を使用しない下草管理技術が強く求められている。この解決に向けた取り組みとして、放牧家畜を利用した耕作放棄地の管理が 1990 年代半ば頃から注目を集めている（有田 2005）。山羊は牛に比べて扱い易く、野草など低質粗飼料で飼養出来る（萬田 2000；中西 2005）ため、農林地や未利用地での放牧利用によって雑草管理が行われている（中西ら 2002；城戸ら 2003；高山ら 2009a, 2009b）。高山ら（2009b）はカラムシ（*Boehmeria nipononovea* Koidz.）が優占する耕作放棄水田跡地に山羊を放牧したところ、その除草効果は顕著であったと報告している。しかしながら、強害雑草としてその繁茂が問題視されているギシギシ（西田 1995）およびセイタカアワダチソウ（安西と松本 1988）が優占した耕作放棄地への山羊放牧による除草効果は未だ明らかにされていない。これまでに果樹園（中西と山市 2004）または樹園跡地（城戸ら 2003）、林地（中西ら 2002）ならびに水田畦畔（高山ら 2009a）において、山羊放牧による除草効果は明らかにされているものの、観賞木本植物園における除草利用に関する報告は少ない。今後、わが国での山羊の放牧利用の拡大を図るには、除草家畜としての有用性を検証することが不可欠である。

家畜を放牧するには牧柵の設置が必要であるが、従来の木柵や鉄製の牧柵は設置に多くの労力と時間、費用が掛かる（小針ら 2007）とともに、分散的に存在する農地で短期間に牧柵を設置、取り外しを繰り返す作業には困難が多い（有田 2005；吉村と松岡 2012）。また、農地が混在する中で家畜が柵外に出ることで放牧に対する周辺耕種農家の信頼低下などのトラブルをもたらす場合があり（有田 2005）、放牧管理の合理化を図る上で家畜の脱柵防止が最も大きな課題である（萬田ら 1989）。これに対し、電気牧柵はかつての有刺鉄線を用いた牧柵に比べ、設置や維持管理が容易で、経済性が高い上に、脱柵を高い水準で防止できるとされ、従来の牧柵設備に取って代わりつつある（小針ら 2007）。これまでに牛の脱柵については検討されてきた（細川 1987a, 1987b, 1988a, 1988b；深澤ら 2008；小針ら 2007）ものの、山羊における電気牧柵利用に関する知見は少なく、電気牧柵に対す

る行動反応や脱柵防止を目的とした設置方法は明らかにされていない。

以上のことから、本研究では、わが国における山羊の飼養上の問題や課題を明らかにするとともに、群管理上の問題となる飼料採食競合の緩和方法、放牧管理上の問題となる脱柵の防止技術および山羊を利用した雑草の生物的防除法について検討し、合理的飼養技術の確立を目的とする追究を行った。すなわち、第2章では、山羊飼養者を対象にアンケート調査を実施し、飼養上の問題点を明らかにするとともに、それらを解決するための課題について検討した。第3章では、舎飼い山羊群における飼料採食競合の緩和方法を開発するため、飼料採食競合の実態を明らかにし、飼育密度や給餌方法の違いによる飼料採食競合の緩和効果を検討した。第4章では、放牧山羊の脱柵防止技術を開発するため、山羊の跳躍能力およびくぐり抜け能力を検討するとともに、ネット牧柵および電気牧柵に対する山羊の行動反応を明らかにした。第5章では、農林地および耕作放棄地に山羊を放牧した場合の除草効果ならびに野草選択性を解明し、農地における山羊を利用した植生管理技術の有用性を検討した。最後に、第6章では、前章までに得られた結果を総合的に考察した。

第2章 わが国における山羊の飼養実態

緒言

山羊は世界中で古くから肉用および乳用家畜として利用され、農業生産上重要な位置を占めている(中西と萬田 1996)。一方、わが国においては1961年の農業基本法施行による農業生産構造の変化に伴い、山羊の飼養頭数は激減した(中西 2005)ものの、沖縄および奄美諸島において食肉および薬膳用としての需要が根強く(敷根 1999, 渡嘉敷 2001)、山羊乳もまた機能性食品として評価され(河原 1999)、山羊の価値が再認識されている。また、除草、学校教育、アニマルセラピーあるいは実験動物などにも利用され、山羊は多面的機能を有する家畜として位置付けられている(田中と中西 2005)。今後、わが国での山羊の利用拡大を図るには、飼養上の問題点を明らかにし、それを解決するための合理的な飼養技術の確立が必要である。しかしながら、1998年以降、農林水産省による山羊飼養頭数の調査が行われなかったため、最近の飼養頭数に関する情報は乏しい。また、わが国における山羊飼養の現状については不明である。

そこで本章では、山羊の飼養上の問題点の解決と合理的な飼養技術の確立に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、山羊飼養者を対象に郵送によるアンケート調査を実施して、山羊の飼養目的、飼養規模および給与飼料を把握するとともに、舎飼いならびに放牧管理上の問題点を明らかにした。

材料および方法

2010年6月に全国山羊ネットワーク(1999年設立)の全会員402名(非飼養者も含む)にアンケート用紙(図2-1)を郵送した。アンケートでは、(1)飼養状況について、利用目的、飼養頭数(1戸および1群当たり)、飼養場所、面積および給与飼料を質問するとともに、(2)放牧飼養について、放牧場所、方法、牧柵資材の種類および放牧飼養上の問題点を質問項目とした。これらの質問に対する回答を会員自身に記入してもらい、返送してもらった。なお、必要に応じて電話による追加質問を実施した。

結果および考察

アンケートに対する回答は全国各地(北海道6名、東北地方6名、関東地方19名、中部地方29名、近畿地方17名、四国地方7名、中国地方6名、九州・沖縄地方27名)の山羊

ヤギの飼養状況に関するアンケート

- お住まいの都道府県および市町村名をご記入ください。
() 都道府県・() 市町村
- ヤギを飼育している目的を選んで○をつけて下さい。(複数回答可)
①乳利用 ②肉利用 ③除草用 ④伴侶動物 ⑤教育用 ⑥その他()
- 飼育しているヤギの頭数をご記入ください。複数頭のヤギをいくつかに分けて飼われている方は1群当たりの平均頭数もご記入ください。
全体で() 頭 1群当たり() 頭
- ヤギを飼育している場所をお選びください。(複数回答可)
①畜舎 ②畜舎+運動場(草がほとんど生えていない運動場) ③畜舎+放牧地
④放牧地のみ ⑤その他()
- 畜舎、運動場または放牧地の面積と収容している頭数をご記入ください。
【面積】畜舎：約() m² 運動場：約() m² 放牧地：約() m²
【収容頭数】畜舎：() 頭 運動場：() 頭 放牧地：() 頭
- ヤギに給与しているエサをお選びください。(複数回答可)
①牧草(青刈) ②野草(青刈) ③牧草(乾草) ④野草(乾草) ⑤牧草(サイレージ)
⑥野草(サイレージ) ⑦稲ワラ ⑧濃厚飼料 ⑨その他()
- 上記の回答について、自給飼料である場合はその番号をご記入ください。
()
- 放牧飼育をしている方にお尋ねします。
 - 放牧場所をお選びください。(複数回答可)
①水田 ②畑 ③畦畔 ④牧草地 ⑤野草地 ⑥その他()
 - 放牧方法をお選びください。(複数回答可)
①放し飼い ②繋ぎ飼い ③その他()
 - 放し飼いをされている方は、牧柵資材の種類をお選びください。(複数回答可)
①ネット ②電気牧柵 ③ネット式電気柵 ④金属製ネット ⑤木製フェンス
⑥その他()
 - 放牧飼育をしている際に問題となること(ヤギの首にロープが絡まる、柵外に抜け出す、柵が壊れるなど)があればご記入ください。
- 追加質問のため、こちらから連絡してもよろしいですか。差し支えなければ御電話番号をご記入ください。
電話番号：() - () - ()

図2-1 山羊の飼養状況に関する八ガキアンケート調査用紙

飼養者から得られ、有効回答数は 109 (回答率 27%) であった。山羊を飼養する目的としては、除草利用 (23.9%) および乳生産 (23.5%) が多く、次いで伴侶動物としての利用 (19.2%)、教育利用 (12.7%) および肉生産 (6.6%) の順であった (図 2-2)。研究利用、糞利用および観光利用も一部で見られ、山羊は多方面で利用されていることが明らかとなった。近年、農林地や遊休地における除草・灌木除去のために山羊を放牧する事例が各地で散見されるようになり (城戸ら 2003; 高山ら 2009a, 2009b)、牛に比べて小型で取り扱いやすい (萬田 2000) ことから、今後もその取り組みが活発化すると予想される。山羊乳に関しては、 α S1-カゼインをアレルゲンとする牛乳アレルギー患者向けの代替乳として有効であることが示唆されており (河原 1999)、今後の研究の進展が期待される。また、温順で人に懐きやすい山羊の性質 (中西と萬田 1996) を活かし、保育園や幼稚園、小学校などでの学校教育に取り入れられている (萬田 2000; 中西 2005)。

1 戸当たりの飼養規模は最少で 1 頭、最多で 200 頭であったが、全体では 10 頭以下の割合が過半数を占め、1~2 頭の割合が 41.3% と最も多かったのに対し、51 頭以上は 6.4% と少なかった (表 2-1)。また、山羊の利用目的別の飼養規模をみると、除草および伴侶利用については 2 頭以下の割合がほぼ半分を占めた。用畜 (肉および乳) 利用の 2 頭以下の割合は 20% 前後と低く、飼養目的による規模の違いが認められた (図 2-3)。飼養場所としては、畜舎および放牧地 (51.4%) が最も多く、次いで畜舎および運動場 (19.3%)、畜舎のみ (13.8%) の順であった (表 2-2)。放牧のみは 3.6% と少なく、大部分が舎飼いに依存していることが明らかとなった。わが国における山羊の管理方式のほとんどが舎飼いである (宇佐川と石橋 2007) ことが知られており、肉利用が盛んである沖縄 (新城ら 1978) および薩南諸島 (萬田ら 1983) においても同様である。山羊の舎飼いは一般的な飼養方法であるが、それに付随する問題もあり、課題が残されている。緬羊と異なり、山羊には明確な社会的順位が存在し (朝日田 2000)、個体間の闘争が激しく、とくに飼料採食競合で顕著に現われる (中西と萬田 1996) ため、舎飼いで群管理上問題となる飼料採食競合を緩和するための工夫が求められる。

舎飼いの飼育密度は 4.1~8.0 m²/頭 (37.1%) が最も多く、次いで 2.1~4.0 m²/頭 (25.8%)、8.1 m²/頭以上 (21.4%) および 2.0 m²/頭以下 (15.7%) の順であった (図 2-4)。山羊を群飼する上で必要な面積は 2~8 m²/頭が推奨されてきた (Jaudas 1989, 萬田 2000, 田中と中西 2005, 宇佐川と石橋 2007) もの、具体的な適正基準は提示されておらず、今後、行動や生産性の面から検討する必要がある。

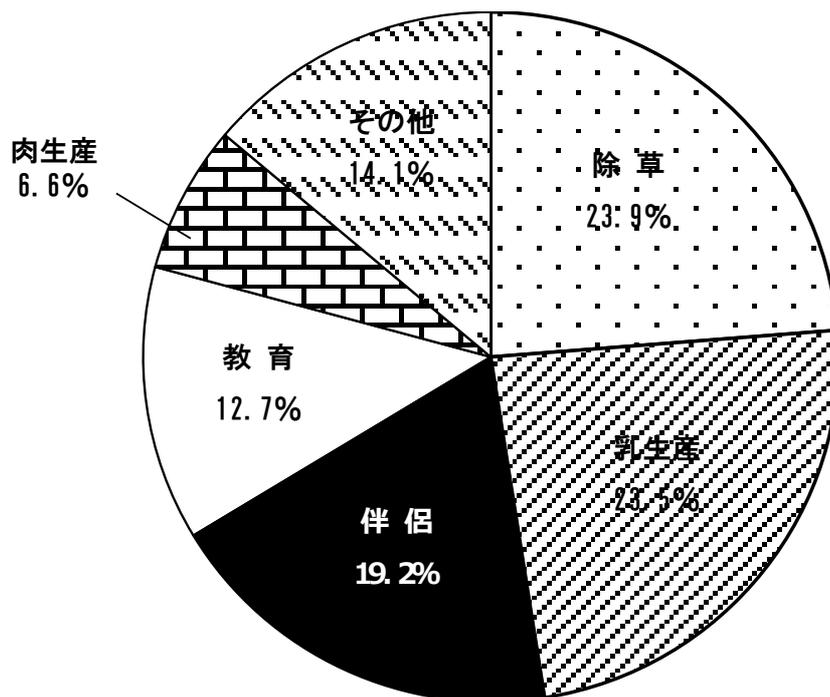


図2-2 わが国における山羊の飼養目的
複数回答あり。

表2-1 山羊の飼養規模

飼育頭数	回答数
1	21 (19.3)
2	24 (22.0)
3~10	32 (29.4)
11~20	14 (12.8)
21~50	11 (10.1)
51~	7 (6.4)
合計	109

括弧内は%を示す。

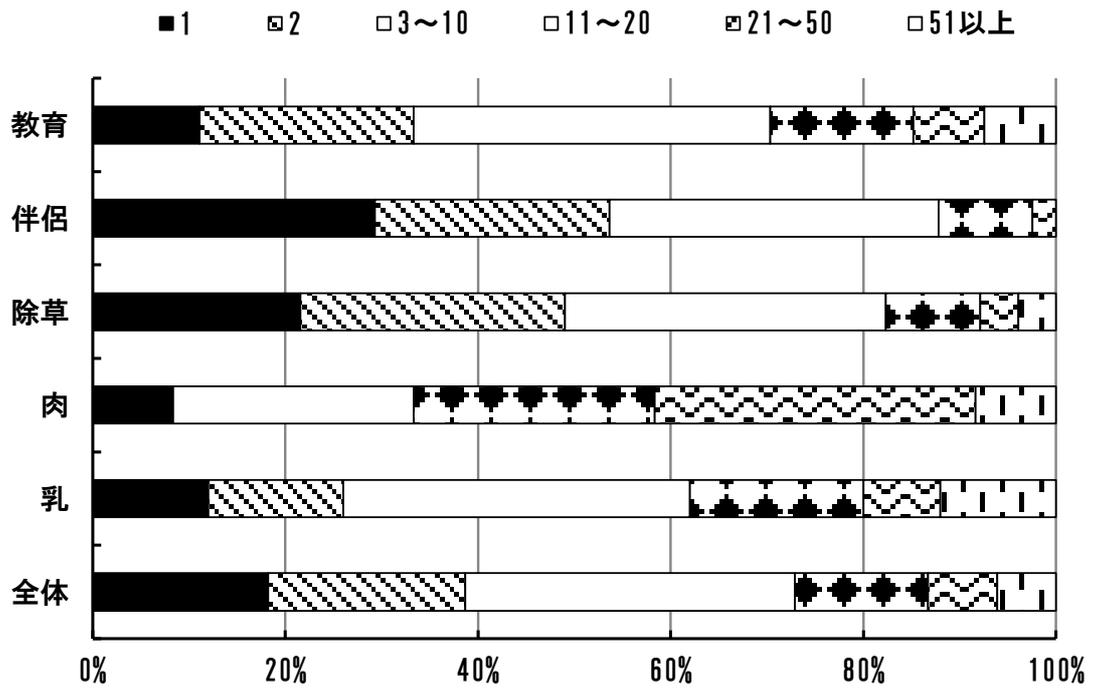


図2-3. 山羊の利用目的別の飼養規模

表2-2 山羊の飼養場所

飼育場所	回答数
畜舎＋放牧地	56 (51.4)
畜舎＋運動場	21 (19.3)
畜舎＋運動場＋放牧地	12 (11.0)
畜舎のみ	15 (13.8)
放牧地のみ	4 (3.6)
その他	1 (0.9)
合 計	109

括弧内は%を示す.

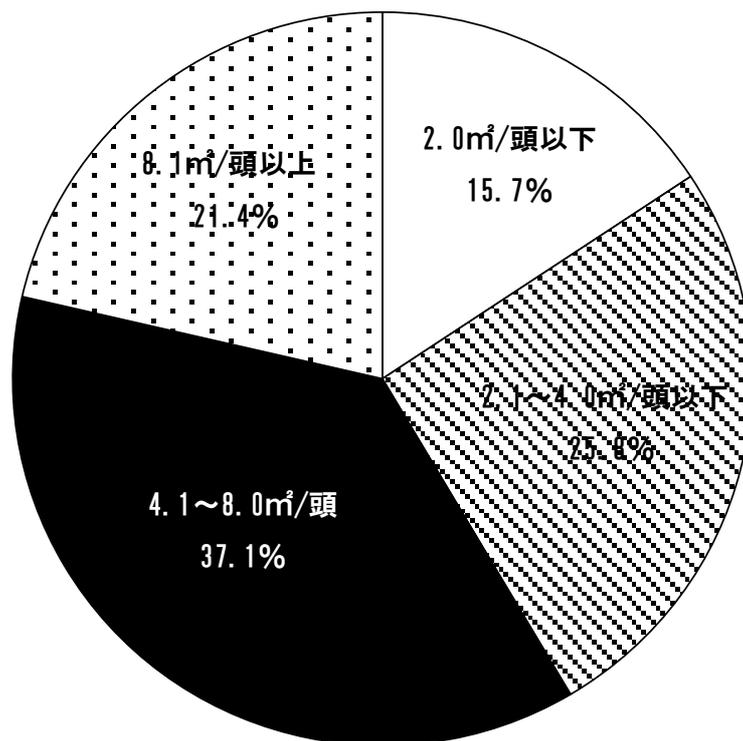


図2-4. 舎飼いにおける山羊の飼育密度の構成割合

給与飼料は牧草（31.6%）、野草（27.7%）、濃厚飼料（15.5%）および稲ワラ（5.8%）の順であった（表 2-3）。上記の給与飼料の自給割合（100%飼料自給戸数／有効回答戸数）は濃厚飼料（15.5%）を除いて 45%以上であり、飼料全体では 56.8%と高い値を示した。山羊は野草や作物残渣など低質粗飼料で飼養可能な家畜として知られており（中西 2005）、本研究の調査結果からもそのことがうかがえた。また、牧草および野草の給与方式については、牧草では乾草給与（63.3%）の割合が最も高く、野草では青刈給与（76.3%）の割合が最も高く、サイレージ給与の割合はともに 10%以下と低かった。

放牧対象地として、野草地（42.0%）の割合が最も高く、次いで牧草地（17.0%）、水田および畑地（ともに 10.7%）の順であった（表 2-4）。牧柵資材としては、金網（51.4%）が半数以上を占め、次いで木柵（18.6%）、電気柵（15.7%）の順で多かった。放牧管理上の課題として最も多かったのは、山羊の脱柵（22.4%）であり、次いで柵を破壊すること（10.6%）が多く、柵に関わる問題は 35.3%と高い値を示した（表 2-5）。また、繫牧するためのロープが頸や肢などに絡まることや野犬に襲われることなども問題として挙げられた。電気柵は設置が簡便かつ低コストであることから、牛の放牧において広く普及しており、電気柵に対する牛の行動反応についても詳細な検討が行われている（萬田ら 1989, 小針ら 2007, 深澤ら 2008）。これに対し、山羊における電気柵利用に関する知見は少なく、電気柵に対する行動反応や脱柵防止に有効な電線の設置方法（段数、高さ）についての検討が必要である。

以上より、わが国において山羊は様々な形で利用されており、その飼養形態は舎飼い中心であることが推察され、舎飼い管理技術の確立が必要であることが考えられた。また、舎飼いにおける適正飼育密度の検討や放牧における脱柵防止のための牧柵の資材やその設置方法、繫牧方法についての検討が必要であることが示唆された。

表2-3. 山羊の給与飼料およびその給与方式

a) 給与飼料

飼料	回答数	自給割合 (%)
牧草	98 (31.6)	46.9
野草	86 (27.7)	100.0
濃厚飼料	48 (15.5)	12.5
稲ワラ	18 (5.8)	61.1
その他 [†]	60 (19.4)	45.0
全体	310	56.8

b) 給与方式

飼料	給与方式		
	青刈	乾草	サイレージ
		—%—	
牧草	28.6	63.3	8.1
野草	76.3	20.6	3.1

複数回答あり。

括弧内は%を示す。

[†]フスマ, トウフ粕, 野菜屑など

表2-4. 山羊の放牧対象地および牧柵資材

a) 放牧対象地

場 所	回答数
野草地	47 (42.0)
牧草地	19 (17.0)
水 田	12 (10.7)
畑 地	12 (10.7)
畦 畔	8 (7.1)
その他 [†]	14 (12.5)
合 計	112

b) 牧柵資材

牧柵資材	回答数
金網	36 (51.4)
木柵	13 (18.6)
電気柵	11 (15.7)
ネット	4 (5.7)
ネット式電気柵	3 (4.3)
その他 [‡]	3 (4.3)
合 計	70

複数回答あり。

括弧内は%を示す。

[†]山林，堤防，果樹園など

[‡]高速道路のフェンス，廃棄海苔網

表2-5. 山羊の放牧管理上の課題

内 容	回答数
柵外に出る（脱柵）	19（22.4）
柵を破壊	9（10.6）
繋留中に首などにロープが絡まる	7（8.2）
野犬対策	6（7.1）
毒草対策	2（2.3）
柵に角が絡まる	2（2.3）
その他 [†]	40（47.1）
合 計	85（21.1）

複数回答あり。

括弧内は%を示す。

[†]天気・暑さ対策，鳴き声など

要 約

わが国における山羊の飼養上の問題点の解決と合理的な飼養技術の確立に向けた基礎的知見を得る目的で、山羊飼養者を対象としてアンケート調査を実施し、山羊の飼養目的、飼養規模、給与飼料および放牧管理上の問題点などを明らかにした。

調査対象者 402 名のうち、有効回答数は 109 名 (27%) であった。山羊の飼養目的は除草利用および乳生産が多く、次いで伴侶動物としての利用、教育利用および肉生産であった。1 戸当たりの飼養規模は 10 頭以下の割合が過半数を占め、51 頭以上は 6.4% と低かった。放牧のみは 3.6% と少なく、舎飼い中心であった。舎飼いの飼育密度については、4.1 ~ 8.0 m²/頭 (37.1%) の割合が最も高く、次いで 2.1 ~ 4.0 m²/頭 (25.8%)、8.1 m²/頭以上 (21.4%) および 2.0 m²/頭以下 (15.7%) の順であった。給与飼料の自給割合は 56.8% と比較的高かった。放牧対象地を野草地とする割合が最も高く、牧柵資材としては金網利用が過半数を占めた。また、放牧管理上の問題点としては、脱柵が最も多く挙げられ、柵の破損、山羊の頸や肢にロープが絡まることなども挙げられた。

以上より、わが国における山羊の利用目的は多様であり、舎飼い中心であることが推察され、舎飼い時の適正飼育密度および放牧時の脱柵防止対策に関する情報蓄積が必要であることが示唆された。

第3章 舎飼い山羊群における行動的問題とその緩和方法の開発

緒言

前章において、わが国における山羊の飼養形態は、10頭以下の舎飼いを中心に行われていることが多いことが示された。ただし、数頭の山羊を群飼する場合、個体や群の特性を把握することは重要である。山羊は綿羊と比べ、群れる習性は弱いものの、群内には明確な社会的順位が存在し、個体間の闘争が激しく、特に飼料採食競合で顕著に現れる（朝日田 1997；田中と中西 2005）。そのため、制限給餌の場合には飼槽の数を増やしたり、飼槽間隔を広げたりするなどの工夫が必要である（中西と萬田 1996）。しかしながら、運動場への放し飼いやまたは舎飼い山羊群における優劣順位と採食行動との関係については、一連の報告があるに過ぎず（松沢と萩谷 1991；Shinde ら 2004；Jørgensen ら 2007）、特に、舎飼い条件下における飼料採食競合を詳細に調査し、性差を検討した研究はほとんど見当たらない。森田（1997）は家畜の群飼の場合、行動面から最も問題となるのは、優位個体が劣位個体の採食行動を妨げることであり、給餌方法として、(1) 個体別給餌装置の設置、(2) 飼槽を分散して設置、(3) 飼槽幅の拡張、(4) 飼槽間に隔柵を設置することを推奨している。これまで、牛では飼槽幅の拡張（石井ら 1987）および飼槽への仕切りの設置（Bouissou 1970）、豚や鶏では給餌隔柵の設置（Huon ら 1986；Andersen ら 1999）、山羊では高台（Aschwanden ら 2009a, 2009b）および給餌隔柵の設置（Aschwanden ら 2009b）の効果が報告されている。また、平衡感覚や敏捷性に優れ、高所を好む山羊の習性（Jaudas 1989；田中と中西 2005）を活かし、動物園や観光牧場などでは、遊戯台もしくは高台に飼槽を固定したものが給餌台として経験的に用いられている（北海道新聞社 2006）ものの、給餌台による飼料採食競合の緩和方法については科学的裏付けはなされていない。

そこで本章では、舎飼い山羊群における行動的問題の緩和方法を開発することを目的とし、舎飼い条件下の成雄および成雌山羊群における飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、飼育密度、給餌方法または給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

第 1 節 優劣順位と飼料採食競合との関係

目 的

家畜の群飼下では、個体間の闘争行動による勝敗の結果、優劣順位が形成され、個体間の無用な闘争が抑えられることが知られている（黒崎 1976）。闘争行動は積極的闘争および消極的闘争の2つに分類される（黒崎 1997）。積極的闘争は初対面の個体間、すなわち新たに群れを作るときに多く見られ、互いに逃避することなく、積極的に闘争する形である。消極的闘争はすでに作られている群れの中の個体間で多く見られる。消極的闘争はすでに順位の決まった個体間の闘争で、接近、威嚇および物理的接触の順序をとらないことが多い。このように、社会的に安定した群において、優劣順位は社会秩序を維持するために重要な役割を果たす反面、劣位個体の乳（Beliharz ら 1966 ; Schein と Fohrmann 1955）、肉（吉田ら 1969）、卵（Siegel 1959 ; Fox と Clayton 1960）などの生産性が低下することが牛および鶏について報告されているものの、山羊群についての検討はごくわずかしが行われていない。

本節では、山羊群における飼料採食競合の緩和方法の開発に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、舎飼い条件下の成雄および成雌山羊群において、採食時間と関連する新たな指標（後述）を提案し、総合的に解析することで、飼料採食競合の実態を明らかにし、優劣順位や性差との関連についても検討を加えた。

材料および方法

1. 供試山羊

2008年10月27日から2009年9月13日まで鹿児島大学農学部附属農場内動物飼育棟内山羊房（2.3×4.8m）（以下、飼育棟）において山羊14頭を用いて行われた。供試山羊の概要を表3-1に示した。舎飼いされた成雄および成雌山羊各3群（1群当たり3頭）を別々の時期に編成した（以下、♂A～C および♀A～C 群）。供試山羊の品種はトカラヤギ、韓国在来種黒山羊、ヌビアンおよびザーネン系雑種（ザーネン×ヌビアン）のいずれかであり、平均年齢は4.5才、平均体重は26.8 kgであった。各群の構成員は5日間以上同居させており、社会構造は安定していたものと考えられた。また、供試山羊はすべて有角であった。なお、♂A および B 群の各個体、♂C 群の M₃ と M₄、M₃ と M₅、♀A および B 群の各個体、♀C 群の F₇ と F₈ については、実験開始以前に互いに少なくとも1回の同居経験が

表3-1 供試山羊の概要

群名	個体番号	体重 [†] (kg)	年齢 [†] (才)	品種
♂A	M ₁	33	5	トカラ山羊
	M ₂	28	4	トカラ山羊
	M ₃	24	2	トカラ山羊
♂B	M ₂	30	4	トカラ山羊
	M ₃	25	3	トカラ山羊
	M ₄	34	2	ヌビアン
♂C	M ₃	27	3	トカラ山羊
	M ₄	39	2	ヌビアン
	M ₅	27	1	韓国在来種黒山羊
♀A	F ₁	29	10	トカラ山羊
	F ₂	24	8	トカラ山羊
	F ₃	26	8	トカラ山羊
♀B	F ₄	25	2	ヌビアン
	F ₅	21	2	ヌビアン
	F ₆	29	2	ザーネン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
♀C	F ₇	37	9	韓国在来種黒山羊
	F ₈	19	4	トカラ山羊
	F ₉	14	4	トカラ山羊

[†]試験開始時の数値。

あった。

2. 飼養管理

給与飼料として、市販ルーサンハイキューブと稲わらを用い、給与量は NRC (1981) の飼養標準に基づき、体重に対する維持養分要求量を満たすように設定した。各群を開放型放し飼い山羊房 (3.7 m²/頭) に収容し、水および鉱塩は自由に摂取出来るものとした。飼槽 (縦 24×横 32×深さ 12cm) 3 個 (1 頭当たり 1 個) をそれぞれ約 1.0m 離して正三角形に固定せずに配置した (図 3-1)。午前 8:30 の給餌後 2 時間、デジタルビデオカメラ (DCR-HC96, SONY 社製) により各群の行動を 6 日間録画した。再生画像から各項目について解析を行った。

3. 調査項目

(1) 闘争行動

連続観察法により全頭について闘争行動を押し合い、角突き、押し退け、威嚇、逃避および回避に分類し (表 3-2)、各行動回数を記録した。また、闘争行動のうち、押し合い、角突き、押し退けおよび威嚇を攻撃行動に分類し、さらに、攻撃行動のうち、威嚇を除いたものを物理的闘争行動、威嚇、逃避および回避を非物理的闘争行動として分類し、各行動型割合を算出した。

(2) 優劣順位および順位型

勝敗の判断方法としては、劣位個体が優位個体に対して逃避行動をとる (黒崎 1976) ことを利用し、2 個体間の闘争の結果、どちらか一方が逃避した場合、攻撃行動を示した方を勝者、逃避行動を示した方を敗者と判断した。各群における勝敗数から各個体の優劣順位および順位型を調べた。

(3) 採食行動

採食行動については、連続観察法により各個体の採食開始から終了までの時間を採食時間として算出した。また、採食 1 回ごとに採食時間を記録し、その平均時間 (以下、MET [Mean eating time]) を求めた。さらに、Jørgensen ら (2007) が山羊群で認めている queuing (劣位個体が頭部を飼槽に向けて採食の順番を待っている状態) を採食順番待ちとし、その時間を記録した (写真 3-1)。

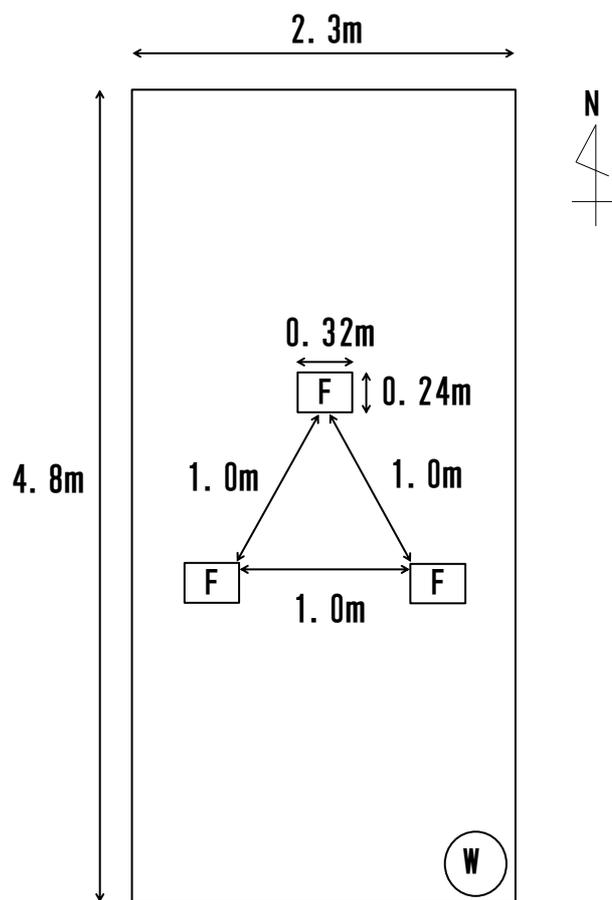


図3-1 供試房および飼槽配置の概要

F : 飼槽
W : 給水槽

表3-2 闘争行動の分類

行 動	動作姿勢
押し合い	個体同士が対面して頭部または角でぶつかり合う。
角突き	角で相手を突く。
押し退け	角または肩で相手を押す。
威 嚇	接近し、額を地面と垂直にするまたは頭部を上下に振る。
逃 避	押し合いに負けた場合や攻撃を受けた場合に逃げ出す。
回 避	優位個体の接近および攻撃を予め避けて移動する。

黒崎（1997）を基にして作成。



写真3-1 採食行動および採食順番待ちの状況
(上 [2個体] : 採食順番待ち, 下 : 採食)

4. 統計処理

得られた結果の統計解析は、攻撃行動型割合を Mann-Whitney の U 検定により性別間で比較し、各闘争行動型割合を Kruskal-Wallis 検定により群間で比較し、さらに、回避行動回数、採食時間、採食順番待ち時間ならびに MET を Kruskal-Wallis 検定により順位間で比較した。

結果および考察

1. 闘争行動

各群の闘争行動に占める攻撃行動型割合を表 3-3 に示した。攻撃行動型割合は♂群で 45.8～63.1%，♀群では 23.7～26.2% となり、その平均は♀群 (24.9%) に比べ、♂群 (52.1%) で有意に高かった ($P<0.05$)。Barroso ら (2000) は無角の♀山羊 90 頭群における攻撃行動型割合が 48.0% であったことを報告し、松沢と白石 (1992) は山羊の雌雄混成群において個体間の順位を決定する要因として角の有無が重要であるとしており、無角は決定的に不利であると報告している。有角の♀山羊を供試した本研究の結果は Barroso ら (2000) の結果を大きく下回り、♀山羊については牛 (黒崎 1997) と同様に角の有無と攻撃性との関連性が小さいことが示唆された。また、♂群においては攻撃行動型割合にばらつきが生じたことから、群の構成員の違いも攻撃性に影響するものと推察された。

山羊群における各闘争行動型割合を表 3-4 に示した。物理的闘争行動については、押し合い割合が♀B 群に比べ、♂B および♂C 群で有意に高かった ($P<0.05$) もの、角突きならびに押し退け割合に雌雄間差は認められなかった。非物理的闘争行動については、威嚇割合が♀A および♀B 群に比べ、♂A 群で有意に高く ($P<0.05$)、♀3 群に比べ、♂B および♂C 群で有意に高かった ($P<0.05$)。逃避割合は♀C 群に比べ、♂B および♂C 群で低く ($P<0.05$)、回避割合は♀3 群に比べ、♂C 群で有意に低かった ($P<0.05$)。これまで、飼養条件、特に給与飼料 (Jørgensen ら 2007) および飼育密度 (Mohammed 2014) が攻撃性に影響を与えることが報告されてきたが、本試験では、採食時において♀群に比べ、♂群で威嚇が多い傾向が認められ、攻撃性に性差があることが示唆されたことから、山羊における闘争行動に雌雄間で明確な違いがあり、攻撃性は♂の方が高いとする Hart (1985) の報告を裏付ける結果となった。

表3-3. 山羊群の闘争行動に占める攻撃行動型割合

性 別	群 名			平均 [†]
	A	B	C	
	—%—			
♂	47.3	45.8	63.1	52.1±9.6 ^a
♀	26.2	23.7	24.7	24.9±1.3 ^b

各群の数値は6日間の平均値。

[†]3群の平均値±標準偏差。

同一列の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

表 3-4. 山羊群における各闘争行動型割合

群名	物理的闘争行動				非物理的闘争行動			
	押し合い	角突き	押し退け	押し退け	威嚇	逃避	逃避	回避
♂A	3.9±4.9 ^{ab}	10.4±5.7 ^{ab}	2.5±2.2	30.5±10.1 ^{ac}	13.8±4.8 ^{ab}	38.9±7.3 ^{abc}		
♂B	10.4±6.6 ^a	9.2±4.2 ^{ab}	0.2±0.6	25.9±4.1 ^a	10.9±2.7 ^a	43.4±6.5 ^{ac}		
♂C	14.3±4.1 ^a	17.0±6.7 ^{ab}	0.7±1.7	31.1±5.5 ^a	6.3±2.6 ^a	30.6±5.2 ^b		
♀A	4.7±6.6 ^{ab}	10.9±3.7 ^{ab}	0.8±1.0	9.9±2.4 ^{bd}	16.6±5.5 ^{ab}	57.2±8.4 ^c		
♀B	0 ^b	17.6±7.2 ^a	1.3±1.3	4.8±3.1 ^b	17.3±4.0 ^{ab}	59.0±13.1 ^c		
♀C	2.7±4.6 ^{ab}	6.7±1.4 ^b	0	15.2±4.2 ^{cd}	20.7±4.6 ^b	54.6±11.0 ^c		

各群の数値は 6 日間の平均値±標準偏差.

同一列の異なる文字間に有意差あり (P<0.05).

2. 優劣順位および順位型

各群における個体の優劣順位および勝数を表 3-5 に示した。試験期間を通して各組合せで平均 27.9 回の闘争が観察された。優位個体に対する劣位個体の勝数は、♂群で 1~6 回、♀群で 0 回であり、反撃はわずかであった。優劣順位と回避行動回数との関係を表 3-6 に示した。すべての群において、回避行動は 1 位個体で 0~1 回とわずかであり、2 位および 3 位個体に比べ、有意に少なかった ($P<0.05$)。従来、山羊群の社会的順位型は、優位個体および劣位個体が互いに攻撃し合う相対的直線順位型に分類されてきた (Scott 1948 ; 松沢と白石 1992 ; 黒崎 1997) が、群によっては飼料採食時に優位個体が飼槽を占有し、激しい飼料採食競合が観察されることから、むしろ優位個体が劣位個体を激しく攻撃排除し、劣位個体が優位個体を攻撃することがない絶対的直線順位型に分類されるとする報告 (Addison と Baker 1982 ; Barroso ら 2000) もあり、順位型については一致した見解が得られていない。本研究においては、劣位個体から優位個体への攻撃は、♂群の中にはわずかしは見られない群もあり、また♀群では皆無であったことから、舎飼い山羊群の順位型は相対的直線順位型よりもむしろ絶対的直線順位型に近いものと考えられた。

3. 採食行動

♂および♀群における優劣順位が採食時間に及ぼす影響を図 3-2 および 3-3 にそれぞれ示した。♂B 群において、採食時間は 2 位個体に比べ、3 位個体で有意に短く、♂C 群では 1 および 2 位個体に比べ、3 位個体で有意に短かった ($P<0.05$)。また、♀C 群で採食時間は 2 位個体に比べ、3 位個体で短い傾向が認められた ($P<0.10$)。山羊群において優劣順位と採食時間との間で密接な関係が認められており (松沢と萩谷 1991 ; Shinde ら 2004 ; Jørgensen ら 2007)、本研究においても類似の傾向が示されたが、両者の関係は既往の研究ほど明確ではなかった。

♂および♀群における優劣順位が MET に及ぼす影響を図 3-4 および 3-5 にそれぞれ示した。♂A 群で MET は 2 位個体に比べ、3 位個体で有意に短かった ($P<0.05$) もの、それ以外の群では順位間差は認められなかった。松沢と萩谷 (1991) は放飼下の山羊群において優劣順位の低い個体ほど飼槽間の移動回数が多いものの、MET は短いことを指摘している。本研究においては、優位個体が飼槽間を移動すると劣位個体はそれを避けながら他の飼槽に移る行動が頻繁に観察され、劣位個体が自発的に移動する状況はほとんど観察されなかった。

表3-5. 各群における個体の優劣順位および勝数

群名	順位	個体番号	勝数 [†]			勝数合計
			1位	2位	3位	
♂A	1	M ₃	—	19	8	27
	2	M ₁	0	—	42	42
	3	M ₂	0	2	—	2
♂B	1	M ₄	—	45	12	57
	2	M ₃	2	—	29	31
	3	M ₂	6	3	—	9
♂C	1	M ₄	—	9	9	18
	2	M ₃	1	—	4	5
	3	M ₅	0	0	—	0
♀A	1	F ₁	—	28	26	54
	2	F ₃	0	—	31	31
	3	F ₂	0	0	—	0
♀B	1	F ₆	—	32	25	57
	2	F ₄	0	—	55	55
	3	F ₅	0	0	—	0
♀C	1	F ₇	—	22	44	66
	2	F ₈	0	—	48	48
	3	F ₉	0	0	—	0

[†]各順位の個体に対する勝数（6日間の合計）を示す。

表3-6. 山羊の優劣順位と回避行動回数との関係

1) ♂群

群名	順位		
	1	2	3
	一回/日		
A	0 ^a	7.5 ± 6.4 ^b	12.2 ± 6.3 ^b
B	1.0 ± 1.3 ^a	32.7 ± 3.3 ^b	29.0 ± 5.1 ^b
C	0.3 ± 0.8 ^a	11.0 ± 5.4 ^b	6.5 ± 2.4 ^b

2) ♀群

群名	順位		
	1	2	3
	一回/日		
A	0 ^a	24.2 ± 12.2 ^a	26.3 ± 14.6 ^a
B	0.2 ± 0.4 ^b	23.3 ± 10.6 ^a	34.5 ± 13.7 ^a
C	0 ^b	23.8 ± 16.9 ^a	30.3 ± 15.2 ^a

各群の数値は6日間の平均±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

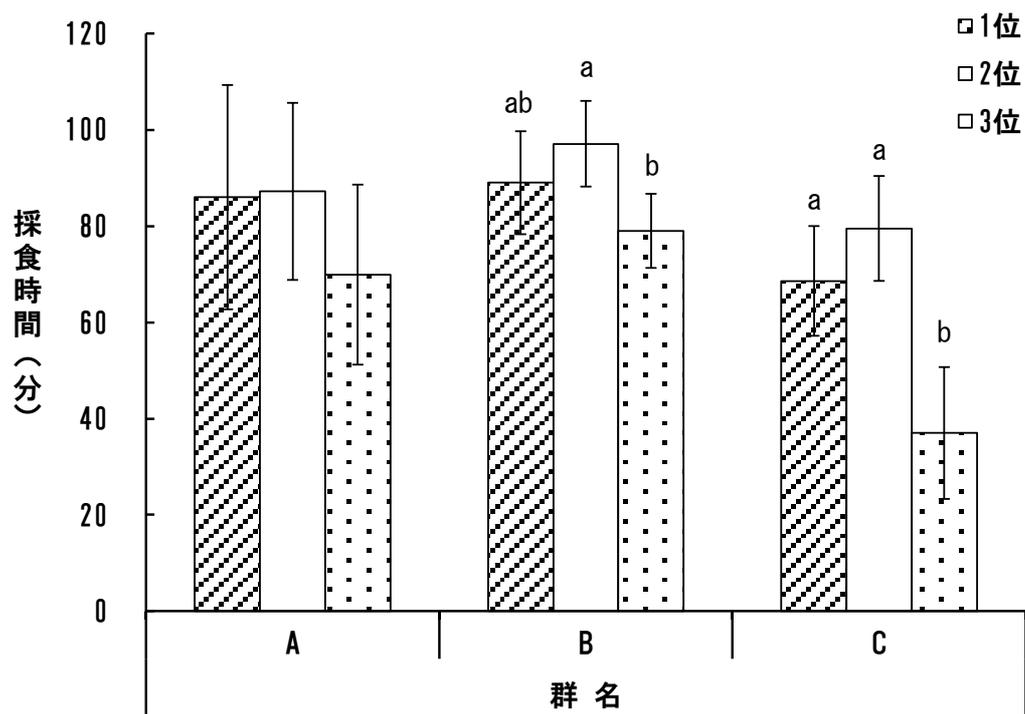


図3-2 ♂群における優劣順位と採食時間との関係

6日間の平均値±標準偏差.

a, b : 各群の個体間で有意差あり (P<0.05) .

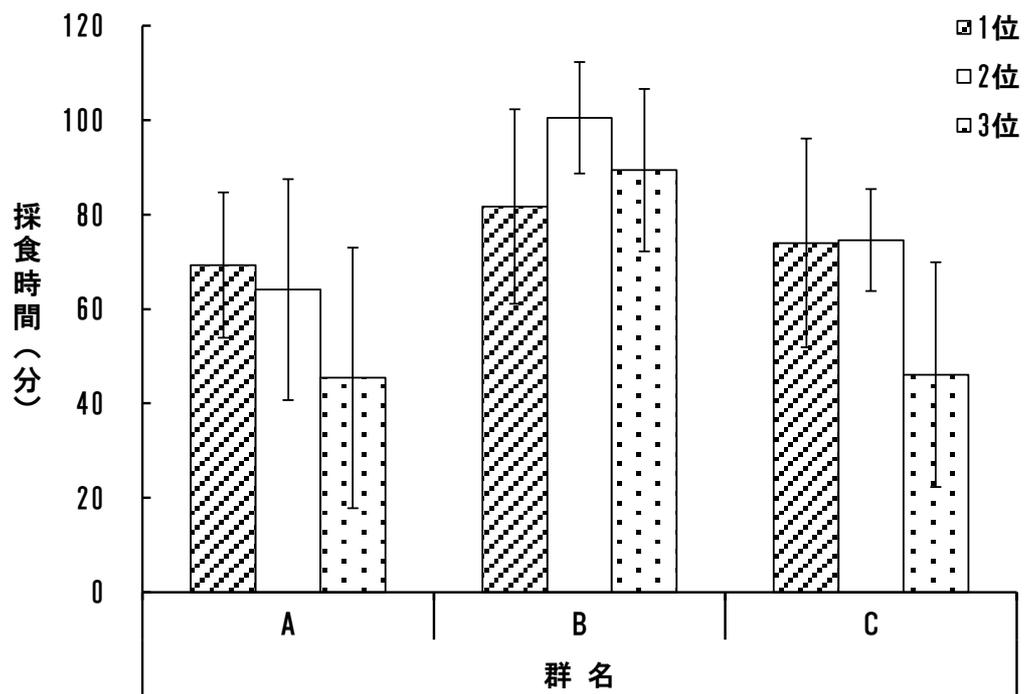


図3-3. ♀群における優劣順位と採食時間との関係

6日間の平均値±標準偏差。

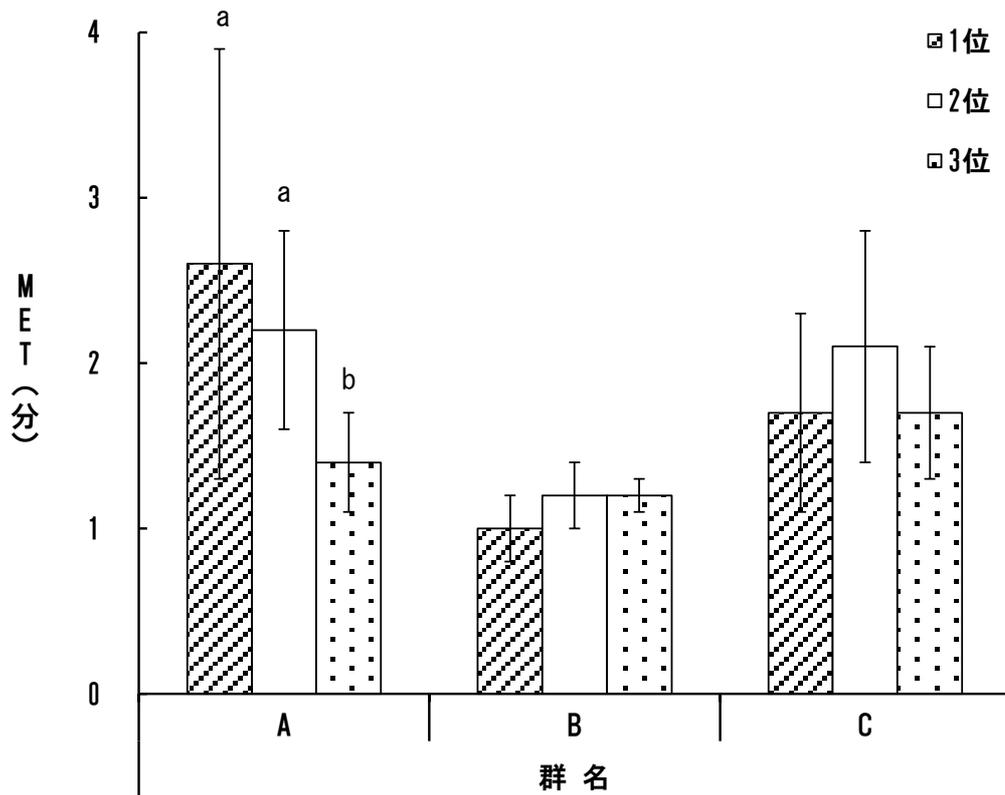


図3-4. ♂群における優劣順位が採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響

6日間の平均値±標準偏差.

a, b : 各群の個体間で有意差あり (P<0.05) .

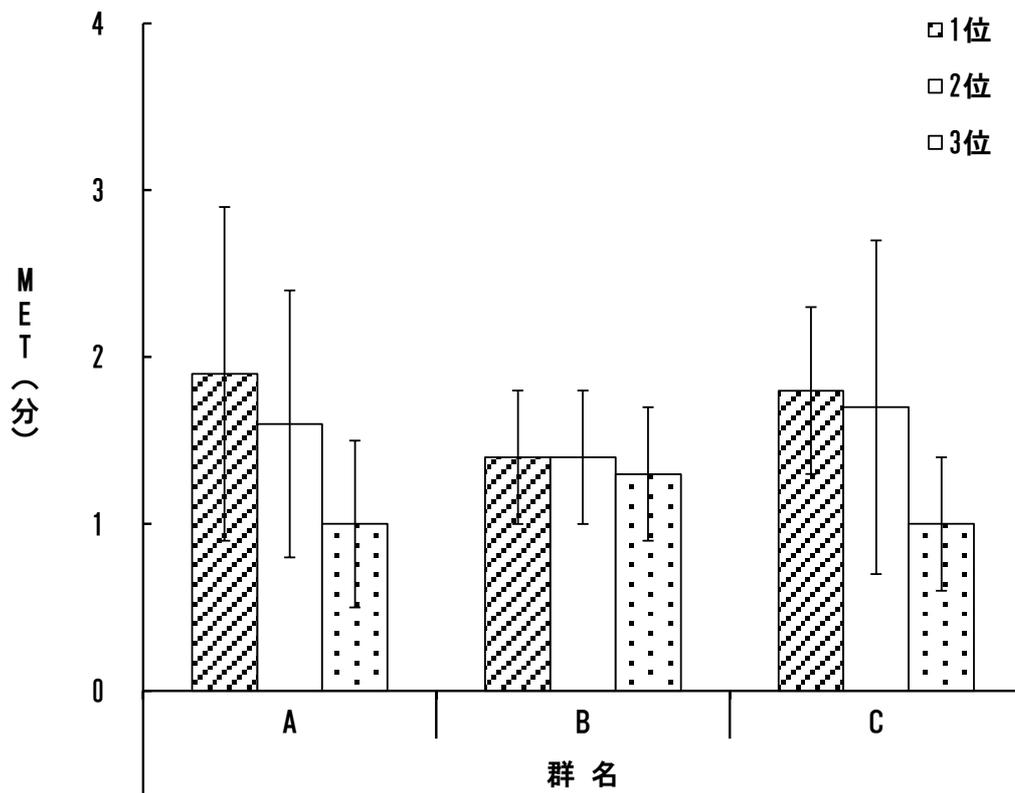


図3-5. ♀群における優劣順位が採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響

6日間の平均値±標準偏差.

♂および♀群における優劣順位が採食順番待ち時間に及ぼす影響を図 3-6 および 3-7 にそれぞれ示した。♂A 群で採食順番待ち時間は 1 位, 2 位, 3 位の順に有意に長くなり, ♂B および C 群では 1 位ならびに 2 位個体に比べ, 3 位個体で有意に長かった ($P<0.05$)。♀A および B 群において, 採食順番待ち時間は 1 および 2 位個体に比べ, 3 位個体で有意に長く, C 群では 1 位個体に比べ, 2 および 3 位個体で有意に長かった ($P<0.05$)。採食順番待ち行動が優位に比べ, 劣位の山羊で長く観察されることを Jørgensen ら (2007) が乳用♀山羊群について報告しており, 本研究では雌雄ともに同様の結果となった。

家畜の採食行動は一面的な捉え方では精密な解析が困難であるため, 多面的な指標が必要である (鈴木 1971)。本試験では, Jørgensen ら (2007) が提唱した採食順番待ち行動を♂および♀山羊群において検討した結果, 優位個体でほとんど観察されないのに対し, 劣位個体では頻繁に観察されることが明らかとなった。したがって, 飼料採食時の闘争行動 (飼料採食競合) の実態を詳しく解析するためには, 採食順番待ち行動が有用な指標の 1 つとなり得ることが本試験においても裏付けられた。

以上より, 舎飼い山羊群における飼料採食時の攻撃性は雌雄間で異なることが示された。舎飼い山羊群における劣位個体が十分に採食出来ないことは生産性の低下につながるものと予想されることから, 中西 (2014) が提唱しているように採食順番待ち行動を少なくする, すなわち, 劣位個体にも採食の機会を与えるような給餌方法の開発が必要である。

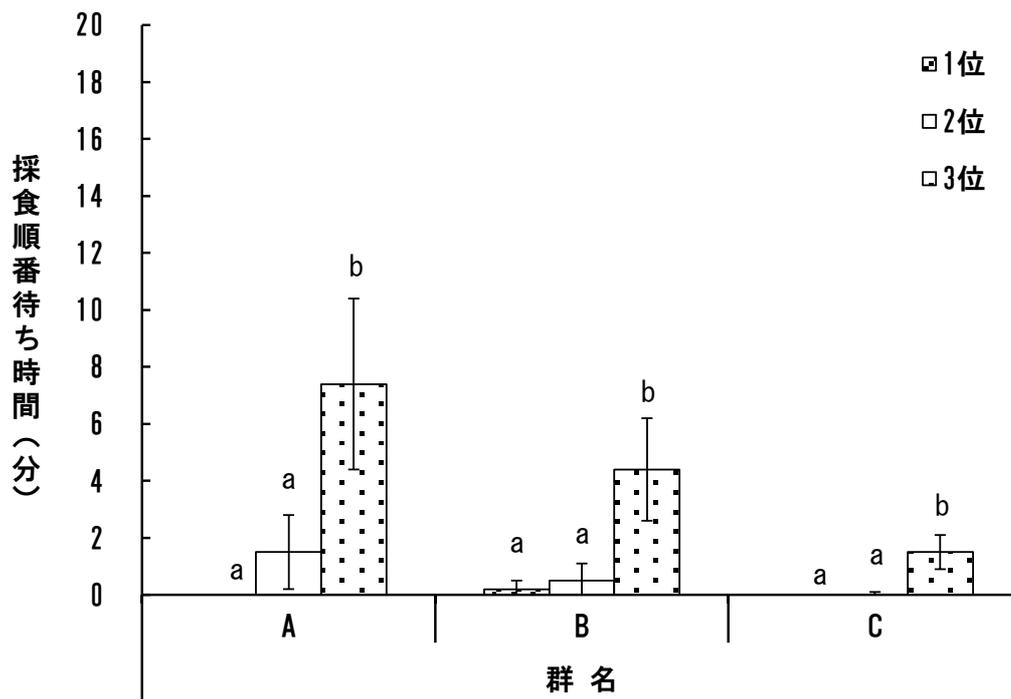


図3-6. ♂群における優劣順位が採食順番待ち時間に及ぼす影響

6日間の平均値±標準偏差.

a, b : 各群の個体間で有意差あり (P<0.05) .

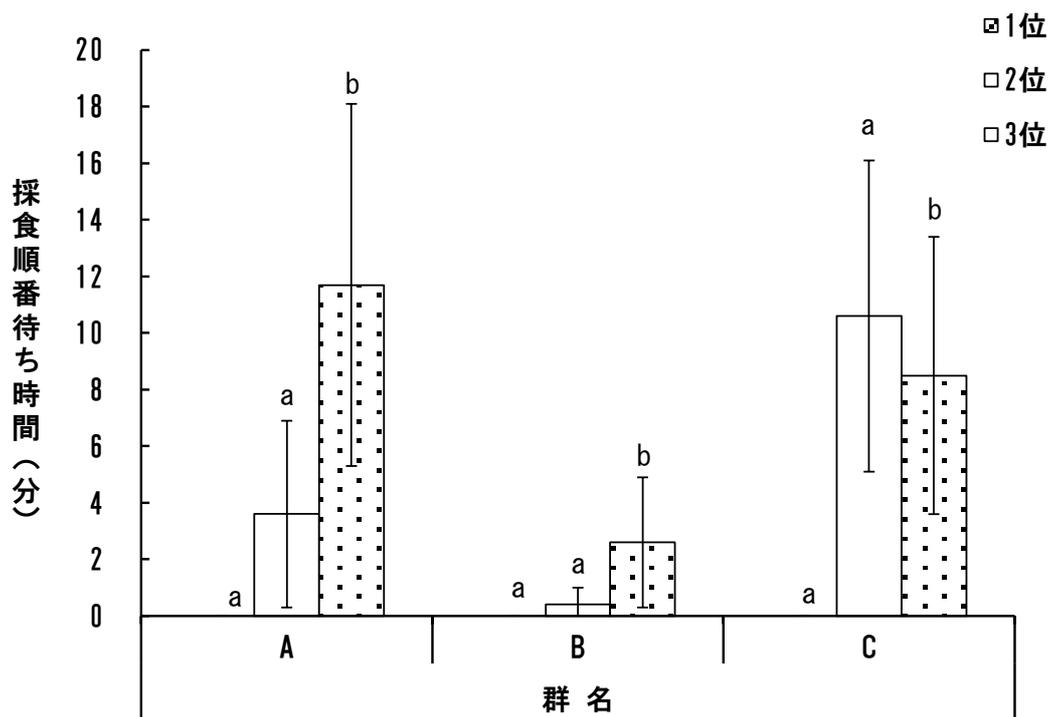


図3-7. ♀群における優劣順位が採食順番待ち時間に及ぼす影響

6日間の平均値±標準偏差.

a, b : 各群の個体間で有意差あり (P<0.05) .

第2節 飼育密度が飼料採食競合に及ぼす影響

目 的

飼育密度は単位面積当たりの収容頭羽数あるいは1頭羽当たりの占有面積で表わされる(三村と森田 2001)。群飼において飼育密度を下げることは限られたスペースでの多頭飼養、施設・設備費の低減、管理作業の省力化が図れる反面、高密度飼養下では闘争や異常行動が頻発し、家畜の能力が低下することが牛、豚、鶏等で報告されている(山野ら 1981; 近藤 1987; 丹羽 1994)。しかし、山羊における飼育密度の増加が飼料採食競合に及ぼす影響については明らかにされていない。また、牛、豚および鶏では具体的な適正飼育密度が提示されている(農林水産省生産局 2007)ものの、山羊については知見が少なく、経験的に2~8.m²/頭が推奨されてきた(Jaudasら 1989; 萬田 2000; 田中と中西 2005; 阿部 2008)。したがって、山羊の飼育密度の適正基準を明らかにするためには、飼育密度と飼料採食競合との関係を詳しく検討する必要がある。

そこで本節では、山羊群における飼料採食競合の様相から適正飼育密度を決定するための指針を得ることを目的とし、飼育密度が飼料給与時の群の闘争行動や最劣位個体の採食時間に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 供試山羊

2009年10月20日から2012年1月2日まで飼育棟において山羊16頭を用いて行われた。供試山羊の概要を表3-7に示した。舎飼いされた成雄および成雌山羊各3群(1群当たり3頭)を別々の時期に編成した(以下、♂A~Cおよび♀A~C群)。供試山羊の品種はトカラヤギ、韓国在来種黒ヤギ、日本ザーネン種、ヌビアン種、F₁(トカラヤギ×ヌビアン)およびF₂(ザーネン系雑種)のいずれかであり、平均年齢は4.1才、平均体重は27.9kgであった。各群の構成員は5日間以上同居させており、社会構造は安定していたものと考えられた。なお、供試群の構成員はそれぞれ少なくとも1回の同居経験があった。

2. 飼養管理

前節と同様の給与飼料、山羊房および飼槽を用い、給与量の設定条件も同様であった。飼槽(縦24×横32×深さ12cm)3個(1頭当たり1個)をそれぞれ約0.3m離し、地面に

表3-7. 供試山羊の概要

群名	個体番号	体重 [†] (kg)	年齢 [†] (才)	品種
♂A	M ₁	20	1	トカラ山羊
	M ₂	20	1	交雑種 (トカラ×ヌビアン)
	M ₃	19	1	交雑種 (トカラ×ヌビアン)
♂B	M ₄	30	2	トカラ山羊
	M ₅	29	5	トカラ山羊
	M ₆	30	3	韓国在来種黒山羊
♂C	M ₄	28	3	トカラ山羊
	M ₆	37	3	韓国在来種黒山羊
	M ₇	47	8	韓国在来種黒山羊
♀A	F ₁	35	2	ザーネン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
	F ₂	29	2	ヌビアン
	F ₃	35	2	ヌビアン
♀B	F ₂	29	1	ザーネン
	F ₃	25	1	ヌビアン
	F ₄	30	1	ヌビアン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
♀C	F ₁	24	8	トカラ山羊
	F ₂	22	4	トカラ山羊
	F ₄	13	1	トカラ山羊

[†] 試験開始時の数値.

固定して直線上に配置した(図 3-8)。また、水および鉱塩は自由に摂取出来るものとした。

3. 処理区分

各群とも同一構成員のまま飼養面積を 6, 12 および 24 m²と順次増加させ、それぞれ高密度区 (2 m²/頭; 以下, H 区), 中密度区 (4 m²/頭; 以下, M 区) および低密度区 (8 m²/頭; 以下, L 区) とし、計 3 処理区を設けた (図 3-8)。なお、H 区の 2 m²/頭については Jaudas (1989) が提唱した飼育密度、M 区の 4 m²/頭については萬田 (2000) および阿部 (2008) が提唱した 3.3 m²/頭に近く、L 区の 8 m²/頭については田中と中西 (2005) が提唱した飼育密度に近いものとした。

4. 調査項目

各個体の闘争行動および採食時間と採食 1 回当たりの平均持続時間 (MET) ならびに最劣位個体の採食順番待ち時間について前節と同様の方法で調査した。また、闘争行動のうち押し合い、角突き、押し退けおよび威嚇を攻撃行動に分類し、その行動型割合を攻撃行動型割合として算出した。

5. 統計処理

攻撃行動型割合を Kruskal-Wallis 検定、山羊群の採食時間、MET および採食順番待ち時間を一元配置分散分析法により処理区間で比較した。

結果および考察

1. 闘争行動

飼育密度が攻撃行動型割合に及ぼす影響を表 3-8 に示した。♂群では全群とも攻撃型割合に処理区間差は認められなかった。♀A および B 群においても攻撃行動型割合に処理区間差は認められなかったものの、♀C 群では H 区に比べて M および L 区で有意に低かった ($P<0.05$)。Fregonesi と Leaver (2002) はホルスタイン種の泌乳牛 8 頭群について牛房の 1 頭当たり飼養面積を 7.8 m²から 10.6 m²に広げた場合、1 時間当たりの闘争行動回数が 1/2 以下に減少することを報告している。また、Barroso ら (2000) は♀山羊群において飼育密度を下げることで攻撃行動型割合が低下すると報告している。本試験では密度低下による攻撃行動型割合の低下は♀の 1 群でみられたのみであり、飼育密度と闘争行動との関連に

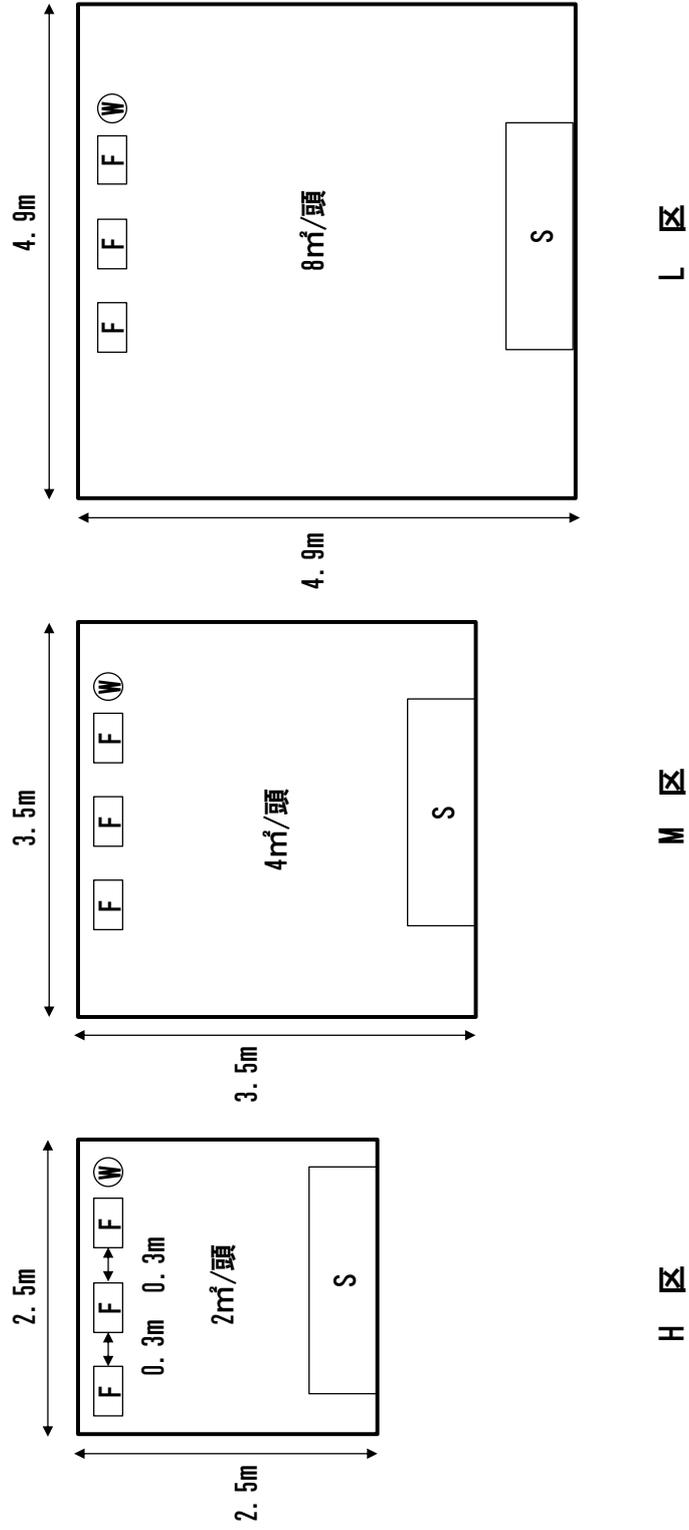
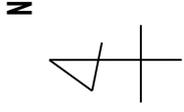


図3-8 試験地および飼槽配置の概要

- F: 飼槽 (固定)
- W: 給水槽
- S: 庇陰所

表3-8. 飼育密度が山羊群の闘争行動に占める攻撃行動型割合に及ぼす影響

性別	群名	処理区分		
		H 区	M 区	L 区
—%—				
♂	A	36.5±14.2	29.1± 3.3	24.5± 4.6
	B	40.7± 4.4	35.2±16.2	41.5± 9.5
	C	16.0± 3.8	14.1± 2.0	13.0± 0.9
♀	A	19.8± 2.1	19.6± 2.8	22.0± 1.7
	B	23.2± 7.4	24.5± 1.3	20.5± 0.8
	C	45.1± 4.0 ^a	39.1± 2.5 ^b	33.7± 1.9 ^b

各群の数值は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

ついて一定の傾向は認められなかった。

2. 採食行動

飼育密度が山羊群の採食時間に及ぼす影響を表 3-9 に示した。山羊群の採食時間は♂A 群の L および H 区に比べて M 区で有意に長かった ($P<0.05$) が、B および C 群では処理区間差が認められなかった。♀A 群では飼育密度の増加に伴い、♀B 群では H 区に比べて M および L 区で山羊群の採食時間が有意に長かった ($P<0.05$) もの、♀C 群では処理区間差はみられなかった。

飼育密度が最劣位個体の MET に及ぼす影響を表 3-10 に示した。最劣位個体の MET は♂A 群の M および L 区に比べて H 区で有意に長く、♂C 群の H 区に比べて L 区で有意に長かった ($P<0.05$) が、♂B 群では処理区間差は認められなかった。♀A および B 群では最劣位個体の MET に処理区間差は認められなかったが、♀C 群の H 区に比べて M 区で有意に長かった ($P<0.05$)。したがって、最劣位個体の MET に闘争行動がどの程度関与するかは群によって異なるものと推察された。

飼育密度が最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響を図 3-9 および 3-10 に示した。最劣位個体の採食順番待ち時間は♂B および C 群の H 区に比べ、M および L 区、♀A および C 群の H 区に比べ、M および L 区で有意に短かった ($P<0.05$)。したがって、飼育密度の低下に伴い、最劣位個体の採食順番待ち時間が短くなる傾向がみられ、当該個体にとって採食の機会が得易くなることが示唆された。

以上の結果より、飼育密度と闘争行動、採食時間もしくは最劣位個体の MET との間に関連は認められなかったものの、♂および♀群ともに各 2 群において高密度条件下に比べて中密度および低密度条件下で最劣位個体の採食順番待ち時間が短くなる傾向が認められた。そのため、山羊群においては飼育密度を $4 \text{ m}^2/\text{頭}$ 以上にする事で最劣位個体にとって採食の機会が得易くなることが示唆された。

表3-9. 飼育密度が山羊群の採食時間に及ぼす影響(2時間当たり)

性別	群名	処理区分		
		H区	M区	L区
		—分—		
♂	A	66.3±16.5 ^a	81.6±12.4 ^b	71.0±9.2 ^a
	B	47.4±15.2	44.7±13.5	40.9±17.0
	C	59.8±45.1	47.2±32.3	54.9±28.3
♀	A	74.5±24.8 ^a	61.0±11.7 ^b	48.8±11.3 ^c
	B	37.5±16.8 ^a	51.7±12.1 ^b	61.3±18.9 ^b
	C	70.1±26.0	61.5±17.7	67.1±16.7

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の処理区間に有意差あり(P<0.05)。

表3-10. 飼育密度が最劣位個体の採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響 (2時間当たり)

性別	群名	処理区分		
		H 区	M 区	L 区
		—分—		
♂	A	3.4 ± 0.8 ^b	1.6 ± 0.2 ^a	1.3 ± 0.1 ^a
	B	1.1 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.6 ± 1.0
	C	0.4 ± 0.1 ^a	0.8 ± 0.5 ^{ab}	1.2 ± 0.2 ^b
♀	A	1.3 ± 0.3	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2
	B	1.0 ± 0.6	1.8 ± 0.4	1.7 ± 1.0
	C	0.8 ± 0.3 ^a	1.7 ± 0.4 ^b	1.2 ± 0.2 ^{ab}

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の処理区間に有意差あり (P<0.05)。

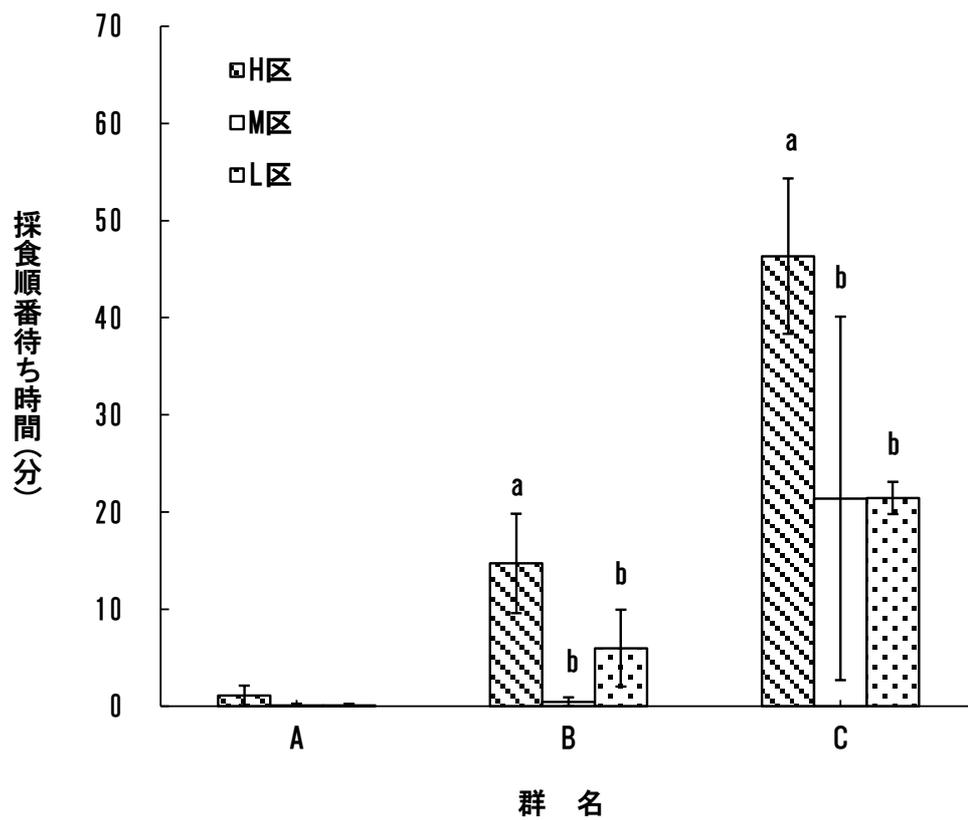


図3-9. 飼育密度が♂群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響 (2時間当たり)

3日間の平均値±標準偏差.

a, b : 同一群の処理区間に有意差あり (P<0.05).

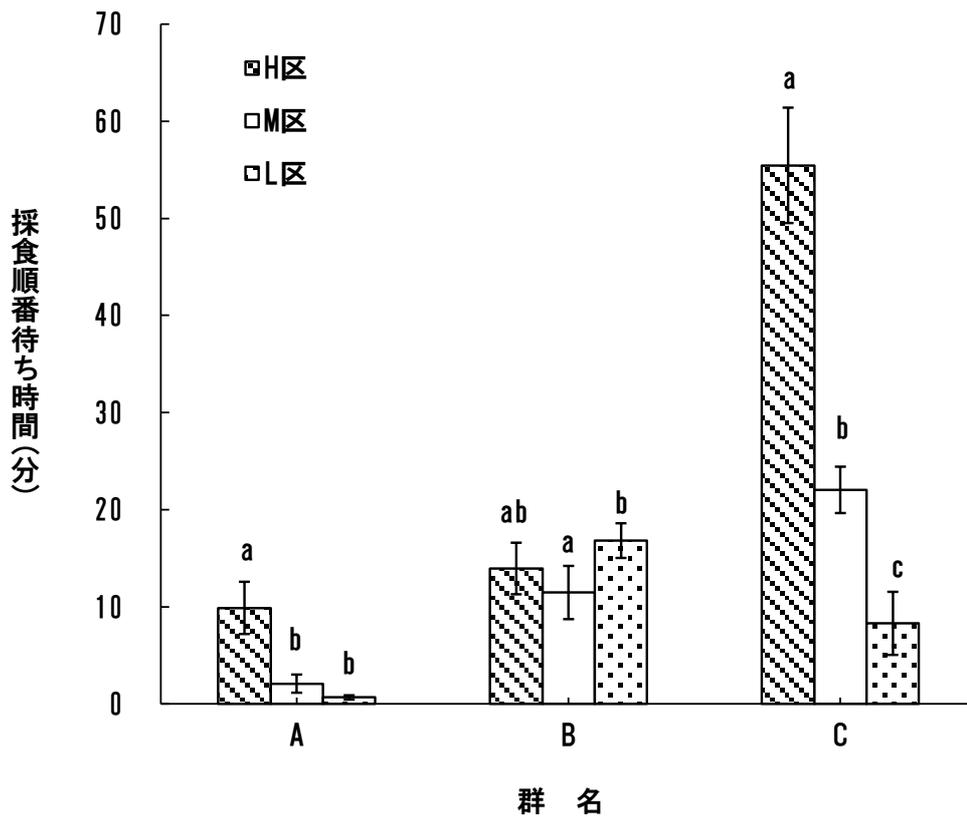


図3-10. 飼育密度が♀群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響 (2時間当たり)

3日間の平均値±標準偏差.

a-c : 同一群の処理区間に有意差あり (P<0.05).

第3節 給餌方法の違いが飼料採食競合に及ぼす影響

3-1. 飼槽の数または配置間隔が飼料採食競合に及ぼす影響

目 的

家畜を群飼する場合、行動面から最も問題となるのは、優位個体が劣位個体の採食行動を妨げることである（森田 1997）。これまで、牛では飼槽幅の拡張（石井ら 1987）および飼槽への仕切りの設置（Bouissou 1970）、豚や鶏では給餌隔柵の設置（Huon ら 1986；Andersen ら 1999）による飼料採食競合の緩和効果の検討が行われ、その効果が実証されている。しかし、山羊については Aschwanden ら（2009b）が給餌隔柵の設置による緩和効果を検討した例があるのみで、飼槽の数や間隔と飼料採食競合との関係について検討した例はほとんど見当たらない。

そこで本節では、飼槽の数や配置間隔が山羊群の飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

3-1-1. 飼槽の数による影響

1. 供試山羊

本試験は 2010 年 6 月 22 日から同年 10 月 7 日まで飼育棟において山羊 8 頭を用いて行われた。供試山羊の概要を表 3-11 に示した。舎飼いされた成雄および成雌山羊各 3 群（1 群当たり 3 頭）を別々の時期に編成した（以下、♂A～C および♀A～C 群）。供試山羊の品種はトカラヤギ、韓国在来種黒ヤギ、ヌビアン種、F₁（トカラヤギ×ヌビアン）および F₂（ザーネン系雑種）のいずれかであり、平均年齢は 3.9 才、平均体重は 33.7kg であった。各群の構成員は 5 日間以上同居させており、社会構造は安定していたものと考えられた。なお、M₂と M₃、F₁～F₃は以前、互いに少なくとも 1 回の同居経験があった。また、各群の構成員を 5 日間以上同居させており、社会構造は安定していたものと考えられた。

2. 飼養管理

前節と同様の給与飼料、山羊房および飼槽を用い、給与量の設定条件も同じとした。また、水および鉱塩は自由に摂取出来るものとした。

表3-11. 供試山羊の概要

群名	個体番号	体重† (kg)	年齢† (才)	品種
♂A	M ₁	31	2	韓国在来種黒山羊
	M ₂	25	2	トカラ山羊
	M ₃	22	2	トカラ山羊
♂B	M ₁	31	2	韓国在来種黒山羊
	M ₁	26	2	トカラ山羊
	M ₂	27	4	トカラ山羊
♂C	M ₂	26	2	トカラ山羊
	M ₃	22	2	トカラ山羊
	M ₄	26	4	トカラ山羊
♀A	F ₁	35	2	ザーネン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
	F ₂	29	2	ヌビアン
	F ₃	35	2	ヌビアン
♀B	F ₂	29	6	ザーネン
	F ₃	25	2	ヌビアン
	F ₄	30	2	ヌビアン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
♀C	F ₁	24	2	トカラ山羊
	F ₂	22	2	トカラ山羊
	F ₄	13	6	トカラ山羊

† 試験開始時の数値.

3. 処理区分

飼槽（縦 24×横 32×深さ 12cm）を 2, 3 および 4 個設置する処理区を設け、それぞれ F₂ 区, F₃ 区ならびに F₄ 区とした。地面に埋め込んだ木枠に飼槽を固定し（写真 3-2）、飼槽間の距離が 1.0m になるように直線状に配置した（図 3-11）。各処理区 7 日間の馴致後、飼料給与開始から 2 時間、デジタルビデオカメラ（DCR-HC96, SONY 社製）により各群の行動をビデオ録画し、再生画像から各項目について解析を行った。ビデオ録画は各群 3 日間行った。

4. 調査項目

第 2 節と同様である。

5. 統計処理

第 2 節と同様である。

3-1-2. 飼槽の配置間隔による影響

1. 供試山羊

2010 年 12 月 13 日から 2011 年 9 月 10 日まで飼育棟において山羊 10 頭を用いて試験を行った。供試山羊はトカラ山羊, 韓国在来種黒山羊, ザーネン種, ヌビアン種またはザーネン系雑種もしくはヌビアン系雑種のいずれかであり, 平均年齢は 2.7 才, 平均体重は 34.7 kg であった（表 3-12）。成雄および雌山羊各 3 群（1 群当たり 3 頭）を別々の時期に編成した（以下, ♂A~C および ♀A~C 群）。なお, 供試群の各構成員はそれぞれ少なくとも 1 回の同居経験があった。また, 各群の構成員を 5 日間以上同居させており, 社会構造は安定していたものと考えられた。

2. 飼養管理

3-1-1 と同様である。

3. 処理区分

間隔を空けずに飼槽（縦 24×横 32×深さ 12cm）を房の片方の壁に沿って設置する C 区, 1 つの飼槽に対し, 2 または 3 方向から接近出来るように 1.6m 間隔で房の片方の壁に沿っ



写真3-2 飼槽固定用木枠の外観

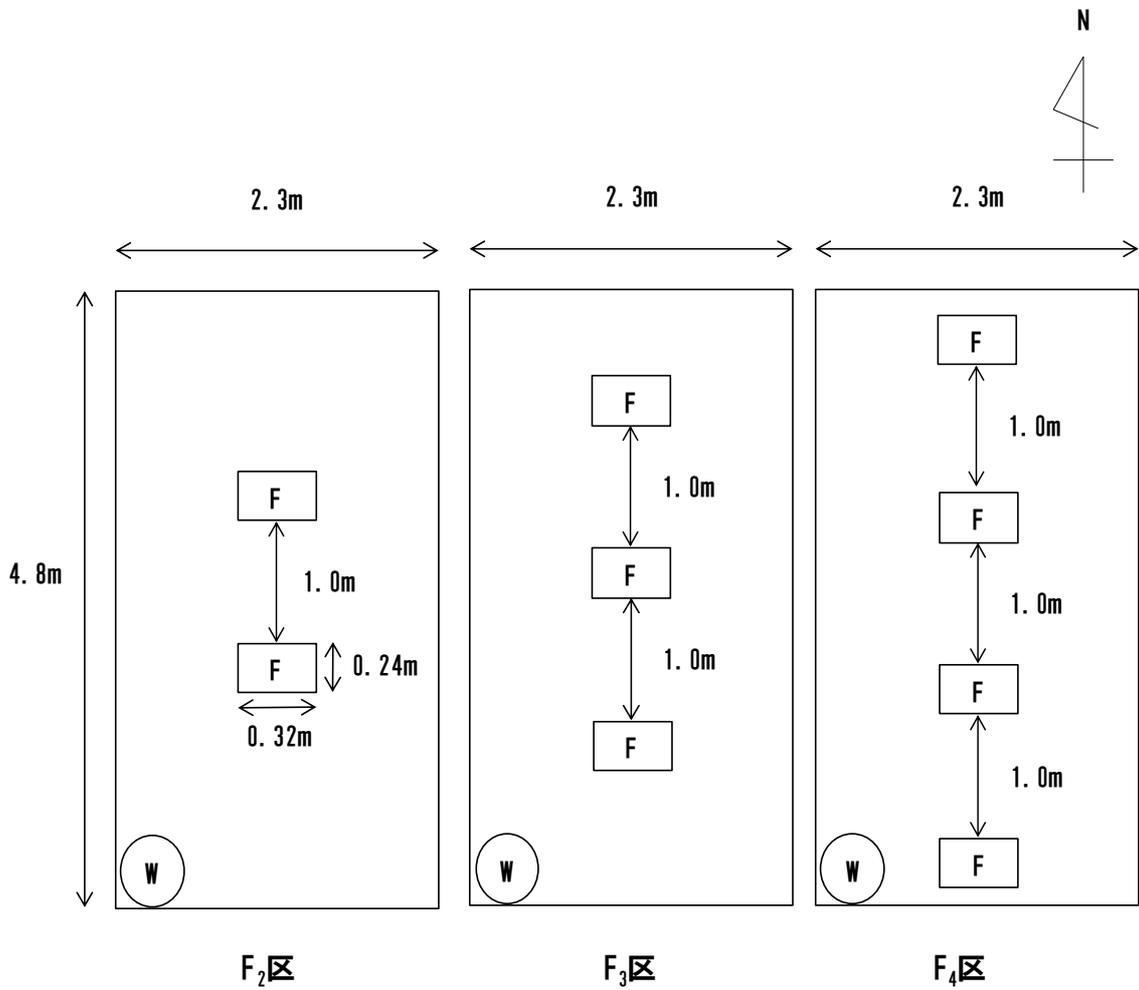


図3-11 供試山羊房および飼槽配置の概要

F：飼槽（固定）

W：給水槽

表3-12 供試山羊の概要

群名	個体 番号	体重 [†] (kg)	年齢 [†] (才)	品種
♂A	M ₁	28	2	トカラ山羊
	M ₂	28	4	トカラ山羊
	M ₃	24	2	トカラ山羊
♂B	M ₁	34	2	トカラ山羊
	M ₂	34	4	トカラ山羊
	M ₄	23	2	トカラ山羊
♂C	M ₁	29	2	トカラ山羊
	M ₂	28	5	トカラ山羊
	M ₅	36	3	韓国在来種黒山羊
♀A	F ₁	50	3	ザーネン系雑種 (ザーネン×ヌビアン)
	F ₂	40	3	ヌビアン
	F ₃	36	3	ヌビアン
♀B	F ₄	33	1	ザーネン
	F ₅	41	1	ヌビアン系雑種 (ヌビアン×ザーネン)
	F ₃	35	3	ヌビアン
♀C	F ₄	47	2	ザーネン
	F ₅	38	2	ヌビアン系雑種 (ヌビアン×ザーネン)
	F ₂	41	4	ヌビアン

[†] 試験開始時の数値.

て設置する L 区, 1 つの飼槽に対し, 2 または 4 方向から接近出来るように 1.6m 間隔で対角線上に設置する D 区の計 3 処理区を設けた (図 3-12)。飼槽は 1 頭当たり 1 個を地面に埋め込んだ木枠に固定した。

4. 調査項目

第 2 節と同様である。

5. 統計処理

第 2 節と同様である。

結果および考察

3-1-1. 飼槽の数による影響

1. 闘争行動

飼槽の数が山羊群の闘争行動に占める攻撃行動型割合に及ぼす影響を表 3-13 に示した。攻撃行動型割合は♂A および B 群で F₂ 区に比べ, F₃ および F₄ 区で有意に低下し (P<0.05), ♂C 群で F₂ 区に比べ, F₄ 区で有意に低下した (P<0.05)。♀群では 3 群とも攻撃行動型割合に処理区間差は認められなかった。Jørgensen ら (2007) は♀山羊群において採食場所の数を 1 頭当たり 0.3 から 1 区画に増加させることで, 攻撃行動型割合が低下すると報告している。また, Barroso ら (2000) は♀山羊群において放牧時に比べて舎飼い時に攻撃行動型割合が増加し, これには舎飼い時の収容面積および給与飼料が制限されていることが起因していると報告している。本試験では, ♂群において飼槽を頭数分よりも 1 個増やし, 4 個にすることで攻撃行動型割合が最も低かったが, ♀群では飼槽の数と攻撃行動型割合との間に関連が認められなかった。

2. 採食行動

飼槽の数が山羊群における各個体の採食時間に及ぼす影響を表 3-14 に示した。採食時間は♂A 群で F₂ および F₄ 区に比べて F₃ 区で有意に長く (P<0.05), ♂B 群では F₂ 区および F₃ 区に比べて F₄ 区で有意に長かった (P<0.05)。採食時間は♀B 群で F₂ 区に比べ, F₃ および F₄ 区で有意に長く (P<0.05), ♀C 群では F₄, F₃ および F₂ 区の順に有意に長かった (P<0.05)。

飼槽の数が山羊群における最劣位個体の MET に及ぼす影響を表 3-15 に示した。最劣位

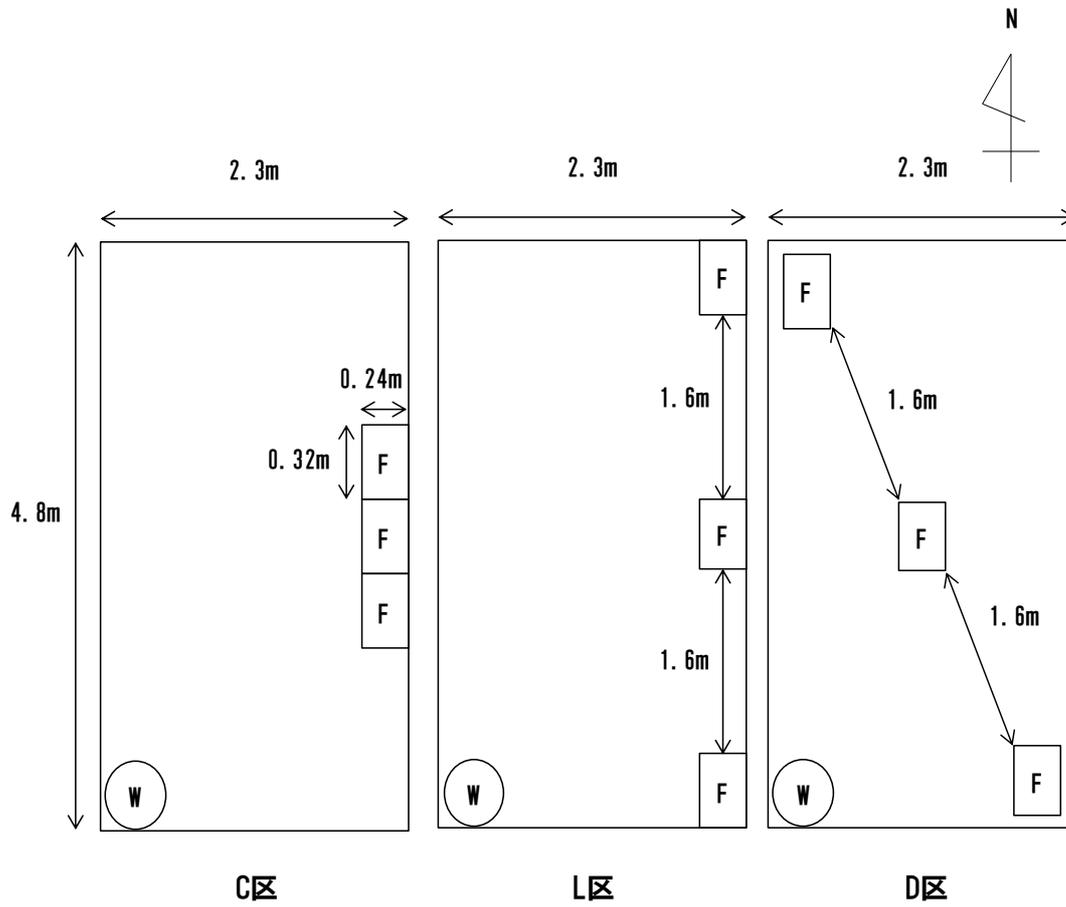


図3-12 供試山羊房および飼槽配置の概要

F : 飼槽 (固定)

W : 給水槽

表3-13. 飼槽の数が山羊群の闘争行動に占める攻撃行動型割合に及ぼす影響

性別	群名	処理区分		
		F ₂ 区	F ₃ 区	F ₄ 区
		—%—		
♂	A	60.4 ± 2.8 ^a	38.5 ± 2.3 ^b	32.0 ± 5.6 ^b
	B	42.5 ± 9.4 ^a	19.3 ± 3.9 ^b	24.8 ± 8.9 ^b
	C	58.7 ± 9.2 ^a	47.2 ± 11.1 ^{ab}	33.1 ± 3.3 ^b
♀	A	27.1 ± 9.9	20.8 ± 3.3	21.8 ± 3.5
	B	36.1 ± 3.4	37.0 ± 1.6	25.6 ± 9.9
	C	45.6 ± 7.7	24.2 ± 6.9	26.9 ± 3.3

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

表3-14. 飼槽の数が山羊群の採食時間に及ぼす影響
(2時間当たり)

群名	順位	処理区分		
		F ₂ 区	F ₃ 区	F ₄ 区
		—分—		
♂	A	68.7±40.9 ^a	88.0±10.2 ^b	75.4±12.3 ^a
	B	44.8±14.1 ^a	54.5±13.6 ^a	64.9±11.5 ^b
	C	58.0±18.1	79.1±13.3	57.4±20.0
♀	A	82.3±26.0	80.3±15.8	99.2±12.4
	B	67.4±22.1 ^a	86.0±12.7 ^b	90.7±13.4 ^b
	C	53.3±30.8 ^a	70.2±26.1 ^b	85.2±30.0 ^c

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

表3-15. 飼槽の数が最劣位個体の採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響 (2時間当たり)

性別	群名	処理区分		
		F ₂ 区	F ₃ 区	F ₄ 区
		—分—		
♂	A	0.4±0 ^a	1.3±0 ^b	1.2±0 ^b
	B	1.2±0.2	1.4±0.4	1.3±0.2
	C	0.8±0.2 ^a	1.6±0.1 ^b	1.5±0.6 ^{ab}
♀	A	0.8±0.1 ^a	1.3±0.4 ^b	1.4±0.2 ^b
	B	1.8±0.6	1.8±0.1	2.0±0.6
	C	0.9±0.4 ^a	1.4±0.4 ^{ab}	1.6±0 ^b

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

個体の MET は♂A 群で F₂ 区に比べ、F₃ および F₄ 区で有意に長く (P<0.05)、♂C 群では F₂ 区に比べて F₃ 区で有意に長かった (P<0.05)。最劣位個体の MET は♀A 群で F₂ 区に比べ、F₃ および F₄ 区で有意に長く (P<0.05)、♀C 群では F₂ 区に比べて F₄ 区で有意に長かった (P<0.05)。

飼槽の数が山羊群における最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響を図 3-13 および 3-14 に示した。最劣位個体の採食順番待ち時間は♂A および B 群で F₂ 区に比べ F₃ および F₄ 区で有意に短く (P<0.05)、♂C 群では F₂, F₃ および F₄ 区の順に有意に短かった (P<0.05)。また、最劣位個体の採食順番待ち時間は♀A 群および C 群で F₂ 区に比べ、F₃ および F₄ 区で有意に短かった (P<0.05)。飼槽の数の増加に伴い、山羊の採食時間が増加するとともに、採食順番待ち時間が減少することが乳用♀山羊群 (Jørgensen ら 2007) および緬羊の♀群 (Bøe と Andersen 2010) について報告されている。本研究では、♂および♀群ともに採食時間は類似の傾向が示され、採食順番待ち時間についても既往の研究と同様の結果が得られた。黒毛和種♀牛群においては飼槽の数を増やすのみでは飼料採食競合を緩和する効果は小さいと報告されてきた (黒崎ら 1965) が、本研究において、飼槽の数を増やすことで山羊群の飼料採食競合を緩和する効果が認められたことから、山羊群においては劣位個体に採食の機会を与えるには、飼槽の数を増やすことが必要であるとする中西と萬田 (1996) の報告を裏付ける結果となった。

以上のことから、1 頭当たり 1 個以上の飼槽を設置することで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなり、その効果に雌雄間差が認められ、特に、♂群において飼料採食競合を緩和する効果が顕著であることが示された。山羊において飼料採食競合を緩和するためには飼槽の数を増やす以外、飼槽の配置間隔を広げることが提唱されている (中西と萬田 1996) ことから、飼槽の配置間隔と闘争および採食行動、特に採食順番待ち行動との関連については追究の余地がある。

3-1-2. 飼槽の配置間隔による影響

1. 闘争行動

飼槽の配置間隔が山羊群の攻撃行動型割合に及ぼす影響を表 3-16 に示した。攻撃行動型割合は♂A および B 群では C 区に比べ、L および D 区で有意に低下し (P<0.05)、♂C 群では C および D 区に比べて L 区で有意に低下した (P<0.05)。攻撃行動型割合は♀のすべての群で C 区に比べ、L および D 区で有意に低下した (P<0.05)。

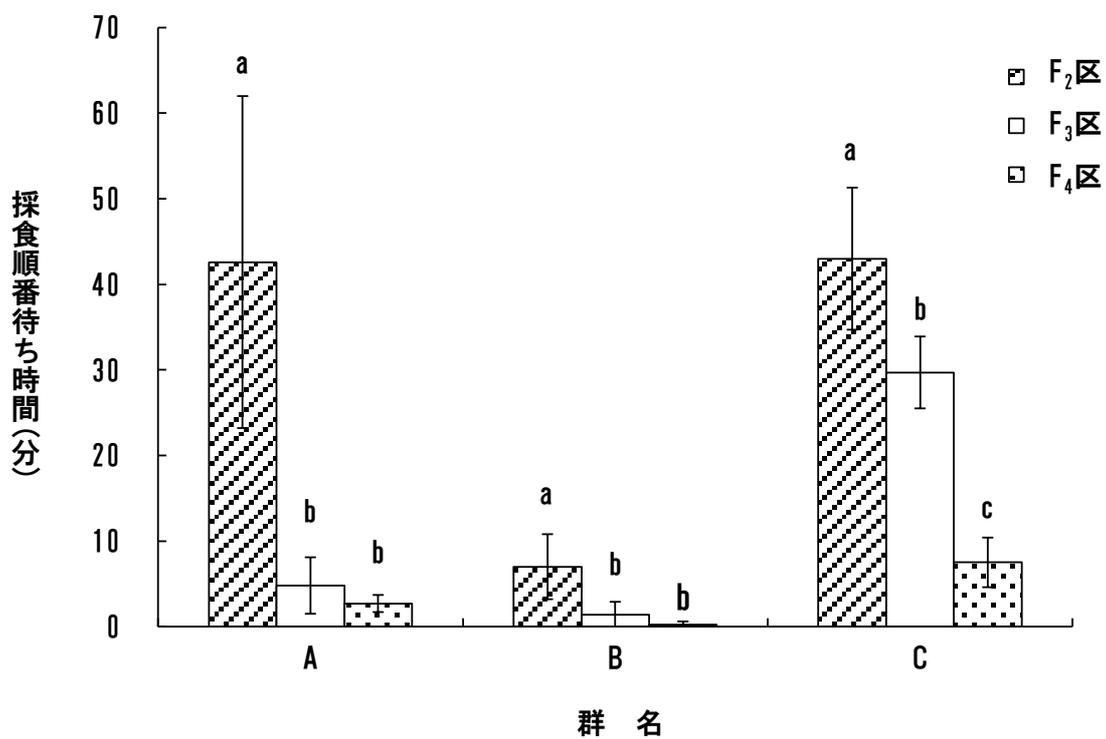


図3-13. 飼槽の数が♂群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響

3日間の平均値±標準偏差.

a, b : 同一群の処理区間に有意差あり (P<0.05).

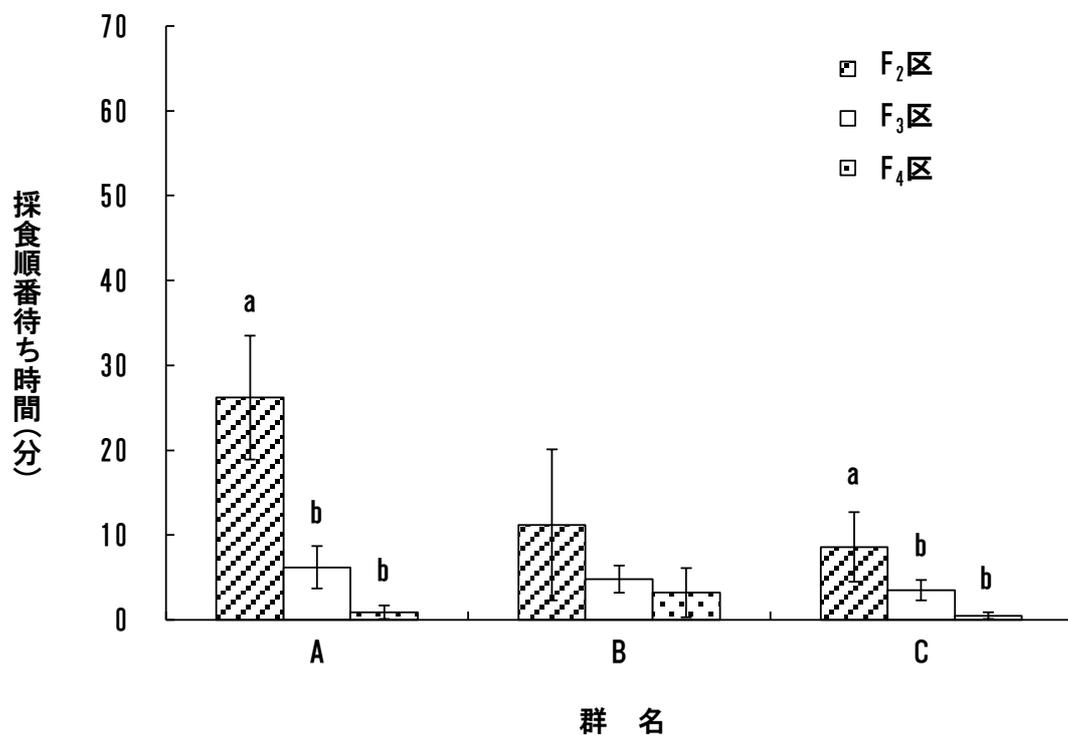


図3-14. 飼槽の数が♀群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響

3日間の平均値±標準偏差.

a, b : 同一群の処理区間に有意差あり (P<0.05).

表3-16. 飼槽の配置間隔が山羊群の闘争行動に占める攻撃行動型割合に及ぼす影響

性別	群名	処理区分		
		C区	L区	D区
—%—				
♂	A	43.3± 7.3 ^a	14.6± 2.3 ^b	11.3± 4.4 ^b
	B	62.5± 6.5 ^a	17.5± 6.0 ^b	19.9± 5.9 ^b
	C	34.0± 4.8 ^a	17.0± 2.5 ^b	30.7± 6.0 ^a
♀	A	36.5± 1.7 ^a	14.3± 2.9 ^b	14.1± 2.0 ^b
	B	33.3± 1.1 ^a	11.2± 2.4 ^b	14.7± 2.4 ^b
	C	34.5± 0.7 ^a	18.0± 6.0 ^b	11.2± 5.4 ^b

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

2. 採食行動

飼槽の配置間隔が山羊群における採食時間に及ぼす影響を表 3-17 に示した。採食時間は♂A 群および B 群において C 区に比べ、L ならびに D 区で有意に長く ($P<0.05$)、♂C 群では D 区に比べて L 区で有意に長かった ($P<0.05$)。採食時間は♀B 群で C 区に比べ、L および D 区で有意に長く ($P<0.05$)、♀C 群では C、L および D 区の順に有意に長かった ($P<0.05$)。

飼槽の配置間隔が最劣位個体の MET に及ぼす影響を表 3-18 に示した。MET は♂A 群で C 区に比べ、L ならびに D 区で有意に長かった ($P<0.05$) が、♂B および C 群では処理区間差は認められなかった。MET は♀で 3 群とも C 区に比べ、L および D 区で有意に長かった ($P<0.05$)。

飼槽の配置間隔が最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響を図 3-15 および 3-16 に示した。採食順番待ち時間は♂A および C 群の最劣位個体で C 区に比べ、L および D 区で有意に短かった ($P<0.05$) が、B 群では処理区間差は認められなかった。♀群では全群の最劣位個体の採食順番待ち時間が C 区に比べ、L および D 区で短い傾向が認められた。

飼槽の幅の減少により泌乳牛群の攻撃行動型割合が上昇する (Devries ら 2006) 一方、採食量および泌乳量には影響を及ぼさないとの報告 (Friend ら 1977) がある。本試験では、飼槽の間隔を広げることで、♂および♀群ともに攻撃行動型割合が低下するとともに、採食時間が増加することが認められた。黒崎ら (1965) は黒毛和種雌牛群において補助飼料の採食時の競合を緩和するためには、飼槽の配置間隔を 3.0m 以上にする必要があると指摘している。本試験の山羊群では、飼槽の配置間隔を 1.6m とした場合に飼料採食競合の緩和効果が認められた。ただし、飼槽の 2~3 方向から接近出来る場合と 2~4 方向から接近出来る場合とではその効果に差はみられなかったことから、山羊群における飼料採食競合は飼槽の数・位置よりも配置間隔の影響を強く受けるものと推察された。

以上より、山羊群においては飼槽の配置間隔を 1.6m に広げることで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなり、飼料採食競合が緩和されるとともに、その効果に雌雄間差は認められないことが示された。なお、本試験では飼養面積との関係上、飼槽の配置間隔を 1.6m としたため、今後、収容面積を広げた場合の効果や配置間隔を 1.6m 以下とした場合の効果を検討する必要があるとともに、山羊の体躯と飼槽の配置間隔との関係についても追究の余地がある。

表3-17. 飼槽の配置間隔が山羊群の採食時間に及ぼす影響
(2時間当たり)

性別	群名	処理区分		
		C区	L区	D区
		—分—		
♂	A	71.8±21.7 ^a	96.6±15.0 ^b	96.5±11.3 ^b
	B	47.4±13.1 ^a	95.3±8.0 ^b	96.7±6.6 ^b
	C	62.2±18.5 ^{ab}	65.1±17.3 ^a	57.1±17.3 ^b
♀	A	68.6±17.3	90.0±12.9	90.0±17.2
	B	72.1±40.0 ^a	83.9±15.3 ^b	81.9±15.6 ^b
	C	56.2±37.9 ^a	78.3±13.6 ^b	93.2±10.0 ^c

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

表3-18. 飼槽の配置間隔が最劣位個体の採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響 (2時間当たり)

性別	群名	処理区分		
		C区	L区	D区
		—分—		
♂	A	1.1±0.3 ^a	2.6±1.1 ^b	2.6±0.3 ^b
	B	2.6±0.6	4.1±1.2	4.9±1.6
	C	2.3±0.9	2.2±0.4	2.6±1.0
♀	A	1.3±0.5 ^a	2.5±0.4 ^b	2.6±0.6 ^b
	B	0.8±0.3 ^a	2.0±0.3 ^b	2.1±0.2 ^b
	C	0.8±0.1 ^a	1.5±0.4 ^b	2.0±0.3 ^b

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

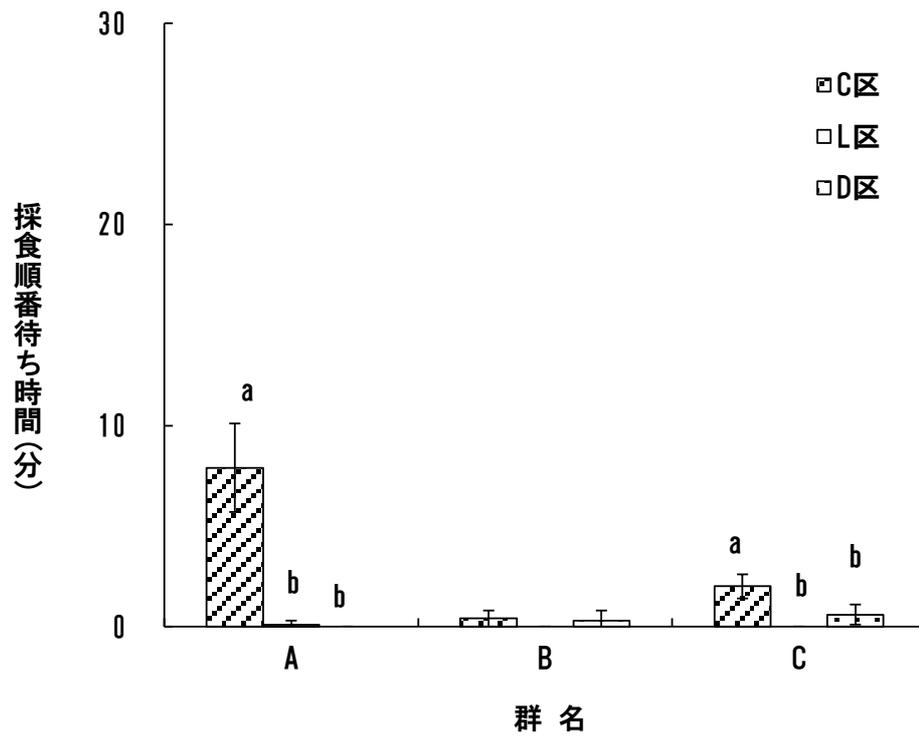


図3-15. 飼槽の配置間隔が♂群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響

a, b : 同一群の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

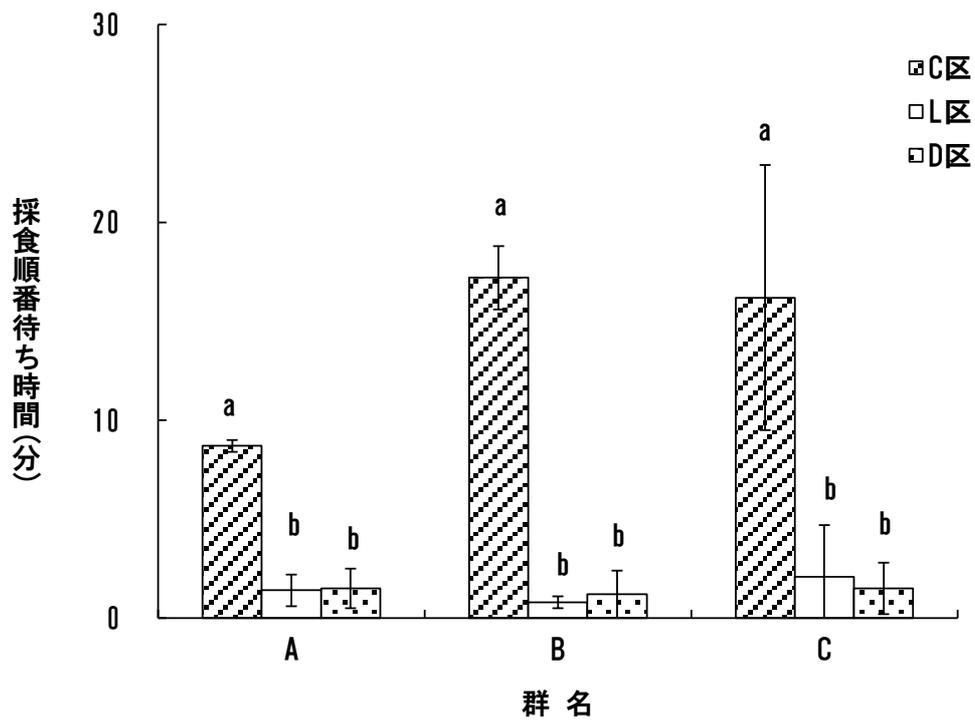


図3-16. 飼槽の配置間隔が♀群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響

a, b : 同一群の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

3-2. 給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響

目 的

山岳地方で生活する山羊は岩場や樹上などの高い場所で餌を食べることが出来る（写真 3-3 : Aichi 2003）。アルプス山脈の岩地においては、木の芽や葉などを食べながら敏捷に岩棚を飛び回るアイベックス（写真 3-4 : EIC 2003）やヒマラヤ山脈からそのさらに西側に連なる山岳地帯の森においては群れで住んでいるマーコール（写真 3-5 : 夢見ヶ崎動物公園 2009）などが生息している。最近、動物園や観光牧場などにおいても、平衡感覚や敏捷性に優れ、高所を好む山羊の習性を活かし、高台を設ける展示方法が用いられている。その中でも、旭山動物園の山羊放飼場では、高さ約 3m の遊戯台と高台に飼槽を固定したものを給餌台として設置し、幼い頃に給餌台に登る訓練をしていた最劣位個体のみがその台上で採食をするため、最劣位個体に採食の機会を与える方法として、経験的に用いられている（写真 3-6 : 北海道新聞 2006）。しかしながら、給餌台による飼料採食競合の緩和効果について科学的裏付けはなされていない。

そこで本節では、山羊群における飼料採食競合の緩和方法を開発することを目的とし、山羊舎内での給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 供試山羊

2013 年 6 月 27 日から同年 11 月 3 日まで飼育棟において行われた。トカラヤギ雌 4 頭を供試し、平均年齢は 1.8 才、平均体重は 16.6 kg であった。これらのうち、3 頭からなる群構成員の異なる 4 群（以下、A~D 群）を編成した（表 3-19）。なお、F₄は 6 月 27 日に妊娠した。

2. 飼養管理

給与飼料として、市販ルーサンハイキューブ（CP : 16.5%, TDN : 49.4%）と稲わらを用い、給与量は NRC 飼養標準（1981）に基づき、体重に対する維持養分要求量の 1.2 倍を満たすように設定した。各群を開放型放し飼い山羊房（4.8×2.3m, 3.7 m²/頭）に収容し、水および鉱塩は自由に摂取出来るものとした。給与方法については、1 頭当たり 1 個の飼槽（縦 24×横 36×深さ 12 cm）を木枠で囲い、地面に埋めることで固定し、山羊房の短辺（2.3



写真3-3. アルガンツリーに登り、樹葉、新芽、小枝などを採食するモロッコの山羊（Ai chi 2003より転載）



**写真3-4. アルプス山脈に生息するアイベックス
(EIC 2003より転載)**



**写真3-5. ヒマラヤ山脈の森に生息するマールコール
(夢見ヶ崎動物公園 2009より転載)**



**写真3-6. 高台の上で採食する山羊
(北海道新聞 2006より転載)**

表3-19. 供試山羊の概要

群名	性	体重 [†] (kg)	年齢 [†] (才)	品種
A	雌	18	2	トカラ
	同上	15	2	同上
	同上	11	1	同上
B	同上	19	2	同上
	同上	11	1	同上
	同上	18	2	同上
C	同上	20	2	同上
	同上	17	2	同上
	同上	19	2	同上
D	同上	16	2	同上
	同上	14	1	同上
	同上	21	2	同上

[†]試験開始時の数値。

m) に等間隔になるよう設置した (図 3-17)。

3. 処理区分

給餌台を設置しない対照区, 供試山羊の平均目線高の 55cm の給餌台を 1 台設置した 55cm 区, 供試山羊の平均目線高の 2 倍の 110cm の給餌台を 1 台設置した 110cm 区を設けた (写真 3-7)。各群構成員を 7 日間同居させ, 社会構造が安定した後, 7 日間の施設への馴致を行い, その後の 3 日間を本期とした。

4. 調査項目

山羊群における闘争行動に占める攻撃行動型割合および各個体の採食行動の観察および記録方法については第 2 節と同様である。本節においては, 給餌台利用割合を調査するため, 各個体が四肢を給餌台に乗せた時点から, 一肢でも降ろす時点までを給餌台利用時間として記録し, これが観察時間に占める割合を給餌台利用割合とし, 全頭について算出した。

5. 統計処理

攻撃行動型割合および採食行動のデータ解析については第 2 節と同様である。給餌台利用割合については一元配置分散分析法により処理区間差を検定した。

結果および考察

1. 闘争行動

給餌台の設置が雌山羊群の攻撃行動型割合に及ぼす影響を表 3-20 に示した。4 群とも攻撃行動型割合に処理区間差は認められなかった。しかし, 対照区および 55cm 区では優位個体の移動および闘争行動に合わせて劣位個体が採食を中断あるいは他の飼槽へ移動していたが, 110cm 区では給餌台上の最劣位個体は優位個体の移動や闘争行動に反応しないことが多く観察された (写真 3-8)。

2. 採食行動

給餌台の設置が雌山羊群における各個体の採食時間に及ぼす影響を表 3-21 に示した。採食時間にすべての群で処理区間差は認められなかった。

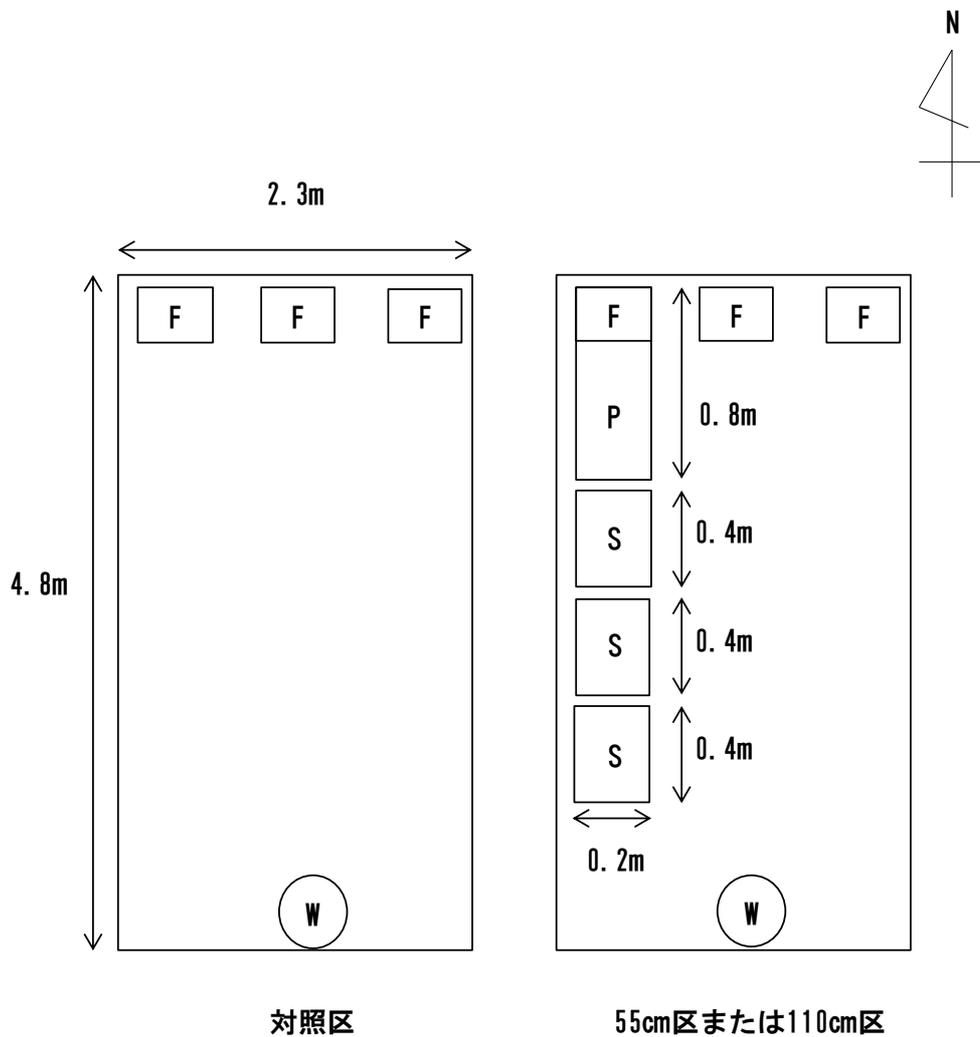


図3-17. 供試山羊房および飼槽配置の概要

- W: 給水槽
- F: 飼槽
- P: 給餌台
- S: 給餌台階段部



55cm区



110cm区

写真3-7. 供試した段差式給餌台の外観

表3-20. 給餌台の設置が雌山羊群の攻撃行動型割合に及ぼす影響

群名	処理区分		
	対照区	55cm区	110cm区
	—%—		
A	46.0 ± 2.3	47.3 ± 2.0	47.7 ± 1.3
B	49.0 ± 1.7	49.3 ± 0.6	50.5 ± 1.2
C	48.6 ± 0.8	48.2 ± 1.4	49.2 ± 0.9
D	50.3 ± 1.3	49.5 ± 0.9	49.5 ± 0.9

数値は3日間の平均±標準偏差。

同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

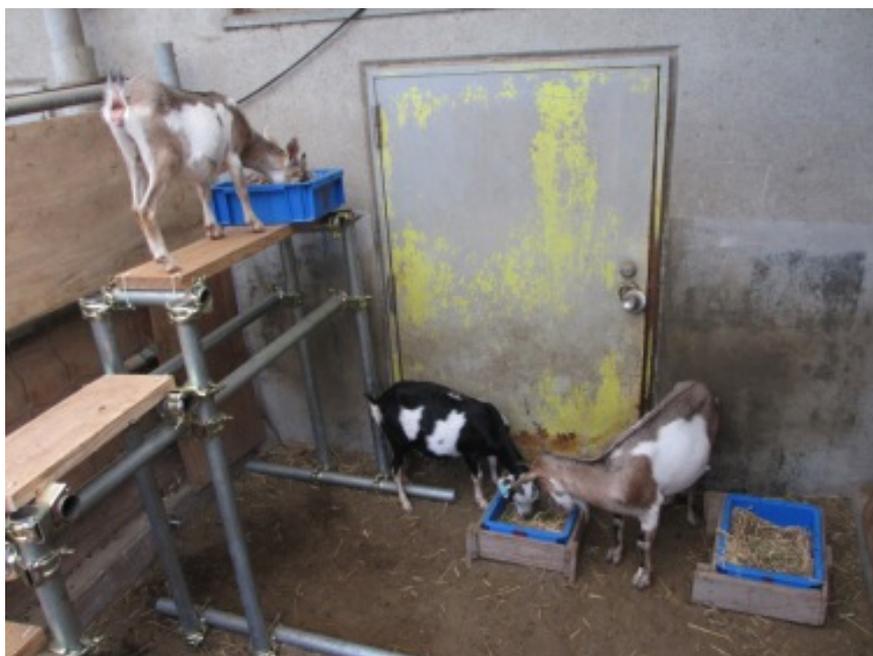


写真3-8. A群の110cm区の給餌台上で採食する劣位個体
(2013/7/16)

**表3-21. 給餌台の設置が雌山羊群の採食時間に及ぼす影響
(2時間当たり)**

群名	処理区分		
	対照区	55cm区	110cm区
	—分—		
A	77.8±16.0	74.7±10.0	72.8± 5.3
B	85.9± 7.9	80.8± 8.5	73.6±16.6
C	84.8±15.4	82.7±18.5	78.8±15.3
D	83.1±12.6	86.4± 4.4	78.6±14.1

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

給餌台の設置が雌山羊群における最劣位個体の MET に及ぼす影響を表 3-22 に示した。最劣位個体の MET は A 群および D 群において 110cm 区、55cm 区および対照区の順で有意に長かった ($P < 0.05$) が、B および C 群で区間差は認められなかった。

給餌台の設置が雌山羊群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響を示した (図 3-18)。最劣位個体の採食順番待ち時間は A および D 群で対照区に比べ、55 cm および 110 cm 区で有意に短かった ($P < 0.05$) が、B および C 群では処理区間差が認められなかった。Aschwarden ら (2009b) は雌山羊群において給餌台の設置により採食時間が増加するとともに闘争行動回数が減少し、特に高さ 50cm および 80cm の給餌台による飼料採食競合の緩和効果が高かったことを報告している。本試験では、給餌台の設置により群全体の闘争行動に変化はみられなかったものの、A および B 群における最劣位個体の MET の増加および採食順番待ち時間の減少が認められ、Aschwarden ら (2009b) の結果と同様であった。一方、B および C 群では給餌台の設置による飼料採食競合の緩和効果はみられなかったが、これは 55cm および 110cm 区において、給餌台以外の 2 個の飼槽を最優位個体が独占したこと (写真 3-9) によるものと考えられ、飼槽の配置方法については追究の余地がある。

3. 給餌台利用割合

給餌台の設置が雌山羊の給餌台利用時間割合に及ぼす影響を示した (図 3-19)。給餌台の設置直後、全群の山羊は新奇物である給餌台に対して頻繁に探索行動を示したが、角の擦り付けなどによる給餌台の破損もみられず、優位個体に攻撃され、給餌台に逃げた劣位個体が給餌台上から飛び降りる行動も観察されたが、山羊の負傷は観察されなかった。また、各処理区で各個体の給餌台利用割合の合計は観察時間の 70% 以上を占めており、給餌台が頻繁に利用されていることが観察された。松沢と白石 (1989) は放飼山羊で優位な個体ほど遊び台や避難所などのより良好な環境を占有する傾向があるとしているが、本試験では必ずしも優位個体が給餌台を占有しなかったことから、どの個体が給餌台を利用するかは順位よりも高所を好む気質など個体差が関与しているものと推察された。

以上より、山羊群への給餌台の設置は飼料採食競合の緩和に有効であり、特に給餌台の高さを目線高の 2 倍にすることがより効果的であると考えられた。

表3-22 給餌台の設置が雌山羊群の最劣位個体の採食1回当たりの平均持続時間 (MET) に及ぼす影響 (2時間当たり)

群名	処理区分		
	対照区	55cm区	110cm区
	—分—		
A	1.2 ± 0.2 ^a	2.4 ± 0.3 ^b	3.7 ± 0.8 ^c
B	1.4 ± 0.5	2.0 ± 0.9	2.5 ± 0.3
C	1.4 ± 0.5	2.0 ± 0.9	2.3 ± 0.4
D	1.8 ± 0.5 ^a	8.2 ± 1.7 ^b	14.1 ± 3.2 ^c

各群の数値は3日間の平均値±標準偏差。
 同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

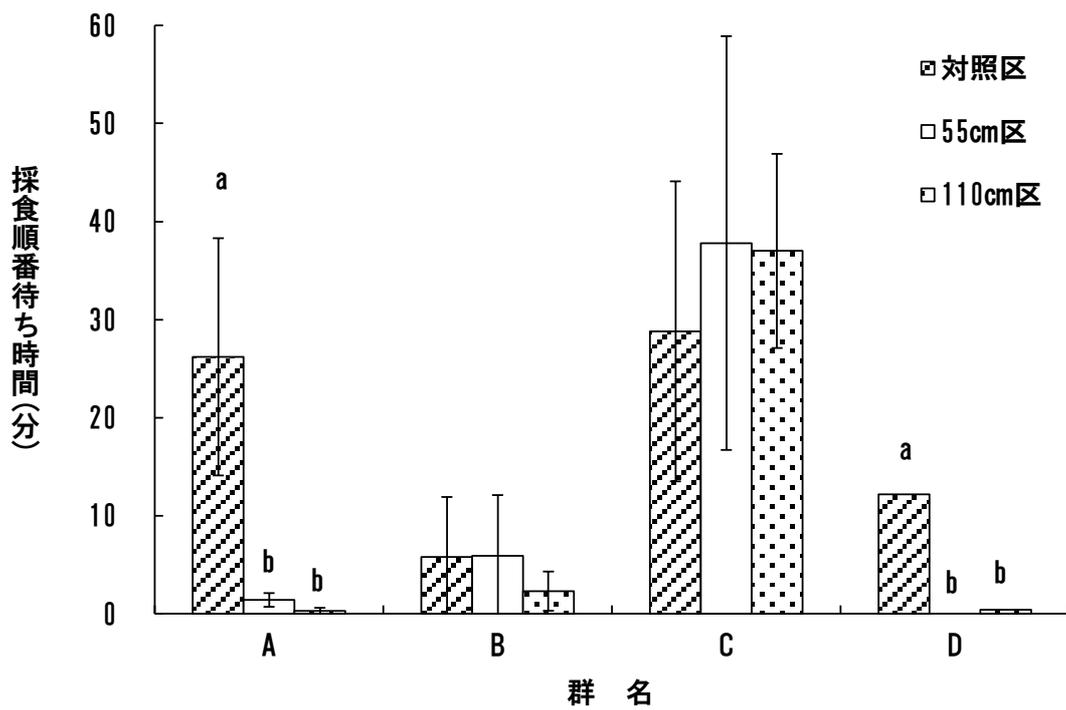


図3-18. 給餌台の設置が雌山羊群の最劣位個体の採食順番待ち時間に及ぼす影響

a, b : 同一群の異文字間で有意差あり (P<0.05) .



写真3-9. A群の110cm区における最優位個体による飼槽の占有状況
(2013/7/16)

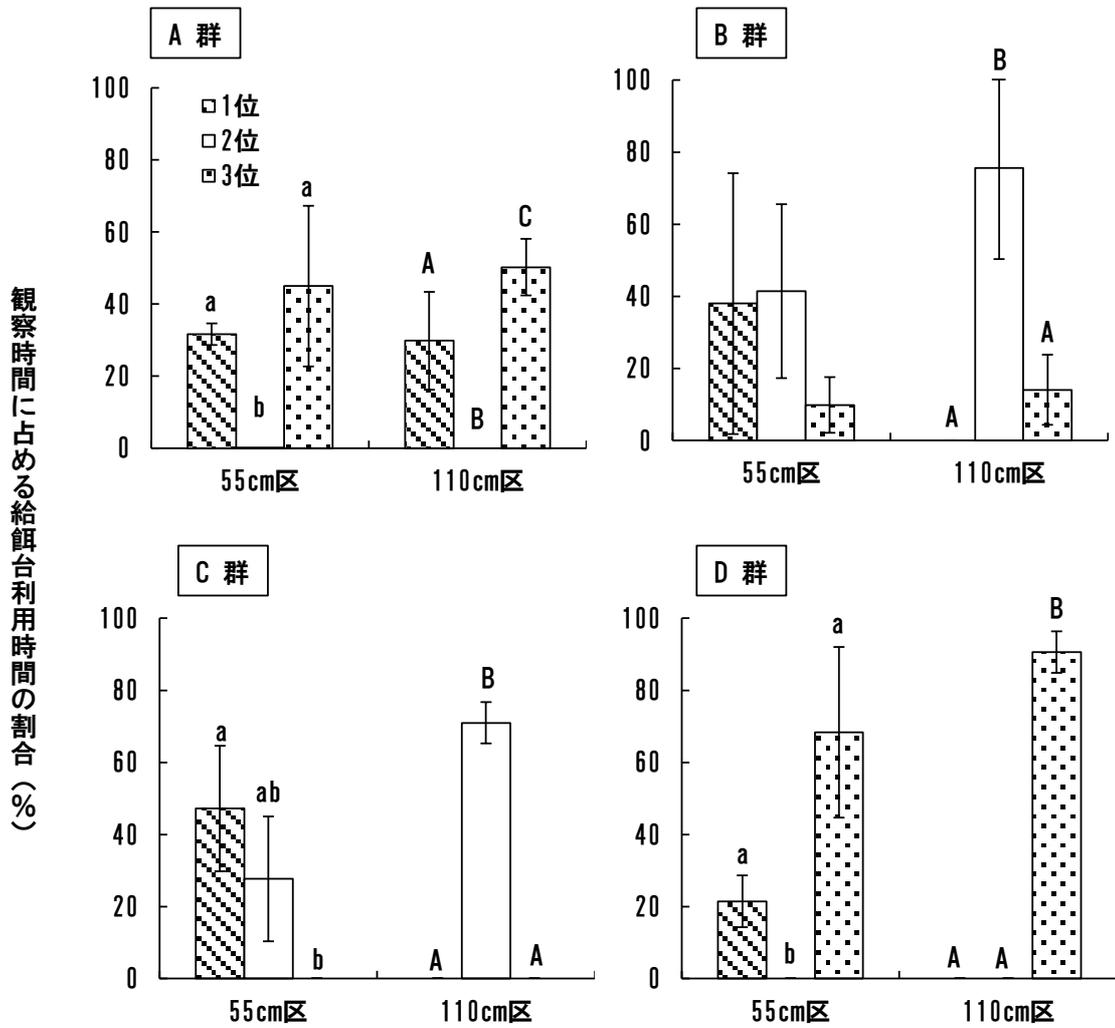


図3-19. 給餌台の設置が雌山羊の給餌台利用時間割合に及ぼす影響

a-c : 同一群の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

A-C : 同一群の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

第5節 要約

舎飼い山羊群における行動的問題の緩和方法を開発することを目的とし、舎飼い条件下の成雄および成雌山羊群における飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、飼育密度、給餌方法または給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

舎飼いされた成雄および成雌山羊の各3頭群（3.7 m²/頭）において、採食時間、採食順番待ち（社会的劣位個体が採食の順番を待つ）時間ならびに採食1回当たりの平均持続時間（以下、MET）を給餌後2時間計測し、飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、優劣順位や性差との関連について検討した。その結果、闘争行動に占める攻撃行動型割合は雌群（平均24.3%）に比べ、雄群（平均47.1%）で有意に高く（ $P<0.05$ ）、雄群で威嚇行動が多い傾向が認められた。劣位個体から優位個体への反撃は極めて少なかったことから、社会的順位型は絶対的直線順位型に近いものと考えられた。採食時間は雄の2群および雌の1群において3位個体で短い傾向が認められたものの、採食1回当たりの平均持続時間と優劣順位との間に明確な関連性はみられなかった。また、最劣位個体の採食順番待ち時間は最優位個体のそれと比べ、有意に長かった（ $P<0.05$ ）。したがって、舎飼い山羊群における飼料採食時の攻撃性は雌雄間で異なるとともに、最劣位個体が十分に採食出来ないことが示された。

上記試験と同頭数の山羊を供試し、飼育密度（2、4および8 m²/頭）が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した結果、飼育密度と闘争行動、採食時間もしくは最劣位個体のMETとの間に関連は認められなかったが、雄および雌群ともに各2群において高密度条件下（2 m²/頭）に比べて中密度（4 m²/頭）および低密度（8 m²/頭）条件下で採食順番待ち時間が短くなる傾向が認められた（ $P<0.10$ ）。また、飼槽の数が飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、1頭当たり1個以上の飼槽を設置することで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなるものの、その効果に雌雄間差が認められ、特に、雄群において飼料採食競合を緩和する効果が顕著であることが示された。さらに、飼槽の配置間隔が飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、飼槽を1.6m離して配置することで、雄および雌群ともに攻撃行動型割合が低下し、雄1群および雌3群の最劣位個体のMETが有意に増加する（ $P<0.05$ ）とともに、雄2群および雌3群の最劣位個体の採食順番待ち時間が有意に減少した（ $P<0.05$ ）。したがって、飼槽の配置間隔を1.6mに広げることで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなり、飼料採食競合が緩和されるとともに、その効果に雌雄間差は

認められないことが示された。

各3頭から構成された成雌4群において、給餌台なし、給餌台の高さ55cm（山羊の目線高）および給餌台の高さ110cmの処理間で飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、全群で攻撃行動型割合および採食時間に処理区間差は認められなかったが、給餌台の設置区において2群の最劣位個体のMETが有意に増加する（ $P<0.05$ ）とともに、採食時間順番待ち時間が有意に減少した（ $P<0.05$ ）。したがって、山羊群への給餌台の設置は飼料採食競合の緩和に有効であり、特に給餌台の高さを目線高の2倍にすることがより効果的であることが示された。

以上より、舎飼いの成雄および成雌山羊群において採食時間に顕著な順位間差はみられなかったものの、採食行動は部分的に優劣順位の影響を受け、両群ともに採食順番待ち時間の長い最劣位個体においては採食の機会が少なく、十分に飼料を摂取出来ていないものと推察された。また、飼槽数の増加またはその配置間隔の拡張、飼育密度の増加あるいは給餌台の設置によって飼料採食競合を緩和する可能性が示唆された。

第4章 放飼山羊の行動特性の解明と行動的問題への対応

緒言

わが国の農村においては、農家の高齢化による労働力不足や農産物価格の低迷などにより、耕作放棄地が急増し、その面積は約40万haと全耕地面積の約10%を占めている（農林水産省 2013）。耕作放棄地の増加は環境保全や食料の安定供給の観点から将来的に大きな問題を引き起こすことが懸念され、解決すべき喫緊の課題となっている。この解決に向けた取り組みとして、放牧家畜を利用した耕作放棄地の管理が1990年代半ば頃から注目を集めている（有田 2005）。第2章において、わが国で山羊が飼養される目的として、除草利用が最も多いことが明らかとなった。近年、農林地や遊休地における除草・灌木除去のために山羊を放牧する事例が散見されるようになり（城戸ら 2003; 高山ら 2009a, 2009b）、牛に比べて小型で取り扱い易い（萬田 2000）ことから、今後もその取り組みが活発化することが予想される。一方、山羊の放牧管理においては牧柵に関わる問題が多く、特に山羊が柵外へ抜け出す“脱柵”の解消が課題となっており、脱柵防止には行動や習性に関する理解が必要である。山羊の放牧に使用される牧柵資材は金網および木柵が全体の70%を占めている（第2章）ものの、このような物理的障壁では山羊の脱柵を完全に防ぐことは困難であることから、心理的障壁としての電気牧柵（McDonald ら 1981）の有効性を明らかにする必要がある。牛では電気牧柵に対する行動反応について詳細な検討が行われている（萬田ら 1989; 小針ら 2007; 深澤ら 2008）が、山羊の電気牧柵に対する行動反応についてはほとんど検討されておらず、特に脱柵防止を目的とした適切なネット牧柵や電気牧柵の設置方法に関する知見は数少ない。

そこで本章では、山羊の放牧管理上の問題を解決するための基礎的知見を得ることを目的とし、山羊の行動特性、特に跳躍およびくぐり抜け能力を明らかにするとともに、ネット牧柵および電気牧柵に対する山羊の行動反応を検討した。また、放飼経験が山羊の脱柵行動に及ぼす影響ならびに放飼未経験山羊に対する馴致方法を検討した。

第1節 障害物または跳躍台の高さが山羊の飛び越えやくぐり抜 けに及ぼす影響

目 的

除草利用を目的として山羊放牧を行う場合、様々な品種が利用されるが、取り扱い易さの面から、小型であるトカラ山羊が用いられることもある。トカラ山羊は鹿児島県トカラ列島原産の小型在来種であり、体重が20～40kgと他品種に比べて体重が軽く、島嶼地域においては野生化したトカラ山羊が縦横無尽に断崖絶壁を往来する光景が見られること（中西 2014）から、他品種よりも敏捷性に優れ、運動能力も異なることが予想される。また、傾斜放牧地では、下方に設置された牧柵を山羊が飛び越えて脱柵することが経験的に知られており、この脱柵を防止する対策が必要である。したがって、トカラ山羊の運動能力を明らかにすることは取り扱い上、重要であると考えられるが、これについて検討した研究は見当たらない。

そこで本節では、山羊の取り扱いの円滑化を図るための情報として、トカラ山羊の運動能力に関する基礎的知見を得ることを目的とし、障害物または跳躍台の高さが山羊の跳躍能力に及ぼす影響を検討するとともに、障害物と地面との間隔がくぐり抜け能力に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

4-1-1. 障害物の高さが山羊の飛び越えに及ぼす影響

1. 試験期間、場所、供試山羊および処理区分

2014年8月20日から同年9月9日まで飼育棟において行われた。供試山羊として2～4才齢のトカラ山羊成雄および成雌各3頭を用いた（表4-1）。障害物として平らな地面に直径2cmの鉄製パイプおよびナイロン製ネットを用いて作製した柵を設置し（写真4-1）、高さを20、40、50および60cmに設定した（4処理）。供試山羊全頭に柵への馴致を行い、餌で誘導しながら柵を飛び越えさせる期間を設けた（17日間）。全頭の馴致終了後に本試験を行い、餌を報酬とした自発的な行動をビデオカメラにより記録した。なお、他個体による影響を除去するため、試験は1頭ずつ行い、山羊をランダムに処理区に割り当てて、障害物の高さの上昇または下降に伴う慣れの影響を除去した。試験は各処理区分で1頭につき3回ずつ行った。

表4-1 供試山羊の概要

個体番号	体重 [†] (kg)	年齢 [†] (才)	品 種
F ₁	18	2	トカラ山羊
F ₂	23	3	トカラ山羊
F ₃	20	3	トカラ山羊
M ₁	26	4	トカラ山羊
M ₂	20	3	トカラ山羊
M ₃	27	3	トカラ山羊

[†]試験開始時の数値.



写真4-1. 試験地の外観

2. 調査項目

(1) 体尺測定値

試験開始前に体尺計，キャリパーおよび巻尺を用いて体高，斜体長，水平体長，胸深，胸囲および胸幅に加え，前肢長，後肢長，前肢蹄長，後肢蹄長，前肢蹄幅，後肢蹄幅および目線高の計 13 部位を測定した。なお，前肢長は肩端から地面に垂直に下した長さ，後肢長は臑骨から地面に垂直に下した長さとした（図 4-1）。また，肢蹄長は蹄の縦の長さ，肢蹄幅は横の長さとした（図 4-2）。

(2) 飛び越えの成否，飛び越え時間および飛び越え実時間

ビデオカメラの再生画像から，供試山羊が柵を 5 分間以内に飛び越えられた場合を成功，5 分間経過しても飛び越えられず，諦めた場合を失敗とし，飛び越えの成功および失敗を記録した。また，供試山羊が柵を認識してから柵を飛び越えて着地するまでの飛び越え時間および正味の飛び越え時間である飛び越え実時間を測定した。

3. 統計処理

得られたデータのうち，体尺測定値については t 検定により雌雄間で比較した。飛び越え時間については，飛び越えに失敗した個体のデータを除いて統計処理を行った。飛び越え時間については，山羊の性，個体および柵の高さを因子とする繰り返しのある三元配置分散分析（柵の高さを変量模型とした場合）を行うとともに，これらの要因の組み合わせによる交互作用を検定した（吉田と阿部 1984）。

飛び越え実時間に性差が認められなかった高さについて，飛び越え実時間に関与する体格的要因を明らかにするため，飛び越え実時間と体尺測定値の各項目との Spearman の順位相関係数を求めた。

4-1-2. 跳躍台の高さが山羊の飛び越えに及ぼす影響

1. 試験期間，場所，供試山羊および処理区分

2014 年 10 月 17 日から同年 10 月 28 日に飼育棟において行われた。供試山羊として 4-1-1 と同一の個体を用いた。4-1-1 と同様，地面に直径 2cm の鉄製パイプとナイロン製ネットを用いて作製した柵を設置し，跳躍台には第 3 章第 4 節で使用した給餌台と同じ高台を用いた（写真 4-2）。また，柵と跳躍台は接するように設置した。柵の高さは 110cm と一定にし，跳躍台の高さを 60，70，80 および 90cm に設定した（4 処理）。供試山羊全頭に柵お

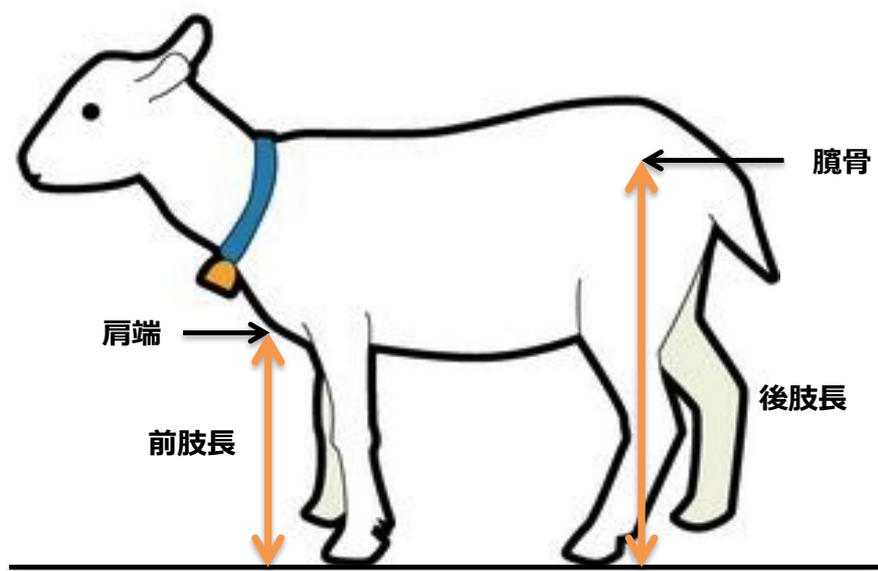


図4-1 供試山羊の体尺測定部位

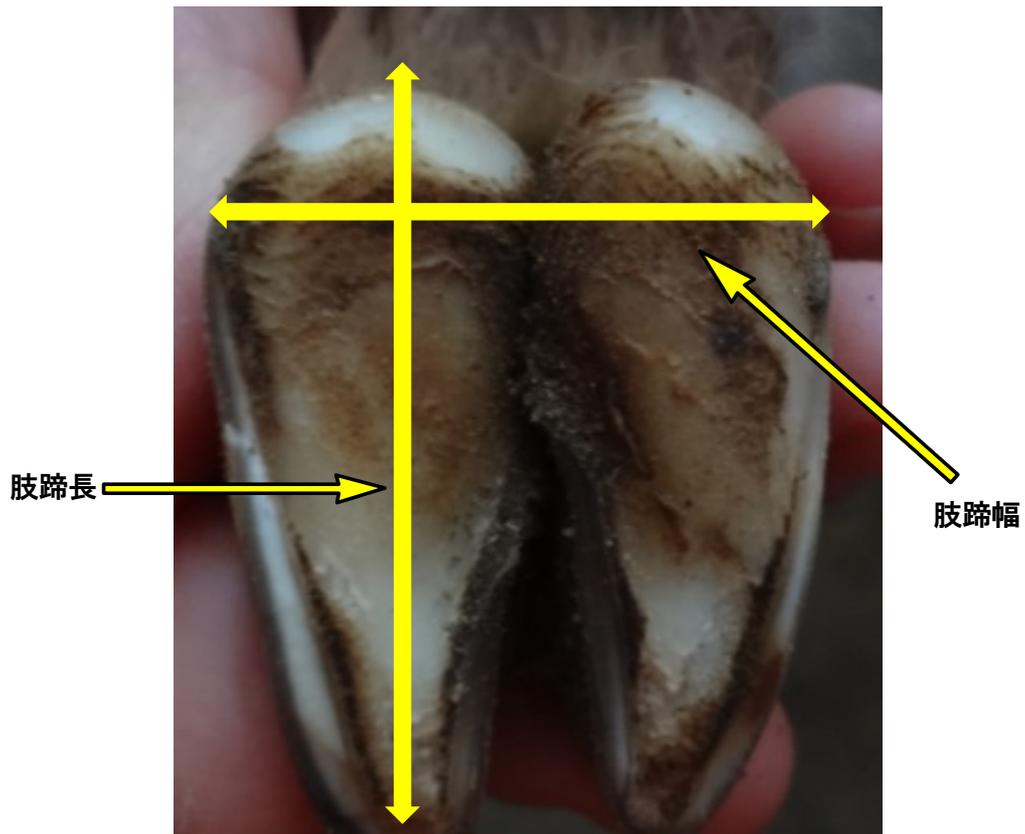


図4-2 供試山羊の体尺測定部位（続き）



写真4-2 試験地の外観（柵と跳躍台）

よび跳躍台への馴致を行い、餌で誘導しながら跳躍台の上から柵を飛び越えさせる期間を設けた（8日間）。全頭の馴致終了後に本試験を行い、餌を報酬とした自発的な行動をビデオカメラにより記録した。なお、他個体による影響を除去するため、試験は1頭ずつ行い、山羊をランダムに処理区に割り当てて、跳躍台の高さの上昇または下降に伴う慣れの影響を除去した。試験は各処理区分で1頭につき3回ずつ行った。

2. 調査項目

ビデオカメラの再生画像から、供試山羊が柵を5分間以内に飛び越えられた場合を成功、5分間経過しても飛び越えられず、諦めた場合を失敗とし、飛び越えの成功および失敗を記録した。また、供試山羊が跳躍台に昇り、柵を認識してから柵を飛び越えて着地するまでの飛び越え時間を測定した。

3. 統計処理

飛び越え時間について、飛び越えに失敗した個体のデータを除いて統計処理を行った。飛び越え時間について、個体と跳躍台の高さを因子とする繰り返しのある二元配置分散分析（跳躍地点の高さを変量模型とした場合）を行うとともに、これらの要因の組み合わせによる交互作用を検定した。

4-1-3. 障害物と地面との間隔が山羊のくぐり抜けに及ぼす影響

1. 試験期間、場所、供試山羊および処理区分

2014年10月4日から同年10月11日に飼育棟において行った。供試山羊として4-1-1と同一の個体を用いた。障害物として4-1-1と同様、地面に直径2cmの鉄製パイプとナイロン製ネットを用いて作製した柵を地面と離して設置し（写真4-3）、地面からネット下端までの高さを55、45、35、25および20cmに設定した（5処理）。供試山羊全頭に柵への馴致を行い、餌で誘導しながら柵をくぐり抜けさせる期間を設けた（4日間）。全頭の馴致終了後に本試験を行い、餌を報酬とした自発的な行動をビデオカメラにより記録した。なお、他個体による影響を除去するため、試験は1頭ずつ行い、山羊をランダムに処理区に割り当てて、柵の高さの上昇または下降に伴う慣れの影響を除去した。試験は各処理区分で1頭につき3回ずつ行った。



写真4-3. 試験地の外観

2. 調査項目

ビデオカメラの再生画像から、供試山羊が柵を5分間以内にくぐり抜けられた場合を成功、5分間経過してもくぐり抜けられず、諦めた場合を失敗とし、くぐり抜けの成功および失敗を記録した。また、供試山羊が柵を認識してから柵をくぐり抜け終えるまでの時間および正味のくぐり抜け時間であるくぐり抜け実時間を記録した。

3. 統計処理

くぐり抜け時間については、くぐり抜けに失敗した個体のデータを除いて統計処理を行った。くぐり抜け時間について、山羊の性、個体または柵の高さを因子とする繰り返しのある二または三元配置分散分析（柵の高さを変量模型とした場合）を行うとともに、これらの要因の組み合わせによる交互作用を検定した。また、くぐり抜け実時間に性差が認められなかった高さにおいて、くぐり抜け実時間と体尺測定値の各項目との Spearman の順位相関係数を求めた。

結果および考察

4-1-1. 障害物の高さが山羊の飛び越えに及ぼす影響

供試山羊の体尺測定値を表 4-2 に示した。体重、左前肢長、左後肢蹄幅および目線高以外の項目に雌雄間で有意差がみられた ($P<0.05$)。柵の高さが山羊の個体ごとの飛び越えの成否に及ぼす影響を表 4-3、山羊の性、個体ならびに柵の高さと飛び越え時間との関係を表 4-4 に示した。供試山羊は 50cm まで全頭飛び越えることが出来たが、60cm を飛び越えることが出来たのは F₁ の 1 頭のみであった。目線高より 1cm 上の柵を飛び越えた個体もみられたが、全頭に共通して体高 (50~55cm) よりも 5~10cm 高い柵を飛び越えることは難しく、目線高よりも 10cm 以上柵が低いと飛び越えることが出来るものと考えられた。60cm の飛び越えに失敗した個体では餌を凝視する、前肢をネットに掛け飛び越えようとするあるいはネットに突進する状況がみられた (写真 4-4)。飛び越え時間に有意な性差がみられ、20 および 50cm で全頭、40cm で M₂ 以外の 5 頭について雌に比べ、雄で飛び越え時間が長くなった ($P<0.05$)。また、飛び越え時間に高さ間差もみられ、F₂ 以外の個体で、40cm に比べ、50cm で飛び越え時間が長くなった ($P<0.05$)。さらに、性と柵の高さとの間、性、個体および柵の高さの間に交互作用が認められた (それぞれ $P<0.05$ および $P<0.01$)。

飛び越え実時間と体尺測定値との関係 (表 4-5) については、40cm での飛び越え実時間

表4-2 供試山羊の体尺測定値

項 目	性	
	♀ (n=3)	♂ (n=3)
	— kg —	
体 重	20.2±2.3	24.1±3.6
	— cm —	
体 高	49.6±1.3 ^a	54.7±2.5 ^b
斜体長	54.6±1.4 ^a	59.3±2.5 ^b
水平体長	53.8±1.6 ^a	58.9±0.5 ^b
胸 深	24.3±0.6 ^a	27.5±0.9 ^b
胸 囲	63.0±1.7 ^a	68.2±1.4 ^b
左前肢長	32.7±2.5	34.7±1.2
左後肢長	40.7±0.6 ^a	43.8±1.5 ^b
左前肢蹄長	3.9±0.1 ^a	4.4±0.2 ^b
左前肢蹄幅	3.1±0.2 ^a	3.7±0.3 ^b
左後肢蹄幅	2.8±0.2	3.1±0.2
目線高	62.0±0.7	66.2±2.6

数値は平均値±標準偏差を示す。
 同一行の異符号間に有意差あり (P<0.05)。

表4-3. 柵の高さが山羊の個体ごとの飛び越えの成否に及ぼす影響

個体番号	柵の高さ (cm)			
	20	40	50	60
F ₁	○	○	○	○
F ₂	○	○	○	×
F ₃	○	○	○	×
M ₁	○	○	○	×
M ₂	○	○	○	×
M ₃	○	○	○	×

○：成功 ×：失敗

表4-4. 山羊の性, 個体ならびに柵の高さと
飛び越え時間との関係

要 因		飛び越え時間 (秒)	
♀	F ₁	20cm	0.6 ^{ad}
		40cm	0.7 ^{ad}
		50cm	0.8 ^{acd}
	F ₂	20cm	0.9 ^{ab}
		40cm	0.8 ^{acd}
		50cm	0.6 ^a
	F ₃	20cm	0.8 ^{ab}
		40cm	0.7 ^{acd}
		50cm	1.0 ^{ab}
♂	M ₁	20cm	1.5 ^{bc}
		40cm	0.9 ^{ab}
		50cm	1.0 ^{ab}
	M ₂	20cm	1.0 ^{ab}
		40cm	0.7 ^{acd}
		50cm	1.5 ^b
	M ₃	20cm	1.4 ^{bd}
		40cm	0.8 ^{ab}
		50cm	1.1 ^{ab}

飛び越え時間	
SEM ¹⁾	0.2
処理効果の有意水準	
性	**
個体	NS
柵の高さ	**
交互作用効果の有意水準	
性×個体	NS
性×柵の高さ	*
個体×柵の高さ	NS
性×個体×柵の高さ	**

数値は3回測定の平均を示す。

^{a-d} 異符号間に有意差あり (P<0.05)。

¹⁾ 平均値の標準誤差

** : P<0.01, * : P<0.05, NS : 有意差なし。



餌を目視する個体（柵の高さ60cm）



柵に前肢を掛ける個体（柵の高さ60cm）



柵に突進する個体（柵の高さ60cm）

写真4-4. 飛び越え失敗の状況

表4-5. 供試山羊の飛び越え実時間と体尺測定値との関係
(Spearmanの順位相関係数)

項 目	体 重	前肢長	後肢長	目線高
40cmでの飛び越え実時間 (n=6)	0.89 ⁺	0.56	0.59	0.94 [*]
50cmでの飛び越え実時間 (n=5)	0.20	0.47	0.81	0.37

*P<0.05, ⁺P<0.01

と体重との間、40cmでの飛び越え実時間と目線高との間でいずれも有意な相関がみられた（それぞれ、 $P<0.1$ および $P<0.05$ ）。したがって、体重が大きい個体ほど40cmでの飛び越え時間が長くなる傾向が認められ、特に、目線が高い個体ほど飛び越え時間も長くなることが示された。

イノシシについては70~80cmの高さ、最高121cmまで飛び越え可能であり（江口 2003）、シカについては200cm近くまで飛び越えることが出来ると報告されている（井上と金森 2006）。それぞれの体格を比較すると、体高はイノシシで60~80cm、シカの雄で70~130cm、雌で60~110cmであること（三浦 1994）から、イノシシは体高と同程度、シカは体高の1.5~2倍程度の高さまで飛び越え可能である。トカラ山羊の体高は50~55cmであり、体高程度の高さまで飛び越え可能であったことから、跳躍能力はイノシシの場合と同様であるものと推察された。

本試験において60cmを飛び越えることが出来た個体の体重は最も軽く、体重との関連が考えられたが、当該個体1頭のみであったため、体尺測定値との関係は明らかに出来なかった。また、この個体の体長や前肢長が他の同性個体と比べて小さいのに対し、後肢長は同程度の長さであったため、後肢長との関連も考えられたが、当該個体1頭のみであったため、体尺測定値との関係は明らかに出来なかった。試験開始前に当該個体は群飼されており、その中の社会的順位は最劣位であり、日常飼養においては優位個体から攻撃され、逃避および跳躍する状況が多く観察されたため、それらによって飛び越える能力を身につけていたものと推察されたが、社会的順位よりもむしろ気質（逃避性や敏捷性など）との関連が考えられ、この点について追究の余地がある。また、本試験では支柱を用いて固定したネット牧柵を用いており、木柵や金属製ネット牧柵は弛まないため、本試験で得られた知見はそれらの柵にも応用可能と考えられる。しかし、ナイロン製ネット牧柵および電気牧柵の場合には、異なった反応を示すことが予想されるため、それらの柵の高さが山羊飛び越えに及ぼす影響については今後の検討課題である。

4-1-2. 跳躍台の高さが山羊の飛び越えに及ぼす影響

跳躍台の高さが山羊の個体ごとの柵飛び越えの成否に及ぼす影響を表 4-6、山羊の個体ならびに跳躍台の高さと飛び越え時間との関係を表 4-7 に示した。跳躍台の高さが60cmの場合、110cmの柵を全頭飛び越えられなかったものの、70cmの場合にはF₂以外の個体は飛び越えることが出来た。跳躍台の高さが80cmの場合に飛び越えることが出来たのは

表4-6. 跳躍台の高さが山羊の個体ごとの柵飛び越えの成否に及ぼす影響

個体番号	跳躍台の高さ (cm)			
	60	70	80	90
F ₁	×	○	○	○
F ₂	×	×	×	×
F ₃	×	○	×	×
M ₁	×	○	○	○
M ₂	×	○	○	○
M ₃	×	○	×	×

○：成功 ×：失敗

表4-7. 山羊の個体ならびに跳躍台の高さと柵飛び越え時間との関係

個体番号	跳躍台の高さ (cm)			平均
	70	80	90	
	—秒—			
F ₁	3.5	4.8	3.3	3.9
M ₁	5.3	3.5	4.6	4.5
M ₂	2.2	3.8	2.3	2.8
平均	3.7	4.1	3.4	

F₁, M₁ および M₂ の 3 頭であり, 90cm の場合に飛び越えることが出来たのもその 3 頭であった。飛び越えに失敗した個体では餌を凝視するあるいは前肢を柵に掛ける状況が観察された (写真 4-5)。飛び越え時間に跳躍台の高さおよび個体間差は認められなかった。跳躍台の高さによる影響は認められなかったものの, 跳躍台が高い場合には, 2 頭で着地が不安定になり, 飛び越えるのを諦める状況が観察され, 跳躍台が低い場合には, 全頭柵が高く飛び越えることが出来ない状況が観察された。

山羊放牧の際, 牧柵の高さを一定以上 (90cm 以上) にしておかなければ, 発情期には飛び越えてしまい (田中と中西 2005), 1m 程度の高さではジャンプして脱柵することがある (中西 2014) ため, 通常は牧柵を 120cm~150cm に設定することが多い (中西 2009)。山羊は小型であることから, 畦畔法面 (高山ら 2009a) や林地 (中西ら 2002; 卯城と加藤 2013) などの斜面地での除草に対しては牛よりも有効であるとされているものの, 柵の高さに言及した報告は見当たらない。本試験の結果より, 跳躍地点よりも着地点が 90cm 低い場合でも, 110cm の柵の飛び越えが可能であり, 傾斜地における放牧の際, 通常の牧柵と同じ高さでは斜面上方から柵外へ飛び越える可能性があると考えられ, 柵の高さを少し高めに設定する必要があると考えられた。山羊放牧地で電気牧柵を用いる場合, 90~120cm の 3 段張りや 4 段張りがされることが多く, 傾斜地においては 4 段から 5 段張りにする必要があると考えられるが, 本試験では電気牧柵に対する反応は明らかになっていない。したがって, これらの点については今後の検討課題である。

4-1-3. 障害物と地面との間隔が山羊のくぐり抜けに及ぼす影響

柵と地面との間隔が山羊の個体ごとのくぐり抜けの成否に及ぼす影響を表 4-8 に示した。山羊は 35cm までは全頭くぐり抜け, 25cm では M₃ を除いた他の 5 頭はくぐり抜けることが出来たが, 20cm については皆無であった。全頭に共通して体高 (50~55cm) よりも 30cm 低い柵をくぐり抜けることは難しく, 目線高よりも 40cm 下までの柵をくぐり抜けることが出来るものと考えられた。35cm 以下になると全頭背中がパイプに触れる状況が観察され, くぐり抜けに失敗した個体では柵の下から顔を出し, 餌を凝視する状況が観察された (写真 4-6)。20cm では頭を傾けて状況をうかがったが, くぐり抜けようとせず, 柵を見ただけで諦める状況が観察された。山羊の性, 個体ならびに柵と地面との間隔とくぐり抜け時間との関係を表 4-9 に示した。なお, 全頭がくぐり抜けに成功したのは 55cm, 45cm お



餌を目視する個体（跳躍台の高さ40cm）



柵に前肢を掛ける個体（跳躍台の高さ60cm）

写真4-5. 跳躍台からの柵飛び越え失敗の状況

表4-8. 柵と地面との間隔が山羊の個体ごとのくぐり抜けの成否に及ぼす影響

個体番号	柵と地面との間隔 (cm)				
	55	45	35	25	20
F ₁	○	○	○	○	×
F ₂	○	○	○	○	×
F ₃	○	○	○	○	×
M ₁	○	○	○	○	×
M ₂	○	○	○	○	×
M ₃	○	○	○	×	×

○：成功 ×：失敗



柵に背中が触れる個体（柵と地面との間隔35cm）



柵の下から顔を出し，餌を凝視する個体
（柵と地面との間隔20cm）

写真4-6. 柵くぐり抜けの失敗の状況

表4-9. 山羊の性, 個体ならびに柵と地面との
間隔とくぐり抜け時間との関係

要因			くぐり抜け時間 (秒)
雌	F ₁	55cm	1.1 ^{ac}
		45cm	1.0 ^a
		35cm	1.4 ^{ad}
	F ₂	55cm	1.2 ^{ac}
		45cm	1.1 ^{ad}
		35cm	1.6 ^{ac}
	F ₃	55cm	1.1 ^{ad}
		45cm	1.5 ^{ad}
		35cm	1.5 ^{ad}
雄	M ₁	55cm	1.2 ^{ad}
		45cm	1.5 ^{acd}
		35cm	2.4 ^{bf}
	M ₂	55cm	1.5 ^{ad}
		45cm	2.0 ^{bd}
		35cm	1.9 ^{bde}
	M ₃	55cm	1.7 ^{abc}
		45cm	1.8 ^{cdef}
		35cm	2.4 ^{bf}
			くぐり抜け時間
SEM ¹⁾			0.2
処理効果の有意水準			
性			**
個体			*
柵と地面との間隔			**
交互作用効果の有意水準			
性×個体			NS
性×柵と地面との間隔			NS
個体×柵と地面との間隔			NS
性×個体×柵と地面との間隔			*

数値は3回測定の平均を示す。

^{a-d}異符号間に有意差あり (P<0.05)。

¹⁾ 平均値の標準誤差

** : P<0.01, * : P<0.05, NS : 有意差なし。

および 35cm であったため、これらの高さについて三元配置分散分析を行った。また、25cm まで成功した個体は M₃を除いた 5 頭であったため、個体ならびに柵のと地面との間隔を因子とする二元配置分散分析を行い、その結果を表 4-10 に示した。くぐり抜け時間に有意な性差、個体間差および柵と地面との間隔差が認められた。すべての間隔で雌に比べ、雄でくぐり抜け時間が長くなり (P<0.05)、全個体で 55cm に比べ、35cm でくぐり抜け時間が長くなった (P<0.05)。また、性、個体および柵と地面との間隔の間で交互作用が認められた (P<0.05)。個体と柵と地面との間隔を因子とする分散分析では、個体間差がみられ、F₁、F₂、F₃、M₁ および M₂ の順に時間が長くなった。また、間隔差もみられ、地面との間隔が狭くなるにつれ、くぐり抜け時間が長くなった (P<0.05)。

くぐり抜け実時間と体尺測定値との関係については、55cm でのくぐり抜け実時間と胸深との間に有意な相関がみられた (表 4-11)。したがって、胸深が大きい個体ほどくぐり抜け時間がかかることが示された。また、柵と地面との間隔が胸深より 5cm 程度低くなると、どの個体もくぐり抜けることが出来なかった。

シカは地上 25~30cm の高さの鉄パイプの下をくぐり抜けることが可能であり (高山ら 2012)、雄の体高は 70~130cm、雌のそれは 60~110cm であるため、体高の 1/3 以下の高さまでくぐり抜けが可能である。本試験の山羊の体高は 50~60cm であり、表 35 に示したように体高の 1/2 程度までしかくぐり抜けられなかったことから、シカに比べてくぐり抜け能力は劣ることが明らかとなった。

本試験では、すべての間隔でくぐり抜け時間に性差がみられたが、その要因が体格によるものか気質によるものかについては明らかにならなかったため、今後、例数を増やして検討する必要があると考えられた。また、ナイロン製ネット牧柵や電気牧柵では異なった反応を示すことが予想されるため、この点については今後の検討課題である。

以上、4-1-1 から 4-1-3 までの結果より、トカラ山羊は 60cm までの高さの障害物を飛び越え、柵と地面との間隔は 25cm までをくぐり抜けることが明らかとなった。また、跳躍台と着地点の高さが異なる場合でも、障害物を飛び越えることが判明した。これらのことから、脱柵を防止するためには、柵の上段を目線と同程度か 10cm 程度高い 70cm 以上に設定し、傾斜地においては通常の 120~150cm (中西 2009) より高めに設定する必要があることが示唆された。

表4-10. 山羊の個体ならびに柵と地面との間隔とくぐり抜け時間との関係

個体番号	柵と地面との間隔 (cm)				平均
	55	45	35	25	
	—秒—				
F ₁	1.1	1.0	1.4	2.0	1.4 ^a
F ₂	1.2	1.1	1.6	2.3	1.5 ^{ab}
F ₃	1.1	1.5	1.5	3.2	1.8 ^{bd}
M ₁	1.2	1.5	2.4	3.7	2.2 ^c
M ₂	1.5	2.0	1.9	3.4	2.2 ^{cd}
平均	1.2 ^A	1.4 ^A	1.8 ^B	2.9 ^C	

^{a-d}同一列の異符号間に有意差あり (P<0.05) .

^{A-C}同一行の異符号間に有意差あり (P<0.05) .

**表4-11. 供試山羊のくぐり抜け実時間と体尺測定値との関係
(Spearmanの順位相関係数)**

項目	体重	体高	斜体長	水平体長	胸深
55cmでのくぐり抜け実時間 (n=6)	0.61	0.73	0.80	0.71	0.90*
25cmでのくぐり抜け実時間 (n=5)	0.70	0.30	0.70	0.90	0.58

*P<0.05

第2節 ネットまたは電気柵に対する山羊の行動反応

目的

第2章において、山羊放牧に利用される柵資材の割合は金網（51.4%）が最も高く、次いで木柵（18.6%）、電気柵（以下、電柵）（15.7%）およびネット柵（5.7%）の順に高いことが明らかとなった。一方、脱柵や山羊による柵の破損など、柵に関わる問題は35.3%と高い値を示したことから、山羊放牧に適した柵資材の検討が必要である。金網および木柵に比べ、ネット柵は設置が簡便かつ低コストであることが経験的に知られているものの、ネット柵に対する放牧山羊の行動反応を検討した例は少ない。

一方、電柵は牛の放牧において広く普及しており、通常は45および90cmの高さに電線が設置されている。電柵に対する牛の行動反応についても、詳細な検討が行われており（萬田ら 1989, 小針ら 2007, 深澤ら 2008）、深澤ら（2008）は牛が視覚や学習だけで電柵への接触を完全に避けているのではなく、放牧中にも電線に触れ、時には電気刺激を受けることでその存在を確認していると報告している。さらに、小針ら（2007）は非通電の電線への接触を繰り返すことで、電柵に対する忌避レベルが低下することを明らかにしているが、一度成立した学習の継続期間についての研究はなされていない。しかしながら、山羊における電柵利用に関する知見は少なく（Kakiharaら 2015）、電柵に対する行動反応や脱柵防止を目的とした設置方法は明らかにされていない。

そこで本節では、放牧山羊の脱柵防止技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、ネットまたは電柵に対する山羊の行動反応を調査するとともに、放牧および電柵への接触を経験した山羊の学習能力の持続性を検討した。

材料および方法

4-2-1. 放飼経験がネット柵に対する山羊の行動に及ぼす影響

1. 供試山羊と飼養管理

試験は2016年2月7日から同年同月8日にかけて、に鹿児島市郡山町の福永農園内圃場または飼育棟屋外運動場にて行われた。供試山羊の品種、性別、年齢、試験開始体重および放飼履歴（繫牧を除き、柵で囲った運動場での放飼または放牧経験の有無）は表4-12に示すとおりである。

表4-12 供試山羊の概要

個体 番号	品種	性別	年齢 [†] (才)	体重 [†] (kg)	放飼 経験
F ₁	交雑種	♀	3	33	有
F ₂	トカラ山羊	♀	2	15	有
M ₁	同上	♂	2	20	無
M ₂	同上	♂	3	28	有
M ₃	同上	♂	3	32	無
M ₄	同上	♂	3	27	無
C ₁	交雑種	去勢	1	18	無
C ₂	同上	去勢	4	43	有
C ₃	同上	去勢	5	44	有

[†] 試験開始時の数値.

2. 試験方法

ナイロン製ネット牧柵（以下、ネット牧柵）で囲んだ2.4×2.4mの試験地（5.8 m²）を設定し、柵基部をしっかりと地面に固定した。ネット牧柵の高さは供試山羊の目線高の平均以上となる100cmおよび目線高程度である80cmの順に設定し、絶食状態の山羊を1頭ずつ放飼して、ネット牧柵に対する行動反応をデジタルビデオカメラで録画した。放飼開始10分後までに脱柵が認められない場合には、市販ルーサンヘイキューブ100gを入れた飼槽を山羊に提示（写真4-7）し、脱柵を誘発した。放飼開始20分までに脱柵が見られない場合には、脱柵出来ないものと判断し、試験を終了した。

3. 調査項目

試験開始前に山羊の体重、体高および目線高の計3ヵ部位を測定した。録画画像からネット牧柵に対する口唇や頭部を使った接触状況、接触回数、脱柵の成否ならびに脱柵までに要した時間を記録した。

4. 統計処理

脱柵までに要した時間に関与する体格的要因を明らかにするため、脱柵までに要した時間と体尺測定値の各項目とのSpearmanの順位相関係数を求めた。また、放飼経験の有無と脱柵の成否との関係を明らかにするため、ネット牧柵の高さごと（80および100cm）に2×2分割表によるFisherの直接確率検定を行った（岸根 1981）。

4-2-2. 電気牧柵に対する放飼未経験山羊の行動反応

1. 供試山羊と飼養管理

試験は2009年3月6日から同年4月15にかけて、鹿児島大学農学部附属農場内8号圃場（24a；以下、8号圃場）において行われた。水稻収穫（2008年10月）後、直ちにイタリアンライグラスを播種・栽培した圃場内に試験地を設定した。4段張り電柵（電線の地上高：30、60、90および120cm）で囲んだ10×10mの試験地（100 m²）を1ヵ所設定（図4-3）し、放飼経験および電柵への接触経験を持たない山羊5頭を14日間放牧した。供試山羊の品種、性別および年齢は表4-13に示すとおりである。放牧前には社会構造を安定させるために舎飼条件下で5日以上同居させた。山羊には補助飼料を一切給与せず、試験地内に庇陰所を設け、水および鉱塩については自由摂取出来るもの



写真4-7. ネット牧柵内の山羊に餌を提示する状況

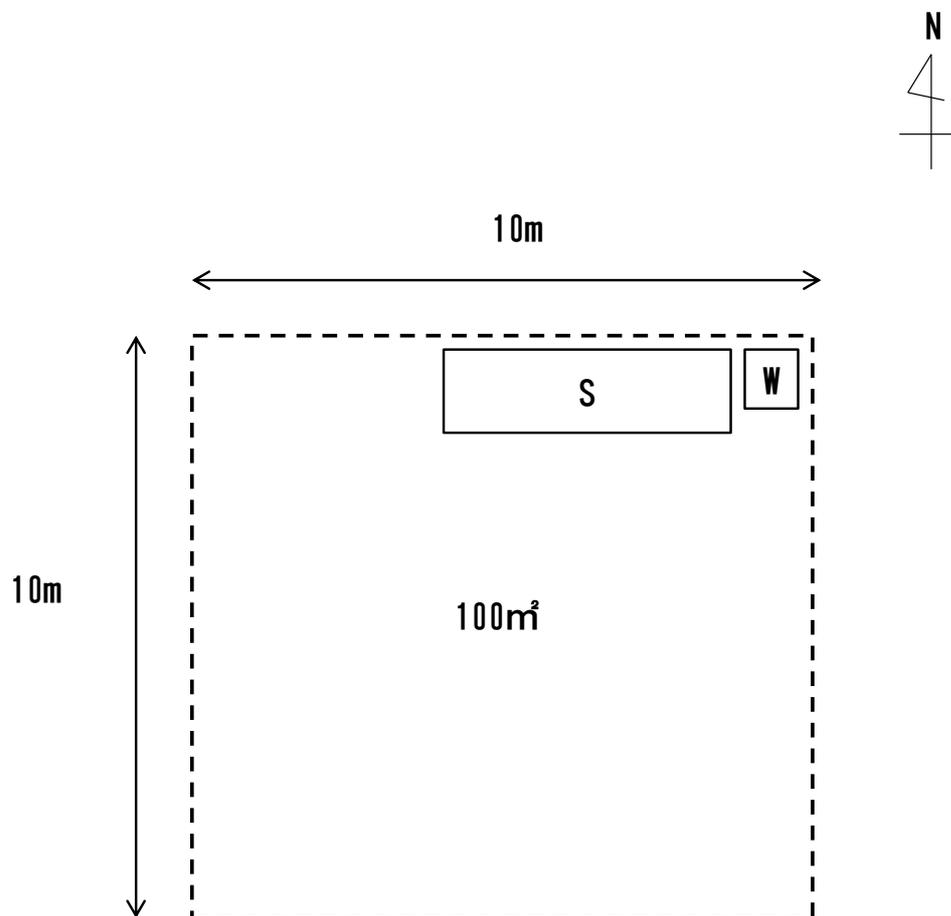


図4-3. 試験地の概要

- : 電柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

表4-13. 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢
M ₁	トカラ山羊	♂	3
M ₂	トカラ山羊	♂	5
M ₃	ヌビアン	♂	5
M ₄	ヌビアン	♂	2
M ₅	ボア	♂	10

とした。

2. 調査項目

放牧開始前および終了時に牧草現存量をコドラート法（0.5×0.5mの方形枠を使用し、5カ所をサンプリング）により測定した。放牧期間中、日中 12 時間（6:30～18:30）の山羊の行動をデジタルビデオカメラ（DCR-SR100, SONY 社製）で撮影し、その録画画像から電線への接触状況および脱柵の有無を調査した。

4-2-3. 放牧および電気柵への接触を経験した山羊の忌避学習の持続効果

1. 供試山羊と飼養管理

試験は 2010 年 4 月 13 日から同年 4 月 19 にかけて、8 号圃場において行われた。供試山羊として、3～6 才齢のトカラ山羊およびヌビアン種成雄 4 頭を用いた（表 4-14）。供試山羊は全頭 1 年前に 2 週間の放牧経験があり、電柵への接触経験があった。水稲収穫（2009 年 10 月）後、直ちにイタリアンライグラスを播種・栽培した圃場内に 4 段張り電柵（電線の地上高：30, 60, 90 および 120cm）で囲み、4-2-2 と同様に 10×10m の試験地（100 m²）を 1 カ所設定した。放牧圧は 1.5kg/10a であり、放牧前には社会構造を安定させるために舎飼条件下で 5 日以上同居させた。なお、補助飼料を一切給与せず、試験地内に庇陰所を設け、水および鉱塩については自由摂取出来るものとした。

2. 調査項目

放牧開始前および終了時に牧草現存量をコドラート法（0.5×0.5mの方形枠を使用し、5カ所をサンプリング）により測定した。放牧期間中、日中 12 時間（6:30～18:30）の山羊の行動をデジタルビデオカメラで録画し、その録画画像から採食行動、電線への接触状況および脱柵の有無を調査した。また、イタリアンライグラスの草高の変化を明らかにするため、周囲に張った電柵から内側へ 30cm、外側へ 10 および 30cm 離れた地点までの範囲の各 32 カ所の草高を毎日測定した。さらに、放牧開始時および退牧時の供試山羊の体重測定を行った。

3. 統計処理

統計解析については、牧草現存量を t 検定、イタリアンライグラスの草高を一元配置分

表4-14. 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢	放牧開始時 体重 (kg)
M ₁	トカラ山羊	♂	4	40
M ₂	トカラ山羊	♂	6	36
M ₃	ヌビアン	♂	6	36
M ₄	ヌビアン	♂	3	37

散分析により調査日間差を検定した。

結果および考察

4-2-1. 放飼経験がネット牧柵に対する山羊の行動に及ぼす影響

供試山羊の体尺測定値の結果を表 4-15 に示した。体重は去勢、♂および♀の順に大きく、体高および目線高は去勢、♀および♂の順に大きい値を示したものの、いずれの項目についても有意な性差は認められなかった。ネット牧柵に対する山羊の接触回数および脱柵に要した時間を表 4-16 および 4-17 に示した。山羊は脱柵するまでに高さ 80cm では 1~9 回、高さ 100cm では 1~32 回ネット牧柵に触れ、それぞれ平均で 171 秒および 359 秒を要した。山羊が脱柵に要した時間と体尺測定値との関係については、高さ 80 および 100cm のいずれの場合においても脱柵時間と体尺測定値のすべての項目との間に有意な相関はみられなかった。

放飼経験の有無が山羊の脱柵の成否に及ぼす影響を表 4-18 に示した。高さ 80cm のネット牧柵を設置した場合、C₃を除く 8 頭が脱柵し、そのすべての個体がネット牧柵の上部に前肢を掛けてまたいで脱柵する状況が観察された（写真 4-8）。C₃は放飼開始 10 分後まで佇立もしくは横臥行動が観察され、ネット牧柵に触れる状況は見られず、餌の提示後にネット牧柵上部に口唇で 1 回触れたものの、脱柵を試みる様子は観察されなかった。高さ 100cm のネット牧柵では、F₂および C₃を除く 7 頭の脱柵が確認された。放飼経験の有無と脱柵の成否との関係については、ネット牧柵の高さ 80 および 100cm のいずれの場合においても有意な相関は認められなかったことから、ネット牧柵内に放飼された山羊は放飼経験の有無に関係なく、脱柵する可能性が高いことが示唆された。

本章第 1 節 4-1-1 の試験の結果から、上部が緩まない柵であれば、その上段を目線と同程度か 10cm 程度高く設定することで山羊の脱柵を防止できることが示唆されたものの、本試験で供試したナイロン製ネット牧柵では上部が緩むため、高さ 80 および 100cm のネット牧柵では山羊の脱柵を完全に防止出来ないことが示された。脱柵を防止するには上部をさらに高く設定する必要性が示唆されたものの、ネット牧柵は耐久性に欠ける（井上と金森 2006）とともに、高さが十分であっても牧柵を突き破って脱柵することが問題として挙げられる。したがって、電気刺激による痛みを忌避学習させる「心理的な柵」である電柵（McDonald ら 1981）の設置による脱柵防止を図るためには、電柵に対する山羊の行動反応を検討する必要がある。

表4-15. 供試山羊の体尺測定値

項 目	性		
	♀ (n=3)	♂ (n=3)	去勢 (n=3)
		— kg —	
体 重	23.9±12.9	26.9± 5.0	34.8±14.2
		— cm —	
体 高	60.2±19.0	56.0± 1.5	65.5±10.6
目線高	72.0±18.4	62.8± 3.6	83.7±15.9

数値は平均値±標準偏差を示す.

表4-16. ネット牧柵の高さが山羊の接触回数に及ぼす影響

個体番号	ネット牧柵の高さ (cm)	
	80	100
	一回/頭	
F ₁	5	11
F ₂	1	1†
M ₁	9	32
M ₂	1	7
M ₃	2	3
M ₄	6	18
C ₁	1	1
C ₂	4	2
C ₃	1†	1†
平均値±標準偏差	8.4±3.3	10.6±2.9

口唇，顎部，肢部または角等がネット牧柵に接触した回数。放飼開始後20分もしくは脱柵するまでの回数を示す。

†脱柵失敗。

表4-17. ネット牧柵の高さの違いが山羊の脱柵に要する時間に及ぼす影響

a) 各個体の脱柵時間

個体番号	ネット牧柵の高さ (cm)	
	80	100
	—秒—	
F ₁	107	966
F ₂	417	—†
M ₁	3	561
M ₂	22	88
M ₃	703	671
M ₄	106	216
C ₁	2	8
C ₂	5	3
C ₃	—†	—†
平均値±標準偏差	171±256	359±376

放飼開始から脱柵するまでに要した時間を示す。

†脱柵失敗。

b) 供試山羊の脱柵に要する時間と体尺測定値との関係
(Spearmanの順位相関係数)

項目	体 重	体 高	目線高
80cmでの脱柵時間 (n=8)	0.17	-0.43	-0.40
100cmでの脱柵時間 (n=7)	0.10	-0.32	-0.18

表4-18. 放牧経験の有無が山羊の脱柵の成否に及ぼす影響

a) 放飼経験の有無と脱柵の成否

個体番号	放飼経験	ネット牧柵の高さ (cm)	
		80	100
F ₁	有	○	○
F ₂	有	○	×
M ₁	有	○	○
M ₂	無	○	○
M ₃	無	○	○
M ₄	無	○	○
C ₁	無	○	○
C ₂	有	○	○
C ₃	有	×	×

○ : 成功 × : 失敗

b) 放飼経験の有無と脱柵の成否との関係
(Fisherの直接確率検定)

脱柵の 成否	ネット牧柵の高さ (cm)			
	80cm		100cm	
	放飼経験		放飼経験	
	有	無	有	無
成 功	4	4	3	4
失 敗	1	0	2	0



写真4-8. 高さ80cmのネット牧柵に前肢を掛けて脱柵する山羊 (F₁) (2016/2/7)

4-2-2. 電気牧柵に対する放飼未経験山羊の行動反応

山羊の電柵に対する接触および脱柵回数の経日変化を図 4-4 に示した。電柵への接触は放牧当日に全頭で計 6 回と最も多く、次いで、放牧 2 日目および 3 日目に同一個体 (M₃) でそれぞれ 2 回および 1 回観察された。しかし、4 日目以降、電柵への接触は全頭でみられなかった。脱柵回数は放牧当日に全頭で計 6 回、放牧 2 日目に 1 頭 (M₃) で 1 回であり、いずれも電柵への接触 (頭部および臀部) 時に電気刺激に驚き、柵外に飛び出す行動が観察された。

電柵とは、牛が触れると電気刺激を受けることを学習 (馴致) させることによって心理的な障壁として脱柵を防ぐものである (McDonald ら 1981)。放牧直後に電柵に触れ、攪乱状態に陥り、柵外に脱走する状況が繰り返し観察されたものの、放牧 4 日目以降、試験地の草量が大幅に低下した (図 4-5) にもかかわらず、電柵への接触ならびに脱柵は 1 頭も観察されなかったことから、放牧直後の電柵への接触を通じて電柵に対する忌避学習が成立したことが示唆された。しかしながら、放牧対象地からの家畜の脱柵は周辺の耕種農家の農作物への被害をもたらす場合がある (有田 2005) ことから、山羊の放牧前に予め電柵に接触させ、電柵に対する忌避学習を完全に成立させることが必要であると思われた。

4-2-3. 放牧および電気牧柵への接触を経験した山羊の忌避学習の持続効果

山羊放牧に伴う牧草現存量の推移を図 4-6 に示した。牧草現存量は放牧当日と比べ、放牧 7 日目で有意に減少した ($P < 0.05$)。草高の経日変化を図 4-7 に示した。電柵から内側へ 30cm 離れた地点までの範囲の草高は放牧当日に比べ、放牧 3 日目に 40cm 近く減少し、7 日目には 5 cm 以下となった。1 頭のみで電柵の外側の牧草を採食する状況が観察された (写真 4-9; 以下、頭出し採食) もの、電柵から外側へ 10 および 30cm 離れた地点までの範囲の草高は放牧期間を通じてほとんど変化はみられなかった (写真 4-10)。電柵への接触および感電回数の経日変化を図 4-8 に示した。放牧 3 日目までは山羊全頭で電線への接触は見られなかった。しかし、草量の減少に伴い、放牧 4 日目に電柵際での採食が増えたことで、電柵を警戒していたものの、不意に角および頭部が最下段の電線に触れる状況が 2 頭で観察された。深澤ら (2008) は牛が視覚や学習だけで電柵への接触を完全に避けているのではなく、放牧中にも電線に触れ、時には電気刺激を受けることで、その存在を確認していると報告している。本試験においては、放牧 4 日目に電柵への接触が 1 頭当たり 2.5 回、そのうち、感電が 1.5 回であり、5 日目以降、接触が 2 回、感電が 1 回であった (図

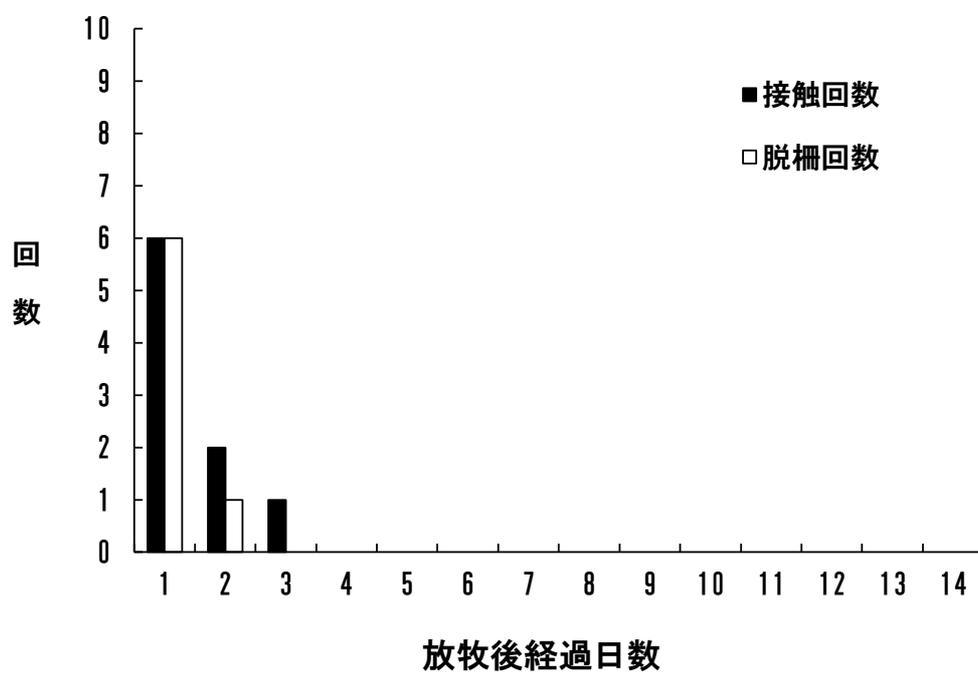


図4-4. 山羊の電柵に対する接触ならびに脱柵回数の経日変化

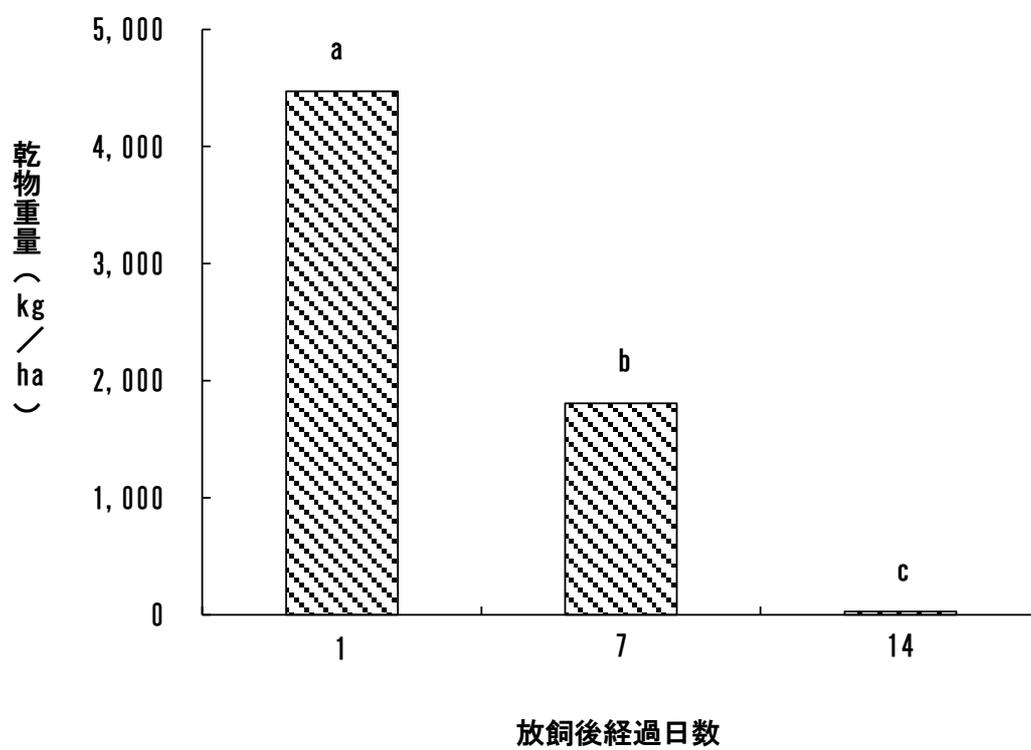


図4-5. 山羊放牧に伴う試験地の牧草現存量の推移

a-c : 同一区内の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

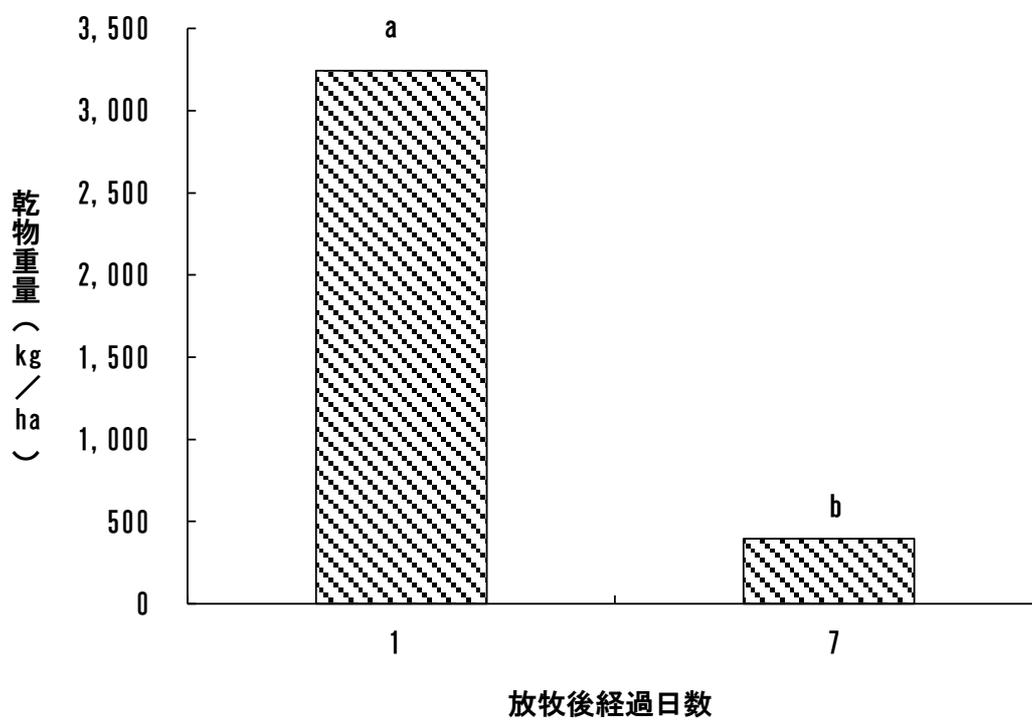


図4-6. 山羊放牧に伴う試験地の牧草現存量の推移

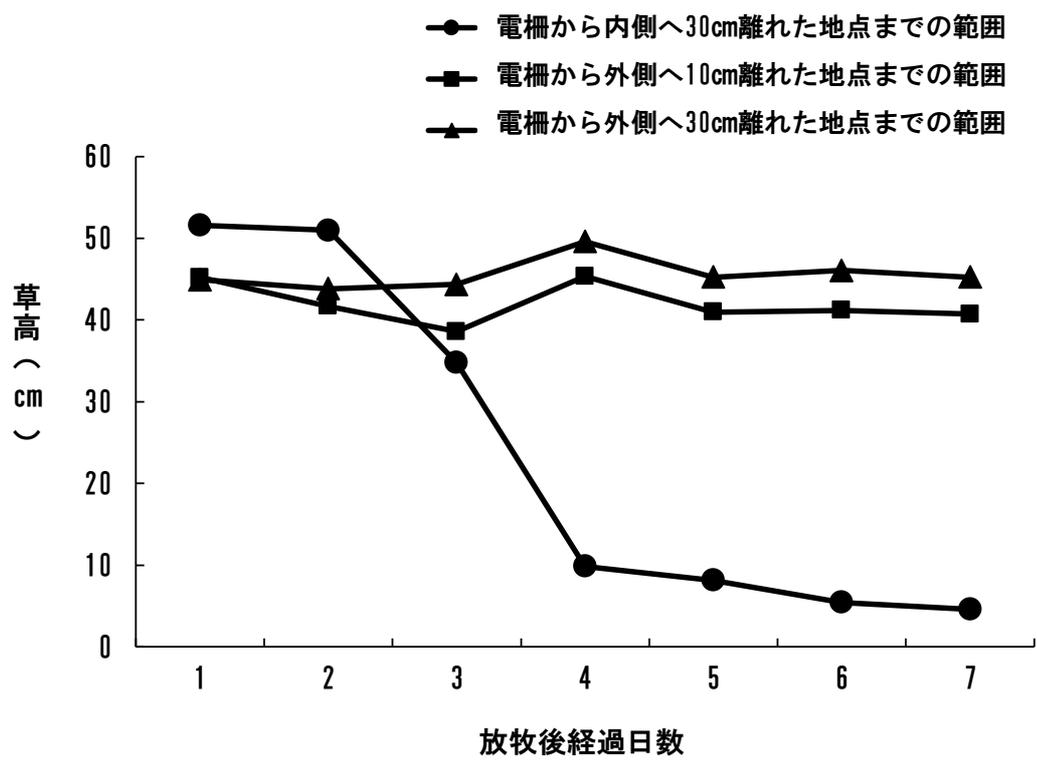


図4-7. 試験地内外におけるイタリアンライグラスの草高の経日変化



放牧3日目 (2010/4/15)



放牧6日目 (2010/4/18)

写真4-9. 放牧に伴う山羊 (M) の採食行動および頭出し行動



放牧1日目 (2010/4/13)



放牧7日目 (2010/4/19)

写真4-10. 放牧に伴う試験地内外の草高の変化

4-8) ことから、山羊についても牛と同様に電気刺激を受けながら電柵の存在を認識しているものと考えられた。一方、4-2-2の電柵に対する行動反応を検討した試験において、放飼経験および電柵への接触経験を持たない山羊が全頭、放飼直後に感電し、脱柵したが、翌年に行った本試験では、どの山羊も放牧3日目までは電線への接触はなく、4日目以降、脱柵は1度も認められなかったことから、電柵への忌避学習効果はその後1年間、持続したものと推察された。McDonaldら(1981)は電柵に馴致した牛でも、通電している電柵に対する接近や接触が偶発的に見られ、牛にとって電柵の心理柵としての効果は絶対的なものではなく、電柵に対する接触行動が日常的に行われることで学習の効果が強化され、脱柵防止が図られていると報告しており、本試験の山羊においても放牧3日目まで電柵への接触が確認されたことから、牛と同じように接触を繰り返すことで電柵を認識することが推察された。なお、放牧山羊の体重は放牧当日には平均40kgであったが、放牧開始後7日目には平均38kgとわずかに減少したものの、健康状態に異常はみられなかった(図4-9)。

以上より、ネット牧柵内に放飼された山羊は放飼経験の有無に関係なく、脱柵する可能性が高いことが示唆された。一方、電柵では放飼前に忌避学習を成立させることで、山羊の脱柵を防止出来ることが示唆され、ネット牧柵よりも電柵が牧柵資材として有効であることが示された。また、電柵への忌避学習効果はその後1年間、持続したものと推察された。今後、放飼未経験山羊に対する電柵の効果的な馴致方法を追究する必要がある。

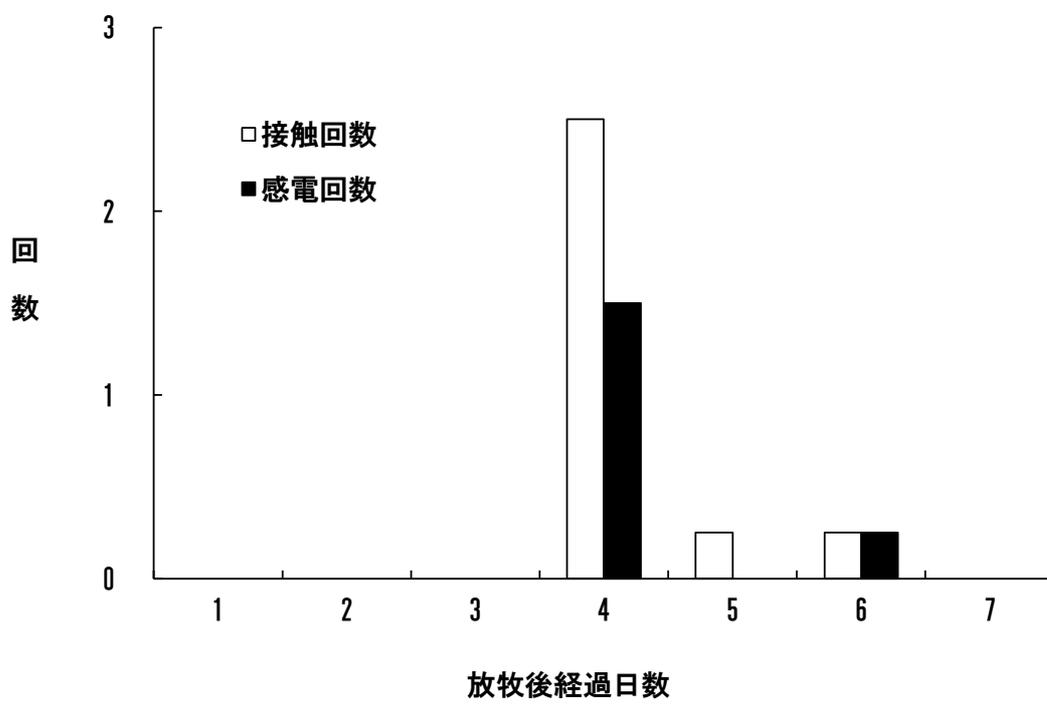


図4-8. 電柵への接触および感電回数の経日変化（1頭当たり）

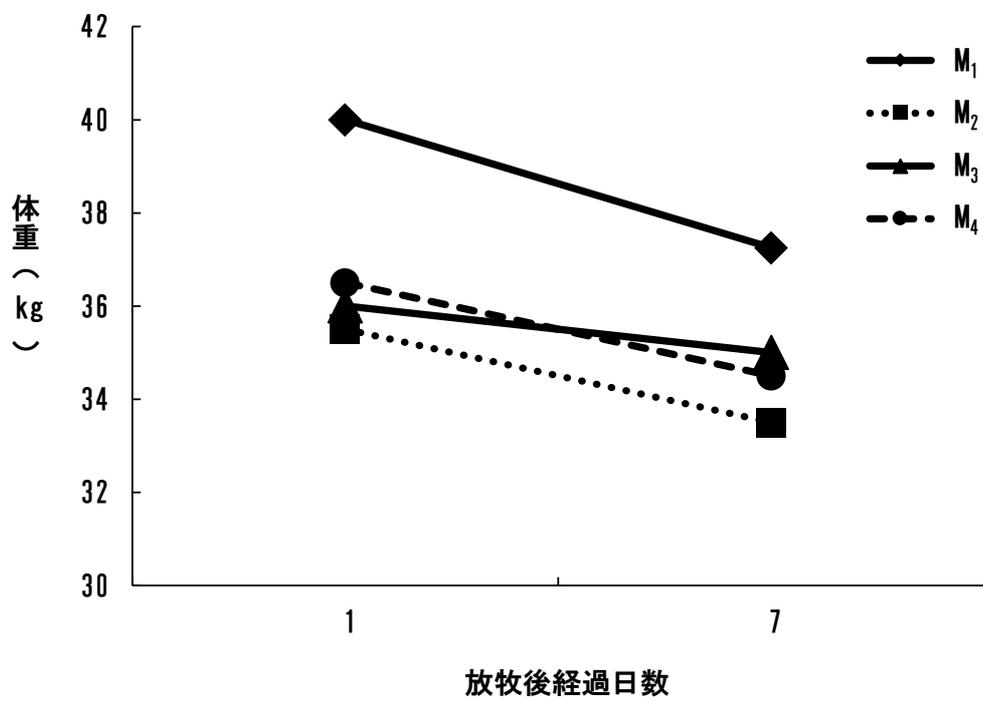


図4-9. 放牧山羊の体重の変化

第3節 電気柵設置による山羊の脱柵行動の制御

目的

前節 4-2-2 の結果より、電柵への接触経験を持たない山羊は放牧直後に電柵に触れ、脱柵を繰り返すことが明らかとなった。放牧山羊の脱柵を防ぐためには、山羊に対して事前に電線への馴致を行うことが重要であり（今井と中西 2015）、鼻面を強制的に電線に触れさせる方法と電柵内に放牧し、自然に触れることで覚えさせる方法（家畜改良センター 2009；中西 2014）が挙げられるが、前者の方法では人間に対する恐怖感を山羊に植え付けることになり、その後の取り扱いが困難になることがある（中西 2014）ため、後者の方法がより適しているものと考えられる。しかしながら、その具体的な方法について検証した報告はほとんど見当たらない。また、牛では放飼経験の有無が放牧時の行動に差異をもたらす（有田 2005）とされており、未経験牛を経験牛と一緒に放牧することでより効果的に馴致を行うことが出来る（家畜改良センター 2009；農業・食品産業技術総合研究機構 2009）ものの、山羊については放飼経験の有無が脱柵行動に及ぼす影響や放飼未経験山羊の電柵への馴致方法は検討されていない。

そこで本節では、電柵を利用した放牧山羊の脱柵防止技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、放飼経験が脱柵行動に及ぼす影響を検討するとともに、放飼未経験山羊に対する電柵の効果的な馴致方法を追究した。

材料および方法

4-3-1. 山羊の脱柵行動に及ぼす放飼経験の影響

1. 供試山羊と飼養管理

試験は 2009 年 3 月 6 日から同年 4 月 15 にかけて、8 号圃場において行われた。水稻収穫（2008 年 10 月）後、直ちにイタリアンライグラス（*Lolium multiflorum* Lam.）を播種・栽培した圃場内に試験地を設置した。供試山羊の品種、性別、年齢および放牧時体重は表 4-19 に示すとおりである。放飼経験を有する山羊 4 頭を放牧する経験区および放飼経験を有しない山羊 5 頭を放牧する未経験区を設けた。4 段張り電柵（電線の地上高：30，60，90 および 120cm）で囲んだ 10×10m の試験地（100 m²）2 ヶ所を 2m 離して設定し（図 4-10）、それぞれ別々の時期に 14 日間放牧した。放牧圧は経験区で 1.5kg/10a，未経験区で 2.0kg/10a であり、放牧前には社会構造を安定させるために舎飼条件下で 5 日以上同居させ

表4-19. 供試山羊の概要

a) 経験区

個体番号	品 種	性 別	年 齢	放牧開始時 体重 (kg)	放飼歴 ⁴⁾
F ₁	交雑種 ¹⁾	♀	6	39	2008/8
C ₁	交雑種 ²⁾	去勢	4	36	2007/10～2008/4
C ₂	交雑種 ³⁾	去勢	4	36	2008/10
C ₃	シバヤギ	去勢	6	37	2007/10～2008/4

b) 未経験区

個体番号	品 種	性 別	年 齢	放牧開始時 体重 (kg)	放飼歴
M ₁	トカラ山羊	♂	3	24	なし
M ₂	トカラ山羊	♂	5	27	なし
M ₃	ヌビアン	♂	5	59	なし
M ₄	ヌビアン	♂	2	35	なし
M ₅	ボア	♂	10	61	なし

1) ボアー×韓国在来種黒山羊

2) ザーネン×韓国在来種黒山羊

3) ザーネン×トカラ山羊

4) 電気柵を利用した屋外での放飼時期

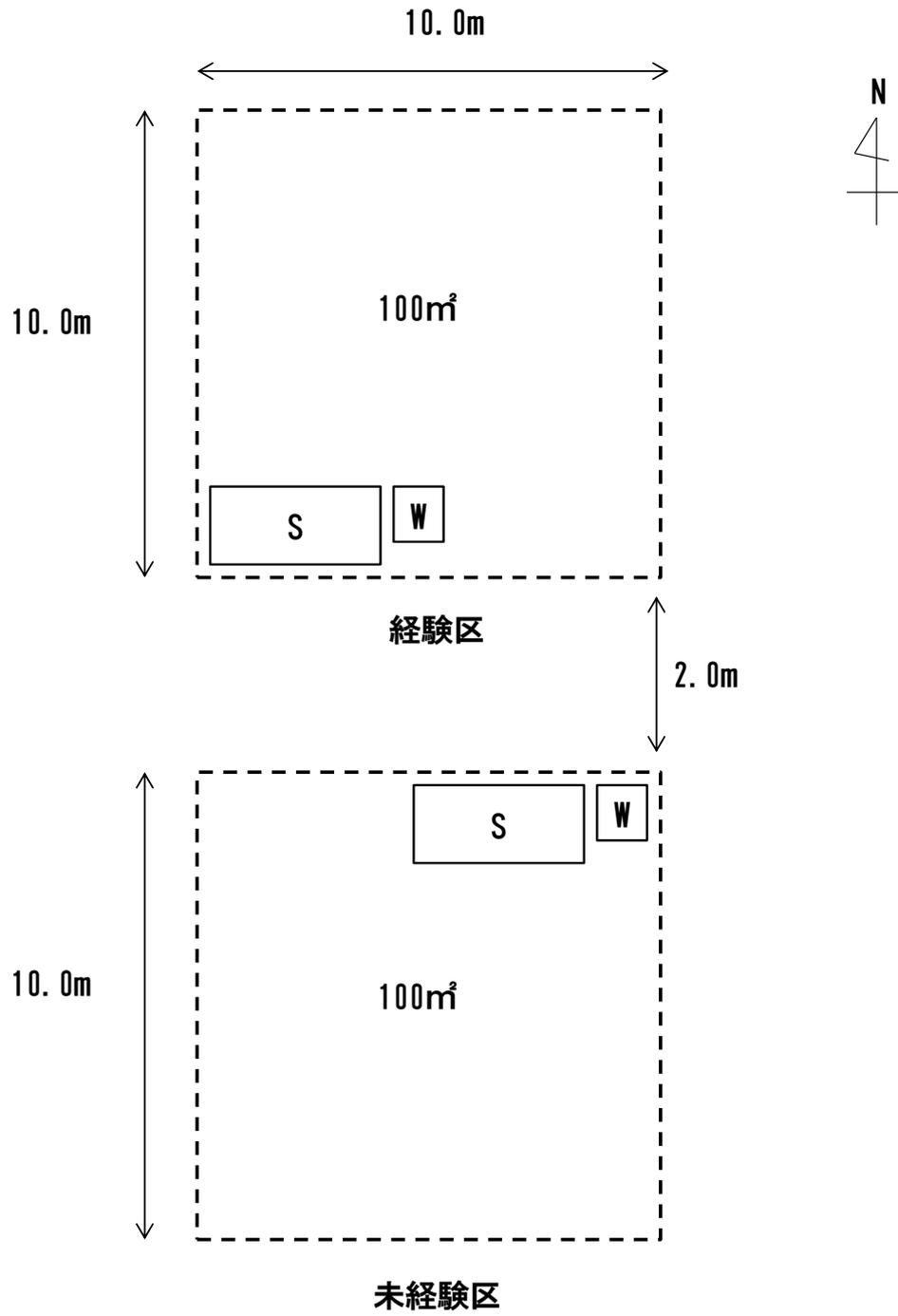


図4-10. 試験地の概要

- : 電柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

た。補助飼料を一切給与せず，試験地内に庇陰所を設け，水および鉍塩については自由摂取出来るものとした。

2. 調査項目

放牧開始から 0, 7 および 14 日目に各区の牧草現存量をコドラート法 (0.5×0.5m の方形枠を使用し，各区 5 ヶ所をサンプリング) により測定した。放牧期間中，日中 12 時間 (6:30～18:30) の山羊の行動をデジタルビデオカメラ (DCR-SR100, SONY 社製) で撮影し，その録画画像から採食行動，電線への接触状況および脱柵の有無を調査した。また，各区におけるイタリアンライグラスの草高の変化を明らかにするために，周囲に張った電柵の内側から 30cm，外側から 10 および 30cm 離れた地点までの範囲の各 32 ヶ所の草高を毎日測定した。さらに，試験開始時および終了時に供試山羊の体重を測定した。

3. 統計処理

牧草現存量，体重およびイタリアンライグラスの草高の平均値の調査日間差を一元配置分散分析により区間差を検定した。

4-3-2. 電気柵に対する放飼未経験山羊の馴致効果

1. 供試山羊および飼養管理

供試山羊の概要は表 4-20 に示すとおりであり，放飼未経験の 10 頭を 2 または 3 頭の 4 群 (以下，A～D 群) に分けた。A および B 群についてはそれぞれ 2010 年 5 月 13 日から同年 5 月 19 日，2011 年 3 月 27 日から同年 4 月 11 日まで 8 号圃場で試験を行い，C および D 群については 2013 年 1 月 25 日から同年 2 月 1 日まで鹿児島市花尾町にある福永農園内の耕作放棄地にて試験を行った。放牧前には社会構造を安定させるために舎飼条件下で 5 日以上同居させた。イタリアンライグラスを播種・栽培した圃場内に 4 段張り電柵 (電線の地上高: 20, 40, 60 および 80cm) で囲んだ試験地を設定した (図 4-11～4-13)。電柵を視認できるように試験地の柵内外から 50 cm 離れた地点までの範囲の牧草を刈り取った。なお，供試山羊には補助飼料を一切給与せず，試験地内に庇陰所を設け，水および鉍塩については自由摂取出来るものとした。

馴致方法としては，まず，電柵の内側から 80 cm 離れた地点に杭を打ち込み，100 cm のロープで山羊を繋牧した。次に，繋牧後 1 時間が経過した時点で柵外から飼料 (ヘイキュー

表4-20. 供試山羊の概要

群	個体 番号	品 種	性 別	年 齢	放牧開始時 体重 (kg)
A	A ₁	ザーネン	♀	2	23
	A ₂	ヌビアン	♀	2	24
B	B ₁	トカラ山羊	♂	2	21
	B ₂	トカラ×ヌビアン	♂	2	18
	B ₃	トカラ×ヌビアン	♂	2	15
C	C ₁	トカラ山羊	♀	2	22
	C ₂	トカラ山羊	♀	2	17
	C ₃	ヌビアン系雑種 (ヌビアン×ザーネン)	♀	2	12
D	D ₁	トカラ山羊	♂	2	14
	D ₂	トカラ山羊	♂	2	9

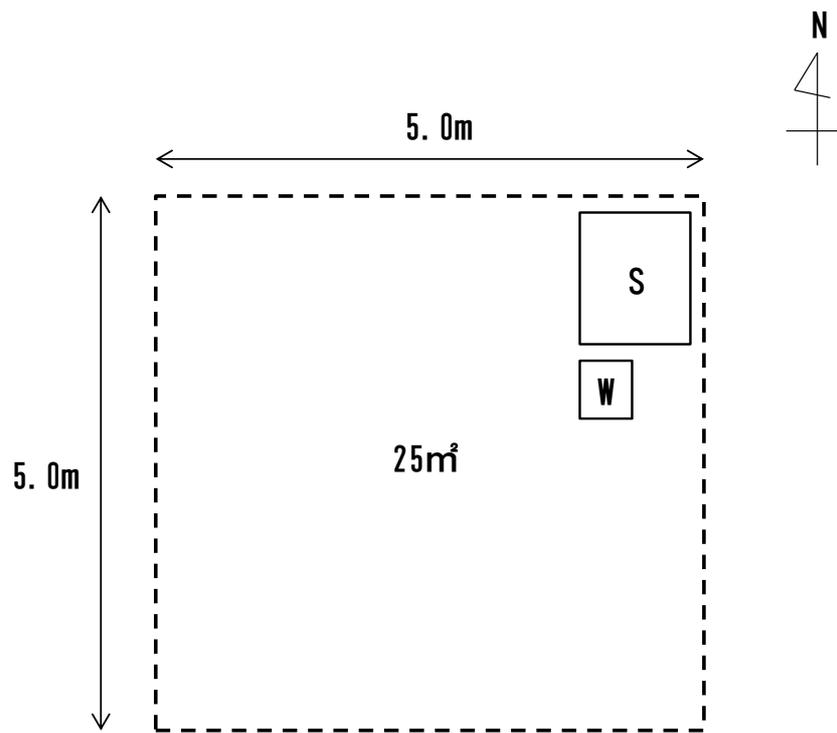


図4-11. 試験地の概要 (A群)

- : 電柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

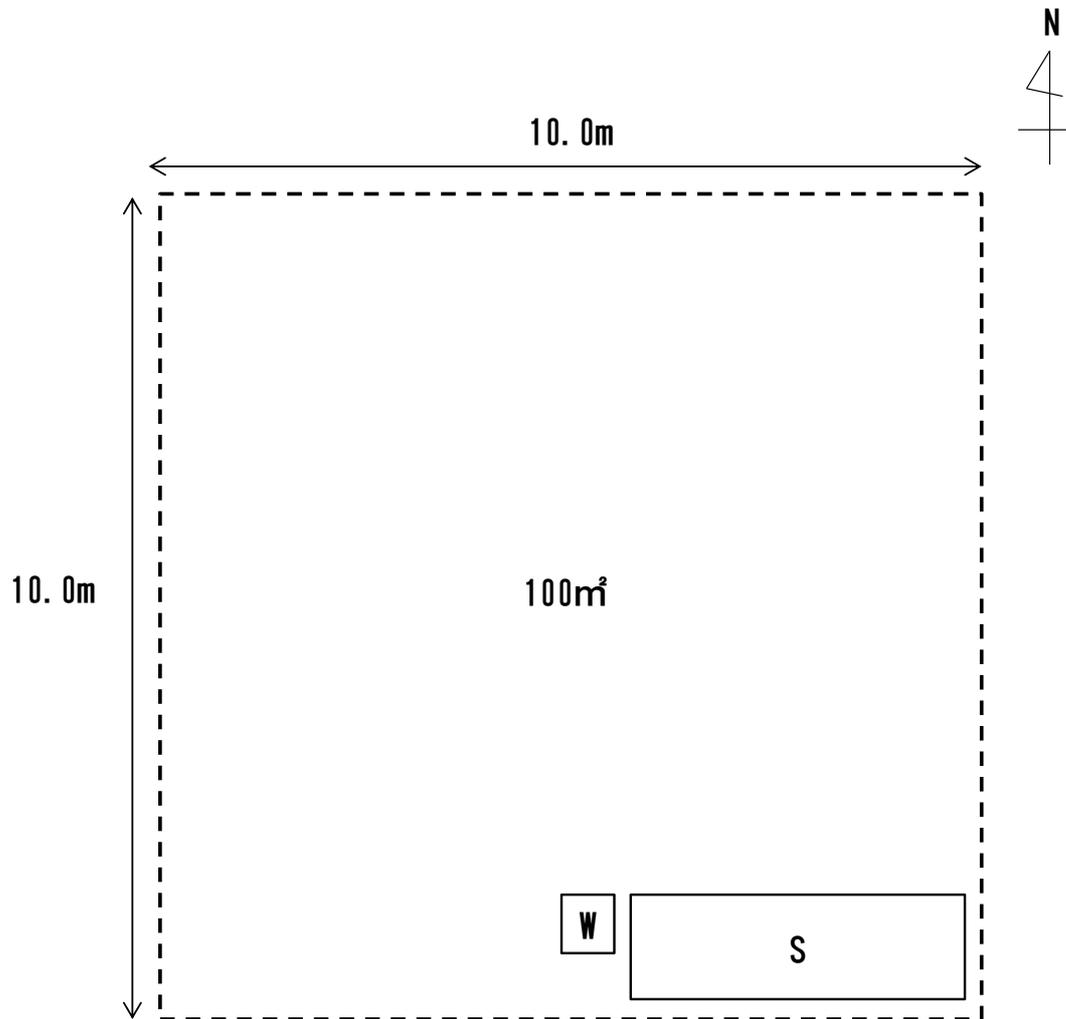


図4-12 試験地の概要 (B群)

- : 電柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

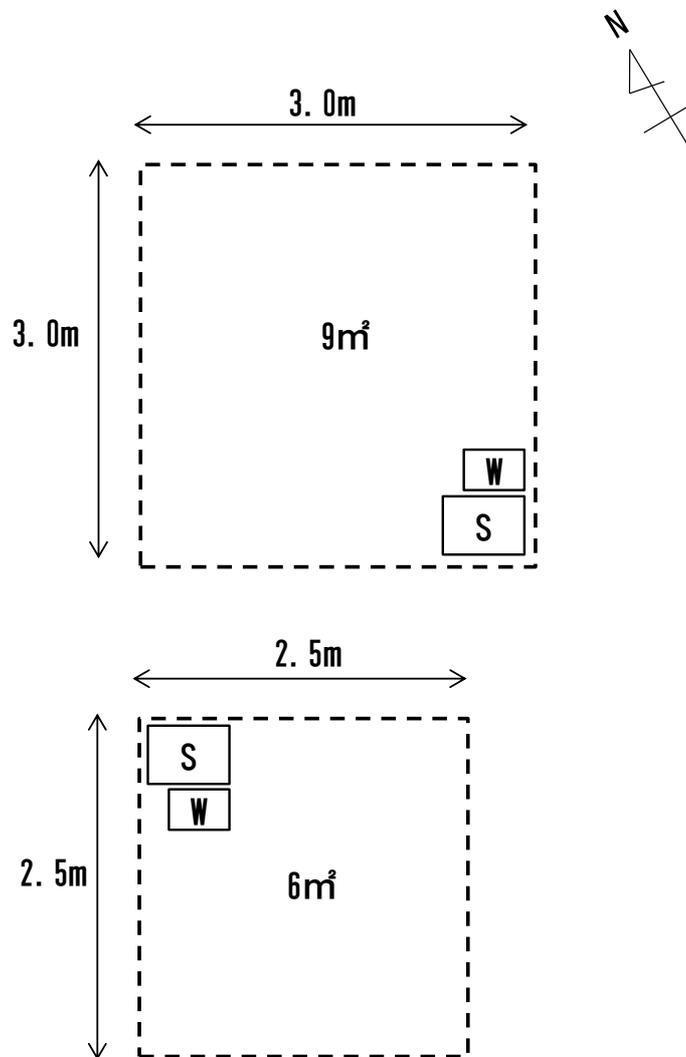


図4-13. 試験地の概要（上段：C群，下段：D群）

- : 電柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

ブ)を提示し、電柵への接触が見られなくなったことで、電柵への忌避学習が成立したものとみなし(家畜改良センター 2009)、繋牧を中止し、放牧を開始した。なお、飼料を提示して電柵に接触した場合には、繋牧による馴致を続行し、その後 30 分経過した時点で同様に飼料を提示し、電柵への接触状況を確認した。

2. 調査項目

放牧開始前および終了時に牧草現存量をコードラート法(0.5×0.5mの方形枠を使用し、3もしくは5ヵ所をサンプリング)により測定した。放牧期間中、日中12時間(6:30~18:30)の山羊の行動をデジタルビデオカメラ(DCR-SR100, SONY社製)で録画し、その録画画像から採食行動、電線への接触状況、接触回数および脱柵の成否を調査した。また、イタリアンライグラスの草高の変化を明らかにするために、周囲に張った電柵の内側から50cm離れた地点までの範囲の計12もしくは32ヵ所の草高を毎日測定した。さらに、試験開始時および終了時に供試山羊の体重を測定した。

3. 統計処理

草高については一元配置分散分析法、牧草現存量についてt検定により調査日間を比較した。

結果および考察

4-3-1. 山羊の脱柵行動に及ぼす放飼経験の影響

山羊放牧に伴う牧草現存量の推移を図4-14に示した。牧草現存量は両区とも放牧日数の経過に伴い有意に減少した($P<0.01$) (写真4-11)。

経験区における頭出し採食行動の経日変化を図4-15に示した。通常、山羊は四肢を伸ばした状態で首を下げて食草を行うが、本試験の経験区では4頭のうち、2頭の山羊が前肢を曲げ、最下段の電線と地面の間から頭部を柵外に出して採食する行動(写真4-12)が放牧2日目以降、観察された。一方、未経験区において頭出し採食は1度も観察されなかった。深澤ら(2008)は電柵を利用した牛の放牧時には、牧区内の草量の減少に伴い、前肢を折り曲げた姿勢で最下段の電線下から柵外の草を採食する状況が観察されたと報告しており、本試験の経験区においても放牧日数の経過に伴い、頭出し採食が頻繁にみられるようになったことから、試験地内の草量の減少が関係しているものと推察された。

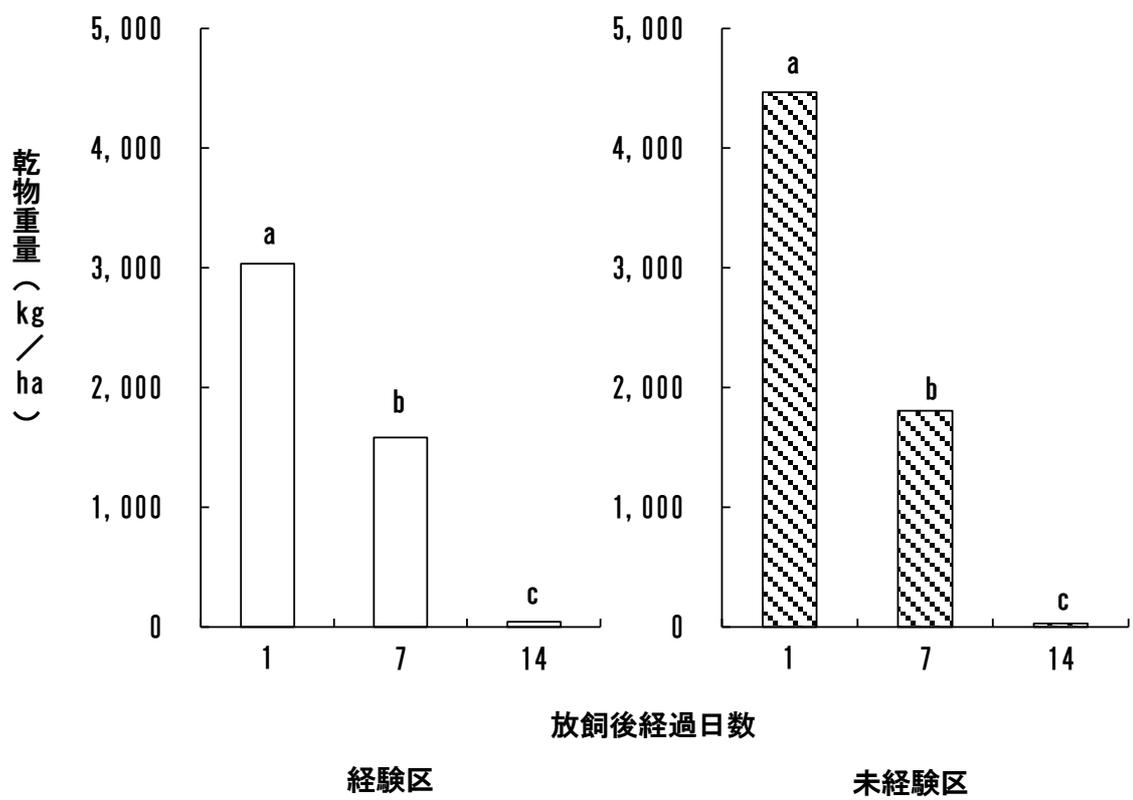


図4-14. 山羊放牧に伴う各区の牧草現存量の推移
 a-c : 同一区内の異文字間で有意差あり (P<0.05) .



放牧1日目
(2009/3/16)



放牧14日目
(2009/3/30)



放牧1日目
(2009/4/1)



放牧14日目
(2009/4/15)

**写真4-11. 山羊放牧に伴う各区の植生の変化
(上：経験区, 下：未経験区)**

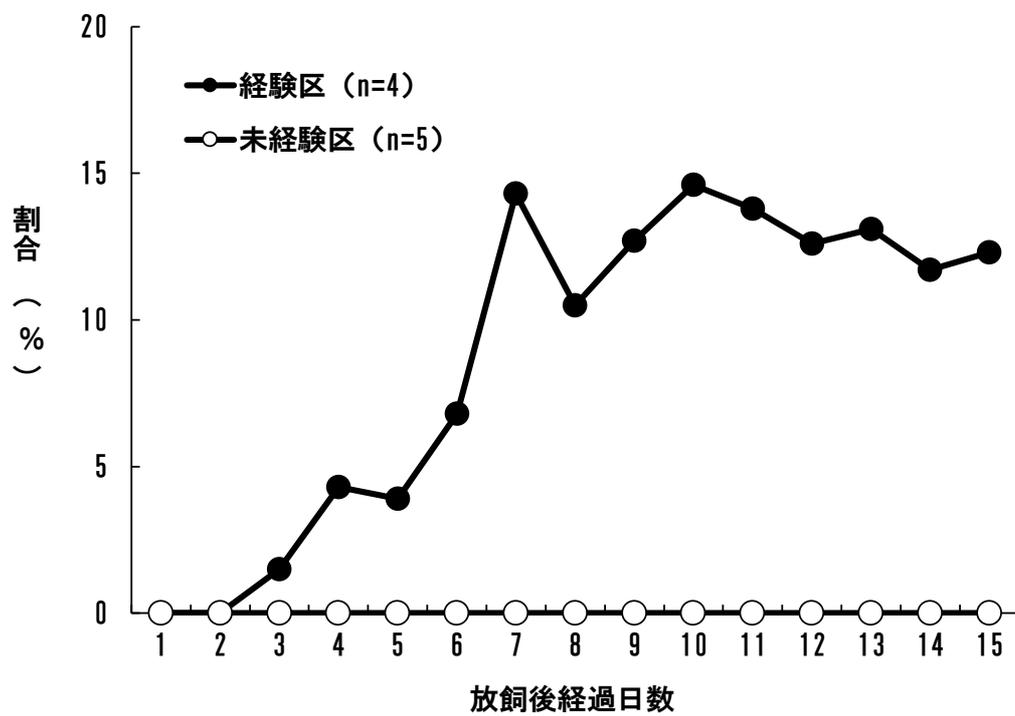


図4-15. 放牧山羊の頭出し採食行動の経日変化



山羊 (F₁) の正常な姿勢での採食行動
(放牧3日目, 2009/3/18)



山羊 (同上) の頭出し採食行動
(放牧10日目, 2009/3/25)

写真4-12 放牧経験区における山羊の採食行動の状況

放牧地内外におけるイタリアンライグラスの草高の経日変化を図 4-16 に示した。未経験区における電柵の内側から 30cm 離れた地点までの範囲の草高は経験区のそれと同様な傾向を示したのに対し、電柵の外側から 10 および 30cm 離れた地点までの範囲の草高は、供試山羊が頭出し採食を示さなかったこともあり、放牧期間を通じて変化はなかった（写真 4-13）。

電柵への接触および脱柵回数の経日変化を図 4-17 に示した。経験区では放牧当日に電柵への接触が見られたものの、脱柵は 1 度も観察されなかった。一方、未経験区では電柵への接触が全頭で計 9 回観察され、放牧当日に 6 回と最も多く、次いで、放牧 2 日目および 3 日目に同一個体（M₃）でそれぞれ 2 回および 1 回観察された。4 日目以降、電柵への接触は 1 度もみられなかった。また、脱柵回数は計 7 回観察され、放牧当日に全頭で計 6 回、放牧 2 日目に 1 回であり、いずれも電柵への接触（頭部および臀部）時に電気刺激に驚き、柵外に飛び出す行動が観察された。放牧対象地からの家畜の脱柵は周辺の耕種農家の農作物への被害をもたらす場合がある（有田 2005）ことから、放牧前に予め電柵に接触させ、電柵に対する忌避学習を完全に成立させることが必要であると思われた。電柵を利用した牛放牧では、頭出し採食の発現がその後の脱柵につながると報告されている（深澤ら 2008）ものの、本試験では山羊の頭出し採食は脱柵に必ずしも結びつかなかった。放牧山羊の体重の推移を図 4-18 に示した。両区とも 7 日目から 14 日目にかけての体重減少が大きく（ともに $P < 0.05$ ）、これは試験地内の草量が不足したためと考えられた。

4-3-2. 電気牧柵に対する放飼未経験山羊の馴致効果

繋牧開始後 30 分間で A および B 群では全頭で電線への接触が観察されたが、C および D 群では接触が見られなかったため、飼料を提示し、全頭に感電を伴う接触を誘発した。A および B 群では飼料の提示による忌避学習の成立の確認をともに 2 回行い、放牧を開始した。一方、C および D 群ではその後も柵への接触が見られたことから、30 分毎に飼料の提示を繰り返し、飼料の提示をともに 5 回行った後に放牧を開始した。

山羊放牧に伴う牧草現存量の推移を図 4-19 に示した。すべての群で入牧時に比べ、退牧時で有意に減少した（ $P < 0.05$ ）。採食姿勢の経日変化については、放牧期間を通じて頭出し採食は 1 度も観察されなかった。電柵の内側から 50 cm 離れた地点までの範囲の草高はすべての区において放牧当日に比べ、放牧 5 日目で有意に低下した（ $P < 0.05$ ）（図 4-20 およ

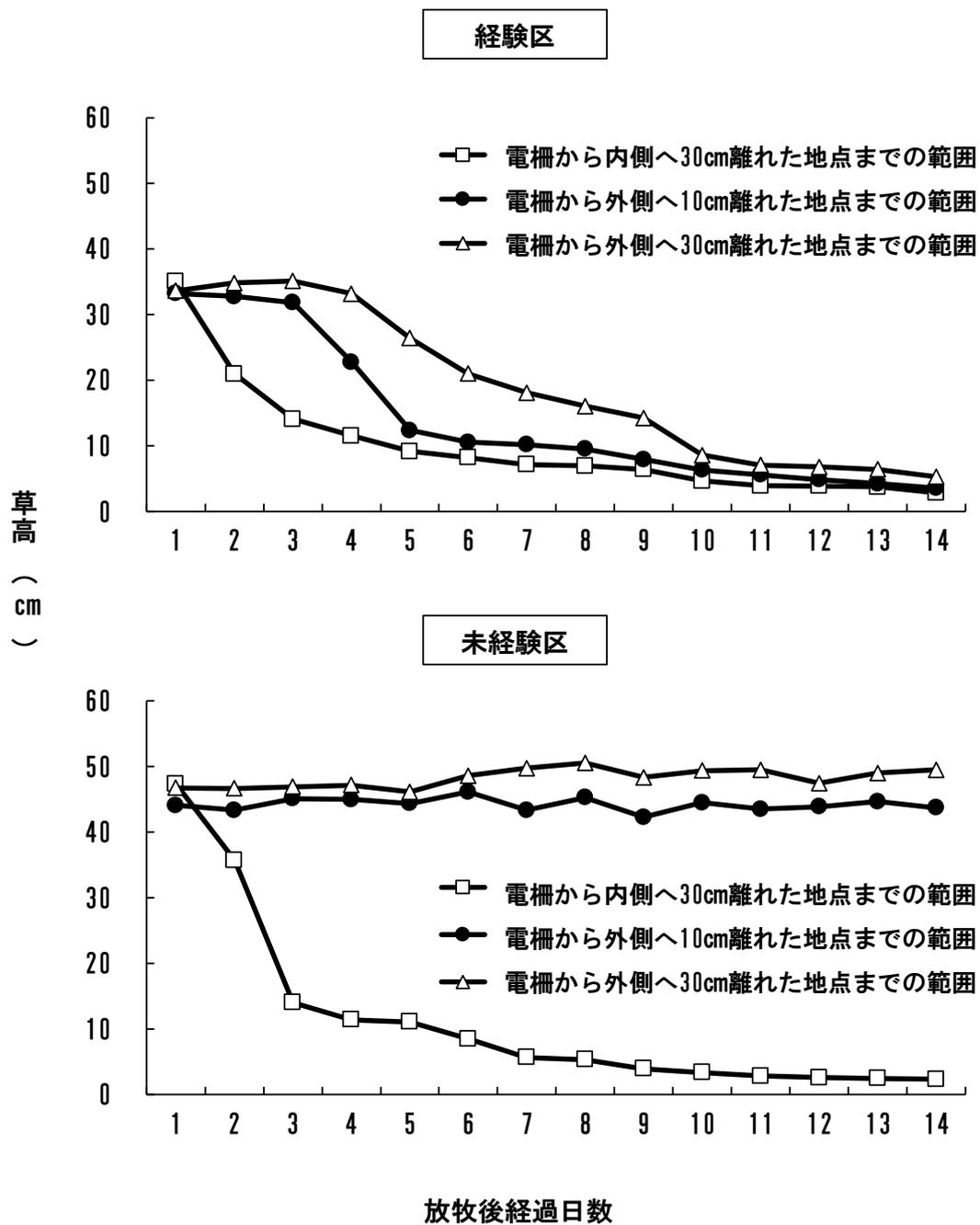


図4-16. 放牧地内外におけるイタリアンライグラスの草高の変化



経験区：電気牧柵外のイタリアンライグラス（右側）
に採食痕あり（放牧14日目，2009年3月30日）



未経験区：電気牧柵外のイタリアンライグラス（左側）
に採食痕なし（放牧14日目，2009年4月15日）

写真4-13. 放牧山羊による電気牧柵内外のイタリアンライグラスの採食状況

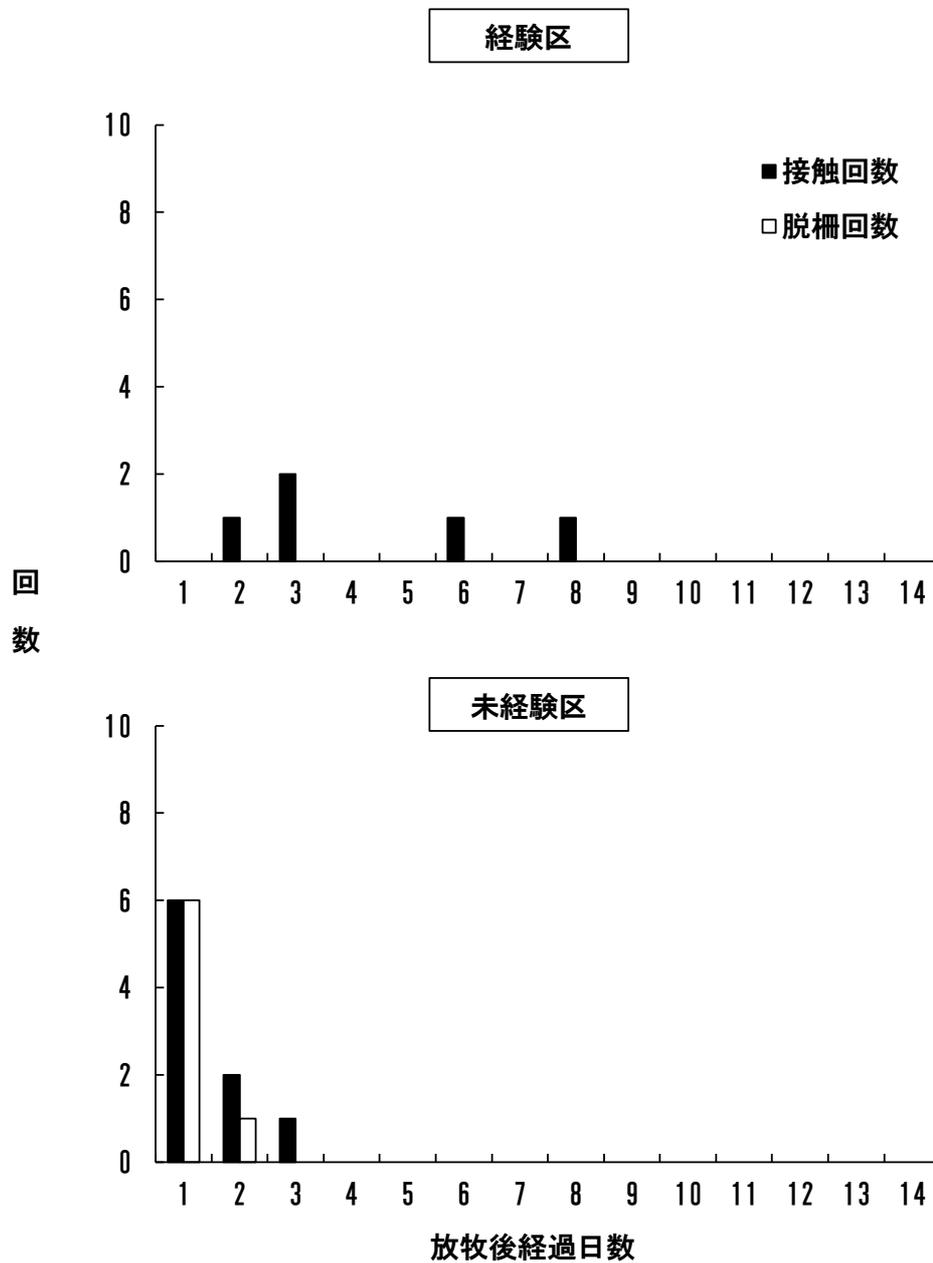


図4-17. 各区における電柵への接触ならびに脱柵回数の経日変化

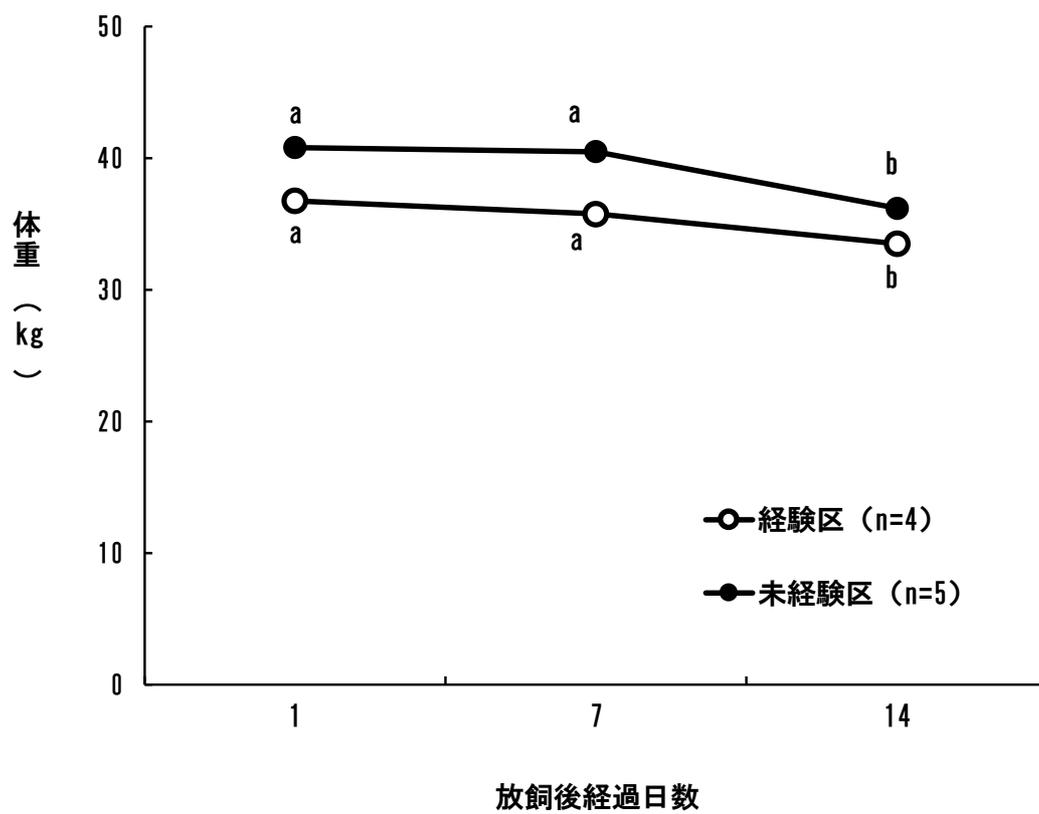


図4-18. 放牧山羊の体重の変化

a, b : 同一区内の異文字間で有意差あり (P<0.05) .

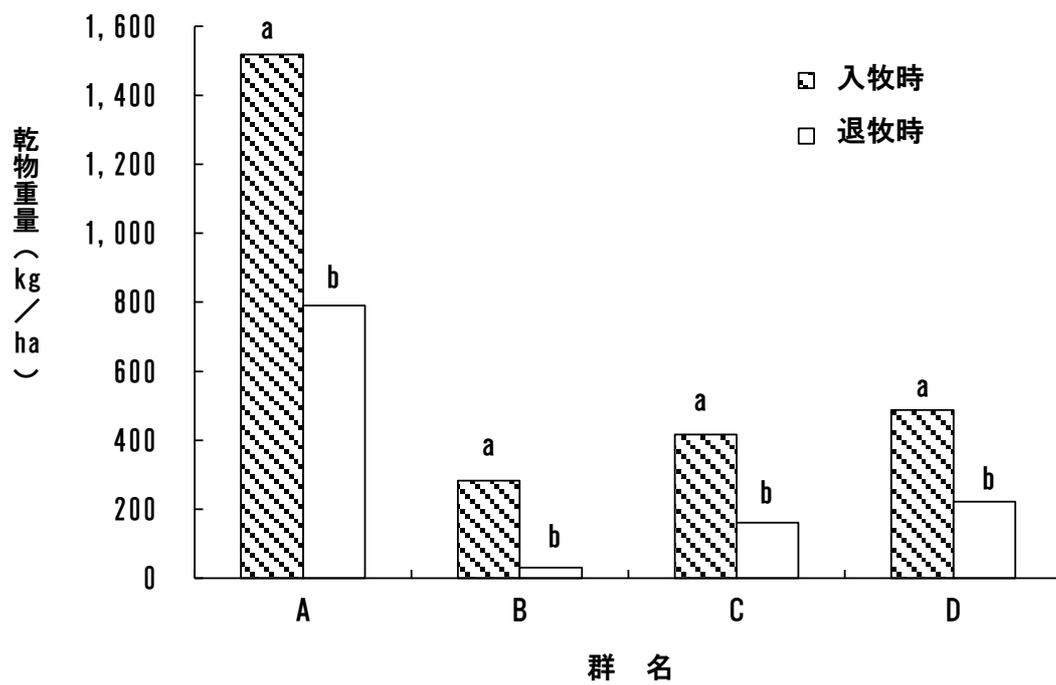


図4-19. 山羊放牧に伴う各区の牧草現存量の推移

a-b : 同一群内の異肩文字間で有意差あり (P<0.05) .

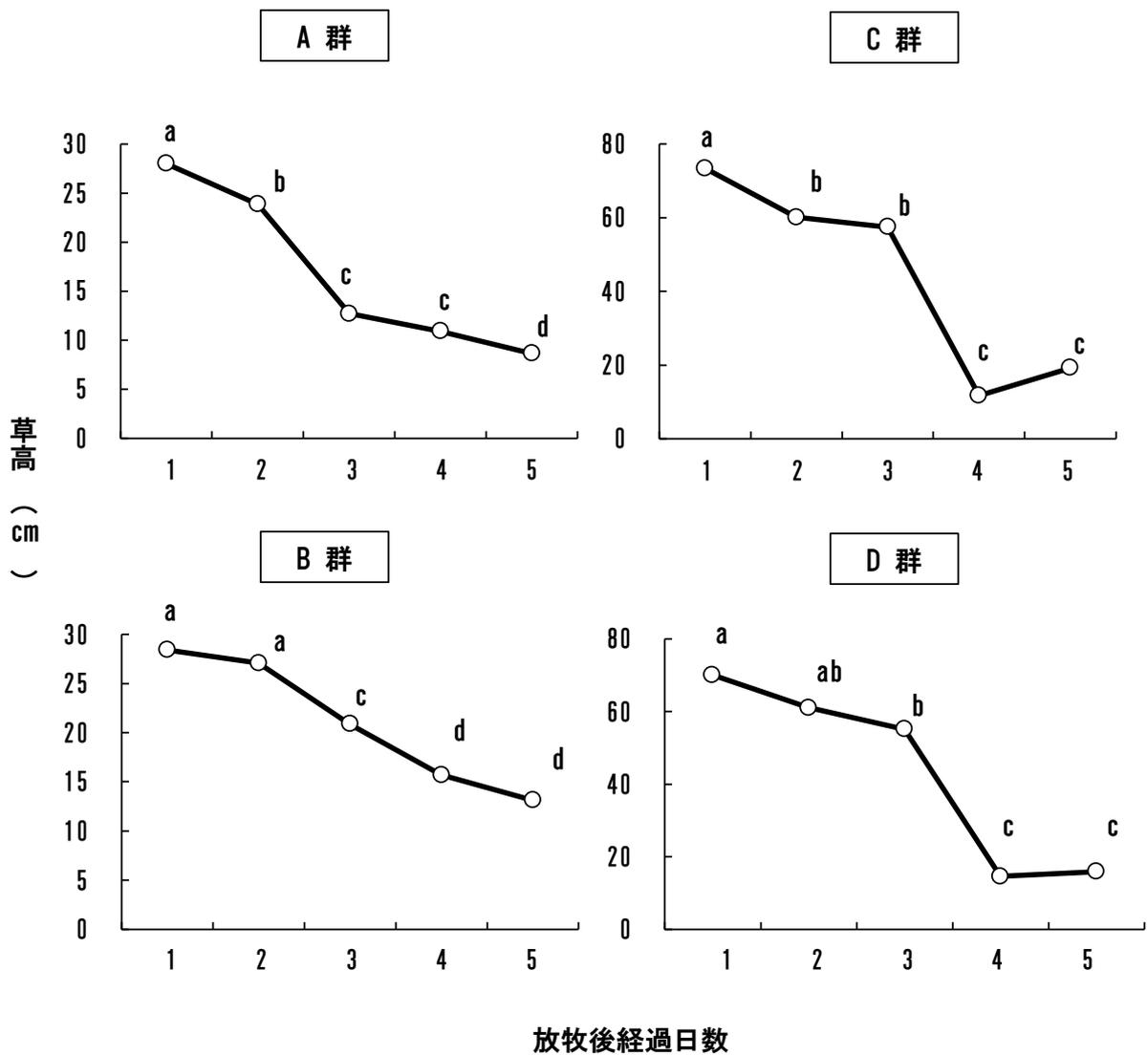


図4-20. 電柵の内側から50cm離れた地点までの範囲のイタリアンライグラスの草高の経日変化

a-d : 同一群内の異肩文字間で有意差あり (P<0.05) .

び写真 4-14～4-17)。電柵馴致後の山羊群における供試山羊の電柵への接触回数の経日変化を図 4-21 に示した。放牧当日に電柵への接触が全頭で観察され、脱柵が B 群の B₂ で 1 回、C 群の全頭で各 1 回、D 群の D₂ で 1 回観察されたものの、それ以降は接触および脱柵ともに 1 度も観察されなかった。B 群では他個体の乗駕行動による柵外への押し出し、C および D 群では試験地に野犬が近づき、山羊群が錯乱状態に陥ったことが原因であった。各区の牧草現存量は有意に低下したものの、放牧山羊の健康状態に異常はなく、5 日間では放牧山羊の体重の推移に大きな影響を与えないことが考えられた (表 4-21)。

以上のことから、放牧前に山羊を電柵内で繋牧し、電柵に触れさせて忌避学習させることで、その後の脱柵防止に繋がることを示唆された。ただし、放牧開始日に 4 群中 3 群 (10 頭中 5 頭) で脱柵が見られたことから、少なくとも 1 日間は繋牧を続け、電柵に対して十分に馴致させるとともに、放牧後の山羊を観察することが必要であると考えられた。福井と西内 (2004) は繁殖牛に対する電柵の馴致方法について、電柵内での馴致では感電時に脱柵する恐れがあるとし、馴致場所と牛の避難場所 (牛舎) との行き来が可能であるような牧柵の設置により脱柵が防止出来ると報告している。本試験では馴致場所内に庇陰施設を設置していたものの、馴致の際には山羊を繋牧していたため、庇陰所への行き来が出来ない状態であった。今後、山羊舎と電柵を隣接して設置し、放飼した状態で馴致させる方法について検討する必要がある。



放牧1日目
(2010/5/13)



放牧7日目
(2010/5/19)

写真4-14. 山羊放牧に伴う試験地の外観の変化 (A群)



放牧1日目
(2011/3/27)



放牧16日目
(2011/4/11)

写真4-15. 山羊放牧に伴う試験地の外観の変化 (B群)



放牧1日目
(2013/1/25)



放牧8日目
(2013/2/1)

写真4-16. 山羊放牧に伴う試験地の外観の変化 (C群)



放牧1日目
(2013/1/25)



放牧8日目
(2013/2/1)

写真4-17. 山羊放牧に伴う試験地の外観の変化 (D群)

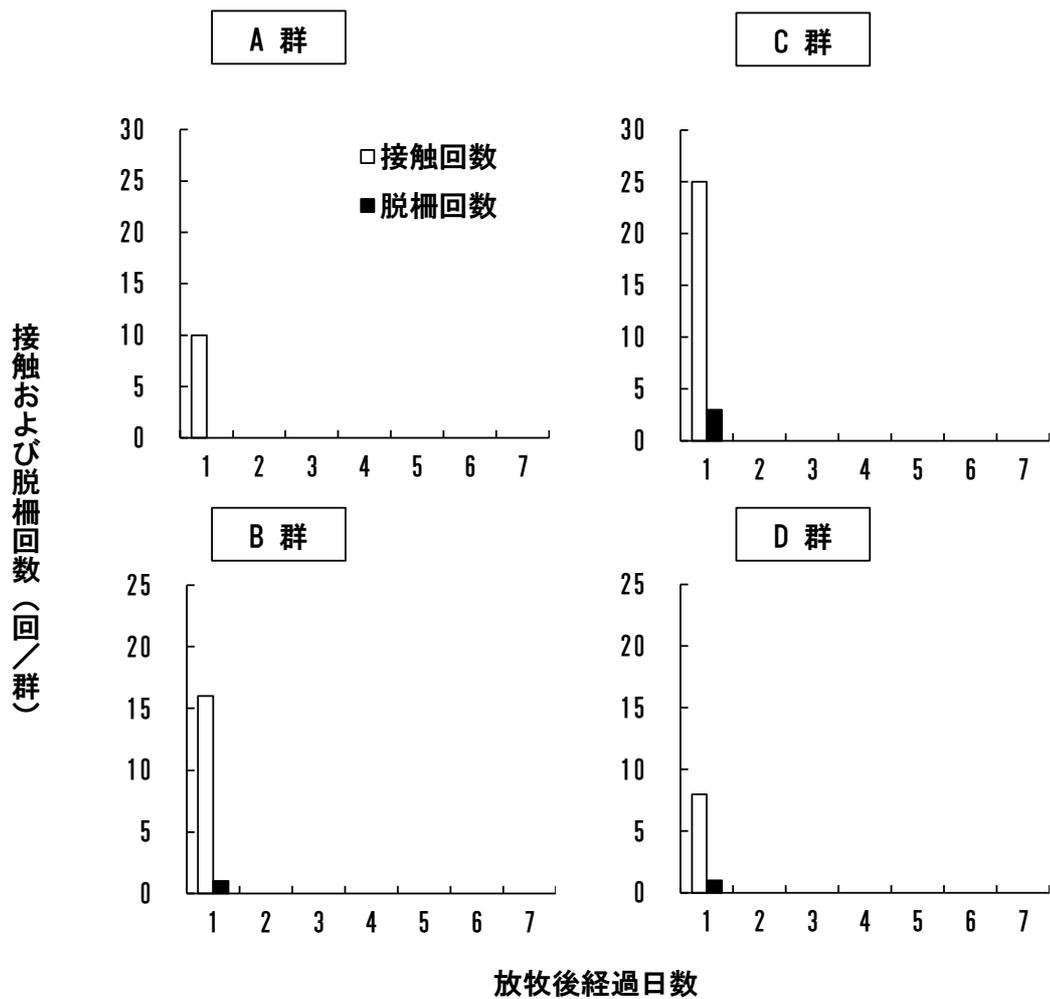


図4-21. 電柵馴致後の山羊群における電柵への接触ならびに脱柵回数の経日変化

表4-21 放牧山羊の体重の変化

個体番号	入 牧	退 牧	増 減
		—kg—	
A ₁	23.2	23.6	0.4
A ₂	24.2	23.8	-0.4
B ₁	20.5	19.2	-1.3
B ₂	17.8	18.6	0.8
B ₃	15.0	15.9	0.9
C ₁	22.3	20.4	-1.9
C ₂	17.1	17.5	0.4
C ₃	11.8	12.2	0.4
D ₁	14.1	13.6	-0.5
D ₂	8.6	9.1	0.5

第4節 要約

山羊の合理的放牧技術の確立に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、山羊の障害物に対する跳躍およびくぐり抜け能力を明らかにするとともに、ネット牧柵および電柵に対する山羊の行動反応を検討し、放飼経験が山羊の脱柵行動に及ぼす影響ならびに放飼未経験山羊に対する馴致方法を検討した。得られた結果は以下のとおりである。

山羊の跳躍およびくぐり抜け能力については、山羊は地上高 60cm までの柵を飛び越えることが可能であり、体重が大きい個体ほど 40cm での飛び越え時間が長くなる傾向が認められ、特に、目線高が高い個体ほど飛び越え時間も長くなることが示された。また、山羊は高さ 90cm の跳躍台から 110cm の柵を飛び越えることが可能であったが、飛び越え時間に跳躍台の個体間差は認められなかった。さらに、山羊は地面から 25cm までの柵の下端をくぐり抜けることが可能であり、胸深が大きい個体ほどくぐり抜け時間がかかることが示された。

放飼経験山羊 5 頭および未経験山羊 4 頭を供試し、80 および 100cm のネット牧柵を用いて放飼経験がネット牧柵に対する山羊の行動に及ぼす影響を検討したところ、80cm では 8 頭、100cm では 7 頭が脱柵し、放飼経験の有無と脱柵の成否との間に関連はみられなかった。放飼未経験の山羊 5 頭を 4 段張り電柵（高さ 120cm）内に放牧し、電柵に対する行動反応を検討したところ、電柵への接触が放牧当日に全頭で観察されたものの、放牧 4 日目以降、皆無であった。脱柵も放牧当日に全頭でみられたものの、放牧 3 日目以降、皆無であった。前年に放飼経験および電柵への接触経験を持つ山羊 4 頭を用い、電柵（高さ 120cm）に対する忌避学習の持続効果を検討したところ、放牧 4 日目に電柵際での頭出し採食が増え、不意に角および頭部が最下段の電線に触れる状況が観察されたが、脱柵は 1 度も観察されなかったことから、学習の効果は少なくとも 1 年持続するものと推察された。

放飼経験山羊 4 頭（以下、経験区）および未経験山羊 5 頭（以下、未経験区）を供試し、山羊の脱柵行動に及ぼす放飼経験の影響を検討したところ、放牧 3 日目以降、経験区 4 頭のうち、2 頭で前肢を曲げ、最下段の電線（地上高 20cm）と地面の間から頭部を柵外に出して採食する行動が観察された一方、未経験区において頭出し採食は 1 度も観察されなかった。経験区では電柵への接触が 1 頭で見られたものの、脱柵は 1 度も観察されなかったのに対し、未経験区では電柵への接触が全頭で観察され、脱柵は放牧当日に全頭でみられた。したがって、電柵からの脱出防止には放飼経験が重要であることが示された。

予め電柵への馴致を行った放飼未経験山羊4群（2または3頭）をそれぞれ放牧し、電柵に対する馴致効果を検討したところ、放牧当日に電柵への1頭当たりの接触回数が1～3回、そのうち、感電回数が1～2回であり、4群中3群（10頭中5頭）で脱柵が見られたものの、2日目以降、接触および脱柵ともに1度も観察されなかった。したがって、放飼未経験山羊に対しては、少なくとも1日以上牧柵内に繋牧して馴致することで、その後の脱柵防止につながることを示唆された。

以上より、山羊の脱柵を防止するためにナイロン製のネット牧柵を用いる際、柵の上段を固定した上で、目線高と同程度かそれ以上に設定し、傾斜地においては通常の150cm以上に設定する必要があることが示唆された。また、電柵に対する忌避学習の効果は少なくとも1年は継続するものと推察された。さらに、放飼未経験山羊の脱柵防止のためには、ネット牧柵よりも電柵を用いることが望ましく、前日に電柵内に繋牧して馴致することにより、脱柵防止の可能性が示唆された。

第5章 山羊放牧による農林地および耕作放棄地の雑草抑圧の可能性

緒言

現在、わが国では農家の高齢化による労働力不足や農産物価格の低迷などにより、耕作放棄地が急増し、その面積は約40万haと全耕地面積の約10%を占めている（農林水産省2013）。耕作放棄地の増加は食料の安定供給や環境保全の観点から将来的に大きな問題を引き起こすことが懸念され、解決すべき喫緊の課題となっている。また、草地においては経年化に伴う強害雑草の侵入・繁茂が問題となっており、特にギシギシは牛による嗜好性が低いこと（北原1991）に加え、旺盛な種子繁殖で急速に拡散し、ロゼット状に広げる葉群によって、牧草の生育を阻害する（梨木1992；森田2011）ため、その防除法の確立が課題とされてきた（西田1995）。現在では、化学的防除法が最も効果が高いとされ、除草剤が広く利用されているものの、環境負荷の軽減かつコスト低減の観点から、生物的防除法の確立が強く求められている（早川1985；西田1995）。

これらの解決に向けた取り組みとして、放牧家畜を利用した農地の植生管理が1990年代半ば頃から注目を集めている（有田2005）。山羊は牛に比べて扱い易く、野草など低質粗飼料で飼養出来る（萬田2000；中西2005）ため、農林地や未利用地に山羊を放牧する事例が各地で散見され、その除草効果が明らかにされている（中西ら2002；城戸ら2003；高山ら2009a, 2009b）。高山ら（2009b）はカラムシ（*Boehmeria nipononovea* Koidz.）が優占する耕作放棄水田跡地に山羊を放牧したところ、その除草効果は顕著であったと報告している。しかしながら、強害雑草として問題視されているギシギシ（西田1995）やセイタカアワダチソウ（安西と松本1988）が優占した耕作放棄地への山羊放牧による除草効果は明らかにされていない。また、これまで、樹園地（中西と山市2004）、樹園跡地（城戸ら2003）、林地（中西ら2002）ならびに水田畦畔（高山ら2009a）において、山羊放牧による除草効果は明らかにされているものの、観賞木本植物における除草利用に関する報告は少ない。

そこで本章では、山羊を利用した農林地または樹園地の植生管理技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、草地や耕作放棄地に山羊を放牧した場合のギシギシやセイタカアワダチソウ抑圧の可能性を明らかにするとともに、ツバキ（*Camellia japonica* L.）見本園における除草効果についても検討した。

第1節 草地におけるエゾノギシギシ抑圧の可能性

目 的

強害雑草の生物的防除法の1つとして、家畜を用いた草地への放牧利用が挙げられる。しかし、家畜によって草類の嗜好性は異なり（小西と廣田 1998）、放牧地においては、好む場所で、好む草を選び、好む草の高さや部位を採食する選択採食が起こり（伊藤ら 1969）、不食草や残食草への糞尿汚染による不食過繁地が発生することが問題となっている（早川 1985）。そこで、これを解決する手段として、強害雑草に対する嗜好性や家畜の採食特性の違いを利用した牛と緬羊または山羊の混牧あるいは牛の放牧後、緬羊または山羊を放牧する先行・後追い放牧（掃除刈り）が有効と考えられる（早川 1985；北原 1991；林 1994；西田 1995）。一般に、牛にとってギシギシの嗜好性は低く、葉先しか食べないが、緬羊および山羊による嗜好性は比較的高いと言われている（岡野と岩元 1989, 林 1994）。しかし、緬羊ではギシギシを忌避するとの相反する報告（早川 1985）もある。一方、山羊のギシギシに対する嗜好性について検討した報告は少なく（小西と廣田 1998；中西ら 2011）、特にギシギシが混在する牧草地に放牧した牛と山羊の選択採食を詳細に比較検討した研究はほとんど見当たらない。また、ギシギシの嗜好性に関する要因の解析もあまり行われておらず、その要因の1つとしてギシギシやスイバなどタデ科植物に多く含まれる可溶性のシュウ酸が示唆されている（梨木ら 1991；西田 1995；藤井と橋爪 2005；伊藤 2006）が、山羊についての具体的な研究は行われていない。

そこで本節では、山羊を利用したギシギシの生物的防除技術を確立する上での基礎的知見を得るため、ギシギシが侵入した牧草放牧地に牛と山羊を分けて同時に放し、放牧に伴う植生の変化や両家畜の採食行動を比較検討するとともに、ギシギシに含まれるシュウ酸の生育に伴う動態を明らかにし、それと山羊の採食性との関係を検討した。

材料および方法

5-1-1. エゾノギシギシが侵入した牧草放牧地における牛および山羊の採食行動の比較

1. 供試山羊と飼養管理

2009年4月20日から同年5月29日にかけて入来牧場内のギシギシの侵入が認められたイタリアンライグラス草地（約1ha）で行われた。植生と放牧圧がほぼ等しくなるように

電柵とネット牧柵の併用により 2 区分し、黒毛和種繁殖牛 3 頭を放牧する牛区 (約 0.85ha ; 放牧圧 6.2kg/m²) と韓国在来種雌 2 頭, 交雑種雌 2 頭, 交雑種去勢 1 頭およびシバ山羊去勢 1 頭の計 6 頭を放牧する山羊区 (約 0.13ha ; 放牧圧 5.6kg/m²) を設け, それぞれ 37 日間定置放牧した。各区に庇陰施設および飲水槽を設置した。放牧期間中に補助飼料を給与せず, 水および鉍塩は自由摂取とした。なお, 供試した家畜はすべて放牧経験のある個体であった。

2. 調査項目

試験地の植生については, 入牧直前 (2009 年 4 月 20 日), 放牧 9 日目の 5 月 1 日, 20 日目の 5 月 12 日, 33 日目の 5 月 25 日および退牧時の 5 月 29 日に面積標本抽出法により 1m×1m の方形枠を用いて枠内の出現植物種, 被度および草高を牛区 15 ヶ所, 山羊区 9 ヶ所において調査した。各出現植物の被度および草高より各比数を算出し, 相対積算優占度 (SDR₂') を求め (岡本 2004), 草種構成割合の指標とした。植物現存量については, 入牧直前 (4 月 20 日), 放牧 16 日目の 5 月 8 日および退牧時の 5 月 29 日に牛区 15 ヶ所 (4 月 20 日のみ 13 ヶ所), 山羊区 9 ヶ所を無作為に抽出し, 0.5m×0.5m の方形枠を用いて枠内の植物を刈り取り, 通風乾燥機にて乾燥 (60°C, 48 時間) 後, ギシギシとそれ以外の草種に分類し, それぞれ乾物重量を測定し, 全体の植物現存量に占めるギシギシ現存量の割合を算出した。また, 植生調査時に 1m×1m の方形枠内の各家畜の採食痕のあるギシギシ株数および採食痕がないギシギシの株数を記録し, 両株数合計に占める前者の割合 (以下, ギシギシ株被食率) を求めた。

放牧 10 日目 (5 月 2 日) の 9:00~18:00 および 34 日目 (5 月 26 日) 9:00~14:30 に各区の個体の採食植物を 1 分間隔点観察法により調査し, 採食植物頻度 (総採食回数に対するある植物種の採食された回数の割合, 以下, GF) を求めた。観察頭数は放牧 10 日目に牛 3 頭および山羊 3 頭, 34 日目に牛 3 頭および山羊 6 頭であった。さらに, Andrew (1986) の方法を参考にして上記の SDR₂' および GF からギシギシの Ivlev の選択性指数 (以下, SI) を次式より算出した。

$$SI = (GF - SDR_2') / (GF + SDR_2')$$

3. 統計処理

得られたデータの統計解析については, 全体の植物現存量に占めるギシギシ現存量の割

合を χ^2 検定, 植物現存量, ギシギシ株被食率および GF を Mann-Whitney の U 検定により区間で比較した。また, 各調査日における SI は 1 に近いほど選択採食を示し, -1 に近いほど忌避し, 0 に近いほど選択採食を示さないものと判断した。

5-1-2. エゾノギシギシに含まれる忌避物質と山羊の採食性

(1) 忌避物質に対する山羊の味覚反応

1. 試験期間および試験場所

本試験は 2011 年 1 月 13 日から同年 1 月 30 日まで鹿児島大学農学部附属農場内簡易畜舎にて行われた。

2. 供試動物および飼養管理

供試山羊には日本在来種トカラ山羊の雄 2 頭および雌 1 頭を用いた (表 5-1)。山羊を代謝ケージに 1 頭ずつ入れ, NRC 飼養標準 (National Research Council 1981) に基づき, 維持要求率を満たすように市販ルーサンハイキューブ 900g/日 (原物) を 9:00 に給与し, 鈹塩を自由摂取させた。

3. 調査項目および調査方法

味覚反応実験については中西ら (1996) の方法を参考にして行った。まず, 各山羊のケージ内に容量が約 4l の飲水器を 2 個設置し, 飲水器を 1 日ごとに左右交換して 5 日間の予備飼育を行った。次に, 可溶性シュウ酸の 1 つであるシュウ酸カリウム ($K_2C_2O_4 \cdot H_2O$; 純度 99%) を水道水に溶かし, 次の濃度が前の濃度の 2 倍となるように 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 および 0.8% (w/w) と 5 段階の濃度を設定し, すべて水道水を対照として 2 瓶選択法により低濃度から高濃度へと上昇法 (小川 1989) で実験を進めた。シュウ酸カリウム水溶液 (以下, シュウ酸溶液) と水を 1 日ごとに左右交換して 2 日間設置した後, 1 日目と 2 日目のシュウ酸溶液の飲水量を測定し, 2 日間の合計を求めて各濃度における総飲水量に対するシュウ酸溶液の摂取割合を選好指数とした。

4. 統計処理

シュウ酸カリウムの濃度上昇に伴う選好指数の推移を味覚反応曲線として表わし, Goatcher と Church (1970a) の定義に従って χ^2 検定により選好指数 39.7~60.3% をシュウ

表5-1. 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢 (才)	体 重 (kg)
M ₁	トカラ山羊	♂	2	20
M ₂	同上	♂	1	17
M ₃	同上	♀	10	27

酸溶液と水との間に 5%水準で有意差がないものとして不弁別範囲，60.3%以上（上弁別閾；UDT）を嗜好範囲，39.7%以下（下弁別閾；LDT）を拒絶範囲とした。また，シュウ酸溶液の嗜好指数について濃度あるいは山羊個体間差を検討するため，濃度と山羊を因子とするくり返しのない二元配置分散分析を行った。

(2) エゾノギシギシの生育に伴う忌避物質成分の変動と山羊の採食性との関係

1) エゾノギシギシの生育に伴うシュウ酸含量の変動

1. 試験期間および試験場所

本試験は2011年1月25日に鹿児島大学農学部附属農場内実験室において行われた。

2. 供試飼料，調査項目および調査方法

栄養生長期初期，栄養生長期後期，抽苔期および出蕾期の4つの生育段階のギシギシを鹿児島大学農学部附属農場入来牧場（以下，入来牧場）内の野草地で1～10個体採取し，供試した（写真5-1）。各生育段階のギシギシの全シュウ酸，可溶性シュウ酸および不溶性シュウ酸（不溶性シュウ酸は全シュウ酸から可溶性シュウ酸を差し引いて算出）について，兼田ら（2004）の方法に従い，高速液体クロマトグラフィー（東ソー社製，逆相カラム：東ソー社製 ODS-100V，カラムオーブン：CO-8020；40℃，デュアルポンプ：DP-8020；流量0.8ml/分，紫外線可視検出器：UV-8020；210nm，移動相：0.1%リン酸，標準液：シュウ酸溶液（0.01，0.02，0.04 および 0.08% (V/V)），試料注入量：10 μ l）により定量した（3反復）。なお，各シュウ酸含量については，ギシギシ新鮮物100g当たりの重量を乾物100g当たりに換算した。

3. 統計処理

各シュウ酸含量について一元配置分散分析により生育段階間の差を検定した。

2) 山羊によるギシギシの嗜好性

1. 試験期間および試験場所

本試験は2010年10月2日から同年11月2日にかけて，飼育棟において行われた。



栄養生長期初期



栄養生長期後期



抽苔期



出蕾期

写真5-1 各生育段階のギシギシの状況

2. 供試飼料および供試動物

供試飼料として試験 1 と同様に 4 つの生育段階のギシギシを用いた。供試動物としてトカラ山羊およびヌビアン種山羊の成雌を各 3 頭ずつ用いた（表 5-2）。なお、これらの山羊はギシギシが自生する鹿児島大学農学部附属農場内水田畦畔および入来牧場に放牧されたことがあり、野草採食経験を持った個体であった。

3. 試験方法

上記 4 つの生育段階のギシギシをそれぞれ同型同色の飼槽（24×32×12cm）に入れて山羊に 5 分間提示し、全点自由選択法により採食の最も多かった飼料からオミットし、これを反復してオミットした順番を嗜好順位とした（写真 5-2）。

4. 統計処理

上記嗜好試験で得られた各個体におけるギシギシの嗜好順位を Kendall の一致度係数により 3 日間の一貫性を検定し、日間に一貫性が認められた場合（Kendall の一致度係数が 5% 水準で有意）には、3 日間の平均順位を算出し、Friedman の検定により生育段階間および個体間差を検定した（市原 1990）。また、山羊の個体間差が認められなかった場合には、3 頭間の平均順位を算出し、Spearman の順位相関係数により山羊 2 品種間の順位の一貫性を検定した（市原 1990）。

結果および考察

5-1-1. エゾノギシギシが侵入した牧草放牧地における牛および山羊の採食行動の比較

1. 牧草現存量

放牧地における出現植物種とその相対積算優占度 SDR_2' を表 5-3 に示した。入牧前において両区ともギシギシ（抽苔期）、イタリアンライグラス、オランダミミナグサ（*Cerastium glomeratum* Thuill.）およびナズナ（*Capsella bursa-pastoris* Medic.）が主な植物種であった。ギシギシの SDR_2' は入牧前の牛区において 25.6% であり、その後、放牧日数の経過に伴い増加し、退牧時には 36.0% となった。一方、山羊区におけるギシギシの SDR_2' は入牧前に 24.9% 退牧時に 23.6% と放牧日数が経過してもほぼ変わらない値を示した。

表5-2 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢 (才)	体 重 (kg)
F ₁	トカラ山羊	♀	9	23
F ₂	同上	♀	2	18
F ₃	同上	♀	5	25
F ₄	ヌビアン	♀	4	46
F ₅	同上	♀	9	39
F ₆	同上	♀	1	25

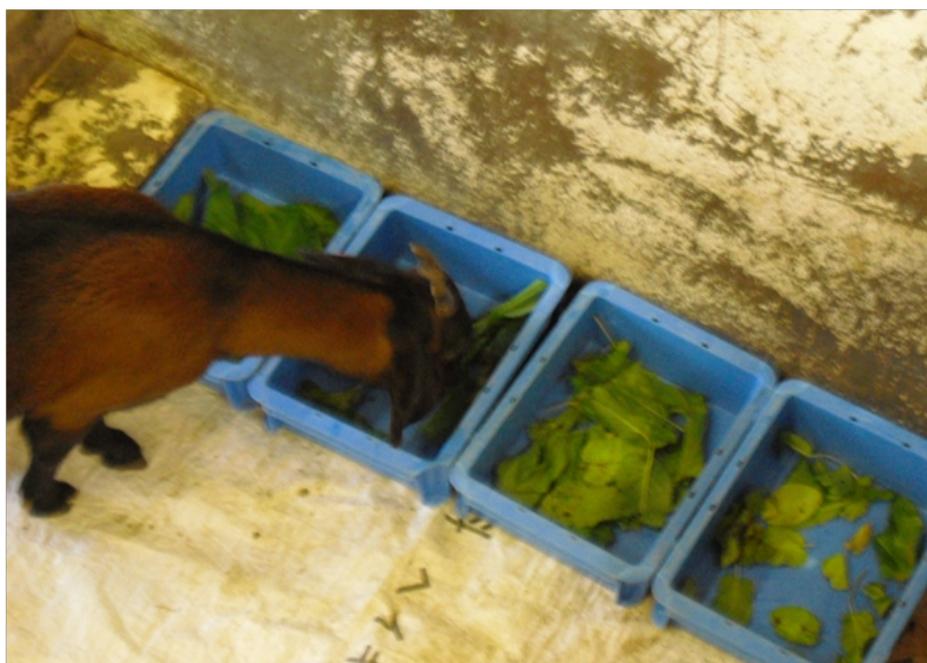


写真5-2. 山羊によるギシギシの嗜好試験（全点自由選択法）
の状況（2010/11/1）

表5-3. 放牧地における出現植物種とその相対積算優占度 (SDR%)

植物名	調査日					
	2009/4/20		5/1		5/12	
	牛区	山羊区	牛区	山羊区	牛区	山羊区
	-%					
アブラナ科						
ナズナ	11.5	10.4	9.3	8.5	8.7	8.4
	Cruciferae					
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medic.					
イネ科						
イタリアンライグラス	23.6	27.2	26.0	29.4	31.2	31.2
ニフホコリ	8.6	7.6	8.6	7.8	10.2	9.2
	<i>Eragrostis multicaulis</i> Steud.					
ゴマノハグサ科						
タチイヌノフグリ	6.7	5.6	5.3	5.2	4.1	4.1
	Scrophulariaceae					
	<i>Veronica arvensis</i> L.					
シソ科						
ホトケノザ	4.4	5.0	3.9	5.8	0	6.2
	<i>Lamium amplexicaule</i> L.					
セリ科						
ノチドメ	1.5	2.9	2.2	1.8	3.3	4.0
	<i>Hydrocotyle maritima</i> Honda					
タデ科						
エゾノギンギン	25.6	24.9	29.4	25.2	33.6	24.9
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.					
ナデシコ科						
オランダミミナグサ	11.6	10.4	10.1	10.0	8.9	7.6
	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.					
ミヤマハコベ	6.5	6.0	5.0	6.2	0	4.4
	<i>Stellaria sessiliflora</i> Y.Yabe					
裸地	11.9	26.7	29.8	41.4	26.7	43.9
計	7科9種	7科9種	7科9種	7科9種	6科7種	7科9種
					5科6種	6科8種
						5科6種
						5科7種
						5科7種

2. 植物現存量

放牧地における植物現存量の推移を図 5-1 に示した。退牧時の植物現存量は牛区に比べ、山羊区で有意に少なかった ($P<0.05$)。また、全体の植物現存量に占めるギシギシ現存量の割合は放牧 16 日目 (2009 年 5 月 8 日) および退牧時 (5 月 29 日) において牛区に比べ、山羊区で有意に少なかった ($P<0.05$) (表 5-4)。山羊は他の家畜よりも幅広い食性を示し (中西と萬田 1996)、牛が嫌う草種を採食することがある (加納 1995; 中西 2005) とともに、牛に比べ 1 日の食草時間が長い (朝日田 1997) ため、山羊区で植物現存量が著しく減少したものと推察された。

3. ギシギシ株採食率

牛および山羊区のギシギシ株被食率の推移を表 5-5 に示した。放牧 9 日目 (5 月 1 日) 以降、牛区に比べ、山羊区で有意に高い値を示した ($P<0.01$)。放牧 33 日目 (5 月 25 日) 以降の山羊区では、方形枠内に出現したギシギシ全株に採食痕が観察された。北原 (1991) は牛および山羊のギシギシに対する採食行動について、前者のみを放牧した場合のギシギシの株被食率が 5.8% に過ぎなかったのに対し、両者を混牧した場合には 57.1% と高い値を示し、山羊がギシギシを多く採食したと報告している。本研究においても、放牧期間を通してギシギシ株被食率は牛区よりも山羊区で高く推移したため、北原 (1991) の報告を裏付ける結果となった。

4. 採食植物および GF

牛および山羊区における採食植物およびその GF を表 5-6 に示した。いずれの調査日においても両区ともイタリアンライグラスを最も多く採食し、ギシギシについては、牛では採食がほとんどみられなかった (0 および 0.6%) のに対し、山羊の GF は 13.1 および 11.6% であった。ギシギシに対する SI を表 5-7 に示した。牛および山羊ともに、試験期間を通じて SI が負の値を示したことから、両家畜ともにギシギシを忌避した可能性が考えられた。しかし、ギシギシに対する SI からみた忌避の程度は、牛区に比べて山羊区で 0 に近い値を示したことから、山羊のギシギシに対する忌避の程度は牛に比べて小さく、ギシギシをより多く採食したため、現存量に区間差が生じたと考えられた。

反芻家畜による草類の嗜好性に対しては、味覚が大きく関与しており、この感覚を刺激するものとして化学物質の存在が知られている (土肥 1996; 小西と廣田 1998)。ギシギシ

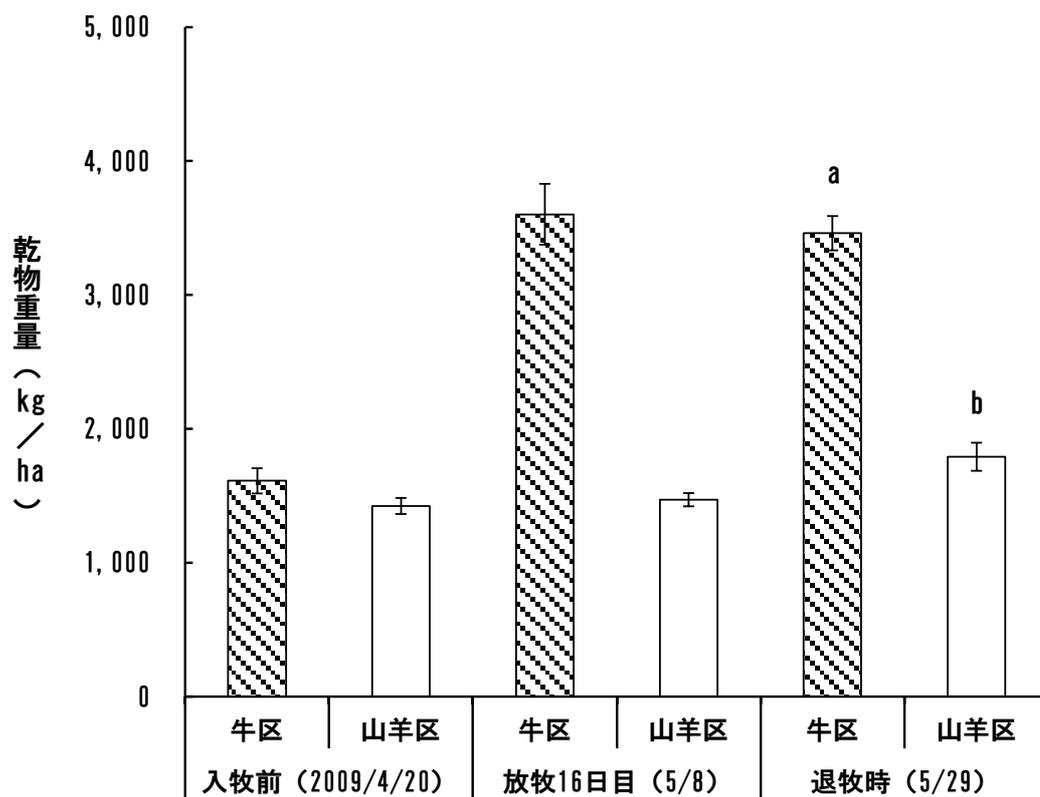


図5-1 放牧試験地における植物現存量の推移

平均値±標準偏差 (牛区：n=15, 山羊区：n=9)

a, b：同一調査日において区間で有意差あり (P<0.05)

表5-4. 放牧地における植物現存量に占めるギンギン現存量の割合

区 分	調査日		
	入牧時 (2009/4/20)	放牧16日目 (5/8)	退牧時 (5/29)
		— % —	
牛区	46.2	37.0 ^a	38.0 ^a
山羊区	53.5	29.0 ^b	9.4 ^b

平均値（牛区：n=15，山羊区：n=9）。

同一調査日において異文字間で有意差あり（P<0.05）。

表5-5. 放牧に伴うギシギシ株被食率の推移

区 分	調査日			
	放牧9日目 (2009/5/1)	放牧20日目 (5/12)	放牧33日目 (5/25)	退牧時 (5/29)
	— % —			
牛区	0.8 ± 2.1 ^b	3.2 ± 6.8 ^b	12.7 ± 8.4 ^b	8.8 ± 8.6 ^b
山羊区	50.1 ± 39.0 ^a	91.8 ± 11.8 ^a	100.0 ^a	100.0 ^a

平均値±標準偏差（牛区：n=15，山羊区：n=9）。
同一調査日において異文字間で有意差あり（P<0.05）。

表5-6 放牧地における牛および山羊の採食植物頻度

植物名	調査日				
	放牧10日目 (2009/5/2)		放牧34日目 (5/26)		
	牛区	山羊区	牛区	山羊区	
	-%-				
イネ科	Gramineae				
イタリアンライグラス	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	99.3±1.2	82.5±8.4	94.8±4.4	80.6±11.4
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	0.4±0.7	0	0	0.4±0.9
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Sprengel.	0	0	3.9±5.2	4.5±6.2
ニワホコリ	<i>Eragrostis multicaulis</i> Steud.	0	0.2±0.3	0	0.3±0.8
キク科	Compositae				
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.	0	0.4±0.6	0	0.2±0.4
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	0	0.2±0.3	0.3±0.5	0.1±0.2
タデ科	Polygonaceae				
エゾノギンギシ	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	0	13.1±7.4	0.6±1.1	11.6±10.9
ナデシコ科	Caryophyllaceae				
オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	0.3±0.5	0.2±0.3	0	0.8±1.1
バラ科	Rosaceae				
ヘビイチゴ	<i>Duchesnea chrysantha</i> (Zoll. et Mor.) Miq.	0	2.6±1.6	0	0
マメ科	Leguminosae				
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i> L.	0	0.9±0.8	0.4±0.6	1.5±1.8
計		2科3種	6科8種	4科5種	5科9種

平均植土標準偏差 (牛区: n=3, 山羊区: n=3 (5/2) またはn=6 (5/26))

表5-7. 放牧に伴う牛および山羊のギシギシに対する
Ivl evの選択性指数

調査日	区 分	
	牛 区	山羊区
2009/5/2	-1.0	-0.35±0.28
2009/5/26	-0.96±0.06 [†]	-0.43±0.40 [†]

平均値±標準偏差（牛区：n=3，山羊区：n=3）。

[†]0（選択なし）との間に有意差あり（P<0.05）。

には、えぐ味を呈するシュウ酸(猪谷ら 1999;和泉 2005)が多く含まれている(西田 1995)。山羊はシュウ酸を含むスイバ (*Rumex acetosa*) を選択採食することが報告されている(福田 2008)。小西と廣田(1998)は山羊を用いた舎飼い給与試験においてイタリアンライグラスやトールフェスクといった牧草よりもギシギシの嗜好性が高かったと報告している。また、中西ら(2011)は山羊のギシギシに対する嗜好性はススキやセイタカアワダチソウよりも高く、必ずしも低くないことを示している。本研究では、スイバと同じタデ科であるギシギシに対して牛および山羊いずれも好まない傾向がみられたものの、牛に比べて山羊でギシギシに対する忌避の程度が小さい傾向を示したことから、シュウ酸に対する味覚的な耐性は牛よりも山羊で高いものと推察された。さらに、牧草は生育段階の進行に伴い、化学成分が変動し、家畜による嗜好性も変化すると言われており(雑賀 1990)、野草も同様と考えられる。本研究では、山羊のギシギシに対する忌避の程度が放牧初期に比べ、放牧後期で大きかったことから、ギシギシについても嗜好性が生育段階により異なるかもしれない。今後、ギシギシの生育段階ごとのシュウ酸含量を明らかにし、山羊による嗜好性との関係について追究する余地がある。

以上より、牛および山羊いずれもギシギシを好まない傾向が認められたものの、前者よりも後者でその程度が小さかった。したがって、山羊は牛ほど強くギシギシを忌避しないことが示唆された。

5-1-2. エゾノギシギシに含まれる忌避物質と山羊の採食性

(1) 忌避物質に対する山羊の味覚反応

シュウ酸溶液に対する供試山羊の味覚反応曲線を3頭の平均値と標準誤差で図5-2に示した。すべての濃度のシュウ酸溶液に対し、飲水が確認されたものの、選好指数は42.7~66.7%の間で推移し、最も高濃度に設定した0.8%に対しても山羊は忌避も選好も示さないことが明らかになった。なお、選好指数に有意な濃度間差および個体差は認められなかった(表5-8)。山羊は他の反芻家畜に比べて苦み(塩酸キニーネ)に対する感受性が弱い(GoatcherとChurch 1970b)ことから、えぐ味に対しても耐性が高いものと推察され、本試験で設定したシュウ酸濃度の範囲内ではとくに忌避しなかったものと考えられた。

以上より、山羊は濃度0.8%以下のシュウ酸溶液に対して忌避反応を示さないことが明らかとなった。今後、より濃度を高めたシュウ酸溶液に対し、味覚反応を追究する必要があるものと考えられた。

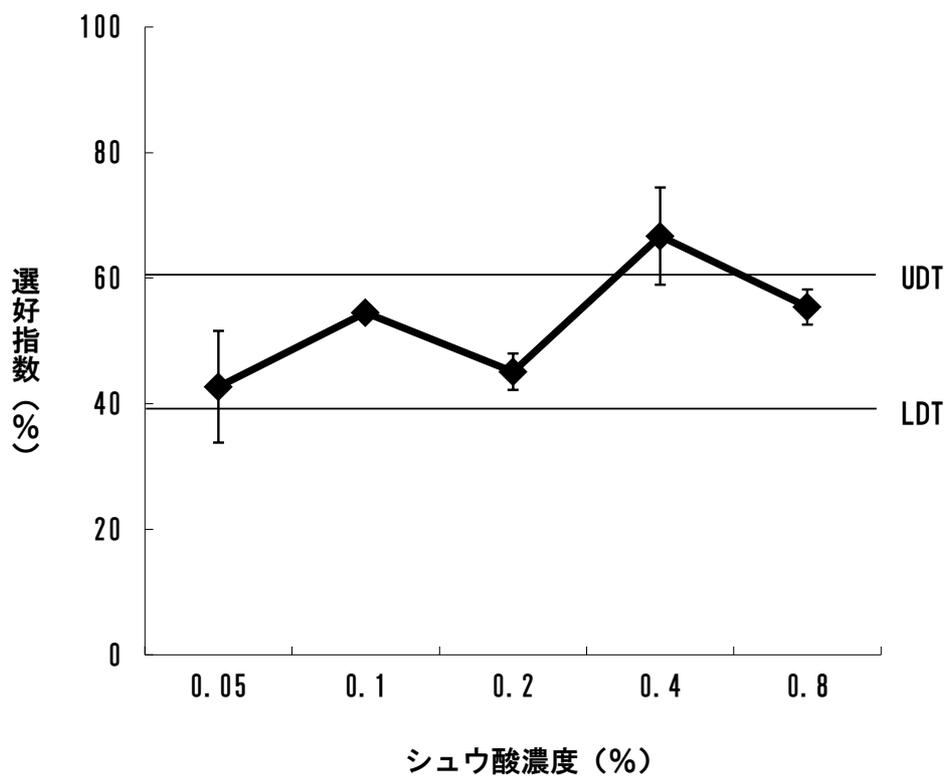


図5-2 シュウ酸カリウム水溶液に対する山羊の味覚反応

n=3

縦軸は標準誤差を示す。

UDT：上弁別閾

LDT：下弁別閾

**表5-8. シュウ酸カリウム水溶液に対する山羊の味覚反応
試験における二元配置分散分析表**

要 因	平方和	自由度	分 散	F 値
濃度間	1091.2	4	272.8	3.8
山羊間	968.7	2	484.4	4.5
誤 差	2792.0	8	349.0	

(2) エゾノギシギシの生育に伴う忌避物質成分の変動と山羊の採食性との関係

1) エゾノギシギシの生育に伴うシュウ酸含量の変動

生育段階ごとのギシギシのシュウ酸含量の推移を図 5-3 に示した。全シュウ酸含量は栄養生長期初期に比べ、他の生育段階で有意に高かった ($P<0.05$)。一方、可溶性シュウ酸含量は 2~3g/100gDM と生育段階間でわずかに変動したものの、有意差はみられず、全シュウ酸に占める可溶性シュウ酸の割合は栄養生長期初期で 50.7%、同後期で 41.9%、抽苔期で 44.9%および出蕾期で 40.7%であった。また、不溶性シュウ酸含量は栄養生長期初期に比べ、出蕾期で有意に高かった ($P<0.05$)。これらのことから、ギシギシ中の可溶性シュウ酸含量は生育段階によって大きく変動しないことが明らかとなった。

2) 山羊によるギシギシの嗜好性

山羊 2 品種による各生育段階のギシギシの嗜好順位を表 5-9 および 5-10 に示した。トカラ山羊では各個体の嗜好順位に日間で一致性が認められず、ヌビアン種山羊についても同様であった。したがって、ギシギシの生育段階および山羊の個体間差を検討せず、品種間差も検討しなかった。このことから、山羊によるギシギシの嗜好性は生育段階によって影響されず、上記 1) で示されたギシギシ中のシュウ酸含量と山羊の採食性との関係も明瞭でなかった。

以上より、ギシギシ中の全シュウ酸および不溶性シュウ酸含量はともに生育段階によって変動したが、可溶性シュウ酸含量は大きく変化しなかった。また、山羊はギシギシの生育段階と関係なく採食しており、ギシギシ中のシュウ酸含量と山羊の採食性との間に明確な関連は認められなかった。上記 1) において、山羊は濃度 0.8%以下のシュウ酸溶液に対して忌避および選好反応を示さないことが明らかになっており、本試験に供したギシギシ中の可溶性シュウ酸の重量を新鮮物 100g 当たりに換算すると 0.15~0.45g (濃度 0.15~0.45%) となり、0.8%以下であることから、この濃度のシュウ酸を含むギシギシに対して山羊は忌避反応を示さなかったものと推察された。

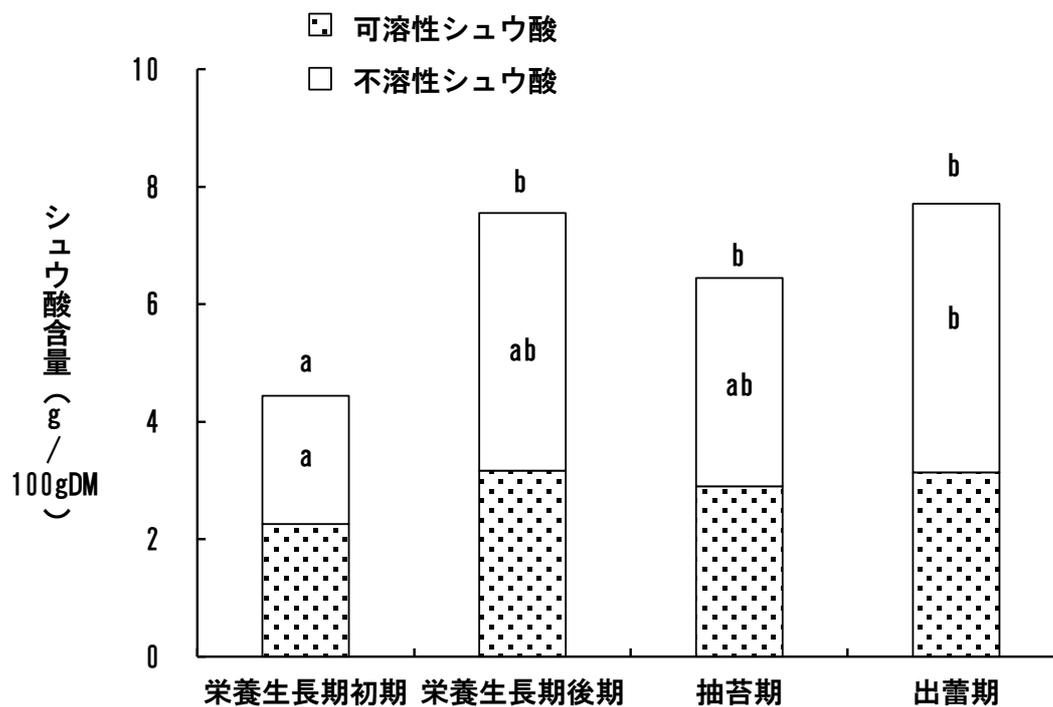


図5-3. ギシギシの生育段階に伴うシュウ酸濃度の変化

n=9

a, b : 同一項目について生育段階間で有意差あり (P<0.05) .

表5-9. トカラ山羊による各生育段階のギシギシの嗜好順位

個体番号	回 次	生育段階			
		栄養生長期 初期	栄養生長期 後期	抽苔期	出蕾期
F ₁	1	1	4	3	2
	2	3	4	1	2
	3	4	3	1	2
F ₂	1	1	2	3.5 [†]	3.5 [†]
	2	1	2	3	4
	3	4	3	1	2
F ₃	1	2	3	4	1
	2	3	2	4	1
	3	3	4	1	2

[†] 同順位を示す。

表5-10. ヌビアン種山羊による各生育段階のギシギシの嗜好順位

個体番号	回次	生育段階			
		栄養生長期 初期	栄養生長期 後期	抽苔期	出蕾期
F ₁	1	1	2	3	4
	2	1	4	3	2
	3	3	4	1	2
F ₂	1	1	2	3	4
	2	4	3	1	2
	3	4	3	1	2
F ₃	1	4	1	2	3
	2	4	2	1	3
	3	1	3.5 [†]	2	3.5 [†]

[†] 同順位を示す。

第2節 耕作放棄地におけるセイタカアワダチソウ抑圧の可能性

目的

山羊は牛に比べて扱い易く、野草など低質粗飼料で飼養出来る（萬田 2000；中西 2005）ため、農林地や未利用地に山羊を放牧する事例が各地で散見され、その除草効果が明らかにされている（中西ら 2002；城戸ら 2003；高山ら 2009a, 2009b）。高山ら（2009b）はカラムシが優占する耕作放棄水田跡地に山羊を放牧したところ、その除草効果は顕著であったと報告している。しかしながら、耕作放棄地において最も多くみられ、繁茂が問題視されている雑草の1つであるセイタカアワダチソウ（安西と松本 1988）が優占した耕作放棄地への山羊放牧による除草効果は未だ明らかにされていない。

そこで本節では、山羊を利用した農地の植生管理技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地において山羊の定置放牧を行い、草種選好性および除草効果について検討した。

材料および方法

5-2-1. セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に放牧した山羊の草類選好性および除草効果

1. 供試山羊と飼養管理

試験は 2009 年 7 月 4 日から同年 9 月 3 日にかけて鹿児島市郡山町の 10 年近く耕作放棄された水田跡地（約 10a）で行われた（写真 5-3）。供試家畜として、放牧経験のある交雑種の成雌山羊 2 頭および去勢山羊 1 頭の計 3 頭（平均体重約 40kg）を用いた（表 5-11）。

2. 処理区分

山羊を放牧する試験区（約 9a）および禁牧区である対照区（約 1a）を設け（図 5-4）、試験区内には庇陰施設ならびに給水器を設置した。試験地の周囲を山羊の脱柵防止と外敵対策のため、電柵およびネット牧柵で囲んだ。

3. 調査項目

試験地の植生については、入牧直前（7 月 4 日、以下、入牧時）、放牧 31 日目（8 月 3 日）および退牧直後（9 月 3 日、以下、退牧時）の計 3 回、佐藤ら（1988）の線状点頻度



写真5-3. 耕作放棄水田跡地の外観（入牧時：2009/7/4）

表5-11 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢 (才)	放牧開始時 体重 (kg)
F ₁	韓国在来種黒山羊×ポアー	♀	4	37
F ₂	日本ザーネン×アルパイン	♀	5	41
C	トカラ山羊×韓国在来種黒山羊	去勢	4	45

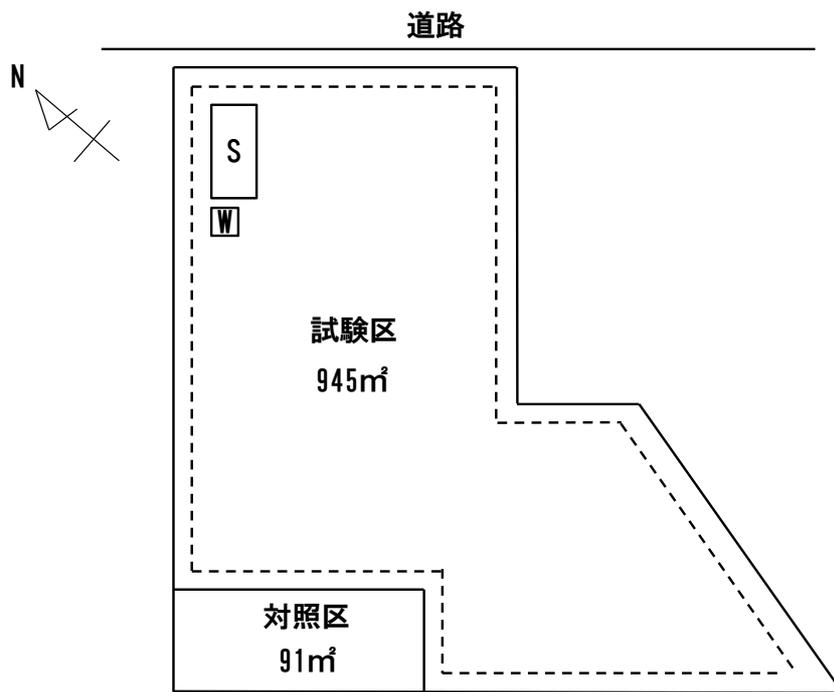


図5-4. 耕作放棄水田跡地の概要

- : 電柵
- : ネット牧柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

法に準じて、試験区で7方位、対照区で6方位取り、ライン上に50cm間隔で出現した植物種を記録して出現植物頻度を求めるとともに、草高を測定した。頻度および草高より各比数を算出し、 SDR_2' を求めた(岡本 2004)。植物地上部現存量についても上記同様に3回、対照区および試験区各8カ所で、0.5m×0.5mの方形枠を用いて枠内の植物の地上部を地際で刈り取り、通風乾燥(60℃, 48時間)後、乾物重量を測定した。

放牧5および32日目には、日中12時間(6:00~18:00)の放牧山羊の採食植物を1分間隔点観察法により調査し、前節5-1-1と同様にGFおよびSIを算出した。

4. 統計処理

得られた結果の統計解析については、植物地上部現存量およびセイタカアワダチソウの草高の平均値をt検定により区間で比較し、各調査日におけるSIについて、0(選択なし)との有意差をt検定により検定し、正の値で有意差がみられた場合には各植物に対する選好、負の値で有意な場合には忌避を示すものと判断した。

5-2-2. セイタカアワダチソウの生育段階の違いが山羊の選択採食に及ぼす影響

1. 供試山羊と飼養管理

2012年7月28日から同年8月10日にかけて鹿児島市郡山町の福永農園内耕作放棄地2カ所(それぞれ200m²および240m²)で行われた。供試山羊として、放飼経験のある交雑種の成雄山羊2頭および去勢山羊1頭の計3頭(平均体重約41.7kg)を用いた(表5-12)。

2. 処理区分

上記2カ所のうち、栄養生長初期のセイタカアワダチソウ(草高約20cm)が繁茂した試験地(200m²)をE区、栄養生長後期の同草(草高100cm以上)が繁茂した試験地(240m²)をL区とし(図5-5)、それぞれ5および9日間の定置放牧を行った。両区内に庇陰施設ならびに給水器を設置した。試験地の周囲を山羊の脱柵防止と外敵対策のため、電柵およびネット牧柵で囲んだ。

3. 調査項目

試験地の植生については、入牧直前(7月28日および8月2日、以下、入牧時)および退牧直後(8月2日および8月10日、以下、退牧時)のそれぞれ2回ずつ、佐藤ら(1988)

表5-12 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢 (才)	放牧開始時 体重 (kg)
C	トカラ山羊×日本ザーネン	去勢	4	48
M ₁	トカラ山羊×ヌビアン	♂	5	31
M ₂	トカラ山羊×ヌビアン	♂	4	46

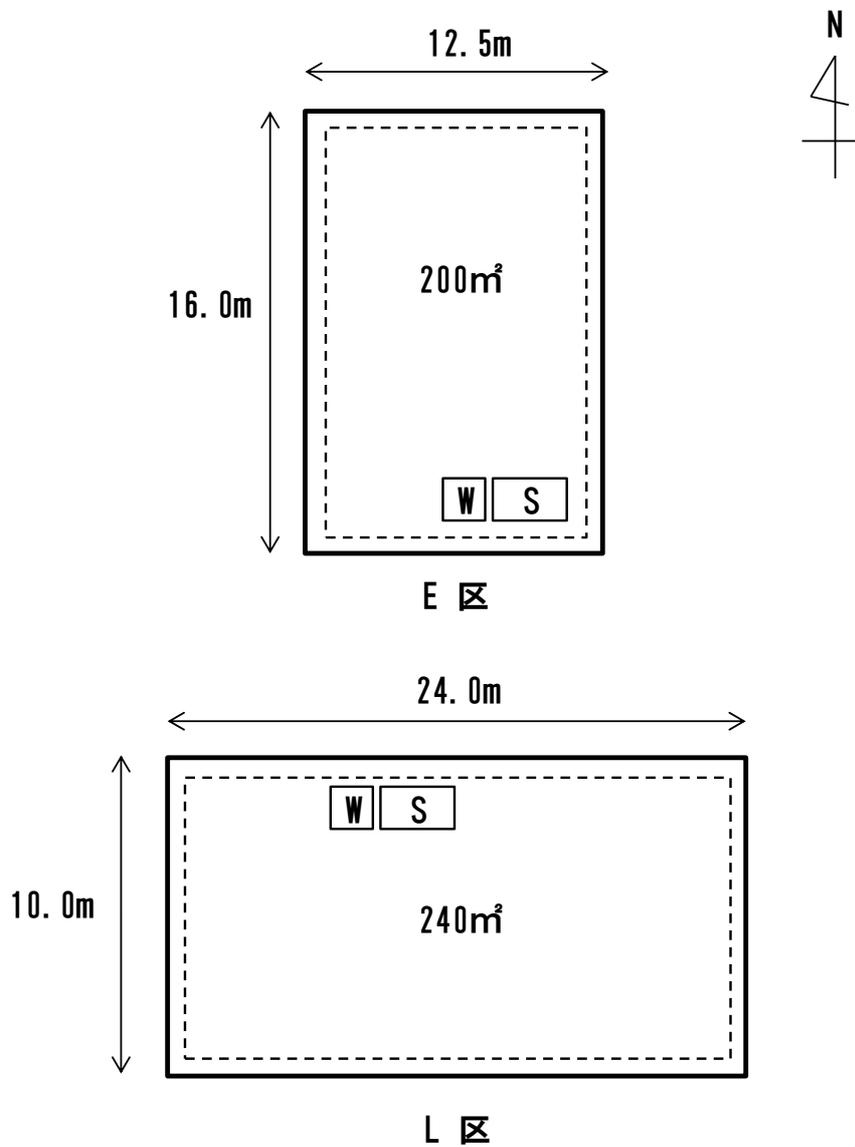


図5-5. 耕作放棄水田跡地の概要

- : 電柵
- : ネット牧柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽

の線状点頻度法に準じて、E区で10方位、L区で8方位取り、出現植物の頻度およびその草高を測定するとともに、頻度および草高より各比数を算出し、 SDR_2' を求めた(岡本 2004)。また、各区の入牧時には日中5時間(6:00~11:00)の放牧山羊の採食植物を1分間隔点観察法により調査し、GFおよびSIを算出した。

4. 統計処理

得られた結果の統計解析については、セイタカアワダチソウの草高の平均値をt検定により入牧時および退牧時で比較し、各区におけるSIについて0(選択なし)との有意差をt検定により検定した。

結果および考察

5-2-1. セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に放牧した山羊の草類選好性および除草効果

1. 植 生

耕作放棄水田跡地における入牧時、放牧31日目および退牧時の主要出現植物種およびその SDR_2' を表5-13に示した。入牧時の植物種数は対照区で6科9種であり、試験区では12科21種であった。両区とも優占種はセイタカアワダチソウであり、対照区で45.8%、試験区で27.6%であり、次いで、セリ(*Oenanthe javanica* (Blume) DC.)が対照区で14.5%、試験区で22.3%と高い値を示した。対照区においては放牧期間中、セイタカアワダチソウが優占する植生を示し(SDR_2' が45%以上)、退牧時にも入牧時に比べ大きな変化がみられなかったのに対し、試験区では日数の経過に伴い、セイタカアワダチソウの SDR_2' が27.6%から18.5%、セリの SDR_2' が22.3%から9.1%とそれぞれ大幅な減少を示した。試験期間を通じて対照区および試験区における裸地率は6.1~17.4%と推移し、差はみられなかった。

試験区において放牧に伴う植物地上部現存量の変化は認められなかったものの、退牧時における試験区の植物地上部現存量は対照区の約1/2となった(図5-6, $P<0.01$)。また、セイタカアワダチソウの草高については、退牧時には対照区の165.1cmに対し、試験区では39.6cmと有意に低い値を示し(図5-7, $P<0.01$)、試験区では草量の減少に加え、景観面においても山羊放牧による除草効果は顕著であった(写真5-4)。農林地や未利用地において、山羊放牧による除草効果が報告されており(中西ら 2002; 城戸ら 2003; 高山ら 2009a, 2009b)、本試験でも草量および景観面において顕著な除草効果が認められたことから、耕

表5-13. 耕作放棄水田跡地における主要出現植物種およびその相対積算優占度 (SDR₂')

植物名 [†]	対照区				試験区			
	入牧時 (2009/1/4)	放牧31日目 (8/3)	退牧時 (9/3)	—%—	入牧時 (2009/1/4)	放牧31日目 (8/3)	退牧時 (9/3)	退牧時 (9/3)
アカネ科								
ヘクソカズラ	0.3	6.0	3.4		4.0	3.7	4.4	
イネ科								
エノコログサ			6.2			3.2	7.2	
キンユウスズメノヒエ	10.3	1.6	5.3		4.2	0.6	3.3	
ササガヤ			5.7					
シマスズメノヒエ	10.9	11.1	9.0		7.5	10.9	13.9	
ジュズダマ	6.3		2.6		3.2	1.4	7.4	
ススキ	10.4							
タチスズメノヒエ	4.9				1.9	2.0		
メヒシバ	7.0							
カヤツリグサ科								
カヤツリグサ			0.7		1.5		5.2	
キク科								
アキノノゲシ					1.4			
セイタカアワダチソウ	45.8	48.4	45.4		27.6	43.1	18.5	
トキンソウ					1.0	0.3		
ヒメジョオン					2.4	0.3	4.9	
ヨモナ			1.4		1.1	1.4	0.6	
ヨモギ					2.8		3.5	
サトイモ科								
サトイモ					2.6	0.9	3.3	
セリ科								
セリ	14.5	14.3	12.2		22.3	20.1	9.1	
ノチドメ		4.2	3.0			0.3		
タデ科								
ミソソバ		1.8			3.2	5.8	3.9	
ヤノネグサ								
ツユクサ科								
ツユクサ			1.7		0.9	1.1	3.7	
トクサ科								
スギナ			0.8		5.9	2.6	3.7	
ナデシコ科								
ウシハコベ	1.1				1.1			
ヒコ科								
アオゲイトウ					1.9		1.6	
マメ科								
クズ	0.3		1.6		3.0	1.4	3.4	
裸 地	9.9	7.1	7.4		6.1	17.4	7.1	
出現植物種数[†]	6科3種	6科10種	9科15種		12科21種	10科19種	13科21種	

[†]3回の調査すべてで出現植物種数が1%未満の植物種を省略したため、出現植物種数は表中に示す数値と異なる。

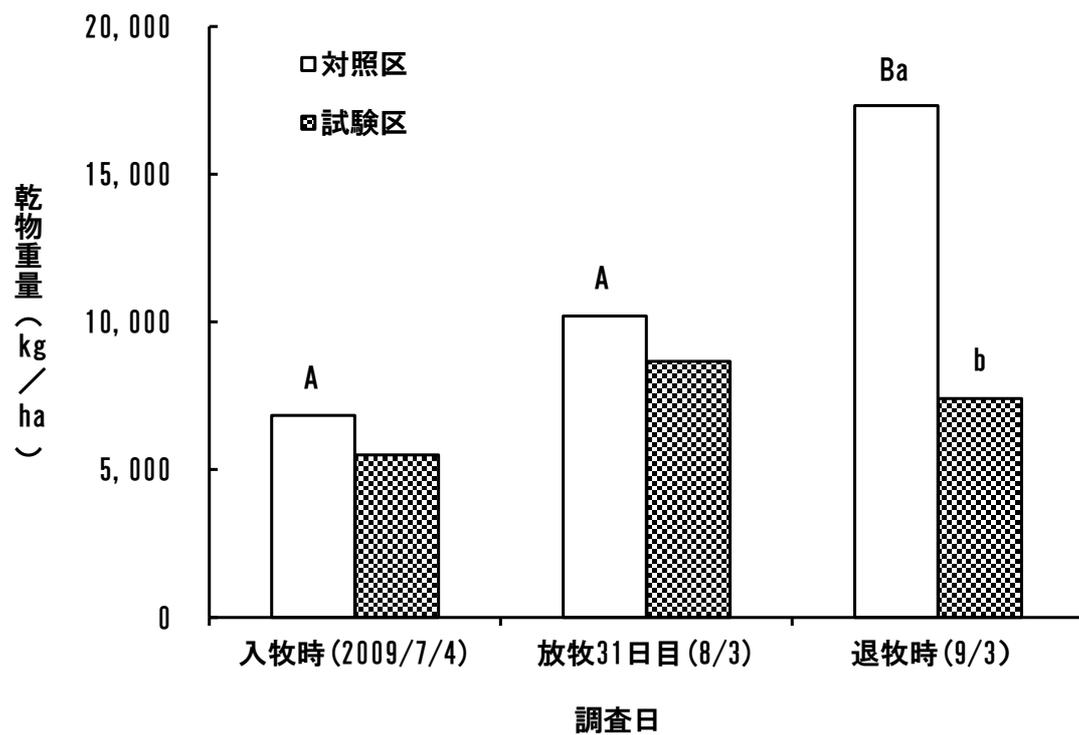


図5-6. 山羊放牧が耕作放棄水田跡地の植物現存量に及ぼす影響

A, B : 同一区において異肩文字間で有意差あり (P<0.05)

a, b : 同一調査日において異肩文字間で有意差あり (P<0.01)

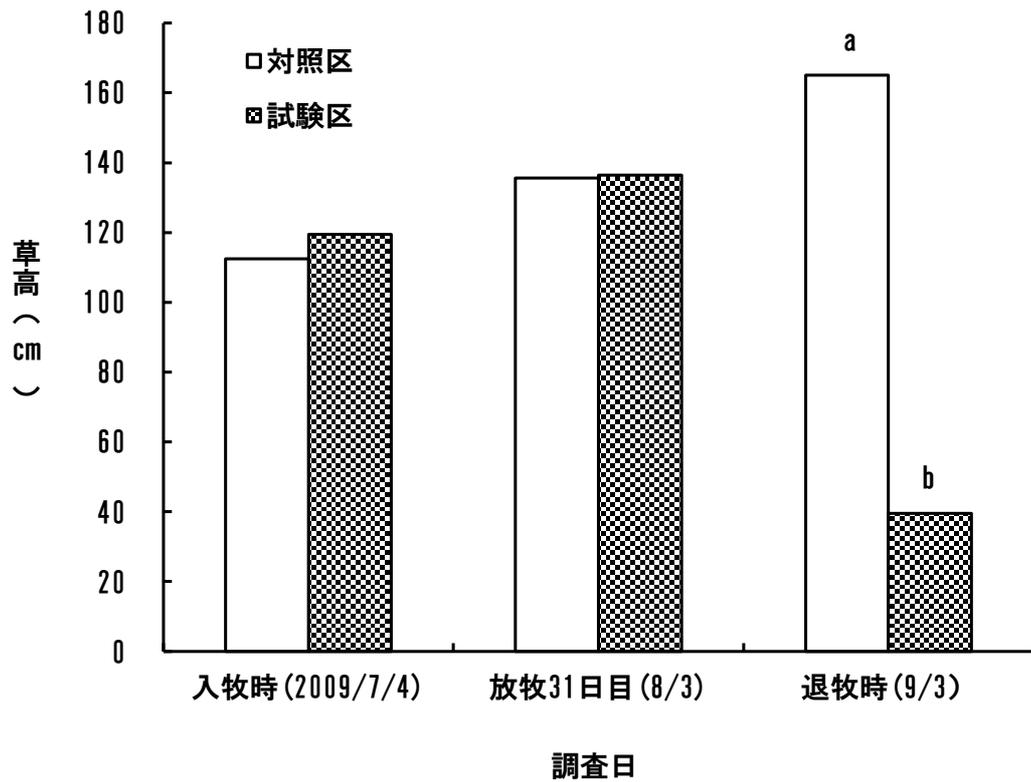


図5-7. 山羊放牧がセイタカアワダチソウの草高に及ぼす影響

a, b : 同一調査日において異肩文字間で有意差あり (P<0.01)



入牧時 (2009/7/4)



退牧時 (2009/9/3)

写真5-4. 山羊放牧による除草効果

作放棄水田跡地での山羊放牧による植生管理の有効性が示された。セイタカアワダチソウについても、その SDR_2 は入牧時 (27.6%) に比べ、放牧 31 日目 (43.1%) で上昇したものの、退牧時には 18.5% にまで減少するとともに、草高も有意に減少したことから、山羊放牧による除草効果が示された。

2. 採食植物および草類選択性

放牧 5 日目 (2009 年 7 月 8 日) および放牧 32 日目 (8 月 4 日) における放牧山羊の GF ならびに草種に対する SI を表 5-14 に示した。GF は放牧 5 日目にはクズ (*Pueraria lobate* Willd.) Ohwi) で最も高く (37.0%), 次いでススキ (27.5%), メヒシバ (*Digitaria adscendens* (H.B.K.) Henr.) (8.8%) の順であった。放牧 32 日目には、これらの GF は 7% 以下まで低下し、代わってセイタカアワダチソウ (27.6%), ジュズダマ (*Coix lacryma-jobi* L.) (15.9%) およびカヤツリグサ (*Cyperus microiria* Steud.) (10.2%) の GF が高くなった。

クズおよびススキの SI は放牧 5 日目において、ジュズダマ、カヤツリグサならびにセイタカアワダチソウの SI に比べ、放牧 32 日目においてもセイタカアワダチソウよりも高かった。セイタカアワダチソウの SI は放牧 5 日目で -0.79 と負の値を示し、その選好性は低かった。しかしながら、放牧 32 日目においてはセイタカアワダチソウの SI は -0.25 と 0 との間に差はなく、選好性は必ずしも高くはないものの、採食する状況が確認された。城戸ら (2003) および高山ら (2009b) は放牧山羊がセイタカアワダチソウに対して GF が高く、除草効果が顕著であったと報告しているものの、それらの研究においては草種構成割合を考慮した SI にまで論及していない。本研究では、放牧 5 日目のセイタカアワダチソウに対する GF は 4.3%, SI についても -0.79 と 0 との間で有意差が認められ、 SDR_2 がセイタカアワダチソウの 27.6% に比べ、極めて低かったクズ (3.0%) およびススキ (3.2%) を選択的に採食することが明らかとなった。山羊によるクズおよびススキの選好性は高いことが知られており (小西と廣田 1998; 山本ら 2002; 城戸ら 2003; 高山ら 2009a, 2009b; 的場 2010; 中西ら 2011; 卯城・加藤 2012; 森田ら 2013), 両種は栄養価も高いことから、反芻家畜の飼料として高く評価されている (萬田ら 1980, 堤ら 2009)。山羊と同じ反芻家畜である牛に比べ、山羊は多くの種類の野草を採食する習性があると言われる (北原 1991, 加納 1995, 福田 2008) もの、本研究で SI を指標に草種選好性を評価したところ、一般に、選好性が高いと考えられていたセイタカアワダチソウの採食順位は低いことが明らかとなった。これには、山羊が渋味や酸味に対して低い選好性を示し (土肥 1996), 繊維成

表5-14. 耕作放棄水田跡地における放牧山羊の採食植物頻度 (GF) および草種に対するIMVの選択性指数 (SI)

植物名 [†]	放牧5日目 (2009/7/8)		放牧32日目 (8/4)	
	GF (%)	SI	GF (%)	SI
イネ科				
ジユズダマ	0	-1.00	15.9	0.15
ススキ	27.5	0.79 [‡]	4.9	0.52 [‡]
メヒシバ	8.8	0.08	3.7	0.08
カヤツリグサ科				
カヤツリグサ	2.2	-0.46	10.2	1.00
キク科				
セイタカアワダチソウ	4.3	-0.79 [‡]	27.6	-0.25
マメ科				
クズ	37.0	0.82 [‡]	6.8	0.56 [‡]

数値は3頭の平均。

[†] 2回の調査において採食植物頻度の高かった6草種を示した。

[‡] 0 (選択なし) との間に有意差あり (P<0.05)。

分の少ない牧草を好む（雑賀 1990）ことが関連していると考えられ、セイタカアワダチソウの葉部には渋味や酸味を呈するクロロゲン酸（黒澤 1986, 和泉と高屋 2008）が含まれること（金ら 2006）、さらに草丈が 100cm 以上になると繊維含量が多くなり、木質化（リグニン化）が進み、茎が硬化することが知られている（田野ら 1979）。本試験においても、入牧初期にはセイタカアワダチソウの草高が 100cm を超えており、これが選好性の低下につながったものと推察された。その一方で、放牧 32 日目の山羊によるセイタカアワダチソウの SI が上昇した点については、牧草に対する家畜の選好性は必ずしも一定ではなく、特定の草種に採食が集中した場合、時間の経過とともに採食性が低下し、草高が高く、多葉で密な他の草種に採食が移行するとされている（雑賀 1990）。本試験においても、入牧初期にはススキおよびクズを採食していた山羊が時間の経過とともに、SDR₂' が最も高かったセイタカアワダチソウを多く採食するようになったものと考えられた。今後、山羊放牧を用いたセイタカアワダチソウのより効果的な除草方法を確立するために、その生育段階と山羊による選好性との関係を解明することが重要であり、セイタカアワダチソウ以外の強害雑草についても、山羊放牧による除草効果や山羊による選好性を検討する必要がある。

以上より、セイタカアワダチソウに対する山羊の選好性は必ずしも高くはないものの、セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に山羊を放牧することで十分な除草効果が得られることが示された。

5-2-2. セイタカアワダチソウの生育段階の違いが山羊の選択採食に及ぼす影響

1. 植 生

生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地への山羊放牧が主要出現植物とその SDR₂' に及ぼす影響を表 5-15 に示した。両区とも優占種はセイタカアワダチソウであり、入牧時におけるその SDR₂' は E 区で 62.1%、L 区で 45.4%であった。次いで、E 区ではヒメムカシヨモギ (*Erigeron canadensis* L.) が 16.0%、L 区ではススキが 22.7%と高い値を示した。E 区においては放牧期間中、セイタカアワダチソウが優占する植生を示し (SDR₂' が 45%以上)、退牧時と入牧時とで大きな差がみられなかったのに対し、L 区では日数の経過に伴い、セイタカアワダチソウの SDR₂' が 45.4%から 29.0%、ススキの SDR₂' が 22.7%から 16.4%とそれぞれ減少した。セイタカアワダチソウの草高は入牧時と比べ、退牧時で両区とも有意に低くなった (図 5-8, 写真 5-5 および 5-6) (P<0.05)。

表5-15 生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地への
山羊放牧が主要出現植物種とその相対積算優占度 (SDR_i) に及ぼす影響

植物名	E区		L区	
	入牧	退牧	入牧	退牧
イネ科				
Gramineae				
ススキ			22.7	16.4
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.				
イラクサ科				
Urticaceae				
カラムシ			2.4	
<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaud.				
キク科				
Compositae				
セイタカアワダチソウ	62.1	67.1	45.4	29.0
<i>Solidago altissima</i> L.				
ヒメムカシヨモギ	16.0	0		
<i>Erigeron canadensis</i> L.				
ヨモギ	5.8	16.1	12.0	3.2
<i>Artemisia princeps</i> Pampman.				
タデ科				
Polygonaceae				
ツルソバ	4.3	3.8	7.1	0
<i>Persicaria chinense</i> (L.) H. Gross.				
ミゾソバ	10.3	12.3		
<i>Polygonum thunbergii</i> Sieb. et Zucc.				
ツユクサ科				
Comme linaceae				
ツユクサ			2.3	1.4
<i>Commelina communis</i> L.				
トクサ科				
Equisetaceae				
スギナ			1.5	0
<i>Equisetum arvense</i> L.				
ヒメシダ科				
Thelypteridaceae				
ホシダ			3.0	0
<i>Thelypteris acuminata</i> (Houtt.) C.V. Morton.				
マメ科				
Leguminosae				
シロツメクサ			1.0	
<i>Trifolium repens</i>				
裸地	22.5	19.3	3.3	58.9
計	4科6種	4科5種	9科10種	12科14種

出現植物頻度が1%未満の植物種は表より省略した。

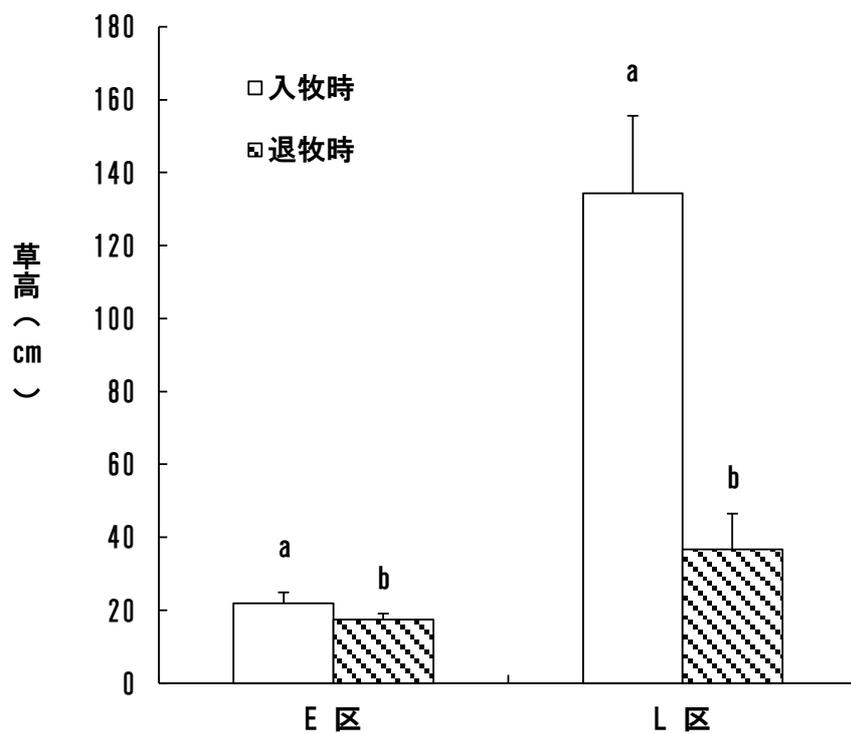


図5-8. 生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地への山羊放牧がセイタカアワダチソウの草高に及ぼす影響

a, b : 同一区において異肩文字間で有意差あり (P<0.05) .



入牧時（2012/7/28）



退牧時（2012/8/2）

写真5-5. 生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地（E区）への山羊放牧の状況



入牧時（2012/8/2）



退牧時（2012/8/10）

写真5-6. 生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地（L区）への山羊放牧の状況

2. 採食植物および草類選択性

生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地への山羊放牧が山羊の GF と SI に及ぼす影響を表 5-16 に示した。入牧時における放牧山羊のセイタカアワダチソウに対する GF は E 区で 91.4%，L 区で 16.7%であった。また，セイタカアワダチソウに対する SI は E 区および L 区でそれぞれ 0.19 および -0.50 であり，両区とも 0（選択なし）との間に有意差が認められ（ $P < 0.05$ ），E 区において山羊はセイタカアワダチソウを選択的に採食したのに対し，L 区では忌避したものと考えられた。前記 5-2-1 の試験では，入牧時のセイタカアワダチソウの草高が 120 cm 程度であり，放牧 5 日目におけるセイタカアワダチソウに対する GF および SI はそれぞれ 4.3%ならびに -0.79 であった。SI については本試験における L 区の結果と類似しており，草高が 100 cm を超すセイタカアワダチソウに対して山羊は忌避を示すことが裏付けられた。

以上より，栄養生長初期のセイタカアワダチソウに対して山羊は選好性を示したが，栄養生長後期のそれには忌避を示すことが明らかとなった。したがって，セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地において山羊放牧による高い除草効果を期待するには，生育初期に放牧することが望ましいと考えられた。

表5-16. 生育段階の異なるセイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地への山羊放牧が山羊の採食物頻度とSIに及ぼす影響

1) E区

植物名		採食植物 頻度 (%)	SI
キク科	Compositae		
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima L.</i>	91.4	0.19*
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis L.</i>	7.7	-0.75
タデ科	Polygonaceae		
ツルソバ	<i>Persicaria chinense (L.) H. Gross.</i>	0.9	-0.11

2) L区

植物名		採食植物 頻度 (%)	SI
イネ科	Gramineae		
ススキ	<i>Miscanthus sinensis Anderss.</i>	36.8	0.24*
キク科	Compositae		
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima L.</i>	16.7	-0.50*
ヨモギ	<i>Artemisia princeps Pamoan.</i>	24.1	0.27
タデ科	Polygonaceae		
ツルソバ	<i>Persicaria chinense (L.) H. Gross.</i>	1.8	-0.67*
ヒメシダ科	Thelypteridaceae		
ホシダ	<i>Thelypteris acuminata (Houtt.) C.V. Morton.</i>	3.4	-0.04

数値は3頭の平均を示す。

*0（選択なし）との間に有意差あり（ $P < 0.05$ ）。

第3節 樹園地（ツバキ園）における野草選択性ならびに除草効果

目 的

樹園地における下草管理は、農業従事者の高齢化に伴い労働力が不足するとともに、地形面・安全面から機械利用が困難であることから、薬剤散布による除草が一般に行われている（鈴木 1989）。一方、2006年には有機農業推進法が施行され、薬剤散布を行わない環境に配慮した持続的な農業生産が求められるとともに、機械を使用しない下草管理技術が強く求められている。農薬や機械に依存しない下草管理方法の1つとして、家畜あるいは家禽の除草利用が考えられる。中でも、山羊は小型で取り扱いが容易（萬田 2000; 中西 2005）であり、樹園地（中西と山市 2004）、樹園跡地（城戸ら 2003）、林地（中西ら 2002）、水田畦畔（高山ら 2009a）および耕作放棄地（高山ら 2009b）において、山羊放牧による除草効果が顕著であることが明らかにされている。しかしながら、観賞木本植物の1つであるツバキ園での山羊の除草利用に関する報告は未だ見当たらない。

そこで本研究では、山羊を利用した樹園地の植生管理技術の確立に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、ツバキ見本園に山羊を放牧し、ツバキへの被害発生の有無を調査するとともに、山羊放牧による除草効果について検討した。

材料および方法

1. 供試山羊と飼養管理

2010年11月17日からの14日間および2011年5月21日からの20日間の2回に分けて、鹿児島大学農学部附属農場学内ツバキ見本園（植栽密度 35 本/a）で行われた（写真 5-7）。放牧試験地の周囲を山羊の脱柵防止と外敵防止対策のため、電柵ならびにネット牧柵で囲み、試験地を設置した。試験区内には庇陰・飲水場所を設け、両年ともに放牧開始後 14 日間は山羊に補助飼料を給与しなかった。なお、2011年は草量が減少したため、試験開始 15 日目以降に市販ルーサンハイキューブを給与した。

2. 処理区分

山羊を放牧する区（2.0 a, 放牧圧 415 kg/10 a; 以下, 試験区）および放牧しない区（1.0 a: 以下, 対照区）の 2 区に分けた（図 5-9）。供試家畜として、放牧経験のあるシバ山羊および交雑種（日本在来種トカラ山羊×日本ザーネン種）の去勢山羊 2 頭（平均体重 42.5 kg）



写真5-7. ツバキ園の概観

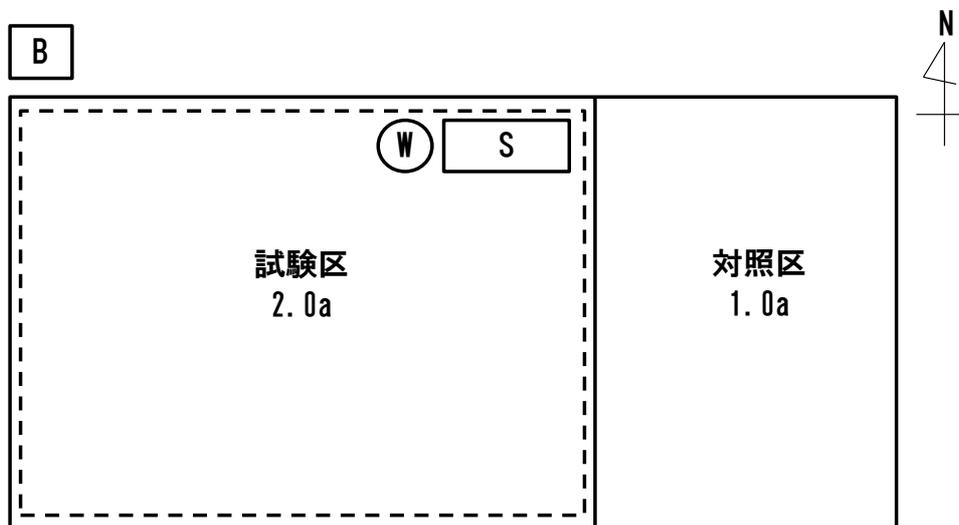


図5-9. ツバキ園の概要

- : 電柵
- : ネット柵
- S : 庇陰所
- W : 給水槽
- B : 電柵本体

を用いた（表 5-17）。

3. 調査項目

試験地の植生については、対照区に 4 ヲ所（2010 年の試験では 3 ヲ所）、試験区に 6 ヲ所の方形枠（1×1 m）を設置し、面積標本抽出法により枠内の出現植物種、被度ならびに草高を入牧直前（2010 年 11 月 15 日および 2011 年 5 月 21 日、以下、入牧時）ならびに退牧直後（2010 年 11 月 30 日および 2011 年 6 月 9 日、以下、退牧時）の 2 回ずつ調査した。出現植物の被度および草高より各比数を算出し、 SDR_2 ならびに SDR_2' を求めた。なお、ツバキなどの木本類ならびに樹木に巻き付いた蔓性植物については植生調査から除外した。

植物現存量についても上記と同様に計 2 回、試験区および対照区各 6 ヲ所で、0.5×0.5 m の方形枠を用いて枠内の植物の地上部を地際で刈り取り、通風乾燥（60℃、48 時間）後、乾物重量を測定した。

放牧 2 日目（2010 年 11 月 18 日および 2011 年 5 月 22 日）ならびに退牧時（2010 年 11 月 30 日および 2011 年 6 月 9 日）には、日中 6 時間（9:00～15:00）の放牧山羊の行動 1 分間隔点観察法により観察し、前節と同様に GF および SI を算出した。なお、植生調査で除外した木本類および樹木に巻き付いた蔓性植物については SI を算出しなかった。また、被害が認められたツバキを記録し、全本数に占める被害本数の割合を被害率として算出した。

4. 統計処理

得られた結果の統計解析については、試験地の裸地率および植物現存量の平均値を t 検定により区間で比較した。各調査日における SI は 1 に近いほど各草種に対して選択採食し、-1 に近いほど忌避し、0 に近いほど選択採食を示さないものと判断した。

結果および考察

1. 植 生

放牧試験地における入牧時および退牧時の出現植物種およびその SDR_2' を表 5-18（2010 年および表 5-19（2011 年））に示した。2010 年においては、植物種数は対照区で入牧時に 11 科 14 種、退牧時に 9 科 12 種であり、試験区で入牧時に 12 科 17 種、退牧時に 6 科 8 種

表5-17. 供試山羊の概要

個体番号	品 種	性 別	年 齢 (才)	放牧開始時 体重 (kg)
F ₁	シバ山羊	去勢	6	38
F ₂	トカラ山羊×日本ザーネン	去勢	5	47

表5-18. ツバキ園における出現植物種およびその相対積算優占度（SDR）
（2010年）

出現植物種		入牧時 (2010/11/15)		退牧時 (2010/11/30)	
		対照区	試験区	対照区	試験区
		- % -			
アカネ科	Rubiaceae				
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merrill var. <i>mairei</i> (Léveillé) Hara	8.0	2.2	2.0	
イネ科	Gramineae				
アシボソ	<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. Camus f. <i>vimineum</i>	2.1	15.3	2.9	
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	2.9	13.1	4.7	27.2
チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> L. Beauv. var. <i>koenigii</i> (Retz) Durand et Schinz.	12.5	3.9	15.7	5.6
イラクサ科	Urticaceae				
カラムシ	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaud.	4.2		2.2	
カタバミ科	Oxalidaceae				
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i> L.	2.4	1.9	5.0	
キク科	Compositae				
オナモミ	<i>Xanthium strumarium</i> L.		1.8		
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.	21.1		28.5	14.0
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	5.1	6.2	2.9	13.8
スミレ科	Violaceae				
マキノスミレ	<i>Viola violacea</i> Makino var. <i>makinoi</i> (H.Boissieu) Hiyama ex F. Maek.	1.1	7.5		1.2
セリ科	Umbelliferae				
ノチドメ	<i>Hydrocotyle maritima</i> Honda		0.4		
タデ科	Polygonaceae				
イヌタデ	<i>Polygonum longisetum</i> De Bruyn	1.9	7.9	1.2	
ツルソバ	<i>Persicaria chinense</i> (L.) H. Gross.		5.9		
ミソソバ	<i>Polygonum thunbergii</i> Sied. Et Zucc.		3.6		
ツククサ科	Commelinaceae				
ツククサ	<i>Commelina communis</i> L.	1.1			
トクサ科	Equisetaceae				
スギナ	<i>Equisetum arvense</i> L.	11.5	7.3	6.5	
ナス科	Solanaceae				
イヌホオズキ	<i>Solanum nigrum</i> L.	6.3		6.9	
ナデシコ科	Caryophyllaceae				
ハコベ	<i>Stellaria neglecta</i> (L.) Villars		1.8		
バラ科	Rosaceae				
ヘビイチゴ	<i>Duchesnea chrysantha</i> (Zoll. et Mor.) Miq.		1.5		3.9
ヒメシダ科	Thelypteridaceae				
ホシダ	<i>Thelypteris acuminata</i> (Houtt.) C.V. Morton.	19.8	18.7	21.6	27.7
フサシダ科	Schizaeaceae				
カニクサ	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.				6.6
ユリ科	Liliaceae				
コヤブラン	<i>Liriope spicata</i> Lour.		1.0		
裸地		17.7	9.2	19.6 ^a	47.7 ^b
出現植物種数		11科14種	12科17種	9科12種	6科8種

^{a, b} 同一行の異肩文字間に有意差あり (P < 0.01)

表5-19. ツバキ園における出現植物種およびその相対積算優占度（SDR）
（2011年）

出現植物種		入牧時 (2011/5/22)		退牧時 (2011/6/9)	
		対照区	試験区	対照区	試験区
		- % -			
アカネ科	Rubiaceae				
アオカモジグサ	<i>Agropyron ciliare</i> Fr. var. <i>minus</i> Ohwi	18.1	2.4	16.7	5.5
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merrill var. <i>mairei</i> (Léveillé) Hara	13.6	4.9	14.0	2.2
ヤエムグラ	<i>Galium spurium</i> L. var. <i>echinospermon</i> (Waltr.) Hayek		0.8		
イネ科	Gramineae				
アシボン	<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. Camus f. <i>vimineum</i>				5.2
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	4.6	4.7	2.6	0.1
イラクサ科	Urticaceae				
カラムシ	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaud.	5.7	8.2	3.3	8.0
ウリ科	Cucurbitaceae				
アマチャヅル	<i>Gynostemma pentaphyllum</i> (Thunb.) Makino		0.8		
カタバミ科	Oxalidaceae				
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i> L.	1.6	0.5	0.6	3.1
キク科	Compositae				
アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i> L. var. <i>laciniata</i> (O. Kuntze) Hara		1.3		
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i> L.	32.4	11.5	33.7	14.3
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	7.5	16.7	5.6	12.6
セリ科	Umbelliferae				
ノチドメ	<i>Hydrocotyle maritima</i> Honda				0.4
ミツバ	<i>Cryptotaenia japonica</i> Hassk.		7.5		13.2
タデ科	Polygonaceae				
スイバ	<i>Rumex acetosa</i> L.		14.0		6.7
ツルソバ	<i>Persicaria chinense</i> (L.) H. Gross.		1.9		2.8
ミゾソバ	<i>Polygonum thunbergii</i> Sied. Et Zucc.				3.0
トクサ科	Equisetaceae				
スギナ	<i>Equisetum arvense</i> L.	4.8	12.0	4.0	10.4
ヒメシダ科	Thelypteridaceae				
ホンダ	<i>Thelypteris acuminata</i> (Houtt.) C.V. Morton.	8.2	12.6	11.9	12.2
フサシダ科	Schizaeaceae				
カニクサ	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.			1.3	
ブドウ科	Vitaceae				
キレハノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i> f. <i>citruloides</i>	3.5		4.1	
ヤブガラシ	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagn.			2.1	
裸地		6.0	1.2	6.8 ^a	64.1 ^b
出現植物種数		8科10種	10科15種	9科12種	9科15種

^{a, b}同一行の異肩文字間に有意差あり (P<0.01)

あり、試験区で放牧に伴い科数および種数とも半減した。優占種は対照区でセイタカアワダチソウであり、次いでホシダ (*Thelypteris acuminata* (Houtt.) Morton.) およびチガヤ (*Imperata cylindrica* L. Beauv. var. *koenigii* (Retz) Durand et Schinz.) の SDR₂'が高かった。試験区ではホシダが優占種であり、次いでアシボソ (*Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus f. *vimineum*) およびススキの SDR₂'が高かった。2011 年においては、植物種数は対照区で入牧時に 8 科 10 種、退牧時に 9 科 12 種であり、試験区で入牧時に 10 科 15 種、退牧時に 9 科 15 種であり、試験区で放牧に伴う科および種数の変化はほとんど認められなかった。優占種は対照区でセイタカアワダチソウであり、次いでアオカモジグサ (*Agropyron ciliare* Fr. var. *minus* Ohwi) およびヘクソカズラ (*Paederia scandens* (Lour.) Merrill var. *mairei* (Léveille) Hara) の SDR₂'が高く、試験区ではヨモギ (*Artemisia princeps* Pampman.) が優占種であり、次いでスイバおよびホシダの SDR₂'が高かった。

2010 年における退牧時の裸地率は対照区の 19.6% に比べて試験区は 47.7% と有意に高く (P<0.01)、2011 年の試験においても対照区の 6.8% に比べて試験区は 64.1% と極めて高い値を示した (P<0.05) 植物現存量は両年とも入牧時に区間差がみられなかったものの、退牧時には対照区に比べて試験区で有意に少なく (P<0.05; 図 5-10)、試験区においては放牧に伴う植物現存量の大幅な減少が認められた (P<0.01)。また、景観面でも山羊放牧による除草効果は顕著であった (写真 5-8)。

2. 野草選好性

試験区内の主要出現植物種 (SDR₂' が 10% 以上) に対する放牧山羊の GF ならびに SI を表 5-20 および 21 に示した。2010 年の放牧 2 日目の試験区で SDR₂'が高かったホシダ、アシボソおよびススキに対して放牧山羊の GF はいずれも 10% 以上の高い値を示したものの、SI は -0.07~0.09 と 0 に近似した値となり、いずれの植物に対しても山羊は選択採食を示さなかった。退牧時においては、放牧山羊のホシダおよびススキに対する SI が放牧 2 日目と同様な傾向を示したのに対し、アシボソについては SI が 1.00 となり、選択採食が認められた。試験区におけるアシボソの SDR₂' は入牧時の 5.3% から退牧時に 0% と大幅に低下しており、山羊の SI はこれを裏付けるものであった。2011 年の放牧 2 日目では、ヨモギおよびスギナ (*Equisetum arvense* L.) に対して GF が 15% 以上の高い値を示したものの、SI はそれぞれ 0.02 および 0.17 と 0 に近似した値となり、選択採食を示さなかった。退牧時においては、ホシダに対する GF が 22.4% と高い値を示したものの、SI は 0.31 とさ

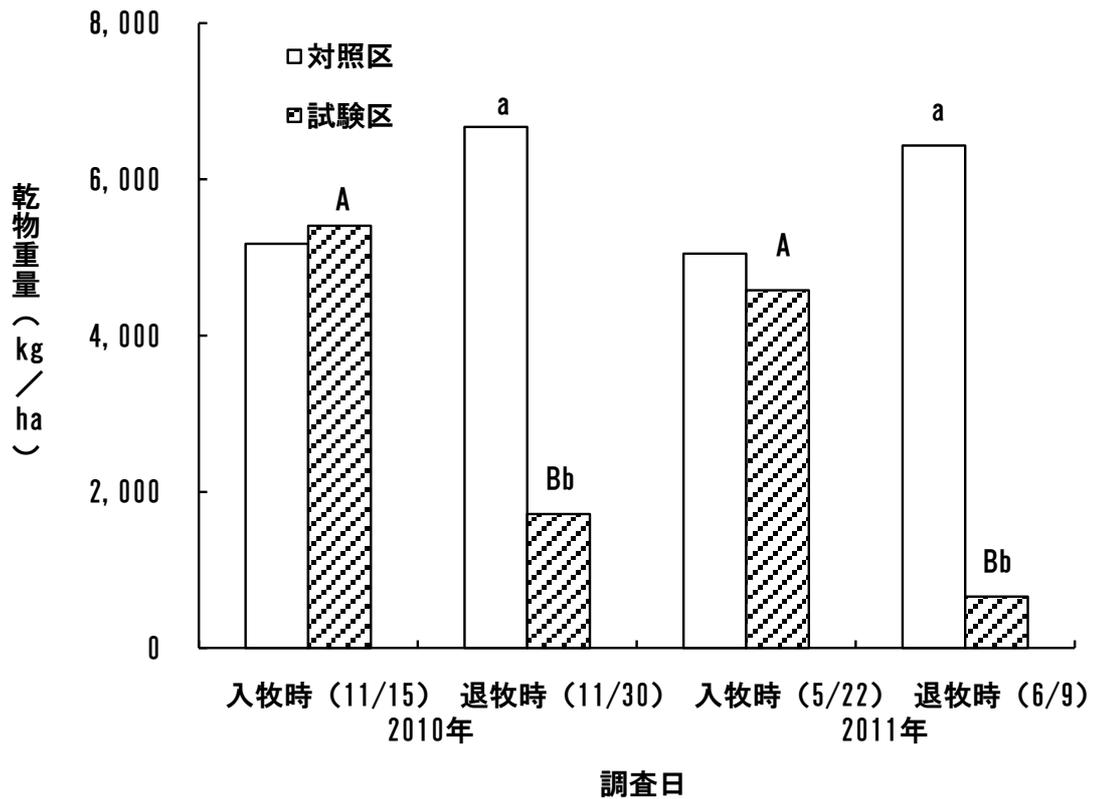


図5-10. 山羊放牧がツバキ園の植物現存量に及ぼす影響

A, B : 同年の各区において異肩文字間で有意差あり (P<0.05)
a, b : 同一調査日において異肩文字間で有意差あり (P<0.01)



写真5-8. 山羊放牧による除草効果（上段：入牧時，下段：退牧時）

表5-20. ツバキ園における放牧山羊の採食植物頻度 (GF) および草種に対するIVI evの選択性指数 (SI)
(2010年)

採食植物名 [†]	放牧2日目		退牧時	
	GF (%)	SI	GF (%)	SI
ヒメシダ科				
ホシダ				
イネ科				
アシボソ				
ススキ				
Thelypteridaceae				
<i>Thelypteris acuminata</i> (Houtt.) C.V. Morton.	14.9	0.09	22.5	-0.01
Gramineae				
<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. Camus f. <i>vimineum</i>	10.0	-0.04	4.9	1.00
<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.	12.1	-0.07	29.1	-0.05

[†] SDR_i が10%以上の植物種について、SDR_i' の高い順に並べた。

表5-21 ツバキ園における放牧山羊の採食植物頻度 (GF) および草種に対するIvlevの選択性指数 (SI)
(2011年)

採食植物名 [†]	放牧2日目		退牧時	
	GF (%)	SI	GF (%)	SI
キク科				
ヨモギ	15.5	0.02	5.4	-0.35
セイタカアワダチソウ	11.4	0	10.8	-0.08
タデ科				
スイバ	10.4	-0.10		
トクサ科				
スギナ	15.7	0.17	11.6	0
ヒメシダ科				
ホシダ	5.4	-0.46	22.4	0.31

[†]SDR_iが10%以上の植物種について、SDR_i'の高い順に並べた。

ほど高くなく、明確な選択採食を示さなかった。

城戸ら（2003）および高山ら（2009b）はセイタカアワダチソウに対する放牧山羊の GF が高かったことを報告している。本研究では、2011 年におけるセイタカアワダチソウに対する GF は 10～12%と比較的高い値であった（表 5-21）ものの、SI は 0～0.08 と 0 に近似した値を示し、このことから山羊は同種を必ずしも選択的に採食していないことが示された。スイバについては放牧山羊の嗜好性が高く、選択的に採食することが報告されている（福田 2008）。本研究（2011 年の試験の放牧 2 日目）においても放牧山羊のスイバに対する GF は 10.4%、SI は -0.10 となり、本種を採食したものの、選択的ではないことが明らかとなった。

蔓性植物は樹園地に侵入すると、栽培樹木との間で養分および水分競合を引き起こすだけでなく、樹幹を覆った場合には遮光により樹体の成長を阻害することが知られている（伊藤 2006）。特にヤブガラシ（*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagn.）は一般の草本に比べ、その成長は迅速であり（川端 1977）、林地では造林木に覆い被さって繁茂し、樹木を枯らす強害雑草として問題視されている（沼田と吉沢 1997）。本研究では、蔓性植物に対する GF はカニクサ（*Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw.）で 4.9～8.8%、ツタ（*Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. et Zucc.) Planch.）で 0.6～1.9%、ヤブガラシで 0.5%と低かったものの、採食する状況が観察された（写真 5-9）。したがって、樹園地における山羊放牧は地表面の植生管理だけでなく、樹木に巻き付いた蔓性植物に対しても有効であることが示唆された。

3. ツバキの被害

中西と山市（2004）はナシ園内に除草目的で繋牧した山羊が樹葉採食や角の擦り付けを示し、その結果、剥皮が認められたと報告している。本試験においても各調査日で放牧山羊によるツバキの樹葉および枝に対する採食（写真 5-10）が日中 1 時間当たり 3.8～6.8 回、樹木への角や頭部などの擦り付けが 0～2.3 回観察され（図 5-11）、2010 年には 2 本、2011 年には 1 本の樹木で剥皮が確認され（写真 5-11）、2 年間を通じての被害率は 4.3%であった。剥皮は樹木の枯死を招くことが多い傷害である（農林水産技術会議事務局 1984）ものの、本試験で認められた被害率は 4.3%と低く、試験終了後にツバキの枯死も確認されなかったことから、山羊による被害の程度はごく小さいものと考えられた。ツバキはタンニンの 1 種であるカテキン類を葉部に含み（永田 1986）、渋味を呈するタンニンは山羊の採食性を低下させると報告されている（土肥 1996）。一方、タンニン含量は採食性に関係し



**写真5-9. ツバキ園に巻き付き、山羊によって採食された
蔓性植物（ツタ）の採食痕**



**写真5-10. 山羊のよるツバキの採食状況
(上段：樹葉，下段：枝)**

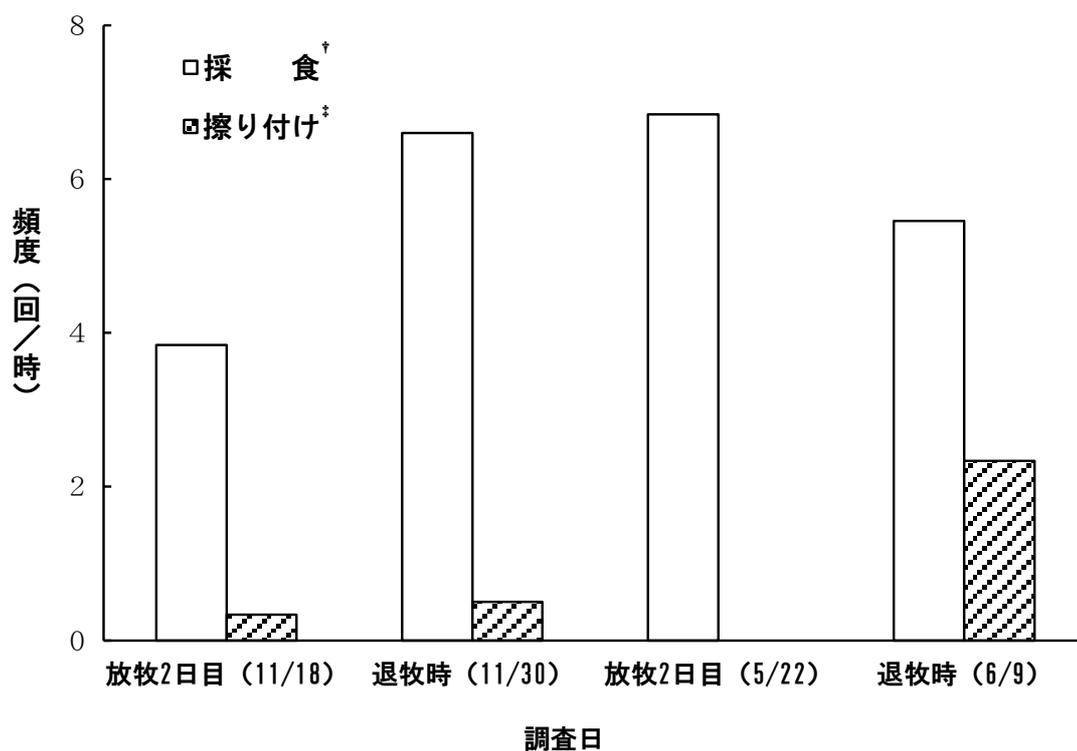


図5-11 山羊によるツバキに対する採食および擦り付け行動回数

†1分間隔点観察法により記録

‡連続観察法により記録



写真5-11. ツバキに対する山羊の擦り付け行動および剥皮したツバキ樹木
(上段・中段：樹葉, 下段：枝)

ないことも報告されている（福田 2001）。本試験では山羊による樹葉の採食が確認され、福田（2001）の報告を裏付ける結果となった。一般に、ツバキ栽培では、地面近くの枝葉が病虫害の温床となるのを防ぐために地上 30 cm以内を剪定し、隙間を空ける作業が必要とされており（安藤 1971）、本研究では、放牧山羊が下層の枝葉を採食したことでこの剪定作業を代替し、ツバキ園の植生管理の省力化が図れたが、同時に山羊が後肢立ちで高さ 100 cm以上に位置する枝葉を採食する状況も観察された。したがって、今後、放牧山羊がツバキの上層部を採食出来ない方法を検討する必要がある。

以上より、ツバキ園において山羊放牧による除草効果が示された。しかしながら、ツバキへの被害も認められたことから、ツバキの樹葉採食や剥皮による被害防止のための方法について検討する必要があると思われた。

第4節 要約

山羊を利用した農林地，耕作放棄地および樹園地の植生管理技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし，草地や耕作放棄地に山羊を放牧した場合のエゾノギンギシ (*Rumex obtusifolius* L.) (以下，ギンギシ) やセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.) 抑圧の可能性を明らかにするため，放牧時における山羊および牛の採食行動を比較するとともに，耕作放棄水田跡地およびツバキ (*Camellia japonica* L.) 見本園において山羊の定置放牧を行い，除草効果および野草選好性について検討した。

ギンギシが侵入した約 1ha のイタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) 草地において牛区と山羊区を設け，採食行動を比較した。ギンギシの植物現存量は放牧 16 日目および退牧時において牛区に比べ，山羊区で有意に少なく ($P<0.05$)，その株被食率は試験期間中，後者で有意に高い値を示した ($P<0.01$) ギンギシに対する Ivlev の選択性指数 (以下，SI) はいずれも負の値であったものの，放牧初期および後期ともに牛区に比べて山羊区で小さい値を示した。

0.05，0.1，0.2，0.4 および 0.8% のシュウ酸溶液について，山羊の味覚反応を検討した結果，山羊は 0.8% 以下のシュウ酸溶液に対して忌避および選好反応を示さず，濃度間および個体間で有意差は認められなかった。また，4 生育段階に分類したギンギシ中のシュウ酸含量および山羊の各段階のギンギシに対する嗜好性を検討したところ，全シュウ酸および不溶性シュウ酸含量は生育段階間で異なったが，可溶性シュウ酸含量は大きく変動せず，ギンギシ中のシュウ酸含量と山羊の採食性との間に明確な関連は認められなかった。

セイタカアワダチソウが優占した耕作放棄水田跡地に山羊 3 頭を 62 日間定置放牧し，山羊による草種選好性および除草効果について検討した。セイタカアワダチソウに対する SI は放牧 5 日目で有意な負の値を示し ($P<0.05$)，山羊は忌避を示したものの，放牧 32 日目には有意でなくなり，忌避の程度は小さくなった。また，退牧時 (放牧 62 日目) にセイタカアワダチソウの草高および植物地上部現存量は対照区と比べて試験区で半分以下となった ($P<0.01$)。さらに，栄養生長初期のセイタカアワダチソウに対して山羊は選好性を示したが，栄養生長後期のそれには忌避を示すことが明らかとなった。

ツバキ見本園に山羊 2 頭を放牧し，ツバキへの被害発生の有無，除草効果および各野草に対する SI について検討した。退牧時の裸地率は両年とも対照区に比べて試験区で有意に高く ($P<0.01$)，植物地上部現存量は有意に少なかった ($P<0.01$)。2010 年の放牧 2 日目に

において、山羊が選択性を示す草種はみられなかったものの、退牧時にはアシボソ (*Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus f. *vimineum*) に対する SI が 1.00 となり、嗜好が認められた。2011 年の放牧 2 日目においては、入牧および退牧時に明確な選択採食を示す草種は認められなかった。また、蔓性植物の採食が観察された一方で、ツバキの樹葉および枝に対する採食や角・頭部などの擦り付けによる剥皮がみられ、ツバキの被害率は 2 年間を通じて 4.3% であった。

以上より、牛および山羊ともにギシギシを好まない傾向が認められたものの、後者でその程度が小さかったことから、後者は前者ほど強くギシギシを忌避しないととも、ギシギシ中のシュウ酸含量と山羊の採食性との間に明確な関連がないことが明らかとなった。また、栄養生長初期のセイタカアワダチソウに対して山羊は選好性を示したが、栄養生長後期のそれには忌避を示すことが明らかとなった。したがって、セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地において山羊放牧による高い除草効果を期待するには、生育初期に放牧することが望ましいと考えられた。さらに、ツバキ園においては、山羊放牧による除草効果が示されたものの、ツバキへの被害も認められたことから、食害や剥皮の防止対策が必要であると考えられた。

第6章 総合考察

山羊の合理的飼養技術の確立を目指すため、わが国における山羊の飼養上の問題、群管理上の問題となる飼料採食競合の緩和方法、放牧管理上の問題となる脱柵の防止技術および山羊を利用した放牧地雑草の生物的防除法について、主に行動学的な側面から検討した。

まず、第2章においてわが国における山羊の飼養実態について、全国の山羊飼養者を対象にアンケート調査したところ、1戸当たりの飼養規模は10頭以下の割合が過半数を占め、1～2頭の割合が41.3%と最も多かったのに対し、51頭以上は6.4%と少なかったことから、わが国の山羊の飼養形態としては、10頭以下の舎飼い中心であることが明らかとなった。ただし、数頭の山羊を群飼する場合、個体だけでなく、群の特性についても把握することが重要である。山羊は緬羊と比べ、群れる習性は弱いものの、群内には明確な社会的順位が存在し、個体間の闘争が激しく、特に飼料採食競合で顕著に現われる（朝日田 1997；田中と中西 2005）。そのため、第3章では舎飼い条件下の成雄および成雌山羊群における飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、飼料採食競合を緩和するための省力的な方法として給餌方法に着目し、飼育密度、飼槽の数、飼槽の配置間隔または給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

従来、山羊群の社会的順位型は相対的直線順位型に分類されてきた（Scott 1948；松沢と白石 1992；黒崎 1997）が、群によっては飼料採食時に優位個体が飼槽を占有し、激しい飼料採食競合が観察されることから、むしろ絶対的直線順位型に分類されるとする報告（Addison と Baker 1982；Barroso ら 2000）もあり、順位型については一致した見解が得られていない。本研究の雄山羊群においては、劣位個体から優位個体への攻撃行動がわずかしかみられない群があり、雌山羊群では優位個体への攻撃行動が皆無であったことから、舎飼い山羊群の順位型は相対的直線順位型よりもむしろ絶対的直線順位型に近いものと考えられた。家畜にとって順位制が存在することは、無用な闘争が抑制され、社会的秩序が維持されることを意味する（黒崎 1976）。一方、絶対的順位型においては優位個体が劣位個体を極めて激しく攻撃排除するため、その緩和策が必要であり（黒崎 1997）、個体別給餌装置の設置、飼槽を分散して設置、飼槽幅の拡張、飼槽間に隔柵を設置することが推奨されている（森田 1997）。これまでに、牛では飼槽幅の拡張（石井 1987）および飼槽への仕切りの設置（Bouissou 1970）、豚や鶏では給餌隔柵の設置（Huon ら 1986；Andersen ら 1999）、山羊では給餌隔柵の設置（Aschwanden ら 2009b）の効果が報告されている。

さらに、第3章においては、低コストかつ省力的な緩和方法を開発することを目的とし、飼養施設および給餌方法に着目し、山羊群における飼料採食競合の緩和効果を検討した。牛群の飼育密度を下げた場合には闘争行動が増加することが Fregonesi と Leaver (2002) によって報告されているが、本研究では飼育密度の低下が闘争行動に及ぼす影響について一定の傾向は認められなかった。しかし、採食行動を詳細に解析したところ、雄および雌群ともに低密度条件下では最劣位個体の採食順番待ち時間の減少がみられ、最劣位個体にとって採食の機会が得られ易いことが示された。また、1頭当たり1個以上の飼槽を設置することで、最劣位個体が採食の機会を得易くなり、特に、雄山羊群において飼料採食競合を緩和する効果が顕著であることが示された。飼槽の配置間隔については、1.0m から 1.6m に広げることで、雌雄群ともに飼料採食競合を緩和する効果が認められた。したがって、飼槽の数を増やしたり、飼槽の配置間隔を広げることで飼料採食競合を緩和することが可能である (中西 2014) とともに、その効果は闘争行動の様相と同様に雌雄間で異なることが示唆された。平衡感覚や敏捷性に優れ、高所を好む山羊の習性 (Jaudas 1989 ; 田中と中西 2005) を活かし、動物園や観光牧場などでは、遊戯台もしくは高台に飼槽を固定したものが給餌台として経験的に用いられている (北海道新聞社 2006)。これまで、給餌台の設置による飼料採食競合の緩和効果が示唆されており (Aschwanden ら 2009a, 2009b), Aschwanden ら (2009a) は飼槽手前に高さ 80cm の踏み台を山羊房内に設置し、優位個体と劣位個体に立体的な距離感を与えることで優位から劣位個体への攻撃を減少させ、飼料採食競合を緩和したと報告している。本研究においても給餌台の設置により、2群の最劣位個体の MET が有意に増加する ($P<0.05$) とともに、採食時間順番待ち時間が有意に減少した ($P<0.05$)。したがって、山羊は平面的な棲み分けに加え、立体的な棲み分けをさせることで飼料採食競合を緩和出来ることが示唆された。すなわち、山羊群の場合、飼養空間 (特に、採食場所) を平面的ではなく、立体的に広げ、優位個体と劣位個体を人為的に棲み分けさせることで結果として飼料採食競合の緩和に結びついたものと考えられた。牛に対しては平面的な棲み分けにより飼料採食競合の緩和を図ることが可能である (Bouissou 1970) が、山羊にとっては立体的な棲み分けが有効と思われた。しかし、これは雌山羊群のみの結果であり、雄山羊群における緩和効果は明らかになっていないため、追究の余地がある。

家畜の採食行動は一面的な捉え方では精密な解析が困難であるため、新たな指標が必要とされている (鈴木 1971)。第3章において、Jørgensen ら (2007) が提唱した採食順番待

ち時間を雄および雌山羊群において検討した結果、優位個体でほとんど観察されないのに対し、劣位個体では頻繁に観察されることが明らかとなった。したがって、飼料採食時の闘争行動（飼料採食競合）の様相を詳しく解析するためには、採食順番待ち時間が有用な指標の1つとなり得ることが本研究においても裏付けられた。

第2章において、山羊の放牧管理上、牧柵に関わる問題が多く、特に山羊が柵外で抜け出す“脱柵”の解消が課題であったことから、第4章では、山羊の放牧技術改善のための基礎的知見を得ることを目的とし、山羊の行動特性、特に跳躍およびくぐり抜け能力を明らかにするとともに、ネット牧柵または電柵に対する山羊の行動反応を検討した。

直径2cmの鉄製パイプとナイロン製ネットを用いて作製した柵において、60cmまでの高さを飛び越えることが出来、柵と地面との間隔は25cmまでをくぐり抜けることが出来た。また、跳躍地点よりも着地点が90cm低い場合でも、高さを110cmに固定した上記と同様の柵を飛び越えることが出来た。本研究の結果から、小型種であるトカラ山羊の場合、脱柵防止のためには柵の上段を目線と同程度か10cm以上高い70cm以上に設定し、傾斜地の場合、通常の120～150cm（中西 2009）より高めに設定する必要があるものと考えられた。

第4章第3節において、電柵への接触経験を持たない山羊を電柵内に放牧すると、放牧当日には電柵に触れ、混乱状態に陥り、柵外に脱走する状況が繰り返し観察されたものの、放牧開始後3日目以降には草量が低下したにもかかわらず、脱柵はみられなかったことから、放牧開始後1～2日間の電柵への接触を通じて忌避学習が成立することが示唆された。McDonaldら（1981）は電柵に馴致した牛でも、通電している電柵に対する接近や接触が見られ、牛にとって電柵の心理柵としての効果は絶対的なものではなく、電柵に対する接触行動は日常的に行われることで脱柵防止が図られていると報告しており、山羊と牛では電柵への忌避学習成立の過程が異なるものと考えられた。

放牧経験が電柵に対する山羊の行動に及ぼす影響を検討したところ、放牧経験を有する経験区では山羊が前肢を曲げ、最下段の架線と地面の間から頭部を外側に出して採食する頭出し行動が観察されたのに対し、未経験区ではその行動は観察されなかった。電柵を利用した牛放牧では、頭出し行動の発現がその後の脱柵につながると報告されている（深澤ら 2008）ものの、本研究では山羊の頭出し行動による食草行動は脱柵に必ずしも結びつかなかった。電柵とは、それに触れると電気刺激を受けることを牛に学習（馴致）させることによって心理的な障壁として脱柵を防ぐものである（McDonaldら 1981）。経験区では

電柵への接触はほとんどなく、脱柵も観察されなかったことから、電柵に対する忌避学習がこれまでの放牧経験の中で十分に成立したものと推察された。これに対し、未経験区では放牧当日に電柵に触れ、混乱状態に陥り、柵外へ脱走する状況が繰り返し観察されたものの、放牧3日目以降、放牧地内の草量が大幅に低下したにもかかわらず、電柵への接触ならびに脱柵は1頭も観察されなかった。したがって、放牧直後の電柵への接触を通じて電柵に対する忌避学習が成立したものと考えられた。

電柵への効果的な馴致方法を検討するため、放牧前に山羊を柵内で繋牧し、電柵に触れさせて忌避学習させたところ、その後の脱柵防止に繋がることが示唆された。ただし、放牧当日に脱柵した個体もいたことから、少なくとも1日間は繋牧を続け、電柵に対して十分に馴致させることが重要であると考えられた。繁殖牛に対する電柵の効果的な馴致方法として、福井と西内（2004）は電柵内での馴致では感電時に脱柵する恐れがあるため、馴致場所と牛の避難場所（牛舎）との行き来が可能であるような牧柵の設置を提唱している。本研究では、馴致場所内に庇陰舎を設置していたものの、馴致の際には山羊を繋留していたため、自由に庇陰舎への行き来が出来ない状態であった。今後、山羊舎と電柵を隣接して設定し、放飼した状態で電柵に馴致させる方法を追究する必要がある。

第5章において、山羊を利用した農地または耕作放棄地の生態的植生管理技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、放牧時における山羊および牛の採食行動を比較するとともに、耕作放棄水田跡地および樹園地において山羊の定置放牧を行い、除草効果および野草選択性について検討した。

強害雑草の1つであるギシギシに対する採食植物頻度は牛よりも山羊で高く、SIはいずれも負の値であったものの、放牧初期および後期ともに牛に比べて山羊で小さい値を示した。反芻家畜による草類の嗜好性に対しては、味覚が大きく関与しており、この感覚を刺激するものとして化学物質の存在が知られている（土肥 1996；小西と廣田 1998）。ギシギシには、忌避物質の1つであるえぐ味を呈するシュウ酸（猪谷ら 1999；和泉 2005）が多く含まれており（西田 1995）、放牧家畜はギシギシを好まないことが示唆されている（梨木ら 1991；藤井と橋爪 2005；伊藤 1993）。一方、山羊はシュウ酸を含むスイバを選択採食することが報告されている（福田 2008）。また、小西と廣田（1998）は山羊を用いた舎飼い給与試験においてイタリアンライグラスやトールフェスクといった牧草よりもギシギシの嗜好性が高かったと報告している。さらに、中西ら（2011）は山羊のギシギシに対する嗜好性はススキやセイタカアワダチソウよりも高く、必ずしも低くないことを示してい

る。本研究では、スイバと同じタデ科であるギシギシに対して牛および山羊いずれも好まない傾向がみられたものの、牛に比べて山羊でギシギシに対する忌避の程度が小さい傾向を示したことから、シュウ酸に対する味覚的な耐性は牛よりも山羊で高いものと推察された。牧草は生育段階の進行に伴い、化学成分が変動し、家畜による嗜好性も変化するとされている（雑賀 1990）。そこで、ギシギシのシュウ酸含量について生育に伴う変化を明らかにし、それと山羊の採食性との関係を検討した結果、山羊はギシギシの生育段階と関係なく採食しており、ギシギシ中の可溶性および不溶性シュウ酸含量と山羊の採食性との間に明確な関連は認められなかった。したがって、ギシギシ中のえぐ味は山羊の採食性にほとんど影響を及ぼさないことから、山羊によるギシギシ抑圧の可能性が期待され、ギシギシを積極的に採食する山羊の育種・選抜や育成（例えば、飼料刷り込みなど）について検討することが今後の課題である。

セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地に山羊を放牧したところ、この草に対する山羊の選択性は必ずしも高くなかったものの、山羊放牧による除草効果が得られた。セイタカアワダチソウに対する山羊の選択性が必ずしも高くなかったことについては、草高がすでに 100 cm を超えており、生育段階も進んでいたことから、茎の硬化が生じたものと推察された。そこで、セイタカアワダチソウの生育段階と山羊の選択性との関係と検討したところ、栄養生長期初期のものよりも栄養生長期後期のものを忌避したことから、セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地において山羊放牧による高い除草効果を期待するには、生育初期に放牧することが望ましいと考えられた。

ツバキ見本園においては山羊放牧による除草効果は顕著にみられるとともに、樹木に絡みつく蔓性植物を採食することが確認された。蔓性植物は樹園地に侵入すると、栽培樹木との間で養分および水分競合を引き起こすだけでなく、樹幹を覆った場合には遮光により樹体の成長を阻害することが知られている（伊藤 1993）。したがって、樹園地における山羊放牧は地表面の植生管理だけでなく、樹木に巻き付いた蔓性植物に対しても有効であることが示唆された。一方で、放牧山羊によるツバキの樹葉および枝に対する採食が観察され、2年間を通じての被害率は 4.3% であった。剥皮は樹木の枯死を招くことが多い傷害である（農林水産技術会議事務局 1984）ものの、本研究で認められた被害率は 4.3% と低く、試験終了後にツバキの枯死も確認されなかったことから、山羊による被害の程度はごく小さいものと考えられた。ツバキはタンニンの 1 種であるカテキン類を葉部に含み（永田 1986）、渋味を呈するタンニンは山羊の採食性を低下させると報告されている（土肥 1996）。

一方、タンニン含量は採食性に関係しないことも報告されている（福田 2001）。本研究では山羊による樹葉の採食が確認され、福田（2001）の報告を裏付ける結果となった。一般に、ツバキ栽培では、地面近くの枝葉が病害虫の温床となるのを防ぐために地上 30 cm 以内を剪定し、隙間を空ける作業が必要とされており（安藤 1971）、本研究では、放牧山羊が下層の枝葉を採食したことでこの剪定作業を代替し、ツバキ園の植生管理の省力化が図れたが、同時に山羊が後肢立ちで高さ 100 cm 以上に位置する枝葉を採食する状況も観察された。したがって、今後、放牧山羊がツバキの上層部を採食出来ない方法を検討する必要がある。

以上、本研究の結果から、舎飼いで山羊を群管理する場合、飼養施設（飼育密度および給餌台）や給餌方法（飼槽の数やその間隔）の改善により飼料採食競合を緩和する可能性が示唆された。また、山羊を放牧する場合、ネット牧柵よりも電柵を用いることが望ましく、前日に牧柵内繫牧による馴致を行うことで、その後の脱柵を防止し得ることが示唆された。さらに、農林地および耕作放棄地において山羊放牧による除草効果が認められた。

わが国における山羊の飼養実態、舎飼い山羊群における飼料採食競合の緩和方法の開発、放飼山羊の行動特性の解明と対応ならびに山羊放牧による農林地または耕作放棄地の雑草抑圧の可能性について重要な知見を得ることが出来た。このように、舎飼いだけでなく、放牧上の問題、解決の糸口となる知見が得られたことは意義深い。近年、山羊への関心が高まり、除草利用や乳生産のために飼養希望者が増えている（中西 私信）一方、島嶼地域では山羊飼養者の高齢化や粗放管理により管理不行届きとなってしまう、野生化した山羊が植生破壊や土壌流亡を惹起することが深刻な問題となっている（高山と中西 2014）。後者については、山羊の放牧に関する情報が少なかったり、放牧技術の確立が不十分であったりすることも一因と考えられ、新規飼養者にとっても舎飼い時の群管理や放牧管理向上のための知見は重要であり、本研究の成果は合理的飼養技術の確立に寄与するものと考えられる。

要 約

本研究は山羊の合理的飼養技術を開発するための基礎的知見を得ることを目的とし、わが国における山羊の飼養管理上の問題点と課題を明らかにするとともに、群管理上の問題となる飼料採食競合の緩和方法、放牧管理上の問題となる脱柵の防止技術および山羊を利用した生物的雑草防除法について検討したものである。

1. わが国における山羊の飼養実態

わが国における山羊の飼養上の問題点の解決と合理的な飼養技術の確立に向けた基礎的知見を得る目的で、山羊飼養者を対象としてアンケート調査を実施し、山羊の飼養目的、飼養規模、給与飼料および放牧管理上の問題点などを明らかにした。その結果、山羊の飼養目的は除草、乳生産、伴侶動物、教育および肉生産と多様であり、特に前2者が多かった。飼養規模は10頭/戸以下の舎飼い中心であることが推察されるとともに、舎飼い時の適正飼育密度および放牧時の脱柵防止対策に関する情報蓄積が必要であることが示唆された。

2. 舎飼い山羊群における行動的問題とその緩和方法の開発

舎飼い山羊群における行動的問題の緩和方法を開発することを目的とし、舎飼い条件下の成雄および成雌山羊群における飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、飼育密度、給餌方法または給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した。

舎飼いされた成雄および成雌山羊の各3頭群(3.7 m²/頭)において、採食時間、採食順番待ち(社会的劣位個体が採食の順番を待つ)時間ならびに採食1回当たりの平均持続時間(以下、MET)を給餌後2時間計測し、飼料採食競合の実態を明らかにするとともに、優劣順位や性差との関連について検討した。その結果、闘争行動に占める攻撃行動型割合は雌群(平均24.3%)に比べ、雄群(平均47.1%)で有意に高く(P<0.05)、雄群で威嚇行動が多い傾向が認められた。また、劣位個体から優位個体への反撃は極めて少なかったことから、社会的順位型は相対的直線順位型よりもむしろ絶対的直線順位型に近いものと考えられた。採食時間は雄の2群および雌の1群において3位個体で短い傾向が認められたものの、採食1回当たりの平均持続時間と優劣順位との間に明確な関連性はみられなかった。また、最劣位個体の採食順番待ち時間は最優位個体のそれと比べ、有意に長かった(P<0.05)。したがって、舎飼い山羊群における飼料採食時の攻撃性は雌雄間で異なるとともに、最劣位個体が十分に採食出来ないことが示された。

上記試験と同頭数の山羊を供試し、飼育密度（2, 4 および 8 m²/頭）が飼料採食競合に及ぼす影響を検討した結果、飼育密度と闘争行動、採食時間もしくは最劣位個体の MET との間に関連は認められなかったが、雄および雌群ともに各 2 群において高密度（2 m²/頭）条件下に比べて中密度（4 m²/頭）および低密度（8 m²/頭）条件下で採食順番待ち時間が短くなる傾向が認められた（ $P<0.10$ ）。また、飼槽の数が飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、1 頭当たり 1 個以上の飼槽を設置することで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなるものの、その効果に雌雄間差が認められ、特に、雄群において飼料採食競合を緩和する効果が顕著であることが示された。さらに、飼槽の配置間隔が飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、飼槽を 1.6m 離して配置することで、雄および雌群ともに攻撃行動型割合が低下し、雄 1 群および雌 3 群の最劣位個体の MET が有意に増加する（ $P<0.05$ ）とともに、雄 2 群および雌 3 群の最劣位個体の採食順番待ち時間が有意に減少した（ $P<0.05$ ）。したがって、飼槽の配置間隔を 1.6m に広げることで、最劣位個体にとって採食の機会が得易くなり、飼料採食競合が緩和されるとともに、その効果に雌雄間差は認められないことが示された。

各 3 頭から構成された成雌 4 群において、給餌台の設置が飼料採食競合に及ぼす影響を検討したところ、全群で攻撃行動型割合および採食時間に処理区間差は認められなかったが、給餌台の設置区において 2 群の最劣位個体の MET が有意に増加する（ $P<0.05$ ）とともに、採食時間順番待ち時間が有意に減少した（ $P<0.05$ ）。したがって、山羊群への給餌台の設置は飼料採食競合の緩和に有効であり、特に給餌台の高さを目線高の 2 倍にすることがより効果的であることが示された。

以上より、舎飼いの成雄および成雌山羊群において採食時間に顕著な順位間差はみられなかったものの、採食行動は部分的に優劣順位の影響を受け、両群ともに採食順番待ち時間の長い最劣位個体においては採食の機会が少なく、十分に飼料を摂取出来ていないものと推察された。また、飼槽数の増加またはその配置間隔の拡張、飼育密度の低下あるいは給餌台の設置によって飼料採食競合を緩和する可能性が示唆された。

3. 放飼山羊の行動特性の解明と行動的問題への対応

山羊の合理的放牧技術の確立に向けた基礎的知見を得ることを目的とし、山羊の障害物に対する跳躍およびくぐり抜け能力を明らかにするとともに、ネット牧柵および電柵に対する山羊の行動反応を検討し、放飼経験が山羊の脱柵行動に及ぼす影響ならびに放飼未経験山羊に対する馴致方法を検討した。山羊の跳躍およびくぐり抜け能力については、山羊

は地上高 60cm までの柵を飛び越え、高さ 90cm の跳躍台から 110cm の柵を飛び越え、地面から 25cm までの柵の下端をくぐり抜けることが可能であった。ネット牧柵の場合、放飼経験の有無と脱柵の成否との間に有意な相関はみられず、放飼経験があっても脱柵する可能性が高いことが示唆された。一方、電柵への忌避学習が成立した山羊は放牧 2 日目以降、脱柵しなかったことから、放飼未経験山羊に対しては、少なくとも 1 日以上牧柵内に繋牧して電柵に触れさせて馴致することで、その後の脱柵防止につながることを示唆され、その学習効果は少なくとも 1 年間持続するものと推察された。

4. 山羊放牧による農林地および耕作放棄地の雑草抑圧の可能性

山羊を利用した草地、耕作放棄地および樹園地の植生管理技術を確立する上での基礎的知見を得ることを目的とし、草地や耕作放棄地に山羊を放牧した場合のエゾノギシギシ (*Rumex obtusifolius* L.) (以下、ギシギシ) やセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* L.) 抑圧の可能性を明らかにするとともに、ツバキ (*Camellia japonica* L.) 見本園における除草効果についても検討した。各植物の相対積算優占度 (SDR₂) と山羊の採食植物頻度から算出した山羊の各植物に対する Ivlev の選択性指数 (SI) に基づいて、草地における牛と山羊の採食行動を比較するとともに、耕作放棄地における山羊の野草選好性を調べた。草地において牛および山羊ともにギシギシに対する SI は負の値であったものの、後方で小さかった。したがって、牛および山羊ともにギシギシを好まない傾向が認められたものの、後方でその程度が小さかったことから、後者は前者ほど強くギシギシを忌避しないことが示唆された。また、ギシギシ中の忌避物質 (えぐ味) とされているシュウ酸含量と山羊の採食性との間に明確な関連は認められなかった。栄養生長初期のセイタカアワダチソウに対して山羊は選好性を示したが、栄養生長後期のそれには忌避を示すことが明らかとなった。したがって、セイタカアワダチソウが優占する耕作放棄水田跡地において山羊放牧による高い除草効果を期待するには、生育初期に放牧することが望ましいと考えられた。ツバキ見本園においては、山羊放牧による除草効果が示されたものの、ツバキへの被害も認められたことから、食害や剥皮の防止対策が必要であると考えられた。

以上より、舎飼いで山羊を群管理する場合、飼養施設 (飼育密度および給餌台) や給餌方法 (飼槽の数やその間隔) の改善により飼料採食競合を緩和する可能性が示唆された。また、山羊を放牧する場合、ネット牧柵よりも電柵を用いることが望ましく、前日に牧柵内繋牧による馴致を行うことで、その後の脱柵を防止し得ることが示唆された。さらに、農林地および耕作放棄地において山羊放牧による除草効果が認められた。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、終始多大な御指導、御教示を頂いた鹿児島大学農学部の中西良孝教授および高山耕二准教授に深く感謝致す。また、本論文をとりまとめるに当たり、有益な御助言と御校閲の労を賜った琉球大学農学部の川本康博教授、佐賀大学農学部の和田康彦教授および鹿児島大学農学部の大島一郎准教授に謝意を表す。

本研究を実施するに当たり、多大な御協力を頂いた鹿児島大学農学部附属農場の片平清美技術専門職員、松元里志技術専門職員、廣瀬 潤技術専門職員、野村哲也技術専門職員、富永 輝技術職員および田浦一成技術職員に深謝致す。本研究の実施に当たり、試験地をご提供頂いた鹿児島市郡山町在住の福永大悟氏、鹿児島市花尾町南泉院の宮下亮善住職に深く感謝する。さらに、アンケート調査にご協力頂いた全国山羊ネットワーク会員の皆様に謝意を表す。そして、本研究を遂行するに当たり、時間を惜しまずにご協力を頂いた花田信太郎氏、永吉梨沙氏および高橋 浩氏をはじめとする家畜管理学研究室の卒業生、学生の皆様、様々な面で便宜を図って頂いた中島容子前事務職員、有村美枝子事務職員に心から感謝致す。

参考文献

- 阿部 亮. 2008. 農学基礎セミナー 新版家畜飼育の基礎. 235pp. 農山漁村文化協会. 東京.
- Addison WE and Baker E. 1982. Agonistic behavior and social organization in a herd of goats as affected by the introduction of non-members. *Applied Animal Ethology*, 8: 527-535.
- Aichi AE. 2003. News from Morocco. *International Goat Association Newsletter*, 25: 20-24.
- Andersen IL, Bøe KE and Kristiansen AL. 1999. The influence of different feeding arrangement and food type on competition at feeding in pregnant sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 65: 91-104.
- 安藤芳顕. 1971. つばき 名花の紹介と栽培. 148-155. 保育社. 大阪.
- Andrew MH. 1986. Selection of plant species by cattle grazing native monsoon tallgrass pasture at Katherine. N.T. *Tropical Grasslands*, 20: 120-127.
- 安西徹郎・松本直治. 1988. 水田の休耕にともなう雑草の発生状況と土壌の変化. 千葉県農業試験場研究報告, 29: 93-104.
- 有田博之. 2005. ウシの放牧がもつ耕作放棄田の管理機能と土地利用. 農業土木学会論文集, 235: 51-58.
- 朝日田康司. 1997. 第9章 羊・山羊の行動. 改訂版家畜行動学. 187-206. 三村 耕 編. 養賢堂. 東京.
- Aschwanden J, Gygax L, Wechsler B, Keil NM. 2009a. Loose housing of small goat groups: Influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 119: 171-179.
- Aschwanden J, Gygax L, Wechsler B, Keil NM. 2009b. Structural modifications at the feeding place: Effects of partitions and platforms on feeding and social behaviour of goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 119: 180-192.
- Barroso FG, Alados CL, Boza J. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science*, 69: 35-53.
- Beilharz RG, Butcher OF, Freeman AF. 1966. Social dominance and milk production in Holsteins. *Journal Dairy Science*, 49: 887-892.
- Bøe KE and Andersen IL. 2010. Competition, activity budget and feed intake of ewes when

- reducing the feeding space. *Applied Animal Behaviour Science*, 125: 109-114.
- Bouissou MF. 1970. Role du contact physique dans la manifestation des relations hierarchiques chez les bovins. consequences pratiques. *Annales de Zootechnie*, 19(3): 279-285.
- Devries TJ and von Keyserlingk MA. 2006. Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89: 3522-3531.
- 土肥宏志. 1996. 草食家畜の嗜好性と化学因子. *日本畜産学会報*, 67: 314-321.
- 江口祐輔. 2003. イノシシはどこまで跳べるか—被害防止対策研究—. *農業および園芸*, 78: 34-38.
- Environmental Information & Communication Network. 2013. 自然科学者と NGO が設立をリード [2014 年 1 月 14 日参照] <http://www.eic.or.jp/library/pickup/pu030821.html>.
- Estevez I, Andersen I, Nævdal E. 2009. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Behaviour Science*, 103: 185-204.
- FAO Statistics Division. 2012. Goats, Live Animals, Production, FAOSTAT. [homepage on the Internet]. Food and Agriculture Organization, Rome; [cited 23 April 2012]. Available from URL: <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>
- Fox TW and Clayton JT. 1960. Population size and density as related to laying house performance. *Poultry Science*, 39: 896-899.
- Fregonesi JA and Leaver D. 2002. Influence of space allowance and milk yield level on behavior, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle system. *Livestock Production Science*, 78: 245-257.
- Friend TH, Polan CE, Mcgilliard ML. 1977. Free stall and feed bunk requirements relative to behavior, production and individual feed intake in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 62: 108-116.
- 藤井義晴・橋爪 健. 2005. 牧草・飼料作物および雑草に含まれる有害物質と家畜中毒. *牧草と園芸*, 53: 9-13.
- 深澤 充・小針大助・小迫孝実・笈川久美子・塚田英晴. 2008. 黒毛和種繁殖雌牛が電気牧柵から脱柵するまでの行動過程. *日本畜産学会報*, 79: 535-541.
- 福田栄紀. 2001. ヤギや牛の放牧が森林伐採跡の植生変化に及ぼす影響—森林地帯にシバ草原が成立するしくみ—. *日本草地学会誌*, 47: 436-442.
- 福田栄紀. 2008. 放牧利用される放棄農林草地でのスイバに対するヤギと牛の採食特性.

- 日本草地学会誌, 54: 40-44.
- 福井弘之・西内宏一. 2004. 繁殖牛の電気牧柵馴致時における脱柵防止方法. 近畿中国四国農業研究成果情報, 429-430.
- Goatcher WD and Church DC. 1970a. Taste responses in ruminants III. Reactions of pygmy goats, normal goats, sheep and cattle to Sucrose and Sodium Chloride. *Journal of Animal Science*, 31: 364-372.
- Goatcher WD and Church DC. 1970b. Taste responses in ruminants. IV. Reactions of pygmy goats, normal goats, sheep and cattle to acetic acid and quinine hydrochloride. *Journal of Animal Science*, 31: 373-382.
- Hart BL. 1985. Social organization, communication, and aggressive behavior. In: *The Behavior of Domestic Animals*. W.H. Freeman and Company. New York. 15-60.
- 早川博文. 1985. 生物的防除を中心とした草地の雑草防除. 畜産の研究, 39: 3-9.
- 林 治雄. 1994. 草地のギシギシから解放する ヤギと牛との組み合わせ放牧. 現代農業, 6: 242-245. 農山漁村文化協会. 東京.
- 北海道新聞. 2006. シバヤギのくらはら*地上3メートルの餌場でのんびり食事. [2015年3月14日参照] http://asahikawa.hokkaido-np.co.jp/asahiyama_doubutsuen_dayori/20060804.html.
- 細川吉晴. 1987a. 草地利用のための牧柵設計 I. 牧柵構造が放牧牛の頭出し行動に及ぼす影響. 日本草地学会誌, 32: 395-401.
- 細川吉晴. 1987b. 草地利用のための牧柵設計 II. 牧柵架線の弛みが放牧牛の脱柵行動に及ぼす影響. 日本草地学会誌, 32: 402-407.
- 細川吉晴. 1988a. 草地利用のための牧柵設計 III. 柵柱間隔が放牧牛の頭出し行動に及ぼす影響. 日本草地学会誌, 33: 402-408.
- 細川吉晴. 1988b. 草地利用のための牧柵設計 IV. 育成牛群に対する有刺鉄線牧柵の隔離機能. 日本草地学会誌, 34: 226-233.
- Huon F, Meunier-Salatun MC, Faure JM. 1986. Feeder design and available feeding space influence the feeding behaviour of hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 15: 65-70.
- 市原清志. 1990. バイオサイエンスの統計学. 378pp. 南江堂. 東京.
- 今井明夫・中西良孝. 2015. ヤギによる除草の現状と課題. 調査研究情報誌 ECPR, 36(1): 11-20.

- 井上雅央・金森弘樹. 2006. 山と田畑をシカから守る おもしろ生態とかしこい防ぎ方. 134pp. 農山漁村文化協会. 東京.
- 石井 幹・西沢 誠・久保田義正・金井秀明. 1987. 乳用種去勢牛の放牧行動 VIII 補助飼料の採食時間. 家畜の管理, 22: 89-94.
- 猪谷富雄・藤田琢也・玉置雅彦・黒柳正典・藤井義晴. 1999. シュウ酸を多く含む植物のアレロパシー活性の検索. 雑草研究, 44: 316-323.
- 伊藤 巖・早川康夫. 佐藤康夫. 高畑 滋. 宮下照光. 1969. 肉用牛の放牧と草地の管理 第 I 報 野草地と牧草地における肉用牛と乳用牛の採食行動について. 北海道農業試験場彙報, 94: 61-72.
- 伊藤操子. 2006. 雑草学総論. 354pp. 養賢堂. 東京.
- 和泉眞喜子. 2005. シュウ酸のえぐ味に及ぼす塩化ナトリウムならびに粘性の影響. 日本調理科学会誌, 38: 362-367.
- 和泉眞喜子・高屋むつ子. 2008. コーヒーの味に及ぼす抽出条件およびクロロゲン酸量の影響. 日本調理学会誌. 41: 257-261.
- Jaudas U. 1989. The New Goat Handbook. 20-27. Barron's Educational Series, Inc. New York, USA.
- Jørgensen GHM, Andersen IL, Bøe KE. 2007. Feed intake and social interactions in dairy goats—The effects of feeding space and type of roughage. Applied Animal Behaviour Science, 107: 239-251.
- 家畜改良センター. 2009. 未利用地を活用した放牧技術マニュアル. 40pp. 独立行政法人家畜改良センター. 東京.
- Kakihara H, Ishikawa R, Masuda Y, Nakano Y, Izumi K, Horie C, Furusawa H, Shimojo M. 2015. The effects of individual components of an electrified wire fence on avoidance behavior by goats. Animal Behaviour and Management, 51: 121-130.
- 兼田朋子・馬場 正・大坪孝之・池田富喜夫. 2004. ゴレンシ (*Averrhoa carambola* L.) におけるシュウ酸含量の品種間差異およびシュウ酸合成関連酵素活性. 園芸学研究. 3(4): 415-419.
- 加納康彦. ヤギ—その起源, 特性と品種. 1995. 畜産の研究. 49: 123-131.
- 川端勇作. 1977. 緑化工に利用し易いつる性植物とその特性. 緑化工技術, 4: 17-21.
- 河原 聡. 1999. 山羊を見直す—全国山羊サミット (9) —山羊乳と食品アレルギー—. 畜

- 産の研究, 53: 973-976.
- 城戸 英・石若礼子・飛佐 学・重盛 進・後藤貴文・増田泰久. 2003. ヤギを放牧した
荒廃果樹園の植生変化. 日本草地学会九州支部会報, 33: 23-29.
- 金 海麗・田中 隆・河野 功・藤岡稔大・吉田 都・石丸幹二. 2006. セイタカアワダ
チソウの組織培養とポリフェノール類生産. 日本食品化学学会誌, 13: 136-140.
- 岸根卓郎. 1981. 理論・応用統計学. 377-381. 養賢堂. 東京.
- 北原 徳久. 1991. 牛一山羊の混牧による雑草および雑かん木の防除. 日本の肉牛. 24: 23-34.
- 小針大助・小迫孝実・笈川久美子・深澤 充・塚田英晴. 2007. 放牧牛における電気牧柵
の脱柵様式とその心理柵としての効果. 日本畜産学会報, 79: 73-78.
- 近藤誠司. 1987. 牛群の行動適応に関する研究. 北海道大学農学部邦文紀要, 15: 192-233.
- 小西 愛・廣田秀憲. 1998. 山羊を用いた草類の嗜好性について. 新潟大学農学部研究報
告. 51: 35-42.
- 黒崎順二・片寄 功・加藤国雄. 1965. 放牧時における補助飼料の摂取と牛の角つきの順
位. 中国農業試験場報告 B 畜産部, 12: 43-48.
- 黒崎順二. 1976. 家畜における順位について. 日本畜産学会報, 47: 1-4.
- 黒崎順二. 1997. 第 4 章 社会行動. 改訂版家畜行動学. 三村 耕 編. 57-78. 養賢堂.
東京.
- 黒澤祝子. 1986. ナスの渋味におよぼす食用油の影響. 日本調理学会誌, 19: 119-124.
- 萬田正治. 2000. ヤギ 取り入れ方と飼い方 乳肉毛皮の利用と除草の効果. 150pp. 農山
漁村文化協会. 東京.
- 萬田正治・直 則光・堅田 彰. 1980. ススキサイレージの飼料価値. 鹿児島大学農学部
学術研究報告, 30: 63-69.
- 萬田正治・河井達志・福永達也. 1983. 薩南諸島における山羊の経営と飼養実態. 鹿児島
大学農学部学術報告, 33: 109-122.
- 萬田正治・佐藤充徳・黒肥地一郎. 1989. 電牧用電線の色に対する牛の行動反応. 日本畜
産学会報, 60:236-239.
- 的場和弘. 2010. ヤギによる耕作放棄地の植生管理. 農業および園芸, 85(1): 45-54.
- 松沢安夫・萩谷和典. 1991. 放飼下におけるヤギの採食行動に及ぼす優劣順位の影響. 茨
城大学農学部学術報告, 39: 1-6.
- 松沢安夫・白石利郎. 1992. 放飼下におけるヤギの敵対行動と優劣順位. 日本畜産学会報,

63: 503-513.

McDonald CL, Beilharz RG, McCutchan JC. 1981. Training cattle to control by electric fences.

Applied Animal Ethology, 7: 113-121.

三村 耕・森田琢磨. 2001. 第2章 家畜環境管理論. 家畜管理学. 85-87. 養賢堂. 東京.

三浦慎悟. 1994. 日本の哺乳類. 阿部 永監修. 195pp. 東海大学出版. 東京.

Mohammed HH. 2014. Effect of some managerial practices on behaviour and performance of Egyptian balady goats. *Global Veterinaria*, 13: 237-243.

森田琢磨. 1997. 第6章 行動と施設・設備. 改訂版家畜行動学. 三村 耕 編. 122-137. 養賢堂. 東京.

森田聡一郎. 2011. III 我が国の草地・飼料畑における強害雑草とその防除法. *グラス&シード*, 27: 27-42.

森田昌孝・吉田宣夫・小山浩正・堀口健一・高橋敏能. 2013. ヤギにおける林地内低木樹葉の嗜好性. *山形大学紀要 (農学)*, 16: 221-228.

日本草地学会 編. 2004. 草地科学実験・調査法. p. 186-191. 社団法人 畜産技術協会. 東京.

永田忠博. 1986. ツバキ属植物における葉中の茶有用成分に関する研究. 茶業試験場研究報告. 21: 59-116.

仲地宗俊. 1999. 食料・農業・農村基本法の制定について. *沖縄農業*. 34: 54-58.

中西良孝. 2005. ヤギ. 畜産の研究, 59: 3-8.

中西良孝監修. 2009. ヤギ飼いになる. 128pp. 誠文堂新光社. 東京.

中西良孝. 2014. 1. ヤギの起源と品種. ヤギの科学. 中西良孝 編. 1-10. 朝倉書店. 東京

中西良孝・萬田正治. 1996. アジアにおける山羊飼養の現状と今後の課題. 畜産の研究, 50: 29-34.

中西良孝・岩崎 円・萬田正治. 1996. 旨味 (グルタミン酸ナトリウムおよび 5'-イノシン酸ナトリウム) に対する牛の味覚反応. *日本畜産学会報*, 67: 561-566.

中西良孝・岡元孝太郎・萬田正治. 2002. 山羊を利用した林地の植生管理—放牧圧の違いが林内植生に及ぼす影響—. *西日本畜産学会報*, 45: 79-83.

中西良孝・山市康生. 2004. 山羊の放牧による果樹園地の持続的植生管理. 鹿児島大学全学合同研究プロジェクト 大地・食・人間の健康を保全する環境革命への試行. No.7 平

成 15 年度研究成果報告書) :9-21

中西良孝・今里みどり・岡元孝太郎・高山耕二・萬田正治. 2011. 山羊による林床野草植物の嗜好性. 鹿児島大学農学部附属農場研究報告, 33: 1-8.

梨木 守. 1992. 新播草地におけるエゾノギシギシの生態と防除に関する基礎的研究. 雑草研究, 37: 97-104.

梨木 守・須山哲男・目黒良平・加藤忠司. 1991. 放牧草地におけるエゾノギシギシの乾物消化率, 含有成分とその問題点. 雑草研究, 36: 118-125.

National Research Council. 1981. Nutrient Requirement of Goats. National Academy Press, 10-12. Washington D.C.

日本緬羊協会. 1999. 平成 10 年度めん羊・山羊の特定疾病対策事業 山羊市場実態調査報告書. 社団法人 日本緬羊協会. 東京.

西田智子. 1995. 草地の有害雑草エゾノギシギシ除去法. 畜産の研究, 49: 47-50.

丹羽太左衛門. 1994. 第 9 章 環境と行動. 養豚ハンドブック. 463-464. 養賢堂. 東京.

農業・食品産業技術総合研究機構. 2009. よくわかる移動放牧 Q&A. 115pp. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構. 広島.

農政ジャーナリストの会. 2002. 再生なるか! 日本の畜産. 158pp. 農林統計協会. 東京.

農林水産技術会議事務局. 1984. 山地畜産技術マニュアル 第 1 編. 山地畜産の基本と共通技術. 52-55. 農林水産省. 東京.

農林水産省. 1999. 食料・農業・農村基本法. 農林水産省, 東京都[2014 年 11 月 19 日参照]. URL:<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo02/newblaw/newkihon.html>

農林水産省生産局. 2007. 草地開発整備事業計画設計基準. 353pp. 社団法人 日本草地畜産種子協会. 東京.

農林水産省. 2010. 酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針・家畜改良増殖目標等. 農林水産省. 東京都 [引用 2014 年 5 月 14 日]. URL:http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/rakuniku_kihon_houshin.html

農林水産省編. 2013. 平成 25 年版 食料・農業・農村白書. 414pp. 財団法人 農林統計協会. 東京.

農林水産省. 2014. 食料需給表. 17pp. 農林水産省. 東京.

農山漁村文化協会文化部. 1978. 戦後日本農業の変貌—成りゆきの 30 年—. 244pp. 農山漁村文化協会. 東京.

- 野澤 謙. 1993. I. 家畜・畜産と畜産物 1. 家畜. 新版畜産学. 1-120. 森田琢磨 編. 文英堂. 東京.
- 沼田 真・吉沢長人. 1997. 新版・日本原色雑草図鑑. 136pp. 全国農村教育協会. 東京.
- 小川 尚. 1989. 行動の生理学. 味覚と行動の項執筆. 久保田 競・小野武年編. 68-79. 医学書院. 東京.
- 岡本智伸. 2004. 種組成・生活型組成. 日本草地学会(編). 草地科学実験・調査法. 186-191. 社団法人 畜産技術協会. 東京.
- 岡野誠一・岩元守男. 1989. 林野植物に対する放牧家畜の採食嗜好性. 林業試験場研究報告. 353: 177-211.
- 雑賀 優. 1990. 牧草草種・品種間にみられる採食性の差異およびそれに影響を及ぼす要因. 日本草地学会誌. 36: 60-66.
- 佐藤健次・野本達郎・梨木 守. 1988. 混播草地における黒毛和種繁殖牛の放牧密度が家畜の発育および草地に及ぼす影響. 草地試験場報告, 39: 56-64.
- 佐藤寿樹. 2008. 中山間地域の発展戦略. 四方康行 編著. 175-191. 農林統計協会. 東京.
- Schein MW and Fohrmann MH. 1955. Social dominance relationship in herd of dairy cattle. *British Journal of Animal Behaviour*, 3: 45-55.
- Scott JP. 1948. Dominance and the frustration-aggression hypothesis. *Physiological Zoology*, 21: 31-39.
- Siegel HS. 1959. Egg production characteristics and adrenal function in white leghorns confined at different floor space levels. *Poultry Science*, 38: 893-898.
- 敷根忠昭. 1999. 山羊を見直す—全国山羊サミット(6)—鹿児島県十島村における山羊肉利用—. 畜産の研究, 53: 684-688.
- Shinde AK, Verma DL, Singh NP. 2004. Social dominance-sub-ordinate relationship in a flock of Marwari goats. *Indian Journal of Animal Sciences*, 74: 216-219.
- 新城明久・宮城 満. 下地孝志. 1978. 沖縄肉用ヤギの飼養実態, 外部形態的遺伝形質および体型. 日本畜産学会報, 49: 413-419.
- 新城明久. 2010. 沖縄の在来家畜 その伝来と生活史. 151pp. ボーダーインク. 沖縄.
- 須藤裕之・菱田次幸. 2010. わが国の食料自給率と食品ロスの問題について. 名古屋文理大学紀要, 10: 127-138.
- 鈴木省三. 1971. 乳牛の行動. 日本畜産学会報, 42: 363-370.

- 鈴木邦彦. 1989. 最近における樹園地雑草防除の諸問題. 農業技術, 44: 415-419.
- 高山耕二・岩崎ゆう・福永大悟・中西良孝. 2009a. 山羊放牧による水田畦畔の植生管理. 鹿児島大学農学部学術報告, 59: 13-19.
- 高山耕二・岩崎ゆう・福永大悟・中西良孝. 2009b. 耕作放棄水田跡地における山羊の除草利用. 鹿児島大学農学部学術報告, 59: 21-27.
- 高山耕二・中西良孝・赤井克己. 2012. 牧場採草地におけるシカ害防除(1)～物理的防護柵を利用したシカ侵入防止策～. 畜産の研究, 66: 271-275.
- 田中智夫・中西良孝. 2005. めん羊・山羊技術ハンドブック. 247pp. 社団法人 畜産技術協会. 東京.
- 田野良衛・針生程吉・岩崎和雄. 1979. セイタカアワダチソウの組成と山羊による消化率. 畜産試験場報告, 35: 87-90.
- 渡嘉敷綏宝. 2001. 沖縄の山羊. 184pp. 那覇出版社. 沖縄.
- 堤 道生. 高橋佳孝・西口靖彦・惠本茂樹・伊藤直弥・佐原重行・吉村知子・渡邊貴之. 2009. 優占種の異なる耕作放棄地および野草地における野草の飼料価値. 日本草地学会誌, 55: 242-245.
- 宇佐川智也・石橋 晃. 2007. 飼料学(39) —V産業動物—VI反芻動物—(9). 畜産の研究, 61: 805-808.
- 卯城 光・加藤元海. 2012. 耕作放棄地における生後1年未満のヤギの放牧と除草効果. 黒潮圏科学, 5: 147-154.
- 山本嘉人・平野 清・中西雄二・振動和政・萩野耕司. 2002. ヤギによる傾斜草地の火入れ防火帯作り. 日本草地学会九州支部会報, 32: 22-24.
- 山野洋一・山尾春行・野口 孝. 1981. ブロイラーのウィンドウレス鶏舎利用体系に関する研究. 収容密度に関する研究(第1報). 山口県畜産試験場研究報告, 1: 78-85.
- 吉田 実・阿部猛夫監修. 1984. 畜産における統計的方法. 320pp. 社団法人中央畜産会. 東京.
- 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・石倉文男・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方法について中国農業試験場報告B, 17: 1-26.
- 吉川省子・長崎裕司・川嶋浩樹・豊後貴嗣・野中瑞生. 1999. 山羊を見直す—全国山羊サミット(10) 山羊の役利用—遊休・耕作放棄地の雑草防除—. 畜産の研究, 53: 1094-1100.

吉村真司・松岡 淳. 2012. 耕作放棄地対策としての山羊放牧のコストと普及可能性. 愛媛大学農学部紀要, 57: 55-64.

夢見ヶ崎動物公園. マーコール. 2009. [2009年1月14日参照] <http://www.city.kawasaki.jp/530/page/0000021662.html>.