

広島土砂災害の豪雨および土層特性 —豪雨災害論へのアプローチ—

○林 拙郎(静岡大学)・山田 孝(三重大学)

1. はじめに

土砂災害が注目されるようになって久しいが、地震災害を除くとその多くは豪雨によるものであり、豪雨との関連に関する研究は重要となっている。これまで、気象学的に厳密な「豪雨」の定義はできていない(津口・加藤, 2014)ようであり、気象を応用する立場からは漠然と用いることが多かったようにみられる。また、「豪雨」の用語は、新聞などで災害との関連で使われることが多く、豪雨災害論の立場からも有用な定義が必要である。本稿では、豪雨の特徴を気象学的な成果と既往の豪雨災害の研究より、時間的・空間的な面から考察して豪雨の定義を行い、豪雨災害論へのアプローチとしたい。このような検討の後、2014年、1999年の広島土砂災害を実効雨量法から検討し、係数特性値と土層構造について考察する。

2. 豪雨の特徴と定義

(1)豪雨のスケール これまでの豪雨についての議論は、災害面からの必要性が高かったにもかかわらず、降雨状況と関連して気象現象(大気-降水過程)から議論されることが多く、作業仮説として豪雨を定義して多量降水の発生機構の研究に取りかかるという色彩が強かった。これは、データに詳しいということもあり、気象研究者が先行した。例えば、小倉(1991)は、日雨量 100mm 以上の降雨を「豪雨」として分析を行っており、気象研究所(2016)に従えば、「災害をもたらした」うる大雨を『豪雨』ということになる。

また、主な大気擾乱の時間スケールと空間スケールに密接な関係があることを見出した olranski の手法に基づき、高橋(2005)、中北(2015)らは、日本の現状に具体的にあてはめ各メソスケール(メソ γ , β , α)に対する時間・空間スケールを設定した。

(2)驟雨・大雨・長雨 一方、従来からの災害の主なものは、河川が異常洪水によって破堤する水害であり、浸水などの被害が発生していた。したがって、河川工学の研究者は、従来「豪雨」という用語をあまり用いず、堤防計画との関連で「大雨」、「長雨」という用語(須賀, 1983)を用いており、洪水対策を主要な研究対象と考えていた(豪雨に着目するようになったのは、後のことのような)。須賀(1983)は、大雨、長雨に関連した継続時間と降雨強度に関連して次のように述べた。「一般に長雨の雨量強度(降雨強度)は小(で継続時間は長い)、大雨の継続時間は短い(が、降雨強度は大)」、括弧内は筆者が追加した。

これらの考え方をまとめ、筆者は豪雨のスケールと降雨強度の概念を踏まえて、「ゲリラ豪雨」、「集中豪雨」、「長大豪雨」を図-1のように表す。三つの豪雨形態は、それぞれ「驟雨」、「大雨」、「長雨」に対応し、降雨強度と降雨の時間・空間スケールとも対応している。各豪雨と各降雨現象との間には降雨強度が密接に関係する。降雨日数が長くても降雨強度が小さければ、単なる長雨であり、継続時間は短い(が、降雨強度の大きい激しい雨は、まさに驟雨ということになる。各豪雨には、時間スケールもさることながら最大の降雨強度の大きさが重要である。図-1では、長雨に対応する長大豪雨の最大の時間雨量を 30mm/h とした。

(3)豪雨の定義 以上の検討より、豪雨が降雨強度に左右されることが重要であるが、降雨状況を見ると一定降雨強度の雨が降り続けている訳ではなく、強い雨や弱い雨を伴うのが普通である。強い雨の基本は積乱雲にあり、その集まりが強雨である。そして強雨が連続する状況が豪雨であり、時間的、空間的スケールによって三つの豪雨形態が発生すると考えられる。したがって、豪雨は強雨によって構成されるので、強雨の

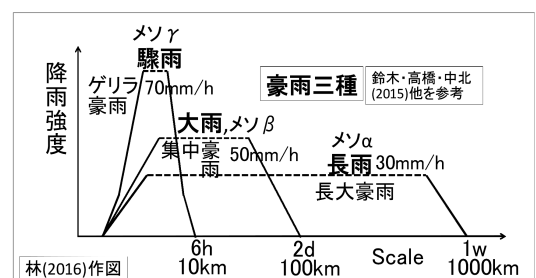


図-1 豪雨のスケールと降雨強度

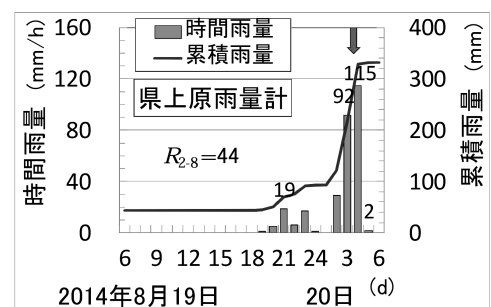


図-2 2014 広島災害の時間雨量

集まりとして豪雨を定義するのが妥当であろう。

ここで、強雨を時間 30mm/h 以上の降雨の集合体とすると、豪雨は数時間以上降り続く降雨の中に強雨が含まれる場合、およびこの状況が数日以上続く場合と定義できる。ただし、継続時間が短いほど、降雨強度は大となる。図-2 に示す 2014 年の広島土砂災害の場合には、「ゲリラ豪雨」が該当することになる。

3. 広島土砂災害と実効雨量の係数特性

筆者ら(林・山田,2013, 2015)は、表土層内の水貯留量を表す実効雨量式に 1 段タンクモデルを組合せ次式を示した。

$$D_i = R_i + aD_{i-1}, \quad a = 1 - b, \quad b = b_s + b_b$$

D_i : 時刻 i での実効雨量(水貯留高), R_i : 時刻 i までの 1 時間雨量, a, b : 係数, 限界実効雨量 D_c は 270mm である。実効雨量の係数の求め方は、この時刻にて実効雨量 D_c が 270mm となるように係数 a, b を試算的に求めることができる。

(1)2004, 1999 災害の豪雨と実効雨量 2014 年広島土砂災害は、図-2 あるいは図-3 に示すように 8 月 20 日 03 時 50 分に発生した模様である。この発生時刻には、土砂災害関連通報数の合計の 2 割に達した時刻を用いた(図-3)。実効雨量は県上原雨量計の雨量を用い、地域雨量 $R_{1/2}$ としてアメダス三入を用いた。また、1999 年広島土砂災害の当日 6 月 29 日の時間雨量と 8 日前からの累積雨量を図-4 に示す。算出に用いた雨量計は県魚切ダム雨量計である。この場合、先行雨量が 161mm であり、2014 年広島災害と比較すると、約 120mm 上回るのが特徴である。

図-5 中の「広 4」と「広 9」が今回求めた実効雨量の係数特性値であり、火山地域は既報(林・山田,2016)のデータである。また、「防」は 2009 年防府災害の係数特性値である。この図の中で、係数特性線よりかなり離れて目立つのが「広 9」の特性値である。以下で考察する。

(2)1999 災害時の係数特性値と土層構造 実効雨量の算出

で限界値を 270mm と設定したのは、土層深 1m 程度の表層崩壊を対象としたものである。図-5 の係数特性線上の土層深も 1m 程度と考えられる。谷田部ら(1986)は室内実験他にて土層深 1m の崩壊発生雨量が 270mm であることを示している。ここで、「広 9」の対象地域は、花崗岩からなる八幡川流域であり、この地域の土層深は浅い(海堀他, 1999)とされている。また、中田ら(2000)は 0.5~1.0m としている。一方、濱沖ら(2007)は、八幡川流域にてシーティング節理が発達していることを報告しているが、花崗岩の内部にも特有の節理構造もあるものと考えられる。ここで、図-5 の係数特性線に対して「広 9」の地域雨量に対応する流出排水係数 b を求めると 0.04 であり、この値を用いて実効雨量を用いると、208mm となる。この値を谷田部らの実験と対応させると土層深は 75cm となり、中田らの八幡川流域の土層深と対応している。

参考文献 濱沖俊史・横田修一郎・崎村信行(2007)島根大地球環境学報告 26. 林拙郎・山田孝(2013)砂防学会誌 66(2). 林拙郎・山田孝(2015)地盤工学ジャーナル 10(1). 林拙郎・山田孝(2016)自然災害学会 34(4). 海堀正博・石川芳治・牛山素行・他(1999)砂防学会誌 52(3). 気象研究所 URL(2016)局地豪雨の解析・予測研究. 中北英一(2015)地球温暖化講習会資料. 中田慎・白井伸浩・伊藤浩・他(2000)第 49 回砂防学会概要集, 346-. 小倉義光(1991)天気 38(5). 須賀堯三(1983)土木学会誌 68(9). 鈴木博人・高橋日出男・中北英一(2015)自然災害科学 34(特別号). 高橋日出男(2005)学芸地理 60. 津口裕茂・加藤光元(2014)天気 61(6). 谷田部龍一・榎 明潔・八木則男(1986)地すべり 23(2).

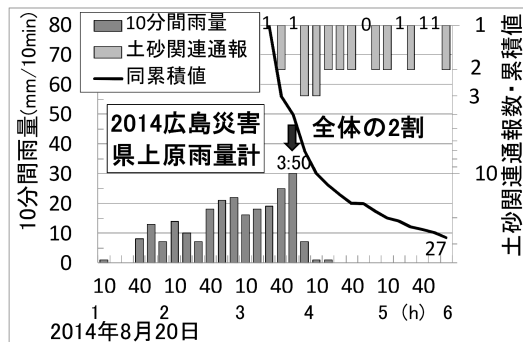


図-3 土砂関連通報と土砂災害発生時刻

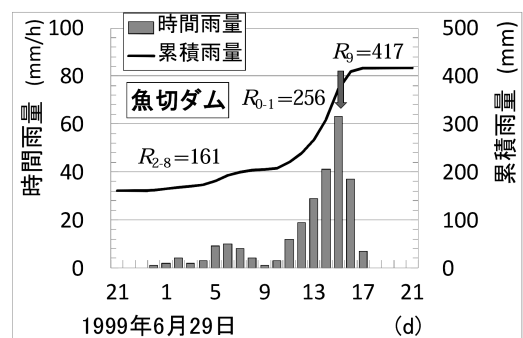


図-4 1999 年広島災害の時間雨量

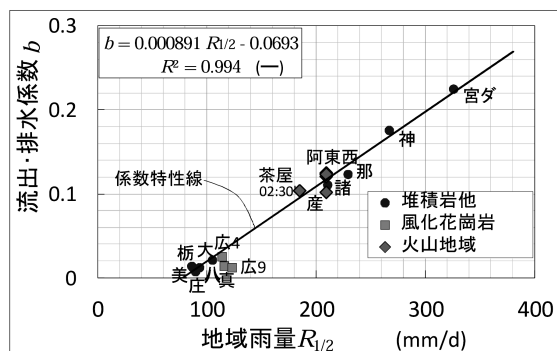


図-5 実効雨量の係数特性値