

「ゲリラ豪雨」と災害の関係について

A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN "GUERRILLA HEAVY RAINFALL" AND DISASTER

牛山素行¹

Motoyuki USHIYAMA

¹正会員 博(農)・博(工) 静岡大学准教授 (〒422-8529 静岡市駿河区大谷836)

"Guerilla heavy rainfall" is a newly-coined word by mass media of Japan. The four major newspaper publishing companies began to use this word frequently from the beginning of August, 2008. The definition of "Guerilla heavy rainfall" is not clear. It was found from the result of newspaper article analysis from 2008 to 2009 that short-time very heavy rainfall events are called "Guerilla heavy rainfall". In this study, the rainfall event of 80mm or more of rainfalls of 1 hour and 149mm or less of rainfalls was defined as "Guerilla heavy rainfall". 104 events of "Guerilla heavy rainfall" were extracted from AMeDAS precipitation data from 1979 to 2008. There were two victims of these heavy rainfall events in total. They killed at basement or underpass. Although inundation above the floor level occurred in 38% of event, the damage of 100 or more buildings was 9%. We may say that "Guerilla heavy rainfall" does not cause large-scale damage. However, it is necessary to keep in mind that damage caused by "Guerilla heavy rainfall" is generated well in high-risk area of flood, such as basement, underpass, low land and river park.

Key Words : "Guerilla heavy rainfall", short-time heavy rainfall events, damage by heavy rainfall, high-risk area of flood, inundation

1. はじめに

「ゲリラ豪雨」という言葉はマスメディアのみならず、ネット上や一般的な文書などで広く使われる言葉となっている。学術的な文献においても、「ゲリラ豪雨」という現象自体は既に自明の存在として、その把握や対策について述べるものも見られるようになってきている^{1) 2)}。しかし気象庁はこの語を用いておらず(「局地的大雨」等と表現)、例えば小倉³⁾は「予期せぬ時に不意に襲ってきた豪雨」、戸田⁴⁾は「狭い範囲で短時間に降る猛烈な雨」などと表現しており、テクニカルタームとしての「ゲリラ豪雨」の定義は必ずしも明瞭ではない。また「ゲリラ豪雨対策」を考える上では、この現象によってどのような災害をもたらされているのかを知ることが必要だが、個別的な事例はよく挙げられるものの⁴⁾、多くの事例をもとにした分析に基づく傾向は明らかになっていない。

そこで本稿では、まずマスメディア上での「ゲリラ豪雨」という語の扱われ方をもとに、実情としてのこの語の意味を整理する。その上で、過去約30年間の降水量統計から、「ゲリラ豪雨」的な降水イベントを抽出し、同期間の災害統計とリンクさせ、「ゲリラ豪雨」がどのよ

うな被害をもたらしているのかを明らかにすることを目的とする。

2. 「ゲリラ豪雨」という語の定義

(1) 「ゲリラ豪雨」という語の出現過程

朝日新聞及び読売新聞の記事データベースを用いて、「ゲリラ豪雨」という語を含む記事を検索し、記事数を年ごとに整理すると図-1のようになる。2007年以前にもごく少数が散見されるが、日常的に使用されるようになったのは両紙とも明らかに2008年以降である。

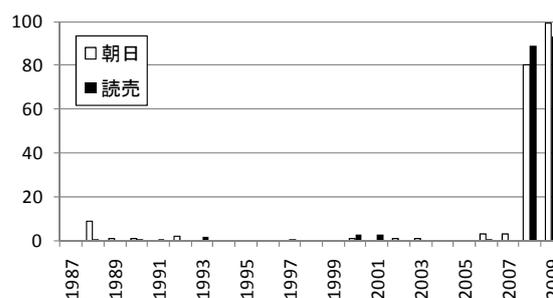


図-1 「ゲリラ豪雨」新聞記事数の経年変化

表-1 全国紙4紙の「ゲリラ豪雨」初出記事

紙名	初出日	内容
朝日	2008/8/6	豊島区の工事現場災害を報ずる記事中で、
読売	2008/7/29	コラム「凡語 都市型ゲリラ豪雨の来襲」、発生した現象の報道では8/6の近畿付近での雨の記事が初出。
毎日	2008/8/6	8/5の関東各地の雨を報ずる記事中で、
産経	2008/8/18	企画記事「地下に巨大調整池、地域ぐるみ雨水貯水 各地でゲリラ豪雨対策」。

表-2 「ゲリラ豪雨」と報じられた降雨事例

番号	年月日	発生場所	朝日	毎日	読売	産経	死者数
1	08/8/5	東京都付近	○	○			5
2	08/8/6	大阪府付近	○		○		0
3	08/8/28~29	東京都			○	○	0
4	08/8/29	愛知県岡崎市付近		*1			2
5	08/9/2~3	三重・岐阜県境付近			○		0
6	08/9/5	大阪府堺市付近	○		○		0
7	08/9/21	香川県			○		0
8	09/7/21	山口県防府市付近	○	*2			17
9	09/7/26	福岡県				○	4
10	09/8/2	福井県福井市付近			○		0
11	09/8/7	埼玉県飯能市付近	○				0
12	09/8/9	千葉県千葉市付近			○		0
13	09/8/19	沖縄県那覇市付近	○	○	○	○	4

表-3 抽出事例時のAMeDAS降水量

番号	近隣 AMeDAS	最大1時間雨量(mm)	最大日雨量(mm)	降水継続時間	他の観測地点や解析雨量の降水量記録(mm)
1	東京	53.5	111.5	9	豊島(都)1時間66, 日134
2	枚方	63.0	73.5	3	枚方(国)1時間71, 日97
3	世田谷	39.5	153.5	35	図師(都)1時間115, 日167
4	岡崎	146.5	263.5	11	
5	小津	90.0	376.5	30	
6	堺	81.0	104.0	7	
7	多度津	17.0	30.5	13	
8	山口	74.5	277.0	13	解析雨量・山口市で1時間約100
9	九千部山	76.5	309.5	64	太宰府1時間79.5, 日277.5
10	福井	56.5	94.0	16	解析雨量・福井市で1時間約80
11	飯能	22.0	43.5	3	吾野(国)1時間114, 日168
12	千葉	42.0	49.5	4	
13	那覇	7.0	12.0	5	

全国紙4紙の記事データベースを元に、2008年中の「ゲリラ豪雨」を含む記事の初出を整理すると表-1のようになる。発生した現象を報道する記事で「ゲリラ豪雨」の語が頻用されるようになったのは、2008年8月5日に東京都豊島区の下水道工事現場で作業員5名が流されて死亡するなどの被害が発生した事例についての報道が最初であると見なされる。なお、この事例の直前に当たる7月28日は、神戸市灘区の都賀川で急な出水により5名が流されて死亡する事例が発生しており、後日の記事ではこの事例をゲリラ豪雨と呼んでいる例も多く見られるが、発災直後の時点では「ゲリラ豪雨」の語は表-1中にある読売のコラム記事を除いて確認できない。

(2) 「ゲリラ豪雨」と報じられた事例と降水量記録

次に、2008年8月～2009年末を対象として、全国紙4紙で、降雨が発生した当日または翌日の記事で当該の降雨が「ゲリラ豪雨」と報じられた事例を整理すると、表-2のようになる。同一事例でもゲリラ豪雨と報じる社と報じない社があり、4紙すべてがゲリラ豪雨と報じたのは事例13のみだった。

事例4は8月29日付毎日新聞が「前線に湿った空気が流入「ゲリラ豪雨」とは別物」と報じ(表-2*1)、事例8も7月25日付毎日が「急速に発達した積乱雲が短時間の大雨を引き起こす『ゲリラ豪雨』とは異なる」として(表-2*2)、両事例が「ゲリラ豪雨ではない」との立場を取っている。事例8についての朝日記事中の「ゲリラ豪雨」は市職員の発言を紹介する文脈で用いられており、この豪雨が「ゲリラ豪雨」と報じられているわけではない。また事例9も、高速道路会社関係者の発言を紹介する文脈で用いられているものであり、同じ事例は他紙でも多数報道されているが、「ゲリラ豪雨」といった表現は見られない。これらのことから、表-2に挙げた事例のうち、典型的な「ゲリラ豪雨」事例は、事例1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13かと思われる。

表-2で抽出した事例の発生日に、発生した府県内で最も大きな1時間降水量を記録したAMeDAS観測所の記録を整理すると表-3となる。ただし「ゲリラ豪雨」は発生範囲が狭いケースもあり、これらの記録が報じられた「ゲリラ豪雨」の現象を必ずしも適切に表現していない可能性はある。従ってあまり厳密な議論はできないが、これらの記録を元に考えると、「ゲリラ豪雨」の語は日降水量二百数十mm以上となるようなまとまった規模の降雨イベント(例えば事例4や8)に対しては積極的に用いられていないようである。ちなみに対象期間中には、2009年8月9日に兵庫県佐用町を中心に全国で27名の犠牲者を出した豪雨災害が発生しているが、この事例を「ゲリラ豪雨」と報じた紙面は確認できない。また、日降水量の大きなイベントとして、例えば600mm以上の事例を対象期間から抽出すると5事例があるが、これらも「ゲリラ豪雨」としては報道されていない。「ゲリラ豪雨」という語は、おおむね最大1時間降水量が数十mm以上、日降水量が百数十mm以下、降水継続時間は数時間～十数時間の事例に使われているとみなせそうである。

3. 「ゲリラ豪雨」と被害の関係

(1) 対象事例の抽出

次に、「ゲリラ豪雨」的な降雨イベントを過去にさかのぼって抽出し、その際にどのような被害が生じているかについて検討した。新聞報道を元にした分析から、「ゲリラ豪雨」は短時間降水量のみが比較的大きい降雨イベントを指して使われているのが実態と思われるが、

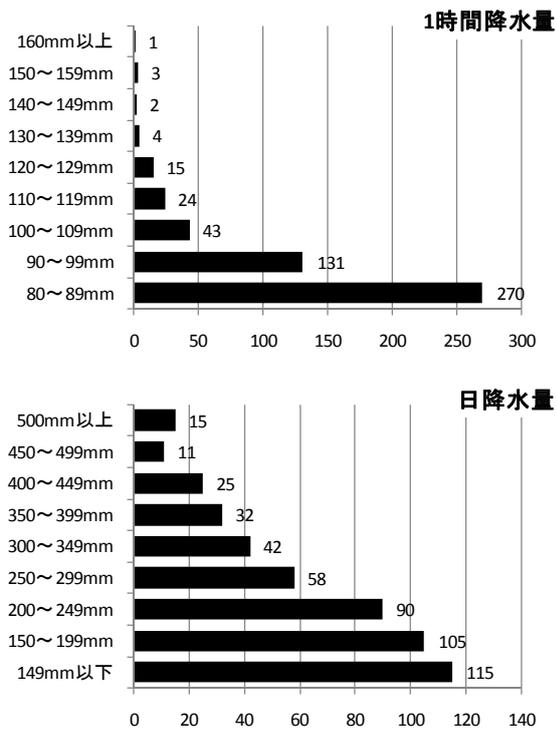


図-2 抽出事例の降水量階級分布

量的な定義は曖昧である。そこでここでは、特に明瞭な事例のみを抽出するために、気象庁が「雨の強さと降り方」⁵⁾で最も強い雨の階級である「猛烈な雨」と定義している1時間降水量80mm以上を一つの目安とした。

降水量データとしては、気象庁AMeDAS観測所の観測値を用い、集計期間は1979～2008年の30年間とした。まず日最大1時間降水量が80mm以上の日を抽出し、同日の日降水量(24時の24時間降水量)を合わせて求めた。抽出結果を図-2に示す。抽出事例数は493、1時間降水量の最大値は167mm、日降水量の最大値は844mmだった。

(2) 降水量と被害の経年的なトレンド

抽出された1時間降水量80mm以上の事例数を年別に集計した結果を図-3に示す。近年豪雨が増加傾向にあることは、気象庁の刊行物⁶⁾などでも指摘されており、よく知られるようになっている。図-3を見ても定性的にはそのように読み取れ、気候変動監視レポート⁶⁾と同様な方法で10年刻みの平均値を取ると、1979～1988年:16.2回、1989～1998年:14.7回、1999～2008年:23.4回と、最近10年間の発生回数がそれ以前に比べて多くなっている。ただし、線形回帰係数の有意性検定や、気候統計値のトレンド検定によく用いられるケンドールの順位相関係数の有意性検定では、いずれも有意水準5%で増減は有意とならなかった。短時間豪雨とは異なるややまとまった降雨イベントの例として、図-3下に示した日降水量200mm以上の事例数についても同様な検討を行ったところ、結果は同様だった。

次に、気象庁の「気象災害の統計」⁷⁾を元に、原因と

なった気象現象が「大雨」、「強雨」、「長雨」、「その他(雨)」である事例を抽出し、その主な被害を降水量データと同期間について年別に集計すると、図-4となる。1時間降水量80mm以上の事例数の場合とは異なり、図からは死者不明者数、全壊等棟数、床上浸水棟数のいずれについても、経年的に減少しているように見える。線形回帰係数の有意性検定では、死者不明者数、床上浸水棟数は有意水準5%で有意な減少傾向が見られた。また、ケンドールの順位相関係数の有意性検定でも、死者不明者数、床上浸水棟数が有意水準5%で有意な減少傾向が見られた。

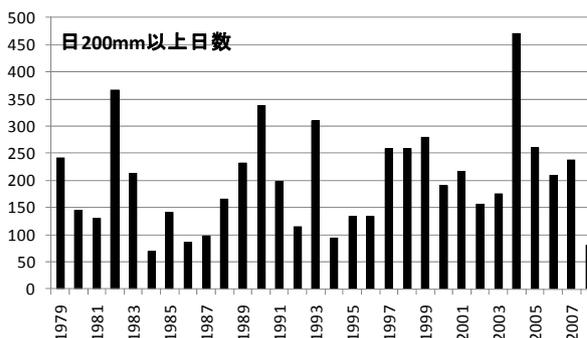
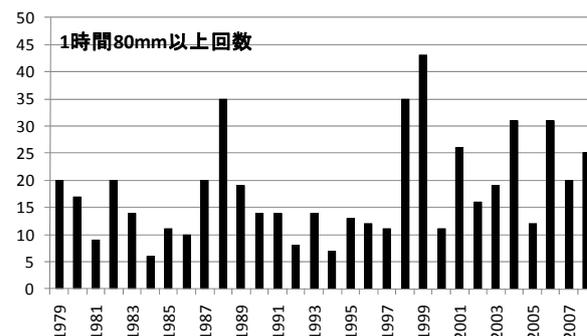


図-3 1時間降水量80mmおよび日降水量200mm以上の記録回数の経年トレンド

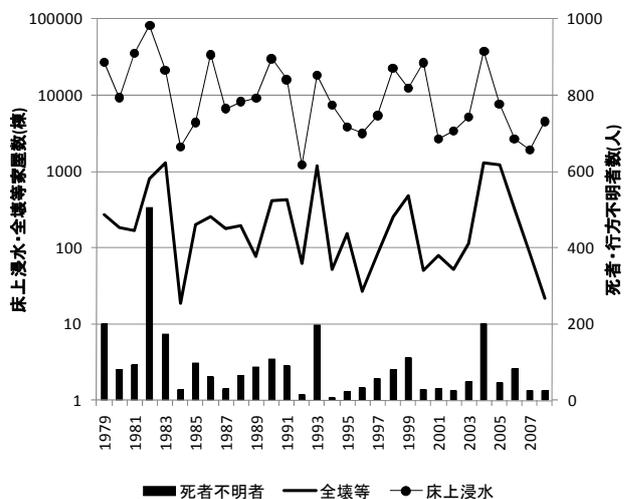


図-4 雨による主な被害の経年トレンド

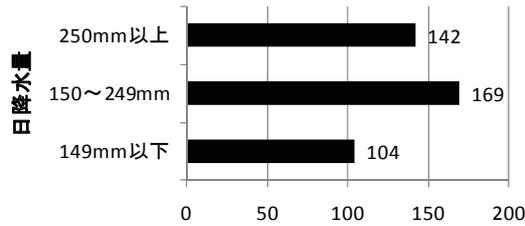


図-5 解析対象事例の日降水量階級分布

死者・不明者

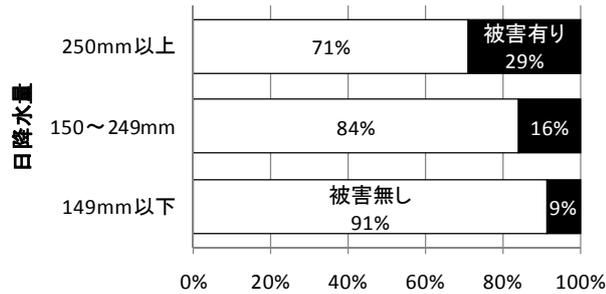


図-6 日降水量階級別死者・不明者発生状況

表-4 日降水量149mm以下で死者・不明者発生事例

番号	年月日	最大1時間雨量 (mm)	日雨量 (mm)	死者不明者数	状況	関連
A	82/11/30	86	122	2	静岡・浜松, 30日07時. 由比町沖での船舶遭難による.	×
B	87/7/15	88	115	3	群馬県榛名町・上里見, 15日21時. 人的被害は14日夜で, 現場は東方30km.	×
C	87/7/15	84	135	1	岐阜県山県市・平井, 15日21時. 浸水等の被害もなく該当者不明.	?
D	91/9/14	82	144	1	長崎県西海市・大瀬戸, 14日05時. 06時以降欠測, 近隣の長浦岳では10時まで降水継続. 死者は強風起因で, 55km東方の現・雲仙市.	×
E	93/8/20	80	110	1	佐賀・白石, 20日06時. 死亡は20日に唐津市浜玉町五反田で土砂により1名, 31km北方. 近隣AMeDASは最大1時間13mm.	×
F	99/7/21	91	134	1	東京・練馬, 21日16時. 死亡は16時20分頃南東約1.5km地点で地下室の浸水に起因.	○
G	02/7/9	91	98	1	岐阜・関ヶ原, 9日24時. 以降10日昼まで降水継続し, 10日222mm. 死亡事案は岐阜市内の長良川中州取り残されたことによる.	×
H	04/11/11	98	145	1	静岡・菊川牧ノ原, 11日24時. 12日10時まで降水継続し12日は133mm. 死亡事案は12日04時頃, 現場は西方約41kmで冠水したガード下での車中溺死. 最寄りAMeDAS浜松では最大1時間58mm, 2時間82mm.	?
I	06/7/2	87	89	1	熊本・鞍岳, 2日05時. 浸水等の被害もなく該当者不明.	?

1時間降水量80mm以上などの「ゲリラ豪雨」的降雨イベントは、不明瞭ではあるが近年増加傾向にある可能性が示唆され、少なくとも減少傾向とはいえない。しかし、同期間の被害データを見ると、かなり明瞭な減少傾向が認められる。災害の発生を構成する要素はハード防災対策の進展など多様なものがあり、「ゲリラ豪雨」的降雨イベントの増加が、雨に起因する被害の増加には直結しないと言っていい。

(3) 降水量データと災害データのマージ

次にさらに詳細な検討を行うため、抽出された降水量データに災害データをマージしたデータベースを構築し

た。災害データとしては、前掲の気象庁「気象災害の統計」を用いた。このデータでは、気象災害を、事例別、府県別(北海道及び沖縄は複数地域に分割)に1レコードとして収録されている。府県より細かな被害の位置情報(住所や緯度経度など)は含まれていない。被害については様々な情報が含まれるが、ここでは、死者・行方不明者数、住家の全壊、半壊、床上浸水、床下浸水の各データを用いた。災害データは、発生期間が複数日に渡っている場合もあるので、発生期間中のいずれかの日と、先に抽出した日最大1時間降水量80mm以上事例の発生日が合致した場合、降水量データに災害データを結合した。複数の降水量データに同一の災害データが結合された場合は、最大1時間降水量が最も大きいレコードを残した。災害データが結合されなかった降水量データレコードは、すべての被害が0と見なした。なお、災害の被害に関する統計値は、同一の事例に対してであっても統計の種類などによってかなり値が異なる事が知られているが⁹⁾、ここでは被害の細かな検討については新聞記事等のデータソースも併用することなどから、結論に影響するような特に大きな問題は生じないと判断している。

この作業の結果、415事例が抽出され、これらを集計対象とした。抽出事例の日降水量を3階級に分類すると図-5となる。150mm, 250mmのしきい値は、新聞記事を元にした分析から日降水量が百数十mm以下の事例が「ゲリラ豪雨」と見なされることをもとに、3階級を相互比較するために頻度が大きく異ならないよう分類したものである。従って、あくまでも便宜的な定義ではあるが、本研究では最大1時間降水量80mm以上かつ日降水量149mm以下の降雨イベントを「ゲリラ豪雨」的降雨イベントと考えることとする。

(4) 死者・行方不明者

日降水量の3階級と、事例毎の死者・行方不明者の発生有無をクロス集計してグラフ化したのが図-6である。日降水量が多くなるに従って死者・行方不明者発生事例(図中「被害あり」)の割合も高くなってはいるが、250mm以上でも29%(41事例)である。最大1時間降水量が80mm以上かつ日降水量が149mm以下の「ゲリラ豪雨」的降雨イベントの中では、9%(9事例)が確認された。

これら9事例について、降水量が記録された場所や時間と、死者・行方不明者の発生状況の関係について、新聞報道などをもとに整理したのが、表-4である。まず事例C, Iは人的被害以外の被害が無く、新聞記事からも該当者が確認できず、詳細不明である。事例Aは船舶遭難に起因する犠牲者であり、「ゲリラ豪雨」とは直接関係しない。事例B, D, Eは、「ゲリラ豪雨」が観測された観測所と人的被害発生場所が大きくかけ離れており、最大1時間降水量が記録された時間と遭難時間も食い違っていることから、「ゲリラ豪雨」との関連は薄いと思われる。事例Gは、日降水量だけで見ると「ゲリラ豪雨」

的降雨イベントと見なされるが、実際には翌日にかけて比較的強い雨が継続しており、現象としては「ゲリラ豪雨」的ではない長時間降水量が大きな降雨イベントだった。また、最大1時間降水量80mm以上が記録された地点と人的被害発生現場は距離的にも離れ、流域も異なっている。事例Fは「ゲリラ豪雨」が記録された地点の直近で、地下室にいた人が浸水により遭難しており、「ゲリラ豪雨」と直接関係すると思われる。事例Hは、人的被害発生現場と最大1時間降水量80mm以上が記録された地点がかなり離れているが、現場近傍でも最大1時間58mmの比較的強い雨が記録されており、「ゲリラ豪雨」と関係した被害と見なせる可能性がある。

このように、最大1時間降水量が80mm以上かつ日降水量が149mm以下の事例、すなわち短時間の降水強度が激しくても、その後すぐに降水が終了するような降水イベントを「ゲリラ豪雨」的降雨イベントと見なすと、「ゲリラ豪雨」によって死者・行方不明者が発生することは極めて稀で、発生した場合も1事例当たりの犠牲者は1名程度と、それほど大きくないことが示唆される。被害事例がごくわずかなため、一般的な傾向かどうかはわからないが、人的被害が生じる場合は、土砂災害に起因するものは確認できず、地下室やガード下など、浸水による災害リスクが比較的高い箇所が発生しているようである。

(5) 住家の全壊等

死者・行方不明者と同様に、日降水量と住家の全壊等(全壊・流失・全焼の合計)の関係をクロス集計したのが図-7である。日降水量が多くなるに従い全壊等の「被害有り」の比率も高くなるのは死者・行方不明者と同様な傾向であり、その比率は死者・行方不明者の場合よりやや高い。

日降水量149mm以下の事例では「被害有り」が11%(11事例)である。ただしその被害高は、3棟が3事例、2棟が1事例、残り7事例は1棟である。住家の被害については、人的被害と異なり発生場所に関する情報が詳しく得られないため、人的被害のような詳しい検討は難しい。しかし、「ゲリラ豪雨」では全壊等の家屋に大きな損壊を与えるタイプの被害は生じにくいことは示唆されると言っている。

(6) 床上浸水

これまでと同様に、日降水量と住家の床上浸水の関係をクロス集計したのが図-8である。日降水量が多くなるに「被害有り」の比率が高くなるのは死者・行方不明者や全壊等と同様な傾向だが、その比率は149mm以下でも38%に達しており、150mm以上では過半数を超え、死者・行方不明者や全壊等と比較すると、「ゲリラ豪雨」的降雨イベントにおいても被害が比較的頻繁に発生しているようにも読み取れる。

日降水量149mm以下事例について、各事例時の床上浸

水棟数を階級分類したのが図-9である。「被害あり」の比率は38%(40事例)だが、101棟以上の事例は9%(9事例)にとどまる。対象期間中に床上浸水が記録された全事例数は2861事例であり、これを被害の大きい順にソートす

全壊等

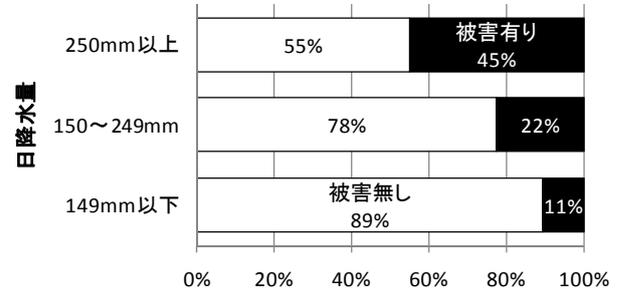


図-7 日降水量階級別全壊等発生状況

床上浸水

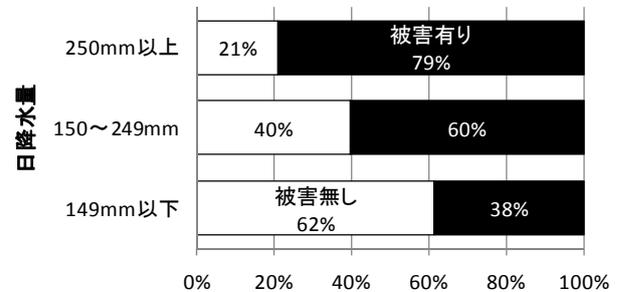


図-8 日降水量階級別床上浸水発生状況

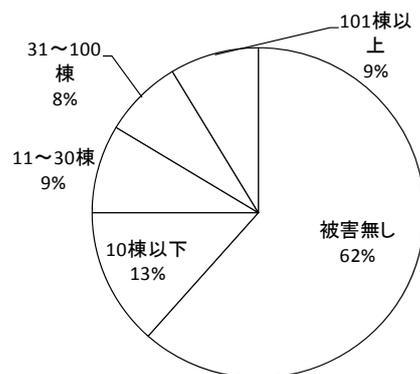


図-9 日降水量149mm以下事例における床上浸水棟数

表-5 日降水量149mm以下で床上浸水170棟以上の事例

番号	年月日	最大1時間雨量 (mm)	日雨量 (mm)	床上浸水棟数	状況
a	80/7/26	93	126	176	熊本・一里山, 26日24時。翌日27日12時まで降水継続し, 27日は110mm。
b	99/7/21	91	134	174	東京・練馬, 21日16時。降水継続時間6時間。
c	02/7/9	91	98	391	岐阜・関ヶ原, 9日24時。以降10日昼まで降水継続し, 10日222mm。
d	08/8/30	102	149	170	千葉・我孫子, 30日19時。降水継続時間16時間。

ると、上位10%(286位)以内に含まれる事例は、床上浸水177棟以上の事例となった。日降水量149mm以下の事例中で、床上浸水170棟以上の事例を抽出すると表-5となる。上位10位のしきい値を厳密に適用すれば、該当する事例は事例cのみとなるが、ここでは検討のためボーダーライン的な事例も含めた。事例aと事例cは、日界の関係で日降水量が少なくなっているが、実際に発生した降雨イベントの積算降水量は大きなものになっており、ここで考える「ゲリラ豪雨」的降雨イベントには該当しない。事例b, dは「ゲリラ豪雨」的降雨イベントと見て差し支えないが、前述のようにいずれも上位10%のしきい値にやや満たないボーダーライン的な事例である。

床上浸水については、「ゲリラ豪雨」的降雨イベントにおいても被害が発生するケースが4割程度とけっして少なくはない。ただし、その規模は100棟以下が大半であり、30年間に発生した床上浸水事例の被害規模上位10%以内に相当するような大規模な被害が生じることはほとんど無いと考えられる。事例b, dのように「ゲリラ豪雨」的降雨イベントで比較的大きな床上浸水被害が発生するケースは、大都市部における特徴的な現象とも読み取れる。

4. おわりに

本稿で検討したように、マスメディア上において「ゲリラ豪雨」と呼ばれる降雨イベントは、おもに最大1時間降水量が数十mm以上、日降水量(あるいは24時間降水量)百数十mm程度、降水継続時間が数時間~十数時間の事例に使われているようである。本稿では便宜的に、最大1時間降水量80mm以上かつ日降水量149mm以下の降雨イベントを特に明瞭な「ゲリラ豪雨」的降雨イベントとしたところ、1979~2008年の30年間に104事例が抽出された。しかし、このような降雨イベントが大きな被害をもたらすことはほとんど確認できなかった。たとえば、この104事例中で、明らかに「ゲリラ豪雨」的な現象によって生じたと思われる犠牲者は合計で1名、または2名にとどまっている。床上浸水の被害は、104事例中40事例で発生しているが、30年間の上位10%に入るような大規模な被害には結びついていない。

1時間降水量80mm以上の記録回数など、短時間の豪雨の発生頻度が、統計的にはやや不明瞭ではあるが近年やや増加傾向にあることは認められつつある。しかし、短時間の降水強度は激しいが、降水継続時間が短く累加降水量が少ないような現象を「ゲリラ豪雨」と呼ぶのであれば、「ゲリラ豪雨による被害」は量的にはそれほど大きなものにはならないと考えられる。

ただし、被害の量が限定されるということは、被害の発生する場所が、豪雨災害のリスクがもともと高いところに集中するというこ

ととも理解される。本稿で抽出した「ゲリラ豪雨」に起因する可能性がある犠牲者2名のうち1名は浸水した地下室、1名は浸水したアンダーパスで遭難しているが、いずれも豪雨災害(浸水)リスクの高い場所である。本稿の抽出基準では抽出されなかったが、2008年から2009年にかけて「ゲリラ豪雨」としてよく報じられた2008年7月28日の神戸市都賀川での災害(死者5名)、同年8月5日の東京都豊島区での災害(死者5名)、2009年8月19日の那覇市での災害(死者4名)は、全員が河道内で遭難しており、明らかに豪雨災害リスクの高い場所での遭難である。

「ゲリラ豪雨」という降雨現象そのものは、小倉³⁾が言うように「不意に襲って」くるかもしれない。しかし、その現象によって生じる被害は、予想もつかないような場所で生じるのではなく、ハザードマップなどからも読み取りが可能なリスクの高い場所で生じると考えられる。「ゲリラ豪雨」を対処不能な現象と過度に恐れるのではなく、地域の水害リスクを認知するという、「ゲリラ豪雨」以外の豪雨災害全般に通用する「対策」を、個人、地域で取り組んでいく必要がある。

謝辞: 本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費(S-8)、および科学研究費補助金「接続可能な地域防災教育システムの構築に関する理論的検証と実践的レシビの提案」(研究代表者 矢守克也)の研究助成によるものである。

参考文献

- 1) 山邊洋之・中北英一・山口弘誠:ゲリラ豪雨の早期探知と予測に向けたレーダー情報による都賀川豪雨事例の解析, 水文・水資源学会研究発表会要旨集, Vol.22, pp.38-39, 2009.
- 2) 小山倫史・高橋健二・西川啓一・大西有三:ゲリラ豪雨による斜面安定性評価のためのリアルタイム雨量計の開発 地盤工学ジャーナル, Vol.5, No.1, pp.61-67, 2010.
- 3) 小倉義光:お天気の見方・楽しみ方(16) ゲリラ豪雨という言葉をなくそう, 天気, Vo.:56, No.7, pp.555-563, 2009.
- 4) 戸田圭一:短時間豪雨と都市水害, 予防時報, No.237, pp.22-27, 2009.
- 5) 気象庁:雨の強さと降り方, http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/yougo_hp/amehyo.html, 2010年9月22日参照.
- 6) 気象庁:気候変動監視レポート2006, http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/2006/pdf/CCMR2006_all.pdf, 2010年9月22日参照.
- 7) 気象庁:気象災害の統計(CD), 気象業務支援センター, 1999.
- 8) 沼本晋也・鈴木雅一・太田猛彦:日本における最近50年間の土砂災害被害者数の減少傾向, 砂防学会誌, Vol.51, No.6, pp.3-12, 1999.
- 9) 牛山素行:日本の各種災害統計(概要), 地形, Vol.20, pp.419-425, 1999.

(2010. 9. 30受付)