

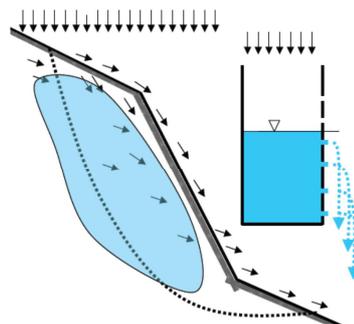
## VCEW 活動報告

## —機器の改善と開発—

## 第2節 土砂災害監視シミュレーターの開発（中間報告）

## 1. 経緯

平成22年6月、簡易水位雨量監視・警報装置の普及を図るために訪問したネパールで満水になった雨水貯留ビンを空にする作業を回避するため、監視・警報に影響のない範囲で、常時漏水させてはどうかとの提案があった。提案自体は、man-machineの相互補完を旨とする簡易水位雨量監視・警報装置にそぐわないと考えたが、貯留型の流出モデルをアナログ化したものとして使えないか、更には、貯留型モデルにおける残貯留量と土砂害の発生ポテンシャルを関連付けることによって、先進、発展途上を問わず、依然として多くの人命を奪っている土砂害の軽減に役立てることができないかと考えた。



斜面の保水のイメージ

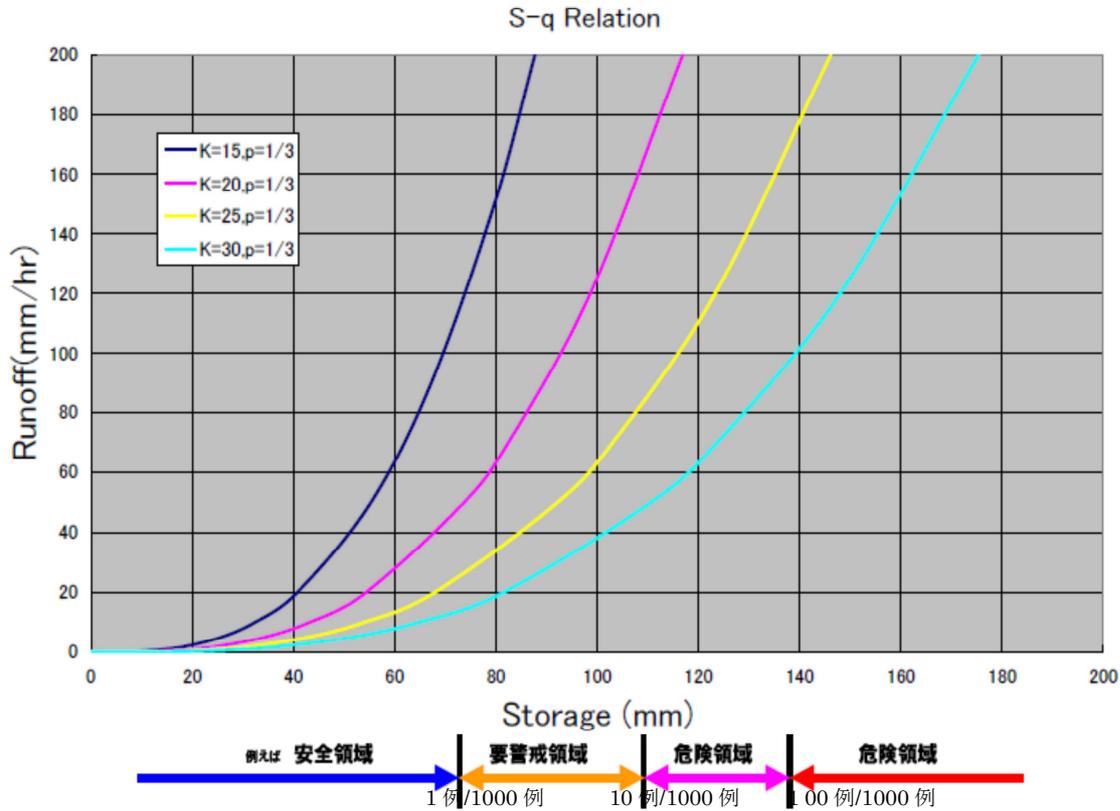
## 2. アプローチ

上記の発想から、

- Step-1 ポリビンの底部に数種の孔を空け、ポリビン内の水位（貯留量）と流出量の実験的に調べ、貯留関数との関係を比較しておく。
- Step-2 過去の土砂害発生時の近傍の時間雨量記録を使い、数種の貯留関数を想定して、災害発生時の流域残貯留量(S)との関係を調べ、流域残貯留量と災害発生との関係を最もまとまり良く説明できる貯留関数(K, p)の定数を求める。
- Step-3 上記①の結果を参考に、ポリビンの孔の大きさと配置を工夫して、②で得られた貯留関数に最も近い雨水貯留ビン（以下、アナログモデル）をつくる。
- Step-4 上記③で作られたアナログモデルの貯留関数を実験的に決定し、その関数を使って、②の検討結果を検証する。
- Step-5 その結果を、過去実際に発生した土砂害（目標500件以上）のうち、それぞれ2%、5%、10%、25%、50%が発生した時の流域残貯留量（ポリビンに残留している雨の量）として整理する。

の順序で検討を進めることにした。（結果はStep-2に止まっている。）

流出高、流域貯留と土砂災害危険度のイメージ



Step-1 ポリビンによる予備実験

ポリビンの底部に径 1mm, 2mm, 2.5mm, 3.1mm の孔をあけて、貯留水頭と流出高の関係を実験した結果と、孔径 1mm の孔を、底から 20mm ピッチで、1 孔、0 孔、2 孔、2 孔、3 孔と 5 段に配置した実験結果が、下の図に示したものである。この図に、流域の貯留関数  $S = K q^p$  の  $p$  を  $1/3$  とし、 $K$  を 15, 10, 5 とした場合の関係を赤線で示した。この結果、以下のことが明らかになった。



- 1) 理論的には、タンクからの流出量はタンク内の水位の 0.5 乗に比例する。実験結果は、タンク内水位が小さい状態で毛管現象の影響を受けているものの、おおむねタンク内の水位の 0.4-0.6 乗に比例している。
- 2) 一方、木村の貯留関数は、流域の貯留量は流出量の 1/3 乗に比例する、つまり、流出量は流域貯留量の 3 乗に比例するとされており、貯留量と流出量の関係を示す関数の凹凸は全く逆である。
- 3) S-q 図において、単独孔では上に凸な曲線となり、木村の貯留関数とは逆になる。
- 4) このため、木村の貯留関数を実際のタンクで再現するためには、タンクの水平断面を上方に向かって徐々に狭くしていくか、貯留量に応じた孔を連続して設けて、近似させる必要がある。
- 5) 験しに数段に分けて複数の孔を配置する実験をした。
- 6) 底から 20mm ピッチで、1 孔、0 孔、2 孔、2 孔、3 孔と 5 段に配置したケースでは、貯留関数の

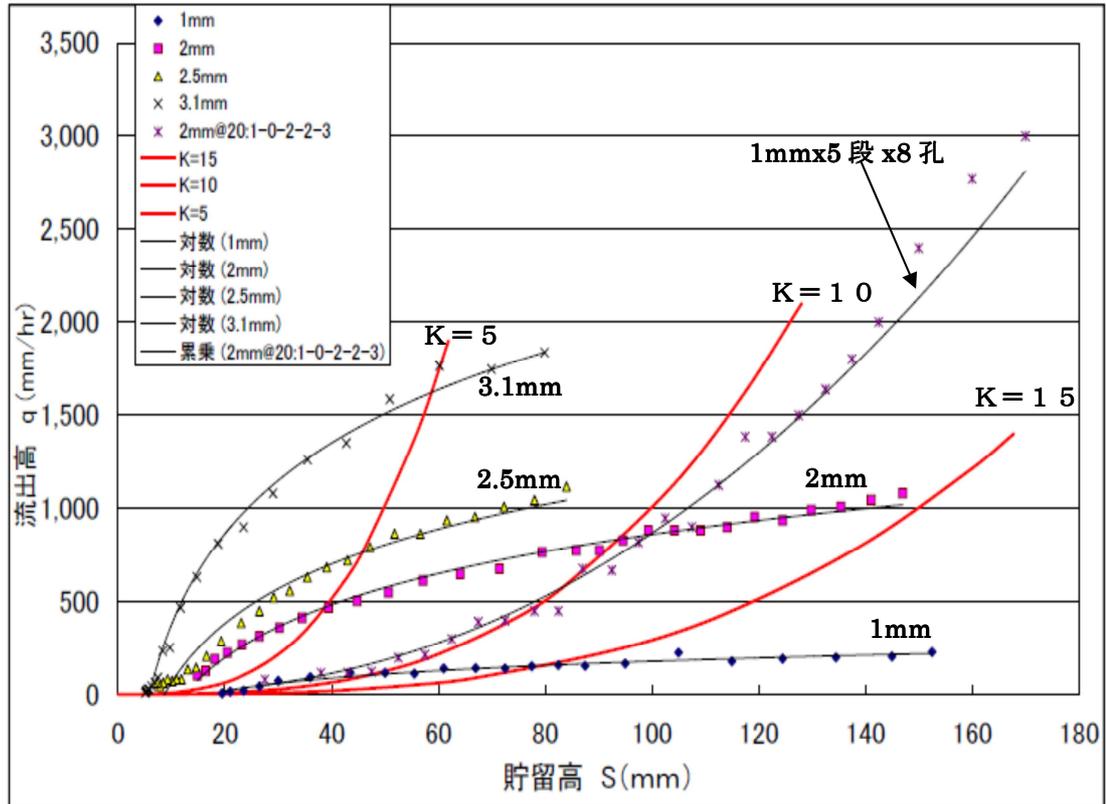
$p = 1/3$ 、 $K = 10$  とほぼ重なる結果が得られた。

- 7) しかし、 $K = 10$  以上の貯留関数に相当するシミュレーターを作ろうとすると、孔径 1mm 以下の微細孔を配置する必要があり、フィールドでの塵、ごみによる閉塞を考えると難しい。
- 8) また、小さな孔では、表面張力によって、一定以上の水頭にならないと水が出ないという弊害もある。
- 9) そこで、医療現場で点滴に使われている、器具に着目したが、流量を微細に調整できるものの、管が全く空の状況では液体が流れ出さないことが分かり、利用できないことが分かった。



点滴用器具

### ポリビンによる実験結果

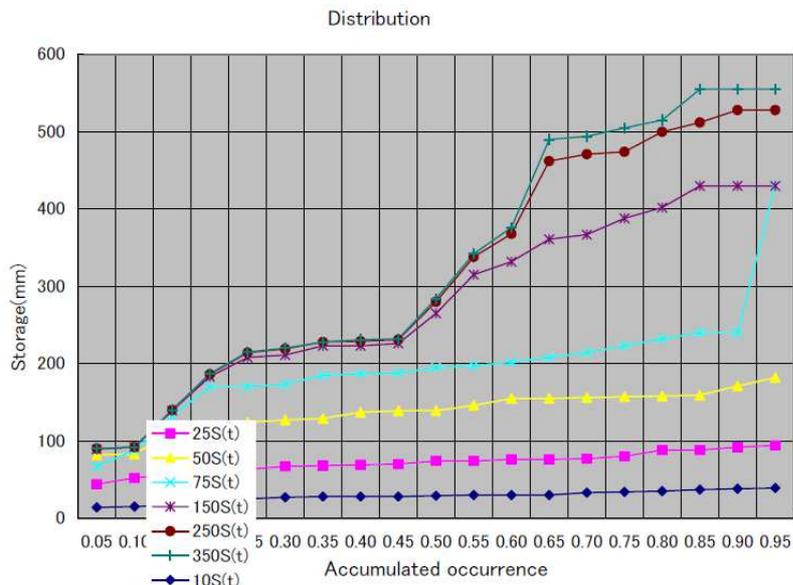


### Step-2 実績降雨による災害発生時の流域残貯留量計算結果

大井さんから頂いた土砂災害記録（近傍の時間雨量と災害発生時刻）19例について、EXCEL上にプログラムされた貯留関数法計算書を使って、10、25、50、75、150、250、350の7種のK値について検討した。

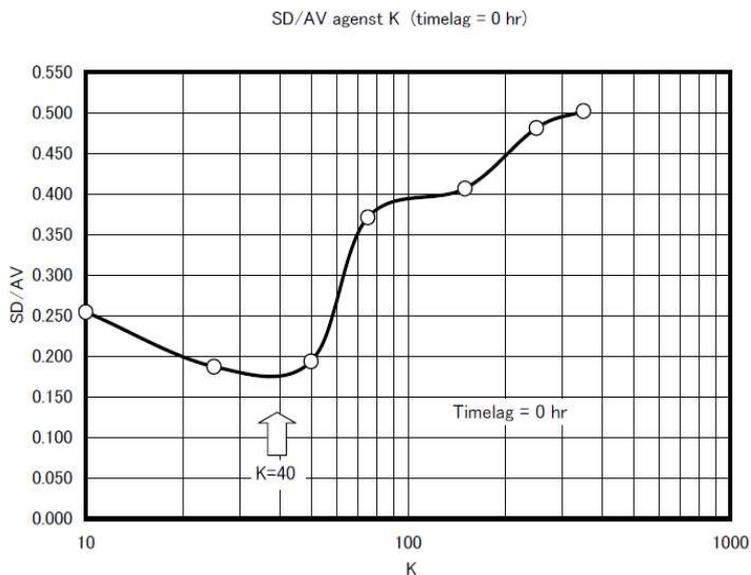
平成17年台風14号関連	10例
平成16年福井豪雨災害関連	5例
平成16年香川県台風災害関連	2例
平成21年中国・九州北部豪雨災害関連	2例

$p = 1/3$  に固定した場合の  $K$  の最適値



(結果の評価)

サンプル数が少ないせいか、分布がきれいでない。また、 $K$  が小さくなると見かけ上標準偏差は小さくなるが、 $K$  が小さいほど「まとまり」が良いとはいえないのではないかな。

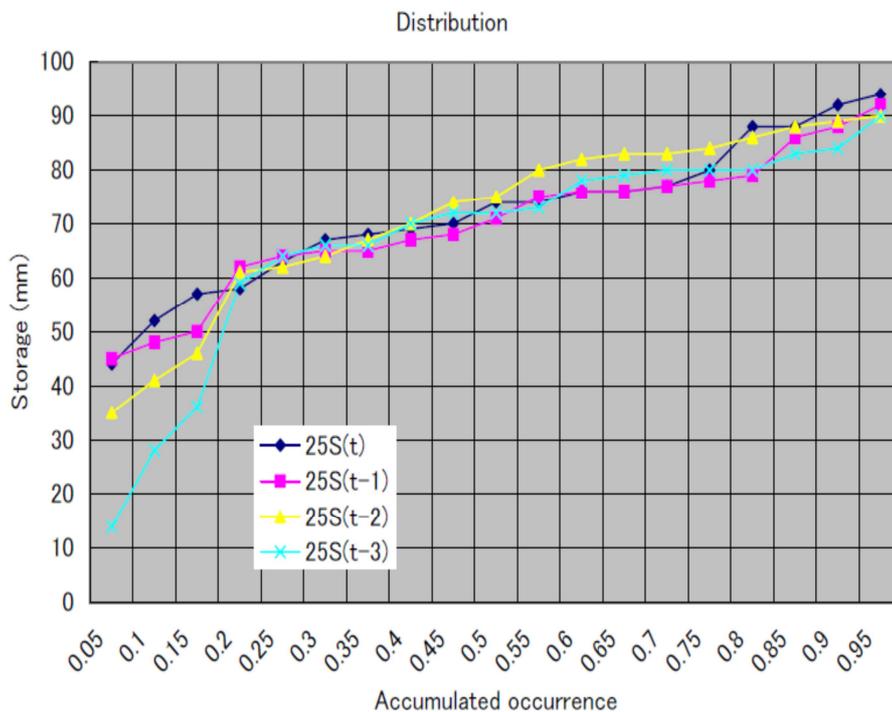


(結果の評価)

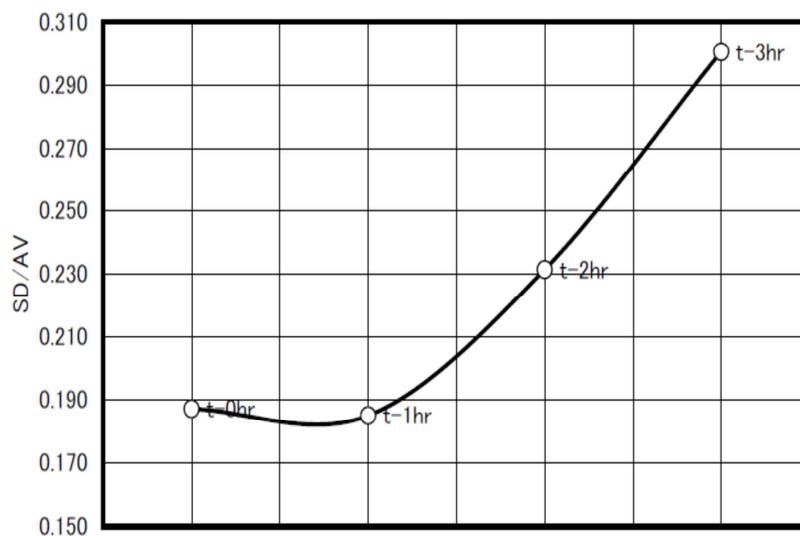
そこで、標準偏差を平均値で除した  $SD/AVE$  でみると、 $K = 40$  辺りの偏差が最も小さいように見える。いずれにしても、サンプル数が少なく、偏りがあるため、確かなことはいえない。

### Time lag の検討

イベントの発生と流域残貯留量の中にタイムラグがあるかどうか検討する



SD/AV vs. Timelag (K = 25)



(結果の評価)

Timelag -1hr の標準偏差が最も小さいが、Time lag 無しとの差は殆どない。

### 3. 今後の課題

- a) 今回の予備検討の事例には、同じ気象現象による事例が多く含まれており、統計的に危険度のポテンシャルを調べるためには、単に数が少ないだけでなく、問題がある。実際には、多様な地形、地質、履歴を持つ数多くの降雨パターンについて調べる必要がある。
- b) いわゆる「まとまり」をSD/AVEで代表できるのか。SD/AVEの意味は何なのか。
- c) 多孔式のアナログモデルの製作は容易ではない。階段状の近似はやむないとしても、貯留関数のKの最適値が10以上では、1mm以下の孔を使う必要があり、目詰まりが懸念される。この解決には断面積が大きな容器を使うことも考えられるが、趣旨からして余りに大きなものは望ましくない。
- d) この場合は、メカニカルなシミュレーターを作ることは断念せざるをえないが、累加降水量をキッチンスケールで量るような簡易なデジタル雨量計が開発されれば、パソコンやマイコンを使ったシミュレーター/警報器を作ることができるだろう。
- e) 「これまでに日本で発生したxx件の土砂害のうち、xx%はこの残貯留量以下で発生している」というコンセプトと表現が、危険度の指標として一般に受け入れられるか。
- f) 受け入れられるとして、この指標が何年か後には、地域に適した指標として自律的に発展しているのか。