

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660274

研究課題名(和文) 過放牧自体が内蒙古草原の退化を引き起こした原因なのか？

研究課題名(英文) Is the overgrazing in itself the cause that caused the the degeneration of grassland in Inner Mongolia ?

研究代表者

石川 尚人 (ISHIKAWA, Naoto)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：20202963

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)： 内蒙古シリngo草原の採草地では放牧地に比べてリン含有率が低いことから、放牧地の採草地化は物質収奪の原因となることを示した。また、調査地の現在の土壌中総リン含有率は1960年代の1/10、優占種 Stippa属の総リン含有率は1980年代の(0.23% DM)の1/5程度であることが明らかとなった。そこで、四子王旗の荒漠草原およびシリngo盟典型草原において施肥試験を行い、両地区ともリン酸施肥量に応じて優占植物種草量および総リン含有率が増加することを示した。以上の実験結果から、内蒙古草原の退化への対応策は禁牧が主流であるが、物質循環の回復を含めた草原管理技術の新規開発の必要性が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The total phosphorus in soil of mowing grassland was lower than that of grassland with grazing sheep and the total phosphorus content in soil and a dominant plant in current grassland were lowered up to 1/10 of that in 1960s and 1/5 of that in the 1980s, respectively, in Xilingol of Inner Mongolia, showing that the process of conversion from grazing to mowing of grassland usage could become a cause of the material exploitation from grassland soil. In addition, The fertilization conducted in grasslands of Siziwang and typical Xilingol showed that total phosphorus contents in soils and the dominant plants increased according to phosphorus fertilization levels in both trial areas. Based on the results, it is demonstrated that the countermeasure for management of the grassland including recovery of the materials flow will be essential for the protecting and resuming the degraded grassland in Inner Mongolia, although livestock exclusion has been a main policy in China.

研究分野：畜産学・草地学

キーワード：中国内蒙古 草原退化 原因 物質循環 土壌中総リン含有率 土壌中総窒素含有率 土壌ミネラル収奪 土壌中リン枯渇

### 1. 研究開始当初の背景

内蒙古草原の退化の原因については、草量が減少した1960年から1980年にかけて人口および家畜飼養頭数の急激な増加が記録されていることから、過放牧が主因とされている。このような観察から、IPCCは第三次作業報告書において、草原の砂漠化の人為的要因を過放牧による土壌の踏み固めと植物の過剰利用による被覆減少とした。その後、過放牧の悪影響として土壌かく乱による窒素固定能力の低下や家畜による食害が草量に及ぼす影響について主に調べられてきた。

しかし、申請者らは、現地の放牧圧・草量・土壌成分の分析により土壌リン含有量が草量の地間差に関係している可能性を示し、現存する草のリン含有量では家畜のリン要求量に満たないことを明らかにした(Kyuno *et al.*, 2011; Kyuno *et al.*, 2012)。さらに、過去の植物の含有成分の記録(「内蒙古牧草栄養成分録」、内蒙古草原勘测设计院/主編: 黄友庭、邢旗、2000年6月第一版)の詳細な調査から内蒙古の草中のリン濃度は1960年代から1980年代にかけて半減したとする記録を見出すに至り、土壌中リン含有率がこの時期に多量に持ち出された結果、草原退化が進行したという仮説を立てた。

### 2. 研究の目的

内蒙古草原の退化のプロセスにおいては、過放牧自体ではなく「家畜や草の過剰生産と搬出の過程でリンなどの土壌成分が多量に持ち出された結果、土壌栄養が低下して草量が減少した」、すなわち物質循環の破綻が主要因であるという仮説が真である傍証として、植物中のリンの経年的変化を推定する試みを行った。

### 3. 研究の方法

研究計画に従い、初年度に内蒙古シリngo草原の隣接する放牧地と採草地の土壌中リン濃度の比較を行った。5から10年以上採草地として使われている候補草地の中から、管理者が調査および協力を受諾した禁牧地を放牧地4地点選定し、その草地に隣接する放牧地についても同時に調査を行った。植生、土壌中PおよびN含有率、植物中PおよびN含有率を調査した。調査した4地点の内、典型草原であったのは3地点であったため、典型草原の3地点の分析結果を用いて採草地と放牧地の統計解析を行った。

翌年度以降に、内蒙古草原の土壌中のPおよびN含有量が、それぞれの地域に自生する草の生育に不足しているという仮説を検証するために施肥試験を行った。調査地を内蒙古四子王旗の荒漠草原およびシリngo盟典型草原内に設定した。重過リン酸石灰および硫酸を肥料とした。リン酸およびリン酸・窒素混合施肥区を設定し、0、2.5、5、10および20g/m<sup>2</sup>リン酸施肥(リン重量)区の5水準(各5m×5m)を、それぞれ、3地点ずつ

設定した。リン酸・窒素混合施肥区では、全処理区に窒素重量25g/m<sup>2</sup>の硫酸をした。約90日後、各処理区内に設置した3つのコドラート(1m×1m)内で植物採取および草量測定を行った。最もバイオマスの多い優占植物種(それぞれ、*Stippa*属および*Leymus chinensis*)の総リン含有率を測定した。

### 4. 研究成果

3地点の採草地および放牧地ともに*Stippa*属が優先種であった。土壌中の総N含有率は放牧地に比べて採草地では有意に高かった(それぞれ、1.5および1.8g/kg;  $p < 0.01$ )のに対し、総P含有率に関しては放牧地に比べて採草地では有意に低いことが示された(それぞれ、0.24および0.20g/kg;  $p < 0.01$ )。このことから、採草地では家畜の踏みつけなどによる土壌攪乱がないため、シアノバクテリアなどのN固定菌の活動が盛んであること、また、放牧地では家畜の糞尿によるPの還元などにより土壌からのPの収奪が採草地に比べて緩やかである可能性が示唆された。一方、調査地全ての土壌中総リン含有率は、1960年代の記録の1/10程度の値であり、草(*Stippa*属)の総リン含有率は飼養標準の要求量を下回っており(0.07% DM)、1980年代に記録された含有率の(0.23% DM)の1/5程度であったことから、この地域の土壌中Pは既に枯渇しかけているものと考えられた。以上の結果から、草原保護を目的として現在内蒙古で行われている放牧地の採草地への転換は、長期的には必ずしも植生退化の抑制に寄与しないばかりではなく、収奪的物質循環による重篤な植生退化を引き起こす原因と成り得ることが示唆された。

以上、本研究では当初、草原保護を目的とした放牧地の採草地化の評価および土壌中総リンの枯渇までの年数の推定を行う予定であったが、少なくとも土壌中リン含有量は既に不足している可能性が初期段階で示された。そこで、当初計画していた施肥実験の処理区を仮説検証のために再設定し、草量および植物中総リン含有率に及ぼすリン酸・窒素施肥の効果を調べた。調査地を内蒙古四子王旗の荒漠草原およびシリngo盟典型草原内に設定し、以降の研究を進めた。

四子王旗ではリン酸施肥により草量は有意に増加したが、シリngo盟ではリン酸のみの施肥は草量に影響しなかった。両地区ともリン酸・窒素混合施肥区では2.5g/m<sup>2</sup>施肥区で有意に草量が増加し、リン酸20g/m<sup>2</sup>施肥区では無処理区の約2倍の草量であった。2.5~20g/m<sup>2</sup>のリン酸処理区の間には有意差は認められなかった。一方、両地区ともリン酸施肥量に応じて優占植物種中の総リン含有率は増加し、同時にN:P比は大きく減少した。優占植物中の総リン含有率が20g/m<sup>2</sup>処理区で最大になったものの、1980年代の同生育期の同種の植物種中の総リン含有率の記録値よりも低かった。以上の成績から、植物

の生育に必要な元素として、四子王旗ではリン酸が第一制限元素、窒素が第二制限元素であり、シリング口盟では両元素とも不足している可能性が示唆された。

本成果は内蒙古草原の沙漠化の原因解明および修復技術の開発の両面において重要な意義を持つ。これまで内蒙古草原の退化の原因は過放牧とされてきたが、牧草に対する家畜の物理的・生態学的圧力を基準とする「牧養力」により「過放牧」は定義されるため、草原退化対策の焦点が「禁牧」、「減牧」、「輪牧」等の放牧管理技術におかれてきた。しかし、本成果から、この地域の草原退化の直接的な原因は物質循環の破綻であることが示され、施肥により草量の劇的に回復することから、物質循環の回復を含めた草原管理技術の開発の必要性が明らかになった。

#### <引用文献>

Kyuno, W., G. Wa, W. En, W. Tuya, M. Goto, A. Tajima, N. Ishikawa (2012) The relationship between aboveground productivity and chemical components (NO<sub>3</sub>N, TN and TP) of plant and soil in typical steppe of Inner Mongolia. JSGS Proceeding of the 4th Japan-China-Korea Grassland Conference. The 4th JCK Grassland Conference Organizing Committee. pp 46-47.

Kyuno, W., W. Gao, E. Wu, Wlantuyanm, A. Tajima, N. Ishikawa (2011) The relationship between aboveground productivity and chemical components (NO<sub>3</sub>N, TN and TP) of plant and soil in typical steppe of Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2011 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 108.

#### 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 6件)

Gong, Zhe, K. Kawamura, N. Ishikawa, M. Inaba, D. Alateng (2016) Estimation of herbage biomass and nutritive status using band depth features with partial least squares regression in Inner Mongolia grassland, China, Grassland Science 62: 45-54.

Ishikawa, N., Y. Kimura, R. Sawado, Alatengdalai, O. Enishi, M. Goto, A. Tajima (2016) Nutritional characteristics of the dominant wild-plant species in salt-accumulated grasslands producing a local sheep breed with high twinning rate in Harigabi, Inner Mongolia, Tropical Agriculture and Development 60(1): 10-13.

Changqing, L., Alatengdalai, S. Xue, A. Tajima, N. Ishikawa\* (2015) Estimation of herbage intake and digestibility of grazing sheep in Zhenglan Banner of Inner Mongolia by using n-alkanes. Animal Nutrition 1: 324-328.

Gong, Z., K. Kawamura, N. Ishikawa, M. Goto, T. Wulan, D. Alateng, T. Yin, Y. Ito (2015) MODIS normalized difference vegetation index (NDVI) and vegetation phenology dynamics in the Inner Mongolia grassland, Solid Earth 6: 1185-1194.

Ishikawa, N., W. Kyuno, G. Wa, W. Tuya, Alatengdalai, M. Goto, A. Tajima (2015) Relationship between aboveground productivity and chemical components of soil and plant in typical steppe with different productivities and grazing intensity in Inner Mongolia, Journal of Arid Land Studies 25(2): 25-30.

Kyuno, W., G. Wa, W. En, W. Tuya, M. Goto, A. Tajima, N. Ishikawa (2013) Study on the nitrogen and phosphorus concentrations in soil affecting above ground productivities in typical steppes of Inner Mongolia. Animal Behaviour and Management 49(2): 91-95.

#### [学会発表](計 6件)

Inaba, M., Z. Gong, H. Jing, K. Kawamura, M. Goto, K. Kawada, A. Asano, A. Tajima, N. Ishikawa (2015) Difference of phosphate absorptive coefficient in Siziwang and Xilingol in Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2015 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 71.

Du, H., N. Ishikawa, A. Asano, A. Tajima (2014) Study on the temporal change in regional characteristics of agriculture and livestock production in Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2014 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 57.

Kasuga, Y., M. Goto, Altengdarai, K. Kawamura, Altengdarai, G. Wa, W. Tuya, X. Qi, A. Asano, A. Tajima, N. Ishikawa (2014) Effects of double superphosphate and ammonium sulfate fertilization on productivity and total phosphorus in plant in Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2014 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 70.

Sawado, R., Altengdalai, O. Enishi, M. Goto, A. Asano, A. Tajima, N. Ishikawa (2014) The effect of high energy plane feeding on the ovulation rate in Sonid ewe, a local reed of Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2014 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 83.

Sawado, R., Altengdalai, O. Enishi, M. Goto, A. Asano, A. Tajima and N. Ishikawa (2013) The difference of vegetation, chemical composition of grass and grazing management in Gebi and Saihangebi village of Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2013 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 101.

Kasuga, Y., M. Goto, Altengdarai, G. Wa, W. Tuya, X. Qi, A. Asano, A. Tajima, N. Ishikawa\*(2013) Composition of total nitrogen and phosphorus in soil between the meadow and grazing land in Xilingol grassland in Inner Mongolia. UNESCO-APEID 2013 International Symposium on Agricultural Education for Sustainable Development. Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. pp 76.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6 . 研究組織

- (1)研究代表者  
石川 尚人 (ISHIKAWA, Naoto)  
筑波大学・生命環境系・助教  
研究者番号： 20202963
- (2)研究分担者  
後藤 正和 (GOTO, Masakazu)  
三重大学・生物資源科学研究科・教授  
研究者番号： 20144230
- 川村 健介 (KAWAMURA, Kensuke)  
広島大学・国際協力研究科・准教授  
研究者番号： 90523746
- (3)連携研究者  
( )  
研究者番号：