

水分供給を受けた表層土壌のクラスト形成に関する基礎実験

香川大学工学部
香川大学工学部
モンゴル水文気象環境情報研究所
鳥取大学乾燥地研究センター

賛助会員 ○爲房 昭光
正 会 員 石塚 正秀
非 会 員 Gantsetseg Batdelger
非 会 員 黒崎 泰典

1. はじめに

世界では砂漠化が進行しており、その適応策が求められている。乾燥化が引き起こす現象の一つに、土壌クラストがある。土壌クラストの形成により、土壌表面が硬くなり、農作物や植生の成長が阻害される。既往の研究では、農地における土壌クラストの形成プロセスや土壌侵食に及ぼす影響が明らかにされているが（西村，1996）、土壌のごく表層におけるクラストの強度や土壌粒径分布とクラスト形成との関係、礫の影響は明らかではない。本研究では、室内実験により土壌クラストの生成を再現し、降雨強度、土壌の種類、礫の有無による土壌クラストの形成の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

本実験では、自然状態を模擬して、人工的に土壌クラストを生成させた。まず、降雨実験として、人工降雨発生装置（降雨シミュレータ）を用いて、土壌へ水分を供給する。つぎに、クラスト形成実験として、人工気象室（冷涼帯デザートシミュレータ）を用いて、コントロールされた条件下におけるクラスト形成を再現する。また、ひび割れ面積およびひび割れ幅は、画像解析により算出した。

3. 実験条件

(1) 土壌

Silt loam, Sand, 礫を含む Sandy loam（モンゴルゴビ砂漠 Tsogt-Ovoo を模擬）および礫含まない Sandy loam の 4 種類の土壌を用いた。各土壌を充填した容器を 3 個ずつ用意し、降雨シミュレータによる降雨実験を行った（図 1）。

(2) 降雨実験

3 つの条件 (Cases 1, 2, 3) で実験を行った（表 1）。

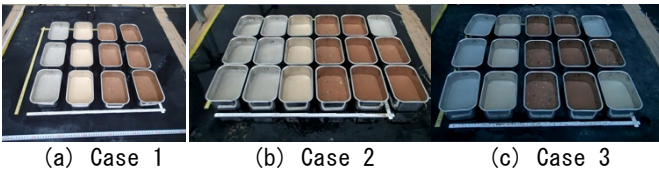


図 1 土壌を入れたバットの配置

表 1 降雨実験の条件

Case	Rainfall intensity (ℓ/h)	Duration time	Generation height (m)
1	70	7 min 40 sec	12
2	70	7 min 40 sec	12
3	70	3 min 50 sec	12

Cases 1 と 2 では、モンゴルの Tsogt-Ovoo で観測された降雨強度 33 mm/h かつ体積含水率が約 18% になるように滴下量を設定した。Case 3 では、降雨強度は変えずに、降雨時間を半分にした。

(3) 土壌クラスト形成実験

降雨実験で水分供給した土壌を異なる条件で乾燥させた。Case 1 では、気温を 30℃ 一定として、Case 2 と Case 3 では、気温 15-30℃、相対湿度 20-35%、照度 0- 70000 Lx の範囲で日変化させた。

4. 実験結果

(1) 土壌による違い

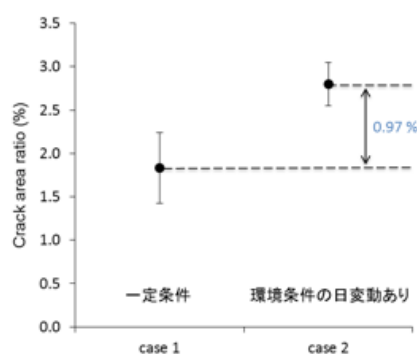
各土壌について、乾燥後のひび割れの有無を比較すると、Sand は、いずれの条件 (Case) においてもひび割れが発生しなかった。Silt loam は、ひび割れが発生したが、容器の壁面に沿ってひび割れが生じる場合があり、容器中央においてひび割れが生じる場合と生じない場合があった。一方、Sandy loam については、容器中央においてひび割れが生じ、ひび割れ (面積) は Silt loam と比較して大きい特徴がみられた。そこで、次節では、Sandy loam について検討を行う。

(2) 実験条件による影響 (Sandy loam, 礫なし)

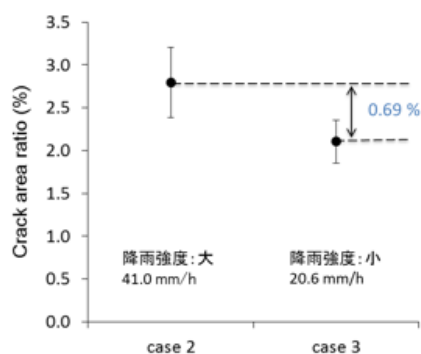
(a) ひび割れ面積

温度一定条件下で乾燥させた土と、環境条件（日照と温湿度）を日変化させた土で比較を行った。各ケースのひび割れ面積の割合（3つの容器の平均値）を図2に示す。ひび割れ面積割合を Case 1 と Case 2 で比較した結果、温度一定条件である Case 1 では 1.8%，環境条件の日変化を与えた Case 2 では 2.8% を示した（図2a）。

平均値の違いの有意性を評価するために、 t 検定を行った結果、Case 1 と Case 2 では有意差が得られた（有意確率 $p < 0.05\%$ ）。このことから、礫を含まない Sandy loam に対して、環境条件の日変化がひび割れ面積に影響を与えることが分かった。



(a) 環境条件の違い



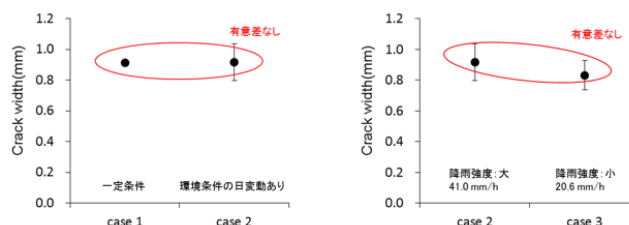
(b) 降雨強度の違い

図2 実験条件の違いによるひび割れ（面積）の比較

また、降雨強度の違いを比較すると（図2b）、ひび割れ面積の割合は、Case 2 では 2.8%，Case 3 では 2.1% であった。 t 検定の結果、Case 2 と Case 3 では有意差があった（ $p < 0.05\%$ ）。このことから、礫を含まない Sandy loam は、降雨強度を変化させることによって、ひび割れ面積割合が変化することが分かった。

(b) ひび割れ幅

一方、ひび割れ幅（3つのバットの平均値）でみると、実験条件（環境条件、降水量）による違いはみられなかった（図3）。面積と幅による違いが生じた理由は、ひび割れ幅では、ひび割れ形状の複雑さを表現できないためと考えられる。



(a) 環境条件の違い

(b) 降雨強度の違い

図3 実験条件の違いによるひび割れ（幅）の比較

(3) 実験条件による影響 (Sandy loam, 礫あり)

図には示していないが、礫ありの土壌について、実験条件の影響を調べると、ひび割れ面積割合とひび割れ幅ともに、実験条件の違いによる有意な違いはみられなかった。

(4) 礫の有無による影響

上で示したように、ひび割れを「幅」で比較すると、礫がない場合とある場合について、実験条件による違いがみられなかった。そこで、礫がない場合とある場合について、それぞれすべての Case を平均した結果、礫の有無によるひび割れ幅の違いがあることがわかった（ $p < 0.05\%$ ）。これは礫と礫以外の土の部分との収縮率の違いが原因と考えられる。

ひび割れ幅は、礫の無い場合、 0.9 ± 0.1 mm であり、礫の有る場合、 0.7 ± 0.1 mm であった。つまり、今回の実験条件では、礫の有無により、ひび割れの幅は 0.2 mm の違いが生じた。

5. 今後の方針

本研究では、限られた条件での実験であるが有益な知見が得られたことから、今後は、実験条件を変えて、より詳しい土壌粒径の違いや長期的な環境条件の影響を評価する必要がある。

謝辞：

本研究は、日本学術振興会 RONPAKU プログラムおよび平成 27 年度鳥取大学乾燥地研究センター共同研究（特定研究）の助成を受けた。