

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：15101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2023

課題番号：20K23365

研究課題名（和文）乾燥地における放牧が土壌からのCO<sub>2</sub>排出量におよぼす影響の評価研究課題名（英文）Evaluation of the influence of grazing on soil CO<sub>2</sub> efflux in arid land

研究代表者

寺本 宗正（Teramoto, Munemasa）

鳥取大学・国際乾燥地研究教育機構・テニュアトラック助教

研究者番号：10761041

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：乾燥地における放牧が土壌呼吸におよぼす影響（放牧影響）を評価するために、2022年および2023年の夏季に、モンゴルの3地域（フスタイ、マンダルゴビ、ブルガン）の草原生態系において、土壌呼吸および環境パラメータの測定、植生調査を実施した。フスタイとマンダルゴビでは、放牧による植生劣化が見られる劣化区の土壌呼吸は、放牧の影響が小さい対照区よりも有意に小さかった。一方ブルガンでは、いずれの観測年でも劣化区と対照区の土壌呼吸に有意な差は見られなかった。放牧影響の大きさは、単一の因子（地温の差、体積含水率の差、根バイオマスの変化率等）から説明することは難しく、複数の要因が影響するものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

乾燥地に炭素を蓄積することは、気候変動を緩和する側面からも重要である。しかしながら、過放牧によって生態系の生産性や炭素の貯留能は減少する方向に傾いてしまう。土壌呼吸は陸域における炭素循環の重要な構成因子であって、その生態系における生産性の指標ともなりえる。本研究では、土壌呼吸に対する放牧影響の規模は各生態系によって異なり、それを単一の因子から説明することは難しい（複数の因子が関わる）ことが示された。本研究結果は、観測データが相対的に少ない乾燥地の炭素循環機能解明と、その攪乱応答に関する理解を深める上で、重要なステップとなるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To examine the influence of grazing on soil respiration (grazing effect) in arid ecosystems, we conducted measurements for soil respiration and environmental parameters and vegetation surveys in grassland ecosystems in three regions (Hustai, Mandalgovi, and Bulgan) in Mongolia in the summer of 2022 and 2023. Soil respiration in degraded plots by grazing was significantly lower compared with control plots in Hustai and Mandalgovi. On the other hand, there was no significant difference in soil respiration among degraded plots and control plots in Bulgan. The magnitude of the grazing effect was difficult to explain from single environmental parameters (e.g. the difference in soil temperature, the difference in soil moisture, and the changed rate of root biomass), and it was considered to be determined by several environmental parameters.

研究分野：環境動態

キーワード：草原生態系 攪乱 過放牧 土壌呼吸 土地劣化 チャンバー 気候変動緩和 土壌炭素

## 1. 研究開始当初の背景

厳しい環境にある乾燥地の生態系は脆弱であり、人為的な攪乱によって荒廃が進行しやすい。乾燥地の荒廃と砂漠化対策は、適切な土地利用によって乾燥地の土壤に炭素を蓄積すること(植生の維持、回復)と不可分であるとされる。放牧は乾燥地における主要な土地利用形態であるが、過度の放牧(過放牧)によって土壤が劣化(土壤を被覆する植生の減少や、土壤に含まれる炭素の減少)することが懸念されている。土地の劣化は、必然的に土壤からのCO<sub>2</sub>排出量(植物根の呼吸と土壤有機物の微生物による分解に起因する(以下「土壤呼吸」とする))を変化させる。つまり、土壤呼吸の変化は、土地の荒廃を反映する一つの指標となりえる。そのため、これまでいくつかの研究が乾燥地における放牧と土壤呼吸の関係性を検証してきた。例えば、Liらによる内モンゴルの草原における研究では、土壤呼吸は放牧によって10-19%減少した。一方で、Sharkhuuらはモンゴルにおける土壤呼吸の観測から、放牧の強度が軽度であった場合、土壤呼吸は増加するとしている。研究ごとに土壤呼吸に対する放牧の影響(土壤呼吸の変化率(以下「放牧影響」とする))に違いができるのは、放牧の強度が異なることはもちろん、温度、降水量や土壤水分、植生、土壤炭素量など、各サイトにおける環境因子の違いにも多分に起因するものと考えられる。しかしながら、これまで乾燥地における放牧影響に関し、多くの研究は単一サイト内における検証にとどまっており、複数の草原生態系における調査から、どの因子が放牧影響に寄与するのかを検証した例は限られている。

## 2. 研究の目的

本研究は、乾燥地における放牧が土壤呼吸をどれほど変化させ、その変化率(放牧影響)がどのような因子に支配されているのかという未解明な点を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 調査区の設定と植生調査

2020年から2021年にかけては、コロナの影響で海外渡航が不可能な状況であったため、2022年8月下旬から9月初旬および2023年8月下旬に、モンゴル国内において調査を実施した。調査地は、フスタイ国立公園、マンダルゴビ、ブルガン(モンゴル南部)における草原生態系である(図1)。2022年は3ヶ所で、2023年はマンダルゴビとブルガンの2ヶ所で調査を実施した。各草原生態系において目視で植生状況を確認し、放牧による植生の劣化が見られる劣化区と、放牧の影響が小さい対照区を設けた。各区にはそれぞれ5m×5mの方形区を3反復設置した。各方形区の中に、さらに50cm×50cmの小方形区を3ヶ所設置し、各小方形区内で土壤呼吸の測定および植物種毎の地上部の刈り取りを行った。さらに、3ヶ所の小方形区のうち1ヶ所で、深さ20cmまでの根のサンプリングを実施した。植物サンプルは、現地研究協力者の実験室にてオープンで乾燥し(80°C、48時間)乾燥重量を測定した。

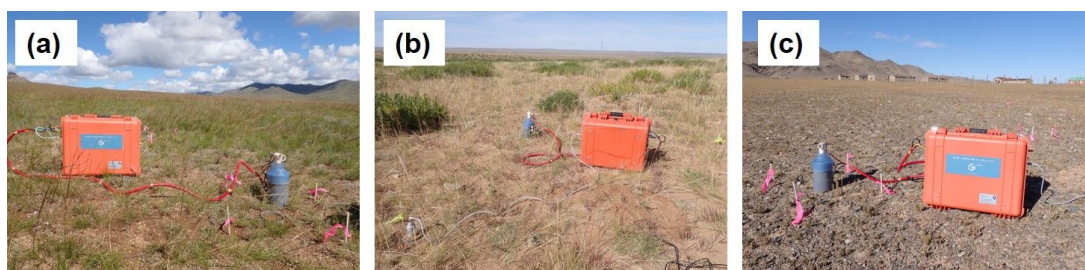


図1. フスタイ(a)、マンダルゴビ(b)、ブルガン(c)の草原生態系における土壤呼吸観測の様子(2022年8月下旬から9月初旬)

### (2) 土壤呼吸および環境パラメーターの測定

土壤呼吸の測定に際しては、内径10.7cmの塩ビのリングを地下5cm程度まで土壤に挿入し、一晚経過した後に土壤呼吸の測定を実施した。測定には、携帯型自動開閉チャンパーシステムを用いた。本システムは、塩ビ管をベースとした小型チャンパー(内径11.8cm、高さ30cm)およびチャンパー開閉を制御するコントロールボックスから成る(図1)。コントロールボックスにはCO<sub>2</sub>分析計(LI-830, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)とデータロガー(CR1000X, Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA)が内蔵されている。土壤呼吸測定の際には、コントロールボックスに接続可能な土壤水分センサー(SM150, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK)を用いて、土壤

呼吸の測定点で 0-5 cm 深度の体積含水率を測定した。加えて、100 cc のステンレス製採土管を用いて 0-5 cm 深度の土壌を採取し、実験室のオープンで乾燥 (105°C、24 時間) することで、体積含水率の測定および土壌水分センサーで出力された体積含水率の補正を行った。また、各コドラートの中心で、地下 10 cm の地温を測定した。地温の測定には、データロガー (ZL6, METER Group Inc., Pullman, WA, USA) に接続した土壌水分・温度センサー (TEROS-11, METER Group Inc.) もしくは手製の温度プローブ (E タイプ熱電対をステンレスチューブに挿入したもの) を、土壌断面に対して水平に挿入した。各調査地における対照区に対する劣化区の土壌呼吸の減少率は、 $(1 - (\text{劣化区の土壌呼吸} / \text{対照区の土壌呼吸})) \times 100 (\%)$  として算出した。ここにおける劣化区の土壌呼吸と対照区の土壌呼吸は、各方形区の平均値である。

#### 4. 研究成果

##### (1) 各調査地における物理的な環境因子と土壌呼吸の関係

2022 年から 2023 年に取得した物理的な環境因子 (地温および体積含水率) と土壌呼吸の関係を、図 2 に示す。ここでは、2022 年および 2023 年に各調査区に設置した 3 つの方形区における数値の平均値を、1 つのデータポイントとして示している。地温と土壌呼吸の間には、有意な相関は見られなかった一方で、体積含水率と土壌呼吸の間には、二次関数で近似される有意な関係性が見られた。最適な水分条件の下で土壌呼吸がピークを示すこの関係性は、他の半乾燥生態系においても示されているものである (例えば Castillo-Monroy ら)。つまり、本研究が対象とした 8 月末から 9 月初旬の草原生態系においては、土壌の水分環境が土壌呼吸の変動に寄与した可能性が示された。

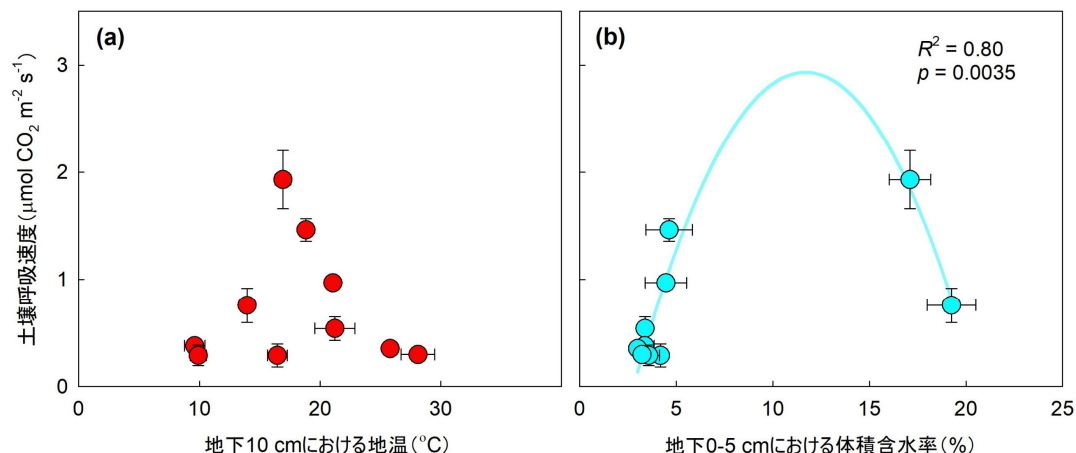


図 2. 地温 (a) および体積含水率 (b) と土壌呼吸の関係性。エラーバーは標準偏差を示す

##### (2) 各調査地の劣化区と対照区における土壌呼吸の比較

2022 年のフスタイ (減少率 61%) およびマンダゴビ (減少率 46%)、2023 年のマンダゴビ (減少率 34%) において、対照区に比して劣化区で有意に低い結果が得られた (図 3)。しか

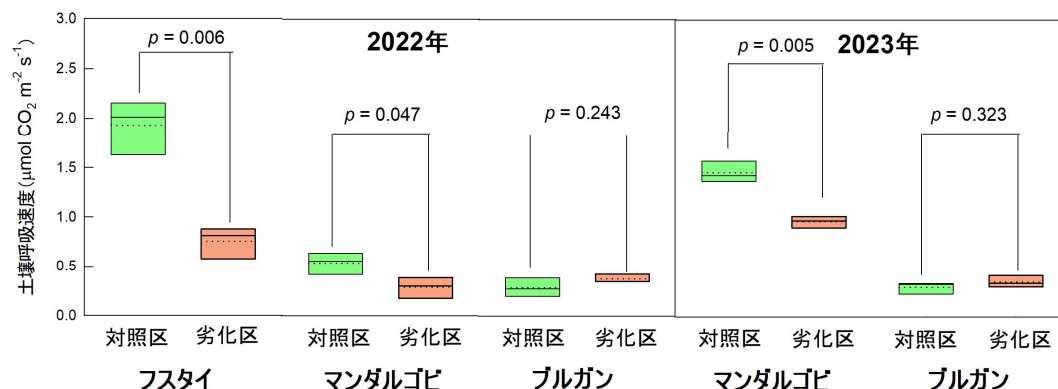


図 3. 各調査地の対照区と劣化区における土壌呼吸。実線は中央値、点線は平均値を示す

しながらブルガンでは、2022年および2023年いずれも対照区と劣化区における土壌呼吸に有意な差が見られなかった。この原因の一つとして、乾燥ストレスによって土壌呼吸が抑制されることで、放牧による土壌呼吸への影響が顕在化しなかった可能性が考えられる。ただし、本研究は2回の調査しか実施できていないため、常にブルガンの調査地では土壌呼吸に対する放牧影響が見られないのか、湿潤な環境では影響が顕在化するののかに関しては、さらなる検証が必要である。

### (3) 劣化区における土壌呼吸の減少率に寄与する因子に関して

各調査地における土壌呼吸の減少率は、対照区と劣化区における地温もしくは体積含水率の差からは説明できなかった。根バイオマスに関しては、土壌呼吸に大きな違いがあったフスタイで、対照区に比して有意に低い結果が得られているため、この点が土壌呼吸の減少率に部分的に寄与した可能性が考えられる。しかしながら、すべての調査地における土壌呼吸の減少率を、根バイオマスの違いのみから説明することはやはり難しかった。これらの結果から、土壌呼吸の減少率には、複数の物理的要因、生物的要因が影響するものと考えられた。

### <引用文献>

- Schwilch G, Liniger HP and Hurni H, 2014: Sustainable land management (SLM) practices in drylands: How do they address desertification threats? *Environmental Management* **54**, 983–1004.
- IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E *et al.* (eds.)]. <https://doi.org/10.1017/9781009157988.001>
- Li J, Huang Y, Xu F *et al.*, 2018: Responses of growing-season soil respiration to water and nitrogen addition as affected by grazing intensity. *Functional Ecology* **32**, 1890–1901.
- Sharkhuu A, Plante AF, Enkhmandal O *et al.*, 2016: Soil and ecosystem respiration responses to grazing, watering and experimental warming chamber treatments across topographical gradients in northern Mongolia. *Geoderma* **269**, 91–98.
- Castillo-Monroy AP, Maestre FT, Rey A *et al.*, 2011: Biological soil crust microsites are the main contributor to soil respiration in a semiarid ecosystem. *Ecosystems* **14**, 835–847.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Munemasa Teramoto, Nyamtseren Zorigbaatar, Undarmaa Jamsran, Naishen Liang, Norikazu Yamanaka
2. 発表標題 Influence of grazing on soil respiration in grassland ecosystems in Mongolia
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Munemasa Teramoto, Nyamtseren Zorigbaatar, Undarmaa Jamsran, Naishen Liang, Norikazu Yamanaka
2. 発表標題 Carbon Cycle in Terrestrial Ecosystems
3. 学会等名 7th GLOBAL MOON VILLAGE WORKSHOP & SYMPOSIUM (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	(Jamsran Undarmaa)	モンゴル生命科学大学	
研究協力者	山中 典和 (Yamanaka Norikazu)	鳥取大学・国際乾燥地研究教育機構	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	(Zorigbaatar Nyamtseren)	モンゴル生命科学大学	
研究協力者	梁 乃申 (Liang Naishen)	国立環境研究所・地球システム領域	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関