

裸地斜面へのストーンマルチが表面流出形成に与える影響

永井 壯茂*・白木 克繁**・熊谷 朝臣***
鈴木 雅一*・太田 猛彦****

The Effects of Stone Mulching on the Surface Runoff Characteristics of a Bare Ground Slope

Takemo NAGAI*, Katsushige SHIRAKI**, Tomo'omi KUMAGAI***,
Masakazu SUZUKI* and Takehiko OHTA****

I. はじめに

斜面の洪水流出過程において表面流出は直接流出を構成する主要な流出成分であり、その発生プロセスの解明は洪水流出のメカニズムを考える上で重要である。また表面流は土壌の表面侵食を引き起こす主要な要因の一つであり、世界規模で深刻な問題となっている。このため、斜面の植物生育基盤の保全や改善のためにも表面流出特性の解明は急務である。とくに地表状態の変化が裸地斜面の表面流出特性に与える影響について、これを評価し、その情報を蓄積していくことは上述の課題解決に大きく寄与するものである。

このためには実斜面における対照流域法的な検討が最も適当と思われるが、実流域で地質や勾配など適切な条件が揃い、対照をなす裸地斜面を設定するのは困難である。また隣接流域からの流入や深部への浸透もあり、正確な流出特性の比較は難しい。

このような中で、実斜面に設置されたライシメータでは、斜面傾斜や土質条件が等しい対照的な裸地斜面を設定することが可能である。このためライシメータにおいて対照裸地斜面を設定し、表面流出特性を比較調査することは、対照斜面との諸条件の相違を排除できるため、実験結果の解釈を明確に導くことができる。本研究では、とくに裸地斜面へのストーンマルチの設置によって著しく表面流出量に変化が生じるという興味深い観測結果を得ることができたため、ここに報告する。

これまで敷葉等のマルチング効果による土壌侵食防止や浸透能の変化に関する研究（たとえば、MANNERING *et al.*, 1963; KRAMER *et al.*, 1969; MEYER *et al.*, 1970; LATTANZI *et al.*, 1974; 山本ら, 1995）が報告されているが、ストーンマルチの効果については、蒸発散特性の解明に主眼をおいた熱や水の移動に関する報告（JURY *et al.*, 1976; 熊谷ら, 1997）はされているものの、斜面の流出特性の変化や土壌侵食への影響に関する報告は十分ではない。

* 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻

Department of Forest Science, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

** 東京農工大学農学部

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology.

*** 九州大学農学部附属演習林

University Forest, Faculty of Agriculture, Kyushu University.

**** 東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻

Department of Global Agricultural Sciences, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

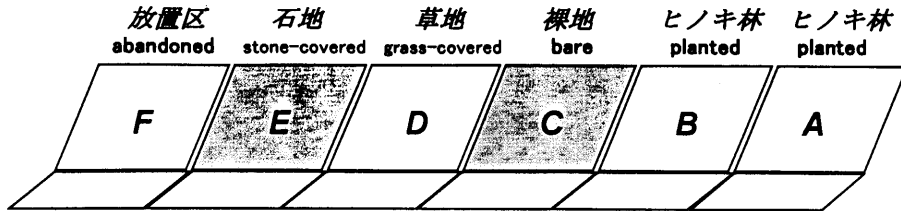
なお、玉石を地表面に敷き詰めるストーンマルチは、乾燥地における砂漠緑化のために提案され検討されてきたもの（山寺，1994）であるが、本研究では、このストーンマルチを用いて、斜面の流出過程と地表状態との関係を実験的に検討するものである。

II. 斜面ライシメータの概要とストーンマルチ実験

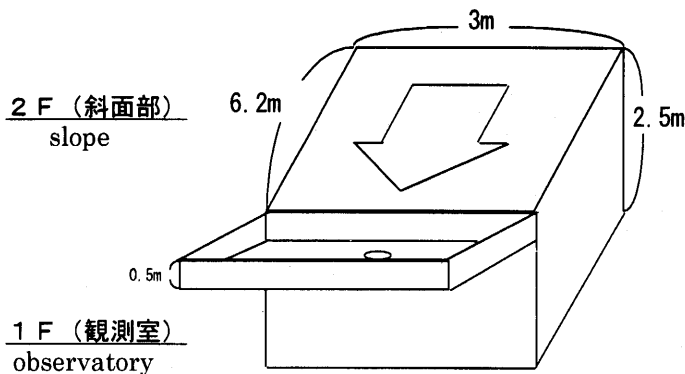
II-1. 斜面ライシメータの概要

対象とした斜面ライシメータは愛知県西北部の東京大学農学部附属愛知演習林犬山試験内に設置されている。地質は第三紀鮮新世砂礫層であり、ライシメータ内の土壌はこの現地の土を埋め戻したものである。本ライシメータは6面の流出区が並列に設置されており、1999年10月現在の地表面は、ヒノキ植栽（A・B区）、裸地（C区）、草地（D区）、ストーンマルチ（E区）、放置区（F区）となっている（Fig. 1）。

ライシメータの一つの流出区は幅3m、長さ6m、土壌深度2.5m、傾斜20°で、平行四辺形の縦断面形状をもつ（Fig. 2）。斜面末端側面には5つの流出孔（パイプ2～6）が設けられ、土中水を測定できる構造となっている。また斜面上を流下する表面流は斜面末端で集水され計測室へ導かれる（パイプ1）。なお各流出区はコンクリートにより施工されており、周囲・底面および他の流出区からの水の出入りはない。



各流出区の地表状態
Surface condition of each section



ライシメータ外観
Structure of the lysimeter

図-1 愛知演習林犬山試験地斜面ライシメータの外観

Fig. 1. Surface condition and structure of the lysimeter, located in the Inuyama experimental site.

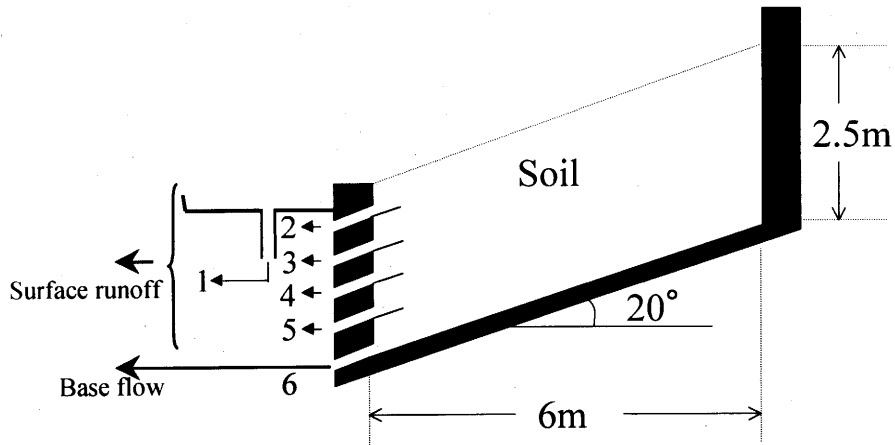


図-2 ライシメータの断面構造と表面流出の定義

Fig. 2. The structure of lysimeter and the definition of surface runoff.

なお本斜面ライシメータを用いた従来の研究として、主に土層中の水分挙動や蒸発散量推定法に関するものとして、山口ら(1987)、芝野ら(1988)、蔵治ら(1991)の研究がある。白木(1999a, b)は浸透数値計算によって土壤水分分布と基底流出量の長期再現に関する研究を行った。また本ライシメータにおけるストーンマルチは、乾燥地緑化のための基礎調査として1993年6月に熊谷ら(1995a, b)によって施工されたものである。本研究は1984年のライシメータ完成以来継続されてきた、これらの研究の過程において集積された観測資料に加えて、筆者らが1995年から1997年にかけて観測した流出観測データを用いて解析を行う。

II-2. ストーンマルチ対照実験

ストーンマルチ実験を行う対象区として、本ライシメータ施工時(1984年)から裸地斜面であったC区とE区とを用いた。これら裸地斜面を対象として、1993年6月に、まずC区をストーンマルチ斜面(Photo. 1)とし、E区の裸地斜面(Photo. 2)と流出特性を対比する調査を行った。調査期間途中の1996年10月13日に、ストーンマルチ斜面のC区の全ての石を裸地斜面のE区へ置き換える操作を施し、その後の流出特性の変化を追った。

便宜的に、最初C区にストーンマルチを設置した1993年6月から1996年10月までの期間を期間A、E区にストーンマルチを移設してからその後1997年7月までを期間Bとした(Table. 1)。

なお、ストーンマルチには直径10~20 cm大の玉石を用いた。施工斜面にはこの石をなるべく地表面が見えないように敷き詰め、石が上下に重ならないようにした。石を敷いた状態でのマルチの厚さは5~15 cm程度である。

II-3. 観測項目およびデータの取得方法

観測項目は降雨、パイプ1から5までの総流出量、パイプ6からの流出量の3つである。降雨の計測には施設付近に設置した0.5 mm (15.7 cc) 転倒の転倒升型雨量計とコーナーステム製のKADEC-PLS とを用い、転倒時に時刻を記録する方式をとっている。また流出量の計測では、転

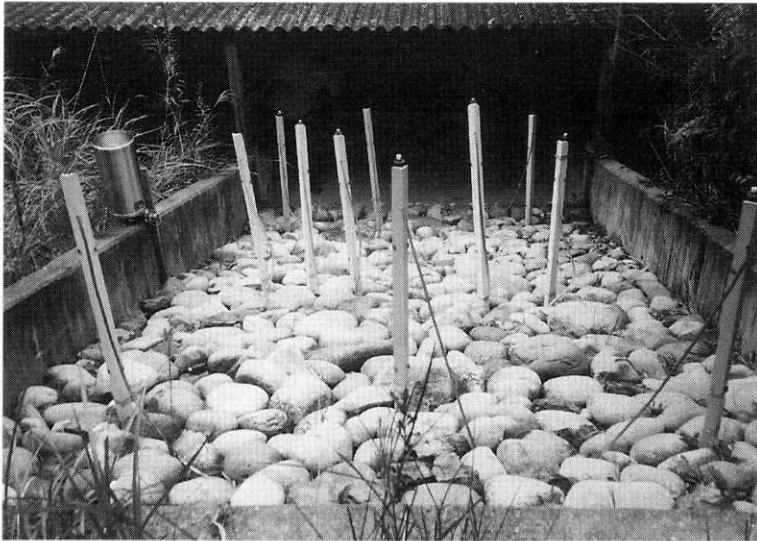


写真1 地表面にストーンマルチを施した斜面の外観（流出区E）

Photo. 1. The bare ground slope with stone mulching on the ground surface (E section).



写真2 裸地斜面の外観（流出区C）

Photo. 2. The bare ground slope without stone mulching (C section).

倒升型流量計 (80-1000 cc) とコーナー札幌製の DS-64K2 とを用いて、10 分間ごとに転倒回数を記録する方式をとっている。これらの測定値をもとに 10 分間ごとの降雨量、流出量に換算した。なお、本研究においてはこの 10 分間のデータセットから 1 時間間隔のデータセットを作成し、これをもとに解析を行った。

本ライシメータにおける流出観測に関して、パイプ 2～5 からの流出は、いわゆる「中間流」成

表-1 対象流出区における斜面の地表状態と施した操作
Table 1. Treatments to surface condition of each slope

年/月 (period)	C区 (C section)		E区 (E section)	
1984/12~	裸地	bare surface	裸地	bare surface
1993/6	[石を敷く]	[stone-mulching]	[操作なし]	[no treatment]
期間 A (period A)	ストーンマルチ	stone surface	裸地	bare surface
1996/10	[石を取り除く]	[removal of stone]	[石を敷く]	[stone-mulching]
期間 B (period B)	裸地	bare surface	ストーンマルチ	stone surface

* [] 内は操作の内容

* [Contents of treatments]

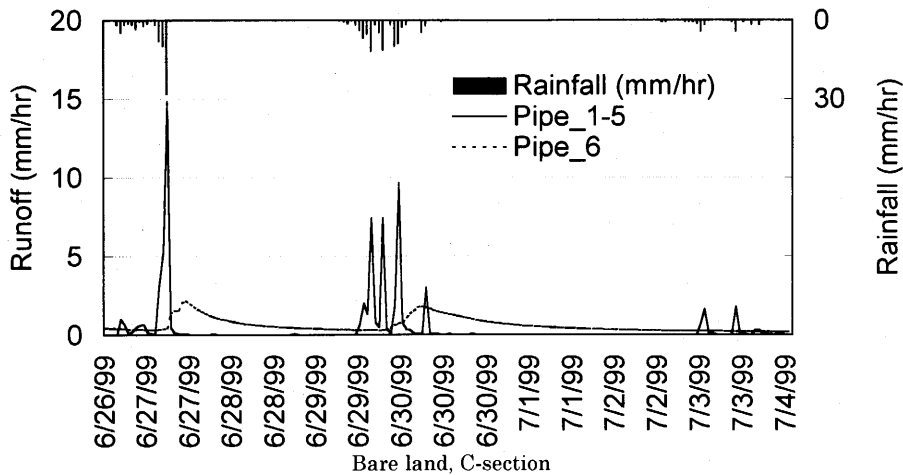


図-3 ライシメータにおけるパイプ 1-5 およびパイプ 6 からの流出

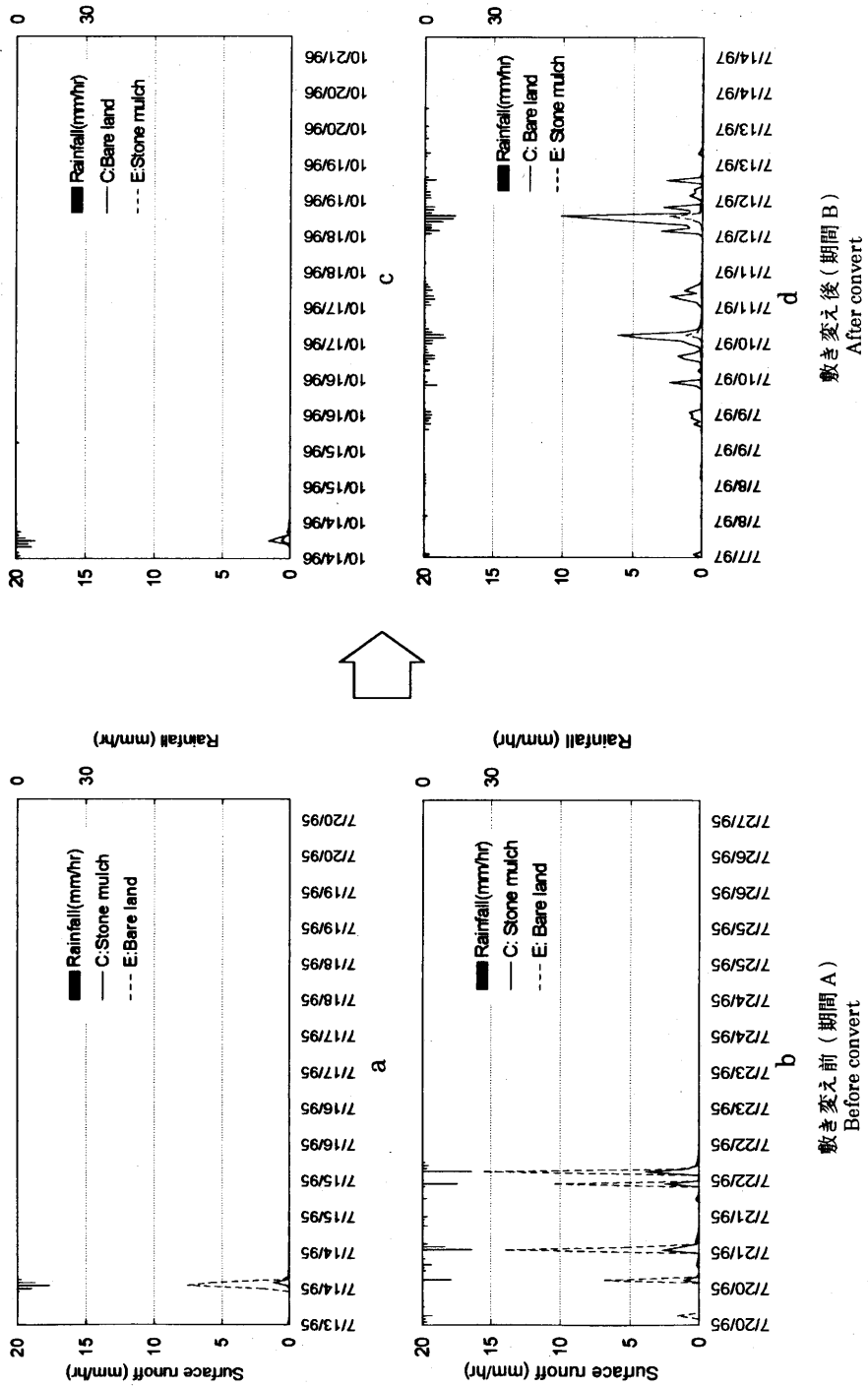
Fig. 3. Runoff from pipes 1-5 and pipe 6 of the lysimeter.
Note: Runoff from pipes 1 to 5 means surface flow.
Runoff from pipe 6 means base flow.

分に相当するものではなく、斜面表面流が斜面末端部のコンクリート壁面を伝わってくる表面流起源の流出である、と指摘されている (大澤, 1992)。また白木 (1999a) はこの指摘を、ライシメータ内で水深が発生することがないという浸透数値解析の結果により証明している。実際パイプ 1~5 からの総流出とパイプ 6 からの流出とに分離して測定 (Fig. 2) を行うと、ライシメータからの流出が 2 つの流出成分に明確に分離することが観測ハイドログラフによって確認される (Fig. 3)。また表面流発生時の目視による観測において、パイプ 5 からの流出はほとんどなく、表面流成分がパイプ 5 より下には浸入していないことが確認されている。これらの理由により、本研究においても、パイプ 1~5 からの流出をまとめて「表面流出」、パイプ 6 からの流出を「浸透流出」として測定、解析を行った。

III. 観測結果

III-1. 裸地区とストーンマルチ区におけるハイドログラフの比較

敷き替え前の期間 A の 1995 年 7 月において、裸地斜面 (E 区) とストーンマルチ斜面 (C 区)



敷き変え前 (期間 A) Before convert
敷き変え後 (期間 B) After convert

図-4 地表面転換前後の表面流出ハイドログラフの変化 (pipes 1-5)

Fig. 4. The change of surface runoff hydrograph by the convert of the ground surface condition.

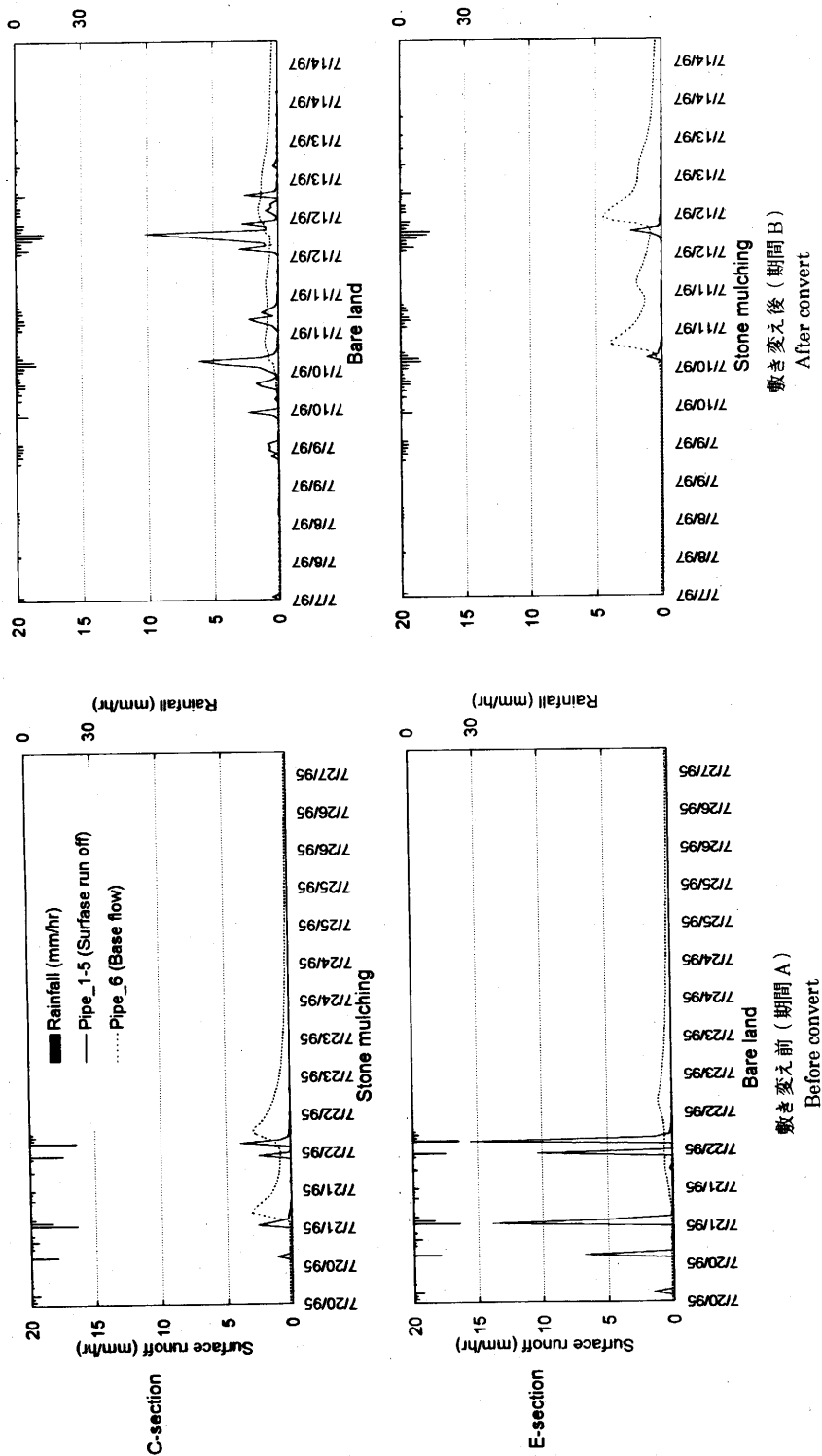


図-5 C区・E区における表面流出および浸透流出
Fig. 5. Surface runoff and base flow at C- and E-section.

とにおける降雨-表面流ハイドログラフを見ると (Fig. 4-a, b), ストーンマルチ斜面は裸地斜面に比べ降雨ピーク時の表面流出量が少なく, ストーンマルチ斜面における表面流の発生が抑えられている。たとえば Fig. 4-b において, 最大降雨強度 (21.9 mm/hr) に対応する表面流のピーク流量は, ストーンマルチ区で 3.88 mm/hr, 裸地区で 15.5 mm/hr であった。

次に, C 区の石を E 区に敷き変えた後の期間 B では, マルチ移設直後の 96 年 10 月および 97 年 7 月の観測結果を見ると, E 区の表面流出が抑えられ, 両流出区の表面流出の傾向が敷き変え前と逆転していることが分かる (Fig. 4-c, d)。たとえば Fig. 4-d のハイドログラフにおいて, 最大降雨強度 13.6 mm/hr に対し, 表面流のピーク流量が C 区で 10.1 mm/hr, E 区で 2.33 mm/hr となっており, 両流出区における敷き変え前の表面流流量の大小が敷き変え後に逆転している。

またパイプ 6 による浸透流出の変化を見ると (Fig. 5), C 区ではストーンマルチ斜面→裸地斜面への変化によって浸透流出成分が減少し, E 区では裸地斜面→ストーンマルチ斜面への変化によって逆に浸透流出成分が増加する。

以上のように, ストーンマルチの設置および除去に対して, 表面流出と浸透流出のハイドログラフの特性が明らかに変化することが分かる。

III-2. 一雨における表面流出量および表面流出率

C 区: ストーンマルチ→裸地 (Fig. 6a), E 区: 裸地→ストーンマルチ (Fig. 6b) の両流出区における一雨の降雨量と表面流出量, および表面流出率との関係について説明する。なお転換前の期間 A を「+」で, 転換後の期間 B は転換後 6 ヶ月間を「○」, 6 ヶ月以降を「●」の期間で分けて説明する。また Fig. 6a 中の裸地「●」のデータにおける回帰線 (Line-A) と, その 1/10 倍の回帰線 (Line-B) とを便宜的に引き, Fig. 6b にも Fig. 6a の Line-A, B を転記した。

この図からまず, 裸地状態のときの表面流出特性が C, E 区ともに同じであることが確かめられる。同様にストーンマルチ状態の表面流出特性も C, E 区ともにほぼ同じである, ということがいえる。また Line-A と Line-B とを比較することにより, いずれの流出区においてもストーンマルチ区の流出量は裸地区の流出量に比べおよそ 1/10 にまで下がる。以上のように, 流出区が異なっても裸地状態およびストーンマルチ状態の流出特性がそれぞれ同様になることにより, ストーンマルチと裸地とで生じた流出特性は地表状態に対応した再現性をもつことを示している。

流出率を見ると, 裸地状態の場合は 1~50% の間に入り, 総雨量が増すほど流出率は増加することが分かる。総雨量 50 mm を越えると, 流出率が 50% に達する流出が発生するが, 本研究で扱った総雨量データの範囲内 (max: 207 mm) ではこの 50% の流出率を大幅に上回るものはない (max: 55.5%)。

とくに, C 区の裸地斜面において, Line A はその傾きから総雨量の増加によって 100% の流出率を越えることを意味することになるが, 実際のプロットでは総雨量の増加に関わらず, 流出量の上位 3 点が, 流出率 50% のラインに沿っている。このことから, 総雨量 100 mm を越えた時点で, 裸地斜面の流出率に頭打ちの傾向が現れるとも見られる。

一方ストーンマルチ状態の場合は本研究で扱った総雨量データの範囲内では流出率が 10% を大幅に上回るものはなかった (max: 11.8%) が, ここではストーンマルチ状態における流出率の上限は明確に見いだすことはできない。

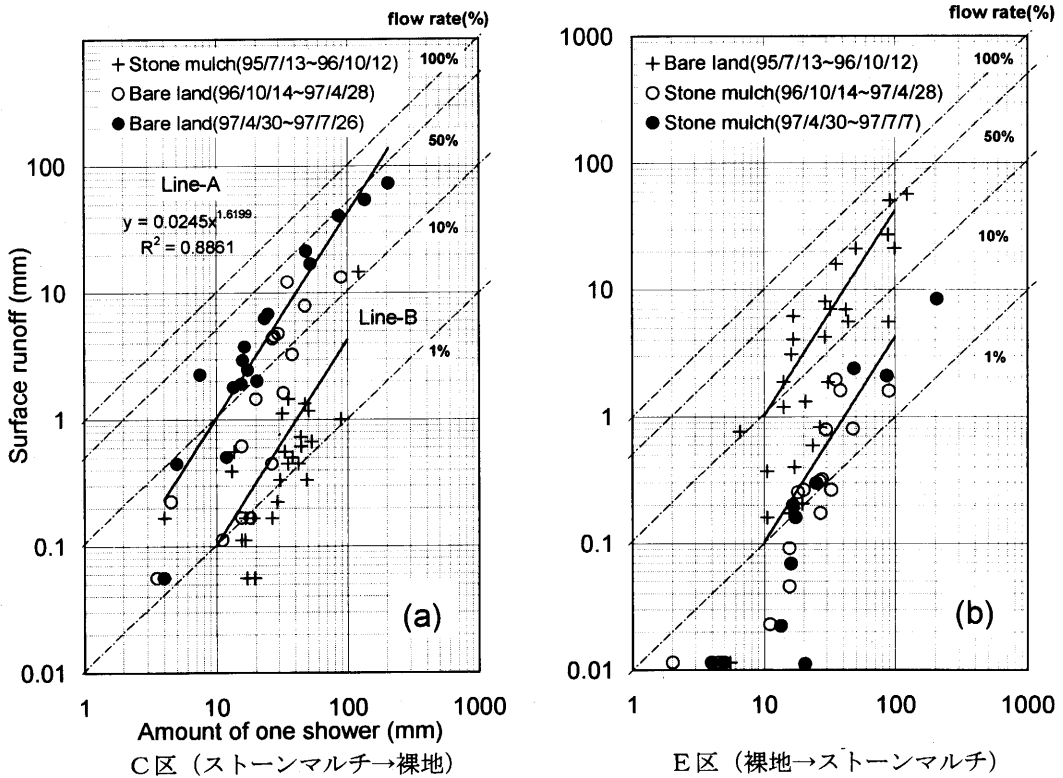


図-6 地表状態の変化および降雨の累加に伴う表面流量・表面流出率の変化

Fig. 6. The amount of surface runoff and its percentage corresponding to the amount of one shower with the change of surface condition.

IV. 表面流出に対するストーンマルチの影響

IV-1. ストーンマルチの設置・除去による表面流出特性の変化

C区における、ストーンマルチ→裸地への地表状態の変化について考える。ストーンマルチを斜面から除去することによって表面流が増加することが Fig. 6a に示されている。ここで着目すべき点は、除去直後の6ヶ月間のプロット「○」が、除去前のストーンマルチ状態のプロット「+」と、除去後6ヶ月以降のプロット「●」との間、つまり Line-B と Line-A との間に入っているということである。このことは表面流出の変化が「+→○→●」という過程をへて増加していったことを示し、ストーンマルチを除去してから、6ヶ月程度の期間を要して次第に裸地状態の流出特性に変化していったことがうかがえる。

一方、E区においては (Fig. 6b), C区におけるストーンマルチ除去の場合とは異なり、ストーンマルチの設置以降 (期間 B) の「○」と「●」のプロットが同じ領域 (Line-B 付近) に分布していることから、裸地状態のとき (期間 A) の表面流出「+」が、ストーンマルチの設置によって即座に抑えられた、と見ることができる。とくにこの変化は設置翌日の降雨に対する流出からすでに確認されている (Fig. 4-c)。

以上をまとめると次のようになる。①C区では、ストーンマルチから裸地への転換後のおおよそ6ヶ月間は、転換後6ヶ月以降の裸地状態よりも表面流出が少なく、ストーンマルチでの傾向をしばらくの間持続する、②E区では、裸地へのストーンマルチの設置によって、①のような遷移期間をもたずに即座に設置後6ヶ月以降と同様の表面流出特性になる。これら①・②から、「裸地斜面にストーンマルチを施す」ことと、「ストーンマルチ斜面から石を取り除き裸地斜面にする」こと、という地表面状態の変化が表面流出特性の変化に与える影響は、時間的に差異を有するものである、ということが出来る。

IV-2. ストーンマルチが表面流出形成に及ぼす影響のメカニズムの検討

従来の地表面浸透に関する知見では、ストーンマルチの設置と除去が、ここに示した事例のように再現性をもって顕著に表面流出を変化させるとは想定されない。また設置と除去との影響に時間差が生ずることも知られていない。

本研究では、流出記録のみによる調査を行っているため、ストーンマルチの設置および除去が表面流出特性を変化させる原因を現段階において特定することはできない。しかし、ストーンマルチの設置と除去とで流出特性への影響に時間差が生じることを手がかりに流出特性変化をもたらす原因を検討する。

ストーンマルチの設置および除去に伴う表面流出特性の変化の主要な原因として、以下の2つが考えられる。一つは地表面への雨滴到達経路の変化、次に地表面蒸発量の変化による降雨イベント直前の初期水分状態の変化である。

仮に主要な原因が後者の地表面蒸発量の変化による影響であるとして、この影響についてまず検討する。初期水分状態は降雨イベント前の先行降雨の多少に依存して変化するものである。たとえば長い無降雨期間の後の降雨イベントでは地表面の土壌水分が、蒸発の影響を大きく受けていることになるが、逆に降雨間隔が短く地表面の土壌水分が比較的高い場合には、この影響は小さいと考えられる。したがって表面流出特性が初期水分の影響によって変化するとすれば、降雨に対する表面流出量は、先行降雨との間隔による蒸発の影響の大きさによって、変化する事例とあまり変化しない事例とが混在することになる。しかし Fig. 6 で示したように、表面流出特性の変化は地表状態に対応した一貫した傾向をもっており、このような事例に対応している傾向とはいえない。またストーンマルチの設置による変化は設置翌日の降雨から生じ、除去による変化は6ヶ月間程度かけて生じるが、このように時間的に顕著に異なる2つの現象をもたらすほどに、地表面蒸発量の変化による影響の出方が、時間的に異なるものとは考えにくい。

以上の理由により、ストーンマルチの設置、除去による流出特性変化の主要な原因が、地表面蒸発量の変化に伴う初期水分状態の変化による影響ではないと考えられる。

次に地表面への雨滴到達経路の変化による影響をストーンマルチの除去と設置とのそれぞれについて検討する。

ストーンマルチの除去により表面流出量が増加する変化は雨滴衝撃を地表面が直に受け、次第に目詰まりを起こしてゆくことにより、表面流が発生しやすくなる、と考えられる。このとき流出特性変化における6ヶ月程度の遷移期間は目詰まりの進行に対応するものと推測される。

一方、ストーンマルチの設置による表面流出抑制が設置後即座に生じる原因を、はじめに地表面への雨滴衝撃の緩和による「表層の土壌構造の変化」という面から考える。雨滴衝撃による表



写真3 ストーンマルチ斜面における石の真下の状況（流出区E）

Photo. 3. The ground surface condition under the stone used for stone mulching (E section).

層の目詰まりが石を敷くことで即座に解消されるとすれば表面流出の低下を説明できることになる。しかしストーンマルチの除去のときに6ヶ月程度を要して次第に目詰まりが生ずる一方で、ストーンマルチの設置によって直ちに目詰まりが解消するというメカニズムを想定することはまず困難である。なおストーンマルチ区では石の真下の地表面は雨滴の衝撃を受けないため、比較的やわらかい層（Photo. 3: 浸透性の高い層）が形成されており、地表面の目詰まりの解消を示すものであるが、これは石の設置後即座に形成されるものとは思われないので、表面流出が石の設置後すぐに抑えられる理由とは考えられない。以上により、ストーンマルチの設置による表面流出抑制が即座に生じる原因が、地表面の土壌構造の変化には無関係である可能性が高い。そこでストーンマルチの設置による「地表面への浸透形態の変化」に着目する。ストーンマルチ区においては降雨が石の上に叩きつけられ、石表面に沿って降雨が滴るように地表に達する状況が確認できる。このプロセスにおいて、すなわち、石に叩きつけられることによる雨滴の細粒化、またこれに伴って生じる、石の表面をつたう薄い層状の連続した流れの形成によって降雨が浸み込みやすくなる、ということが考えられる。この効果によって土壌表面の構造に無関係に降雨の浸透量を即座に増加させている可能性がある。しかしながらこのような事例はこれまで報告されておらず、雨滴径や薄層の流れが浸透量にどう影響するかについては既往の地表面浸透に関する研究の整理を含め、今後の検討が必要である。

V. ま と め

ストーンマルチ実験による表面流出観測によって、裸地斜面にストーンマルチを施した場合、即座に表面流出が抑制されるという、従来報告されていない結果が得られた。またストーンマルチを除去した場合との比較において、地表面転換後の表面流出特性への影響に時間差が生じることが明らかとなった。

ストーンマルチの設置によって即座に表面流が抑えられ、浸透量が増加するという現象は、雨滴の細粒化や石表面をつたう流れの形成による浸透機会の増加等の原因が考えられる。一方ストーンマルチの除去によって徐々に表面流出が増加してゆく理由としては、雨滴衝撃により次第に表層が目詰まりを起し、浸透能が低下してゆくことが考えられる。しかしながら、ストーンマルチの設置および除去によって生じる現象のメカニズムの詳細は今後の検討課題である。

なお、本研究の結果より、乾燥地緑化の一手法として提案されたストーンマルチ工法は裸地斜面における表面流の減少をもたらし、表面侵食防止にも利用できる可能性を有することが示唆された。ただし本研究は勾配 20° の斜面のみを対象とした検討であるため、表面流出抑制と侵食防止とを目的としたストーンマルチ工法の、より急勾配斜面への適用性を論ずるには別途調査が必要である。

最後に、本研究を進めるにあたり愛知演習林の芝野博文林長をはじめ教職員の方々に多大なるご協力を賜った。ここに付して御礼申し上げる。

要 旨

斜面ライシメータを用い、裸地斜面にストーンマルチを設置したときの表面流出特性の変化について検討した。ライシメータの 2 流出区を対象とし、他方の流出区を玉石の敷き詰められたストーンマルチ斜面とし、一方の裸地斜面に対して表面流出特性の相違について比較を行った。調査期間途中で、ストーンマルチを施す流出区と裸地のままの流出区とを入れ替えるという操作を施し、その後の流出特性の変化を追った。その結果、以下の 2 つの結果を得ることができた。①裸地斜面にストーンマルチを施すことによって即座に著しく表面流出が抑えられる。②逆にストーンマルチ斜面から石を取り除いた場合、しばらくの間①の傾向を維持し続け、次第に裸地の流出特性へと変化する。①については、ストーンマルチの設置による雨滴の細粒化や石表面をつたう流れの形成による浸透機会の増加、②については被覆物が除去された裸地斜面においては、雨滴衝撃による表層の目詰まりによって雨撃層が形成され、浸透能が徐々に減少してゆくことなどが考えられる。

キーワード： 表面流出, ライシメータ, 裸地斜面, ストーンマルチ

引用文献

- 1) JURY, W. A. and B. BELLANTUONI: Heat and water movement under surface rocks in a field soil, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **40**, 505-513, 1976.
- 2) KRAMER, L. A. and L. D. MEYER: Small amounts of surface mulch reduce soil erosion and runoff velocity, *Trans. ASAE.*, **12**, 638-641, 645, 1969.
- 3) 熊谷朝臣・鈴木雅一・太田猛彦: 半乾燥地におけるマルチ工法が熱・水環境に与える影響—数値シミュレーションを用いた検討—, *日緑工誌*, **23**(1), 4-19, 1997.
- 4) 熊谷朝臣・鈴木雅一・太田猛彦: ストーンマルチ施工地における植物生育環境, 第 26 回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集, 189-192, 1995a.
- 5) 熊谷朝臣: ストーンマルチ工法施行後の植物生育環境に関する考察, 第 106 回日本林学会大会講演要旨集, 577, 1995b.
- 6) 蔵治光一郎・芝野博文: 斜面ライシメータにおける実蒸発散量の推定, *日本林学会誌*, **73**(6), 434-436, 1991.
- 7) LATTANZI, A. R., L. D. MEYER and M. F. BAUMGARDNER: Influence of mulch rate and slope

- steepness on interrill erosion, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **38**, 946-950, 1974.
- 8) MANNERING, J. V. and L. D. MEYER: The effect of various rates of surface mulch on infiltration and erosion, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **27**, 84-86, 1963.
 - 9) MEYER, L. D., W. H. WISCHMEIER and G. R. FOSTER: Mulch rate required for erosion control on steep slopes, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **34**, 928-931, 1970.
 - 10) 大澤和久: 植生のある大型斜面ライシメータの降雨・流出特性に関する研究, 東京大学修士論文, 1993.
 - 11) 芝野博文・西尾邦彦・川辺 洋・諸戸清一: ライシメータによる土中水移動の研究 (I)—減水過程のシミュレーション—, 東大農学部演習林報告, **79**, 159-176, 1988.
 - 12) 白木克繁: 3次元飽和不飽和浸透流モデルを用いた山地流域の流出解析に関する研究, 東京大学博士論文, 1999a.
 - 13) 白木克繁: 斜面ライシメータを対象とした流出量および土壌水分分布の長期再現計算, 水文・水資源学会誌, **12**(2), 97-108, 1999b.
 - 14) 山寺喜成: 敷き詰めた石が植生を育む「砂漠緑化の新しい方法を開発」, 科学朝日 3月号, 朝日新聞社, pp. 129-133, 1994.
 - 15) 山口伊佐夫・西尾邦彦・川辺 洋・芝野博文・諸戸清一: ライシメータによる土中水分移動の観測と蒸発散推定法に関する研究, 東大農学部演習林報告, **25**, 261-281, 1987.
 - 16) 山本 博・遅澤省子・石原 暁・花野義雄: 四国の急傾斜畑地におけるマルチングの土壌侵食防止効果, 土壌の物理性, 71号, pp. 41-46, 1995.

(1999年10月28日受付)

(2000年1月17日受理)

Summary

The surface runoff properties of a bare ground slope were investigated with and without stone mulching on the ground surface of a sloping lysimeter located in the Inuyama experimental site of the University Forest in Aichi, the University of Tokyo. Each section of the lysimeter was filled with the same soil materials and has a width of 3 m, a length of 6 m, and is 2.5 m deep. Its slope angle is 20 degrees. In this study, the surface runoff characteristics of two sections were compared, one of which had stone mulching and the other of which was bare surface. Initially, one bare section was covered with stone mulching and the other was left bare. Halfway through the investigation period, all of the stones on the section with stone mulching were removed and put on the other section which had previously been bare. The results show that surface runoff from a bare section is immediately reduced by stone mulching on the ground surface. When the stones used for stone mulching are removed from the section, its surface runoff characteristics gradually return to those of a bare section. It is thought that rain-drop impact compacts the soil surface and gradually reduces infiltration, whereas stone mulching breaks the rain-drop size down and makes infiltration increase immediately.

Key words: surface runoff, lysimeter, bare ground slope, stone mulching

The Effects of Stone Mulching on the Surface Runoff Characteristics of a Bare Ground Slope

Takemo NAGAI, Katsushige SHIRAKI, Tomo'omi KUMAGAI,
Masakazu SUZUKI and Takehiko OHTA

The surface runoff characteristics of two bare ground slopes of a sloping lysimeter, with and without stone mulching on the ground surface, were compared. The results show that surface runoff from a bare ground slope is immediately reduced by stone mulching on the ground surface. When the stones used for stone mulching are removed from the slope, its surface runoff characteristics gradually return to those of the bare ground slope.

Planning Conceptions of Parks and Public Open Spaces in Tokyo City in the Meiji Era

Ryohei ONO

This study is intended as an investigation of the history of modern parks and open spaces in Japan as a field of landscape architecture. The author examined and considered planning concepts of public open space as equipment of modern cities. First, planning concepts of parks and open spaces in Tokyo city planning were clarified. Furthermore, it was revealed how national events or pageants in the Meiji era played a part in the formation of public open spaces in Tokyo. These two viewpoints are derived from aspects of various national or cultural infrastructure, which have relation with the formation of nation states in the modern age.