

技術紹介

モンゴルで住民と共に取り組む持続可能な砂漠化防止システム

Sustainable desertification prevention system in Mongolia, working with residents

安福 規之 (やすふく のりゆき)

九州大学大学院工学研究院 教授

e-mail: yasufuku@civil.kyushu-u.ac.jp

キーワード：モンゴル，気候変動，過放牧，砂漠化，栽培・緑化，省水技術，持続可能性，ローテクノロジー

1. はじめに

アジア，特に中国やモンゴル乾燥地では，気候変動や過放牧などの人間活動による砂漠化を伴った土地劣化や郷土稀少植物の減退が進んでおり，地域活性に繋がる砂漠化の防止や稀少植物保護・育成のための誰でもどこでも適用できるような地球環境に配慮した地盤工学的技術の適用が模索されている。図-1 にモンゴル国での砂漠化（土地劣化）の進行度を地図中に落とし込んだものを示す¹⁾。この図から，モンゴル国では，西南部に砂漠化が進行している地域が集中していることが読み取れる。

筆者は，科学研究費，佐賀県玄海町，九大クラウドファンディングなどによる支援を得ながら，モンゴル科学アカデミーとともにモンゴル南部乾燥地のボグド村を拠点にして，2009年ごろから，地盤環境調査を中心に郷土稀少薬用植物であるカンゾウ自生地と非自生地の違いの物理・化学的評価，郷土稀少薬用植物の退行地の状況などの中長期的な計測や観測，維持管理に適した砂漠化対策手法の基礎的検討などを現地の方々と協働しながら進めている²⁾⁵⁾。その結果として，当該地からは，現地住民の生活環境の改善に繋がる郷土稀

少植物の保全や土地劣化抑制を目的として，元来遊牧を旨とする現地住民が主体的に実践できる乾燥地での節水型の栽培・緑化手法や技術の提案に期待が寄せられている。

そうした中，現地での技術開発や社会実装における共通の認識は，土質・土壌の粒状性から生まれる地盤工学を軸にした科学的知見を上手に取り入れた生態系に優しくて，低コスト・低管理，そして地域の理解と信頼が得られる社会で使ってもらいやすい技術の提供をめざそうというものである。

本文では，長崎大学の長嶺 聖教授，弘前大学の丸居篤教授，九州大学の古川全太郎助教と一緒に取り組んでいる事象，具体的には，現地ボグド村で検証を始めている現地土質・バイオマス資材による節水型の荒廃地土壌改良に向けた取り組み，節水型の早期肥育手法，乾燥地における効果的な覆土・キャピラリーバリアシステムなどの中からいくつかを紹介したい。

2. プロジェクトの全体的な紹介

我々が拠点を置くモンゴル乾燥地では，年間降水量が200mm以下と十分に水があるわけではない，最大の気温差が70℃以上と激しい，また年間を通して12m/sを超える強風になることがしばしばであるなどの環境下にある。そうした中で，地域密着型の持続可能な土地劣化抑制を目指した砂漠化対策のための技術提案・支援のありようについて，現地のメンバーも交えて議論を重ね，図-2に示すような全体の枠組みを見出している。図からわかるように，具体的には，システムの持続性を確保するために，稀少な郷土薬用植物を活かした収益性のある栽培手法と緑化手法を組み合わせ

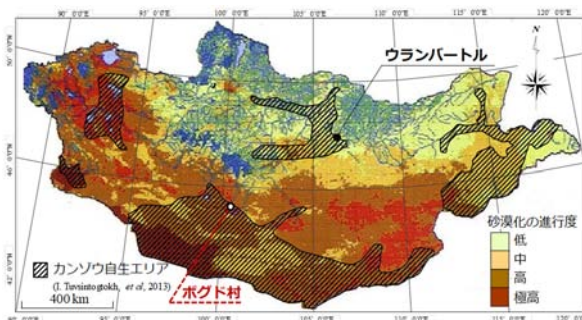


図-1 モンゴル国の砂漠化進行の状況



図-2 プロジェクト全体の枠組み

た持続可能なしくみづくり，それと同時に人材育成と環境教育を念頭においた技術支援のしくみを併せ持った枠組みの構築を目指した活動となっている。この枠組みの中で要素技術として，1) 家畜乾燥糞内の耐乾性微生物を活かした表層地盤改良による節水型植生回復技術，2) 耐塩性微生物による節水型塩害土壌修復手法，3) 節水型の郷土有用植物の早期肥育・栽培管理システム，4) 現地礫質土を活かした土壌の保水性効率化手法などの提案をし，図-2 に示す現地サイトでの検証実験をスタートさせている。以下では，紙面の都合もあり，筆者が直接かかわっている 1)と 4)を中心にローテクな要素技術として少し詳しく紹介したい。

3. 個別のローテク要素技術の紹介

3.1 現地材料を活かした節水型植生回復技術

現地で遊牧民が備蓄している余剰家畜乾燥糞を活かした保水性・保肥性を長期的に維持できる「緑化土質材料」の開発を行っている²⁾³⁾。家畜乾燥糞と荒廃した土地で得られる砂質系土質材料を適切に混合することで，郷土有用植物の健全な生育に必須である窒素・リン・カリウムを補充できることを確認している。また，現地での検証実験により，郷土有用薬用植物である「カンゾウ」の生存しやすい残留含水比が 5-10%であることを明らかにし，それを満たすための家畜糞と砂の混合割合やその作製手順を地域に寄り添った手引書として提示している。それを現地住民に提供することで，



図-3 現地での緑化土質材料の適用性検証実験の様子

彼ら自らが容易に社会実装できる環境を整えることとしている。また，廃棄される古紙を粉末にして混合すると，その優れた保水性により，蒸発や流下による水分の無駄な消失を抑制し，古紙を炭素源とする微生物の活性が高まり，肥沃な土壌を形成することが期待される。図-3 は，緑化土質材料の適用による郷土稀少薬用植物「カンゾウ」の生存率を確認している様子である。

3.2 現地礫質土を活かした保水性最適化技術

図-4 に示すように，層厚 L の植生層(栽培・緑化層)の上部と下部に層厚 Y の覆土(礫質土層)と層厚 X のキャピラリーバリア層(CB 層：礫質土層)をそれぞれ設け，植生層上部の表層からの蒸発と植生層下部からの浸透を最小化し，節水がもっとも効果的に行える現地環境に適した最適土層構造の検討を室内模型実験と不飽

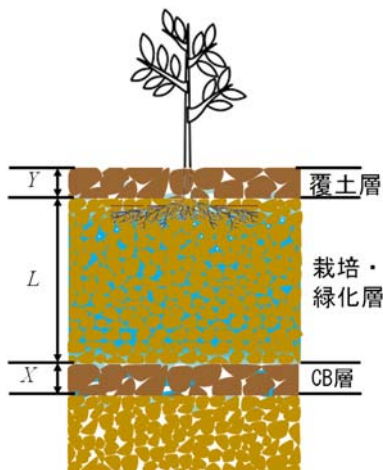


図-4 現地礫質土を活かした植生層の簡易な節水型保水システムの提案

和浸透解析を通して進めている^{6),7)}。誰でも、どこでも実装が容易に行えるように植生土層の層厚 L と関係づけて覆土層厚さ Y と CB 層の厚さ X をそれぞれの土質の有効径 D_{10} や平均粒径 D_{50} から決定できるようなマニュアルを提供するために準備を進めているところである。図-5 は、灌漑を想定した時の現地の土質条件に合わせて解析した結果であり、平均粒径比が 4 程度の場合の $X/L(L=200\text{ mm})$ と植生層内の平均的な体積含水率 θ の関係を示したものである。このような解析結果を積み重ねることで、地盤力学に裏付けされた使い勝手の良いマニュアル作りを推し進めたいと考えている。

4. おわりに

本文で記した技術や仕組みの検証実験を実施し、具体的な社会実装を実現するためにクラウドファンディングの支援を受けてモンゴル国ボグド村に昨年、5 月に入る予定にしていた。しかし、コロナ感染症の影響でその予定がキャンセルとなり、その後、今日まで現地に足を運べていない状況が続いている。先が見通せない中で、今、何ができるのかを考えながら少しでもこのモンゴル国科学アカデミーとの協働での取り組みを前に進めていけるようにと思っている。なお、九大クラウドファンディング URL は以下の通りである。

(<https://readyfor.jp/projects/Prevent-desertification2020>)

ご興味のある読者がおられれば、一度サイトを訪ねていただければ幸いである。今回紹介できなかった要素技術が簡単ではあるが、紹介されている。

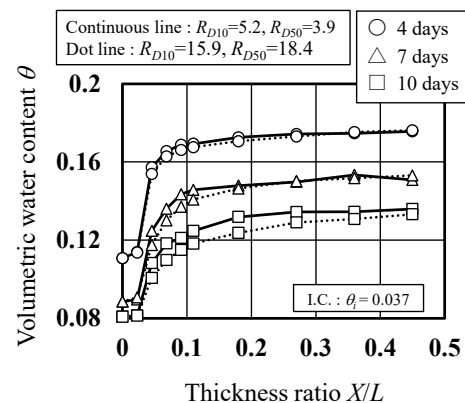


図-5 植生層の厚さで無次元化された CB 層厚と植生層で保水されている体積含水率の関係の一例 (有効径比: $R_{D10}=D_{10X}/D_{10L}=5.2$, $R_{D50}=D_{50X}/D_{50L}=3.9$ の場合)

参考文献

- 1) Tuvshintogtokh, I., Mandakh, B., Yasufuku, N., Omine, K., Marui, A., Enerel, B.B., and Yerult, Y. SOME RESULTS OF ECOLOGICAL RESEARCH OF URALIAN LICORICE (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.) IN MONGOLIA, 7th International Symposium on the East Asian Environmental Problems, pp.98-103, 2013.
- 2) 古川・安福・大嶺・丸居: 砂漠化対策に向けたモンゴル乾燥地における薬用植物「カンゾウ」自生地の地盤環境特性, 土木学会論文集 C 分冊, Vol.69, pp.417~202, 2014.
- 3) 安福・古川: モンゴル乾燥地の地盤環境と付加価値の高い砂漠化防止に向けた取り組み, 九州大学東アジア環境研究機構, RIEAE 叢書 IV 東アジアの砂漠化進行地域における持続可能な環境保全, 第 3 章「モンゴル乾燥地の地盤環境と付加価値性の高い砂漠化防止に向けた取り組み」, 花書院, pp.61~91, 2015.
- 4) 古川・安福・笠間・大嶺・丸居・Tuvsintogtokh, I・Mandakh, B.: モンゴル乾燥地における薬用植物カンゾウ種子の発芽・生存に関わる要因分析, 第 13 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.409~412, 2019.
- 5) Tuvsintogtokh, I., Nyambayar, N., Mandakh, B., Manidari, D., Tumenjargal, T. and Battogtokh, H.: Flora and vegetation of the IKH NART NATURE RESERVE, Admon Print, ISBN:978-9919-21-351-0, pp.262-263, 2019.
- 6) Alowaisy, A. and Yasufuku, N.: Characteristics of the second stage of evaporation and water redistribution through double layered sandy soil profiles, Journal of the International Association of Lowland Technology (IALT), Lowland Technology International, Vol. 20, No.3, pp. 273-284, ISSN 1344-9656.
- 7) 伊東・古川・安福・Alowaisy, A.・石蔵: 土壌水分シミュレーションによる砂質土におけるキャピラリーバリアの保水効率化の検討, 土木学会西部支部研究発表会, 2021.

(原稿受理 2021.2.15)