

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006 — 2008
 課題番号：18405032
 研究課題名 (和文) 中国内陸部の乾燥草原の砂漠化におよぼす放牧家畜の影響と荒廃草原の修復技術の確立
 研究課題名 (英文) Effect of grazing animals on desertification of steppe vegetation in semi-arid region in China
 研究代表者
 本江 昭夫 (HONGO AKIO)
 国立大学法人帯広畜産大学・畜産学部・教授
 研究者番号：30091549

研究成果の概要：中国の半乾燥草原では、砂漠化が進行しており、特にヤギによる過放牧が砂漠化の主要な原因である。ヤギがおもに飼育されているところは、開発の歴史が古く、人口も多いので丘陵地帯の斜面の大半は畑になっていた。ヤギが放牧できる草原は、ほぼ垂直に切り立っている斜面だけであった。逆に、開発の歴史が浅く、人口も少ないところでは、丘陵地帯の緩やかな斜面の多くは草原となっており、そこでは主にヒツジが放牧されていた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2007 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	7,400,000	2,220,000	9,620,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・草地学

キーワード：黄土高原、砂漠化、イネ科植物、生体力学的特性、放牧、せん断強度、曲げ強度、植生

1. 研究開始当初の背景

- (1) この研究を実施した中国の黄土高原は中国の西北部に位置し、その面積は約 60 万km²と、わが国の総面積の約 1.5 倍の広さを持っている。現在の黄土高原では、傾斜のゆるやかなところは畑として利用されているが、それ以外は草原となっている。この草原で砂漠化が進行しており、大きな問題となっている。
- (2) 草食家畜による過放牧が砂漠化の主要な原因であることは疑いの余地がない。家畜頭数が多すぎることで、草原の利用権が明確になっていないこと、1 年中放牧していること、越冬用の飼料がほとんど貯蔵されていないことなどが問題点として指摘されている。
- (3) 広い黄土高原の中で、中部の短草型草原

ではヒツジが多く飼育されている。それが東部の地域ではヤギが主体となっている。このように黄土高原では飼育されている家畜の種類が、自然環境の移りかわりと共に変化しているが、このような変化が科学的に解明されてことはない。また、過放牧の影響は自然環境の変化とは異なった影響を与えていると考えられる。この研究で得られる成果は草地植生の改善に利用できるものと期待される。

2. 研究の目的

- (1) この研究では、砂漠化に関連する複数の原因のうち、放牧家畜の影響に焦点をしばり、家畜の種類、家畜飼育の現状、草原の放牧利

用の実態と砂漠化の程度について、日中の研究者が共同で現地調査を行い、砂漠化防止技術の確立を目指す。

(2) 草食家畜による過放牧が砂漠化の主要な原因であるが、草食家畜の採食は極めて選択的であり、嗜好性の高い植物は繰り返し採食されるので枯死しやすい。この放牧家畜の選択採食を支配している要因を解析することも、この研究の目的である。

3. 研究の方法

フィールドにおける調査は以下の日程でおこなった。

(1) 平成 18 年度は、中国西北部の黄土高原において、7 月 27 日～8 月 2 日の間は固原に、8 月 3～7 日の間は華池に滞在し、町の周辺に広がる丘陵地帯の草原を調査対象とした。自然草地の植生を調査し、同時に放牧家畜の管理状況も調査して、草原の砂漠化におよぼす要因の解析を行った。ついで、8 月 13～18 日、モンゴルの Hustai National Park へ行き、自然草地の植生を調査し、同時に、11 種のイネ科植物について葉身のサンプルを採取した。

(2) 平成 19 年 7 月 23～30 日に、中国の固原に滞在し、黄土高原における自然草地の植生を調査し、同時に放牧家畜の管理状況も調査して、草原の砂漠化におよぼす要因の解析を行った。また、20 種のイネ科植物について葉身のサンプルを採取し、家畜の採食と植物の生体力学的特性との関連性について検討した。さらに、平成 19 年 11 月 1～10 日に、中国内モンゴル自治区ジャールト旗に滞在して、モンゴル牧畜民の移動パターン、定住化の状況、および、畜産物利用、特に乳製品の加工と利用について調査した。また、平成 20 年 3 月 9～18 日に、シリアの乾燥地帯における自然草地の植生を調査した。同時に、22 種のイネ科植物について葉身のサンプルを採取し、家畜の採食と植物の生体力学的特性との関連性について検討した。

(3) 平成 20 年 6 月 28 日～7 月 5 日の間、中国内モンゴル自治区のフフホトから 20 キロ南にある和林格弥の自然草地の植生を調査し、同時に放牧家畜の管理状況も調査して、草原の砂漠化におよぼす要因の解析を行った。また、イネ科植物 15 種について葉身のサンプルを採取し、家畜の採食と植物の生体力学的特性との関連性について検討した。また、平成 20 年 6 月 29 日～7 月 4 日、中国内モンゴル自治区の科弥泌区において、草原の植生の状況、牧畜民の移動パターン、定住化の状況、および、畜産物利用、特に乳製品の加工と利用について調査した。さらに、平成 20 年 8 月 11～17 日に、中国四川省のチベット高原に滞在し、乾燥地帯における自然草地の植生を調査した。同時に、放牧家畜の管理

状況も調査して、草原の砂漠化におよぼす放牧強度の影響について解析を行った。

(4) 放牧家畜の選択採食を支配している要因を解析するために、平成 18・20 年の夏・秋に帯広畜産大学において、家畜の採食実験を行った。材料は牧草地で生育させた牧草の葉身であり、ヒツジ、ウシ、ウマを用いて実験を行った。

4. 研究成果

最初に草地の砂漠化に関連した、草地植生についての研究成果を記載する。

(1) 黄土高原の中で、中部の短草型草原でヒツジが多く飼育されている固原、および、東部の地域でヤギが飼育の主体となっている華池において自然草地の植生を調査した。2 地域の草地植生の間に明確な差はなかった。従って、飼育されている家畜の違いは別の要因によってもたらされているものと推察された。多くの要因を検討した結果、最も重要な要因は、家畜の放牧に利用できる草地の種類が異なっているためと推察された。つまり、開発の歴史が浅く、人口も少ない固原では、丘陵地帯の緩やかな斜面の多くは草原となっており、そこでは主にヒツジが放牧されている。一方、開発の歴史が古く、人口も多い華池では、丘陵地帯の緩やかな斜面の大半は畑になっており食用作物が栽培されている。家畜を放牧できる草原は、ほぼ垂直に切り立っている斜面だけである。このような急斜面を軽快に移動して草を食べることができるのはヤギだけである。このように黄土高原では飼育されている家畜の種類は、自然環境の違いよりむしろ人為的要因が大きく影響していた。このような地形の違いと家畜の種類との関係を明らかにしたのは初めてのことであり、この成果については論文としてとりまとめ学術雑誌に投稿する予定である。

(2) 【雑誌論文(8)】モンゴルのドントゴビ州において、植物バイオマスの推定値を求めるための最も適切な回帰式を開発するために、3 種類の機能(直線回帰、曲線回帰、対数回帰)と独立変数(高さ、冠部の面積/被覆、対積)の役割を調査した。この研究では、優占かん木 5 種、わい生かん木 1 種、高いイネ科草 1 種、短い草本 9 種を調査対象とした。決定係数(r^2)、単純さと計算の容易さ、計算による誤差の増大の回避などにしたがると、単純な一時回帰直線が、優占しているかん木と草本種の植物バイオマスと植物が持っていた水分量を推測するために最も利用しやすいことが示された。

(3) 【雑誌論文(4)】モンゴル高原中央部における植物の生育に影響を及ぼす自然環境の諸要因を分析した。モンゴル高原のような北方・冷涼地域では植物生育の根幹は気温が大きく影響しており、平均気温 0°C を上回って

3 週間～4 週間後(平均気温約 10°C)に出芽が始まり、気温の上昇と共に植物の生育が進展し、再び平均気温が約 10°Cに低下して全ての生育が停止したことであった。平均気温が約 10°Cとなり、出芽から立ち枯れを起す期間は 4 月下旬から 9 月下旬の約 5 ヶ月間であった。地球温暖化が進行すれば、この植物の生育可能期間が伸長し、モンゴル高原中央部における植物生育は促されることとなる。ただし、気温の上昇により蒸発散量が増加するので、降水が今まで通り以上にあることが前提となる。モンゴル高原中央部のドンドゴビ県マンダゴビ市では 2000 年から旱魃が続いている。つまり、近年の気温上昇に伴ってモンゴル高原中央部では降水量が減少しているのである。

ここからは、草地の砂漠化に関連する、家畜の選択採食についての研究成果を記載する。

(4)【雑誌論文(1)】ペレニアルライグラスの 2 倍体と 4 倍体品種の葉身の生体力学的特性と、それらがヒツジの採食行動におよぼす影響を調査した。ヒツジは小さいバイト強度(3.5-22.1 N)を使って葉身を採食した。利益/コスト比率の指標となる、採食効率(平均バイト強度あたりの乾物重)はそれぞれの処理間で有意な差はなく、全体を平均すると $14.4 \pm 1.0 \text{ mg DM N}^{-1}$ であった。葉身の曲げ強度とせん断強度との間には有意な相関が認められ、ヒツジが葉身を口にに入れる過程で曲げ強度を感知することにより葉身の生体力学的特性を把握し、すべての葉身を破断するために必要なバイト強度の大きさを決定していることが示唆された。採食実験で観察した平均バイト強度を比較した結果から、ヒツジは主にせん断強度を使って、テコの働きを利用して葉身を採食していると推察された(図 1)。

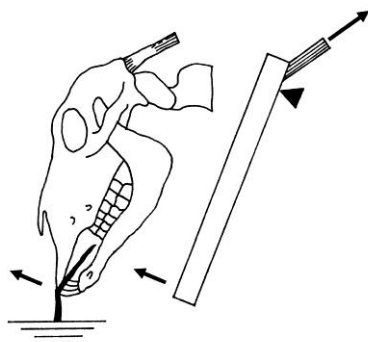


図 1 反芻家畜の採食に対してテコモデルをあてはめた模式図。頭蓋骨と環椎(第一頸椎)は車軸関節を介して連結しており、テコの支点の役割を果たしている。頭蓋骨の後頭部には首の筋の先端である、項韧带が接続している。首の筋の運動は項韧带に伝えられ、頭蓋骨が運動する(Dyce et al. 1987)。

(5)【雑誌論文(3)】オーチャードグラス葉身の曲げ強度とせん断強度がヒツジの採食行動におよぼす影響を明らかにするために実験

を行った。葉身の曲げ強度とせん断強度の間には有意な正の相関があった。この結果は、ヒツジは採食の直前に曲げ強度を感知することで葉身の破断のしやすさを判別しており、口の中に入れる葉の枚数と、そのあとの破断に使う力を決めていることを示唆している。こん回の結果においても、ヒツジは下顎の切歯の鋭さを有効に使って、せん断する方法で牧草を採食しているものと推察された。

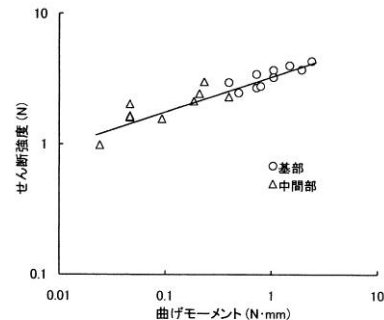


図 2 葉身の基部と中間部の曲げモーメント(強度)とせん断強度との相関関係。回帰式は以下のとおりである。

$$\text{Log}_{10} Y = 0.253 \text{ Log}_{10} X + 0.528$$

$$(r = 0.93, df = 18, p < 0.001).$$

(6)【雑誌論文(7)】短い草地を採食する時に、アルパカの縦に裂けている上顎の唇が果たす役割を明らかにするために、3 頭のメリノ種の去勢雄と 3 頭のアルパカを用いて実験を行った。オーチャードグラスの葉を 10, 20, 30, 40 または 50 枚ロードセルに取り付け、家畜に採食させた。1 バイトで採食した葉数の総平均は、アルパカで 9.8 ± 0.53 枚であったが、ヒツジ 17.9 ± 1.31 枚であった。採食実験後の食べ残した葉の長さはヒツジよりアルパカで明らかに低かった。アルパカはヒツジより有意に低いバイト強度で葉を採食し、1 バイトに使った時間も有意に短かった。採食の力積の合計は、ヒツジよりアルパカで有意に低かった。採食した DM 重は葉数の増加と共に増加したが、アルパカとヒツジの間で差はなかった。採食時に使った力積に対する採食 DM 重はヒツジよりアルパカで有意に高かった。アルパカで見られた採食戦略は、極端に短い草を食べるための適応であると考えられる。アルパカは短い草を口にに入れる時に裂けている上唇を左右に広げ、その結果として下顎の切歯をより地面に近い位置に置くことができるものと推察される。

(7)【雑誌論文(2)】野生動物の家畜化、つまりドメスティケーションについて考察した。紀元前 8000～7500 年頃に、定住的狩猟採集民が西アジアで初期農耕を始めて以来、草食動物とムギ類は同じ栽培畑をめぐる関係をもち続けてきた。そこで、植物と動物のドメスティケーションは同じ土俵で論じるべきであることを指摘しておきたい。現在、人類が家畜として利用している哺乳類は 28 種あ

る。2005年、世界で飼育されていた草食家畜の家畜単位のうち、ウシとスイギュウは家畜全体の84%を占めていた。また、世界で飼育されているスイギュウの実に97%はアジアで飼育されているのである。人類の歴史の中で、ウシとムギ類、スイギュウとイネ、という家畜と作物との関係をうまく利用することによって、人類は繁栄してきたのである。

ついで、砂漠化しつつある乾燥草地に生活している遊牧民の生業、とくに乳加工体系に関連する研究成果を記載する。

(8)【雑誌論文(5)】定住モンゴル農牧民世帯では、来年から乳加工を停止し、生乳を全て売却してしまう予定であるという。それは、蒙牛乳業有限公司が東力古台に搾乳所を設立したことによる。調査した定住モンゴル農牧民世帯が乳加工を止めて生乳を蒙牛乳業有限公司に売却しようとするのは、1)乳加工をおこなうには搾乳をしなくてはならないが、搾乳所にウシを連れていけば蒙牛乳業有限公司の方で搾乳してくれ、手間が省けること、2)地方の村では1日10中国元あれば生活でき、生乳を1日4.2リットル(単価2.4中国元/l)売却すれば十分に夫婦二人の老後の生活を送ることができること、3)息子は町に出てしまい夫婦二人で生活しており、後取りがないために家畜飼養に全力を傾けなく成ったことが生乳販売に踏み切ろうとする理由であるという。つまり、モンゴルに長く伝わってきた乳加工体系が忘れ去られる危険性に面しているのである。

(9)【雑誌論文(6)】新疆ウイグル自治区南西部のクルグス牧畜民およびウイグル農耕民の乳加工体系の特徴を把握し、新疆ウイグル自治区におけるチュルク系牧畜民・農耕民の乳加工体系の関連性と変遷過程とを分析した。その結果、新疆ウイグル自治区北部・中央部のカザフ牧畜民でみられる乳加工体系が広く新疆ウイグル自治区に共有されていたであろうこと、何等かの原因により南西部のクルグス牧畜民・ウイグル農耕民の乳加工体系からチャーニング技術と凝固剤使用技術とが欠落していったこと、ウイグル農耕民は定住して農耕に大きく依存するようになり乳製品の保存と馬乳酒加工が欠落していったことが推論された。

(10)【雑誌論文(9)】新疆ウイグル自治区中央部においてカザフ牧畜民の乳加工体系を調査し、その変遷過程を分析した。新疆ウイグル自治区中央部では、クリーム分離系列群と発酵乳系列群の乳加工技術を利用し、定着化に伴って馬乳酒クムズと非加熱クリーム分離垂系列の乳加工技術が欠落する傾向にあった。この乳加工体系を変化させた理由は、ウマ飼養の停止・減少と現金収入のための生乳販売増加と考えられた。同じ新疆ウイグル

自治区のアルタイ地域においては、乳加工体系はより省力化の方向へと変遷していた(平田2006)。アルタイ地域では、乳生産の最も盛んな夏にアルタイ山脈の山腹を放牧に利用し、現在も季節移動する牧畜を営んでいる。移動性の維持、および、アルタイ山脈山中という流通利便性の悪さにより、カザフ牧畜民はクリームを効率的に収集できるセパレータの導入や加工上簡略で高価に取引される保存性の高いカゼインの加工を積極的に取り入れたのである。牧畜民の生業の中心部分を構成する乳に関わる一連の文化項目は近年急速に変遷している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

(1) Enkhee Deveci, 他2名, Masahiro Hirata and Akio Hongo (2009) Biting strategy of sheep in grazing grass leaf blades. *Grassland Science* 55, 63-73 (査読有).

(2) 本江昭夫 (2009) 家畜とは何か. 国立民族学博物館調査報告 84号, 97-115 (査読無).

(3) Akio Hongo, 他3名 and Masahiro Hirata (2009) Effect of bending and shearing properties of grass leaf blade sections on grazing behaviour of sheep. *Research Bulletin of Obihiro University* 30, 印刷中(査読有).

(4) 平田昌弘, 他5名, 本江昭夫 (2009) モンゴル高原中央部における植物の生育に影響を及ぼす自然環境の諸要因の分析. *沙漠研究* 19, (印刷中) (査読有).

(5) 平田昌弘 (2009) 中国内モンゴル自治区通遼市における現在の乳加工体系一定住したモンゴル農牧民世帯と漢族世帯の事例を通して. *食品工学* (受理済み, 11月印刷予定) (査読有).

(6) 平田昌弘, アイビブラ・イマム (2008) 中国新疆ウイグル自治区南西部における乳加工体系. *北海道民族学* 第4号, 31-43 (査読有).

(7) Hongo, A. 他4名 (2007) The role of a cleft upper lip of alpacas in foraging extremely short grasses evaluated by grazing impulse. *Small Ruminant Research* 69, 108-114 (査読有).

(8) Hirata, M., 他9名, Hongo, A. (2007) Estimation of plant biomass and plant water mass through dimensional measurements of plant volume in the Dund-Govi Province, Mongolia. *Grassland Science* 53, 217-225 (査読有).

(9) 平田昌弘, アイビブラ・イマム (2007) 中国新疆ウイグル自治区中央部における乳加

工体系. 北海道民族学 第3号, 1-9 (査読有).

[学会発表] (計 3 件)

- (1) Akio Hongo, 他 3 名 and Masahiro Hirata : Sheep recognize chewing easiness of grass leaves prior to prehension through sensing bending strength. 第21回国際草地学会. 2008年7月1日, フフホト, 内モンゴル自治区, 中国.
- (2) Enkhee Devee, 他 4 名 and Akio Hongo : Do sheep recognize biomechanical characteristics of grass leaves before prehension through bending strength? Munkhtenger 国際学術研究大会(モンゴル建国 800 周年記念). 2006年8月14日, ウランバートル, モンゴル.
- (3) Akio Hongo, 他2名 : Animal grazing and steppe vegetation. 2nd International Symposium on Soil Erosion and Dryland Farming. 2006年10月2日, 楊凌, 陝西省, 中国.

6. 研究組織

(1)研究代表者

本江 昭夫 (HONGO AKIO)
国立大学法人帯広畜産大学・畜産学部・教授
研究者番号: 30091549

(2)研究分担者

平田 昌弘 (HIRATA MASAHIRO)
国立大学法人帯広畜産大学・畜産学部・准教授
研究者番号: 30396337

稲村 哲也 (INAMURA TETSUYA)
愛知県立大学・文学部・教授
研究者番号: 00203208