琉球大学学術リポジトリ

人工降雨によるマージ土壌の侵食試験(沖縄における農地保全の基礎的研究 V)(農業工学科)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 翁長, 謙良, Onaga, Kenryo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4374

沖縄における農地保全の基礎的研究V

人工降雨によるマージ土壌の侵食試験

翁　長　謙　良*

Kenryo ONAGA : Fundermental studies on fanmland Conservation in Okinawa V. Experimental study on erosion of MAJI soil by simulated rainfall

I　緒　　言

沖縄本島には俗称マージ（赤土）と呼ばれる土壌が北部と南部に広く分布しており，それぞれ国頭マージ（以下Kと記す），島尻マージ（以下Sと記す）と称されている。Kは粘板岩，古生紀石灰岩，国頭レキ層を母材とし，Sはサンゴム石灰岩を母材とする土壌で，いずれも粘性の高い土壌である。近年，開発およびパイン更新時の表土はぎに伴う土壌構造の破かいにより，山地や傾斜農地からの土壌流失をきたし，海岸汚濁の問題が社会的な関心事となっている。筆者は農地保全の立場から，マージ土壌の侵食問題をとりあげ，人工降雨による土壌侵食実験を試みた。

人工降雨による乱した土壌の侵食試験で最も重要なことは，雨滴と土壌をできるだけ，自然状態に似せることである。とくに降雨装置による雨滴の形成や，エネルギーの問題は重要であり，今日まで種々の装置が考案され，実験に供されてきた（1.2.10）。今回の実験は，降雨特性と土壌特性との関連で考え，前者は雨滴径の分布，後者は雨滴に対する両マージ土壌の低抗性で促え両者の侵食性を比較してみた。

II　実験装置と方法

実験装置（図1）は降雨装置，土槽箱，定水槽，調節弁，スライドレギュレーターよりなり，降雨装置は土槽箱の中央より3.30 m上方に設置した。降雨用水は水道より定水槽を経て，降雨装置へ送られる。スライドレギュレーターや調節弁は，雨滴径の分布および降雨強度を適宜変える役目をもつ。

土槽箱は木製でL＝80cm，W＝42cm，D＝25cmで底はブリキ板を張り，小穴を空けて侵透水が排除できるようにした。供試土の詰込みは土槽箱の底に網を張り，その上にそれぞれ砂利，砂を5cmずつ敷き，10mmフルイ通過の風乾土一定重量を均等に詰め沈圧した。その後上方から散水し飽和状態にし，傾斜10度の台上にセットし降雨強度を測定した後実験をはじめた。供試土は前記の2種の土壌であり，それぞれの比重，および機械的組成は比重，粘土，シルト，砂の順にそれぞれK：2.74，46，19，35，S:2.78，83，14，3であった。

流出土と流去水は土槽箱の底部において，流去が生じた時間より，各時間（30″，2′30″，4′30″，6′30″，

＊　琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告　21：181～188(1974)

9′30″, 14′30″, 19′30″……）に1分間ずつ流去水を採取し，10数時間沈澱させた後流去水，流出土量の測定を行った。また侵透水は流去開始後5分間ごとに測定した。

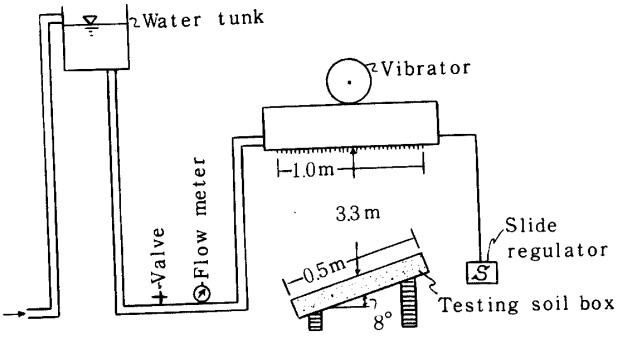

Fig. 1. Schemetic drawing of experimenetal apparatus

Ⅲ　実験結果および考察

1.　雨滴の特性

雨滴の採取方法および整理は前報（第Ⅳ報）の通りである。図2は自然降雨および人工降雨の雨滴分布をそれぞれの雨滴64,000個，3,800個について示したものである。人口降雨の直径0.5㎜ 未満の雨滴数の割合は自然降雨のそれとかなりの開きがあるが，直径1.0 ㎜ 以上の分布割合は自然降雨とだんだん類似してくる。一方雨滴の終速度について考えると，径1.5 ㎜以上の雨滴は終速度に達していない。Laws(7)によると直径 1.25 ㎜ の雨滴が終速度に達するには，約15フィートの落下距離を必要とし，2.0㎜以上の直径の雨滴が終速度に達するには，30フィート以上の落下距離が必要である。然しながら土壌侵食を雨滴エネルギーとの関係で促える場合両者の細滴の分布割合の差はそれ程問題にならないし，また降雨（人工）の強度を高めることによって自然降雨のエネルギーへ近ずけることができるので，その点で降雨装置はある程度初期の目的を達することができるものである。

2.　流失土量および流去水量

図3に流去土量の，図4に流去水量の経時変化を示した。図3から，両供試土とも概して降雨強度が大きい程流出土量も大きくなり，降雨開始後ある時間にピークが現われる。両供試土を比較すると，Kは降雨開始後25分までに全ての降雨について流出土量のピークが現われるが，Sは降雨強度が小さい降雨に対してはかなり遅く現われる。また降雨強度に関係なく，KはSよりも流出土量が極めて大きい。このことを図4と対応させてみると，両供試土とも流出土量は流去水量が多い程多く，小強度の降雨（44㎜/*hr*，47㎜/*hr*）に対しては流去水に占める流出土の割合は経時変化に関係なく殆んど一定である。しかし79㎜/*hr* 以上の降雨に対してはその割合が一定でない。その上116 ㎜/*hr*，120 ㎜/*hr* の降雨によるKとSの流出土量は流去水量がやゝ同じでも両者の間にかなりの差がある。これらのことは，雨滴の土壌面破かいによる間げき率の変化と，KとのSの耐水性集合体の差異によるものと考えられる。

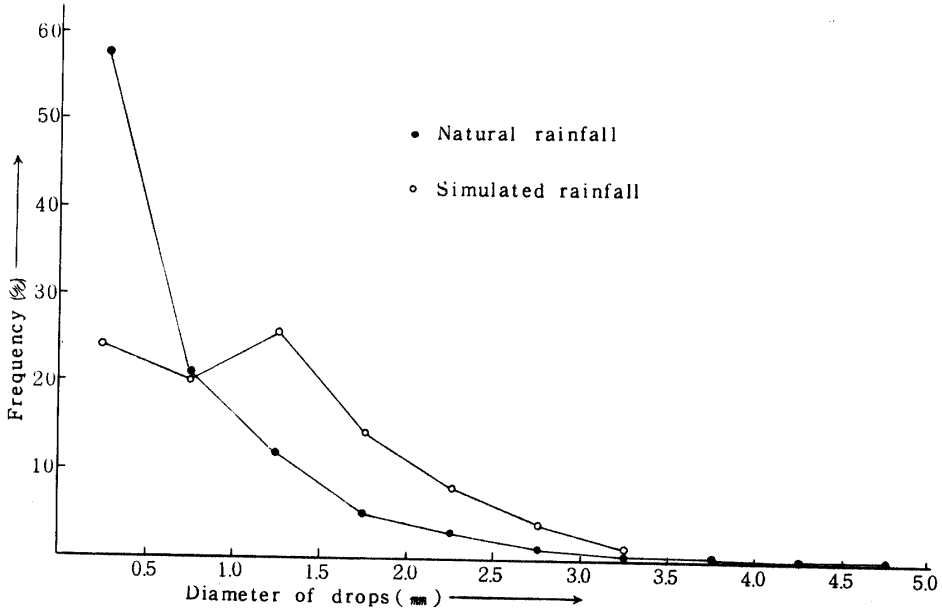

Fig. 2. Drop-size distribution

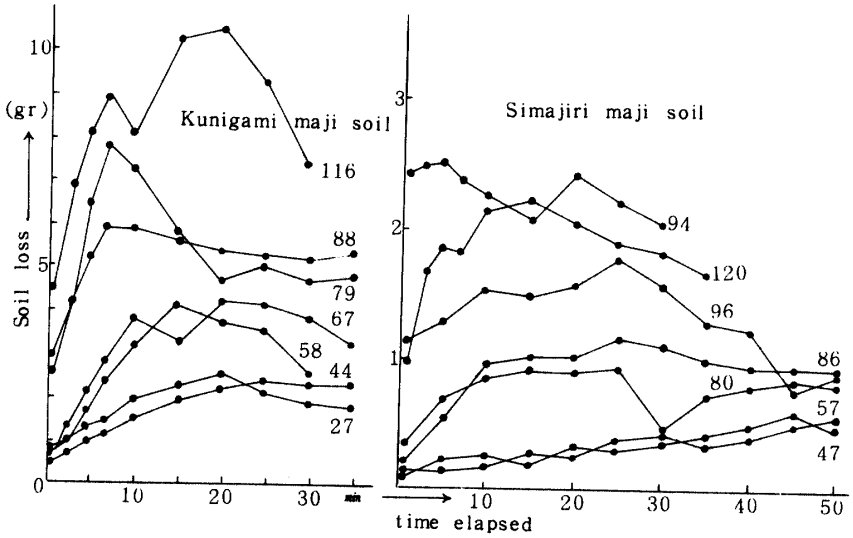

Fig. 3. Soil loss vs time elapsed

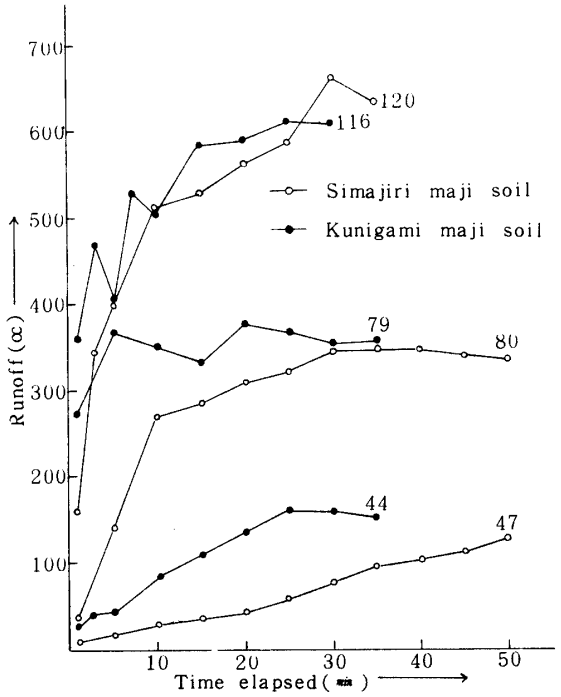

Fig. 4. Runoff vs time elapsed

3. 団粒と流出土量

前述したように，KとSの流出土量は同程度の降雨強度にもかゝわらずかなりの差が認められる。Lyle and Smerdon氏(8)は土壌の耐水食性に関与する要素として塑性指数，分散率，ベーン剪断強度，有機質の含量をあげ，とくに最初の3つの要素は最も重要なものであると指摘している。これらの中で分散率は古くから土の侵食性を示す指標として採用されている。藤川氏ら(3)はPuriの分散率 Middleton の分散率を黒ボク，シラス，イモゴの三種の土壌に対して求め，粘土含有の少ない土でも，遠心含水当量，液性限界が粘土に近い性質であるか否かによって分散率は異なってくると述べている。岩垣氏ら(4)は空隙率と含水比を耐食性の指標としてあげ，また川村氏(5)は毛管飽和状態での粒径0.5～0.25 mm以上の耐水性集合体と風乾状態におけるそれとの比率（耐水性集合体の風乾率）を侵食性の指標としてあげており，風乾率の小なる程侵食性は大であると指摘している。このことは侵食性が土壌の耐水性団粒の含量によって支配されることを意味している。

KとSの団粒分析結果を図5にみると，0.5 mm以上の粒子において団粒化の程度にかなりの差が認められ，このことが，流出土量の大小に大きく関与していると考えられる。耐水性集合体の風乾率の大小は，多くの場合，有機物および粘土含量による影響が大きく関与するといわれており(5)，先に引用したLyle and Smerdon氏の第4の要素と結びつくことが考えられる。また八幡氏(12)は草の根が，土壌粒子を結合するなんらかの働きをすると指摘しているが，両供試土の採土深さは0.5～1.0m，Sは耕土であり，そのことも団粒（耐水性）に影響していると考えられる。

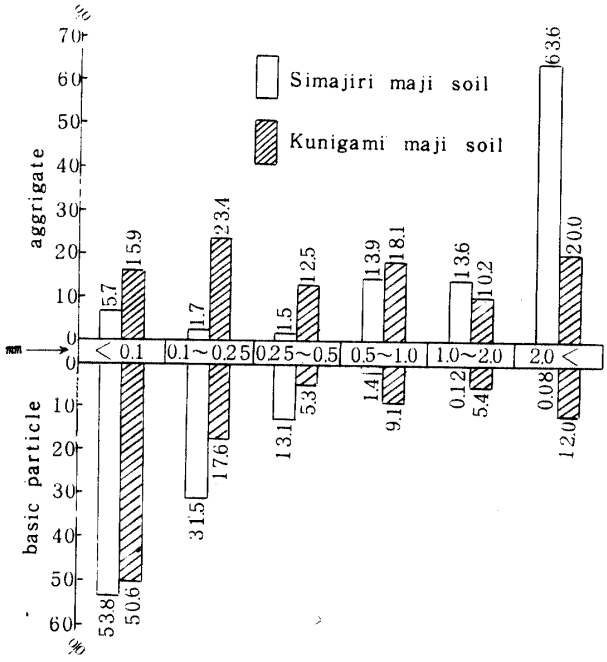

Fig. 5. Aggrigating degree of both test soil

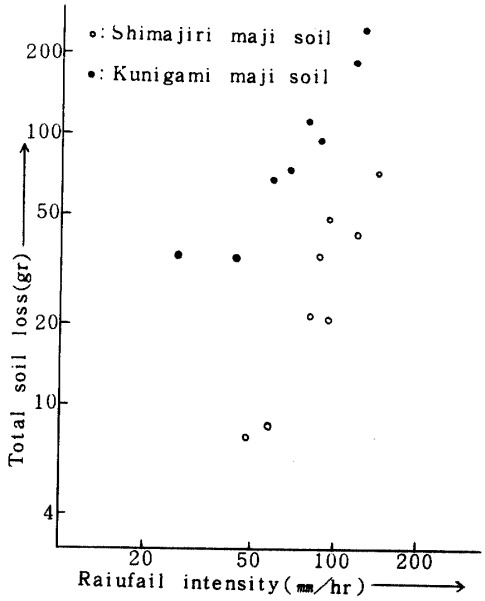

Fig. 6. Total Soil loss vs rainfall intensity

4. 強度別総流出土量

図6は総流出乾土量と降雨強度の関係を両対数グラフに示したものである。降雨の性質と流亡土量と

の関係は降雨量との関係より深いといわれている（6.13）。そして両者の関係について Neal 氏(9)は，$E = aI^b$ の実験式を提案し，吉良氏(6)は実際農耕地においてもこの式が適用されると報告している。図6から総流出土量と降雨強度（本実験は一定強度にて一定時間降らしているので，本質的に降雨量と同じである）との関係をみると極めて高い相関関係が認められる。前記$E = aI^b$ なる式でEを流出乾土量（gr／3360cm^2），Iを降雨強度（mm／hr）として定数a，指数bおよび相関係数rを求めると次のようになる。

	a	b	r
K	0.3668	1.293	0.940
S	0.0024	2.074	0.934

これらの値は実験中の降雨が一様な強度のもとにおけるものと見なされるのでそのことが相関関係に大きく影響していると考えられる。従ってEは1時間降雨強度とのみ対応するものでないことは云うまでもない。ある時間の降雨強度と流出土量との関係については，Neal 氏( )は1時間降雨強度とEとの関係を前記の指数式で表わし，種田氏(11)は現場試験の結果から5分間降雨強度を用い，一般式

$$E = a + bI_5 + c\,I_5^2$$

（こゝにa，b，cは定数，I_5は5分間降雨強度）なる式を導いている。

Ⅳ　要　　約

以上の結果を要約すると次のようになる。

1. 人工降雨の雨滴径の分布については0.5mm以下の細滴以外は略々似せることができるが1.5mm以上の雨滴は終速度に達していない。
2. 従って個々の雨滴のエネルギーの点で自然降の雨滴との差はあるが，雨滴全体のエネルギーで促えるとそれを補うことができる。
3. 極めて高い強度の降雨についてKとSの流去水は殆んど同じだが，流出土量はKの方がはるかに大きい。
4. Sは耐水性団粒の含量がKより大きくそのことが流出土量の大小に影響していると考えられる。
5. 総流出土量は概して降雨強度（降雨量）の増加とともに増大することが認められた。

最後にこの実験は文部省科学研究費による研究の一部であることを附記する。

参　考　文　献

1. Bubenzer, G. D. and Meyer, L. D. 1965 Simulation of rainfall and soils for loboratory research, Transaction of the ASAE, 8(1) : 73, 75
2. Ellison, W. D. 1947 Soil erosion Studies, partⅡ, Agri. Engineering, May, 197～201
3. 藤川武信，加来研，内田勝利　1969　土質理工学研究報告，第14号，福岡市，九州大学農学部農業土木第三研究室
4. 岩垣雄一，土屋義人　1956　水滴による地面侵食に関する二，三の実験，土木学会論文集，第1号：62
5. 川村秋男　1972　土壌の耐水食性，土壌物理測定法，426～429東京，養賢堂

6. 吉良八郎 1957 果樹園の土壌保全に関する研究（第Ⅳ報），農業土木研究，**24**(2)：94～98
7. Laws, J. O. 1941 Measurements of fall-velocity of water droplets and raindrops, Tran. Am. Geophys. Un., 22：709～721〔Meyer, L. D. 1965 Simulation of rainfall for Soil erosion research, Transaction of the ASAE, **8**(1)：63～65〕
8. Lyle, W. M. and Smerdon, E. T. 1965 Relation of Compaction and other soil properties to erosion resistance of soils, Transaction of the ASAE, **8**(3)：419～422
9. Neal, J. H, 1938 Effect of degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion, Agricultural engineering, **19**：213～217〔3〕
10. Swanson, N. P. 1965 Rotating-boom rainfall Simulator, Trans action of the ASAE, **8**(1)：71～72
11. 種田行男 1950 降雨の性質と土壌侵食との関係，農業土木研究，**18**(2)：21～27〔3〕
12. 八幡敏男 1973 土壌物理（講座），農業土木学会誌，**41**(3)：183
13. 山崎不二夫，椎名乾治 1951 傾斜耕地の保全に関する研究，農業土木研究，**19**(1)：1～8

Summery

A study on soil erosion was made by means of simulated rainfall. Two different types of soil were used as the test soil. They were called KUNIGAMI MAJI soil, SHIMAJIRI MAJI soil respectively.

The test soil grading was as follows.

Test soil	sand	silt	clay
KUNIGAMI MAJI soil	35	19	46
SHIMAJIRI MAJI soil	3	14	83

The test soil box was 80cm length, 42cm wide, 25cm depth was set with a slope of 10 degrees.

The simulated rainfall was dropped frome a place 3.30 meters high above the surfaec of test soil. Drop-size distribution of both natural rainfall and simulated rainfall are shown in Fig. 1.

The results of this experiment are shown as follows.

1 Drop-size distribution of artificial rainfall was allmost simulated with those of natural rainfall except under drop-sizo of 0.5mm by diameter.

2 Although the terminal velocity of each drop is not equivalent to those of natural rainfall, the total energy of artificial rainfall can be equalized to those of natural rainfall by strengthen the intensity of rainfall.

3 Runoff of both test soil is almost the same in case of very high intensity raimfall, but soil loss of KUNIGAMI MAJI soil is larger than that of SHIMAJIRI MAJI soil.

4 Aggrigating degree, which is considerd one of the important index of erosion resistance of soil, of SIMAJIRI MAJI soil is larger than that of KUNIGAMI MAJI soil. And this will influenced to the soil loss quantity of

both test soil.

5. If the intensity of the rainfall increase the amount of the test soil become larger.