

林道の路面浸食について (VI)

——シミュレーションによる路面浸食量の2～3の検討——

古谷 士郎, 酒井 徹朗, 佐々木 功

Study on Erosion of Forest Road Surface (VI)

——the discussion of a few points about erosion of road surface
with simulation method——

Shirou FURUTANI, Tetsurou SAKAI and Isao SASAKI

要 旨

シミュレーション法により, 年降雨量と路面浸食量の関係, 降雨の際に対象路面外からの雨水の流入がある場合の流出土砂量の変化の状態, 横断溝の適正間隔や配置などに関する検討が行なわれた。さらに, 設定された固定調査区の林道横断面の形状変化についても若干の検討が行なわれた。得られた主な結果は以下のようである。

- 1) 年間降雨量と路面浸食量はほとんど比例関係を示し, 路面の浸食量はある程度降雨量により予測できそうである。
- 2) 林道路面上に降った雨以外の雨水の流入は, 総流入量が少なく, 流入強度が小さい場合でも, 路面浸食量の増加率を高め, その影響が大きい。
- 3) 林道長 500 m 程度では, 適正横断溝の数は, その区間内の勾配の数にかかわらず, 区間平均勾配で求め得る。
- 4) 林道横断面の形状変化を各調査区を総合的に見た場合, 各測定回ごとの前回との路面高の差は, 年度ごと, 測定横断面ごとに平均してみると, 同一年では, 同じ調査区はほぼ同じ標準偏差となり, 路面上の土砂移動のパターンが同一調査区では年ごとにほぼ同じであることが推定された。

1. はじめに

林道路面の浸食量が Meyer-Peter & Müller 式を適用して推定可能なこと, および, 一連続降雨量, 単位時間当り流量頻度の超過確率が, それぞれ, $\exp(-a_1R+b_1)$ (a_1, b_1 : 係数 $a_1>0$, R : 一連続降雨量), $\exp(-a_2\cdot Q^{b_2})$ (a_2, b_2 : 係数, $a_2>0$, Q : 単位時間当り流量) で表わされること, さらに, 一連続降雨量 (R) と, その降雨時の総路面流出水量 (Q_s) とが, $Q_s=a_3R^{b_3}$ (a_3, b_3 : 係数) なる関係式で表わせることは, 前回報告した¹⁾。本報告では, 上述の関係式を用いて, 年間降雨量と浸食土砂量との関係, 横断溝の配置などについて, その検討結果について述べる。また, 林道路面の横断面の形状変化について, 固定調査区内の横断面について計測した結果も合せて報告する。

Table 1 Fundamental data for simulation

Plot name		A1	A2	H1	H2
average annual rain fall		1103 ^{mm}	998	1482.6	1482.6
the number of rain fall/year		74.0	58.0	55.0	55.0
average sediment yield/year		706 ^l	797	816	804
coefficient	a_1	0.036	0.033	0.027	0.021
	b_1	0.463	0.537	0.672	0.580
	a_2	0.369	0.374	0.449	0.447
	b_2	1.076	0.838	0.593	0.687
	a_3	0.234	0.206	0.155	0.242
	b_3	1.222	1.128	1.266	1.215

2. 計算基礎の概要

個々の計算方法については次章以下で述べることにし、ここでは、以下の計算に使用するための基礎データを示すと表1のようである。なお、表1に示された、固定調査区の名称は前回までの報告^{1,2)}と同一で、A1, A2 が京大芦生演習林内の林道、H1, H2 が、京都市北部の公有林道である。詳細は既報を参照されたい。

3. 計算結果と考察

3-1 年間降雨量と流出土砂量の関係

まず、ここにいう年間降雨量とは、積雪期の降雨量を除いた雨量であることを断っておく。ごく簡単に計算の手順を示すと次のようになる。最初に年間降雨回数を与え、一連続降雨量の超過確率関数と、計算機で発生させた一様乱数を基に、各降雨量を求める。ついで、降雨量とその時の総流量との関係式を使い、年間総流量を求める。この値と、流量強度の頻度の超過確率とから、ある一定流量強度(5 l/分)ごとの流出時間を算出し、ついで、Meyer-Peter & Müller式により流出土砂量を計算する。この様な方法により計算する場合、計算機に与える乱数発生のイニシャル値により得られる値は変化する。とくに、1年間だけの計算では、発生する乱数の数が高々70個程度で、得られる結果は乱数発生のイニシャル値による差が大きくなる。そこで、年間降雨回数は毎年あまり変化しないものとして、表1に示した年間平均降雨回数を用いて、上述の計算を、乱数発生のイニシャル値を変化させながら、150回、すなわち150年間分の降雨量、流出土砂量について行い、その結果の概略値を示すと表2のようになる。表2に見られるように、平均年降雨量、平均流出土砂量はほぼ実測値と近い値となるが、最大値と最小値の差が大きく、かなりの幅で変動する事が想定される。また、得られた値は平均値付近でその数が多い。そこで、より平均的に年降雨量と流出土砂量の関係を見るため、表1の年平均降雨回数を20%程度増減させ、それぞれの固定調査区について、合計5000回程度年降雨量、流出土砂量を算出し、降雨量100 mmごとに区間を設定し、区間内の平均降雨量と平均流出土砂量の実測値に対する比を求めてプロットすると図3-1のようになる。降雨量は、A2に近い芦生演習林事務所構内の過去30年間の降雨データ(但し、降雪期は除く)と、測定期間内の各調査区における全降雨量、及び、路面流量の

Table 2 Annual rainfall and sediment yield obtained with simulation.

plot name	A1	A2	H1	H2
annual rain fall (average)	1835~580 (1055.4)	1560~560 (991.4)	—	2007~837 (1414.4)
sediment yield/year (average)	1273~353 (697.5)	1356~376 (765.3)	—	1277~372 (779.0)

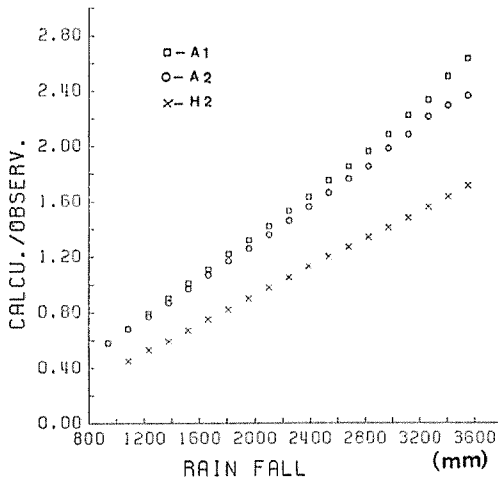


Fig. 3-1 The relationship between annual rain fall and increasing ratio of sediment yield to observation value

観測された降雨量合計などを基にして、表1に示された年平均降雨量に修正係数を乗じて、平均降雨量が、その調査区における降雪期を除く実測平均年降雨量とほぼ等しくなるようにした。したがって図3-1では1550mm付近でA1, A2では実測流出土砂量との比が1となる。なおH2についてはA1, A2と同じ修正係数を用いた。図3-1に見られるように、流出土砂量の増加比は、ほぼ、降雨量に比例して増加している。ちなみに、A1では、年平均降雨量は1570mmであるが、これが5割増加した場合、流出土砂量は、実測流出土砂量(704t)の1.57倍に、2倍の降雨量になれば、2.12倍の土砂流出が見込まれることになる。同様に、A2では、それぞれ1.58倍、2.17倍に、H2では1.55倍、2.10倍になり、同じ

ような増加比の増加傾向を示す。

以上のような関係から、ある程度の流出土砂量、すなわち路面浸食量の予測が可能となり、降雨量が平年の2倍になれば、ほぼ、浸食土砂量も2倍程度が予想されることになる。もちろん、上述のような計算方法は、あくまで、平均的な値の予想の場合であり、現実には、同じ年降水量であっても、当然、一連続降雨量はそれぞれ異なりその降雨に伴う土砂流出量も当然異なってくるわけで、年間土砂流出量もかなり違った値となる場合が生じることは当然ではある。

3-2 路面以外から流入水がある場合の路面浸食

この研究の固定調査区については、その設定に際し、不確定因子の数を減ずる目的から、路面流量の観測記録は、路面上に降った雨のみによる場合について行なった。そして、その結果については報告もなされている^{1,2)}。この項では、固定調査区外からも、雨水が、固定調査区路面に流入する場合について、その計算結果について検討する。これは、現実的な問題を若干加味するためである。すなわち、林道法面の崩落により側溝の詰まりが発生したり、上流側横断溝の詰まりなどが発生するなど、予定外の流入れが成起することが多々あるということを考慮したことによる。

計算方法は前項と同じように、各流量強度(ここでは5l/分を使用)ごとの流出時間を算定する。また、つぎのような仮定を置く。固定調査区内への路外からの流入は1ヶ所として、その流入時間は先に計算した流出時間を越えないものとする。流入のタイムラグは考慮しないものとする。

る。さらに、流入は、対象路面に降った雨水による流出水量の強度がある値 (Q_i l/分とする) 以上になったときに生じるものとする。流入量の強度は、流入期間中は変化しないものとする。図 3-2-1は、 $Q_i=5$ l/分、流入場所が最上流端部の場合の、固定調査区外からの流入強度と年間流出土砂量の増加比(外部流入量ゼロのときの流出土砂量と、流入水があるときの流出土砂量との比)との関係を示したものである。図 3-2-1に見られるように、流入強度の増加に伴ない、各固定調査区とも、流出土砂量増加比は大きくなり、流入強度が増大するにつれて、各固定調査区の差が大きくなる。A1, A2, H2, の路面の縦断勾配がそれぞれ、11.2%, 7.0%, 13.5%であることからすると、勾配の急な路面ほど、外部流入強度が増せば、それだけ路面浸食は、より激しくなることを示しているものと考えられ、山腹斜面や、法面等から、路面への流入が生じる恐れの高い所では、急勾配林道の作設が、より一層、深刻な路面浸食を生じやすいことを示していると考えられる。

つぎに、同様の関係を、下部溜柵での総流量(外部からの年総流入量+対象路面上に降った雨による年間総流量)の増加比と流出土砂量の増加比との関係を見てみると図 3-2-2 のようになる。この図の縦軸の値の1は、外部からの流入量ゼロの場合を意味する。この場合も、図 3-2-1と同様に、流出水量の増加比が小さいときは、各固定調査区とも、同じような流出土砂量の増加比を示すが、流出水量の増加比が大きくなるにつれて、勾配の急な H2 の流出土砂量増加比が最大となり、次いで、A1, A2 の順となり、その差も広がっている。

以上のように、外部からの流入強度や、総流入量の増加は、それだけ勾配の影響が顕著になることが推定され、また、H2 の場合、より一層明らかのように、流出水量の増加比に較べて、流出土砂量の増加比の方がより大きく(例えば、H2 の場合、流出水量が4倍になったとき、流出土砂量は8.4倍になる)なることから、外部からの流入水の発生は、路面浸食に大きく影響することが、十分推定される。

つぎに、流入強度 10 l/分のとき、 Q_i が変化すれば、流出土砂量の増加比がどの程度変化するかを見ると、図 3-2-3 のようになる。 Q_i の増加に伴ない、指数的に流出土砂量の増加比が減少する。これは、 Q_i の増大に伴ない、それだけ路面外から流入する雨水の流入時間は少なく、総

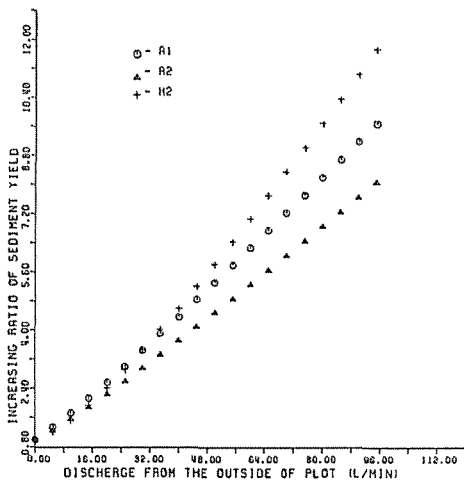


Fig. 3-2-1 The relationship between inflow from the outside of plot road and increasing ratio of sediment yield to observation value

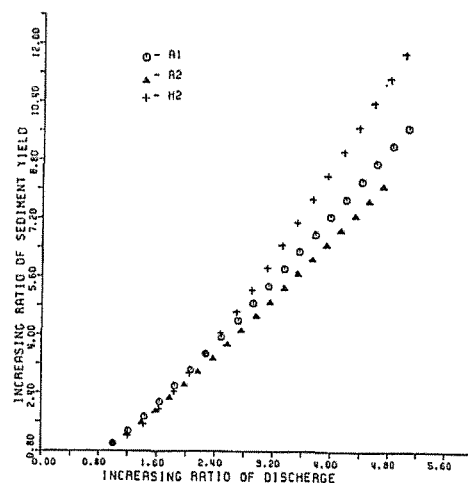


Fig. 3-2-2 The relationship between increasing ratio of total run off and increasing ratio of sediment yield to observation value

流入量も少なくなることから当然ではある。したがって、路面流量強度が増加し、ある程度以上大きくなったときに、その路面以外から雨水の流入が生じたとすると、路面流量強度の頻度分布からみて、総流出時間に対して路面外からの流入時間は短くなり、流入水の流入強度が大きい場合でも、流出土砂量は、それほど大きくなりえないといえる。したがって、増加比の減少傾向からみて、極力、路面への流入は、できるだけ Q_i が大きくなる場合にのみ発生するようにすべきであろう。

また、図3-2-3において、各固定調査区の流出土砂量増加比の減少傾向を見ると、 Q_i が大きくなると、ほぼ同じ傾向を示しているが、 Q_i が小さい場合、とくに $Q_i=5$ l/分の場合、A1 が A2、H2 に比して大きな流出土砂量の増加比を示す。これは、総流出水量の増加比が、ほぼ同じであること、流入強度が 10 l/分で同じであることからすると、A1 は、他の調査区に較べて、それだけ、路面流量強度の低い場合にも浸食を受けやすいことを示していると考えられ、路面状態の差（地質、敷砂利の有無など）が、耐浸食性に影響する一つの例とも考えられる。

つぎに、図 3-2-4 は、 $Q_i=10$ l/分、流入強度 10 l/分としたとき、各固定調査区の路線の流入地点の違いによる流出土砂量増加比の差を見たものである。当然のことだから、流入地点が溜樹に近くなるにつれて、路面からの流出土砂量は減少する。たとえば、流入地点が、各固定調査区の縦断長の上端から1/5のところとした場合、上端から流入した場合と比較して A1 では2.5%、土砂量にして 18.5 l 少なく、A2 では1.9%で 14.9 l 少なく、H2 では0.5%で 7 l 少なくなる。これらの数値は、流入ゼロの場合と比較した上端部からの流入に伴う流出土砂増加量の、それぞれ、8.5%、6.8%、1.6%となる。この様に、流入地点が上端部に近い場合は、総流出土砂量は、上流端部から流入のある場合と比較しても、大差がないが、流入地点が溜樹に近くなると、流出土砂量の増加比は急速に減少する。このことは、路面外からの流入水が路面を流下する距離をできるだけ短くすることが、路面浸食を減少させるために重要な要素となる。したがって、路面にその路面外から雨水が流入する場合は、流入地点からの流下距離が大とならないうちに、横断溝などで、すみやかに排水することが非常に重要である。

以上のように、各固定調査区について、調査区路面外からの雨水の流入があった場合を仮定し

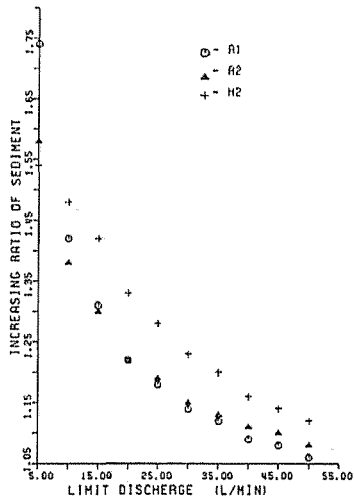


Fig. 3-2-3 The relationship between limit inflow and increasing ratio of sediment yield to onservation value

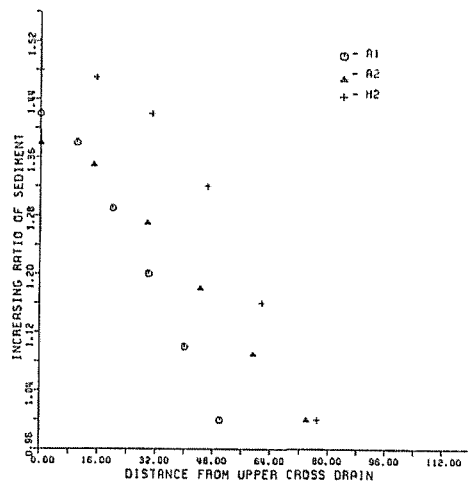


Fig. 3-2-4 The change of increasing ratio of sediment yield to observation value with transition of flowing into points

て2～3計算した結果から、たとえば法面等から、降雨強度が弱くても、表面流水が発生し路面に流入するような場所と、ほとんど法面などから流入が生じない場所とでは、側溝なり、横断溝なりの設置については、その構造、設置位置などを変更するなど、充分に考慮を払う必要があることを示唆していると考えられる。

3-3 適正横断溝間隔と設置位置

路面に横断溝を設置する場合、どのような間隔で設置することが最適かということと、道路勾配が変化する場合にはどこに設置するのが良いかという事が重要である。この適正横断溝間隔については、Hafner のあたえた適正間隔³⁾を、A1, A2 の場合に適用したところ、ほぼ、許容浸食量は年平均、 $27/m^2$ で実測値の60%となること、および、実測値60%となる流下距離(L)と勾配(S)との関係を $L = a_1 S^{-b_1}$ (a_1, b_1 係数: $b_1 > 0$) として求めたところ、 b_1 は1.6～1.7となること等については前報で報告した。そこで、いま適正横断溝間隔を各調査正のデータをもとにして、勾配を変化させた時の値を示すと図3-3-1のようになる。この図に示された回帰線の傾きは前述の b_1 を意味する。ちなみに、Hafner の場合について b_1 を求めると、0.85となり、適正横断間隔を求める際に重要な係数 b_1 は、ほぼ、各調査区の場合の1/2程度となっている。

係数 b_1 の値の違いは、次の様な基準値の次元の差と解釈できるように思われる。すなわち、Hafner の場合、横断溝の適正間隔を、浸食深がある一定値となる距離をもとに算出したのに対し、我々の場合は、一定流出土砂量となる距離としたことによるためと考えられる。Hafner の場合は、その基準値の次元は、1次元であるのに対し、我々の場合、道幅は一定とすると、その基準値は、ある一定土砂量を道幅で割った値が一定値となるような距離と解釈することができ、2次元の値を基準値に採用したことになる。そして、1次元の基準値から算出した b_1 の値を b とすると、前述のLとSの関係から $L = a \cdot S^{-b}$ (a は係数) とすれば、基準値に2次元の値を用いた場合は $L' = a'(a \cdot S^{-b})^2 = a'' S^{-2b}$ (a', a'' : 係数) のように表現できるように考えられる。

さらに、基準値の次元としては、路面に生じた浸食溝の容積が一定値となるような距離とした場合は3次元となる。

上述の考えからすれば、この場合の b_1 の値は1次元の基準値の3倍程度の2.5前後の値となることが推定される。我々は、林道上に生じた浸食溝の幅、高さをもとにして算出した浸食溝の容積を基準値とした場合について報告⁴⁾ しているが、これによると b_1 の値は1.9～2.2となり、2.5より低い値である。しかしながら、浸食断面の測定法が非常に簡単であったこと、測定断面が通行車輛のタイヤ摩擦による影響や、枝条や種々の障害物などである程度埋ったりすることなどがあるということからすると、低めの値となることは充分予想できることであり、あながち、次元の差により b_1 の値が異なるということが間違いとはいえないように思える。過去に報告された浸食深を基準にした、Trimble⁵⁾ や Krenple⁶⁾ などの場合はいずれも b_1 は Hafner の値と同様の値となり、浸食断面積が一定値となるような流水長を算出した市原の報告⁷⁾ では1.5という値を与えていることの説明がこの様な考えかたである程度つくように思われる。

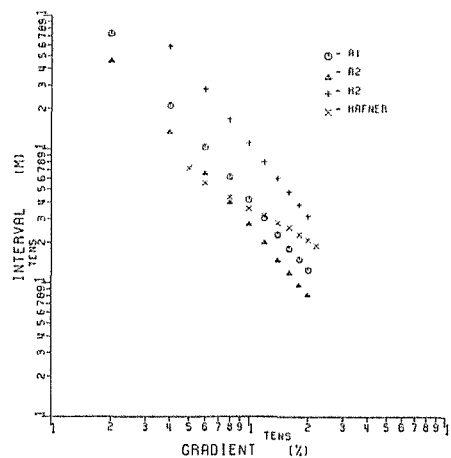


Fig. 3-3-1 The relationship between optimum interval of cross drain and gradient of road

ところで、図3-4-1に戻り、3つの調査区から得られたデータを個々に計算した場合、その回帰線の傾きはほぼ同じになるが、横断溝の間隔そのものは、同一勾配であっても違った値を与える。この事は、固定調査区というある限られた狭い場所から得られたデータであるため、地質以外のより局所的な種々の特性が表現された結果によるためと思われる。

つぎに、勾配の変化する林道のある区間に横断溝を設置する場合の横断溝の数などについて考えてみる。図3-3-2は、林道の区間長を500m、勾配の変化数が10で、平均勾配が6%、10%について、A1のデータを基にして求めた、6%、10%の場合の適正横断溝間隔から必要とされる横断溝数を、等間隔に配置した場合と、最上流端部により、順次、基準土砂量に達する区間を求め、横断溝を設置した場合を示したものである。□印が後者を○印が前者の場合である。図に見られるように、横断溝の設置位置は、勾配が途中で変化することから、かなり違ったものになるが、横断溝の数は、同数となり、6%で5ヶ所、10%で12ヶ所となる。勾配を変えて計算した結果もこれらの場合と同じであった。

以上のことから、林道長が500m程度の区間での必要横断溝数は、その平均勾配をもとにして算出した数となり、勾配ごとの適正横断溝間隔が与えられていれば、あらかじめ、林道設計上で、必要横断溝の数を考慮できるということになる。もちろん逆勾配区間は含まないことはいうまでもない。もちろん、実際の横断溝の設置は、その林道の周辺の状況といったものを充分考慮する必要があることは当然である。

ここで、浸食土砂量は、ある一定長の林道区間で勾配の変化の多少によりどの程度の差異を生ずるかを検討してみる。図3-3-3は、道路幅4m、道路長500m、平均勾配10%のとき、勾配の変化数を5~20と変化させたとき、等間隔に入れた横断溝の数により、区間全体で、平均路線断面積当り、毎年どの程度の浸食量となるかをみたものである。この場合、勾配は、4~16%以内とし、となりどうしの勾配は5%以上の差が生じないこと、一つの勾配区間の最低長は、10m以上とした。図3-3-3に見られるように、勾配変化数が20の場合、やや、浸食量は多くなるものの勾配の変化は、ある区間の路線全体について考える場合は、浸食量にそれほど影響を与える因子ではないことがわかる。

つぎに、図3-3-4は、平均勾配を変化させた場合（他の条件は図3-3-3と同じ）の横断溝の数と浸食土砂量との関係を示したものである。図に見られるように、平均勾配の違いによる浸食土

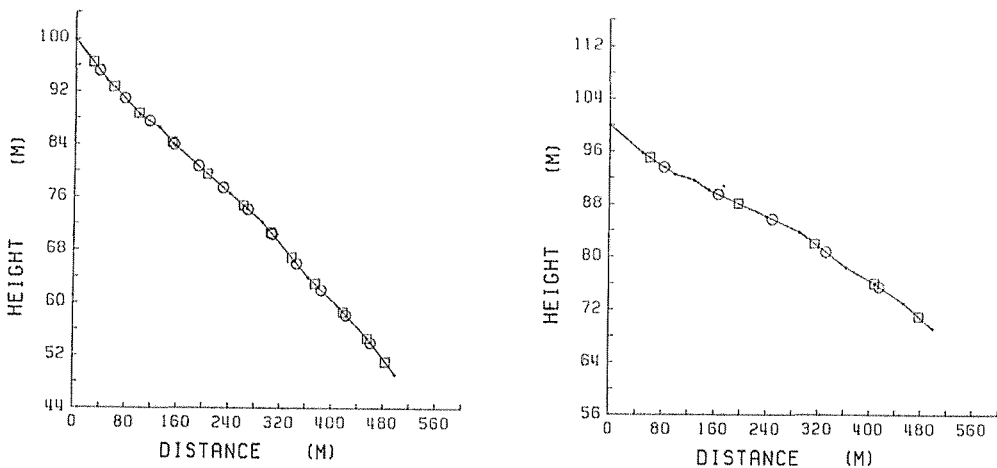


Fig. 3-3-2 Location of cross drain on model road

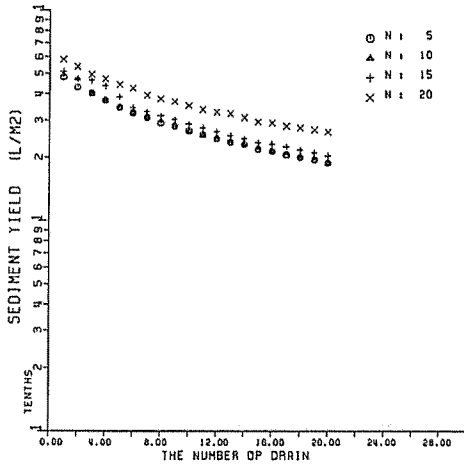


Fig. 3-3-3 The relationship between sediment yield and the number of cross drain according to the changing number of road gradient

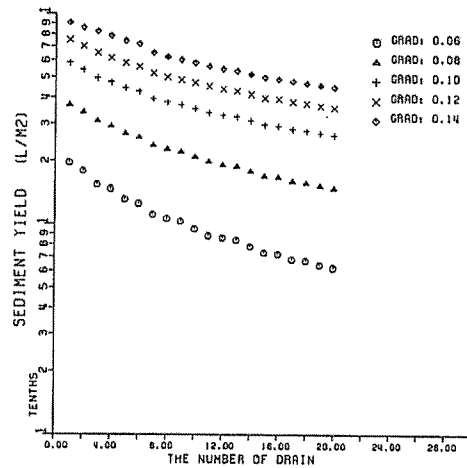


Fig. 3-3-4 The relationship between sediment yield and the number of cross drain according to the change of average road gradient

砂量の差は大きく、例えば、6%の平均勾配と14%の場合とを比較すると、横断溝数1のときには、後者は前者の4.6倍の浸食量となり、20個の場合は7.2倍となる。また、同一勾配で横断溝数の違いによる、土砂量の差を見てみると、6%では20個の場合は、1個の場合の約1/5であるのに対し14%では約1/2となる。以上のように、急勾配の林道では、1個1個の横断溝の効果を高めるには、加速度的に横断溝の数を増加させる必要が生じることを示している。

4. 横断面の形状変化

我々は、林道横断面の形状の経時的な変化をみるため、固定調査区内の2~4ヶ所(A1のみ4ヶ所、他は2ヶ所)に固定ピンを打ち込み、凹凸計測器具を用いて、横断面の形状を定期的に観測した。計測ヶ所は各調査区とも溜樹から2~3m上流側と中央付近の2ヶ所である、なおA1については、溜樹への流入溝の形状、及び、さらに以前から計測の行なわれたもう1ヶ所の計4ヶ所となる。A1については、これまで、車輻の通行を禁止した状態で浸食溝の形状変化について詳しく報告^{8,9)}されている。ここでは、こういった通行制限は設けず、実際に利用されている場合についての林道の横断面形状変化について検討しようとした。使用データは芦生地区では82~84年、H1、H2の八丁地区では83~84年のデータを使用する。また、横断面の経年的変化について検討する予定であったが、観測上の都合により、主として、単年度内の形状変化について検討した。

まず、年度頭初の実測値を横断面の基準を与える数値として、その年の最終回の計測値とから、道幅全体についてみた、その年の浸食状況を全般的にみでみる。この場合得られるデータ総数は24となる。道路幅全体について見た場合、浸食される部分と上部からの土砂移動により堆積する部分が生じるが、浸食部分の方が大きい、すなわち、基準面に対して絶対的に浸食されたと考えられるデータ数は20で、堆積とみなされるのか3であった。そして、浸食されたとみなされる20のデータの平均的浸食断面積は13.4 cm²で平均深さにすると0.71mmとなった。また、これらを路線中央部の断面と、溜樹付近の断面とに別けてみると、それぞれ平均浸食深は、前者が

0.53 mm, で、後者が0.71 mm となり、流水量の多くなる下流値の断面がやや大きいと考えられる。もちろん以上の数値は路面のある一横断面の形状変化からみたものであり、これから路線全体の浸食量の推定を行なうのは無理であることはいうまでもないが、このように単純かつ非常にラフに見ても、林道の路面は、毎年浸食されていることが十分にうかがい知ることができる。

つぎに、凹凸計での計測高の1回ごとの、同一点の差がどのような変動をするかを調べるため、各横断面について、その標準偏差の年平均値を求めてみるとつぎのようなことが明らかとなった。具体的な数値は省略するが、標準偏差の平均値は、同一年、同一調査区についてはほぼ同じとなり、横断面の動きや、その年の降雨による影響が、各調査区で共通することが想像される。

つぎに、数例の横断面の変化を図示する。図4-1は、調査区A1の溜桝から15m上流側の横断面の83年と84年の変化を示したもので、83年については頭初に見られるわずかな浸食溝が時間

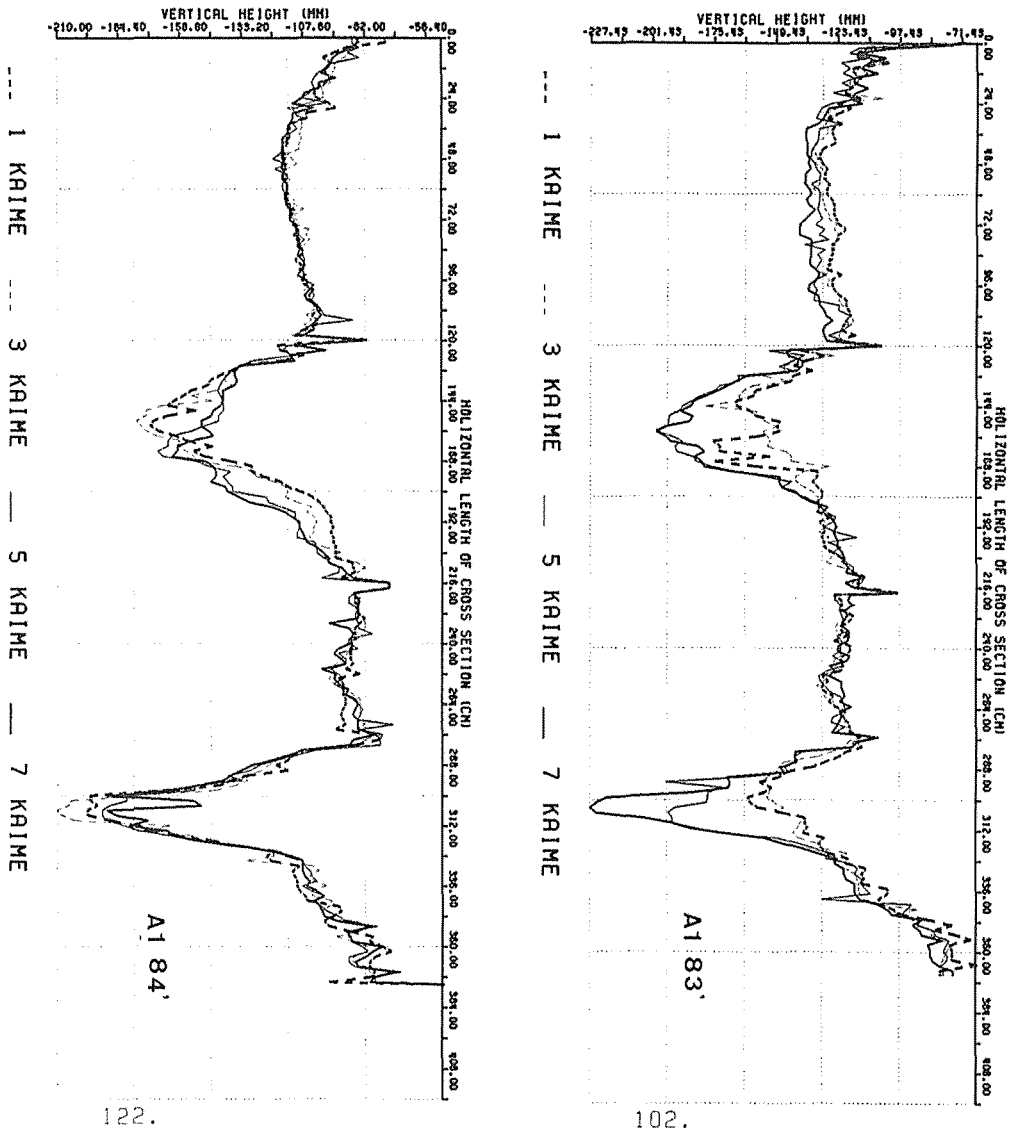


Fig. 4-1 The profile of cross section of forest road (at 15 meter from outlet)

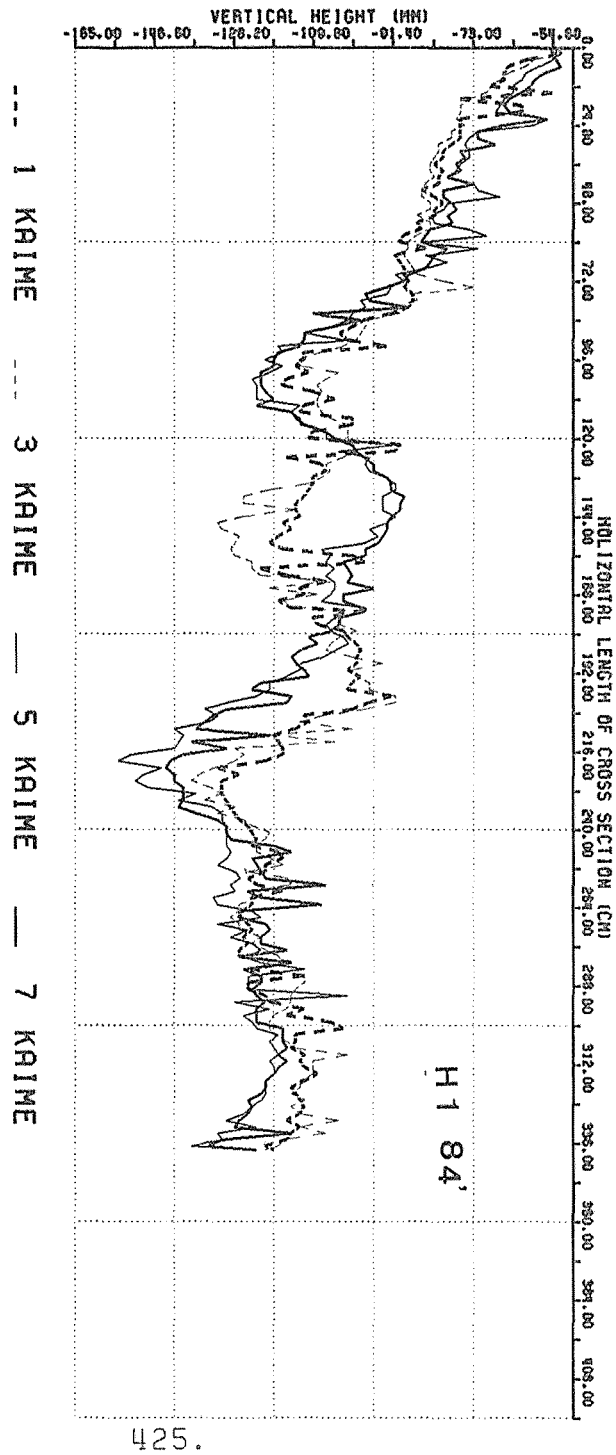


Fig. 4-2 The profile of cross section of forest road (at 3 meter from outlet)

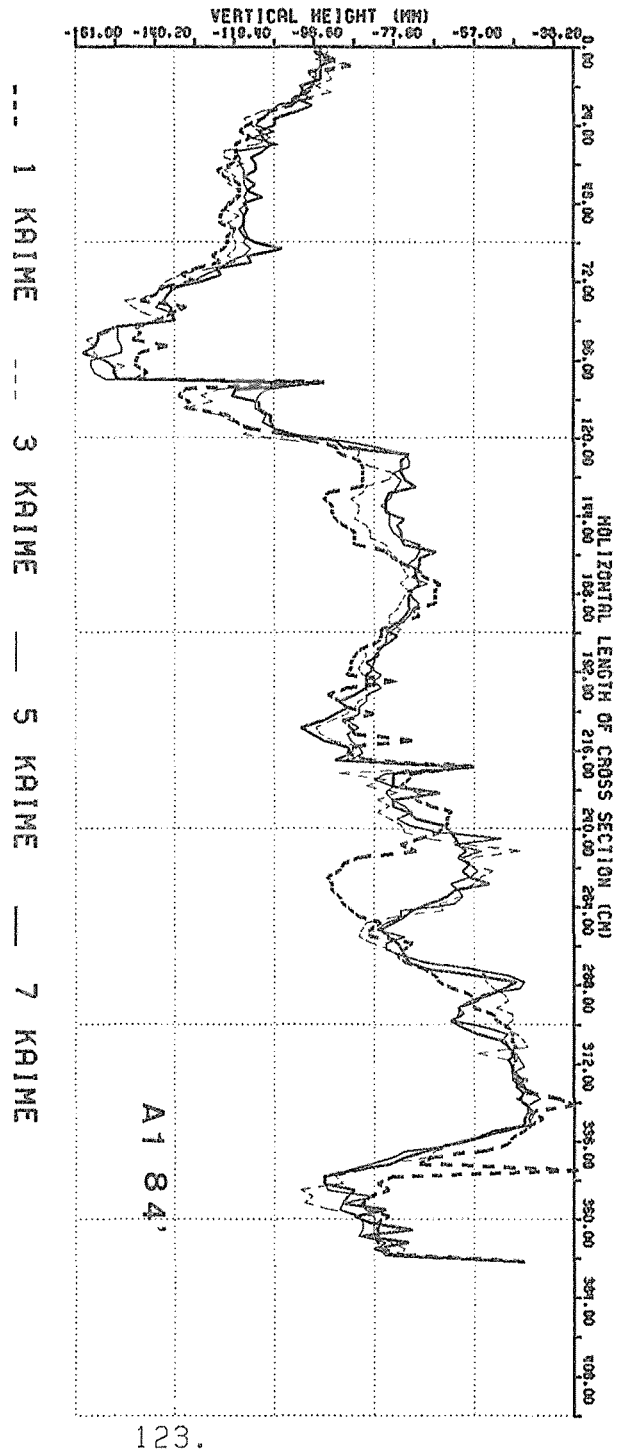


Fig. 4-3 The profile of cross section of forest road (at 3 meter from outlet)

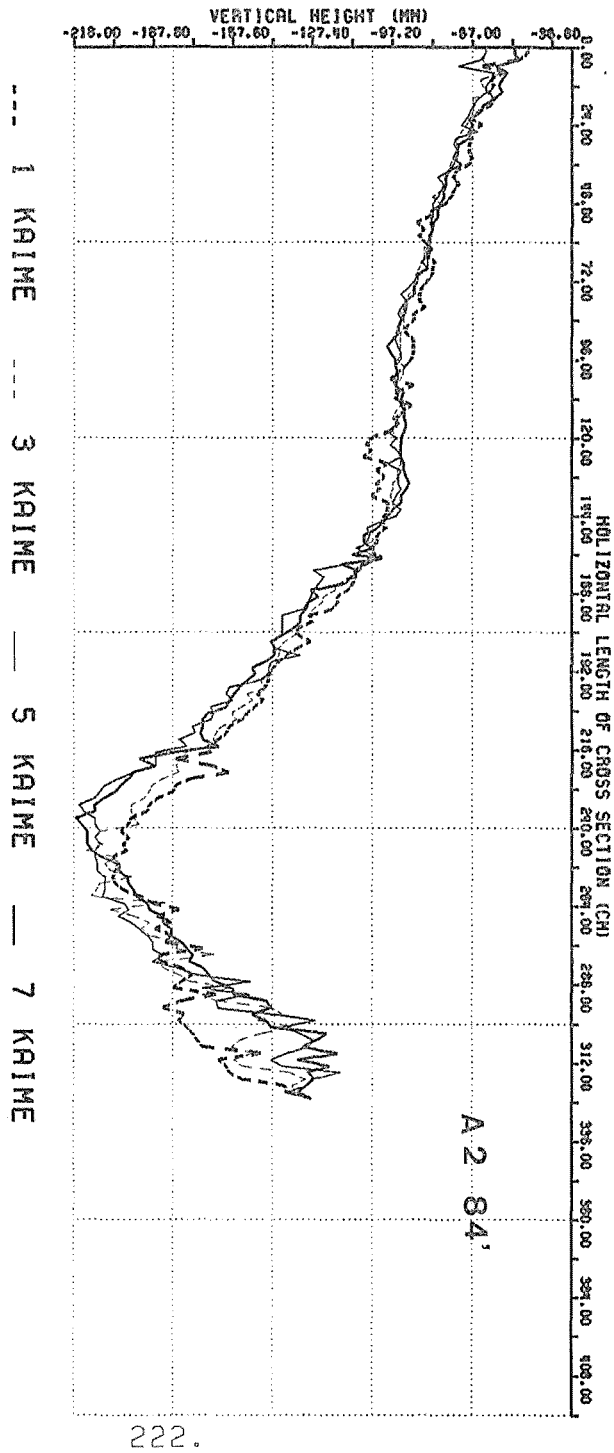


Fig. 4-4 The profile of cross section of forest road (at 30 meter from outlet)

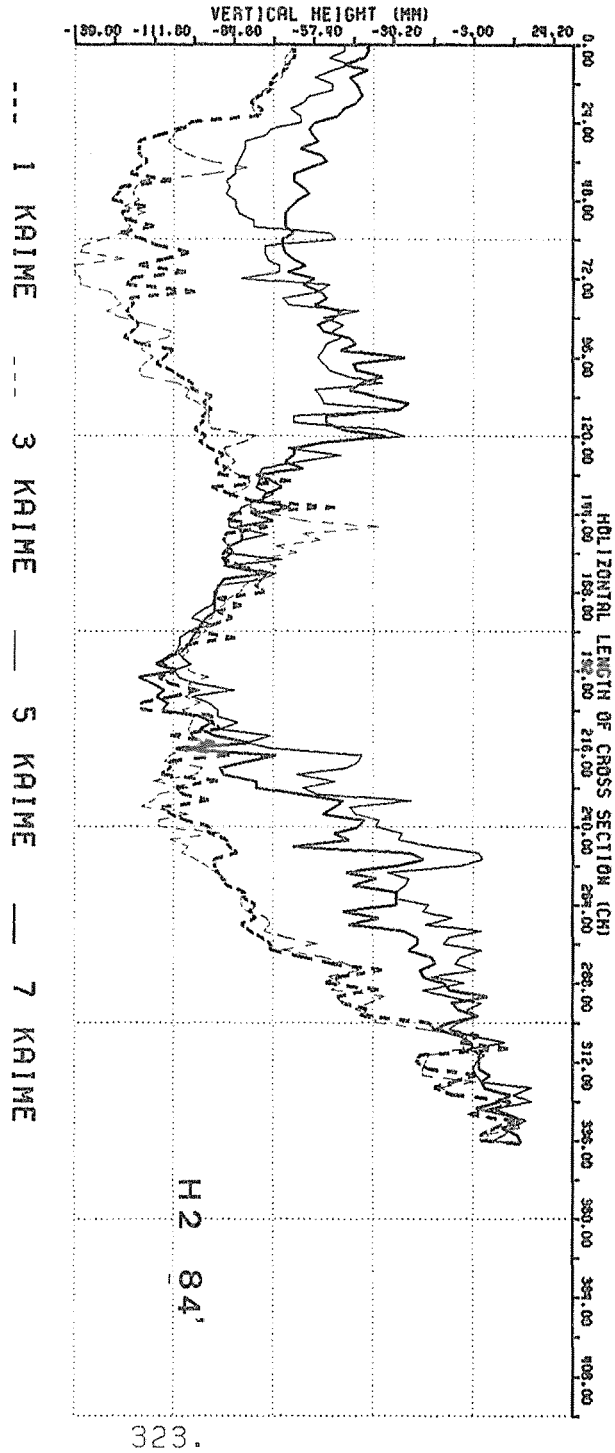


Fig. 4-5 The profile of cross section of forest road (at 30 meter from outlet)

の経過とともに深く縦浸食されているのがわかる。そして、84年度では、右側の深食溝はほとんど変化がないが、中央部の浸食溝は溝の側面が浸食される横浸食されている。この様に、路面の浸食の様子は年によって異なることがわかる1例である。

図4-2はH1における溜桝から3m上流側の84年度の横断面の形状である。これは、溜桝に続く下部横断溝近くで、路面を流下した水が路面全体へ広がる傾向を有するため、水みちが変化しやすく、従って、路面の横断面も時間の経過とともに複雑に変化する例である。

図4-3も、上の場合と同様の例で、A1の溜桝から3m地点の84年度の横断面の形状変化を示したものである。

図4-4は、A2の溜桝から30m上流側の84年度の横断面の変化を示したもので、幅1.3m程度の浸食溝が変化していく例である。

図4-5はH₂の溜桝から30m上流側の84年度の横断面の変化を示したもので、年度途中で路面の修理が行なわれたため、年度途中で横断面の形が変わった例である。

5. おわりに

以上、シミュレーションにより、ある種の仮定を設けて、今までに得られた路面流量観測データを基にして、路面浸食と横断溝間隔について検討してきたが、路面浸食量と降雨の関係は、やはり一連続降雨ごとの土砂量の計測が重要であり、今後機会が得られれば、これらのデータ収集を行ないたいと考えている。なお、本研究の計算、作図には、京都大学大型計算機センターのFACOM M382を利用した。最後に、本研究の現場での計測に際し、林業工業研究室の専攻生、大学院生諸氏、ならびに、声生演習林職員の北川新太郎氏はじめ教職員の皆様にお世話になったことを記し、合せて感謝の意を評したいと思います。

引用文献

- 1) 古谷・酒井・佐々木：林道の路面浸食について（V）. 京大演報：155～165, (1984)
- 2) 古谷・酒井・佐々木：林道の路面浸食について（IV）. 京大演報：230～240, (1983)
- 3) HAFNER, F und HEDNIGG, W: Untersuchungen bezüglich der erforderlichen Abstände von Wasserkehren bei Forstwegen in Gebirge: ALL. Forstztg. VoL 70 (11/12), 1959
- 4) 酒井・佐々木・藤井・古谷：林道の路面浸食について（I）. 93回日林論：539～540, (1982)
- 5) TRIMBLE, G. R. and WEZTTZMAN, S: Soil Erosion on Logging Roads: Soil Sci. Soc. Proc. VoL 17 152～154, 1953
- 6) KREMPLE, H: Die Verwendung von Wasserspulen auf Forstwegen in Gebirge: ALL. Forstztg. VOL 69 (17/18), 1958
- 7) 市原恒一・小松正広・堀高夫：横断排水溝の適正間隔に関する研究（予報）. 84回日林論：448～450, (1973)
- 8) 藤井・古谷・酒井・佐々木：林道路面におけるリル浸食の形状および形状変化について, 93回日林論：541～544, (1982)
- 9) 藤井・古谷・酒井・佐々木：林道路面のリル浸食の形状変化（II）, 京大演報：131～139, (1982)

Résumé

In this paper, a few points about erosion of forest road surface were discussed with simulation method, that is, the relationship between annual rain fall and erosion of road surface in fixed plots; the changing pattern run into from the outside of the plot; optimum interval and location of cross drain. And the results of observation on the profile of a few cross section of each fixed plot.

The main results obtained were as followed

- 1) Sediment yield from plot road surface by year were almost plopotional to annual rain fall and can be estimated with it.
- 2) If rain water flow into the road surface from the outside of plots with rain fall, the increasing tendency of sediment yield from the plot is remarkable in case even if inflow is relatively at low level.
- 3) The necessary number of cross drain to a distance of forest road length (about 500 m), can be estimated from average gradient on its whole length, even if gradient of road change many times in that interval.
- 4) From the measurement value on the profile of two cross sections in each plot, the standard deviation on the change of the height of cross sectional line is nearly equal in each plot by same observation year.