

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2017

課題番号：26304046

研究課題名(和文) 黄砂発生源における草原生態系の菌根共生とグロマリン蓄積

研究課題名(英文) Glomalin accumulation and arbuscular mycorrhizal symbiosis of grassland

研究代表者

山中 典和 (Yamanaka, Norikazu)

鳥取大学・乾燥地研究センター・教授

研究者番号：20202385

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：モンゴルの草原地帯で、乾燥及び放牧強度の変化に伴うAM菌群集の変化とグロマリンの蓄積を調べた。放牧はイネ科植物、特にStipa属の地上部バイオマスを減少させた。乾燥程度の異なる3つの調査地間でAM菌群集の違いが認められたが、優占するAM菌OTUsのほとんどが普遍的なものであった。また、AM菌群集の組成は、すべての試験地で、放牧強度が異なると変化した。放牧強度の低い場所で優占するAM菌の相対優占度は放牧強度の増加とともに減少し、放牧はAM菌群集の構造を乱す可能性が示唆された。そして、このことがグロマリン様タンパク蓄積に影響を及ぼす可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Mycorrhizal symbiosis and accumulation of glomalin in Mongolian grassland were characterized under gradients of grazing intensity at three study sites of different aridity. With regard to floristic composition, grazing decreased the shoot biomass of Poaceae species, especially Stipa spp. Distinctness of the AM fungal communities was observed among the three study sites, but most of the AM fungal operational taxonomic units (OTUs) were ubiquitous. This result indicates that the AM fungal communities may be derived from similar AM fungal floras in correspondence with environmental factors. The composition of AM fungal communities differed significantly among the grazing intensities at all study sites. The relative abundance of the most dominant AM fungal OTU in the LG plots decreased with increase in grazing intensity at all study sites, and grazing may disturb the AM fungal community structure. Then, it was shown that this may affect glomalin accumulation.

研究分野：乾燥地緑化学

キーワード：環境 菌根 生態学 黄砂対策

1. 研究開始当初の背景

黄砂発生域での発生源対策として、草原による土壌表面の被覆が重要であり、この点に関する知見が明らかにされつつある(例えば Kurosaki et al. 2011 Geophys Res Lett)。この他にも、土壌クラストなどの土壌の物理性が砂の移動に関与し、ひいては黄砂発生にも関与していると考えられる。黄砂発生域の1つであるモンゴルの草原生態系では、*Stipa* 属、*Artemisia* 属、*Allium* 属などの植物が優占しており、これらの植物はアーバスキュラー菌根菌(以下 AM 菌根菌)と共生している。この共生によって、植物の成長やストレス耐性が促進されていると考えられるが、このような働き以外にも AM 菌根菌は菌糸やグロマリンと呼ばれる物質を生成することによって土壌の固結を促進することが知られている(例えば Rillig 2004 Can J Soil Sci)。グロマリンは *Glomus* 属、*Acaulospora* 属、*Gigaspora* 属の AM 菌根菌が生産するタンパク質の1種であり、土壌中に数年にわたって蓄積し、土壌の団粒構造の発達に強く関与している。土壌団粒の発達は風食や水食を軽減するため(例えば Zobeck 1991, Barthes & Roose 2002)、グロマリンはモンゴルの草原生態系を発生域とした黄砂飛来に影響しうる重要な要素であるが、現地の草原における菌根共生を調べた例はほとんどない。Goomaral ら(2013)による、モンゴルの草原生態系における AM 菌根菌調査では、菌根菌種のほぼ全てがグロマリンを生産しうる *Glomus* 属菌であることが報告されている。従って、土壌表層を覆う生物クラストも少ないモンゴルの草原生態系において、グロマリンは水食や風食からの土壌の保護に大きく寄与していると考えられる。しかしながら、その一方で、モンゴルの草原生態系における AM 菌根菌は種多様性が低いいため、その生態的多様性も低く、環境の変化や攪乱によって菌根共生が衰退しやすい可能性も示唆されている。このような背景から、環境傾度や攪乱強度が植生と菌根共生(感染率、種多様性、および群集構造)にどのように影響を及ぼし、これが土壌中のグロマリン蓄積にどのように関与しているのかに関する知見は、モンゴルにおける草原生態系の維持、および土壌管理に非常に重要であるが、この点はまだ調べられていない。

2. 研究の目的

近年我が国における黄砂の飛来量が年々増加しつつある。特に、飛来経路上における大気汚染とも関係し、発生源周辺のみならず、風下側で生活する人々の健康や社会活動にも深刻な影響を及ぼし始めている。黄砂とは、タクラマカン、ゴビ、中国黄土高原などの砂漠・乾燥地帯の砂塵が、強風や気流などによって運ばれ、モンゴルや中国、韓国、日本などに降り注ぐ現象である。黄砂は、春に起こる自然現象として昔からあるが、発生源とな

る国々の砂漠化等と関連している。対策として、黄砂発生域における植生管理、植生の修復が不可欠である。本研究は、黄砂発生域に位置するモンゴルの草原生態系に焦点をあてて、特に降水量の減少や砂漠化に伴う植生変化と、植物の生育を支える菌根共生系の関係解析、さらには菌根共生により生成され、土壌の固結化を促進するグロマリンの蓄積との関係性を明らかにしようと試みるものである。

3. 研究の方法

研究は、黄砂発生域の1つであるモンゴル国を対象とし、課題1:降水量傾度に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積量の変化に関する研究、及び課題2:草原植生の劣化に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積量の変化に関する研究を行った。

2つの課題ともに、現地で植生調査、菌根のサンプル収集、グロマリン定量分析、土壌団粒定量用のサンプル収集をモンゴルの現地で行った。菌根菌の同定、定量は、前処理した細根、および土壌 DNA サンプルを日本に持ち帰り、鳥取大学または千葉大学で分析を行った。グロマリンと土壌団粒に関しては現地で収集した土壌、あるいは前処理したサンプルを日本に持ち帰り、鳥取大学で分析を行った。最後に、得られたデータを統合し、降水量傾度または、植生劣化に伴う、植生-菌根共生系-グロマリン蓄積量-土壌団粒に関する関係性を明らかにした。

調査研究実施国は、黄砂発生域の1つであるモンゴルを対象とした。

日本からは、関西空港から韓国のインチョン経由、あるいは成田空港からの直行便で首都ウランバートルへ入る。

課題1で想定している「降水量傾度に伴った植生-菌根共生系-グロマリン蓄積の変化に関する研究」に関し、モンゴルでは北から南に行くに伴い降水量が減少し、植生帯が変化する。草原生態系としては、北方のフォレストステップから南にかけて乾燥の影響を受けた植生となり、ステップ、ゴビステップと変化する。調査対象地域はこのような植生の変化に対応させて、山地フォレスト-ステップ地域に位置するフスタイ国立公園(降水量 250~300mm/yr)、ステップ-ゴビステップ地域に位置するマンダルゴビ(降水量 150~200mm/yr)、そして、ゴビステップ地域に位置するブルガン(降水量 50~100mm/yr)を主とした研究対象地域とした。

課題2の「植生劣化に伴う、植生-菌根共生系-グロマリン蓄積の変化に関する研究」では、よく保存された草原植生が残存するフスタイ国立公園を中心とし、周辺地域に存在する劣化草原生態系との比較を行った。移動は、課題1と同様、ウランバートルからの車の借り上げにより行った。

また、モンゴルの現地で調査を行う前に、

事前調査として、2015年に日本の鳥取砂丘に隣接する砂丘地で海岸植生を対象として、植生と菌根共生、グロマリン蓄積の調査を行った。

4. 研究成果

2014年度

(課題1)「降水量傾度に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積の変化に関する研究」に関し、2014年度は、山地フォレストステップが最も良好に保存されている、フスタイ国立公園において、優占種の異なる植生を3か所選定して調査を行った。各調査地において、1m x 1mのコドラートを3つ設置し、植生調査を行うとともに、菌根及び土壌サンプルの収集を行った。

(課題2)「植生の劣化に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積の変化に関する研究」に関しても同じく、フスタイ国立公園周辺で放牧を行っている場所を対象に、強度放牧地3か所、軽度放牧地3か所を選び、課題1と同様の植生調査を行うとともに、菌根及び土壌を収集した。

課題1,2の結果より、フスタイ国立公園のよく保存された場所では *Stipa kirovii* が優占する植生が見られた。放牧強度が強まるに伴い、*Stipa kirovii* の被度、植生高が低下した。また出現種数も放牧強度が強まるのに伴い、低下した。

また、モンゴルの現地で調査を行う前に、事前調査として、日本の鳥取砂丘に隣接する砂丘地で海岸植生を対象として、植生と菌根共生、グロマリン蓄積の調査を行った。その結果、同じ場所に生育する植物間でも菌根形成率は異なっていた。菌根形成率が低かった植物ではグロマリン様タンパク質量も低いことが明らかとなった

2015年度

(課題1)「降水量傾度に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積の変化に関する研究」に関し、2015年度は、昨年調査を行ったフスタイ国立公園よりも乾燥の進んだ、ステップ~ゴビステップ地帯に属するマンダゴビ地域において、人為影響の少ない場所を3か所選定して調査を行った。各調査地において、1m x 1mのコドラートを3つ設置し、植生調査を行うとともに、菌根及び土壌サンプルの収集を行った。

(課題2)「植生の劣化に伴う植生-菌根共生-グロマリン蓄積の変化に関する研究」について課題1同様に、マンダゴビ周辺で放牧を行っている場所を対象に、強度放牧地3か所、軽度放牧地3か所を選び、課題1と同様の植生調査を行うとともに、菌根及び土壌を収集した。

課題1,2の結果より、マンダゴビ地域の植生に関しては、被食影響の少ない場所では昨年度調査を行ったフスタイ国立公園同様、

Stipa kirovii が優占する植生が見られた。しかし、その被度や植生高は降水量の多いフスタイに比べかなり小さな値を示した。放牧強度が強まるに伴い、*Stipa kirovii* の被度、植生高がフスタイ同様低下した。また出現種数も放牧強度が強まるのに伴い低下した。

また、2015年度は、昨年行ったフスタイ国立公園での、植生変化に対する菌根菌群集の変化に関して解析も進めた。フスタイでの調査地全体で5科46 OTUのAM菌が得られた。プロット間のOTU組成の非類似度(Bray-Curtis 指数)を算出し、非計量多次元尺度構成法(NMDS)による解析を行ったところ、3つの食害強度の間で群集構造が有意に異なっていた。また、AM菌群集構造と植物の地上部および地下部バイオマス、優占種であるイネ科の *Stipa krylovii* バイオマス、植物種数との間には有意な相関が見られた。さらに、土壌化学性のうち、土壌pHと可給態リン酸が食害の進行に伴って上昇する傾向が見られ、群集構造とも有意に相関していた。以上のことから、家畜食害による植生劣化と土壌化学性の変化がAM菌群集構造を変化させると考えられた。本結果について、菌根研究会2015年度大会及び第63回日本生態学会大会で発表を行った。

さらに、2015年度に事前調査として、日本の鳥取砂丘に隣接する砂丘地で海岸植生を対象とした植生と菌根共生、グロマリン蓄積の調査を行ったが、調査で得られた試料について2016年度も分析、解析を進め、日本緑化工学会誌に投稿し掲載された。

2016年度

2016年度は最も降水量の少ないブルガン地域において、植生と菌根共生系の関係解析、及び土壌の固結化を促進するグロマリンの蓄積と土壌団粒との関係性調査を行った。

調査結果より、ブルガン地域の植生に関しては、被食影響の少ない場所では平成26、27年に調査を行ったフスタイ国立公園、マンダゴビ地域同様、種は異なるものの、同じ *Stipa* 属植物が優占する植生が見られた。しかし、その被度や植生高は降水量の多いフスタイに比べかなり小さな値を示した。放牧強度が強まるに伴い、*Stipa* 属植物の被度、植生高がフスタイ同様低下した。また出現種数も放牧強度が強まるのに伴い低下した。

これまで実施した3箇所(フスタイ国立公園、マンダゴビ地域、ブルガン地域)の調査結果で検出されたAM菌DNAを97%の相同性にしながらOTUに区分したところ、6科(Archeosporaceae, Claroideoglomeraceae, Diversisporaceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Paraglomeraceae)1110TUのOTUが得られ、モンゴルの草原植生に多様なAM菌が存在することが明らかとなった。このうちGlomeraceaeは910TUとなり、最も優占していた。それぞれの地域においてOTU組成の非類似度(Bray-Curtis 指数)を算出し、

非計量多次元尺度構成法 (NMDS) による解析を行ったところ、いずれの地域においても 3 つの食害強度の間で群集構造が有意に異なっており、降水量に関わらず家畜食害は AM 菌の群集構造を変化させることが示唆された。また、全ての植生帯において、土壌 pH、植物根バイオマス、Stipa 属の地上部バイオマスは AM 菌群集構造と有意に相関した。以上のことから、家畜食害による植生劣化と土壌化学性の変化が AM 菌群集構造を変化させると考えられた。そして、このことによりグロマリン様タンパク蓄積に影響を及ぼす可能性が示された。

2017 年度

2017 年度は、最終年度であり、2016 年度に調査を行ったブルガン周辺で収集した土壌、根系サンプル、土壌からの DNA サンプルの解析を進め、ブルガン周辺の植生劣化に伴う菌根共生系の変化やグロマリンの分析を進めた。3 年間で得られたフスタイ、マンダールゴビ、ブルガンのデータを統合し、降水量傾度に伴う、植生 菌根共生 グロマリン蓄積の変化を総合的に解析した。さらに異なる降水量を有する調査地において、特に放牧による植生劣化が植生 菌根共生 グロマリン蓄積に与える影響を解析した。結果、AM 菌類に対する放牧の効果に関しては、最も優勢な AM 菌の減少が、すべての調査地で共通して観察された。得られた結果をもとに、鳥取でミーティングを行うと共に、モンゴルの研究者とも結果の検討を行った。検討結果を取りまとめて、論文を作成し、Mycorrhiza 誌へ投稿中である (Ryota Kusakabe, Takeshi Taniguchi, Altansukh Goomaral, Jamsran Undarmaa, Norikazu Yamanaka, Masahide Yamato: Characterization of AM fungal communities under gradients of grazing in Mongolian grasslands of different aridity. Mycorrhiza (submitted))。

さらに、2017 年 8 月には、本研究申請時に計画していた、過去の耕作が植生へ与える影響についても調査を行い、フスタイ周辺では、耕作放棄後に Chenopodium 類の優占が顕著になることが明らかとなった。

また、2018 年 3 月にモンゴル研究者と共同で、モンゴルの放牧地生態系の概要を取りまとめた「Rangeland Ecosystems of Mongolia」をモンゴルで出版した。内容はモンゴル人研究者、及び学生の利便のためモンゴル語と英語の併記になっている。この出版物中、植生の項で、本科研によって得られた植生に関する知見も盛り込むことができた。

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 1 件)

由澤敏樹・谷口武士・山中典和、鳥取砂丘における海岸植物 5 種のアーバスキュラー菌根共生とグロマリン様タンパク蓄積. 日本緑化工学会誌、査読有、41、2015、27-32

[学会発表](計 4 件)

日下部 亮太、谷口武士、Undarmaa, Jamsran, 山中典和、Goomaral, Altansukh, 大和政秀 (2017) 降水量と家畜食害強度の違いがモンゴル草原のアーバスキュラー菌根菌群集に与える影響、第 64 回日本生態学会、東京

日下部 亮太・谷口武士・Jamsran Undarmaa・山中典和・大和政秀 (2016) モンゴルのステップ草原における家畜食害はアーバスキュラー菌根菌群集に影響を与える。第 63 回日本生態学会、仙台
日下部 亮太・谷口武士・Jamsran Undarmaa・山中典和・大和政秀 (2015.10) モンゴルのステップ草原における家畜食害がアーバスキュラー菌根菌群集に与える影響。菌根研究会、帯広。

由澤敏樹・谷口武士・山中典和 (2015) 鳥取砂丘における海岸植物 5 種のアーバスキュラー菌根共生とグロマリン蓄積。第 46 回日本緑化工学会、藤沢

[図書](計 1 件)

Undarmaa Jamsran, Kenji Tamura, Natsagdorji Luvsan and Norikazu Yamanaka eds. (2017.3) Rangeland Ecosystems of Mongolia. Munkhiin Useg Co. Ltd, Ulaanbaatar, pp.528. ISBN 978-99978-2-567-4

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山中典和 (YAMANAKA Norikazu)
鳥取大学・乾燥地研究センター・教授
研究者番号：20202385

(2) 研究分担者

大和政秀 (YAMATO Masahide)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号：00571788

谷口武士 (TANIGUCHI Takeshi)
鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授
研究者番号：10524275