

令和元年6月17日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00567

研究課題名(和文) バイオロギング - リアルタイムグレイジング解析を用いた砂漠化プロセスの解明

研究課題名(英文) Elucidation of the desertification process using a bio-logging real-time grazing analysis

研究代表者

川田 清和 (Kawada, Kiyokazu)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：70529859

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ヒツジとヤギが餌資源として選択した植物種について1時間ごとに集計したところ、放牧開始後1時間で最もよく食べていた種は *Allium bidentatum* (ネギ科ネギ属) であった。しばらくすると *Artemisia frigida* (キク科ヨモギ属) を食べるようになったが、*Stipa krylovii* (イネ科ハネガヤ属) は優占種であるにもかかわらずほとんど食べていなかった。ヤギが植物を根ごと食べている様子は観察されず、ヤギによって食べられた地上部現存量はヒツジの0.9倍程度であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過放牧は砂漠化の主要因と言われながらもその内容はあいまいな部分が多く存在する。過放牧による影響を明らかにするには放牧中の家畜の行動を明らかにしなければならない。しかしながら、ヒツジやヤギは警戒心が高く、行動を直接観察することが難しいため、過放牧の評価に必要な、いつ、何を、どのくらい採食したのかという要素が記録できない。この問題を解決するため、家畜にカメラを取り付けて詳細な行動を記録し、過放牧によって生じる草原劣化のプロセスについて明らかにする。

研究成果の概要(英文)： *Allium bidentatum* was most frequently eaten after one hour from the start of grazing. After a while, they began to eat *Artemisia frigida* (Asteraceae), but did not eat *Stipa krylovii* (Poaceae) even though it was a dominant species. Goats ate plants with roots was not observed that and the above ground biomass consumed by goats was about 0.9 times that of sheep.

研究分野：植生学，植物生態学

キーワード：バイオロギング 砂漠化 過放牧

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

北東アジアのステップ地帯における草原の砂漠化は、家畜頭数の増加が主要な原因であると指摘されている。近年、食肉やカシミア原料の需要が増加してヒツジとヤギの飼育頭数も上昇傾向にあり、放牧圧は今後も増加することが見込まれている (図1)。しかしながら、家畜による草原資源の利用実態は不明な部分が多く、過放牧による砂漠化プロセスは明らかにされていない。とくに主に放牧されている

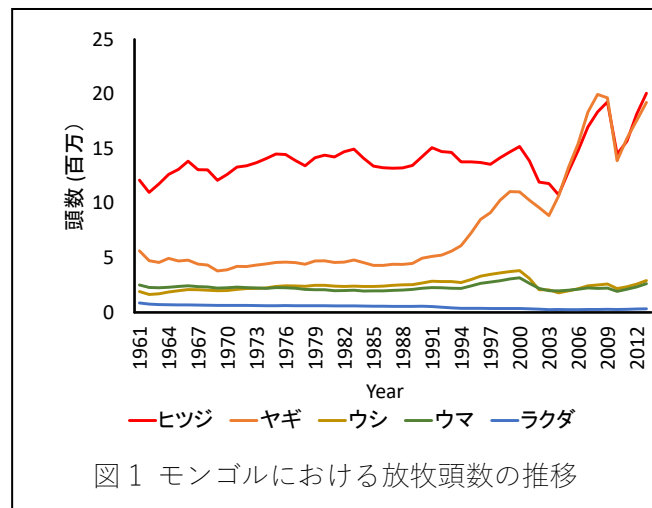


図1 モンゴルにおける放牧頭数の推移

ヒツジやヤギは警戒心が高く、行動を直接観察することが難しいため、過放牧の評価に必要な、いつ、何を、どのくらい採食したのかという要素が記録できないことが原因とされている。その結果、科学的な根拠を示すことができず、過放牧は砂漠化の主要因と言われながらもその内容はあいまいな部分が多く存在する。

### 2. 研究の目的

過放牧は資源生産量と資源利用量の関係から示されるが、放牧地のような比較的均質な環境とは異なり自然草原はさまざまな種類の植物で構成されているため、放牧による自然草原の劣化速度は家畜の資源選択性が影響すると考えられる。また、資源選択性は資源量が家畜の喫食によって時間とともに変化するため、家畜の喫食行動を時系列で観察しなければならない。

過放牧による影響を明らかにするには放牧中の家畜の行動を明らかにする必要がある。家畜の採食行動を推定する研究などが近年注目されている(Oudshoorn et al. 2013)。家畜の採食行動に関する先行研究では、アルカン分析(Reis et al. 2015)やルーメン分析(Ophof et al. 2013)を用いた胃内容物分析や、バイトカウンター(Oudshoorn et al. 2013)を用いて放牧時間と喫食量との関係を明らかにしたものがあるが、これらは行動を間接的に測定するためどの種類を食べているのかという質的な部分はわかっていない。また、胃内容物の研究では化学組成から餌の構成を推定しているが、どのような種組成の植物群落の中で選択したのかという行動分析ができていない。

これらの課題を解決する方法として、本研究ではバイオロギングを用いることが有効であると考えた。バイオロギングは生物に観測装置を取り付けてその行動や生態を調査する手法であり、近年小型化が進むウェアブルカメラを用いることで連続的な観察が可能になる。またカメラによって撮影された植物種が同定できれば何を食べているのか明らかにすることができ、高精度で資源選択性を示すことができると考えられる。本研究は、グレイジングの影響をリアルタイムで記録できるため、草原の質的・量的な変化だけでなく、グレイジングの過程から動物が本能的に持つ嗜好性を詳細に明らかにできる画期的な手法である。

そこで本研究はモンゴル草原における家畜の資源選択性を明らかにする新たな方法としてバイオロギングによる解析可能性について検証を行った。

### 3. 研究の方法

調査地はモンゴルの首都ウランバートルから西に約 95 km にあるフスタイ国立公園周辺である。フスタイ国立公園は自然保護区であり、野生動物の保護を目的とした土地利用の管理が

行われている。フスタイ国立公園の中央部はコアゾーンとして管理しており、牧民による放牧利用は行われていない。その一方でコアゾーン周辺のバッファゾーンでは、特定の牧民だけに利用制限をしたうえで放牧が行われている。本研究はフスタイ国立公園南側のバッファゾーン内で行った。調査地周辺の年降水量は 229.4 mm、年平均気温は 0.7°C (1992 年–2014 年) で、ステップ気候帯に属している。



図 2 ウェアラブルカメラ装着の様子

本研究はバッファゾーン内に調査サイトを 5 つ設置し、各サイトで現地の遊牧民から借用したヒツジとヤギ (メス・4 歳) を各 2 頭ずつ用いて放牧試験を行った。2 m のワイヤーで繋いだ放牧範囲 (12.56 m<sup>2</sup>) と 3 m のワイヤーで繋いだ放牧範囲 (28.26 m<sup>2</sup>) を調査プロットとした。それぞれの放牧密度は 796 頭 / (ha · day) と 354 頭 / (ha · day) に換算できる。ヒツジとヤギに首輪を取り付け、ヒツジ 2 m 区、ヒツジ 3 m 区、ヤギ 2 m 区、ヤギ 3 m 区の 4 種類の調査プロットにそれぞれ家畜を 1 頭ずつ配置し、1 日あたり約 6 時間の放牧試験を行った。

各調査プロットに 1 × 1 m の調査枠を 2 つ設置し、放牧試験前 (0 h)、放牧後約 6 時間 (6 h)、放牧後約 12 時間 (12 h) の 3 回植生調査を行った。植生調査では、調査枠内に出現したすべての種をリストアップし、それぞれの種について草丈および被度を測定した。種名は Grubov (2001) にしたがって、被度の測定基準には Penfound and Howard (1940) を用いた。各調査サイトでバイオマス測定用に 1 × 1 m の調査枠を設置し、それぞれの種について最大草丈および被度を測定した後、種ごとに地上部を刈り取った。刈り取った植物体は 80°C 設定の乾燥機で 24 時間乾燥させた後に現存量を測定した。バイオマス測定用の調査枠で測定した最大草丈および被度中央値から求めた面積を乗算して種ごとの推定植物体積値を求め、実測した種ごとの現存量と単回帰分析を行い、回帰式から各サイトの推定地上部現存量 (E-AGB) を算出した。

バイオリギングデータの収集にはウェアラブルカメラ (VIRB Elite, Garmin, USA) を用いた。カメラを家畜の顎の下に取り付け、ヤギがどのように植物を食べているのか経時変化を観察した (図 2)。1 日当たりの撮影時間は 6 時間とし、バッテリーは約 2 時間ごとに交換した。撮影した動画データは調査後にハードディスクに移し、帰国後に動画編集ソフトで再生・分析し、ヤギが食べた植物の種名を 1 秒単位で記録した。データは時系列にまとめ、ヤギの餌資源選択の変化について分析した。

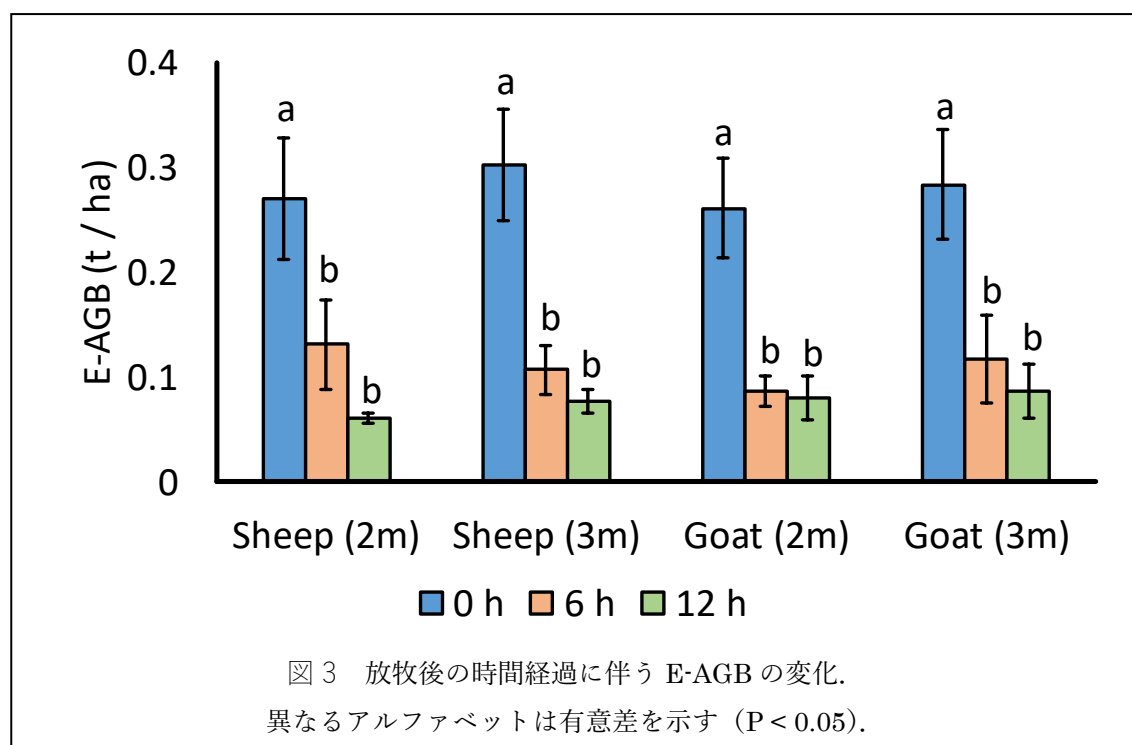
#### 4. 研究成果

本研究は 2016 年から 2018 年の 3 年間、生育初期の 6 月から 7 月と生育末期の 9 月に調査を実施した。2016 年 6 月の調査は、調査時期の降水量は例年並みで多く植物が生育していたことから、フスタイ国立公園南側のバッファゾーン内の草原で調査を実施した。2016 年 9 月の調査もまた、6 月の調査地とほぼ同じ場所で行った。2017 年 6 月は雨が降らず、通常の草原では放牧試験は不可能であった。そのためバッファゾーン内ではあるが植物が生育可能な河川沿いで調査を実施した。2017 年 6 月の調査では、気象条件の変化が放牧圧を変化させる可能性について明らかにするため、タープテントによって日陰条件を作り放牧への影響につい

て検証した。しかしながら調査中の強風や突風によって何度もテントが倒れたため、調査者とヤギの安全性を考慮して2017年9月以降は日陰条件実施しなかった。2017年9月の調査は、6月の調査以降に降った雨によって草原の植物が成長したため2016年に実施した場所で行った。2018年6月もまた雨が降らなかったため、通常の草原では放牧試験は不可能であった。そのため植物の生育が確認できたフスタイ国立公園南側バッファゾーン内の山麓部で実施した。2018年9月は、フスタイ国立公園南側バッファゾーンにおいて口蹄疫が発生したため、立ち入りが禁止された。そのため、フスタイ国立公園南東側のバッファゾーンで放牧試験を実施した。

気象条件が比較的良好で、動画解析が進んでいる2016年6月の分析結果について述べる。放牧試験前の調査枠に出現した植物種は30種であった。相対被度による優占種は *Artemisia frigida* (キク科ヨモギ属) であった。優占種の上位5種は *A. frigida*, *Stipa krylovii* (イネ科ハネガヤ属), *Allium bidentatum* (ヒガンバナ科ネギ属), *Carex duriuscula* (カヤツリグサ科スゲ属), *Caragana stenophylla* (マメ科ムレスズメ属) で、相対被度で全体の77.2%を占めていた。

放牧後の時間経過に伴う E-AGB の変化を示す (図3)。ヒツジ2 m 区における E-AGB は、放牧6 h で51.7%減少し、放牧12 h で77.8%減少した。ヒツジ3 m 区における E-AGB は、放牧6 h で64.5%減少し、放牧12 h で74.8%減少した。一方、ヤギ2 m 区における E-AGB は、放牧6 h で66.9%減少し、放牧12 h で69.5%減少した。ヤギ3 m 区における E-AGB は、放牧6 h で58.6%減少し、放牧12 h で69.4%減少した。ヒツジとヤギの放牧12 h の E-AGB の変化から放牧密度による違いはないと考えられ、試験条件が十分な過放牧状態であることが示唆された。ヤギの採食行動を観察すると地際から1 cm または2 cm 程度を残して食べているので、残された現存量は家畜が食べにくいことによる食べ残しであると考えられる。すなわち、放牧によって植生が失われる砂漠化プロセスにおいて、喫食行動による植生喪失は E-AGB の約7割程度であり、残りの約3割は喫食行動以外が関係していると考えられる。また、喫食のほかに家畜による土壌の踏みつけも原因の1つに挙げられるが、本研究では調査プロットに1頭しか配置していないため、放牧試験における踏みつけによる影響は少なかったと考えられる。



今後は家畜の行動パターン別に、放牧による砂漠化プロセスを捉える取り組みが必要である。

バイオロギングによって得られ動画データを解析し、家畜が喫食した種類を放牧1時間ごとに集計した(図4)。ヒツジの放牧後1時間の喫食行動で最も選択していた種は *A. bidentatum* で選択性を示す資源利用率は41.3%であった。これに次いで *Convolvulus ammanii* (ヒルガオ科ヒルガオ属) を選択し、資源利用率は32.0%であった。放牧開始から1時間が経過した後は *A. bidentatum* の資源利用率が20.6%まで低下したが、喫食時間は、放牧開始から4時間経過してヒツジが昼寝をしている間を除いて、放牧開始から6時間まで大きく変動しなかった。放牧開始から3時間が経過すると、*A. frigida* の資源選択率は53.1%に上昇した。*S. krylovii* の資源選択率も徐々に増加し、放牧開始から6時間で資源利用率は43.8%に達した。また、ヤギの放牧後1時間の喫食行動で最も選択していた種は *A. bidentatum* で選択性を示す資源利用率は64.7%であった。これに次いでヤギは *Haplophyllum dauricum* (ミカン科ハプロフィルム属) や *C. ammanii* を選択し、それぞれの資源利用率は16.3%と8.4%であった。放牧開始から1時間が経過した後は餌を食べる勢いが減少し、食事時間も約3分の1に減少した。資源選択率も変化し、*A. bidentatum* と *H. dauricum* の資源利用率がそれぞれ51.4%と6.6%に低下する一方で、*A. frigida* の資源選択率は3.3%から22.6%に上昇した。*A. frigida* はその後も高い選択性を示し、放牧後4時間経過で資源選択性は最も高い48%を示していた。*Stipa krylovii* は優占種であるにもかかわらず資源利用率は低かった。成長すると木質化する *C. stenophylla* や *Kochia prostrata* (ヒユ科ハウキ属) も餌資源として利用していた。

本研究によってバイオロギング技術を用いることで過放牧による砂漠化プロセスについて詳細な変化まで解析することが可能であることが確かめられた。モンゴルでは適切な放牧圧で利用されている草原では *S. krylovii* が優占し、過放牧が進行した草原では *A. frigida* が優占していることが知られている。これまで家畜は *A. frigida* は選択性が低いため、放牧圧が高くなると *A. frigida* が優占した草原になると考えられていた。しかし本研究の結果は、*A. frigida* のほうが *S. krylovii* よりも高い資源選択性を示していた。過放牧のような状況が続くと資源選択性にかかわらず家畜の餌資源として利用されることから、過放牧の草原では喫食された後の再生力が重要であると考えられた。*A. frigida* の再生力が *S. krylovii* よりも高ければ、過放牧が続いた草原は *A. frigida* が優占する草原になると考えられる。本研究によって放牧による砂漠化プロセスの新たな可能性が示唆された。

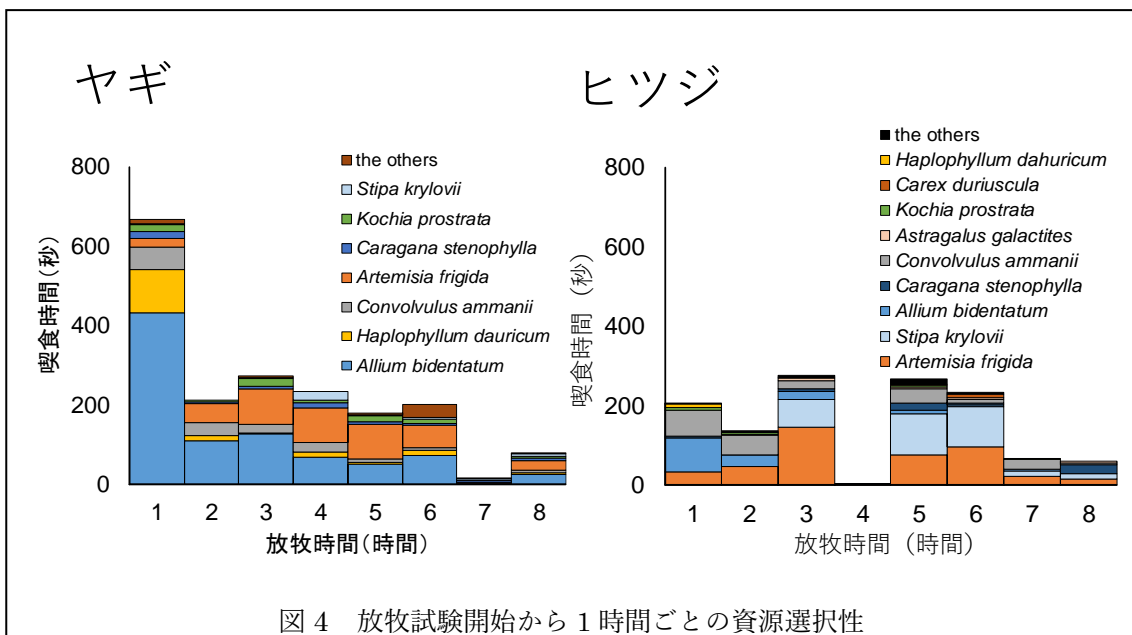


図4 放牧試験開始から1時間ごとの資源選択性

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 5 件）

1. 川田清和・高橋健吾・Tseden-Ish Narangerel・Undarmaa Jamsran (2019) モンゴル草原におけるバイオロギングを用いた資源利用分析 日本生態学会 第66回大会 神戸国際会議場
2. 川田清和・高橋健吾・ジャムスラン ウンダルマー (2018) モンゴル草原におけるバイオロギングを用いた資源選択性分析 日本沙漠学会 第29回大会 石巻専修大学
3. Kiyokazu Kawada, Kengo Takahashi, Undarmaa Jamsran (2017) Grazing comparison between sheep and goat. International Symposium on Restoration of Steppe Rangeland: Based on the Ethics of Stakeholders, Hustai National Park, Mongolia
4. 川田清和・高橋健吾・ジャムスラン ウンダルマー (2017) モンゴルにおけるヒツジとヤギの資源選択性比較 日本沙漠学会 第28回大会 千葉工業大学東京スカイツリータウンキャンパス
5. 川田清和・高橋健吾・ジャムスラン ウンダルマー (2017) モンゴル草原におけるヤギの採食行動 植生学会 第22回大会 沖縄県男女共同参画センター「ていりる」

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.u.tsukuba.ac.jp/~kawada.kiyokazu.gu/>

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

Undarmaa Jamsran 教授（モンゴル生命科学大学）

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。