

# 降雨条件の違いが地表流出水の発生と地表流出水中の土壌含量に及ぼす影響

誌名	四國農業試験場報告 = Bulletin of the Shikoku Agricultural Experiment Station
ISSN	00373702
著者	脇水, 健次 井田, 明 氏家, 勉 花野, 義雄
巻/号	51号
掲載ページ	p. 1-11
発行年月	1988年11月

# 降雨条件の違いが地表流出水の発生と 地表流出水中の土壌含量に及ぼす影響

脇水健次\*・井田 明・氏家 勉\*\*・花野義雄

## 目 次

I 緒 言	1	2. 変動降雨強度条件下における地表流出水の発生と地表流出水中の土壌含量	6
II 実験装置と若干の検討	1	1) 地表流出水の発生状況	6
III 実験方法	4	2) 地表流出水中の土壌含量	7
IV 実験結果	4	3. 考 察	8
1. 一定降雨強度条件下における地表流出水中の土壌含量	4	V 摘 要	9
1) 地表流出水の発生状況	4	引用文献	10
2) 地表流出水中の土壌含量	5	Summary	11

## I 緒 言

国土の大半が山地で覆われている我が国では、農耕地に占める傾斜畑の割合が大きい。この傾斜畑を長期にわたって維持するには、土壌侵食の防止が基礎的かつ極めて重要な問題である。

土壌侵食には、雨水に起因する水食と風に起因する風食があるが、四国地域を始め我が国西南部の傾斜地帯では、多くの場合前者が問題となる。<sup>3)</sup>

この水食は、発生の原因あるいは発達の程度によって、①土壌表面に当たる雨滴の衝撃作用による侵食（雨滴侵食）、②土壌表面に生じた流出水の掃流作用による侵食（面状侵食、リル侵食、ガリ侵食）に分けられる。また、水食に影響をおよぼす因子には気象、地形、植生、土壌および人為作用が挙げられ、しかも、これらの因子は複雑かつ相互に関係することが知られている。<sup>1)</sup>

今回、著者等は、気象因子から降雨の強度とその継続時間を摘出し、傾斜および土壌条件と照らしながら、土壌侵食の発生の引き金となる地表流出水の発生および地表流出水中の土壌含量におよぼす影響の程度を、人工降雨発生装置を用いた室内実験で検討することとした。また、この実験に先立ち、四国農試で従来から用いられてきた人工降雨発生装置の特性と問題点を基

礎的に検討し、今後の研究を推進するうえで合理的な実験条件の設定に関する資料を得ることとした。

なお、この研究は昭和61年度科学技術振興調整費「傾斜地農業における気象資源の把握とその利用法に関する基礎的研究」で行われ、研究成果の一部は日本農業気象学会、日本土壌肥科学会で発表した<sup>4),7)</sup> 便宜を計っていただいた関係者各位、および研究の推進に多大の協力をいただいた当场業務科喜多寿夫氏に記して謝意を表す。

## II 実験装置と若干の検討

一連の実験では、人工降雨発生装置、土壌充てん容器および傾斜度調節台を図1および写真1のように配置した。

人工降雨発生装置は一般に散水する水の加圧の有無で雨滴型（非加圧方式）とノズル型（加圧方式）に分けられるが、ここでは、雨滴型に比べると低い位置からでも自然降雨に近い雨を再現することができる四国農試で製作したノズル型<sup>6)</sup>を用いることとした。

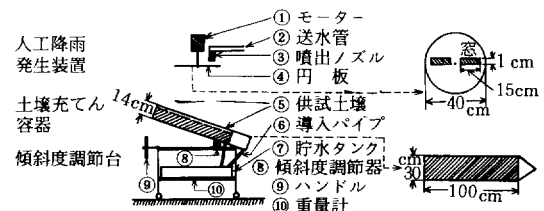


図1 実験装置の概要

昭和62年10月8日受付

\*九州大学農学部 \*\*昭和62年3月退職

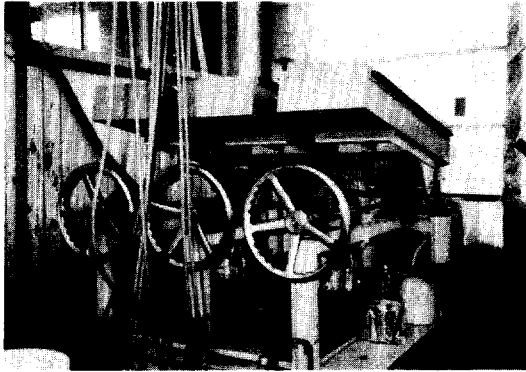


写真1 実験風景

ノズル型では大雨滴と中雨滴の割合をできるだけ多くして、自然降雨の粒径分布に少しでも近づけることが必要であり、このため噴出口径の大きいノズルを用いることが望まれる。しかし、ノズルの噴出口径が大きくなると、同一加圧条件下では噴出水量が多くなり、その全量を散水すると降雨強度自体が著しく大きくなる。この実験ではセルジェット2FJJP200（噴出口径1.6mm）を用いたが、このノズルで通常の自然降雨に近い降雨強度を得るには、噴出水量の一部もしくは多くをカットする必要がある。このため、固定したノズルの真下6~7cmに窓を付けた円板を置き、これを回転させて必要水量を確保するとともに、余分の噴出水を別の経路を通して排除した。この方法を用いると、円板の窓の大きさ、数、回転数および水の圧力等を変えることにより、降雨強度を任意に調節することが可能と考えられる。

以下、この人工降雨発生装置における降雨の分布特性およびばらつき等に関する若干の検討を行った。

四国農試で従来からよく用いられてきた設定条件に準じて<sup>3), 6)</sup>、水圧を0.5kg/cm<sup>2</sup>、噴出水量を106ℓ/minおよび円板の回転数60回/minに固定した場合、窓の数および窓の大きさを変えると、雨量分布にどのような影響がみられるかを検討した。

使用した円板は1つ窓（幅1cm）、2つ窓（幅1cm）、4つ窓（幅1cm）および2つ窓（幅0.5cm）の4種類で、窓の長さはいずれも15cmである。一方、床面には塩化ビニール製のポット（受水面積：200cm<sup>2</sup>）を受水面が水平かつ高さが1m（後述する本実験の試料土壌面の平均的な高さ）になるように、30cmの等間隔で縦横ともに6箇、計36個を並べ、各ポットにたまった水の容積から雨量（mm）を求めた。

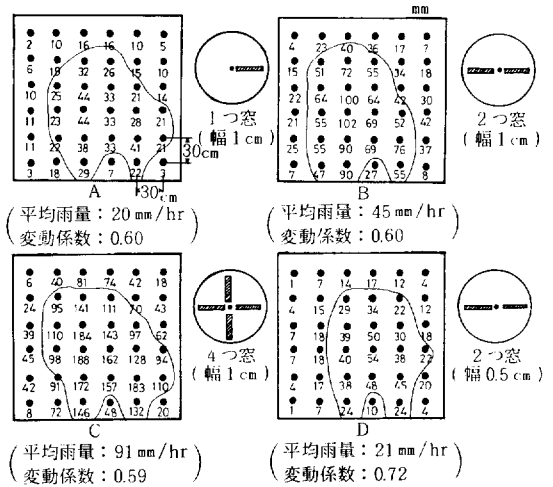


図2 円板の種類と雨量分布（図中の曲線は平均雨量の等値線を示す）

図2には5回平均の1時間当たりの雨量分布を示したが、A, B, Cのように円板の窓の大きさ（幅1cm）が同じであれば、窓の数に関係なく全体的にみた変動係数は0.59~0.60とほぼ等しい値を示し、それぞれの箇所のばらつきの程度もほぼ同じであった。

また、床面に配置した36個のポットで得られた雨量の平均値は、1つ窓で20mm/hr、2つ窓で45mm/hr、4つ窓で91mm/hrであった。

一方、図中のDのように円板の窓の幅が異なる場合（幅0.5cm、2つ窓）では、変動係数は0.72となり、幅が1cmのBより大きな値を示した。また、平均雨量は窓の幅が1cmで2つ窓の円板の値の約半分となるが、窓の幅が1cmで1つ窓の円板の値とはほぼ同じであった。

以上のことから、平均雨量は窓の総面積に比例して増加すること、変動係数は窓の総面積が等しくても、窓の幅が狭く（窓の数は増加）なると大きくなる危険性があると推察された。本実験で使用する円板は、①変動係数の値がより小さいこと、②平均雨量の値が実験目的と適合する必要があることから、できるだけ1つ窓を用いる方が安全であると考えられた。

つぎに、土壌充てん容器の合理的な配置場所について検討した。この土壌充てん容器は長さ100cm、幅30cmで、底部から2cmの位置に金網状の鉄板を敷き、その上に土壌を厚さ10cm充てんするものである。図1で示したように、土壌表面を流れる地表流出水は斜面下端部で集めて貯水タンクに導き、また土壌を通過した

浸透水は底部に設けた排水口をとおして別の貯水タンクに導くことができる。

前述した図2の雨量分布をみると、それぞれの箇所の雨量の値は横方向より縦方向の方が変動幅が小さいので、土壌充てん容器は、縦方向に置くこととし、できれば同時に3台並べると考えた。そして並べる場所を選定するため、雨量の値がほぼ等しい箇所を図3のように8箇所を選び、雨量のばらつきを調査した。

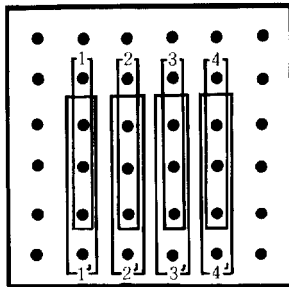


図3 土壌充てん容器の配置場所

表1 1つ窓(幅1cm)付き円板を用いた場合の土壌充てん容器の配置場所による平均雨量と変動係数

配置場所	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'
平均雨量(mm/hr)	22.7	21.8	40.1	39.9	30.7	26.8	26.0	28.1
変動係数	0.10	0.18	0.15	0.15	0.12	0.47	0.41	0.30

表1には、1つ窓(幅1cm)付き円板を用いた場合の雨量の分布状態を示した。平均雨量は、1, 1'では22 mm/hr前後、2, 2'では40 mm/hr前後、3, 3', 4, 4'では27 mm/hr前後となり、その変動係数は、1, 1', 2, 2', 3では0.10~0.18であるのに対し、3', 4, 4'では0.30~0.47にも達した。

このようなことから、少なくとも3', 4, 4'の配置場所は好ましくないと考えられ、また1と1'では1がよく、2と2'ではどちらでもよいと考えられた。したがって、土壌充てん容器は図4のように3台配置してよいと考えられた。

これらのことをさらに確認するために、図4の配置場所に土壌充てん容器を3台並べ、それぞれの土壌充てん容器の中に図5に示したように、口径が10cmで高さ10cmの亚克力製の小型ポットを受水面に30箇所ずつ並べた。そして受水面の傾斜を0度(水平)、10度、25度の3段階に設定し、1時間ずつ5回散水して雨量のばらつき状態を調査した。

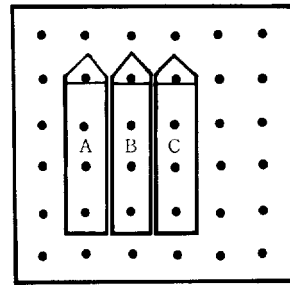


図4 土壌充てん容器3個を並べた場合の合理的な配置場所

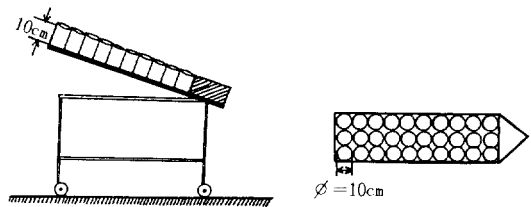


図5 土壌充てん容器内における小型ポットの配置図

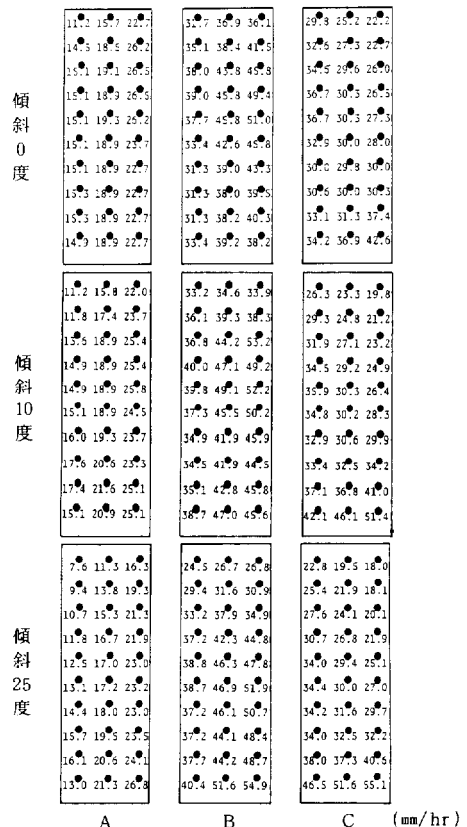


図6 土壌充てん容器内における雨量分布

表2 土壌充てん容器内における平均雨量と変動係数

配置場所	傾斜 0 度		傾斜 10 度		傾斜 25 度	
	平均雨量	変動係数	平均雨量	変動係数	平均雨量	変動係数
A	19.2 mm/hr	0.22	19.4 mm/hr	0.22	17.3 mm/hr	0.28
B	39.4 mm/hr	0.13	42.0 mm/hr	0.14	40.4 mm/hr	0.20
C	30.8 mm/hr	0.14	32.0 mm/hr	0.22	30.7 mm/hr	0.30

その結果は図6および表2に示したが、平均雨量は傾斜0度(水平)ではA 19.2mm/hr、B 39.4mm/hr、C 30.8mm/hrとなり、それぞれの変動係数は0.13~0.22の範囲に収まった。傾斜10度では、A 19.4mm/hr、B 42.0mm/hr、C 32.0mm/hr、変動係数は0.14~0.22、傾斜25度ではA 17.3mm/hr、B 40.4mm/hr、C 30.7mm/hr、変動係数は0.20~0.30となった。このように、傾斜度が大きくなると変動係数が増加しはらつきは大きくなるが、変動係数の値から推量して、配置場所が同じであれば、土壌充てん容器内ではほぼ同量の雨量が捕そくされ得ると考えられた。

以上のことから、この人工降雨発生装置では水圧を0.5kg/cm<sup>2</sup>、流量を106ℓ/min、円板の回転数を60回/min、円板の窓を1cm幅で1個とすると、平均雨量は配置場所Aでは20mm/hr前後、Bでは40mm/hr前後、Cでは30mm/hr前後となり、それぞれの雨量のばらつきも比較的小さく維持できることが明らかとなった。

### Ⅲ 実験方法

実験に用いた土壌は、四国地域に広く分布する花崗岩土壌と安山岩土壌の2種類で、1cm格子のふるいを通させたものである。土壌充てん容器に供試土壌を充てんし、土壌表面に厚さ2cmの板を当て、重さ13kgの鉄製ハンマーを高さ30cmから5~6回自然落下させて締め固めた後、土壌が飽水状態になるまで、土壌充てん容器の底にある浸透水用の排水口からサイフォンにより水を浸透させた。そして、土壌水分が飽和状態になった後、土壌充てん容器をそれぞれの実験条件と同じ傾斜度に傾け、24時間前後自然排水を行った。

人工降雨実験における設定条件は、降雨強度については水圧を調節して3段階(15, 25, 35mm/hr)、傾斜度については2段階(10, 25度)とし、①実験中降雨強度を一定に維持した場合、②実験中降雨強度を60分間ごとに変更した場合について実験を行った。

①では、実験時間を通常240分間とし、10分間もしくは60分間ごとに発生する地表流出水を採集した。また②では、実験時間を180分間とし、60分間ごとに降

雨強度を35→15→35mm/hr(強→弱→強)と15→35→15mm/hr(弱→強→弱)の2種類のパターンで変化させ、10分間ごとに発生する地表流出水を採集した。

なお、一連の人工降雨実験では、浸透水の発生量についても経時的に測定した。浸透水の発生量は、実験開始初期を除くと降雨量と地表流出水の発生量との差で示されるので、降雨強度の確認データとして活用した。しかしながら、浸透水中の土壌含量は常に皆無であるので、浸透水の採集は行わなかった。

### Ⅳ 実験結果

#### 1. 一定降雨強度条件下における地表流出水の発生と地表流出水中の土壌含量

##### 1) 地表流出水の発生状況

安山岩土壌における降雨強度別にみた10分間ごとの地表流出水の発生状況を、傾斜10度については図7、傾斜25度については図8に示した。

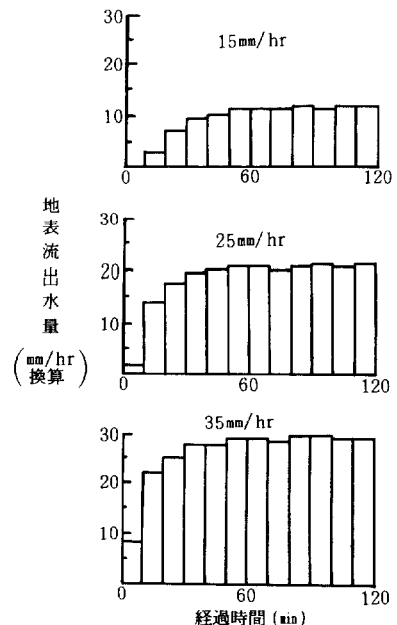


図7 安山岩土壌における地表流出水量の経時的推移(傾斜10度)

地表流出水の発生量は降雨強度が強いほど多いが、15, 25, 35 mm/hr いずれの降雨強度についても、傾斜度の違いによる影響は小さかった。また、実験開始直後での地表流出水の発生量は少なく、その後は時間の経過とともに増加し、40～60分以降ではほぼ同じ値で推移した。なお、両図では割愛したが、地表流出水の発生量は120分以降でもほぼ同じ値で推移することが認められた。

図9, 10には、花崗岩土壌における地表流出水の発生状況を示したが、実験開始後30分までは安山岩土壌に比べると少なく推移するものの、ほぼ同じ値に達する時間およびその後の発生量については安山岩土壌とほぼ同じであった。

2) 地表流出水中の土壌含量

図11には、安山岩土壌を用いた場合における10分間ごとの地表流出水中の土壌含量の推移を示した。

地表流出水中の土壌含量は、実験開始後地表流出水の発生がみられる初期のものほど高く、時間の経過とともに低下する傾向がみられた。また、傾斜25度における土壌含量は、傾斜10度の2～3倍前後で推移することが認められた。一方、降雨強度35mm/hrでの地表流出水中の土壌含量は、15, 25mm/hrより高かったが、15, 25mm/hr間での違いは極めて小さかった。すなわち、この実験の設定条件下では地表流出水

中の土壌含量は降雨強度の違いよりも、傾斜度の違いによる影響が大きかった。なお、ここでの設定時間の範囲では、地表流出水中の土壌含量は低下し続けた。

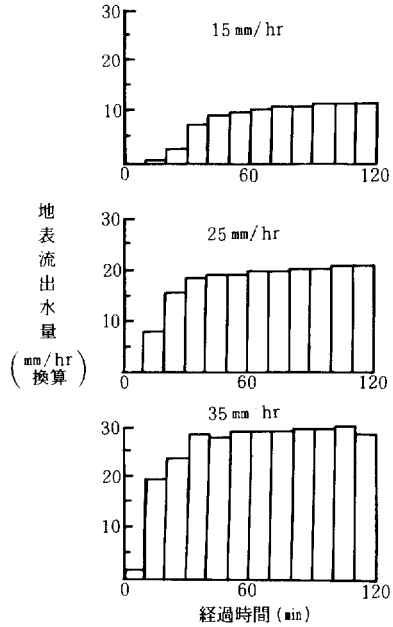


図9 花崗岩土壌における地表流出水量の経時的推移 (傾斜10度)

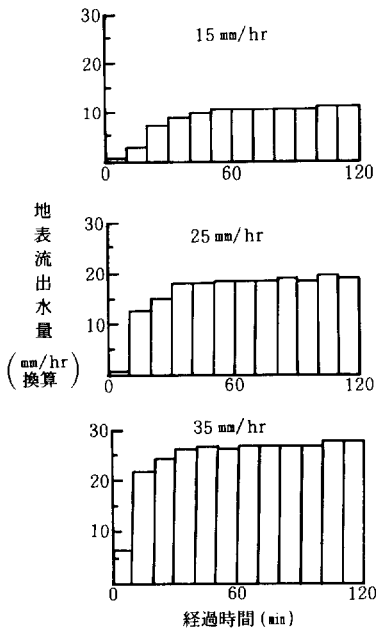


図8 安山岩土壌における地表流出水量の経時的推移 (傾斜25度)

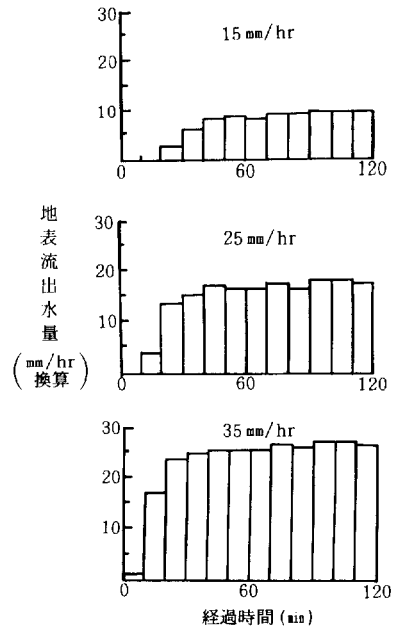


図10 花崗岩土壌における地表流出水量の経時的推移 (傾斜25度)

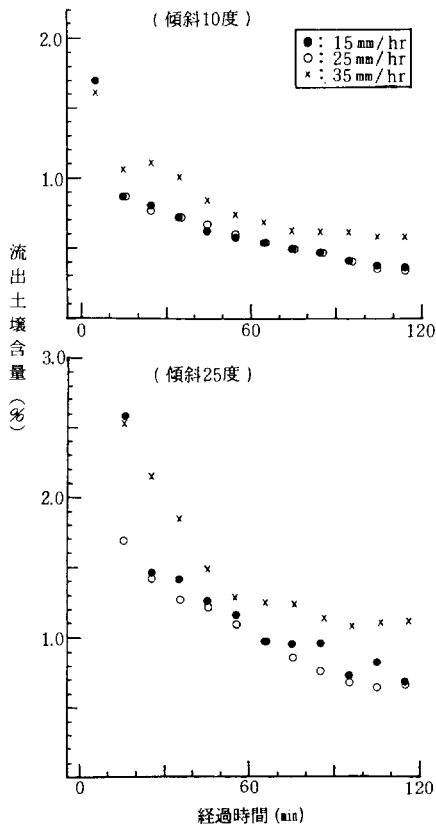


図11 安山岩土壌における地表流出水中の土壌含量の経時的変化(その1)

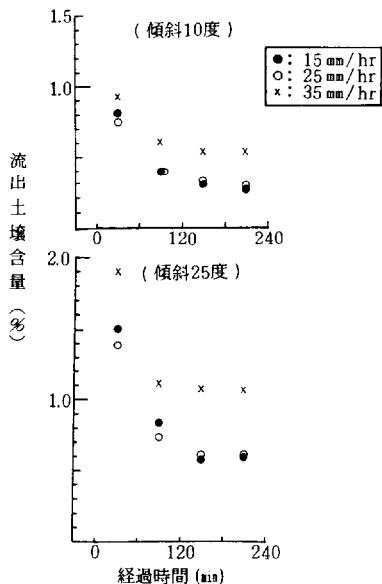


図12 安山岩土壌における地表流出水中の土壌含量の経時的変化(その2)

しかし、この実験に先立って60分間ごとに調べた実験結果を図12に示したが、安定した土壌含量に達する時間は120分以上180分未満であると考えられた。

図13には、花崗岩土壌を用いた場合における10分間ごとの地表流出水中の土壌含量の推移を示した。

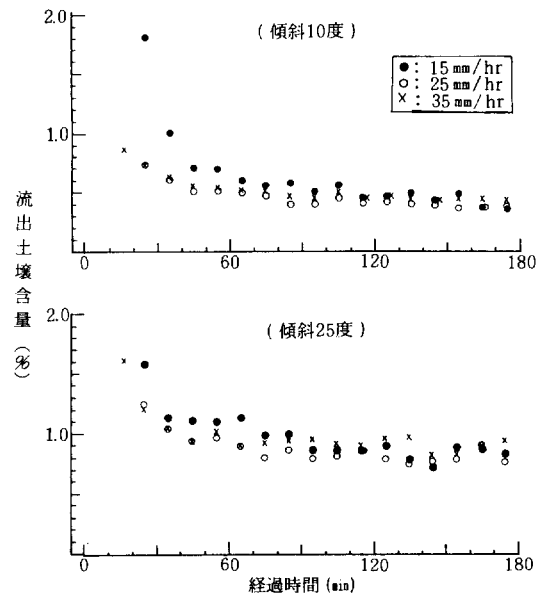


図13 花崗岩土壌における地表流出水中の土壌含量の経時的変化

地表流出水中の土壌含量は、安山岩土壌の場合と同様に、時間の経過とともに低下する傾向がみられたが、より短い40～60分で安定した土壌含量に達すると考えられた。また、実験開始初期では安山岩土壌より概して低く、時間の経過とともにその違いが小さくなる等、花崗岩土壌での特徴も認められた。なお、降雨強度15 mm/hrでの土壌含量は、25, 35 mm/hrより高く推移するなど、安山岩土壌とは逆の傾向もみられたが、これらの違いが生じる機作については、今後さらに実験を繰り返して解明する必要があると考える。

## 2. 変動降雨強度条件下における地方流出水の発生と地表流出水中の土壌含量

### 1) 地表流出水の発生状況

図14には、降雨強度15 mm/hrで60分間経過させた後、35 mm/hrに変えて60分間維持し、その後再び15 mm/hrに戻した弱→強→弱における地表流出水の10分間ごとの発生量を示した。

地表流出水の発生量は、安山岩、花崗岩両土壌とも

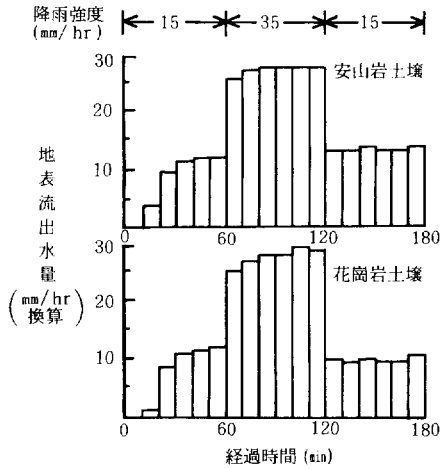


図14 降雨強度の変動と地表流出水量の経時的推移 (傾斜10度, その1)

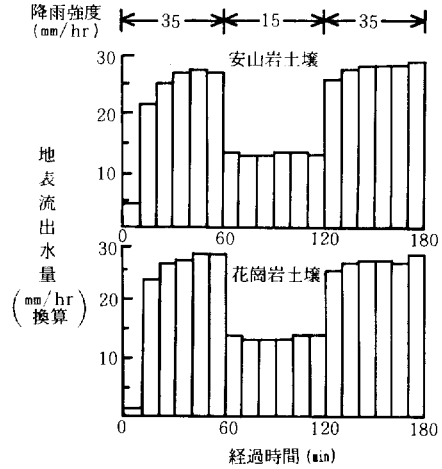


図15 降雨強度の変動と地表流出水量の経時的推移 (傾斜10度, その2)

降雨強度を35mm/hrに変えた時点で増加し、その後約20~40分にわたって漸増する傾向がみられた。そして15mm/hrの降雨強度に再び戻すと、地表流出水そのものは減少したが、その後の変動量は少なかった。

図15には、これとは逆に、降雨強度35mm/hrから15mm/hrとし、その後再び35mm/hrに戻した強→弱→強における地表流出水の10分間ごとの発生状況を

示したが、弱から強、および強から弱に変動させた影響は、前述した弱→強→弱の場合と同じであり、単なる60分間の時間的なずれとしてとらえることができた。

#### 2) 地表流出水中の土壌含量

図16には降雨強度を弱→強→弱、図17には強→弱→強に変動させた場合における、地表流出水中の10分間ごとの土壌含量を示した。

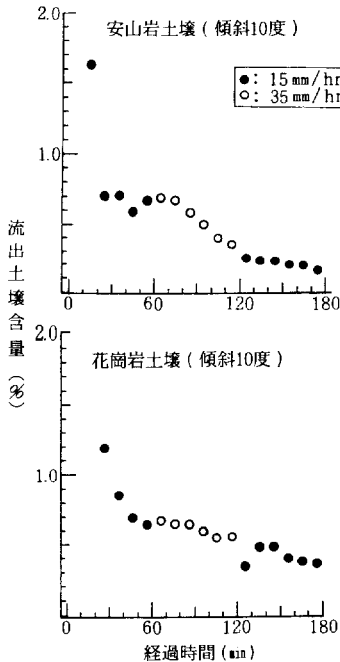


図16 降雨強度の変動 (弱→強→弱) における地表流出水中の土壌含量

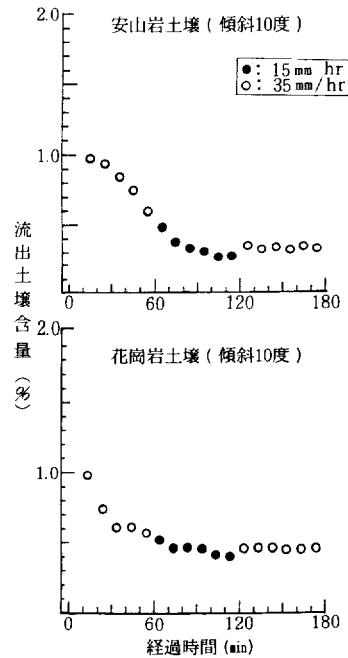


図17 降雨強度の変動 (強→弱→強) における地表流出水中の土壌含量



両図を概観すると、安山岩土壤における土壤含量は、降雨強度を強めた場合にはやや高く、弱めるとやや低下する傾向がみられた。一方、花崗岩土壤ではこのような傾向はそれほど明らかでなかった。両土壤における傾向の違いは、後述する土壤分散性などの違いに起因すると考えられる。いずれにしても、両土壤における土壤含量の推移は、前項で示した一定降雨強度条件下における傾向によく対応していることが認められた。

### 3. 考察

一連の実験は、地表流出水が発生し得る降雨強度で行った。したがって、地表流出水の発生量は降雨強度が強いほど当然多くなるが、降雨強度の強弱いずれでも、実験開始初期での発生量は少なかった。このことは、実験開始時の土壤はいわば圃場容水量に近い状態であるので雨水と置き替わり得る土壤空気量が多いこと、実験開始直後では雨滴衝撃による土壤分散に伴う土壤孔隙の閉塞の程度が小さいことによると考えられる。また、地表流出水が発生するまでの時間は、花崗岩土壤より安山岩土壤で短かったが、時間の経過とともに両土壤間における発生量の違いが小さくなることからみて、これらの違いは雨水と置き替わり得る土壤空気量の違いが大きく関与したと推察される。

地表流出水の発生量が安定化するまでの時間、換言すれば土壤透水性が安定するのに要する時間は、同一降雨条件下では安山岩、花崗岩両土壤とも40～60分、変動降雨条件下とくに降雨強度が弱から強に変動する際には、再び安定化するのに20～40分かかることが認められた。これらのことは、地表流出水の発生量が安定するためには、土壤孔隙が雨水でほぼ飽水された状態で、分散土壤による土壤孔隙の閉塞と閉塞した土壤孔隙の破壊、流出とが均衡状態に達することが必要であり、降雨強度が弱から強に変動する場合には、この均衡状態が乱れることを示すと考えられる。

現実の自然降雨の強度は絶えず変動を繰り返しているため、地表流出水の発生の実態は極めて複雑であり、ここでの一連の実験結果だけで解析することはできない。しかしながら、人工降雨装置で多様な降雨条件を設定して地表流出水の発生との関係を逐次明らかにすることにより、その実態をかなりの程度まで解明できると考えられる。

地表流出水の土壤含量が地表流出水の発生初期ほど高いことは、雨滴衝撃による土壤粒子の分散現象が実験開始直後の始めて雨滴にさらされる土壤ほど起こりやすいことのほか、これら分散土壤の多くが比較的少

量の地表流出水によって容易に流出され得ることを示すと考えられる。なお、この実験開始初期の段階で流出する土壤粒子は、次に述べる地表流出水の掃流力が相対的に小さいことからみて、粒径が小さい粘土やシルトを主体とするものと推察され、一連の実験での観察からもこのような傾向が認められた。

傾斜度の違いがおよぼす影響については、土壤表面を流れる地表流出水の掃流力の違いとみることができ。すなわち、地表流出水の掃流力は流速の2乗に比例し、掃流力が大きくなると傾斜面を流れる土壤粒子が急激に大きくなることが知られている。<sup>2)</sup>そこで、傾斜度と流速との関係を知るため、若干の補足実験を行った。

地表流出水のような薄い層の水の流速を土壤充てん容器内の土壤全面について求めることは極めて困難であるので、ここではその中央部付近を代表地点として選んだ。そして、ペイントシンナーに溶かした灰色ペイントを滴下させ、20cmの距離を流れる時間を計測して流速を求めることとした。

安山岩土壤における傾斜10度と25度の経時的な流速の測定結果を図18に示したが、降雨強度15, 35 mm/hrのいずれでも傾斜25度の流速が明らかに速かった。すなわち、これらの流速は地表流出水の発生初期では遅く、時間の経過に従って速くなるとともにしだいに安定化した。ほぼ安定した段階での傾斜25度の流速は傾斜10度の1.3～1.5倍に達することが認められた。し

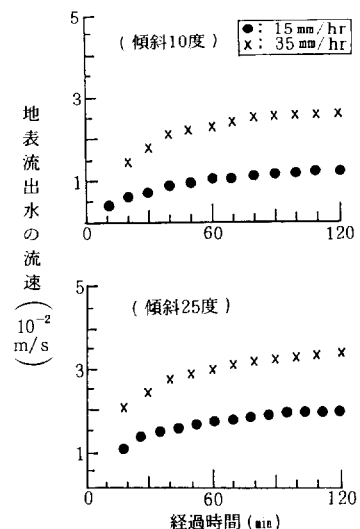


図18 安山岩土壤における地表流出水の流速の実測値

たがって、傾斜25度における地表流出水の掃流力は、傾斜10度の1.7～2.3倍になると計算される。これらの結果は、安山岩土壌について調査した同一降雨強度下での図11, 12, 変動降雨強度下での図16に示した土壌含量の推移を、かなりの程度まで説明できるといえる。

この補足実験で同時に測定した地表流出水の経時的な発生量を、流速にかかわる公式<sup>5)</sup>に当てはめると、土壌充てん容器における平均流速の理論値を求めることができる。

連続の式  $Q = D \cdot V$  .....(1)

Manningの式  $V = \frac{1}{n} D^{2/3} \cdot I^{1/2}$  .....(2)

$Q$  : 流量 (m<sup>3</sup>/s),  $D$  : 平均水深(m)

$V$  : 地表流出水の平均流速 (m/s)

$n$  : 粗度係数,  $I$  : 傾斜 (sin  $\theta$ )

(1), (2)より  $V = \sqrt{\frac{I}{n}}^{0.6} \cdot Q^{0.4}$

ここで、開水路の底が土壌であるので粗度係数( $n$ )は0.018とし<sup>5)</sup>、また流量( $Q$ )には実測した地表流出水の経時的な流出量を用いると、安山岩土壌における理論的な平均流速( $V$ )は図19のようになる。すなわち、流速の理論値は実測値の1.5～2.0倍で推移することになる。実測値は土壌充てん容器の中央部分で求めたものであるとは言え、両者の間には著しく大きな違いが

みられることから、地表流出水の挙動を開水路と考える場合には、粗度係数( $n$ )をより大きく評価すべきことを示すものと推察される。

ところで、今まで述べたように、地表流出水の流速は時間の経過に従って速くなるとともに安定化するが、ほぼ安定するのに要する時間は、地表流出水の発生量がほぼ安定するまでの時間に対応し、また地表流出水中の土壌含量が急速に安定化し始める時間的な変曲点と密接な関係がみられる。地表流出水の動向と土壌の流出状態は、降雨条件が同じであれば土壌の透水性、分散率、粒径組成、団粒形成等の諸性質によって制約されることから、前述した時間の長短は土壌の受食性にかかわる一つの指標になり得る可能性が大きいと推察される。

### V 摘 要

四国農試で用いられている人工降雨発生装置の特性をまず明らかにし、ついでこの装置を用いて、降雨強度の違いが地表流出水の発生と地表流出水中の土壌含量に及ぼす影響を、安山岩、花崗岩両土壌を用いて調査した。

1. ノズル型人工降雨発生装置の円板の窓の幅、数と雨量分布との関係を傾斜条件と照らして検討し、雨量のばらつきが小さくできる土壌充てん容器3台の合理的な配置場所を見いだした。
2. 降雨強度を一定に持続した条件下における地表流出水の発生量は、降雨強度が大きいほど多く、時間の経過とともに増加して約40～60分後に安定した値が得られたが、傾斜度の違いによる影響は小さかった。一方、地表流出水中の土壌含量は、時間の経過とともに低下し、安山岩土壌では180分間未満、花崗岩土壌では60分間未満で安定した値を示した。また、傾斜25度における土壌含量は傾斜10度の2～3倍に達したが、降雨強度の違いが土壌含量におよぼす影響は比較的小さかった。
3. 降雨強度を弱(15mm/hr)から強(35mm/hr)に変動させると、地表流出水の発生量は20～40分間にわたって漸増したが、強から弱に変動させても漸増傾向はみられなかった。一方、地表流出水中の土壌含量は、降雨強度の違いによる影響が比較的小さく、降雨強度を一定に維持した場合の経時的な推移とよく対応することが認められた。
4. 地表流出水の流速は、時間の経過に従って速くなるとともに安定化した。流速がほぼ安定に達した段階

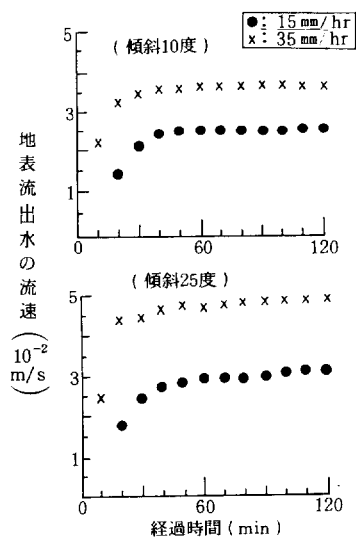


図19 安山岩土壌における地表流出水の流速の理論値

では、傾斜25度の流速は傾斜10度の1.3～1.5倍、掃流力は1.7～2.3倍となり、一連の実験における地表流出水中の土壌含量の推移を反映すると考えられた。なお、地表流出水の流速の理論値は実測値の1.5～2.0倍になることから、土壌の粗度係数( $n$ )は通常用いられる0.018より大きく評価すべきと考えられた。

5. 地表流出水の流出量、流速あるいは地表流出水中の土壌含量が急速に安定化し始めるのに要する時間の長短は、土壌受食性の程度を示す1つの指標になり得る可能性が大きいと推察された。

### 引用文献

- 1) Baver, L. D. (1981) : Soil Physics (3rd) John Wiley and Sons (New York), pp 430.
- 2) Holy. M (1980) : Erosion and Environment Pergamon Press (Oxford), pp 225.
- 3) 井田 明 (1986) : 農耕地の土壌侵食と対策、とくに四国傾斜畑について、**農園**62, 30～36.
- 4) 井田 明, 脇水健次, 氏家 勉, 花野義雄 (1987) : 四国傾斜畑における土壌水食の実態解明(その2), 地表流出水の発生におよぼす降雨強度変動の影響, 日土肥講演要旨, **33**, 7.
- 5) 農業土木学会編 (1979) : 農業土木ハンドブック 丸善 (東京), 575～576.
- 6) 徳留昭一, 氏家 勉, 山崎清功 (1981) : ノズル型降雨シミュレーターの製作, 四国農試報, **38**, 139～152.
- 7) 脇水健次, 井田 明, 氏家 勉, 元田雄四郎 (1987) : 土壌侵食におよぼす降雨特性について, 日本農業気象学会講演要旨集, 70～71.

## The Effect of Rainfall Conditions on Surface Runoff and Soil Loss

Kenji WAKIMIZU, Akira IDA, Tsutomu UJIKE and Yoshio HANANO

*(Received; October 8, 1987)*

### Summary

Soil erosion is one of the most important problems in sloping upland fields. A main cause of soil erosion in Shikoku area is rainfall (water erosion). There are some factors which affect water erosion such as weather, landform, vegetation, soil and human action. These factors are related mutually and complexly. In this paper, the effect of the duration and intensity of rainfall on surface runoff and soil loss was investigated using a rainfall simulation. Results were summarized as follows.

1. Under the condition keeping the rainfall intensity constant, the surface runoff increased gradually and then became stable after 40-60 minutes. It was large when the rainfall intensity was high. Inclination angle had little effect on surface runoff. The soil content of runoff decreased with time. It took about 180 minutes for the soil content of runoff to become stable in the case of andesite soil, while it took about 60 minutes in the case of granite soil. The soil content of runoff at inclination angle 25° was two or three times of that at inclination angle 10°. However, it was little affected by the rainfall intensity.

2. Under the condition changing the rainfall intensity from 15 to 35 mm/h, surface runoff increased gradually for 20-40 minutes in the beginning of experiment. But under the condition changing the rainfall intensity from 35 to 15mm/h, the phenomenon was never recognized.

3. Surface runoff velocity increased and became stable in course of time. At the step the velocity became stable, the velocity and the hydraulic tractive force at 25° were 1.3-1.5 and 1.7-2.3 times of those at 10° respectively. Theoretical values of velocity of runoff were 1.5-2.0 times of measured values. This suggested that roughness coefficients "n" of soils used in this experiment were larger than generally used value 0.018.

4. The time when volume, velocity and soil content of surface runoff became stable would appear to be one of parameters of soil erodibility.