

林道切取法面の雨水流出

黒田 幸夫・福 嶋 義 宏

Discharge on cutting slopes of forest road

Yukio KURODA and Yoshihiro FUKUSHIMA

要 旨

林道の路面侵食に関する研究の一環として、林道切取法面の雨水流出について、観測・調査を行った。調査地は、京大芦生演習林内の古生層からなる切取法面である。降雨ごとの総雨量と直接流出量の関係から有効降雨パラメーターを定め、kinematic wave法を用いて、ハイドログラフの推定を行った。切取法面の流出率は19-67%、植生ネットを設置した切取法面では9-22%、法面上方の林地斜面の流出率は1.4%であった。得られた等価相度 N は、 $N=1.0$ となった。これらの結果をもとに、切取法面からの流出が路面侵食に及ぼす影響について考察した。

はじめに

近年、山地保全の観点から、また林道の維持・補修といった管理上の観点から、林道建設による森林環境の改変が、雨水流出や土砂流出にどのような影響を及ぼすのかを、定量的に把握する必要性が高まっている。

筆者らは、既報¹⁾において、林道路面における雨水流出と侵食土砂量について報告した。その際、切取法面から路面に流入する成分については論じなかったが、実際の山地の林道においては、切取法面からの流出成分を考慮に入れなければならない場合も多いであろう。また、側溝などの排水設備を設計する場合にも、流出量やピーク流量を推定する必要があると思われる。

林道切取法面の降雨流出については、伏見ら²⁻⁴⁾の報告がある。彼らは、植生の量と質の違いが降雨流出総量に及ぼす影響について詳しく論じている。

本報告では、降雨時のハイドログラフの推定を行うことを主な目的とし、既報¹⁾の結果とともに、切取法面の雨水流出について考察を行う。

1. 調査地の概要と観測方法

芦生演習林内における2つの調査区の位置を図-1に、それぞれの観測施設の概略を図-2、図-3に示す。

図-1のA地点に設けた調査区は、法面長7.5 m、幅5.0 m、勾配42°の切取法面で、並列する2つの

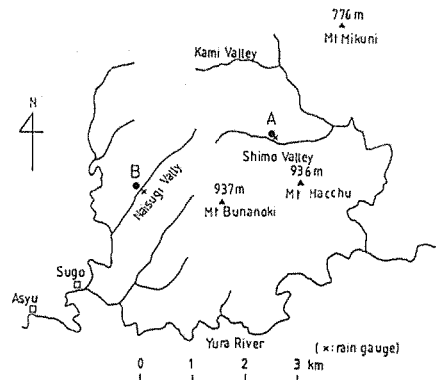


図-1 芦生演習林内における調査区の位置

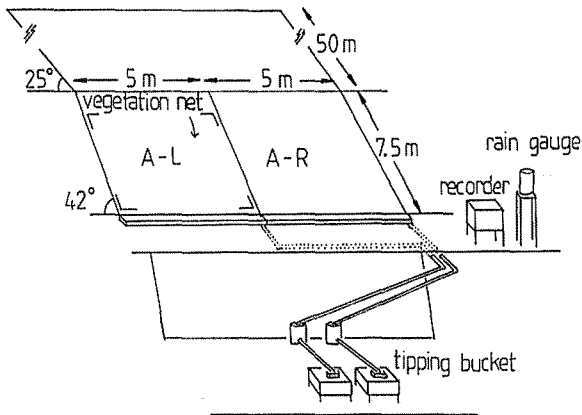


図-2 Plot A-L, Plot A-R の観測施設

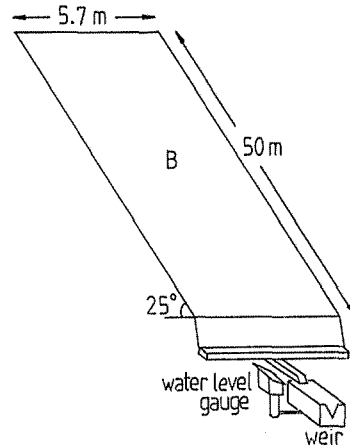


図-3 Plot B の観測施設

プロットからなる。標高は 670 m である。法面上方は、支尾根にいたる斜面長 50 m, 勾配 25° の、スギ、ミズナラなどからなる林地斜面である。林道建設後約 20 年を経過しているが、法面上部は崩落および雨水侵食により裸地化している。法面下部には、ススキ、イタドリ、クマイチゴ、タニウツギなどの侵入がみられるが、土壌層は発達していない。図-2 は A 地点のプロットの詳細で、プロット A-L は、植生ネットを設置したプロットであり、プロット A-R は未処理のプロットである。両プロットとも、法面下端には岩盤が露出している。図-2 に示すように、コンクリート製水路に集水された流出水は、塩化ビニール管によって、一転倒 1 ℓ の転倒マス型流量計に導かれ、転倒時のパルスが自記記録される。雨量は、法肩に設置された一転倒 0.5 mm の転倒マス型雨量計により、流量と同じ記録用紙に自記記録される。

一方、図-1 の B 地点に設けた調査区は、法面上方の林地斜面からの流出を観測するプロットである。支尾根にいたる斜面長 50 m, 勾配 25° の、スギ、ミズメなどからなる林地斜面と、法面長 3.0 m, 幅 5.7 m, 勾配 55° の切取法面からなる。標高は 480 m である。法面は、ススキ、タニウツギ、ケヤキ、ミズメなどからなる植生によって被覆され、さらに林地斜面の林木の樹冠によって被覆されている。また、法面には基岩はみられず、土壌も深い、このような理由から、流出の形態は林地斜面からの表層流によるものであるとみなしている。図-3 に示すように、流出水は法面下部に設置されたコンクリート製 U 字溝に集水され、30° ノッチを有するアクリル製水槽に導かれ、水位計により水位が自記記録される。記録された水位 H (m) から流量 Q (m^3/sec) への変換には次式を用いる。

$$Q = K \cdot H^{2.5} \quad (1)$$

ここで、 K は補正係数で、30° ノッチでは、 $K = 0.4150$ である。雨量については、約 100 m の距離にある古谷ら⁵⁾ のプロットの雨量記録を使用する。

以上のプロットは、1982 年 9 月に設置された。以下の解析には、無雪期である 1983 年 5 月から 10 月のデータを用いる。解析に用いる諸元を表-1 に示す。

2. 解析結果

降雨ごとの総雨量と直接流出量の関係を、図-4、図-5、図-6 に示す。ハイドログラフからの直接流出の分

表-1 解析に用いる諸元

name of plot	length (m)	width (m)	gradient ($\sin \theta$)
A-L	7.5	5.0	0.669
A-R	7.5	5.0	0.669
B	50.0	5.7	0.423

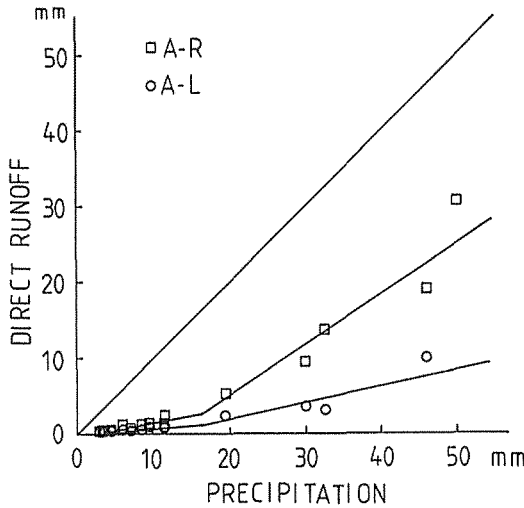


図-4 Plot A-L, Plot A-R における降雨ごとの総雨量と直接流出量の関係（湿潤状態）

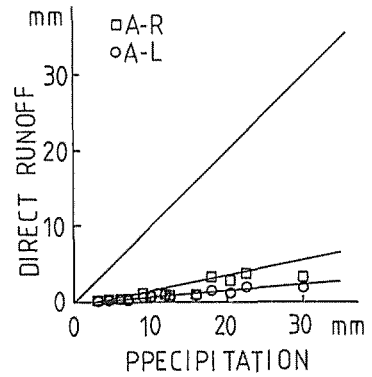


図-5 plot A-L, plot A-R における降雨ごとの総雨量と直接流出量の関係（乾燥状態）

離と有効降雨の算定には、福島⁶⁾、福島ら^{7,8)}と同様の方法を用いる。ただし、プロット A-L, プロット A-R については、湿潤状態（12時間以内に先行降雨があった場合）と、乾燥状態（前降雨から12時間以上経過した場合）の2つの場合に分けて、有効降雨の算定を行っている。図-4, 図-5, 図-6から得られる有効降雨パラメータを表-2に示す。

プロット A-L とプロット A-R の流出率の差が、植生ネットの影響によるものであるかどうかは、直ちには判断し難い。しかし、伏見ら²⁻⁴⁾によれば、植生の種類と量によって流出率に差が生じることが報告されている。また、植生ネットが侵食を抑制し土壌の保水性を高めることにより、流出率が低くなるとも考えられる。

また、プロット A-L とプロット A-R の有効降雨パラメータが、湿潤状態と乾燥状態で異なっているのは、法面の初期水分状態の違いを反映しているものと思われる。

基岩表面上の流出を観測しているプロット A-L, プロット A-R においては、湿潤状態の場合、雨量の増加に対して流出率が增大する関係を示している。表層流を観測しているプロット B では、流出率は1.4%程度であり変化しない、福島⁶⁾の報告によれば、風化花崗岩山地の斜面流出区に

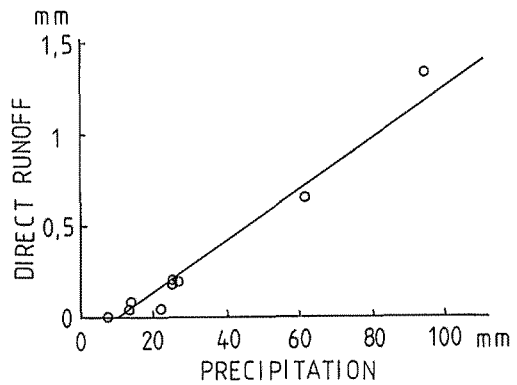


図-6 plot B における降雨量と直接流出量の関係

表-2 有効降雨パラメータ

name of plot	a_1 (mm)	b_1	a_2 (mm)	b_2	
A-L	3.0	0.09	16.5	0.22	(wet condition)
A-R	3.0	0.19	16.5	0.67	(wet condition)
A-L	3.0	0.09			(dry condition)
A-R	3.0	0.19			(dry condition)
B	10.0	0.014			

a_1 : 一次流出開始雨量, a_2 : 二次流出開始雨量,
 b_1 : 一次流出率, b_2 : 二次流出率

おいては, humus 層からの表層流の流出率は1~2%で5%を越えることがないのに対して, 基岩表面からの流出の場合には降雨量の増加とともに流出率が增大する, とされている。本報告の結果も同様の傾向を示している。

次に, 雨水流の数値計算についても, 前記の報告^{1,6-8)}と同様に Kinematic wave 法を用いる。以下, 式を再掲する。

雨水流の連続式は,

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = C \cdot r_e \quad (2)$$

ここで, h : 水深, q : 幅当り流量, t : 時間, r_e : 有効降雨, C : 単位変換係数。

運動則は,

$$h = k \cdot q^p \quad (3)$$

ここで, k, p は雨水流定数で, Manning 則を用いて,

$$k = \left(\frac{N}{\sqrt{S}} \right)^p, \quad p = 0.6 \quad (4)$$

ここで, N : 等価粗度, S : 斜面勾配 ($\sin\theta$)。

計算の対象とするのは, プロットA-L, プロットA-Rについては, 1983年7月17日の総雨量 46.0 mm, 1時間最大雨量強度 33.0 mm/hr の降雨による出水と, 7月21日の総雨量 50.0 mm, 1時間最大雨量強度 29.0 mm/hr の降雨による出水の2例である。2例とも湿潤状態の有効降雨パラメータを用いる。プロットBについては, 7月17日の総雨量 61.0 mm, 1時間最大雨量強度 29.0 mm/hr の降雨による出水を対象とする。記録の読み取り時間は, プロットA-L, プロットA-Rについては10分単位, プロットBについては変化が緩慢であるので30分単位とした。

試算の結果, プロットA-L, プロットA-R, プロットBともに, 等価粗度 N は, $N=1.0$ と

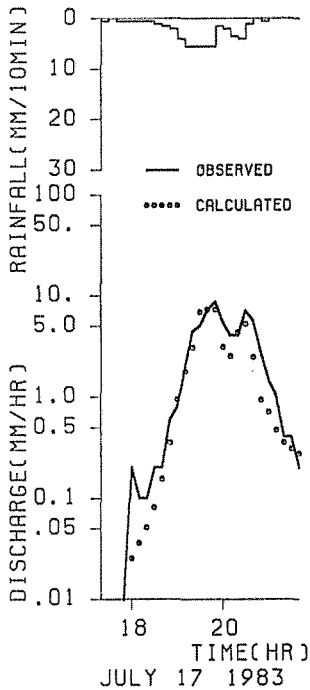


図-7 plot A-L の結果(1)

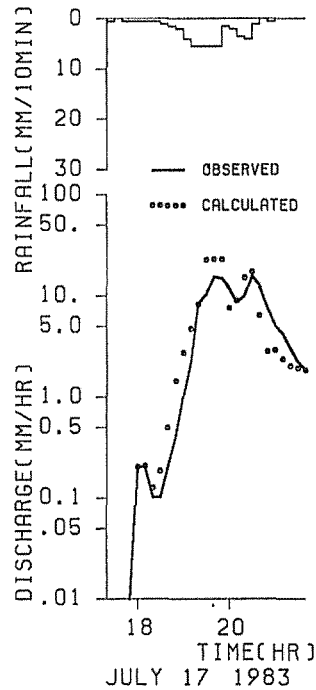


図-8 plot A-R の結果(1)

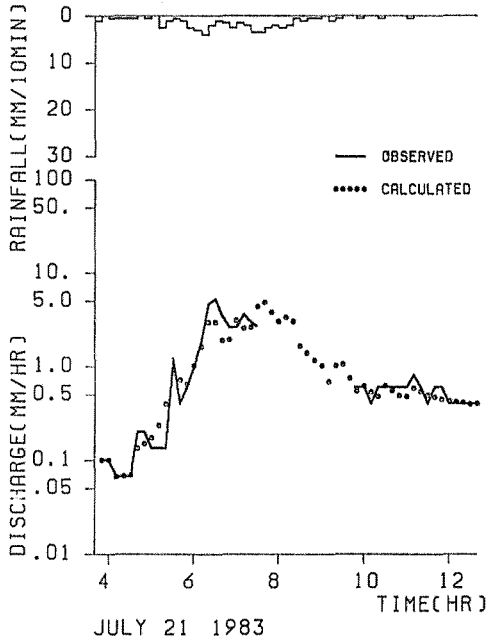


図-9 plot A-L の結果(2)

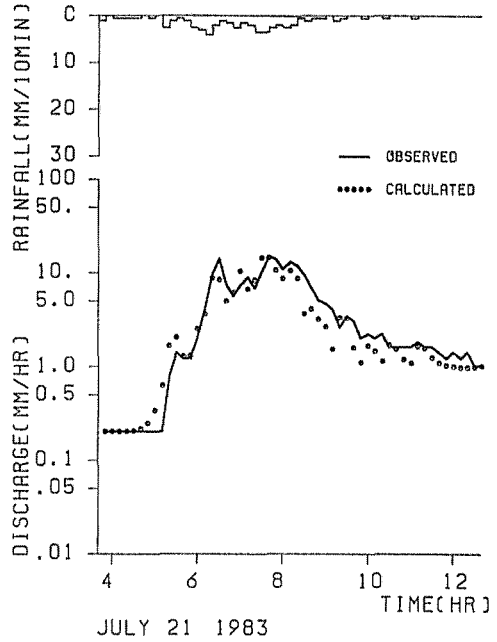


図-10 plot A-R の結果(2)

なった。計算結果を図-7, 図-8, 図-9, 図-10, 図-11に示す。

福嶋⁶⁾, 福嶋ら^{7,8)}によって, 風化花崗岩山地の裸地斜面の筆価粗度が $N=1.0$ となることが報告されている。プロットA-L, プロットA-Rの結果から, 古生層山地においても, 裸地状態に近い切取法面の等価粗度は $N=1.0$ であり, 地質の違いにかかわらず同様の取り扱いが可能であることがわかる。

また, 上記の報告^{6,7)}に, 京大芦生演習林内の流域において, 表層流の等価粗度が $N=1.0$ であると報告されているが, これもプロットBの結果と一致している。

3. 考察・謝辞

以上の結果から, 切取法面の雨水流出が路面侵食に及ぼす影響を検討するためには, 降雨特性と, 切取法面と路面の等価粗度の違いを考慮に入れる必要があることがわかる。例えば, プロットA-Rのような切取法面では, 先行降雨の有無によって流出率が大きく変わる。総雨量が同じ30mmの雨であっても, 夕立型の降雨のように先行降雨のない場合と, 梅雨時や台風時

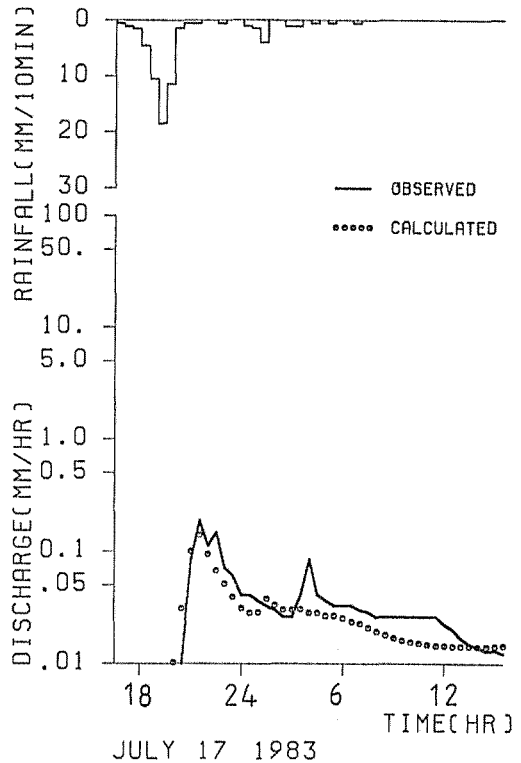


図-11 plot B の結果

のように連続的に降雨がある場合を比べると、後者の流出率は前者の5倍近く大きくなる。一方、切取法面の等価粗度 $N=1.0$ に対して、路面の等価粗度は $N=0.05$ である¹⁾から、ハイドログラフのピークの形成に時間のずれを生ずる。既報¹⁾の芦生ケヤキ峠の路面プロットとプロットA-Rを、(3)式の雨水流定数 k で比較すると、路面では $k=0.32$ 、切取法面では $k=1.13$ となり、路面の流出の方がかなり速いことがわかる。このため、短時間の降雨では、切取法面からの流出が路面の流出ピークの形成に寄与する率は低いと思われる。しかし、降雨強度が強く、降雨時間が長い場合には、切取法面からの流出と路面の流出が合成されて、ピーク流量が非常に大きくなる可能性がある。このような場合には、路面侵食に寄与する率も高くなるであろう。

以上のような知見の上に立って、切取法面と路面の長さや勾配の組み合わせを変え、種々の降雨系列を与えてシミュレーションを行うことにより、より一般的に切取法面の雨水流出を検討することができるであろう。

本調査の実施にあたり、京大芦生演習林の川那辺三郎林長、牧瀬明弘業務主任をはじめ多くの教官・技官・事務官の協力を得ている。観測施設の設置にあたっては、砂防学研究室の諸兄の協力を得た。また、林業工学研究室の古谷士郎助手からは雨量データについて協力を得ている。ここに記して謝意を表する次第である。

なお、本報告における計算の一部は京都大学大型計算機センターを利用した。

引用文献

- 1) 福嶋義宏・黒田幸夫・渡正昭：林道路面の流出量と浸食土砂量。京大演報。56:pp. 145-154, 1984
- 2) 伏見知道・江崎次夫・藤久正文：林道切り取りのり面の植生工と降雨流出(Ⅰ) 側溝への流出。愛媛大演報。15:pp. 11-21, 1978
- 3) 伏見知道・江崎次夫・藤久正文：林道切り取りのり面の植生工と降雨流出(Ⅱ) 側溝への流出(2)。愛媛大演報。16:pp. 37-46, 1979
- 4) 伏見知道・江崎次夫・藤久正文：林道切り取りのり面の植生工と降雨流出(Ⅲ)。愛媛大演報。17:pp. 1-pp. 8, 1980
- 5) 古谷士郎・酒井徹郎・藤井禧雄・佐々木功：林道の路面侵食について(Ⅳ)。京大演報。55:pp. 230-241, 1983
- 6) 福嶋義宏：山地小流域の短期流出に関する研究(京大博士論文)：76. pp, 1981
- 7) 福嶋義宏・武居有恒：山地小流域の短期流出に対するモデル。土木学会水理講演会論文集。25:pp. 229-236, 1981
- 8) 福嶋義宏・提利夫：出水ハイドログラフに対する森林の影響。森林の環境調節作用(2) 環境科学研究報告書。B152-R12-8:pp. 45-52, 1982

Résumé

Discharge on cutting slopes of forest road consisted of Palaeozoic was investigated in Asyu Experimental Forest of Kyoto University. The parameters predicting effective rainfall were decided by the relation between a cumulated rainfall and a direct runoff. The discharge was calculated by use of a kinematic wave method from the effective rainfall. Discharge ratio was 19-67% at control plot, 9-22% at vegetation net treatment plot, 1.4% at forested slope plot. Estimated equivalent roughness parameter N was 1.0 at each plot. The effect of the discharge on the erosion of forest road surface was discussed by these results.