浸水と土砂災害が混在した地域の災害予測
―2025 年 8 月熊本豪雨を事例として―

A METHOD FOR FORECASTING FLOOD AND SEDIMENT DISASTERS IN A MOUNTAIN RIVER BASIN

橋本　晴行 [1]
Haruyuki HASHIMOTO

[1] 元九州大学大学院工学研究院教授
E-mail: hashimoto.haruyuki@gmail.com

***Key Words**: debris flow, slope failure, flood, inundation, flood and sediment disasters*

1. はじめに

豪雨に起因して発生する土砂災害の多くは流域斜面からの出水や渓流からの氾濫による浸水被害も併発して発生している．従ってそれらを独立して別々に議論するのではなく，関連して取り扱うことが災害予測の上で重要である．また避難の観点からもそれは一層必要である [1),2)]．

2003 年 7 月水俣市宝川内集地区において土石流が発生し 15 名の方が亡くなった [3)]．出水により氾濫寸前であった集川において避難誘導や救助活動を行っていた消防団員の方々も含めて住民の多くが突発的に発生した土石流の直撃を受けて亡くなった．すなわち，土石流の発生前，渓流の集川は氾濫寸前で，渓流からの出水や氾濫など水害が先行的に発生していた．しかも川沿いの危険なところに住んでいた住民の多くは土石流来襲前の増水時に避難して助かっていた．

このように，流域斜面からの急激な出水や浸水などが崩壊・土石流に先行する形で，水害や土砂災害など複合的な豪雨災害が進行する事例は少なくない．例えば，2009 年中国九州北部豪雨災害における福岡県篠栗町多々良川流域 [4)]，2012 年九州北部豪雨災害時の阿蘇市黒川流域 [5)]，八女市星野川流域 [6)]，2020 年芦北町田川川流域などがある [7)]．

著者らは降雨状況（r_i-R_i）図に災害限界曲線を同時プロットすることで簡便な危険度判定の一助になることを示している [7)]．本研究においては，この降雨状況図と 2025 年 8 月熊本豪雨災害における住民からの被害通報記録とを比較することで，降雨状況図の災害予測への利用可能性および豪雨災害の時間的経緯の特性などについて考察するものである．

2. 雨量の定義と降雨状況の変化の表示

(1) 雨量の定義

雨の降り始めからある時刻 i までの累加雨量を連続雨量 R_i，時刻 i の直前 1 時間雨量を r_i とそれぞれ定義する．一方，雨の降り始め（$i = 1$）から降り終わり（$i = N$）までの総雨量を連続総雨量 R と定義する．またその間の最大時間雨量を r_{Max} とおく．

(2) 降雨状況の時間的な変化図

降雨状況の時間的変化を把握するためには，通常，雨量強度と累加雨量を時間軸に対して**図-1a** のようにプロットする．ここに 2003 年水俣市で発生した土石流災害時の雨量を事例として示している．これに対して本論文では縦軸に時間雨量 r_i，横軸に連続雨量 R_i として**図-1b** のようにプロットする．この図では，後述の災害発生・不発生の限界曲線を同時プロットすることで，時々刻々変化する降雨状況についてその危険度が分かりやすくなる利点がある．

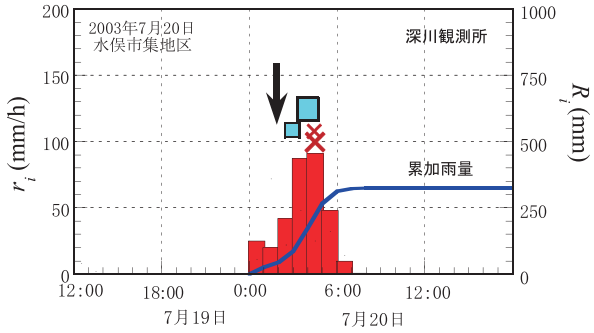


図-1a 2003 年水俣市深川観測所の雨量の時間的変化.

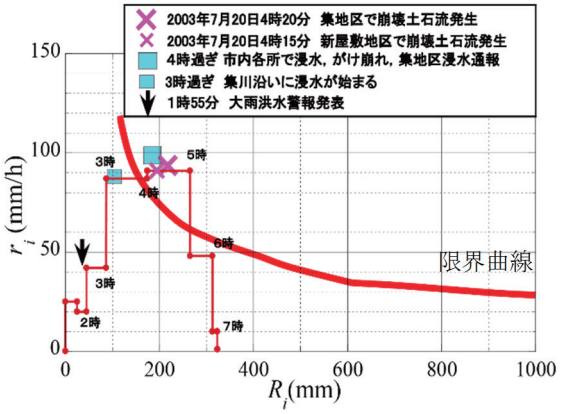


図-1b 降雨状況（r_i-R_i）図.

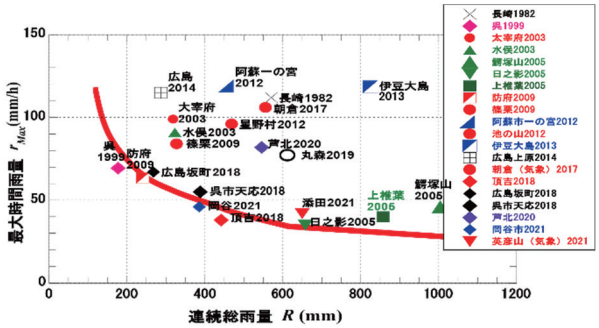


図-2 土砂災害の発生・不発生の限界曲線 [7].

3. 土砂災害の発生・不発生の限界曲線

豪雨に伴い発生した過去の甚大な土砂災害（浸水被害も含む）や軽微な崩壊を対象として，それらを引き起こした豪雨の最大時間雨量と連続総雨量の関係を図-2 に示した [7]．ここに，対象の災害は，特定の地域に限定するとプロット数が極端に少なくなるので，西日本を中心に広く用いた．伊豆大島，丸森，岡谷など東日本・中部で発生した災害も比較のため示した．この図から，災害の発生と不発生の領域を分ける限界を図中の曲線のように仮定した．これは他の事例にも適用を重ね検証していく必要がある．

地域の個々の観測降雨に対して，図-1b のように，降雨状況（r_i-R_i）図にこの限界曲線を同時プロットし，さらに住民からの被害通報等と比較することで，この図の災害予測可能性などについて以下に考察する．

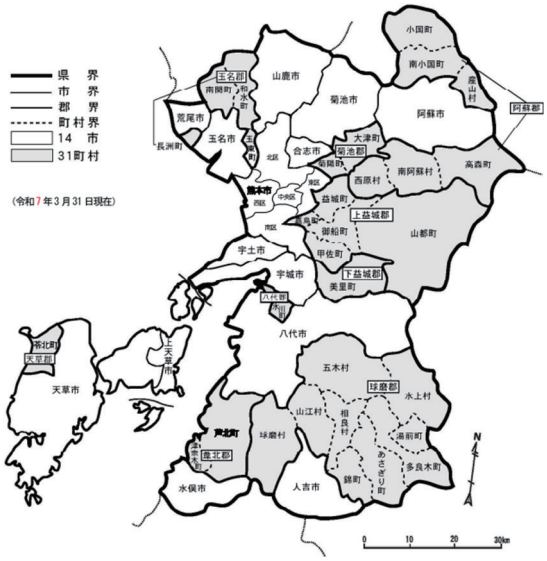


図-3 熊本県における市町村の位置 [9].

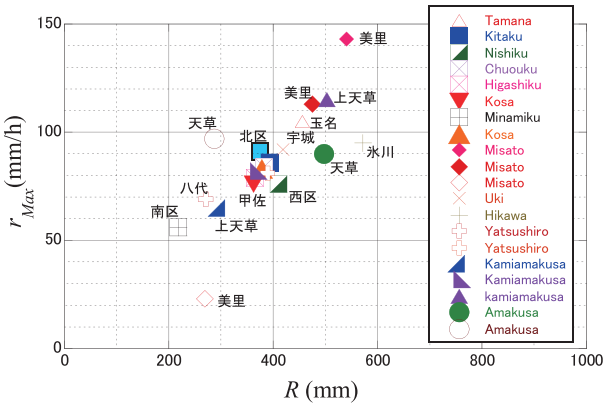


図-4 豪雨の最大時間雨量と連続総雨量の関係.

4. 2025 年 8 月熊本県で発生した豪雨と被害

2025 年 8 月 6 日から 12 日にかけて，前線が対馬海峡から九州付近に停滞し，九州中北部で記録的な大雨となった．特に 10 日から 11 日において熊本地方と天草・芦北地方に線状降水帯が発生し，猛烈な雨や非常に激しい雨をもたらした [8]．

本章では熊本市，甲佐町，美里町，上天草市，天草市（図-3）における豪雨について降雨状況図等を作成し，住民からの被害通報記録も用いながら災害の時間的な経緯を調べる．

(1) 豪雨の概要

図-4 は各市町の観測所における豪雨 [10),11)] の最大時間雨量 r_{Max} と連続総雨量 R との関係を示したものである．2020 年球磨川流域の豪雨は平均 r_{Max} = 69 mm/h，R = 451 mm であった [7]．2025 年豪雨は多くの観測所で r_{Max} = 69 mm/h または R = 451mm を上回る雨量規模であった．また図-2 の限界曲線と比較すると，多くの観測所で限界を越える雨量であった．

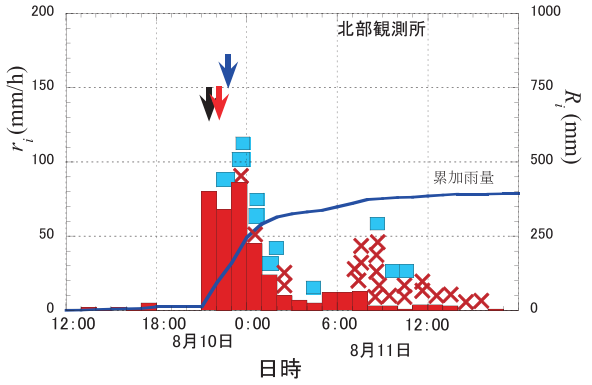


図-5a 熊本市北区における雨量の時間的変化

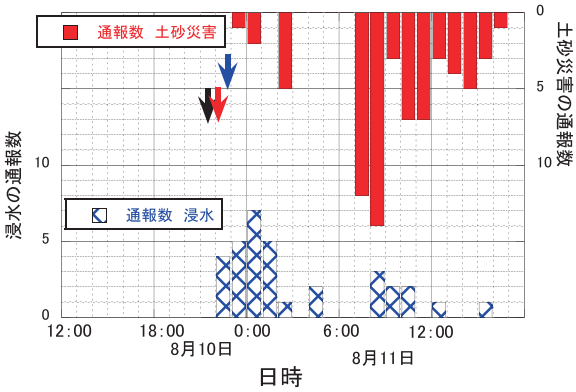


図-5b 熊本市北区における住民からの浸水・土砂災害の通報記録数の時間的変化.

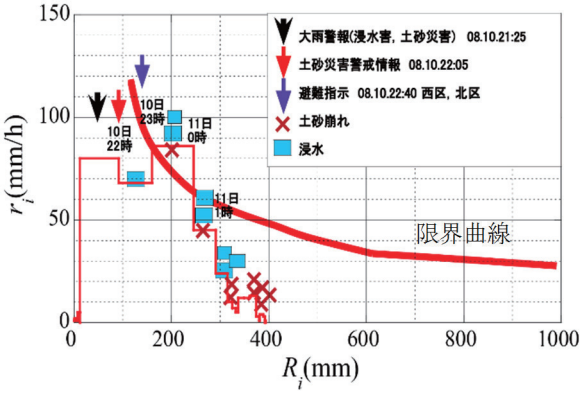


図-5c 熊本市北区における降雨状況図.

(2) 熊本市で発生した豪雨

図-5, 6 はそれぞれ熊本市北区, 西区における観測雨量, 住民からの被害通報記録を示す. すなわち図-5a, 6a は雨量の時間的変化を, 図-5b, 6b は住民からの通報数の時間的変化を水害と土砂災害を区別して示している. また図-5c, 6c は時間雨量 r_i と連続雨量 R_i との関係を示した降雨状況図である. ここに図-5a, c, 図-6a, c には住民からの通報記録に基づく被害発生の一部も示している.

北区の北部観測所では降り始めの 10 日 21 時からわずか 2 時間後の 23 時～24 時の間で最大時間雨量 86 mm/h を記録した. 一方, 西区の石ども堰では降り始めの 10 日 22 時からわずか 2 時間後の 11 日 0 時～1 時の間で最大時間雨量 76 mm/h を記録した. 図は省略しているが中央区の熊本（気象）観測所, 東区の熊本観測所も同様に降り始めからわずか 1 時間後に猛烈な雨となった. 連続総雨量は南区を除いて熊本市の大部分で 400 mm 前後にも達した(図-4).

このような突発的豪雨に対して, 市内各地で道路冠水や住宅の浸水など内水氾濫が発生するとともに, その後用水路や中小河川も氾濫した. 雨の降り始めからわずか 1 時間後には浸水通報が市役所に届き始めた. 北区, 西区では浸水と土砂災害が頻発し, 中央区では商店街などで地下浸水が生じた.

初期の被害に着目すると, 北区, 西区ともに浸水が土砂災害に先行して発生した（図-5b, 6b).

以上の結果, 熊本市では非常にタイトな気象警報・

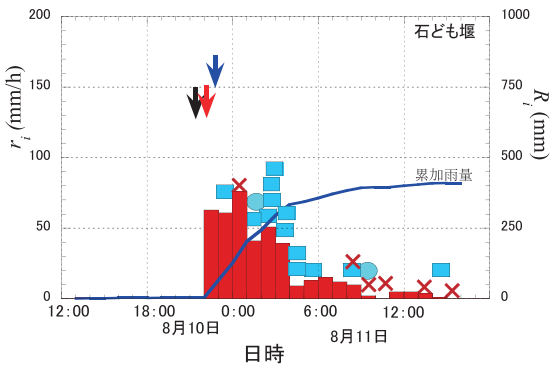


図-6a 熊本市西区における雨量の時間的変化.

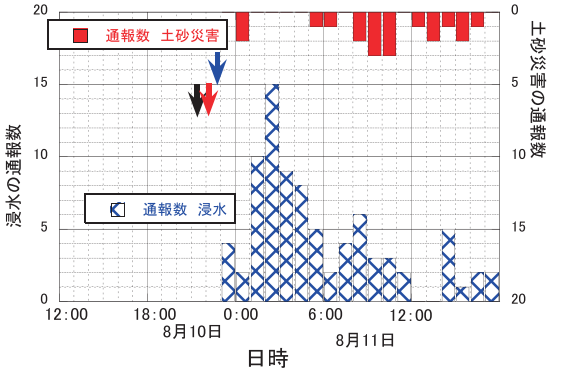


図-6b 熊本市西区における住民からの浸水・土砂災害の通報記録数の時間的変化.

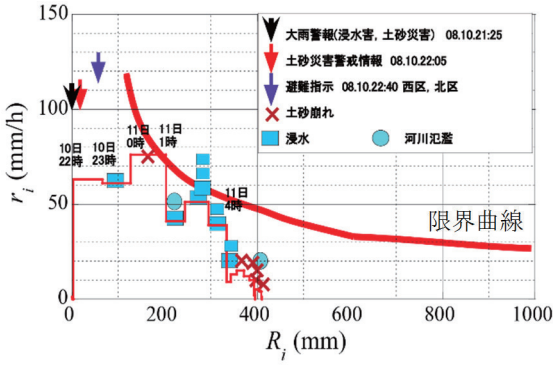


図-6c 熊本市西区における降雨状況図.

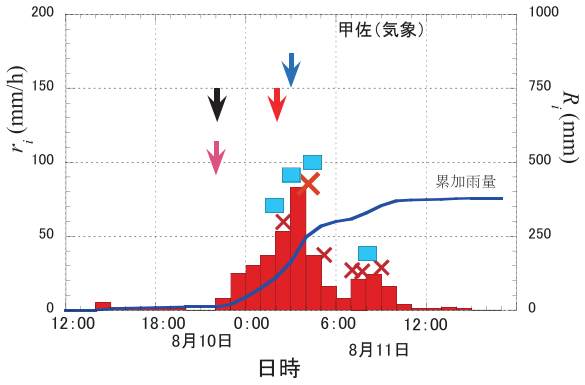


図-7a 甲佐町における雨量の時間的変化.

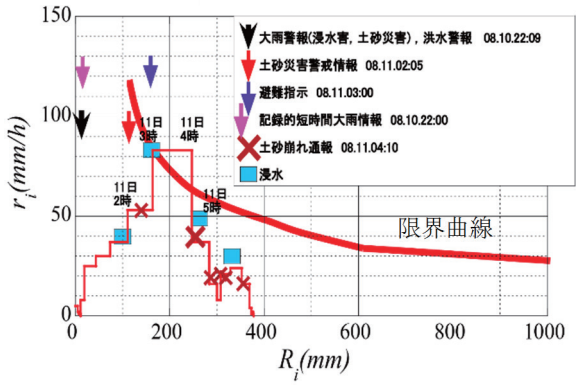


図-7b 甲佐町における降雨状況図.

避難情報の発令となった．大雨警報（浸水害，土砂災害）10 日 21 時 25 分，土砂災害警戒情報 22 時 5 分，西区，北区に対する避難指示が 22 時 40 分にそれぞれ発令された．これらの発令から被害発生までほとんど避難の時間的余裕のない状況であった．

降雨状況は災害発生限界曲線に接近すると，まず浸水が 10 日 22～23 時頃から，軽微な土砂崩れも 11 日 0 時前後からわずかに発生し始めた（図-5c, 6c）．限界曲線を越えるとさらに浸水が頻発するとともに土砂災害は 6 時前後以降に頻発した．一方，危機対応として，災害の危険性が迫る中，災害限界曲線に達するまでに気象警報・避難情報の発令がなされた．

(3) 甲佐町で発生した豪雨

図-7a は雨量の時間的な変化を，図-7b は時間雨量 r_i と連続雨量 R_i との関係を示した降雨状況を表している．甲佐町では降り始めは熊本市内と同じく 10 日 22 時頃であったが，最大時間雨量 83 mm/h はその 5 時間後の 11 日 3 時～4 時の間において記録した．熊本市は雨量のピークが 11 日 0 時前後であったが，甲佐町では 11 日未明に移った．

連続総雨量は 400 mm 弱の雨量となった（図-4）．このような豪雨に対して，町内各地で浸水や土砂災害が発生した．

大雨警報(浸水害，土砂災害）10 日 22 時 9 分，土

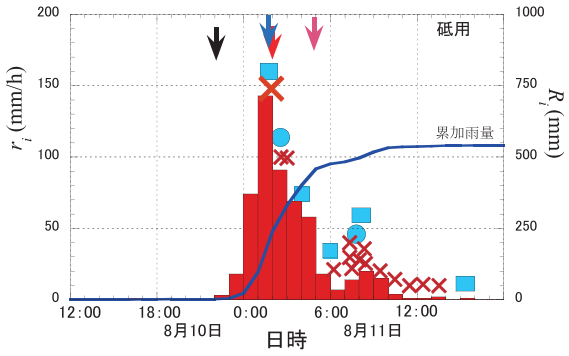


図-8a 美里町における雨量の時間的変化.

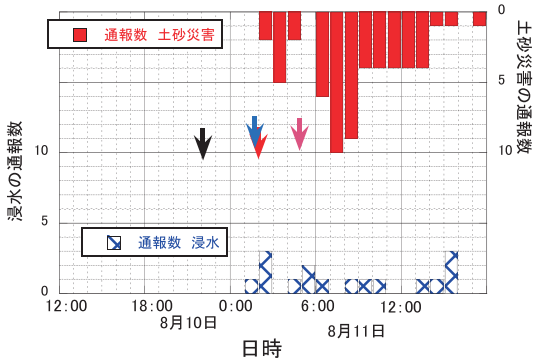


図-8b 美里町砥用庁舎における住民からの浸水・土砂災害の通報記録数の時間的変化.

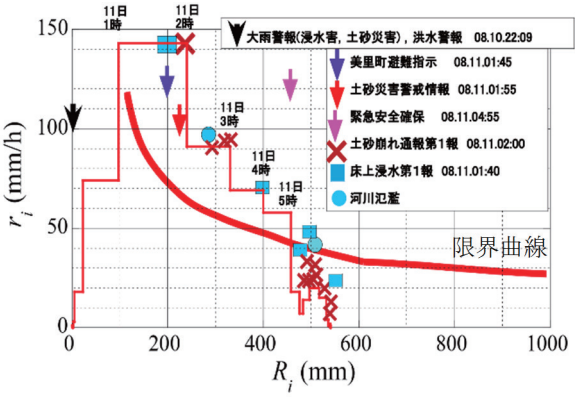


図-8c 美里町における降雨状況図.

砂災害警戒情報 11 日 2 時 5 分，町内全域に対する避難指示が 3 時に発令された [12]．熊本市に比べ比較的余裕のある気象警報・避難情報の発令となった．

降雨状況は災害発生限界曲線に接近すると，まず浸水が 11 日 1 時過ぎから，人的被害発生までは至らない小規模な土砂災害が 2 時過ぎからそれぞれ発生し始めた（図-7b）．限界曲線を 3 時頃越えると，浸水が各地で発生するとともに，土砂災害は 4 時以降に頻発した．特に 4 時 10 分頃人的被害が発生した．また孤立する地区も現れた．

(4) 美里町で発生した豪雨

図-8a は雨量の時間的変化を，図-8b は住民から砥用庁舎への被害通報記録を，図-8c は時間雨量 r_i と連続雨量 R_i との関係を示している．

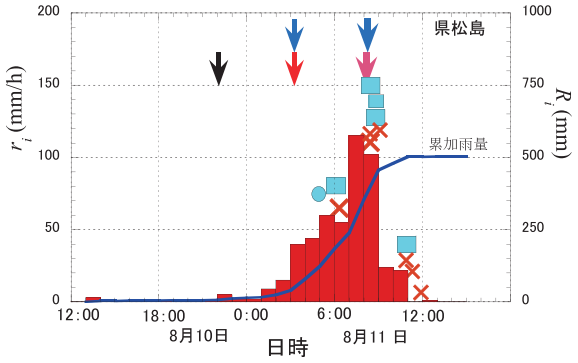


図-9a 上天草市における雨量の時間的変化.

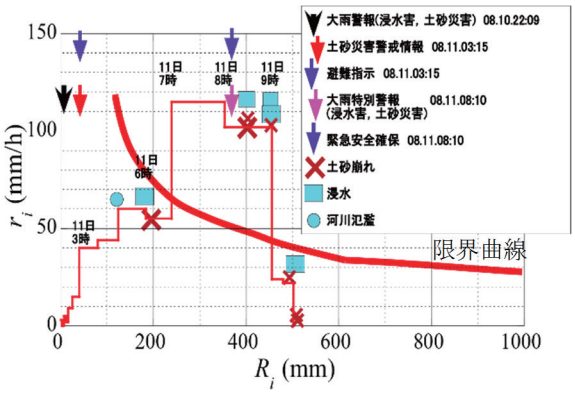


図-9b 上天草市における降雨状況図.

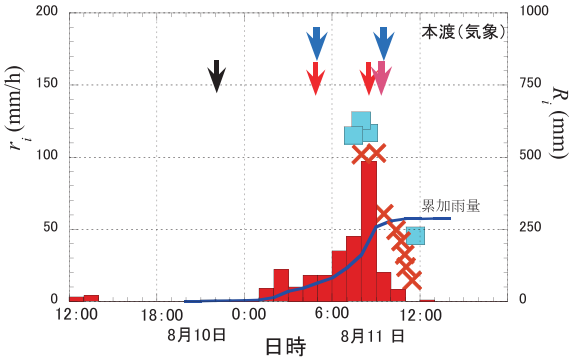


図-10a 天草市における雨量の時間的変化.

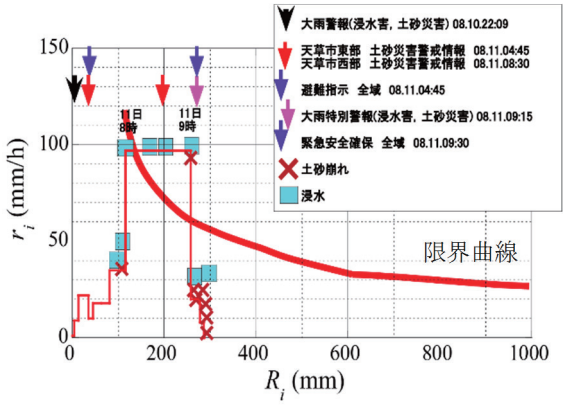


図-10b 天草市における降雨状況図.

雨は 10 日 22 時頃降り始め, その 3 時間後の 11 日 1 時から 2 時の間で最大時間雨量 143 mm/h の猛烈な雨を記録した. 他の観測所（緑川ダム観測所）でも同じ時間帯に 113 mm/h を記録した.

連続総雨量は 500 mm 前後になった（**図-4**）.

雨量の甚大さに対応して熊本市以上に非常に厳しい条件下での気象警報・避難情報の発令となった.

降雨状況図（**図-8c**）は, 降り始めてわずか 3 時間後の 11 日 1 時頃には災害の発生・不発生の限界曲線を越えた. その後 4 時間にわたって限界を越えた. 2 時前には浸水が土砂災害に先行する形で豪雨災害が進行した. その後, 浸水, 河川氾濫をはじめ多数の土砂災害が町内各地で頻発した. 大雨警報(浸水害, 土砂災害）は限界曲線を越える前の 10 日 22 時 9 分にいち早く発令されたが, 避難指示や土砂災害警戒情報は限界曲線を越えた後の 11 日 1 時 45 分, 55 分にそれぞれ発令された. 突発的な豪雨により, 美里町は困難な危機対応を余儀なくされたことが推測される.

(5) 上天草市で発生した豪雨

図-9a は雨量の時間的変化を, **図-9b** は時間雨量 r_i と連続雨量 R_i との関係を示している.

雨の降り始めは 10 日 22 時頃, 最大時間雨量はその 9 時間後の 11 日 7 時から 8 時の間で 115 mm/h もの猛烈な雨を記録した. 他の観測所（中, 姫戸観測所）でもほぼ同じ時間帯において最大時間雨量 82 mm/h に達した. 連続総雨量は県松島観測所で 503 mm にもなった（**図-4**）.

このような豪雨に対して, 市内各地で浸水や土砂災害が多発した.

美里町に匹敵するほどの雨量であったが, 降り始めからピーク雨量までに約 9 時間を要しており, 比較的時間的余裕のある条件下での気象警報・避難情報の発令となった.

降雨状況が災害の発生・不発生の限界曲線に接近すると, まず氾濫や浸水が 8 月 11 日 5 時頃から, 小規模土砂災害が 6 時頃から発生し始めた（**図-9b**）. 限界曲線を越えると, 8 時過ぎから浸水とともに小規模土砂災害が頻発した.

(6) 天草市で発生した豪雨

図-10a は雨量の時間的変化を, **図-10b** は時間雨量 r_i と連続雨量 R_i との関係を示している.

上天草市とほぼ同様な雨量形態を示している. 降り始めは 10 日 21 時頃, 最大時間雨量はその 11 時間後の 11 日 8 時から 9 時の間で 97 mm/h の猛烈な雨を記録した.

連続総雨量は本渡（気象）観測所で 287 mm であった（**図-4**）. 一方, 有明町の上津浦ダムや老岳観測

所では約 500 mm にも達した.

このような豪雨に対して，11 日 7 時 52 分頃から道路冠水など市民からの被害通報が届き始めた.

上天草市と同様に降り始めからピーク雨量までに 11 時間ほどを要しており，比較的余裕のある条件下での気象警報・避難情報の発令となった.

降雨状況が災害の発生・不発生の限界曲線に接近すると，まず浸水が 8 月 11 日 7 時過ぎから，小規模土砂災害が 8 時前から発生し始めた（**図-10b**）. 限界曲線を越えると，さらに浸水が各地で発生するとともに，9 時以降には小規模土砂災害が頻発した.

5. 降雨状況と被害発生のタイミングとの関係

降雨状況（r_i-R_i）図と被害通報記録とを比較することで，降雨状況図が被害発生のタイミングの概略情報を与えることが分かった. 2012 年阿蘇市や 2020 年芦北町など他の事例 [7] も合わせて考えると次のことが分かる.

降雨状況が災害の発生・不発生の限界曲線に接近するにつれ，まず先行現象として浸水が発生し始める. また，まれに軽微な土砂崩壊も発生する場合がある. 一度，限界曲線に達するかあるいはそれを越えると，その後は降雨強度（時間雨量）の大小に無関係に，大小様々な規模の土砂災害が発生する可能性が大きくなる.

従って降雨状況図に降雨予測情報を用いれば事前に土砂災害発生の概略の予測（時間的な絞り込み）が可能となる. 降雨状況図は毎正時の時間雨量と連続雨量の生データのみを用いて簡便に作成できる点で利点がある.

先行現象（流域斜面からの異常な出水，渓流からの氾濫）は，流域で豪雨が発生していることを示している. 従って，雨量情報がない地域においても，先行現象の目撃により流域での土砂災害発生の可能性を知ることができる. また避難の観点からみると，遅くとも浸水など先行現象が発生し始めた時点で避難しておくことも必要である. これは 2003 年水俣土石流災害をはじめ最近では 2020 年芦北町土砂災害など多くの事例からも明らかである [7].

さらに，市町村など地域の危機対応の事後検証として，降雨状況（r_i-R_i）図と気象警報・避難情報の発令状況とを比較することもできる. 地域の危機対応としては，降雨状況が災害限界曲線を越える前に大雨警報や土砂災害警戒情報，避難指示が発令されていることが必要である.

6. おわりに

以上の結果により降雨状況（r_i-R_i）図などに関して以下のように要約することができる.

(1) 土砂災害発生の時間的予測：降雨状況（$r_i - R_i$）図は被害発生のタイミングの概略を与えることができ，土砂災害発生の時間的な絞り込みに利用できる.

(2) 土砂災害発生の空間的予測：先行現象は流域における豪雨の発生ひいては土砂災害発生の可能性を示唆している. 従って，雨量情報がなくても先行現象の発生を目視で知ることにより流域での土砂災害発生を予測することができる.

謝辞：本研究は，一部，（公社）土木学会西部支部調査研究委員会「水害と土砂災害が混在した中山間地における豪雨災害予測」（令和 3〜4 年度）の活動の一環として実施されたものである. また本研究に際して熊本県河川課，砂防課および熊本市，甲佐町，美里町，上天草市，天草市には災害時の資料の提供を受けた. ここに記して謝意を表します.

参考文献

1) 橋本晴行：中山間地における豪雨災害シナリオ，巻頭言，自然災害科学，Vol. 38，No. 1，2019.
2) 橋本晴行：水害と土砂災害が混在した中山間地域における豪雨災害シナリオについて，第 19 回都市水害に関するシンポジウム講演論文集， pp. 19-24，2021.
3) 水俣市：平成 15 年水俣土石流災害記録誌，2008.
4) 橋本晴行，齊藤美咲：福岡都市圏流域における 2009 年 7 月豪雨による水害の特性と行政機関・住民の対応，自然災害科学，31 巻，2 号，2012.
5) 橋本晴行，大仲修，道廣飛鳥：水害と土砂災害が複合的に発生した 2012 年 7 月熊本県阿蘇市における豪雨災害の時系列的特性と住民の避難行動，第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，2016.
6) 橋本晴行：豪雨災害をめぐる防災・減災上の課題について，社会分析，43 号，2016.
7) 橋本晴行，森山秀馬：熊本県芦北町および津奈木町で発生した令和 2 年 7 月豪雨災害について，第 11 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，2022.
8) 熊本地方気象台：災害時気象資料，2025.
9) 熊本県総務部市町村・税務局市町村課：熊本県市町村要覧，2025.
10) 熊本県：熊本県統合型防災情報システム，2025.
11) 気象庁：過去の気象データ検索（jma. go. jp），2025.
12) 甲佐町：広報甲佐　9 月号，2025.
13) 上天草市：広報上天草　9 月号. 2025.

（2026. 5. 29　受付）