

氏 名(本籍) ひら やま たく じ
平 山 塚 二

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 636 号

学位授与年月日 平 成 14 年 1 月 10 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学位論文題目 暑熱および防暑対策下における反芻家畜の生理・行動に
関する研究

論文審査委員 (主 査) 教 授 太 田 實
教 授 菅 原 和 夫
教 授 小 原 嘉 昭

論文内容要旨

暑熱および防暑対策環境下における反芻家畜の生理・行動に関する研究

第1章 緒論

暑熱環境は、家畜の生産性に密接に関連し、高栄養水準で飼養される反芻家畜では、暑熱の影響をより強く受ける。また、暑熱時における主な防暑対策としては、暑熱環境の改善と飼養技術の改善とがある。暑熱環境の改善としては対流や伝導といった顕熱放散および潜熱放散を利用した送風および散水が広く普及されている。また、飼養技術の改善としては良質な飼料の給与、粗飼料の細断、ミネラルの添加、サイレージ給与および夜間給餌などといった飼料給与法全般にわたっての工夫がみられる。

暑熱環境が家畜に与える影響として、これまで、暑熱環境下における体熱発生量と第一胃内VFA濃度および組成との関連性を検討した報告が数多くなされ、両者間の因果関係についての推察がなされてきた。しかし、研究者によって結果を異にしていることから、暑熱と第一胃内VFA濃度の変化との間に直接的な因果関係を求めることは困難であると考えられる。一方、第一胃収縮運動は、採食、反芻行動と関連して、胃内容物の混和による微生物の発酵作用促進、反芻、あい気の際の吐き戻し助長、胃内容物の第三胃への流出など、摂取飼料の消化吸収に重要な役割を果たしている。このことから、第一胃収縮運動が暑熱環境下における第一胃内性状の変化に大きく関与しているものと考えられるが、これまで暑熱環境と第一胃収縮運動の関連性についての検討はほとんどなされていない。従って、第一胃収縮運動の変化を中心として、第一胃内における摂取飼料片の動態を把握することで、暑熱環境下における一連の生理反応の因果関係について推察することができるものと考えられる。これらのことを受け、本研究では、暑熱環境と第一胃収縮運動を中心とした一連の生理反応との関連性について検討した。次に、暑熱環境への生理的適応反応と行動的適応反応との関連性について検討し、暑熱と反芻家畜の関係を第一胃収縮運動を中心とした生理・行動学的に考察した。さらに、現在行われている防暑対策について、その効果と第一胃収縮運動を中心とした一連の生理反応との関連性について検討した。

第2章 暑熱環境下における反芻家畜の生理

暑熱環境下における第一胃収縮の変化を中心とした、第一胃内における摂取飼料片の動態を把握することを目的に次に示した実験を行った。雑種雄ヤギ3頭（平均体重：22±3Kg）を用いて、適温環境下（温度20℃、相対湿度80%）および暑熱環境下（温度33℃、相対湿度80%）において、飼料摂取量を等しくした場合における、消化率、第一胃内VFA濃度、第一胃収縮の頻度・

振幅, 総咀嚼回数および消化管通過速度を測定した。消化率は, 暑熱環境で高い傾向にあり, 粗タンパク質と NDF 消化率で有意差が認められた($P < 0.05$)。第一胃内 VFA 濃度は, 暑熱環境下で高い傾向を示し, 特に n-酪酸濃度で有意差が認められた($P < 0.05$) (図 1)。摂取飼料の体内滞留時間は, 暑熱環境下で延長される傾向にあった (図 2)。第一胃収縮の振幅および頻度は, 暑熱環境で低い傾向にあり, 採食時で有意差が認められた($P < 0.05$) (表 1)。これらの結果から, ヤギを暑熱環境下へ暴露することで, 第一胃内収縮運動が低下して摂取飼料の体内滞留時間が延長され, 第一胃内における摂取飼料片の分解が促進されたという一連の生理反応に対する因果関係が示唆された。

次に, これらの暑熱曝露に伴う一連の反応と給与粗飼料の関連性について検討する目的で, 次に示す実験を行った。雑種雄ヤギ 3 頭を用い, 適温 (温度 20°C, 相対湿度 80%) および暑熱 (温度 33°C, 相対湿度 80%) 環境下において, アルファルファ乾草およびチモシー乾草を給与した場合の直腸温度, 第一胃内温度, 第一胃内 VFA 濃度, 第一胃収縮の振幅・頻度, 摂取飼料片の排泄動態および消化率を測定した。いずれの給与粗飼料においても, 暑熱環境下において, 体温の上昇, 粗タンパク質消化率の上昇 (図 3), 第一胃収縮の振幅の低下 (表 2), パーティクル排泄の遅延が認められた。このことから, 粗タンパク質消化率, 第一胃収縮の振幅および

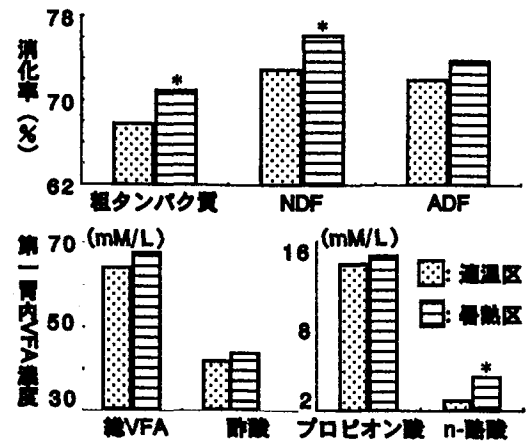


図 1. 暑熱時の消化率および第一胃内VFA濃度
*適温区と暑熱区において $P < 0.05$ で有意差があることを示す

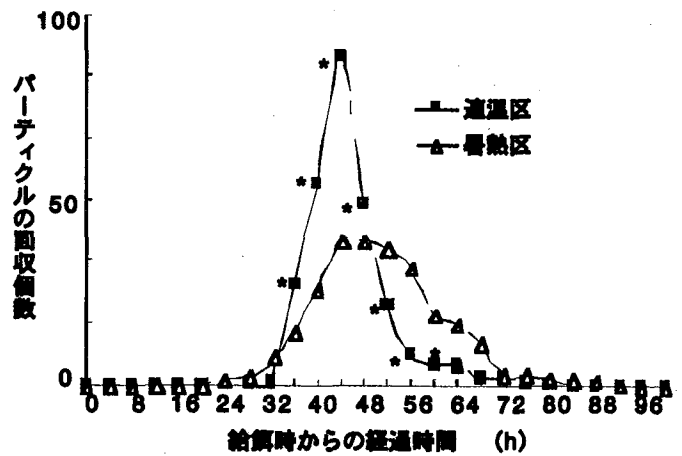


図 2. 摂取飼料片の排泄動態
*同一経過時間における試験区間で $P < 0.05$ で有意差があることを示す

表 1. 第一胃収縮の振幅および頻度

	適温区	暑熱区
第一胃内圧		
振幅 (mmHg)		
採食時	25.7±1.2	22.2±0.9*
反芻時	24.3±1.2	23.1±1.2
休息時	23.4±1.4	22.9±1.6
頻度 (回数/分)		
採食時	4.0±0.2	3.5±0.2*
反芻時	3.7±0.1	3.5±0.1
休息時	2.8±0.3	2.3±0.1

*: 適温区と暑熱区において $P < 0.05$ で有意差があることを示す。

びパーティクル排泄動態は、給与粗飼料の違いに関わらず暑熱の影響を受けることが示唆された。その一方で、アルファルファ給与区において、適温時に比べ暑熱時でNDF消化率の上昇が認められた。また、チモシー給与区では、環境温度によるNDF消化率の変化は認められなかった。これらのことから、粗タンパク質消化率、第一胃収縮の振幅およびパーティクル排泄動態は、給与粗飼料よりも環境温度の影響をより強く受け、その一方でNDF消化率は、環境温度よりも給与粗飼料の影響をより強く受けることが考えられる(表3)。

これらの実験から、暑熱環境下において、反芻家畜は第一胃内収縮運動を低下させることで摂取飼料の体内滞留時間を延長し、第一胃内における摂取飼料の分解を促進させるという一連の生理反応に対する因果関係を示唆した。

さらに、粗タンパク質消化率、第一胃収縮の振幅および摂取飼料の排泄動態は、給与粗飼料よりも環境温度の影響をより強く受け、その一方でNDF消化率は、環境温度よりも給与粗飼料の影響をより強く受けることが本実験から示唆された。

さらに、粗タンパク質消化率、第一胃収縮の振幅および摂取飼料の排泄動態は、給与粗飼料よりも環境温度の影響をより強く受け、その一方でNDF消化率は、環境温度よりも給与粗飼料の影響をより強く受けることが本実験から示唆された。

さらに、粗タンパク質消化率、第一胃収縮の振幅および摂取飼料の排泄動態は、給与粗飼料よりも環境温度の影響をより強く受け、その一方でNDF消化率は、環境温度よりも給与粗飼料の影響をより強く受けることが本実験から示唆された。

第3章 暑熱環境下における反芻家畜の行動

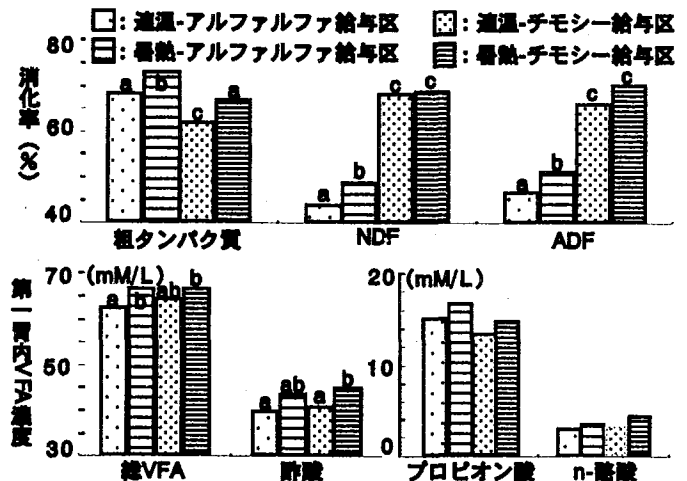


図3. 消化率および第一胃内VFA濃度
各試験区間の異文字間でP < 0.05で有意差があることを示す。

表2. 第一胃収縮の振幅および頻度

	アルファルファ給与		チモシー給与	
	適温区	暑熱区	適温区	暑熱区
振幅(mmHg) [†]				
採食時	28.6±2.4 ^b	22.5±1.2 ^a	27.4±1.7 ^b	21.4±1.1 ^a
反芻時	26.6±1.9	23.3±1.3	25.5±2.2	23.1±2.0
休息時	23.1±1.4 ^b	18.3±1.7 ^a	22.7±1.5 ^b	19.8±1.1 ^a
頻度(回数/分) [‡]				
採食時	14.8±1.2 ^a	13.2±0.7 ^a	9.3±0.8 ^b	7.7±1.0 ^b
反芻時	7.0±0.8 ^a	5.2±1.1 ^{ab}	4.7±0.4 ^b	4.4±0.7 ^b
休息時	6.3±2.1 ^a	5.5±0.9 ^a	3.3±0.5 ^b	2.9±0.6 ^b

各試験区の異文字間においてP < 0.05で有意差があることを示す。

[†]第一胃内圧の振幅：第一胃内圧の瞬時値の平均値とした。

[‡]第一胃内圧の頻度：1分あたりの第一胃内圧のピーク数とした。

表3. 環境温度および給与粗飼料と生理性状の関連性

	主効果		交互作用
	給与粗飼料	環境温度	給与粗飼料×環境温度
胃内温度	n.s.	*	n.s.
第一胃内温度	n.s.	*	n.s.
粗タンパク質消化率	n.s.	*	n.s.
NDF消化率	*	n.s.	n.s.
ADF消化率	*	n.s.	n.s.
第一胃内総VFA濃度	n.s.	n.s.	n.s.
第一胃内酢酸濃度	n.s.	*	n.s.
第一胃内プロピオン酸濃度	n.s.	n.s.	n.s.
第一胃内n-酪酸濃度	n.s.	n.s.	n.s.
採食時間	n.s.	*	n.s.
反芻時間	n.s.	*	n.s.
休息時間	n.s.	n.s.	n.s.
振幅(mmHg)			
採食時	n.s.	*	n.s.
反芻時	n.s.	n.s.	n.s.
休息時	n.s.	*	n.s.
頻度(回数/分)			
採食時	*	n.s.	n.s.
反芻時	n.s.	n.s.	n.s.
休息時	*	n.s.	n.s.

有意差：*P < 0.05, n.s. = non significant

動物を拘束せずに第一胃収縮運動を測定する目的で、圧力変化に対応して微弱な電波を間欠発信するラジオカプセルを開発した(図4)。さらに、第一胃にフイステルを装着したヤギを用いて、ラジオカプセルを第一胃内へ投入し、同時にフイステルに第一胃収縮測定用トランスデューサを装着して、採食、反芻および休息時における第一胃収縮の振幅および頻度について、ラジオカプセル法とフイステル-トランスデューサ法について比較検討した。採食、反芻および休息時の第一胃収縮の振幅は、ラジオカプセル法およびフイステル-トランスデューサ法ともに同様な結果が得られた。また、第一胃収縮の頻度についても、振幅と同様にラジオカプセル法およびフイステル-トランスデューサ法の間には差は認められなかった(表4)。このことから、開発した第一胃収縮運動を測定するラジオカプセルは、動物を拘束せずに第一胃収縮運動の振幅および頻度を測定する手法として有効であると考えられる。

夏期における黒毛和種の第一胃収縮運動に与える影響について検討する目的で経産牛3頭を用いて次ぎに示す方法で試験を行った。すなわち、パドック区さらに舎飼い区の2区を設け、採食、反芻および休息時の第一胃収縮運動をラジオカプセルを用いて午前7時から午後7時までの12時間測定した。2区の試験を通して日射量の最高は1.22cal/cm²/min.であった。環境温度の最高および最低は、29.2および23.1℃であった。体温には、2区間で有意な差は認められず、最高:38.8℃、最低:37.6℃、平均:38.1℃

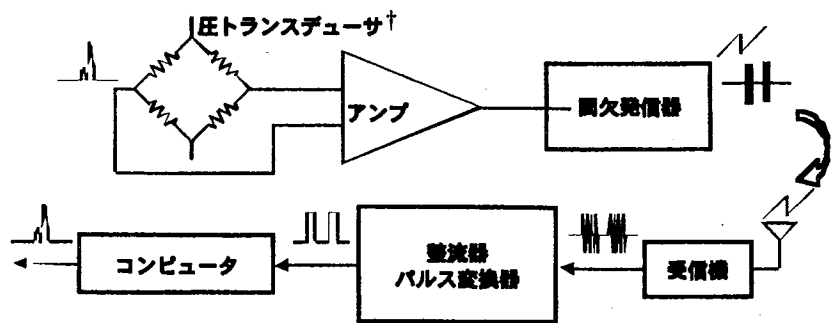


図4. ラジオカプセル法の概略

†圧トランスデューサ:P-2000, 501G, COPAL JAPAN.

表4. 第一胃収縮の振幅および頻度

	ラジオカプセル法	フイステル法
振幅 (mmHg) †		
採食時	27.2±3.5	27.6±2.4
反芻時	25.1±2.8	26.3±2.2
休息時	21.4±1.6	20.6±1.8
頻度 (回数/分) ‡		
採食時	14.7±1.2	14.7±1.2
反芻時	7.4±0.7	7.4±0.7
休息時	6.6±1.3	6.5±1.2

†第一胃内圧の振幅: 第一胃内圧の瞬時値の平均値とした。

‡第一胃内圧の頻度: 1分あたりの第一胃内圧のピーク数とした。

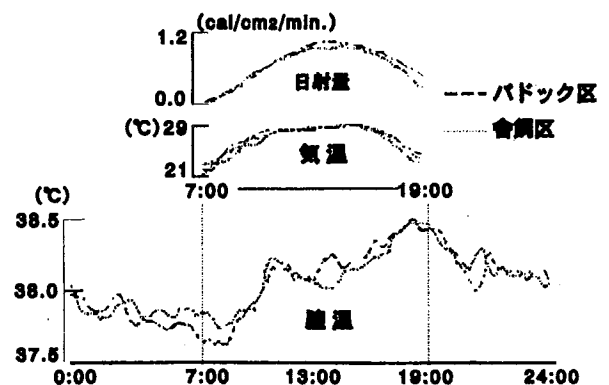


図5. 気温および日射量とウシの膣温度

日射量および気温: 各試験区ともにパドック横(屋外)にて測定した。膣温度: 膣内に小型の体温測定用データロガーを挿入し15分間隔で測定した。

であった (図5)。第一胃の収縮の振幅については、いずれの区においても採食時で高くなり、さらに採食時における舎飼い区が無庇蔭区よりも有意に高くなった。また、反芻時においても同様な傾向が認められた。第一胃の収縮の頻度は、振幅同様に採食時で高くなったが、試験区間での有意な差は認められなかった

表5. 採食量および第一胃収縮運動

	パドック区	舎飼い区
採食量 (Kg)	42±4	44±3
振幅 (mmHg)†		
採食時	60.0±2.7*	66.2±2.9
反芻時	49.8±3.1*	54.8±4.5
休息時	40.9±3.8	42.9±2.8
頻度 (回数/分)‡		
採食時	20.0±2.4	22.1±2.7
反芻時	7.0±0.6	7.2±1.1
休息時	7.3±1.4	6.3±1.2

*パドック区と舎飼い区間においてP < 0.05で有意差があることを示す。

†第一胃内圧の振幅：第一胃内圧の瞬時値の平均値とした。

‡第一胃内圧の頻度：1分あたりの第一胃内圧のピーク数とした。

(表5)。総採食時間は、舎飼い区がパドック区よりも有意に長くなった。総反芻時間は、試験区間での有意な差は認められなかった。総休息時間は、パドック区および舎飼い区の順に短くなった (図6)。これらの結果から、第一胃収縮の振幅は、舎飼いなどといった太陽光線を

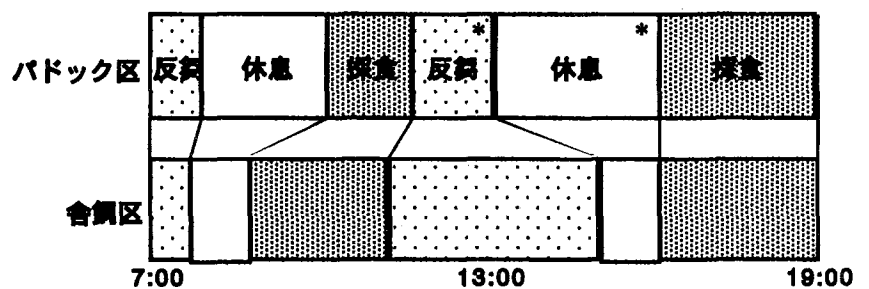


図6. ウシの採食、反芻および休息時間分布

*パドック区と舎飼い区間においてP < 0.05で有意差があることを示す。

遮ることによって高くなる傾向が示唆された。しかし、反芻および休息時間といった黒毛和種の行動と第一胃収縮の振幅間の関連性は本試験からは認められなかった。

これらの実験から、動物を拘束しない状態で第一胃収縮運動を測定する手法を確立したことで、放牧環境下における反芻家畜の第一胃収縮運動を測定することが可能となった。さらにこの手法を用いて夏期放牧における第一胃収縮運動を測定し、夏期の暑熱による体温上昇に先だって第一胃収縮運動の減弱が起こっていることを明らかにした。また、その第一胃収縮の減弱は、比較的緩和な暑熱環境においても発現されており、舎飼いにおいては第一胃収縮の減弱が認められなかったことから、夏期放牧環境下における第一胃収縮の減弱の要因の一つとして、動物体への太陽光の直接照射が関連している可能性を示唆した。

第4章 夏期の防暑対策下における反芻家畜の生理・行動

第一胃内の生理諸元を中心として、暑熱時の防暑対策としての送風が第一胃内における摂取飼料片の動態に与える影響を把握することを目的に次に示した実験を行った。雑種雄ヤギ 3 頭を用いて、適温区 (温度 20℃, 相対湿度 80%), 暑熱区 (温度 33℃, 相対湿度 80%) および暑熱

送風区（温度 33℃，相対湿度 80% および風速 50m/min）の 3 区において，摂取粗飼料量を同一にした場合における，直腸温度，第一胃内温度，消化率，第一胃内 VFA 濃度，摂取飼料の体内滞留時間および第一胃収縮の振幅・頻度を測定した．直腸温度は，暑熱区が適温区および暑熱送風区に比べ有意に高くなった ($P < 0.05$)．消化率は，暑熱区および暑熱送風区で高い傾向にあり，粗タンパク質消化率で有意差が認められた ($P < 0.05$)．第一胃内 VFA

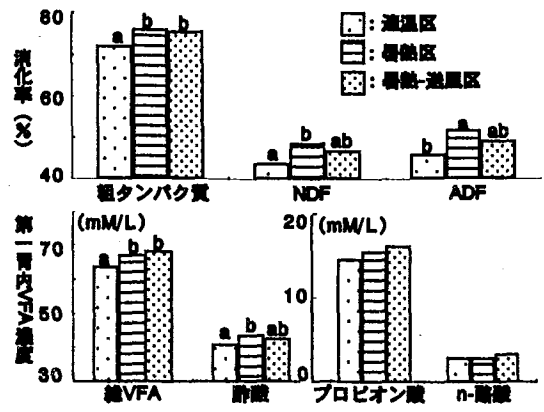


図 7. 消化率および第一胃内VFA濃度
試験区間における異なる文字間において $P < 0.05$ で有意差があることを示す。

濃度は，暑熱区および暑熱送風区で高い傾向を示し，総 VFA 濃度で有意差が認められた ($P < 0.05$) (図 7)．摂取飼料の体内滞留時間は，暑熱区および暑熱送風区で延長される傾向にあった．第一胃収縮の振幅および頻度は，暑熱区および暑熱送風区で低い傾向にあり，採食，反芻および休息時の振幅で有意差が認められた ($P < 0.05$) (表 6)．これらの結果から，暑熱時の送風は，暑

表 6. 第一胃収縮の振幅および頻度

	適温区	暑熱区	暑熱-送風区
振幅 (mmHg)†			
採食時	27.8±2.3 ^a	22.4±1.2 ^b	21.9±1.6 ^b
反芻時	26.4±1.8 ^a	20.7±2.1 ^b	22.4±1.3 ^b
休息時	22.4±0.7 ^a	17.6±2.4 ^b	18.9±1.8 ^b
頻度 (回数 / 分)‡			
採食時	15.2±0.7	14.6±1.3	14.2±0.7
反芻時	6.6±1.2	4.8±0.7	4.6±0.9
休息時	6.8±0.1	5.9±1.2	5.7±2.6

試験区間の異なる文字間において $P < 0.05$ で有意差があることを示す。
†第一胃内圧の振幅：第一胃内圧の瞬時値の平均値とした。
‡第一胃内圧の頻度：1分あたりの第一胃内圧のピーク数とした。

熱時の体温上昇の抑制に対して効果が高いが，暑熱が第一胃収縮運動や消化管内内容物の通過速度に及ぼす影響を軽減する効果は低いものと考えられる。

次に，夏期放牧環境における防暑対策としての庇蔭地の設置が黒毛和種の第一胃収縮運動に与える効果について検討する目的で，経産牛 3 頭を用いて次ぎに示す方法で試験を行った．すなわち，パドック内で無庇蔭区および庇蔭設置区の 2 区を設け，採食，反芻および休息時の第一胃収縮運動をラジオカプセルを用いて午前 7 時から午後 7 時までの 12 時間測定した．2 区の試験を通して日射量の最高は 1.22cal/cm²/min. であった．環境温度の最高および最低は，29.2 および 23.1℃ であった．体温には，3 区間で有意な差は認められず，最高：38.8℃，最低：37.6℃，平均：38.1℃ であった．午後の反芻時間は，庇蔭設置区が無庇蔭区に比べて有意に長くなった (図 8)．第一胃の収縮の振幅については，いずれの区においても採食時で高くなり，さらに採食時における庇蔭設置区が無庇蔭区よりも有意に高くなった．また，反芻時においても同様な傾向が認められた．第一胃の収縮の頻度は，振幅同様に採食時で高くなったが，試験区間での有意

な差は認められなかった(表7)。総反芻時間は、庇蔭設置区が無庇蔭区よりも有意に短くなった。総休息時間は、庇蔭設置区および無庇蔭区の順に短くなった。これらの結果から、第一胃収縮の振幅は、庇蔭設置および舎飼いなどといった太陽光線を遮ることによって高くなる傾向が示唆された。

これらの夏期の防暑対策に関する実験から、

暑熱時の家畜体への送風は、暑熱時の体温上昇の抑制に対しての効果は高いが、暑熱が第一胃収縮運動や消化管内容物の通過速度に及ぼす影響を軽減する効果は低いことが示唆された。また、夏期の放牧環境下においては、庇蔭地の設置が第一胃収縮運動減弱の緩和に効果的であることを示唆した。

第5章 総括

本研究では、暑熱環境と第一胃収縮運動を中心とした一連の生理反応との関連性について検討した。次に、暑熱環境への生理的適応反応と行動的適応反応との関連性について検討し、暑熱と反芻家畜の関係を第一胃収縮運動を中心とした生理・行動学的に考察した。さらに、現在行われている防暑対策について、その効果と第一胃収縮運動を中心とした一連の生理反応との関連性について検討した。これら一連の研究から、暑熱環境および防暑対策環境下における第一胃収縮運動を中心とした生理反応について以下の知見を得た。

1) 暑熱環境下において、反芻家畜は第一胃内収縮運動を低下させることで摂取飼料の体内滞留時間を延長し、第一胃内における摂取飼料片の分解を促進させるという一連の生理反応に対する因果関係を示唆した。さらに、粗タンパク質消化率、第一胃収縮の振幅および摂取飼料片の排泄動態は、給与粗飼料よりも環境温度の影響をより強く受け、その一方で NDF 消化率は、環境温度よりも給与粗飼料の影響をより強く受けることが示唆された。

2) 次に夏期の放牧環境下における反芻家畜の第一胃収縮運動と暑熱回避行動との関連性を検討する目的で、動物を無拘束で第一胃収縮運動を測定するラジオカプセル法を開発した。この手法は動物に外科的処置および拘束せず第一胃収縮運動を測定する方法として有効である。

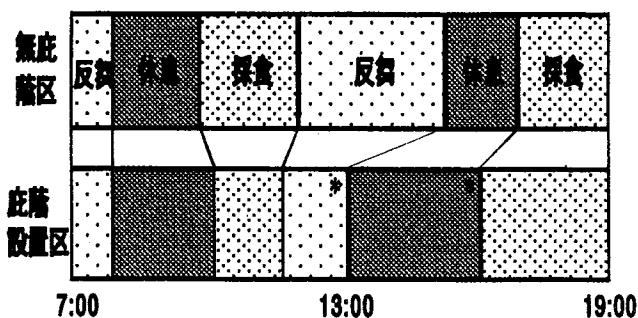


図8. ウシの採食、反芻および休息時間分布

*庇蔭区と無庇蔭区間において $P < 0.05$ で有意差があることを示す。

表7. 採食量および第一胃収縮運動

	無庇蔭区	庇蔭区
採食量 (Kg)	42±4	39±6
振幅 (mmHg)†		
採食時	60.0±2.7*	66.7±3.6
反芻時	49.8±3.1*	54.8±4.2
休息時	40.9±3.8	40.7±5.1
頻度 (回数/分)‡		
採食時	20.0±2.4	21.8±3.3
反芻時	7.0±0.6	7.0±1.3
休息時	7.3±1.4	6.1±0.9

*庇蔭区と無庇蔭区間において $P < 0.05$ で有意差があることを示す。

†第一胃内圧の振幅：第一胃内圧の瞬時値の平均値とした。

‡第一胃内圧の頻度：1分あたりの第一胃内圧のピーク数とした。

3) ラジオカプセル法を用いて、夏期放牧環境下における反芻家畜の第一胃収縮運動と暑熱回避行動について検討し、夏期の暑熱環境において、第一胃収縮運動は体温上昇に先だって減弱が起こっていることを明らかにした。また、暑熱時の第一胃収縮の減弱は、比較的緩和な暑熱環境においても発現されており、舎飼いにおいては第一胃収縮の減弱が認められなかったことから、夏期放牧環境下における第一胃収縮の減弱の要因の一つとして、動物体への太陽光の直接照射が関連している可能性を示唆した。

4) これまでの一連の研究から暑熱と第一胃収縮運動との間に高い関連性があることが明らかとなったことから、家畜の体温と合わせて第一胃収縮運動を指標として、現在まで一般に行われている夏期の防暑対策法についてその効果について検討し、暑熱時の家畜体への送風は、暑熱時の体温上昇の抑制に対しての効果は高いが、暑熱が第一胃収縮運動や消化管内容物の通過速度に及ぼす影響を軽減する効果は低いことを示唆した。また、夏期の放牧環境下においては、庇蔭地の設置が第一胃収縮運動減弱の緩和に効果的であることを示唆した。

これらの知見から、暑熱ストレス時の指標として体温のみでなく第一胃収縮運動性についても検討する必要性を明らかにし、暑熱環境下における反芻動物の飼養・管理法を検討する上での基礎となるものと考えられる。また、動物を拘束せずに第一胃収縮運動を測定する手法については、動物福祉の立場からも望ましい実験方法と考えられる。

論文審査結果要旨

暑熱環境は、家畜の生産性に密接に関連し、高栄養水準で飼養される反芻家畜では、暑熱の影響をより強く受ける。また、反芻行動が暑熱によって低下することが認められており、彩食・反芻行動と関連性の高い第一胃収縮運動も暑熱の影響を受けることが考えられる。しかし、第一胃収縮運動と暑熱の関連性についての研究は少ない。本研究者は、反芻動物を暑熱暴露した際における第一胃収縮運動を中心とした摂取飼料の体内動態について検討し、暑熱暴露による第一胃収縮の運動性の低下に起因すると考えられる第一胃内生理反応を明らかにした。また、暑熱時の防暑法について、その評価の指標として第一胃収縮の運動性の測定の重要性を示唆した。さらに、動物を拘束せずに第一胃収縮運動を測定する手法を見いだした。得られた研究成果の概要は次の通りである。暑熱環境下において、反芻家畜の第一胃収縮速度が減弱することを明らかにし、その結果として、摂取飼料の体内滞留時間が延長し、第一胃内における摂取飼料片の分解が進むという生理作用を示唆した。次に、放牧環境下における反芻家畜の行動と第一胃収縮運動の関連性を検討するため、動物を拘束しない状態で第一胃収縮運動を測定する手法を確立した。この手法を用いて夏期放牧における第一胃収縮運動を測定し、夏期暑熱による第一胃収縮運動の減弱が、体温上昇に先だつ生理反応であることを明らかにした。また、第一胃収縮の減弱の要因の一つとして、動物体への太陽光の直接照射が関連している可能性を示唆した。これらのことから、夏期暑熱時の摂取飼料の消化性を検討する場合、第一胃の運動性も含めた検討が必要であることを認めた。また、現在一般に行われている防暑対策について、第一胃の運動性を指標として評価した。その結果、暑熱時の家畜体への送風は、暑熱時の体温上昇を抑制する効果は高いものの、第一胃収縮運動や摂取飼料の消化性を改善するまでには至らないものと考察した。また、夏期の放牧地への庇蔭地の設置は、第一胃収縮運動減弱の緩和に効果的であることを示唆した。以上のように本研究は、暑熱環境下における反芻動物の飼養・管理法を検討する上での基礎となるものである。また、動物を拘束せずに第一胃収縮運動を測定する手法については、動物福祉の立場からも望ましい実験方法と考えられる。よって審査員一同は本論文の著者に博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定した。