

3.1 土砂災害防止のための降雨のとらえかたと表現方法に  
ついての私案

## 土砂災害防止のための降雨のとらえかたと表現方法についての私案

広島大学総合科学部 海堀正博

我が国では土砂災害の多くが雨と関係している。そのため降雨状況を把握することによって土砂災害につながる崩壊や土石流の発生を予測し、警戒や避難につなげることが望まれる。

- 雨の降り方
  - 量とタイミング
    - 過去の災害について分析
    - これからの雨による災害に備える

斜面を構成している土の強度を土質力学的に考えたとき、雨量が多くなって土が飽和する状態の時が最も危険な状態(ただし、飽和過程においても強度はしだいに低下している)

- 崩れるための素因があるかどうか
  - 地質的に崩れる可能性のある場所
    - 風化して強度の低下しやすい土壌層を形成した場所
    - 風化して破壊しやすい節理面や割れを形成した場所
    - 集水構造のある場所(地下の水みちとの関係)
  - 地形的に崩れる可能性のある場所
    - 傾斜が 30° 前後以上の場所
    - 集水構造のある場所(地表面形状との関係)
  - 崩れるための土壌層の存在
    - 地表植生・根系との関係
      - 土壌層が薄いと飽和して崩れやすいが土砂量は多くならない
    - 土壌層が厚いと地下水面を形成するのに時間がかかることから飽和しにくい、崩れたときには土砂量は多くなる
- 雨の降り方
  - 局地的集中豪雨の場合、数 km より小さい範囲でも全く異なる
  - 実際の土砂移動現象との関連を厳密に見ようとするなら、土砂移動のあった場の降雨について検討することが必要
    - 現実には困難、推測の域を出ない
  - レーダーの利用
    - 必ずしも地上にもたらされる雨量とは一致しない
      - メッシュデータとして整理する場合、必ずしもメッシュの細かさと精度が直結するわけではない
      - 面的表現容易だが、あくまでも傾向を示すものとして認識すべきではないか

- 雨の量と経過時間
  - 土の透水係数と短時間降雨強度や雨水の集まり方
    - 雨量のすべてが地盤中に取り込まれるかどうか
      - 降り始めは、表層土壌層の浸透能 > 降雨強度
      - 降雨のすべてが取り込まれるはず
    - 豪雨の場合は浸透できなくなり水が移動しつつもたまる状態になる
    - 雨水の集まり方を支配する要因は
      - 微地形、傾斜、土壌層の状況、節理や割れ目や風化層などの地質構造、植生、人為的なもの等
    - 降雨量以上の水が取り込まれる可能性
  - 経過時間により過去の雨の影響が減少していく要因は
    - 斜面の任意点ごとに雨水の集まり方が異なるので過去の雨の影響の仕方も異なる
      - 厳密に扱うとなると、微地形も考慮した小流域の考え方が必要
      - 一方で、警戒避難に使うためのおおよその危険度を知る目的であれば、一律として考えることもあってもいい
  - 現時点より前から斜面の土の強度は低下した状態にあるかもしれない
    - たとえば、地震の強い振れにより強度が低下した斜面
    - あるいは、強風により立木からの攪乱を表層土が受けている斜面
    - あるいは、過去の豪雨により崩壊寸前にある(あった)斜面
      - 飽和に至る前の強度低下過程において崩壊を起こしてしまう可能性も
    - しかし、強度低下の程度や継続時間は今のところ知ることが難しい
      - 落石や崩壊、がけ崩れなどはちょっとしたきっかけで起きてしまうことがある
      - すべてを土砂災害発生危険基準に含めることはいい考え方とは思えない

以上のことから、降雨を何に利用するかで精度を変えることがあってもいいと思われる。

すなわち、自然科学の発展に寄与する立場あるいは住民への避難指示等に使う防災行政の立場からは、物理現象としての降雨のとらえ方や表現方法において、より厳密に、より精度の高いものを追究する姿勢は常に必要である。

しかし同時に、住民がみずからの防災意識を高める目的であれば、むしろ直感的にも危険の迫りくる状況がとらえやすい表現方法、ある程度の精度であっても状況が想像しやすい降雨のとらえ方が望ましいこともあろう。

2003年の福岡県、熊本県、大分県などでの災害を考察するにあたり、雨量観測値をインターネットで入手した。どの県も観測点密度は現状ですでに5~6kmに1点存在することがわかった。あとはいかにリアルタイムに近い状態でこのデータが利活用できるかにかかっているといえる。

以上は降雨のとらえかたについてのみ簡単に記したものだが、土砂の到達範囲や速度等についても同様であると考えている。

## 水俣市宝川内地区集川土石流災害 における土砂動態特性の検討

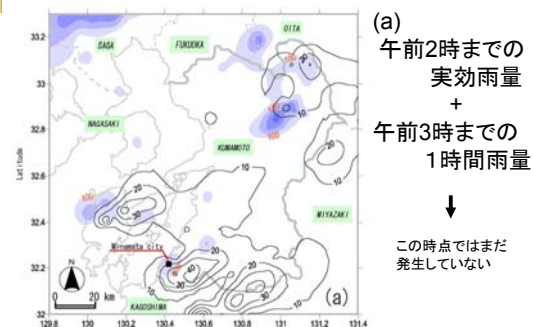
海堀正博(広島大学総合科学部)  
古澤英生(宮崎県西臼杵支庁林務課)  
西村 賢(日本総合研究所)  
大村 寛(九州大学大学院)

## 研究の内容

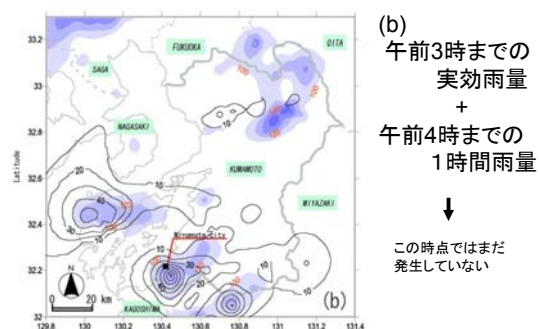
- 土石流発生につながった降雨状況の把握
- 土石流の流下痕跡調査からの流速推定
- 源頭部崩壊地からの流出土砂量把握
- 流路の侵食堆積からの土砂量把握
- エネルギー線と等価摩擦係数の考え方をを使った土石流流速の推定

## 誘因としての降雨について

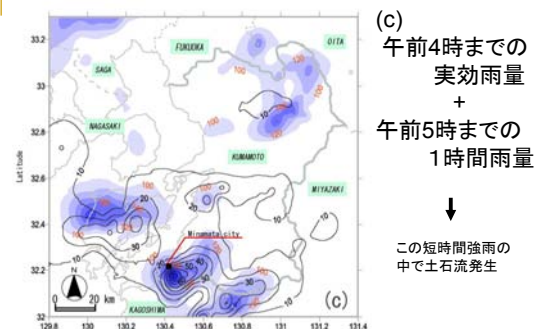
- 6月30日～7月20日の観測降雨を収集  
アメダスから九州内の152観測点  
熊本県管轄145観測点  
国土交通省管轄の九州内211観測点
- 先行降雨(72時間半減実効雨量)と  
それに加わる短時間強雨(1時間雨量)として  
地図上に整理



実効雨量は72時間半減で計算し、20mm間隔のグラデーションで、  
また、1時間雨量は等雨量線として表現



実効雨量は72時間半減で計算し、20mm間隔のグラデーションで、  
また、1時間雨量は等雨量線として表現



実効雨量は72時間半減で計算し、20mm間隔のグラデーションで、  
また、1時間雨量は等雨量線として表現

## 源頭部崩壊地および流路各位置における侵食堆積土砂量の把握

- 発生前後について9本(源頭部崩壊地)および21本(流路)の横断測線

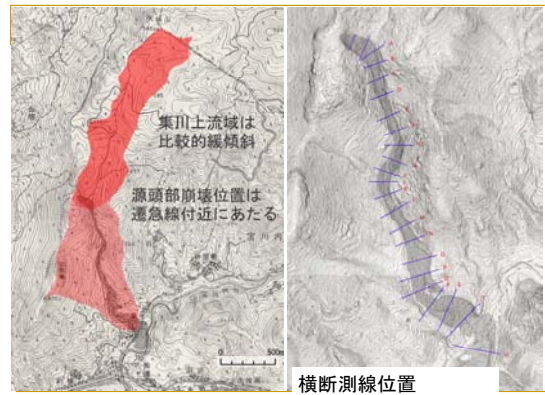
発生前は国土地理院1/2.5万地形図使用

発生後は航空レーザー測量による

1mコンター図(アジア航測(株)製) および  
2mコンター図(朝日航洋(株)製) を使用



- 推定約31,000m<sup>3</sup>の崩壊土砂が集川に流出しその後、侵食と堆積



## 現地での流下痕跡状況の把握

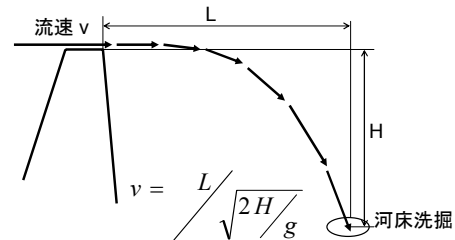
- 曲流部の兩岸の流下痕跡標高差(9地点)
- 堰堤越流後の河床洗掘(3地点)
- 道路のスロープへのせり上がり(2地点)
- 流路側岸スロープでの(1~3地点)



流速の推定

## 堰堤越流後の河床洗掘

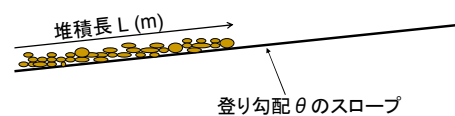
最も単純に、流速  $v$  (m/s) でジャンプしたと考え、堰堤と洗掘の位置関係から流速が推定できる。



## 道路のスロープへのせり上がり

- 初速  $v_0$  (m/s) で勾配  $\theta$  のスロープを斜距離  $L$  (m) だけのぼって停止。動摩擦係数として等価摩擦係数  $\tan \alpha$  を採用すると、

$$v_0 = \sqrt{2g(\sin \theta + \cos \theta \cdot \tan \alpha) \cdot L}$$





### エネルギー線と地表との標高差から 推定される流速

途中に等価摩擦相当分以上のエネルギー損失がなければ、

$$v = \sqrt{2g \Delta H} \quad \rightarrow \text{しかし、この算出値でも大きすぎる?}$$

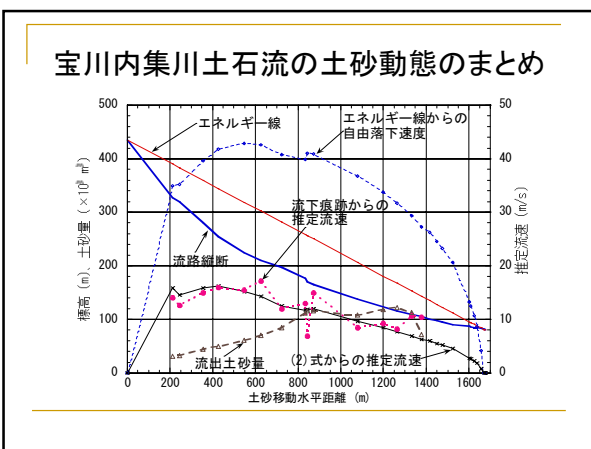
そこで何らかの他の減衰も仮定して、鉛直下向きの速度を、移動開始点からある地点を勾配 $\beta$ で見おろした方向の速度成分とし、

$$v_1 = \sqrt{2g \Delta H} \cdot \sin \beta \quad \dots(1)$$

さらに、ある地点の流路勾配 $\theta$ の方向成分として、

$$v_2 = \sqrt{2g \Delta H} \cdot \sin \beta \cdot \cos(\beta - \theta) \quad \dots(2)$$

などで減衰させると、 $v_2$ の算出値は現地調査での推測値と近くなるようだ(次図)。ただし、現時点ではまだ合わせただけである。



### まとめ

- 72時間半減の実効雨量による先行降雨が200mm程度以上のところに、80mm/h程度以上の短時間強雨が加わるパターンの降雨が土石流の発生につながった。
- 源頭部崩壊地から約31,000m<sup>3</sup>、下流での流出土砂量は少なめでも約12万m<sup>3</sup>に。
- 流速変化の傾向は土砂量の増減との関係も含めた運動エネルギーの変化傾向と関連づけられると考えられるが、流速や土砂収支における精度の問題があり、今回のデータだけではわからなかった。