

## 降雨強度の変化が土壌流亡に与える影響

田熊 勝利\*・猪迫耕二\*・安田 裕\*\*・村本康敬\*\*\*

平成12年6月30日受付

\*鳥取大学農学部生存環境学講座, \*\*筑波大学農林工学系,

\*\*\*九州大学大学院生物資源環境科学研究科

## The Effect of Change in Rainfall Intensity on Soil Loss

Katsutoshi Takuma\*, Koji Inosako\*, Hirishi Yasuda\*\* and Yasutaka Muramoto\*\*\*

\*Department of Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

\*\*Institute of Agricultural and Forest Engineering University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan

\*\*\*Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Science, Kyusyu University, Fukuoka 812-8581, Japan

An experimental study was made on the effect on the soil of changing rainfall intensity in a short period of time. In the test on constant rainfall intensity, the soil loss attained its peak soon after the test started and then leveled off. In the test, the crust was formed at the initial stage and the infiltration capacity became constant, while the runoff discharge showed the same trend. Unlike the constant rainfall intensity test, the soil loss gradually increased with the passage of time in the test on increasing the rainfall intensity. The cause for soil loss increase, however, differs between clayey soil and sandy soil. This can be explained by changes in percolation rate. In the test on decreasing the rainfall intensity, the soil loss decreased with time, but it was found that the soil loss changed considerably. A change in the rainfall intensity strongly affected the clayey soil in terms of splash rate.

(Received 30 June 2000)

*Key words: rainfall intensity, soil loss, artificial rainfall simulator*

### 結 言

今日、21世紀を迎えるにあたり、人口の増大、食糧不足等が深刻になってきている。これらの解決のために、無計画な農地の拡大が行われ、それらに起因して起こる農地の水食、風食及び土壌劣化等により環境破壊が生じている。農地を水食、風食及び土壌劣化等から守り、農

地土壌の流亡を抑止することは、農業生産性の維持向上、しいては生態系や自然環境の保全という視点からも、きわめて重要であると考えられる。

ここでは、乾燥地の土壌流亡を想定して、農地からの水食について考える。年間降雨量が少ない地域が乾燥地との定義があるが、当地域においては雨季シーズンがあり、300 mm ぐらいの年降雨量があり、当然土壌流亡

第1表 試料土の物理性と採取場所

試料名	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	透水係数 (cm/s)	採取場所
しらす	65.8	20.2	14.0	2.37	N.P	N.P	$1.92 \times 10^{-3}$	鹿児島県大口市
まさ土	70.9	15.1	14.0	2.63	28.7	N.P	$6.79 \times 10^{-4}$	鳥取市布勢
黒ぼく	10.0	58.0	32.0	2.13	84.0	56.0	$6.38 \times 10^{-3}$	東伯郡関金
赤色土	5.6	38.4	56.0	2.59	62.3	45.4	$6.89 \times 10^{-5}$	松江市西持田

を生じる。降雨量が少ないということから土壌流出対策はなされておらず、多大な被害を生じている。また乾燥地の土壌は有機物に富まず、団粒性に乏しく、侵食に脆弱な土壌が多いと考えられる。また、水食においては、降雨前の土壌の水分状態及び雨の降り方の違いにおいて土壌流出量に大きな違いがあると言われている。

従来、人工降雨装置の実験においては自然降雨を模倣しているとはいいいながら、降雨強度一定で行われているのが実状である。そこで本研究では、降雨強度を変化させることにより各試料土の土壌侵食に与える影響について実験し検討を加えた。

#### 実験方法と内容

実験は土槽に2 mm目フルイ通過の風乾試料土を2 cm深充填し、下部2.0 cmに砂を均一に詰めた。その後、土槽を水平にして、下流端の排水孔より給水し飽和させた後、24時間排水後実験に供した〔2〕。斜面勾配は8°に設置し、実験土槽は、斜面長30 cm、深さ5 cm、幅10 cmであり、下流側には排水孔を設けた。人工降雨は鳥取大学乾燥地研究センター内の全天候型乾燥地土壌侵食動態三次元解析システムの降雨シミュレータを使用し実験を行った。雨滴の落下高さは12 m

第2表 実験前の供試土条件と供給降雨量

実験名	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	間隙比	供給降雨量 (mm)
S-A	0.705	51.4	2.4	21.0
S-B	0.646	55.1	2.7	22.1
S-C	0.700	50.9	2.4	21.5
M-A	0.864	47.4	2.0	20.0
M-B	0.923	37.9	1.8	22.1
M-C	0.986	36.3	1.7	22.7
K-A	0.354	107.1	5.0	21.7
K-B	0.330	126.9	5.4	22.0
K-C	0.294	116.4	6.2	22.8
A-A	0.547	78.6	3.7	20.0
A-B	0.747	56.7	2.5	21.3
A-C	0.755	57.9	2.4	22.8

S:しらす, M:まさ土, K:黒ぼく, A:赤色土

であり、降雨強度は以下のように3タイプ(実験A, B, C)を設定し、30分間降らせた。

- ①実験A:降雨強度が40 mm/h一定の場合
- ②実験B:降雨強度が20 mm/hから6分間おきに30, 40, 50, 60 mm/hと増加した場合
- ③実験C:降雨強度が60 mm/hから6分間おきに50, 40, 30, 20 mm/hと減少した場合

そして、降雨実験開始後3分毎に流出土量、流出水量、浸透水量を採取し、実験開始後30分間の全飛散量、その他に3分毎に濁水と浸透水のEC値も測定した。実験に用いた試料土は、砂質土系のまさ土としらす、粘土質系の赤色土、火山灰質粘性土の黒ぼく土である。4試料土の物理試験結果を第1表に、実験前の供試土条件および供給降雨量を第2表に示す。

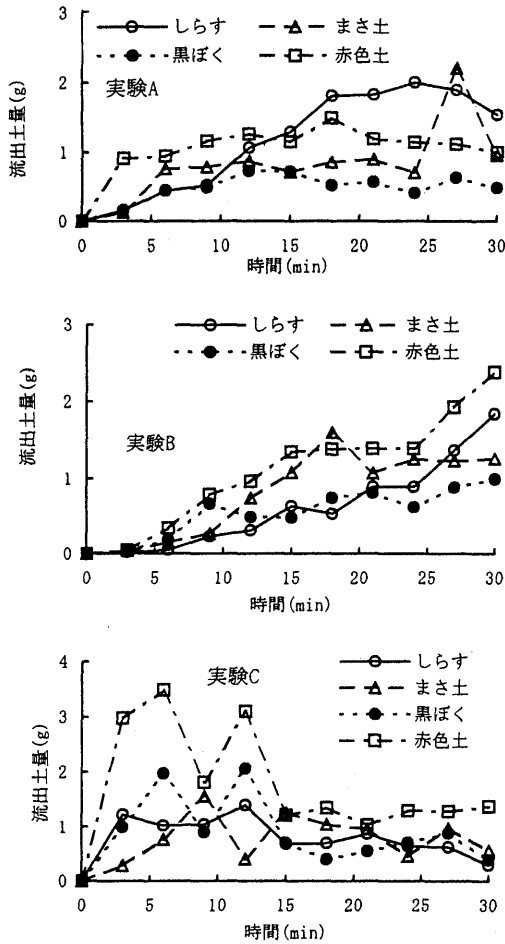
#### 結果と考察

##### (1) 流出土量について

第1図に時間経過における流出土量の変化を示す。実験Aにおいて、しらすを除いて実験開始初期段階にて、流出土量は一定になっている。これは、降雨強度が一定で、初期の段階でクラストが形成され浸透能が一定となり、流出水量も定常状態になっているといえる。しらすは最終段階まで流出土量の増加が見られる。これはしらす以外の試料土に比べ粘土分も少なく、クラストも形成されなかったことによるものと思われる。

実験Bにおいて、流出土量は実験Aと異なり、時間経過と共に徐々に増加を示している。しかし、まさ土と黒ぼく土は20分経過頃より定常状態になる傾向が認められる。これは降雨強度変化による流出水量の増加のため時間的に増加したと考える。しかし、赤色土としらすの流出土量増加の起因は異なることが考えられる。そのことは時間経過における浸透水量の変化が如実に表している。

実験Cでは、流出土量は最初増加し、その後上下にぶれながら減少し定常状態になり安定している。これは、各試料土とも一気に流出したため、下流端で流出した土粒子が滞留し、下流端を越流する事ができなかったと考

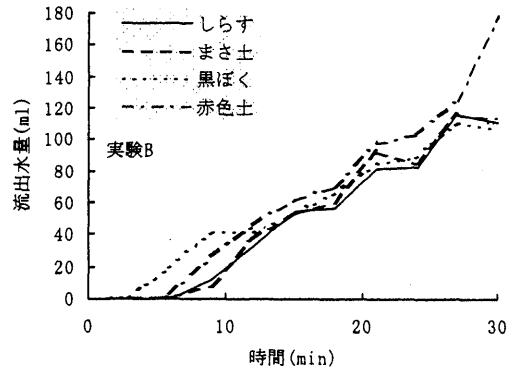


第1図 土性における流出土量の経時変化

える。このように降雨強度の変化に対応して流出土量が増えていることから、土壌侵食に与える影響が大きいといえる。特に黒ぼく土、赤色土の流出土量は降雨強度の変化による違いがみられた。また、飛散量について降雨強度変化による影響は、赤色土以外はあまり変化は見られなかった。これは、粘土分の多少の違いだと考える [1]。

(2) 流出水量について

第2図に時間経過における流出水量の変化について示す。実験Aにおいて、粘土質系の赤色土が時間経過に伴いいずれにおいても一番流出水量が多いが、各土壌は経過時間と共に12分頃より定常状態を示している。これは降雨強度一定であり、ある時間以降浸透能が一定となったためだと思われる。実験Bのとき各土壌の流出水量は降雨強度の増加変化に対応して徐々に増えてきている。これは初期の段階では、降雨強度が小さくクラ

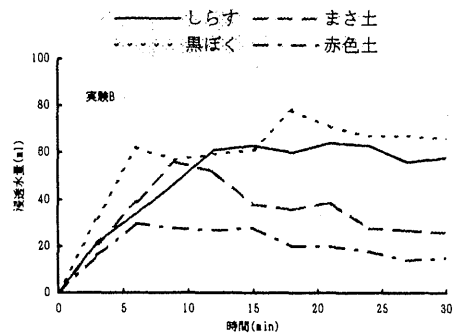


第2図 土性における流出水量の経時変化

ストが形成されず表面流出することなく浸透しているためと考える。その後降雨強度が大きくなると土の浸透能を上回り、流出水量が時間的に増えたと推測できる。実験Cでは、初期の降雨強度が大きいので流出水量は実験開始後9分頃までにピークを生じ降雨強度の減少変化と同様に時間経過と共に減少している。これは、浸透水量が一定の値をとっていることから表面にクラストが形成され、降雨強度の影響を受け流出水量が減少したと考える。

(3) 浸透水量について

第3図に時間経過における浸透水量の変化について示す。実験Aでは、各土壌の浸透水量のピーク値を示した後、浸透水量が一定または減少している。これは、降雨実験開始後は土壌の表層が乱れておらず、降水が土壌中に浸透していたが、土壌表面にクラスト層などが形成され浸透しにくくなり一定または減少したと考える。実験Bの場合、各土壌のピークに達すると浸透水量は一定または減少している。このことは、土壌表面の乱れにより早期にクラストが形成され、浸透水量が降雨強度の変化とは無関係になったと考える。実験Cにおいて3、6

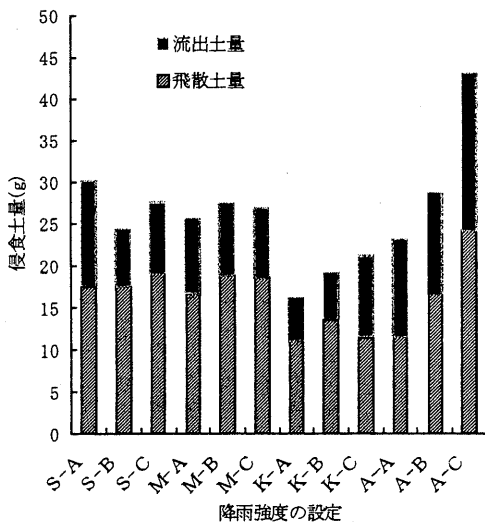


第3図 土性における浸透水量の経時変化

分後に浸透水量がピークに達し、その後一定または減少している。これは、最初降雨強度が大きいため土壌中に水が浸透したが、すぐに降雨の影響でクラスト層の形成や間隙が充填されたことなどが考えられる。

#### (4) 全侵食土量について

第4図に飛散土量(30×10 cm<sup>2</sup>の土槽タンク外に飛散した土量と定義する)と流出土量を合計した30分間における全侵食土量を示す。各土壌において大いなる違いが認められる。砂質土系のしらすとまさ土は降雨強度設定の違いがあまり見られない。その差はしらすで5.86 g/30 min、まさ土で1.91 g/30 minである。この差も流出土量ではあまり見られず、飛散土量における違いであると考えられる。黒ぼく土と赤色土では降雨強度設定での侵食土量傾向は類似している。すなわち、降雨強度一定が一番少なく強雨から弱雨への降雨が多量の侵食土量を生じている。特に、赤色土においてはその降雨強度設定の差異が顕著に現れており、大小の差は1.87倍にも達している。このことから赤色土のような粘土質系の土壌の侵食実験には、過去において過小に評価されていた可能性がある。また、全試料土において流出土量よりも飛散土量の方が多く流亡しており、小規模実験においては飛散土を無視するわけにはいかないことが分かる[1]。



第4図 降雨強度の違いによる侵食土量

## 総括

従来、人工降雨実験において降雨強度を一定に行っていたが、今回の実験では、短時間に降雨強度を変化させることによる土壌への影響に検討を加えた。降雨強度一定では、従来叙述されているような傾向が見られた。すなわち、実験開始初期段階ある位置の流出土量まで増加し、その後早い段階で、流出土量が一定となり、定常状態になっている。初期段階でクラストが形成され浸透能が一定となり、流出水量も同様な傾向を示す。

降雨強度の増加変化において流出土量は、降雨強度一定と異なり、時間経過と共に徐々に増加を示している。しかし、粘土質土と砂質土の流出土量増加の起因は異なっていることが推測される。そのことは浸透水量の変化から説明することができる。そして降雨強度が小さくなるにつれて経過時間と共に土壌流出量が減少するが、その流出土量の変動が激しいことが分かった。また、流出水量も降雨強度の影響を大いに受けていた。しかし、降雨強度の変化による飛散量については粘土質系の赤色土が影響を強く受けており、そして、全試料土において流出土量よりも飛散土量の方が多く流亡し、実験においては飛散土を無視するわけにはいかないことが分かる。このことは、粘土分や土固有の透水性などの要因が複雑に絡んでいると思われる。今後、土壌の種類を増やすこと、そして、砂漠化を引き起こしている塩類土壌などへ実験を展開していきたい。

## 引用文献

- 1) 藤川武信・内田勝利：土性と飛散侵食について—土の初期水食に関する土質工学的研究 (I)—農業土木学会論文集 第90号, 1-8 (1980)
- 2) 藤川武信・内田勝利：乱した土の初期水食の判定要因—土の初期水食に関する土質工学的研究 (II)—農業土木学会論文集 第91号, 1-7 (1981)