

# 人工降雨装置による斜面侵食に関する研究 (I)

九州大学農学部 井上章二

## 1. はじめに

降雨による斜面侵食の実験的研究を行なう場合に、その方法としては、大きく分けて次の二つが考えられる。一つは、自然降雨による、現地の実際の斜面や実験用斜面の侵食現象を解析するもの、他の一つは、人工降雨装置を利用して侵食の実験を行なうものである。この後者の実験を行なう際に、特に重要なことは、その人工降雨をできるだけ自然の降雨状態に近づけることである。中でも、斜面侵食に影響をおよぼす支配的な因子は、降雨強度、雨滴径、雨滴の落下速度の3因子であると考えられる。

そこで今回は、著者が作製した斜面侵食実験用の人工降雨装置について、その概要と前記3点を中心とした降雨状態の検定結果を報告する。

## 2. 人工降雨装置の概要

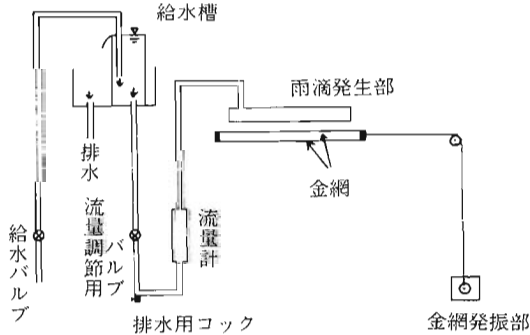


図-1 人工降雨装置模式図

本降雨装置の概要は図-1に示すとおりで、給水槽によって一定の水頭に保たれた水は、流量調節用バルブ、流量計を通過して雨滴発生部に供給され、そこで発生した雨滴は2枚の金網を通過して落下する。雨滴発生部は、写真-1に示すように、硬質塩ビ管に、先端部に皮下注射針を差しこん

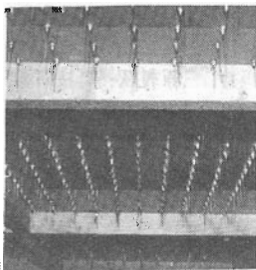


写真-1 雨滴発生部

だ軟質ビニールホースを逆J字型にとりつけている。縦方向20列、横方向47列、計940本の注射針が4cm間隔で並んでおり、降雨面積は $1.84\text{m} \times 0.76\text{m} \approx 1.4\text{m}^2$ である。また、雨滴発生部は実験斜面から約5.5mの高さに設置してある。

金網は4.5mm目と4.0mm目の2枚を、雨滴発生部の直下、30cmと35cmのところにとりつけ、それらに振動数 $1\text{H}_2$ 、振幅約10cmで縦方向の往復運動を与えている。金網使用の目的は、雨量分布の均一化を図ること、雨滴径の分布を調整すること、さらに金網を振動させることにより、雨滴が同一箇所に落下するのを防止することの3点である。

## 3. 降雨装置の検定

### (1) 降雨強度とその分布

降雨強度は、流量調節用バルブと流量計によって、約 $10\sim 120\text{mm/hr}$ の範囲で任意の値を得ることができ、 $120\text{mm/hr}$ 以上の降雨強度は、給水槽の位置を高くして水頭を大にすることにより可能となる。

降雨強度の場所的分布は、 $I=35, 65, 90, 120$  ( $\text{mm/hr}$ )の4段階の降雨強度に対して、降雨面内に一

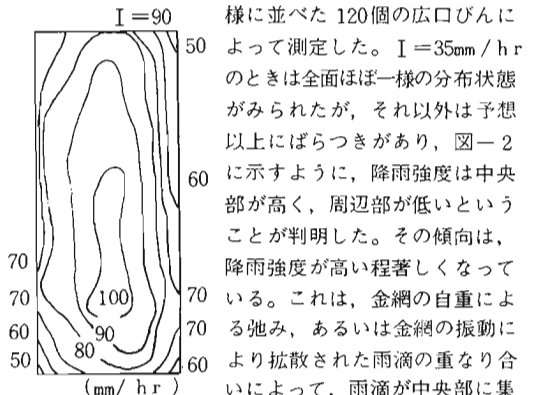


図-2 降雨強度 I の分布

### (2) 雨滴径の分布

雨滴径の測定は、従来より数種類の方法が考案されているが、比較的容易に測定でき、しかも精度の高いものと評価されている、次の方法を採用した。これは、

様に並べた120個の広口びんによって測定した。 $I=35\text{mm/hr}$ のときは全面ほぼ一様の分布状態がみられたが、それ以外は予想以上にばらつきがあり、図-2に示すように、降雨強度は中央部が高く、周辺部が低いということが判明した。その傾向は、降雨強度が高い程著しくなっている。これは、金網の自重による弛み、あるいは金網の振動により拡散された雨滴の重なり合いによって、雨滴が中央部に集中したのではないかと考えられ、今後検討し修正をはかりたい。

接触角が零に近いガラス板で一応雨滴を受け、その後エオシンとタルクを1:10の割合で混合した粉末を塗布した東洋口紙No.2を、ガラス板に押しつけ、その斑痕の径を測定する方法である。斑痕はその大部分が円形であるが、楕円に近い場合は、その長径と短径の平均値を求め、計測は0.1mmまで行なった。

このようにして測定された斑痕径から、実際の雨滴の大きさを求めるには、Fournier等によって提案された、次の換算式を用いた。

$$d = 0.345 \phi^{0.76}$$

ここに、 $d$  : 雨滴径 (mm),  $\phi$  : 斑痕径 (mm)

雨滴径の測定は、降雨強度分布の検定の場合と同様の4段階の降雨強度に対して行なったが、そのうちの3例について結果を図-3に示す。また、図-4には三原<sup>1)</sup>によって報告された、自然降雨の雨滴径の分布が示されている。これによると、自然降雨は6mm/hr以上の強度をもった降雨では、半径0.3mm以下の細滴が圧倒的に多くなる。しかし、本降雨装置の場合は、降雨強度の大きさに係わりなく、自然降雨の弱雨型に似た、ピークをもった分布型となっており、自然降雨の場合とは著しく異なっている。また、自然降雨は降雨強度が大きい程分布曲線が大滴の方に伸びるという特徴を

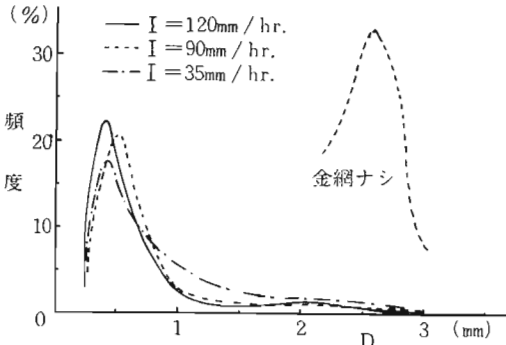


図-3 雨滴径 (D) の分布

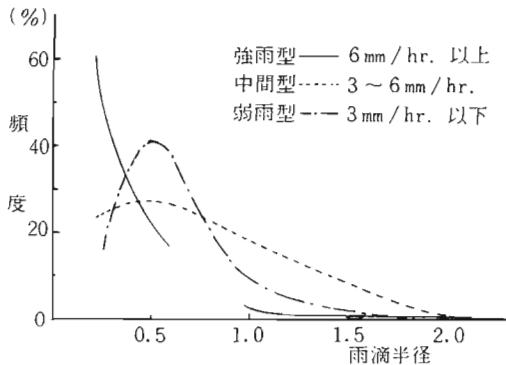


図-4 雨滴径の分布 (自然降雨)

示しているが、本降雨装置ではその傾向は全くみられず、降雨強度による雨滴径分布の変化というものは、ほとんどないものとみなされる。ただ、図-3から明らかのように、降雨装置に取り付けた金網が、雨滴径の分布を調整するという役割はかなり果たしているといえる。

(3) 雨滴の落下速度

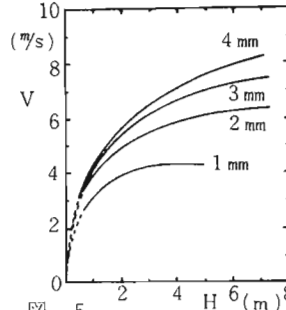


図-5 雨滴径別の落下高 (H) と落下速度 (V) の関係

雨滴の落下速度は16mm高速度カメラによって撮影されたものを解析して測定した。使用カメラは、PHOTO-SONICS 16-IVN、また解析用映写機として、DYNAMIC FRAME model DF-16Bを用いた。雨滴は速度を増しながら落下するが、ある時点で重力と空気抵抗とが釣り合い、一定速度となり、その後はこの速度(終末速度)を維持する。図-5に示すように、雨滴の落下速度は雨滴径によって異なることがわかっているが、今回は、任意の径の雨滴に対する落下速度を求めることはできず、雨滴径とは無関係に30滴の雨滴について、降雨強度を変化させながら落下速度を測定した。その結果、最小7.15 m/s から最大11.59 m/s までの落下速度が測定され、平均値は8.62 m/sであった。これは、一般にいわれている値と比較して若干高いようでもあり、再度の検定が必要であるが、一応、自然降雨の落下速度(終末速度)に近いと判断して差支えないものと思われる。

この速度(終末速度)を維持する。図-5に示すように、雨滴の落下速度は雨滴径によって異なることがわかっているが、今回は、任意の径の雨滴に対する落下速度を求めることはできず、雨滴径とは無関係に30滴の雨滴について、降雨強度を変化させながら落下速度を測定した。その結果、最小7.15 m/s から最大11.59 m/s までの落下速度が測定され、平均値は8.62 m/sであった。これは、一般にいわれている値と比較して若干高いようでもあり、再度の検定が必要であるが、一応、自然降雨の落下速度(終末速度)に近いと判断して差支えないものと思われる。

4. おわりに

本報では、自作の降雨装置について、その降雨状態と自然降雨との比較検討を行ない、降雨強度分布のばらつき、雨滴径の分布、あるいは雨滴の落下速度に、若干の相違点があることが判明した。今後、これらの点を改善し、斜面侵食の機構を解明するための実験を行なっていきたい。

引用文献

- (1) 三原義秋: 農技研報, A 1, 1~52, 1951
- (2) 渡辺武夫他: 新砂防, 93, 29~35, 1975
- (3) 藤原輝男, 余山和雄: 山口大工研報, 28, 9~18, 1977