環境修復型農林業システム研究所活動報告書

所　長　石川　尚人

○研究目的

本研究所の設立目的は、中央アジアに広がる退化草原の修復技術の開発である。草原の退化は、最終的には沙漠化を引き起こす深刻な問題である。草原退化の原因は、遊牧民の貧困と過放牧とされてきたが、我々は退行草原の土壌および植物中のミネラル含有量が著しく低いこと、リン(P)および窒素(N)の施肥により退行草原の植物の生育が著しく亢進することなどから、草原退化の直接的な原因は、過放牧自体ではなく、家畜や牧草の生産を通じて植生維持に必要なミネラルが土壌から持ち出されたことであると結論づけた。本研究所は、これらの知見に基づき、持続可能な草原生態系を実現するための修復システム（放牧修復法）の構築を目的に設立された。本研究所における研究目的は、機能性ミネラル鉱塩(FMC)を与えた家畜を放牧する「放牧修復システム」の実地検証および本法の効果（植物生態の修復速度および経済効果）の評価である。

○研究メンバー

＜研究代表者（研究所長）＞
福島大学 生物・農学系、農学群食農学類
　教授　　石川　尚人
＜研究分担者（プロジェクト研究員）＞
福島大学 生物・農学系、農学群食農学類
　教授　　平　修
　准教授　高山　太輔
＜連携研究者（プロジェクト客員研究員）＞
　筑波大学生命環境系
　教授　　田村　憲司
　助教　　川田　清和
＜連携外の海外共同研究責任者＞
　内蒙古農牧業科学院副院長　金海教授
　モンゴル生命科学大学　ウンダルマー教授

○研究活動内容

モンゴル国や中国内蒙古自治区では市場経済への移行に伴い、主力産業牧畜業の生産効率を高めて羊肉や山羊毛の増産を行ってきた。その結果、モンゴルでは 1990 年代以降、内蒙古では 1960 年以降、深刻な草原劣化と経済的損失が発生した。特に家畜の生産性の低下は深刻であり、退行草原では家畜の生育が遅く、かつ、小型化していることが問題となっている。

長年にわたり、草原退行の原因は「過放牧」とされてきたが、本研究所では先行研究において、退行草原における土壌および自生植物のどちらにおいても、P 等の含有ミネラル量が退行前の時代に比べて著しく低減していること、また、植物中の P 等のミネラル含有率は家畜の成長に必要なレベルを大きく下回っていることを明らかにした。さらに、内蒙古シリンゴロ草原や四子王旗草原では、P および N の施肥により、約 2 か月で草量が無施肥区に比べて 2 倍程度になることを明らかにした。また、家畜の小型化現象に、草中のミネラル不足が関与している可能性を提言してきた。

本研究所では、これらの退行草原における草原生態系の物質循環の中にミネラル成分が戻れば、草原生態系と生産性の両方が持続的に回復するという仮説のもとに、主要ミネラル 8 種強化配合 FMS(現時点で組成未公開)を与えた家畜を経由してミネラルを草原に戻す実践的環境修復手法の効果の実地検証をするために、植物生態の修復速度および経済効果の評価を行うことを最終目標としている。

本研究所では、筑波大学生命環境系の田村憲司教授の課題名「モンゴル放牧地生態系管理とその持続的利用」が 2022～2023 年度二国間交流事業共同研究・セミナーに採択された。さらに、筑波大学生命環境系の川田清和助教が課題名「放牧を利用した生態化学量論的アプローチによる草原生態系の修復」(R5～8 年度) が科学研究費補助金基盤研究 (B) に採択された。

二国間交流事業共同研究・セミナーでは、内蒙古で実証した退行草原の土壌のミネラル枯渇状態と同様の現象が、モンゴルの退行草原においても発生しているかどうかを確認した。前年度に続き、R5 年度 5 月にフスタイ自然公園の草地内の試験地において、試験前の草と土の状態を調査した後に、一定の N 処理条件下において 3 水準の P 処理区(2.5, 5, 10g P/m2)および対照区(0g P/ m2)を設置した。その後、7 月に各区の植生および草量を調査した。

試験の結果、前年度と同様に P の施肥量の増

加に伴い優占種草の草量および葉緑体含有率が有意に増加することが明らかとなった。この結果は、内蒙古における我々の先行研究の結果と完全に一致するものであった。以上の結果から、内蒙古と同様にモンゴルの退行草原においても土壌のＰ等の残存量が植物の生育に必要なレベル以下になっており、モンゴルにおいても退行草原の草量が低下する原因として、P およびN不足による葉緑素生産の低下が関与していることはほぼ確実となった。これらの成果に基づき、今年度から「放牧を利用した生態化学量論的アプローチによる草原生態系の修復」（R5～8 年度）により、FMS を値板放牧修復の実証試験を開始した。

R5 年 4～5 月に、管理者から許可を得た場所にフスタイ国立公園内に総面積を 2ha の試験放牧地を設置し、内部を 4 区画に分けた。

R6 年 6 月 2 日から 1 区画あたり 3 頭のヒツジ（3 歳メス）を放牧し、残り 1 区画を放牧をしない対象区とした。放牧した 3 区画のうち 1 区画には通常の鉱塩を与える対照区（CT）とした。残りの 2 区画では重曹含有食塩ブロック剤を使用し、リン酸カルシウム水溶液を毎日 1 頭あたり 15 g 与える処理区（P15）と 30g 与える処理区（P30）を設けた。各区画には 1 m × 1 m の調査枠が 16 個設置され、すべての出現種を記録し、種ごとの最大草丈と Penfound & Howard 法による被度を記録した。最大草丈と被度の面積換算値の乗算値から調査枠あたりの体積値を算出した。体積値を相対優占度として Shannon の種多様度指数、Simpson の種多様度指数、Pielou の均等度指数を求めた。

調査枠には 37 種類が出現し、*Stipa krylovii*（イネ科ハネガヤ属）が優占種であった。2023 年における各処理区の平均体積値（cm^3/m^2）は UG が 19.8 ± 6.4, CT が 14.6 ± 5.0, P15 が 15.0 ± 4.0, P30 が 17.2 ± 6.0 であった。2024 年における各処理区の平均体積値は UG が 30.2 ± 6.8, CT が 23.9 ± 8.4, P15 が 20.7 ± 9.1, P30 が 26.6 ± 13.5 であった（図 1）. 平均種数は年による変化はなかったが、Shannon の種多様度指数、Simpson の多様度指数、Pielou の均等度指数は放牧をしている 3 区画において 2024 年に低下する傾向が示された[1)]。

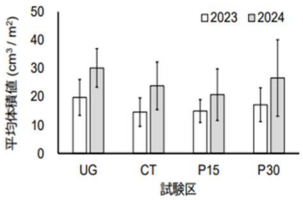


図1　各区の植物の平均体積値(cm^3/m^2)

1) 川田 清和・野村 陽菜・Jamsran Undarmaa・石川 尚人・田村 憲司 (2024) リン酸カルシウムを与えたヒツジの放牧が草原の群落構造に及ぼす影響　植生学会第29回大会　筑波大学　2024 年 10 月 19 日

土壌へのリン酸肥料の施用による植物への影響を調べたところ、*Carex duriuscula* および *Artemisia adamsii* などの植物体中のリンの量が増加した（図 2)。施肥なしの対照区と施用区の間にリン量に有意な差が認められた(P ＜ 0.05)。

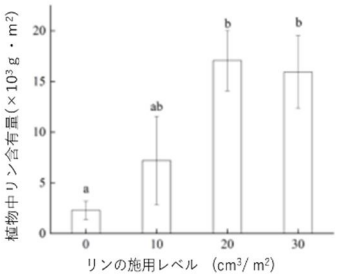
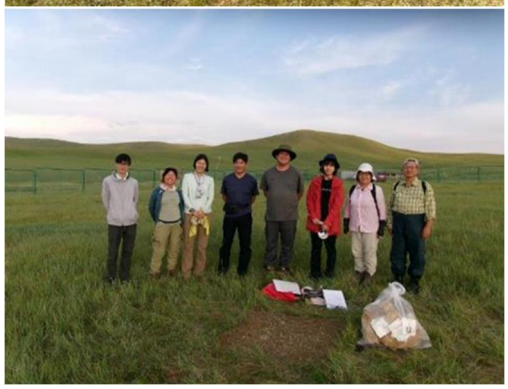


図2　リンの施用レベルと植物中リン含有量

２年間のリン酸肥料施用実験を通じて植物体中のリン量は徐々に増加した。以上のことから、試験区内の植生が回復しつつあることが明らかとなった[2)]。

2) Yang Ruoyi・田村憲司・川田清和・Teni Geer・石川尚人・浅野眞希・Undarmaa Jamsran (2024)モンゴルフスタイ国立公園における放牧地に及ぼすリン酸肥料施用の影響　植生学会第 29 回大会　筑波大学　2024 年 10 月 19 日