

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

遊牧民伝承に基づくモンゴル草原植物資源の有効活用による草地回復

(2020年07月～2025年07月)

2. 研究代表者

2.1 日本側研究代表者：浅見 忠男（東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授）

2.2 相手側研究代表者：Javzan BATKHUU（モンゴル国立大学 応用科学工学部 教授）

3. 研究概要

乾燥・低温ならびに貧栄養という厳しい自然環境に生育するモンゴル草原植物は、環境に適応した固有の成長メカニズムや各種耐性を有し、そこには未知の遺伝子や生理機構が作用していると予測される。また、家畜が選択的に摂取する植物もあり、それらには何らかの効用があると考えられるが、科学的解明はまだ進んでいない。一方、モンゴルの草原は、1990年代以降のヤギをはじめとする家畜飼養頭数の増加と気候変動が相まって荒廃しつつあり、その対策が急務とされている。

本プロジェクトでは、モンゴル草原において長い生活史を持つ遊牧民の草原植物に関わる知識と伝承を集め、機能や有用性を科学的に実証することを目標とする。また、生産性および家畜の健康増進効果を基に選抜した草原植物の栽培法を確立することによって、モンゴルにおける遊牧畜産業の持続的発展に寄与することを目指す。さらに、この方法論を応用し、同様の問題に直面する世界の遊牧畜産業の活性化に寄与する。

プロジェクトは下記3つの研究題目で構成されている。

研究題目 1 貧栄養条件下においても高生産性を保持する植物の生理機能と原因遺伝子の解析

研究題目 2 モンゴル草原植物由来の新規機能性化合物の同定とモンゴル有用牧草としての活用

研究題目 3 遊牧民伝承に基づく迅速成長植物および機能性植物の栽培技術の開発

4. 評価結果

総合評価：A

(所期の計画と同等の取組みが行われている)

本プロジェクトはモンゴルの過酷な自然環境に適応した草原植物の再生能、環境ストレス耐性、および家畜に対する栄養・薬理機能に着目し、それらを総合した知見をもとに、過放牧により劣化した草原の修復技術の開発を試みるものである。

選択した迅速成長植物*Chloris virgata*（クロリス）の迅速発芽性と高分げつ性に係る植物ホルモンの作用機構の解析がなされ、さらに、塩ストレス耐性に関わる遺伝子を特定した。加えて、モンゴルでのクロリスの品種登録へ向けた活動も着実に進められている。

牧草・葉草の薬理成分の分離と化学構造の解析については、研究に必要な分析機器の整備や人材育成が順調に行われており、すでにいくつかの成果は論文発表されている。さらに、モンゴル草原から迅速成長性や薬理効果を有する草種の収集と家畜飼料としての栄養分析に基づくデータベースの作製が進んでいる。また、家畜の食性情報に基づく家畜向けのサプリメントの開発も行われている。しかし、現地の実情に即して家畜用サプリメント開発が進められてきたために科学的実証が十分ではない側面がある。今後は世界的レベルでの品質管理を目指し体制整備を行う必要がある。

初期導入種（First-aid種）の1年生植物クロリスとそれに次ぐイネ科の多年生植物*Stipa* spp.（スティパ）、および後期導入種（Radical-cure種）のひとつとして、家畜の生理機能回復に役立つ可能性がある現地に自生する機能性植物を段階的に利用した草地回復のための草種の選択と栽培方法にも目途がきつ々ある。また、普及・啓発拠点「ノマドガーデン」の設置とそれを活用した行政機関と遊牧民への普及手法に関しても構想を進めている。

プロジェクト開始当初に懸念されたコロナ禍による渡航制限も、日本国内で実験室内の研究を進め、モンゴルで調査を継続したことにより、著しい影響を回避できた。しかし、現地での試験が不可欠な劣化草原の修復技術の開発については遅れが否めず、プロジェクト後半における挽回に期待したい。

以上のことから、平均すると所期の計画と同等の取組みが行われていると評価できる。プロジェクト後半には、これまでの研究の加速と社会実装への道筋の明示を期待したい。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

プロジェクトの前半はコロナ禍であり、日本人研究者の渡航が難しくなったが、両国研究者間の連携は良好に保たれていた。モンゴル側若手研究者を受け入れ、日本国内で草原植物の迅速成長性や薬理特性に関わる実験室レベルの研究を着実に進め、モンゴル側でも研究者の努力によって候補種の分布調査や伝承の収集が継続されたことにより、研究活動は概ね円滑に進んだ。相互交流が可能になった後は、薬理特性の解析に加え、新たにモンゴル草原で収集した植物の中からクロリスと同等以上の迅速発芽性や塩ストレス耐性を示し、かつ高バイオマス生産性を有する複数の植物等を見出すなど草原植物の特性評価が進んでいる。

しかし当初、迅速成長植物としてクロリス、スティパ、機能性植物としてヤルホイに焦点を当て、それらの大規模栽培による導入を想定し、その一環として種子のコーティング技術の検討なども行われていたが、荒廃した草原を耕起してクロリスなどの種子を播種して再生させるという耕起栽培が果たして降水量が少ないモンゴルで永続的に続けられるのか、誰が担い手となるのかなどの懸念点も見えてきている。今後は、大規模播種戦略とともに、冬営地近傍での牧草と葉草

の栽培、防風林植栽を組み合わせた持続的小規模栽培システムのテストサイト実証、および植物機能や栽培技術の情報提供のためのデモサイトを設置して普及する方針も検討していただきたい。

新たな科学的知見としては、クロリスの迅速発芽性と高分げつ性に係る植物ホルモン（ストリゴラクトン、ジベレリン）の作用機構の解析が進められており、特にジベレリンに対するクロリス受容体の親和性がシロイヌナズナの受容体に比べて顕著に高い結果が得られている。このことがクロリスでの迅速成長性の能力獲得とどのように関係するのかなど興味を持たれる。さらに、世界で初めて、クロリスの約 21,000 遺伝子転写産物を同定した。その結果、葉面積の増大や塩ストレス耐性に関わると推定される新規性の高い遺伝子 MGG1 (Mongolian Grassfield plant Growth promotive gene1) を発見するなど顕著な成果を生み出しており、科学的インパクトは大きい。

また、本プロジェクトに関連する論文 10 報のうち 6 報がモンゴル側との共著論文であることは、高く評価される。一方、その大半が研究題目 2 のグループによるものであり、植物遺伝学、生理学上の新たな知見が期待される研究題目 1 の成果は、論文数で見るとまだ少なく、プロジェクト後半に期待したい。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

プロジェクト実施体制については、遂行に必要な研究分野と人材で構成されており、モンゴル側の実施体制との均衡もとれている。日本側では各機関の連携は良好で、情報交換も円滑に行われている。また、モンゴル側機関との連携も順調で良好な関係が構築されている。これは、モンゴル側研究者の多くが日本への留学経験があり日本語が堪能であることに加え、両国研究代表者の優れたリーダーシップの賜物であると推察される。

供与機材については、モンゴル側で学生を含む若手研究者が多くプロジェクトに関わっていることもあり、非常に有効活用されており、経費執行は妥当であると判断される。一方、今後の課題として、家畜用サプリメントなどの品質管理のための体制整備にやや遅れが見られる。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

今後は、プロジェクトの出口に向かって、荒廃草地の回復に向けた技術上の対処方策を提示することを念頭においた研究・啓蒙活動を中心に進めることが必要である。そのためには、本プロジェクトの研究の主課題である再生能、栄養・薬理機能、および劣化草原の修復技術開発について、実現可能なより具体的なゴールを設定し、出口に向けた絞り込みを行う必要がある。

特に、品種登録については、5系統のクロリスをモンゴルで選抜したが、プロジェクトで実施した育種操作を明らかに示し、モンゴルに自生するいわゆる生態型アクセッションから選抜したものを新系統として登録できるのか、十分に調査・検討する必要がある。さらに、遅れが見られる劣化草原の修復技術開発については、荒廃草地におけるクロリスとスティパの栽培試験と、播

種後の発芽と定着を促進するための種子コーティング材料・形態の検討、さらに、播種時の好適土壌環境条件の検討など、実装に向けた実証試験を促進させる必要がある。また、草地保全に効果的なフェンス設置の重要性を遊牧民や地方行政府に対して啓発することも必要である。

プロジェクトで得られた劣化草原の修復技術で、モンゴルにおける過放牧に気候変動の影響も加わった草原の劣化に対してどのような提案がなされるか、モンゴル政府や国民の注目も集まる場所である。さらに、近隣諸国や他の地域にも適用可能な有益な情報をもたらすことも期待される。加えて、乾燥ストレスや塩ストレス条件下で迅速生育する植物のホルモン作用を介した生理機能の解明や特性に関わる遺伝子の特定は、他の作物での有用系統の作出に貢献する可能性がある。

モンゴル側の人材育成には大いに貢献しているが、日本側の若手人材の派遣実績に乏しく、育成実績が不均衡である。そもそも日本側の若手研究者の参加自体が少ないように見受けられ、これから若手研究者の交流をさらに活発化し、日本側の若手研究者がモンゴルを訪れる機会を増えることを期待する。このような活動を通じて、グローバル化に対応した人材が育成されることを期待する。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

モンゴルでは、従来、草原の扶養力に準じた家畜頭数を維持してきたが、近年、家畜頭数を増やし牧養力を超える負荷を与えたことが草原の荒廃をもたらした。それらを踏まえて、自然草地を求めて移動してきた遊牧民に対して、草原や薬草の育成の必要性への関心を高め、回復への活動に取り組む意欲を促すことが必要である。

プロジェクトでは、迅速成長草種の牧草としての登録や草種を原料にした家畜用サプリメントの開発など、まだ散発的ではあるが成果は上がりつつあり、加えてモンゴルの大学ならびに政府の高い関心という追い風があるなど、政策等への反映が期待できる。一方で、今回、プロジェクトで得られている成果を普及するためには、汎用性のある技術提案と地域限定的な技術提案とを整理する必要がある。また、開発した技術を普及させることに責任を持つモンゴル側の機関が見えていないのが懸念される。

これまでモンゴルから日本の大学へ複数の留学生が来ており、すでに優れた交流実績を築いているだけでなく、モンゴル側の若手人材が育成されつつあるため、若い世代が中心となって引き続き良好な関係性を維持・発展させることで、今後の交流ならびにモンゴル側の自立的発展が期待できる。

4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

1. 3カ所の試験地は、荒廃程度が異なるという理由で選ばれている。それぞれの試験地の環境の違いを考慮して、最適な草種の選抜を行っており、また、選抜された草種については草種

毎の採種性や生育特性の知見を得ている。ただし、圃場試験の内容が試験地の環境に合理的に対応しているのかの説明が必要である。例えば First-aid に相当する対策にかかわる圃場試験はフスタイ、Radical-cure の圃場試験はアルフスト、薬草の商業的栽培に向けた試験地はバットウンベル、あるいは大規模栽培はフスタイ、小規模栽培はアルフストというように試験地を割り振っているのであれば、終了時ではそれぞれの成果及び、試験地のある地方政府や住民にどのように働きかけるのかという点も加えた提案を報告していただきたい。

2. 自然草地で家畜を遊牧するこれまでの牧畜から草地の計画的な回復・維持管理を行う牧畜に変えていくには、今のままでは遊牧が難しくなる現実を遊牧民に周知し、計画的な草地管理の導入に誘導していくことが重要である。そのためには草地回復の試験結果をもとに、これまでの研究成果の中から実装に繋がる成果を整理し、研究計画を設定するとともに、地方行政官や遊牧民を取り込んで啓発・普及を進め、研究期間終了後のアフターケアの仕組みを構築することが重要である。
3. 普及・啓発拠点としての「ノマドガーデン」構想は遊牧民や行政機関の啓発に有用な方策だと思われる。プロジェクト期間内の可能な限り早期に実現を図ってほしい。行政機関や遊牧民の理解と主体的な行動を引き出し、草原の回復の端緒になることを期待したい。
4. クロリス及びスティパの種子増産、種子コーティング資材と方法の最適化、草原での播種方法の開発と最適化については、実装に向けた試験を加速させる必要がある。また、社会実装に向けコストパフォーマンス（共同研究費用対効果）の把握なども併せて行い、研究データの取得を継続していただきたい。
5. 家畜へのサプリメントの開発については、実際の現場で本当に必要とされているのか、家畜に対する薬理効果の生理学的解明とともに、検討していただきたい。家畜サプリメント市場に関するデータや傍証があるとよい。
6. 土壌組成や環境微生物の検討などを精査し、窒素分が不足する場合には、環境も考慮したうえで、マメ科の導入も視野に草地回復方法を検討していただきたい。

以上

成果目標シート

研究課題名	遊牧民伝承に基づくモンゴル草原植物資源の有効活用による草地回復プロジェクト
研究代表者名 (所属機関)	浅見忠男 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
研究期間	令和元年採択 (令和元年6月1日～令和7年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	モンゴル (Mongolia) モンゴル国立大学理工学部 (National University of Mongolia)
関連するSDGs	主な関連SDGs: (2) 飢餓をゼロに 関連: (13) 気候変動に対策を、(15) 陸の豊かさを守る

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 世界規模の家畜食肉不足状況の改善 植物バイオマス増産技術開発による地球温暖化対策研究への貢献 モンゴル政府、モンゴル企業による成果の実用化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> モンゴルおよびユーラシア諸国の遊牧・牧畜業の繁栄 棄牧民増加の抑止によるモンゴル社会治安の安定化 モンゴル発植物バイオマス増産化技術の世界展開
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> モンゴル草原植物に学ぶ新規植物栽培法 モンゴル草原植物由来の新規な植物成長促進遺伝子 モンゴル草原植物由来の新規な植物機能性化合物 モンゴル産希少植物の新基準による評価と公開
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍する日本側の若手研究者の育成(国際会議への参加・発表、国際著名学術誌への論文掲載) 実験生物学的素養に加えて、野外生物調査能力を併せ持つ若手研究者の育成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> モンゴル国立大学等と日本側東京大学・理研等の間における教官・大学院生さらにモンゴル国の大臣級政治家・政府高官を合わせた相互交流による2国間の人的・研究的ネットワークの構築
成果物(提言書、論文、データ)	<ul style="list-style-type: none"> 国際著名学術誌への論文掲載 国際学会における成果発表 国際特許の出願と知的財産権の獲得

上位目標

対象郡において草地回復技術と家畜健康保全技術に基づく普及活動が進められる。

モンゴル草原の迅速成長植物の最適育成システム(栽培法)に基づく緑地回復技術とモンゴル家畜健康促進技術の開発

プロジェクト目標

モデル試験地近傍において迅速成長植物及び機能性植物による草地回復がなされる。

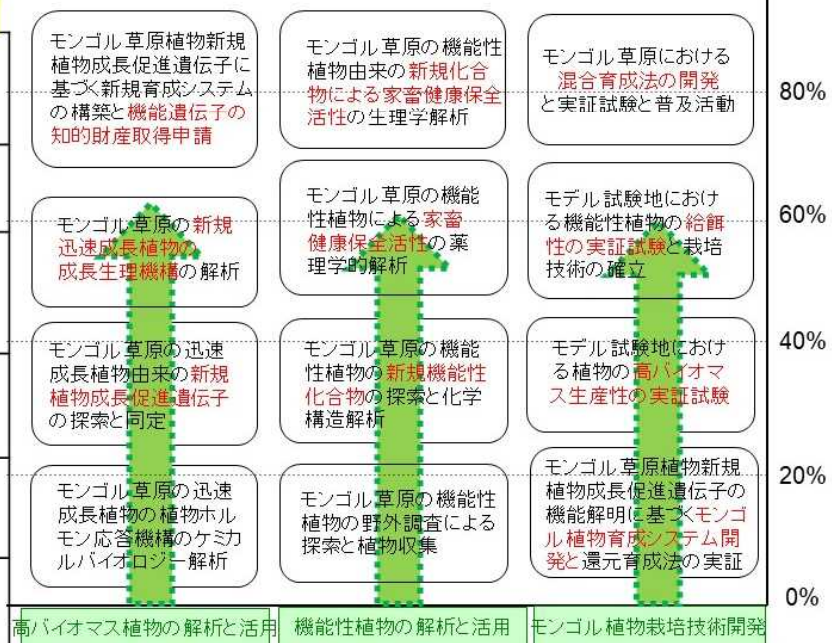


図1 成果目標シートと達成状況(2023年10月時点)