

土壤水分シミュレーションによるモンゴルのカンゾウ自生地
 におけるキャピラリーバリアの保水効率化の検討

九州大学大学院 学生会員 USUKHBAYAR NARANJARGAL
 九州大学大学院 フェロー会員 安福規之
 九州大学大学院 正会員 Adel ALLOWAISY 石蔵良平 古川全太郎

1. 研究の背景と目的

近年、気候変動や人間活動により、大規模な乾燥地の土地劣化が進んでおり、砂漠化対策は喫緊の課題である。文献1)によると、モンゴルボグド村では30年前に地元の研究機関がカンゾウ栽培を実験的に行っていた土地が、干ばつなどにより現在は荒廃していることが報告されていることから、少ない降雨や灌漑水を有効に利用できる技術の開発が必要である。また、現地砂質地盤は保水性が低く、透水性が高い地盤であるため、灌漑水が土中で保持されず、下方に浸透する水のロスが原因で植物が健全に生育できないことが課題になっている。この課題に対して、上層と下層の地盤材料の相対的な保水性の違いにより、境界面の上部内で浸潤水が補足、集積されるキャピラリーバリア(CB)システムを適用して、水分ロスを削減しながら植物が成長できる範囲まで保水することを検討している。本報では、CBシステムの効果を検証するため、乾燥地砂質土への灌漑を想定した不飽和浸透流解析を行い、モンゴルの郷土薬用植物であるカンゾウの生長に適切なCB層設置厚さと灌漑頻度に関する解析を行った。

2. 試料および実験内容

(1) 試料および不飽和浸透の特性値

解析には、図-1に示す水分特性を有するモンゴルのカンゾウ自生地(表層から深さ200mm)¹⁾、珪砂4号(K4)と2号(K2)²⁾の3試料を使用した。表-1に、3試料の排水過程の水分特性曲線をVan Genuchten³⁾により近似した⁴⁾パラメータを示す。

(2) 解析モデル

図-2は、本研究で設定した解析モデルを示す。図-2の上層と最下層(Material 1)はモンゴルのカンゾウ自生地、下層(Material 2)はK-4またはK-2とした。これらの層厚は表-2に示す上層厚さLと下層厚さXの条件で与えた。解析ツールは2D/3D-HYDRUSを使用した。境界条件は上端(地表面)の中心点を給水点とし、それ以外の点は空気との自由境界面、両側面は不透水、下端は自由排水とした。解析期間は10日、初期条件は表-1のモンゴルカンゾウ自生地の θ_r に基づき、初期体積含水率 θ を0.042(サクション ψ_s =11.19kPa)とし、給水条件はモンゴルで試験的に行われている点滴灌漑を

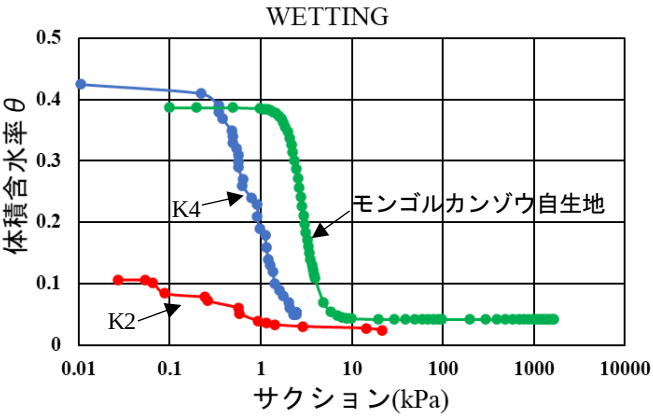


図-1 試料の水分特性曲線 (SWSS)

Materials	Parameters	Wetting
Mongolia soil 0.2m	飽和体積含水率	0.387
	残留体積含水率	0.041
	無次元パラメーター	5.339
	サクションの逆数の次元を持つ スケールパラメータ	3.549
	Saturated hydraulic conductivity (m/s)	2.98*10 ⁻⁷
K4	飽和体積含水率	0.425
	残留体積含水率	0.01
	無次元パラメーター	2.552
	サクションの逆数の次元を持つ スケールパラメータ	15.2
	Saturated hydraulic conductivity (m/s)	1.8*10 ⁻⁴
K2	飽和体積含水率	0.107
	残留体積含水率	0.008
	無次元パラメーター	1.58
	サクションの逆数の次元を持つ スケールパラメータ	61.9
	Saturated hydraulic conductivity (m/s)	5.7*10 ⁻⁴

表-1 不飽和浸透の特性値

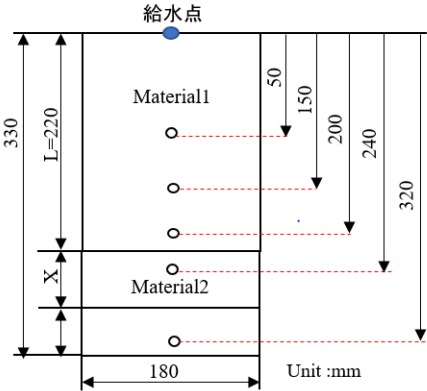


図-2 解析モデル

測定し、上端の給水点が0日目(実験開始日には37分間(1回目)、3日目には30分間(2回目)飽和度100%になり、それ以外の時間帯は θ 近く(乾燥状態)になる条件を設定し、

1回目のみの灌水と1回目と2回目の灌水をする2条件とした。可能蒸発散量 (PET) は、モンゴル乾燥地で観測されたデータのうち最も小さい 0.081cm/dayとし、地表面の最小許容圧力水頭の絶対値は10894.8cm に設定した。解析の目標値はモンゴルの郷土薬用植物であるカンゾウを生育できる境界の体積含水率は0.05~0.08⁹⁾ であるので、灌漑を行う場合、上層の体積含水率は0.08以上であるように決めた。

3. 結果および考察

図-3は、モンゴルカンゾウ自生地の飽和透水係数の変化と体積含水率の関係を示す。時間的に各観測点で体積含水率の変化が小さかったので、飽和透水係数を変化させた。図では体積含水率は増加から減少の傾向となった。試料K4及びK2の両方の場合、体積含水率が一番高かった飽和透水係数 101.33cm/dayを今後の解析上、適当な条件に決定した。

図-4は、下層をK2及びK4試料とした場合の層厚比と体積含水率の関係を示す。図では、深さ200mm地点の観測点における体積含水率を示している。図より、CBを適用したとCBを適用していない場合と比べると、体積含水率の変化が小さくて、体積含水率は減少から増加あるいは増加から減少の傾向となった。X/L=0.1程度になるような厚さで下層を設置すればよいことが示唆された。

図-5は、体積含水率と深さの関係を示す。試料の組み合わせは、層厚比が0.1程度の場合、下層がK4とし、1回のみの含めた2回の給水了後の4日目と10日目での結果を記した。給水回数を2回行った場合、実験開始から10日経過した状態で体積含水率は約0.056であり、この灌水条件では目標値に達さないことが示唆され、灌水量を増やした条件を行うべきであると考えられる

4. まとめ

本報で得られた知見を以下に列挙する。

- 1) 点滴灌水で CBを適用する場合、X/L=0.1程度になるような厚さで下層を設置すればよい。
- 2) 飽和透水係数 101.33cm/dayは適当な設置条件である。
- 3) CBを適用したとCBを適用していない場合と比べると、体積含水率(θ)は約0.55%増加した。

参考文献

- 1) 古川全太郎, 安福規之, 大嶺聖, 丸居篤: 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 (地圏工学), 第 69 巻, 第 4 号, pp.417-431, 2013
- 2) 伊東: 砂礫土によるキャピラリーバリアを活かした乾燥地地盤の保水効率化に関する研究 第4章 pp32-36
- 3) M. Th. van Genuchten: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic

表-2 層厚比の条件

L(mm)	X(mm)	X/L	L(mm)	X(mm)	X/L
220	0	0	220	25	0.11
220	5	0.02	220	40	0.18
220	10	0.05	220	60	0.27
220	15	0.07	220	80	0.36
220	20	0.09	220	100	0.45

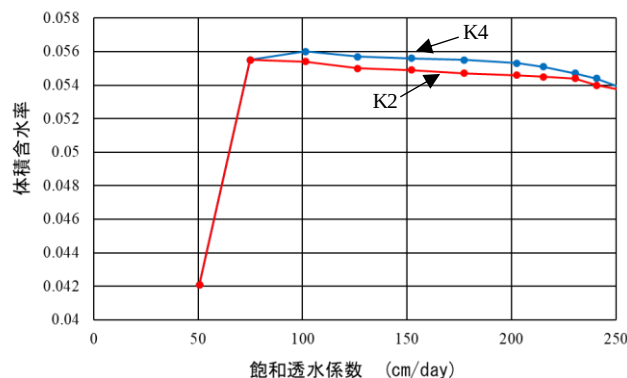


図-3 飽和透水係数 (モンゴル自生地) と体積含水率の関係

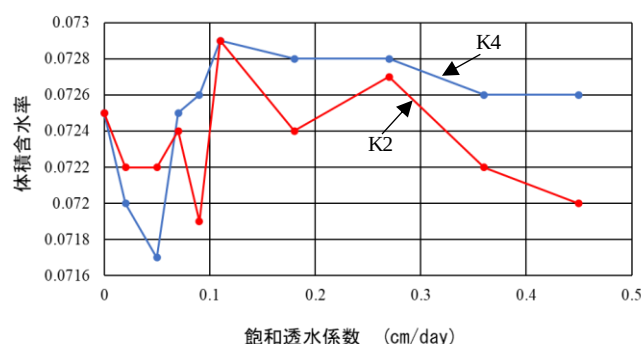


図-4 層厚比と体積含水率との関係 (OP: 200mm)

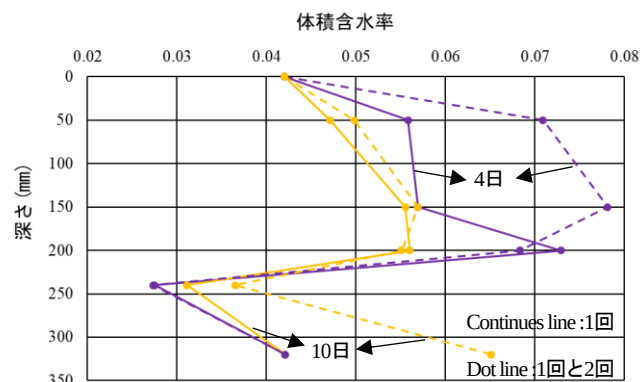


図-5 体積含水率と深さの関係 (K4) (OP: 200mm)

Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.44, pp.892-898, 1980.

4) Seki K.: SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure, Hydrol. Earth Syst. Sci. Disc., 4, pp.407-437, 2007.

5) Alowaisy, Adel, et al. "Continuous pressurization method for a rapid determination of the soil water characteristics curve for remolded and undisturbed cohesionless soils." Soils and Foundations 60.3(2020) 634-647