

□26年8月20日の豪雨災害における 土砂災害危険度評価の実際と今後の課題

土田 孝

1. 災害発生の経緯と降雨条件

2014年8月20日未明、広島市安佐南区と安佐北区では、午前1時半頃に始まった猛烈な集中豪雨により、午前3時半前後に土石流（107か所）と崖崩れ（59か所）が同時多発的に発生し多数の住宅がのみ込まれた。人的被害は死者74名、負傷者44名、家屋被害は全壊133棟、半壊122棟、一部損壊175棟、床上浸水1302棟、床下浸水2829棟であった。

災害が発生した8月19日から20日にかけて、太平洋高気圧の縁を周った暖かい湿った空気が豊後水道を通して広島に向かって流れ込み、広島市付近の大気の状態が不安定になった。図-1は大きな被害が発生した安佐南区八木三丁目に設置された高瀬雨量計と安佐北区三入東雨量計における8月18日から1時間雨量の推移である。図のように18日は降雨が無く、19日の午後8時から9時に約20mm、10時から11時の間に約12mmの降雨があり、いったん小康状態となった。その後、20日午前0時頃から広島市西部で再び強い降雨があり、1時30分頃から安佐南区と安佐北区を中心とする幅3km、長さ15kmの細長い帯において時間80mmを越える猛烈な雨が約2時間以上続いた。これは、積乱雲が次々と発生するバックビルディング現象によって、南西から北東に延びる線状降水帯がこの地域に次々と形成されたためである。図-2は、高瀬雨量計と三入東雨量計における10分間雨

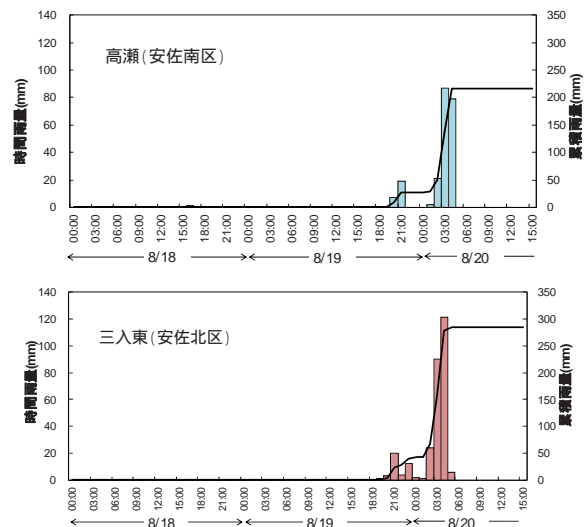


図-1 安佐南区高瀬雨量計と安佐北区三入東雨量計における18日0時からの時間雨量と累積雨量

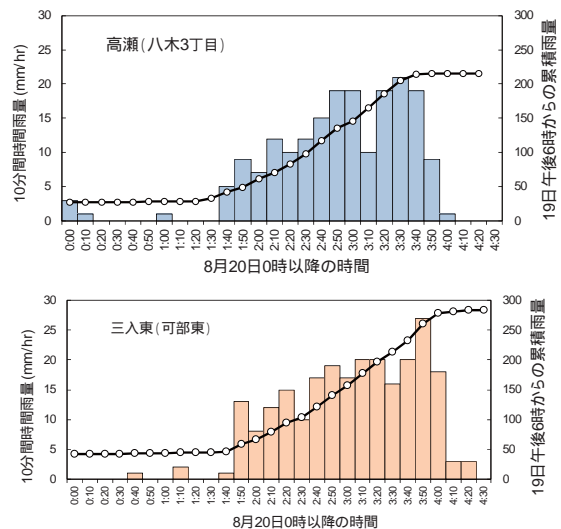


図-2 安佐南区高瀬雨量計と安佐北区三入東雨量計における19日10分間雨量と18日からの累積雨量

量と19日午後6時からの累積雨量であるが、20日午前1時30分頃の降り始めから10分間雨量で6～14mm（時間降雨で36～84mmに相当）の猛烈な雨となり、それが2時間強連続している。この降雨によって土石流と崖崩れは降り始めから約2時間経過した3時半前後に集中的に発生した。

2. 本災害での行政による防災情報の提供

2.1 防災情報の発令状況

広島气象台、広島県、広島市による土砂災害に関する各種警報、避難勧告および避難指示の発令状況は以下のとおりであった。

19日

- 21時26分 広島气象台が大雨洪水警報発令
- 23時33分 洪水警報解除

20日

- 0時57分 洪水注意報
- 1時15分 広島県と広島地方气象台が土砂災害警戒情報を発令（広島市、廿日市市）
- 1時35分 土砂災害警戒情報（大竹市、北広島町を追加）
- 3時40分 土砂災害警戒情報（安芸高田市を追加）
- 4時15分 広島市が避難勧告（広島市可部、三入、三入東、可部南、大林の各地区）
- 4時30分 広島市が避難勧告（梅林、八木、緑井、山本の各地区）

以上のように、広島市が被災箇所を対象として避難勧告を発令したのは4時15分および4時30分であり、災害発生よりも45分～60分遅かった。特に1時15分に土砂災害警戒情報が広島県・広島气象台から発令されているにもかかわらず災害発生の前に避難勧告がなかったことについて、広島市の対応の遅れが指摘された。以下に、本災害における土砂災害警戒情報の発令および広島市にお

ける避難勧告の判断の経緯について検討する。

2.2 土砂災害警戒情報の判定と発令¹⁾

土砂災害警戒情報は、広島県と広島地方气象台が連携して発令する防災情報である。図-3に、土砂災害警戒情報の判定方法を示す。横軸は長期的な雨量指標のひとつである土壌雨量指数をとり、縦軸に直近の時間雨量をとる。このグラフ上に、過去に土砂災害が発生した事例あるいは発生しなかった事例における土壌雨量指数と1時間雨量をプロットして分析することにより、土砂災害の発生を示す限界基準線（CL線）を求めることができる。広島県では、広島県内を5km×5kmのメッシュに分割し、それぞれのメッシュごとに過去の土砂災害の記録をもとにCL線を決定している。さらに、各5kmメッシュの中は1kmメッシュで分割されており、土砂災害警戒情報の判定は以下のように行われている。

- 1) レーダー雨量の測定値をベースに地上で観測された雨量計のデータでキャリブレーションを行い、県内の各1kmメッシュにおける降雨量を計算で求める。これを解析雨量と称する。
- 2) 各1kmメッシュにおいて1時間後の降雨量予測値、2時間後の降雨量予測値を計算する。1kmメッシュごとにスネーク曲線を描き、実況及び1時間後、2時間後にCL線を越えるかどうかを判定する。CL線を明確に越えるメッシュで土砂災害発生の危険性がある。

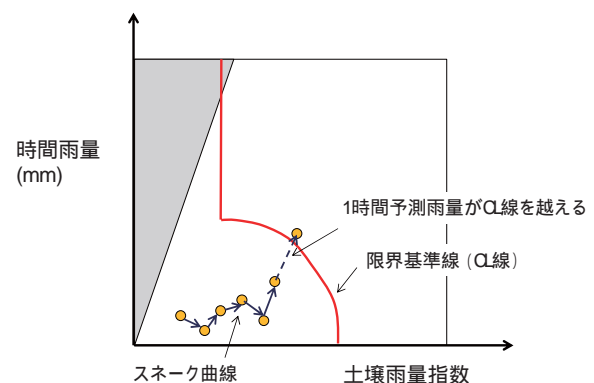


図-3 土砂災害警戒情報の判定方法

3) 5 km メッシュ内でCL線を越える1 km メッシュがある場合、5 km メッシュ全体を土砂災害の危険性があるとみなす。

以上のように、土砂災害警戒情報は気象台が計算した1時間後、2時間後の雨量予測値を用いて土砂災害の危険性を予測する点に特徴がある。

図-4は、0時30分の降雨による解析雨量（実況）と1時間後および2時間後の予想雨量を用いた判定結果である。図のように、この時間帯には広島県の西部で降雨があり、この降雨によって3つの5 km メッシュが1時間後（1時30分）にCL線を越えると予想され着色した。この結果は0時50分に判明したが、広島県砂防課と広島地方気象台は協議の結果、1時15分に土砂災害警戒情報を発令した。なお、広島県と広島地方気象台では1 km メッシュで判定がCL線を越えると判定されても自動的に土砂災害警戒情報を発令するわけではなく、今後の気象変化の見通しなどを考慮し協議のうえ発令するかどうかを決めている。

このように1時15分に土砂災害警戒情報が広島市と廿日市市に発令されたが、図-4からわかるように、広島市でこのときに対象となったのは佐伯区であり、今回被災した箇所とは10km程度離れている。この時点で避難勧告を出すとすれば佐伯区に出すことになり被災した安佐南区、安佐北区は対象にならない。図-5は、2時00分における5

km メッシュごとの判定図である。この結果が示されたのは2時20分頃であり、この時刻において被災地全体が土砂災害警戒情報相当の危険度評価となったといえる。この時点で大竹市、廿日市市では実況（2時00分）で基準値を超過するメッシュが拡大している。ただし、廿日市市、大竹市では結果的に被害は発生しなかった。以上のように、被災した安佐南区、安佐北区の双方が土砂災害警戒情報発令の危険度に到達したと判断されたのは2時00分における実況降雨と1時間後の予測雨量であり、これらが判明した時刻は最短で2時20分頃であったといえることができる。しかし、広島市消防局の地域防災計画では土砂災害警戒情報による各メッシュごとの判断は参考情報という位置づけであり、今回の災害では避難勧告発令の判断には結びつかなかった。

2.3 広島市消防局における土砂災害警戒避難基準雨量を用いた危険度判定

広島市消防局は土砂災害警戒避難基準雨量を用いた危険度判定システムを採用している。本方法は、国土交通省による土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針（案）によるA案を改善した矢野による手法である²⁾。広島県では1999年に死者・行方不明者32名、負傷者54名、損壊家屋4,785戸という甚大な被害をも



図-4 20日0時30分の雨量に関する5 km メッシュごとの判定図

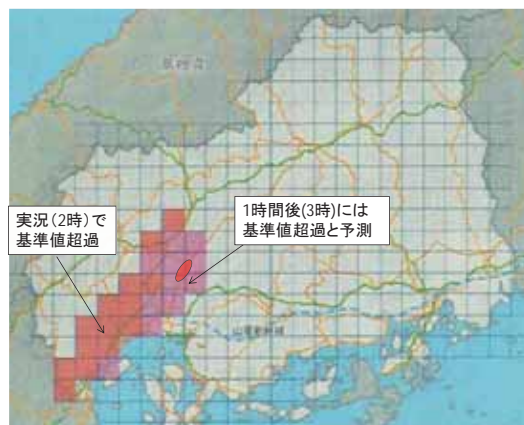


図-5 20日2時00分の雨量に関する5 km メッシュ判定図

たらした平成11年6.29災害（豪雨）が発生しており、広島市ではその後に本システムにより土砂災害の危険度を判定することとした。

図-6に、広島市における土砂災害警戒基準線 WL と避難基準線 EL の求め方を示す。図の横軸は土石流の発生1時間前の実効雨量（mm）であり、縦軸は土石流発生までの1時間に降った雨（mm）である。危険な領域を判定する CL 線は、過去の土砂災害の発生と雨量の関係からそれぞれの広島市内の10の防災ブロックごとに定められている。図の横軸である実効雨量 R は次式を用いて計算する。

$$R = R_0 \times 0.5^{1/T} + r_1$$

ここに、 R_0 : 1時間前の実効雨量、 T : 半減期（72時間）、 r_1 : 直近の1時間雨量である。図-6の縦軸の値として広島市では土石流発生1時間前の雨量として5年確率1時間雨量を用いている。図のA点がこれを表しており、これより図のように避難基準雨量 R_2 が求められる。5年確率2時間雨量をBとすると、 R_2 から $(B-A)$ を差し引いた雨量が土石流発生2時間前の実効雨量となるので、これを警戒基準雨量 R_1 とする。安佐南区佐東では避難基準雨量160mm、警戒基準雨量150mmであった。

広島市では実効雨量の計算に用いる雨量として、各消防署等に設置した雨量計の雨量あるいは広島県が設置した雨量計のデータを用いている。実効

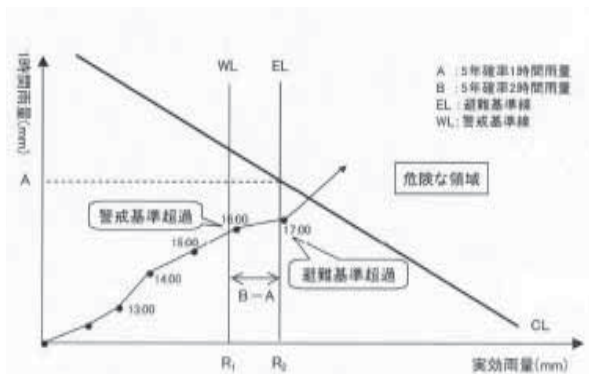


図-6 広島市消防局における土砂災害警戒基準線（雨量）、避難基準線（雨量）

雨量の計算は「毎正時ごと」に実施し、警戒基準雨量に達したときに避難準備情報、避難基準雨量に達したときに避難勧告をそれぞれ発令すると定めていた³⁾。

今回の豪雨において、安佐北区で被災した可部南部ブロックにおいて、広島市消防局の方法で実効雨量を計算しその推移を図-7に示した。雨量は上原の雨量計（広島県）で観測した雨量を用い、計算は毎正時ごとである。図のように、2時の段階で実効雨量は99.5mm であり、警戒基準雨量を十分下回っている。しかし、3時になると実効雨量は190.6mm と急上昇しており、すでに避難基準雨量を30mm も突破している。これはこの1時間の雨量が92.0mm という猛烈な雨であったためである。このため3時の雨による実効雨量が判明したとき（雨量データを収集し計算に要する時間を含めると消防局で3時15分、さらに各区に伝達されたのは3時20分であった）にはすでに全く危険な状態になっていた。広島市消防局では3時20分から避難勧告発令の準備に取りかかったが、該当校区ごとの避難所開設の準備、自主防災組織などへの連絡などに時間を要した結果、避難勧告の発令は安佐北区に4時15分、安佐南区に4時30分となり、発災時刻よりも遅れる結果となったのである。

以上の経過をみると、今回の雨に対して広島市消防局の土砂災害危険度判定システムはほとんど

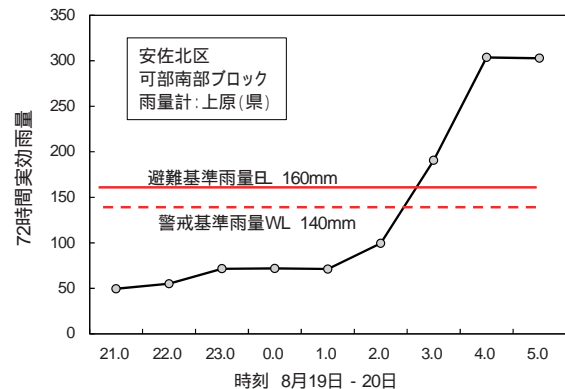


図-7 安佐北区可部南部ブロックにおける実効雨量の推移（毎正時ごとに計算）

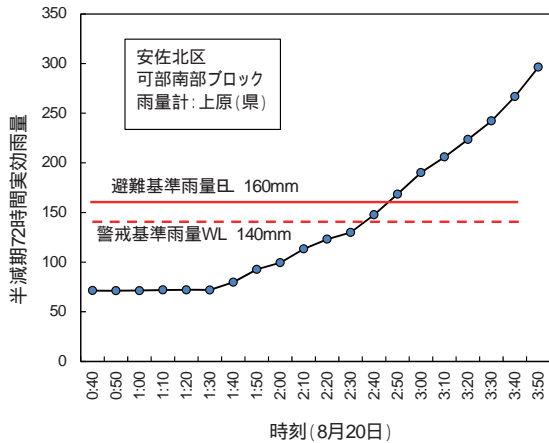


図-8 安佐北区可部南部ブロックにおける実効雨量の推移 (10分ごとに計算)

機能しなかったといつてよい。その原因は、雨が短時間に急激に強くなったことであり、このような雨に対して毎正時ごとの実効雨量の計算ではうてい間に合わなかったとも考えられる。雨量計のデータは10分ごとに計測されているので、10分ごとに実効雨量を計算した場合を考えてみる。図-8にその結果を示すが、10分ごとに実効雨量を計算すると、2時40分に警戒基準雨量を、2時50分に避難基準雨量を突破している。したがって、この方法では2時50分の段階で避難勧告が必要と判定されるが、図-8をみると2時以降急激なスピードで実効雨量が増加していることがわかるので、増加傾向を考慮すれば2時20分頃には避難基準雨量にまもなく達すると予想できた可能性がある。その場合でも土石流が一斉に発生する約1時間前であり、深夜であったこと、避難行動が危険となるほどの猛烈な雨であったこと、避難所の開設準備に要する時間などを考慮すると、災害の前に避難勧告を出すことは容易でなかったと思われる。

3. 急激な気象変化により生じる猛烈な雨に対する危険度判定と避難勧告発令の考え方に関する提言

今回の広島土砂災害は、急激な気象の変化により線状降水帯が形成されて、特定の範囲に時間80mmを越える猛烈な雨が突然降り出して2時間以上継続することにより、大きな被害が発生したものであった。行政による避難勧告が災害発生に間に合わなかった原因を検討すると、今後このような豪雨災害に対処するため以下のような対策を講じることが考えられる。

- 1) 今回の災害のように豪雨災害の進展速度が非常に早くなっていることを考えると、雨量データ収集と処理、避難基準雨量やそれによる危険度判定結果の表示の自動化・高速化により、少しでも早く状況を把握できるシステムとする必要がある。
- 2) 土砂災害警戒情報の判定に用いられるメッシュ情報を活用して早期に避難勧告を出すことを検討すべきである。
- 3) 広島市の避難勧告は「避難所への避難」を前提としていた。このため、避難勧告の発令に当たっては避難所開設の準備や連絡が必要となり、避難勧告の発令が遅れる要因となった。1) や 2) の改善を行っても、土砂災害の危険を予測できるのは発災の約1時間前がぎりぎりであるので、「避難所への避難」を前提とせず、危険が迫っていることを当該地域の住民に直ちに周知する発令方法を検討する必要がある。
- 4) 急激に進展する豪雨に対しては、避難所の開設が間に合わなかったり、避難所に行くために外に出ることがむしろ危険な場合が十分考えられる。住民が自ら危険を判断し、早期に適切な防災行動をとることができるように訓練や準備を行う必要がある。今回の災害では、住民が危険を察知し、斜面から遠い2階の部屋に垂直避難することや、近所のコンクリート構造物の中

に避難することにより、難を逃れたという事例があった。

現在、広島市では上記のような考え方で土砂災害対策を改善する取り組みがなされている。また、土砂災害に関する警戒・避難の情報を地域全体に発信するのではなく、土砂災害特別警戒区域や警戒区域の住民に対して丁寧に発信していくことで、対象となる住民により確実に安全行動を促すことも実施される予定である。急激な気象変化により、短時間で一気に危険度が上昇する今回のような土砂災害は近年多発しており、再び今回のような多

大な犠牲者を出さない土砂災害対策の高度化を実装することが急務であると考ええる。

参考文献

- 1) 土木学会・地盤工学会 (2014) : 平成26 年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書、committees.jsce.or.jp/report/node/72.
- 2) 広島市地域防災計画、<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/1203415357256/index.html>.
- 3) 寺田秀樹、中谷洋明 (2001) : 土砂災害警戒避難基準雨量の設定方法、国土交通省 国土技術政策総合研究所資料、No.5.