

# 広島地域における土砂災害危険度の高い要因と 警戒避難のための降雨情報伝達における課題

海堀 正博

広島大学大学院総合科学研究科環境科学部門

## The factors of the high risk of the sediment disasters in the Hiroshima district and the problems concerning the transmission of the precipitation information for the warning and evacuation

Masahiro KAIBORI

Division of Environmental Sciences,  
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

### Abstract:

In Hiroshima Prefecture, there are a lot of danger areas of slope failure disasters and debris flow disasters, and their numbers tend to increase every year. As the natural causes, we can guess that (1) weathered granite and decomposed granite soil cover very widely on the mountainous slopes, (2) vegetation and surface soil layer are still not enough rich, and (3) a lot of unstable sediments are rested on the slopes without being eroded and washed out because of little annual precipitation. Therefore, in Hiroshima area, slope failures and debris flows occur easily even with less storm-rainfall than that in Kyushu and southern Shikoku districts. As a social cause, we can point out that many people live unwittingly in the danger areas of sediment-related disaster. Recent typhoon disasters suggest that the failure prone and debris flow prone situations still continue near residential areas. In order to do successfully the disaster prevention and mitigation, we must give appropriately the rainfall information to people, let them understand the degree of danger, and then lead them to warn and/or evacuate. For this reason, it is very useful that the rainfall situation is plainly represented every moment on the map with real-time observed data.

## 1. はじめに

広島では昨年（2005年）9月の台風14号襲来時に県の西部を中心に1/100確率を超えるような雨量がもたらされ災害が発生したが、2006

年も大雨に悩まされる日々が続いている。7月下旬となった梅雨明け頃まではなかなか暖かくならず、日照時間も少なめ、気温も低めで、冷夏の到来を予感させるものだったが、その後は一転して、猛暑と激しい雷雨をとまなう日々が

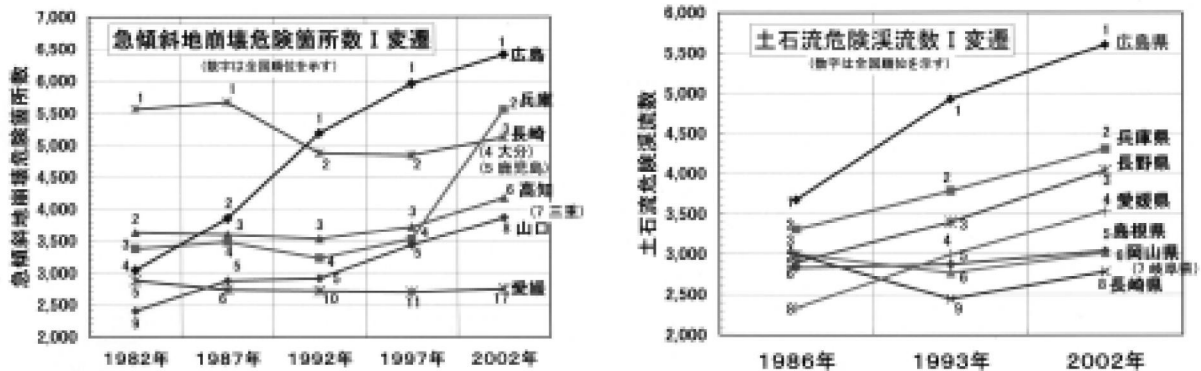
続いた。7月の雨が日本の各地でこれまでの月雨量や日雨量の記録を塗り替えるものとなったのに対し、8月の夕立は各地で短時間雨量の記録を更新する状況であった。さらに、9月中旬には非常に強い勢力を持った台風13号の接近・通過にともない、ふたたび、各地で水害や土砂災害などが多発した。

豪雨による災害には河川の氾濫や洪水、浸水などによるものも目立つが、崩壊や地すべり、土石流などによる土砂災害の多発で事態がより深刻になる場合が多い。土砂災害がいつも雨の多いところだけで起きるのであれば、気象学をはじめとする自然科学的な研究によってこれを克服できると思われるが、災害につながる現象は必ずしも自然的な要因だけで生じるものではないので、人間の側の自然とのつきあい方を含めて総合的に検証していくことが必要である。

2002年に国土交通省から公表された土砂災害危険箇所数の合計値は全国で約52.5万箇所、そのうち、広島県には約3.2万箇所が分布している。このことからわかるように、広島県には土砂災害危険箇所数が多いこと、特に急傾斜地崩壊（がけ崩れ）危険箇所数や土石流危険渓流数においては、それぞれの箇所数が約2.2万箇所、約1万箇所、日本の47都道府県の中で第1位の多さであることは防災関係者の間ではよく知られた事実である。しかし、その数も確か

に多いということで注目すべきであるが、さらに重要なのは、その箇所数や渓流数が近年に至るほど急激に増加しているということである

（図－1）。ここにあげた項目は、土砂災害危険箇所数Ⅰという種別のもので、急傾斜地崩壊や土石流が発生したときに5戸以上の人家が被災する箇所数についての集計結果である。この図からは広島県以外に、中国地方やその周辺の県も上位にあることがわかる。自然的な要因だけを考えると、中国地方より険しい山々の多い中部地方や四国の山岳地帯を持った県の方が上位に来ると考えがちだが、単に自然現象としての土砂の移動だけではなく人間の生活にある程度以上の被害を及ぼす現象の起きやすさとして考えた場合には、自然的要因に加えて被害を受ける側である人間の対応の仕方にもその原因があることがわかる。この図における危険箇所数の増加は、調査の精度が向上したことによるとする要因もあるが、知らぬ間に危険な箇所に住みつく人の数が増加していることと強く関係しているものも多い。地質的に堅硬な岩石で構成されていたり地形的に急峻すぎて人を寄せ付けない地域に比べて、中国地方の山間傾斜地は比較的なだらかな地形で、かつ、造成や開発のしやすい風化の進んだ地質のところが多いために、人の生活の場となりやすいことがその大きな理由と考えられる。このことはすなわち、土砂災



図－1 急傾斜地崩壊危険箇所数Ⅰと土石流危険渓流数Ⅰの変遷

国土交通省の公表資料による。図中の数字は全国都道府県別順位。これらの危険箇所、危険渓流では土砂移動現象により5戸以上の家屋に被害が出るという条件でリストアップされたもの。

害の原因を考えると、社会的素因というものを自然的素因と同じくらい重要視していく必要のあることを示唆している。

## 2. 1999年6月29日広島土砂災害からわかること

前述したように広島県では土砂災害危険箇所が多く、これをいっこうに減少させられない状況にあったところに、1999年の梅雨前線豪雨の影響による大きな災害が発生してしまう結果となった<sup>1)</sup>。このときの雨の降り方はおよそ次のような経緯をたどった。

6月23日午後から翌24日夜にかけて広島県各地で70～100mmの降雨があった後、25日午後から26日午後にかけてのほぼ無降雨の期間をへて、26日夕刻から翌27日明け方にかけてふたたび70～100mmの降雨があった。さらに、丸一日以上の無降雨期間をへて28日深夜から翌29日夜にかけてとうとう土砂災害の同時多発につながる本格的な豪雨となったのである。

土石流や崩壊が多発した広島市佐伯区では日本道路公団八幡川橋観測点で最大1時間雨量81mm(29日14時～)を記録したのを始め、各地で200mmを超える日雨量(29日)となった。広島市安佐南区でも県管轄の戸山観測点で最大1時間雨量63.0mm(29日14時～)、29日日雨量が271.0

mmであり、呉市でも県管轄の観測点で最大1時間雨量73.0mm(29日15時50分～)、29日日雨量が183.0mmに達した。豪雨のあった地域は風化の進んだ花崗岩類におおわれており、大量の水を含んだ傾斜地の地盤は崩壊し、一部の土砂が土石流化して侵食土砂を巻き込んで拡大し居住エリアを襲った。広島県内で32名の死者・行方不明者(うち24名が土砂災害の犠牲者)を出す大災害となった<sup>1)</sup>。

この災害直後に原因・対策等を検討するために設置された「6.29広島県土砂災害対策検討委員会」では、降雨と崩壊発生との関係について、1時間雨量が30～40mm以上になると崩壊の発生箇所数が急増していること(図-2)、2時間雨量では50～60mm以上になるとその数が急増していること、3時間雨量では60～70mm以上になると発生数が顕著になってくること、総雨量が100～110mm超になると発生数が顕著に、また、200～210mm超ではより顕著になってくること(図-3)、等が明らかにされた<sup>2)</sup>。その他、発生した崩壊地斜面の傾斜角との関係では、30°以上45°未満の斜面で発生した崩壊が全体の7割強を占めていたこと(図-4)、また、崩壊の深さについては1.5m未満のものが全体の9割近くを占めていたこと(図-5)などが明らかにされた<sup>2)</sup>。

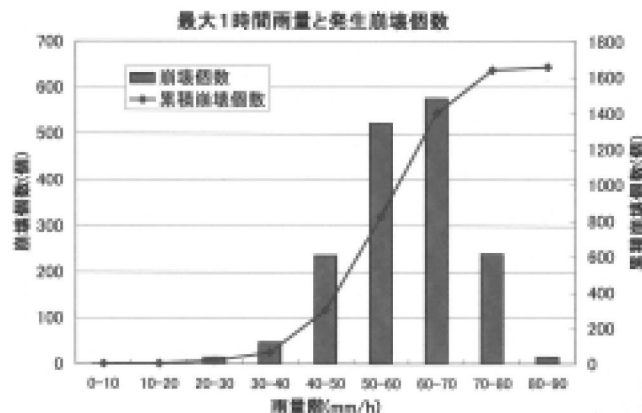


図-2 1999年6.29災害における崩壊発生数と1時間雨量値との関係 (6.29広島県土砂災害対策検討委員会資料<sup>2)</sup>より)

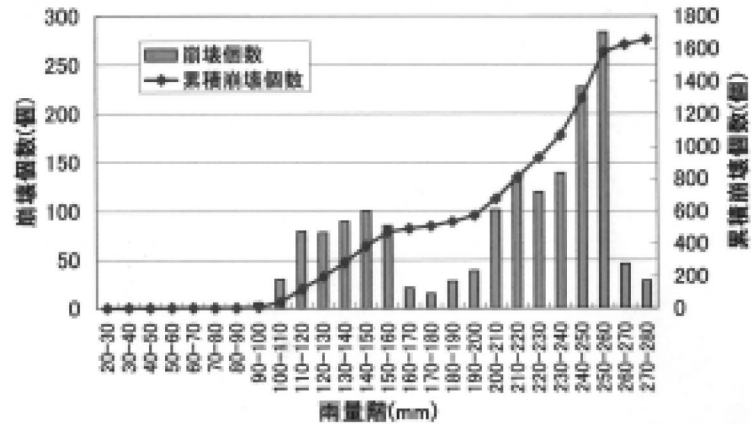


図-3 1999年6.29災害における崩壊発生数と総雨量との関係 (6.29広島県土砂災害対策検討委員会資料<sup>2)</sup>より)

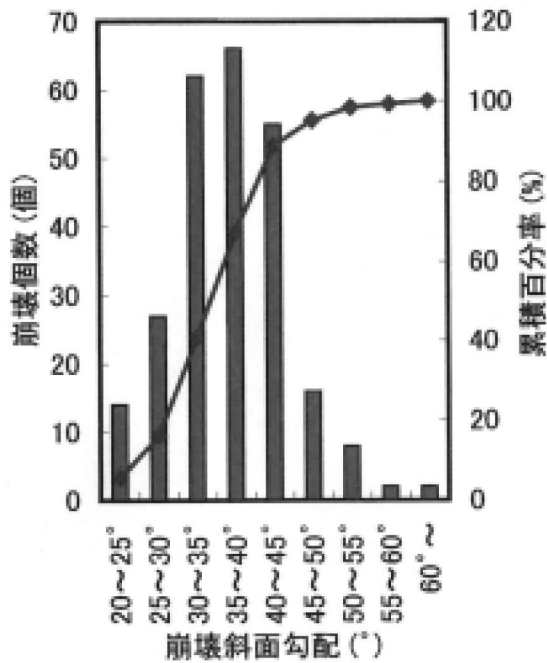


図-4 崩壊斜面の勾配 (6.29広島県土砂災害対策検討委員会資料<sup>2)</sup>より)

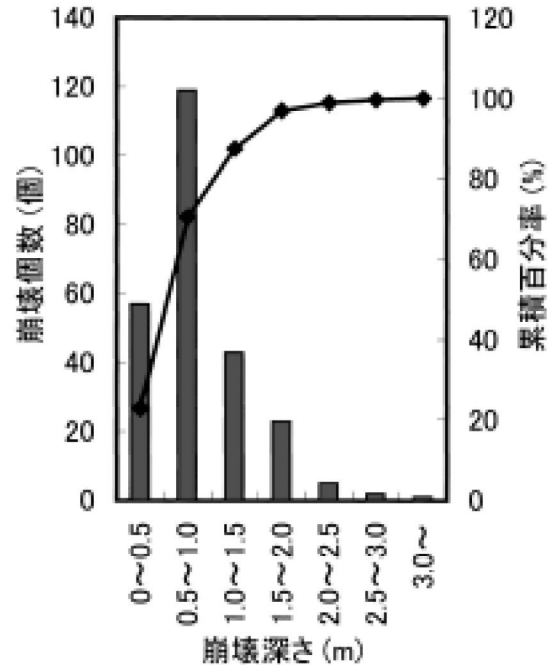


図-5 崩壊深さ (6.29広島県土砂災害対策検討委員会資料<sup>2)</sup>より)

このときの雨が大雨であったことは事実だが、広島で起きたこれらの土砂災害発生につながった雨量値が全国的に見た場合に必ずしも極端に高い数値だったわけではないことは2つの非常に重要な意味を持っている。すなわち、ひとつは、四国南部や九州などに比べるとより簡単に土砂移動が起きてしまう事実であり、もうひとつはその土砂移動が簡単に人の命を奪うような重大な土砂災害になってしまう危険性のあ

ることである。

前者は、地質や地形、植生と気象の問題であろう。すなわち、崩れやすい物質が多量に山中に残存していることが原因であると考えられる。特に、風化の進んだ花崗岩類が瀬戸内沿岸地域には多く見られ、ふだん雨量が少ないこともあって、崩されず、かつ流されずに残っていると考えられるのである。地表に存在する土層は、もちろん、マサ土と呼ばれる風化土を形成

する過程をも含めて、重要な自然的営みによるものであり、負の側面だけではなく、多様な生命を育むすきまの多い空間を創り出すプロセスの一部でもある。やがては植生も豊かに育つであろうことからそれによって土壌層自体の安定度も高められるのであろうし、洪水のピーク流量の緩和や渇水期の流量の維持、また蒸発散等を通じた気候の安定化にもつながることであろう。しかし、現実に存在している土壌層はまだ発達途上であり、植生も、たとえば熱帯のジャングルに見られる人間活動の影響の入っていない森などと比べて、はるかに貧弱である。私たちは植生をはじめとする生態系を豊かなものにしつつ、かつ、土砂災害の観点からは山腹斜面が崩れやすいという条件と共存して行かねばならない。特に、マサ土分布地域の多い広島周辺では比較的簡単に土砂移動が起きやすい現実を認めた上で生活して行く必要がある。

後者は、しかし人々の意識の問題である。豪雨の頻度が増加してきたことから以前より頻繁にそのような場所での被害の発生が見られるようになってきているのであるが、人々がより危険な箇所にとんとんと住みついていっている状

況がある。しかも多くの場合、意識の中ではそのような場所に住んでいるという自覚が極めて少ないことによって重大な災害の発生につながっている現状がある（たとえば、写真-1）。先に述べた土砂災害危険箇所数の急増もそれを物語っている。

また、後者の結果として、土砂災害の発生が懸念されるような気象条件となっても、それに対する住民の自主的な警戒も、避難も、また、行政や周囲からの警戒・避難の呼びかけに応じることも、ほとんどなされないことが多かった。そのため避難のタイミングを逃し、災害の発生という状況に陥ってはじめて防災行政や周囲に助けを求めて電話をすることになる。災害発生の条件はいくつかの悪条件が重なるときであり、ふつうはめったに重ならないのであるが、そのような条件が成立するような異常時には同時に多数の箇所で同様の緊急事態が生じている。多数の人が一挙に救助を求めて119番や110番などに電話を試みるのだが、たいていはつながらないか、仮につながったとしても直ちに救助に向かってくれる人員が残っていることは極めて稀であるということになる。このよ



写真-1 広島市安佐南区安川支川での土石流災害（1999年6月29日発生）  
小規模な土砂移動ながら1名が犠牲になった（広島県提供写真）。

うな状況はすでに過去の災害（たとえば、1982年7月23日長崎大水害の事例<sup>3)</sup>や1993年6～8月鹿児島豪雨災害の事例<sup>4), 5)</sup>ほか)で何度も経験済みなのであるが、簡単に解決できない問題であり、今後も災害のたびに起こってしまうことが予想される。

広島で起きた1999年6月29日の土砂災害の特徴としては、①都市部周辺の住宅地での被害が目立ったこと、②比較的小規模な土砂移動によっても犠牲者が多数出ていたこと、③被災住民の多くが崩壊や土石流等の発生危険性をほとんど予期していなかったこと、④誘因となった豪雨は未曾有のものではなく過去に起きた最大豪雨と同程度のものであったこと、とともに、⑤気象庁のアメダス観測点だけではとらえきれないような局地的な集中豪雨であったことなどがあげられた<sup>1)</sup>。

その後、それらを解決する方法のひとつとして、広島県ではインターネットを利用した防災情報システムの整備が進められ、従来の気象庁のアメダス観測点だけでなく、県水防の管轄、県砂防の管轄、県治山の管轄の降雨観測データ（1時間雨量値のみ）も同じフォーマットで一括ダウンロードができる上、その時点の土砂災害危険度や土砂災害危険箇所図などの情報がいつでも誰にでもみられるように公開されるようになった<sup>6)</sup> (<http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/index.jsp>)。また、全国的にも、土砂災害の危険箇所に新たに人が住みついて危険箇所数がむやみに増加することのないようにするため、法的な居住制限・建築制限等を盛り込んだ新しい土砂災害防止法が公布・施行されている<sup>7)</sup>。

### 3. その後の豪雨による土砂災害の発生状況から学ぶこと

#### 3.1 2005年9月6日の台風14号豪雨による広島での土砂災害

2005年9月6日台風14号は九州地方で特に大

きな被害を生じさせたが、中国地方にも豪雨をもたらし、各地で土砂災害を発生させた<sup>8)</sup>。山口県内では山陽自動車道の盛土部が崩れ、一部が流動化して民家を襲い3名の犠牲者を出した。広島県内でも、宮島（現、廿日市市）の白糸川と大砂利地区で土石流が発生したほか、旧佐伯町（現、廿日市市）、旧湯来町（現、広島市佐伯区）、広島市安佐南区沼田町など県西部地域の合計10数箇所でも土石流が、旧湯来町の1箇所でも地すべりが、また、その他広島市内だけでも数十箇所でがけ崩れが発生したが、幸い死者を出さずにすんでいる。

2005年の台風14号が広島地方に最も多くの災害を発生させたのは9月6日21～22時頃である。中国地方は9月3日昼頃までは降雨の少ない状態が続き、広島県内でも3日15時の72時間半減実効雨量値が全290雨量観測点で6mm未満、さらに、そのうち245観測点で4mm未満という乾燥した状態が続いていた。その後は断続的に強く降ることがあったが、6日の明け方からは連続的な強雨になっている。3日15時から6日24時の間に山口県羅漢山では509mm（6日だけの日雨量は472mm）、玖珂では426mm（同382mm）、広島県横川では549mm（同466mm）、もみのきでは489mm（同420mm）、田吹で466mm（同397mm）、吉和で438mm（同385mm）、布原で427mm（同361mm）、戸河内で412mm（同333mm）の大雨となっている。広島の雨は1999年の6.29災害時に比べると南西部の花崗岩類分布地域では同程度だったが、北西部の古生層分布地域ではかなり多めであったといえる。

この豪雨で発生した土石流の数は6.29災害時に比べると明らかに少ない。豪雨の形態とその影響を受けた地域の地質分布の違いも一因であると思われるが、北西部にも風化の進んだ花崗岩類地帯は存在していることから単に地質の違いによるものだけが要因ではなく、この付近がふだんから比較的雨量の多い地域であり雨に対する抵抗力があったからであるとも考えられる。逆に、南西部においては6.29災害時と同程

度の降雨だったことから、同程度の雨に対する免疫性が発揮された結果といえるかも知れない。

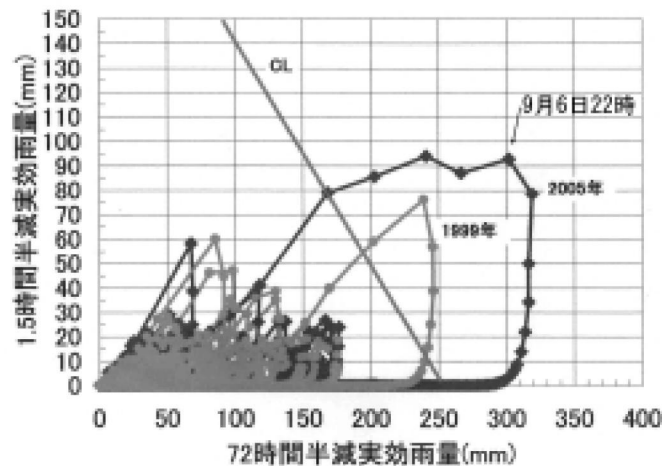
地質の違いが土石流等の発生雨量に大きく影響する事例としては、近年では2003年11月の大分県鶴見町（現、佐伯市）での豪雨による土砂災害<sup>9)</sup>や2004年7月31日～8月1日の台風10号豪雨による徳島県那賀川上流の木沢村（現、那賀町）・上那賀町（現、那賀町）での大規模な土砂移動現象の発生<sup>10)</sup>などをあげることができる。前者は鶴見町の地質が中生代の四万十層群の砂岩・頁岩互層で、岩屑からなる表層土の浸透能が大きかったことや植生が豊かであったことなども影響したと思われるが、先行降雨（ここでは72時間半減の実効雨量値）がすでに300～350mmに達しているところにさらに70～90mm/h以上の激しい強雨が加わってようやく土石流の発生につながっている。後者の那賀川上流地域は日頃より降雨の多い地域であるとともに、地質的には古生代～中生代の秩父帯の砂岩・頁岩・粘板岩や緑色岩類、珪質岩、石灰岩などが分布していた。最終的には数十万～100万m<sup>3</sup>オーダーの崩壊と土石流の発生につながり2名の犠牲者を出してしまうのだが、8月1日0時時点では72時間半減実効雨量値がすでに350mm以上の状態になっていたにもかかわらず災害につながるような土砂移動現象の発生はなかった。しかし、8月1日20時頃以降には実効雨量値で650～950mmを超えるような降雨状況になり規模の大きい崩壊や土石流が発生してしまう。このときは局所的に日雨量（8月1日）がそれまでの記録1,114mm（徳島県日早）を超える新記録となるような豪雨であった（四国電力海川1,317mm、四国電力小見野々1,195mm、近い記録として、国土交通省沢谷1,006mm、徳島県管轄名古ノ瀬911mmなど、いずれも8月1日の日雨量）。この事例でも、岩屑からなる表層土の浸透能が高く、植生も豊かであったことが、崩壊や土石流の発生を遅らせる要因となったものと考えられている。

また、免疫性に関係する近年の事例としては、2004年の香川県大野原町（現、観音寺市）や豊浜町（現、観音寺市）での豪雨による土砂災害をあげることができる<sup>11)</sup>。8月半ばには台風15号の影響により愛媛県北東部から香川県の西部にかけて、また、9月下旬には台風21号の影響によりほぼ同じ地域を含むより広い範囲で豪雨に見舞われたのだが、台風15号による最初の豪雨では散発的であった香川県西部での崩壊や土石流などが、6週間後の台風21号の豪雨では多発する結果となった。雨量としては両台風の豪雨に非常に大きな差があったわけではないが、後の豪雨の方が総雨量も雨量強度もその継続時間もわずかに大きかったことがわかっており、このような場合にはいわゆる免疫性が発揮されないことが示唆された。

さて、2005年の台風14号豪雨による広島での土砂災害に関して、主な土石流発生地点周辺における降雨状況を6.29災害時と比較しながら示したものが表-1である。玖島川沿いの花崗岩地帯の土石流の場合、豪雨が集中したこともあり、この付近だけであるが土石流が集中的に発生していたことからすると、その他の地域においても土石流の多発する直前の状態ではあったが、たまたま引き金となるような短時間強雨がそれ以上加わらなかったことにより、集中発生が避けられたといえるかも知れない。なお、県より提供を受けた気象レーダーの解析結果（レーダーアメダス解析雨量値）を使って2005年の豪雨と1999年の豪雨と比較したところ、土石流災害の発生した宮島東部エリア（図-6）、赤土地・志井・小多田・大谷のエリア、吉山川沿いのエリア、玖島川沿いのエリアとも、2005年の豪雨の方が総雨量だけでなく短時間強雨の大きさにおいても勝っていた、という結果となった<sup>12)</sup>。しかし、1999年の6.29災害時よりも土石流等の発生数が少なかった要因の説明がますます困難になり、レーダーアメダス解析雨量値の精度の問題とも合わせて今後なお検討が必要である。

表－1 2005年台風14号豪雨による主な土石流等の発生地域における降雨量の比較

今回の主な土石流等	今回2005年9月6日21～23時の台風14号豪雨	前回1999年6.29災害時の14～16時の豪雨	発生時刻
宮島の土石流 (花崗岩地帯)	日雨量は200mm弱 6時間雨量の最大は140mm程度 72時間半減実効雨量値170mm程度に30mm/h以上の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値210mm程度に10mm/h程度の1時間雨量が加わる	日雨量は170mm程度 6時間雨量の最大は140mm程度 72時間半減実効雨量値170mm程度に40mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値210mm程度に15mm/h程度の1時間雨量が加わる	6日22時頃
玖島川沿いの土石流 (花崗岩地帯)	日雨量は300mm超 6時間雨量の最大は220mm程度 72時間半減実効雨量値250mm程度に50mm/h以上の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値300mm程度に20～30mm/hの1時間雨量が加わる	日雨量は170mm程度 6時間雨量の最大は140mm程度 72時間半減実効雨量値170mm程度に40mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値210mm程度に20mm/h程度の1時間雨量が加わる	6日22時頃?
吉山川沿いの土石流 (源頭部は古生層・花崗岩の境界部、氾濫・堆積部は花崗岩地帯)	日雨量は170～200mm程度 6時間雨量の最大は140mm程度以上 72時間半減実効雨量値170mm程度に40mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値200mm程度に30～40mm/hの1時間雨量が加わる	日雨量は200～250mm程度 6時間雨量の最大は160～190mm程度以上 72時間半減実効雨量値200mm程度以上に50～60mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値250mm程度に20～35mm/h程度の1時間雨量が加わる	6日23時～ 7日1時頃?
赤土地の土石流 (古生層)	日雨量は350mm弱 6時間雨量の最大は220mm超 72時間半減実効雨量値270mm程度に50mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値310mm程度に40mm/h程度の1時間雨量が加わる	日雨量は170mm程度 6時間雨量の最大は130mm程度 72時間半減実効雨量値180mm程度に40mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値220mm程度に20mm/h程度の1時間雨量が加わる	6日22時頃
志井の地すべり, 小多田・大谷の土石流 (古生層)	日雨量は380mm程度 6時間雨量の最大は220mm超 72時間半減実効雨量値300mm程度以上に50mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値350mm程度に30mm/h程度の1時間雨量が加わる	日雨量は150mm弱 6時間雨量の最大は100mm弱 72時間半減実効雨量値170mm程度に20mm/h程度の1時間雨量が加わる 72時間半減実効雨量値180mm程度に10mm/h程度の1時間雨量が加わる	志井のみ 7日10時50分 小多田不明



図－6 宮島東部エリアのレーダーアメダス解析雨量値を使った2005年降雨と1999年降雨の比較

### 3.2 2006年9月16～17日の台風13号豪雨による広島での土砂災害

2006年の台風13号は、広島県には9月17日午後最も接近する状態になったが、むしろ台風によって刺激された前線の活動による前日の豪雨がより深刻であった。広島県防災Webによる

と、雨の降り始めは9月15日夕刻であったが一連の降雨のうちのほとんどは16日に降っている。このWeb上で公開されている全289観測点のうち9月16日の日雨量が250mmを超えた観測点は6点あり、その内訳は安佐北区内に3点（小河内280mm、綾ヶ谷276mm、片廻山275mm）、



安芸太田町内に2点（中ノ原262mm，黒峠260mm），安芸高田市内に1点（八千代支所263mm）であった。また，50mm/hを超える大きな1時間雨量値を記録した観測点と日雨量の大きかった観測点についてはまとめて表-2に示す。この表から，18時頃以降は30mm/h前後の強雨が始まり，特に20時頃からは安芸太田町や北広島町で50mm/hを超える豪雨となり，21～24時頃には広島市安佐北区や安芸高田市にその豪雨域が広がり，17日1時頃まで強雨が続いていたことがわかる。

この強雨の時間的な移り変わりを理解しやすくするために，広島県の地図上に雨量の分布を表現したものが図-7である。この図はある時

点の先行降雨の影響度分布（ここでは72時間半減の実効雨量値を用いている。以下，「72時間半減実効雨量」と記す）をグラデーションで示したものの上に，その時点以後の1時間雨量の分布を等雨量線で重ねて示している。すでに，土石流や流動性の高い崩壊等は過去の雨の影響がある程度以上の大きさのところに，短時間強雨が加わる形で発生しやすいことが知られていて，観測点ごとに土砂災害等の発生危険性を推測する手法が数多く提案され用いられてきた<sup>13)～17)</sup>ほか<sup>13)～17)</sup>が，ここに示した手法は観測点ごとの判断だけにとどめず，危険度の時間的な移り変わりを過去の雨の影響度に加えてその時々而降っている強雨との関係の面的な分布として捉

表-2 2006年9月16-17日の強雨を捉えた観測点（表中の単位はmm）

地区	観測局名	9/16										
		6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
広島市 安佐北区	宇賀	0	9	2	1	13	0	1	2	0	0	0
	小河内	2	9	4	0	13	3	1	0	0	0	1
	勝木	1	10	3	0	6	4	2	1	1	1	2
	片廻山	1	8	3	0	7	7	1	0	0	0	1
	綾ヶ谷	1	11	4	1	6	4	1	1	1	1	0
	堂免橋	0	14	3	0	5	3	1	0	2	2	0
安芸太田町	中ノ原	1	6	4	2	21	0	0	1	1	0	1
	江河内	0	4	3	3	16	1	0	0	0	0	2
	黒峠	1	8	4	1	15	1	0	0	0	1	0
北広島町	新都	0	7	4	1	5	11	0	0	0	1	1
安芸高田市	八千代支所	2	6	8	0	7	5	1	1	1	1	1
	川根	0	1	3	1	1	7	0	0	4	3	0

地区	観測局名	9/16								9/17		
		17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	1:00	2:00	3:00
広島市 安佐北区	宇賀	1	10	8	7	26	59	33	30	20	3	0
	小河内	2	21	12	23	44	61	43	22	22	7	0
	勝木	1	33	6	1	18	53	27	35	18	2	0
	片廻山	1	10	15	32	58	55	38	21	19	10	0
	綾ヶ谷	3	32	6	2	35	75	36	41	16	5	0
	堂免橋	3	23	10	0	13	51	36	33	20	3	0
安芸太田町	中ノ原	1	1	24	64	45	13	37	20	29	0	0
	江河内	2	1	11	58	29	4	10	10	17	0	0
	黒峠	1	3	18	48	43	32	42	25	27	2	0
北広島町	新都	0	5	4	54	53	25	26	11	15	10	0
安芸高田市	八千代支所	5	15	20	1	23	53	45	55	15	7	0
	川根	0	3	0	14	52	9	9	6	19	9	0

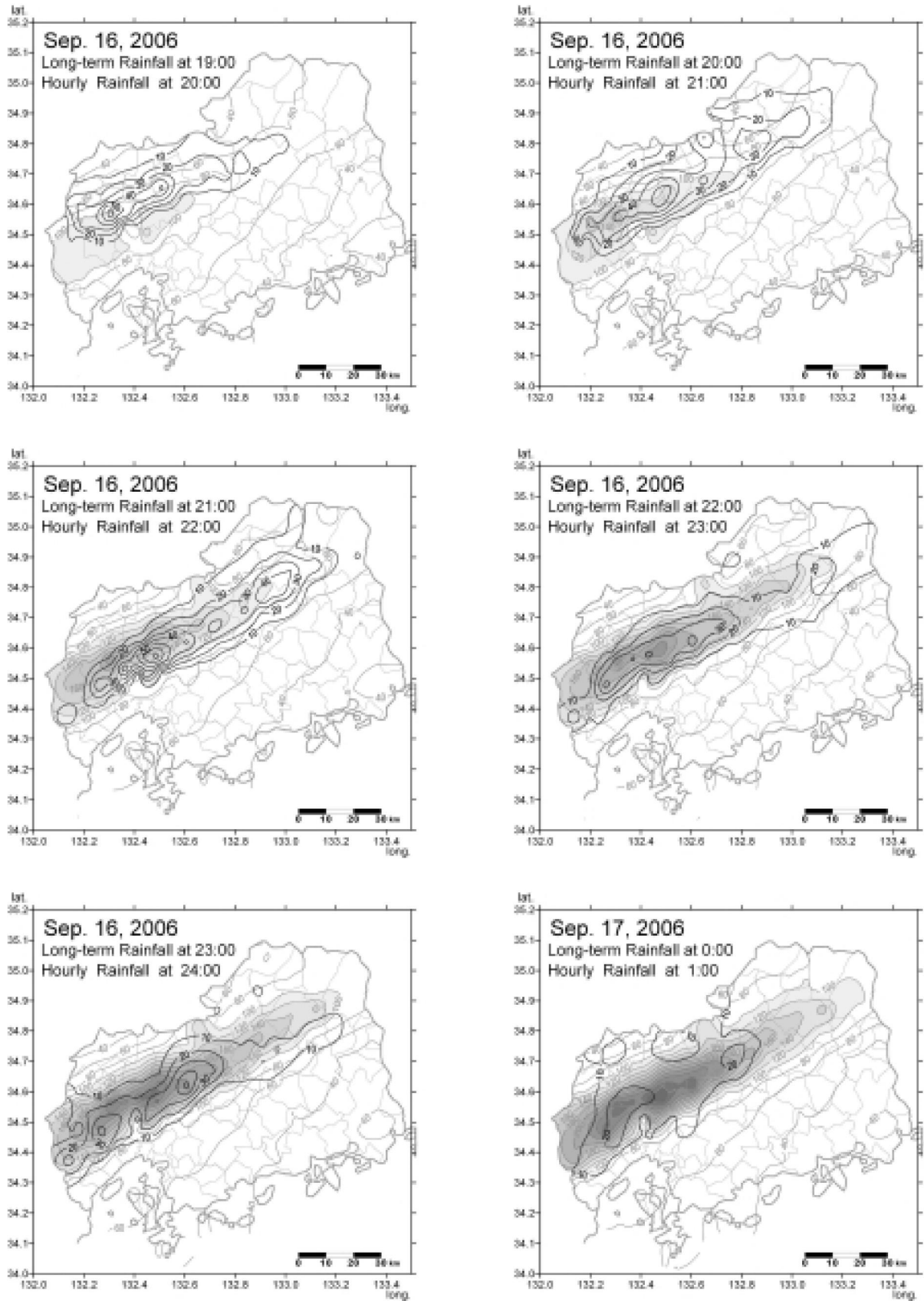


図-7 広島県における豪雨の経時変化 (2006年9月16~17日)

えることができる点で非常に理解しやすいものであると考えられる<sup>18),19)</sup>。これを見ると、16日19時の時点では72時間半減実効雨量はまだ120mmをやっと超える地域が見られる程度だったところに、20時までの1時間に40~60mm程度以上の強雨が降るのであるが、両者はまだ場所的に重なっていない。20時の時点では72時間半減実効雨量が160mm以上のところが現れ、その後21時までの1時間に40~50mm程度以上の強雨が加わる形態となって、この両者の重なる部分が一部の地域に見られる。同様に、その両者の重なる条件が成立する範囲が24時~17日1時頃にかけて広がっていったことがわかる。

これらの豪雨により約30箇所ですり流が、また、約40箇所ですり壊等が発生したが、このうち、すり流について発生開始地点や流路の位置を地図上に落とし、雨の分布を重ねたものを図-8に示す。この図における雨の表現は、中井・海堀ら<sup>20)</sup>にならったものである。すなわち先行降雨の影響度と短時間強雨の重なりをひとつだけの指標R'値としてまとめて表現し直し、さらにもっとも危険度の高い状況を示すものとして最大のR'値の分布として描いたものである。ただし、R'の最大値が発生した時刻はさまざまである。この図を見ると、すり流の発生地点がまさにR'値の大きな地域であったことがわ

かる。

結局、すり流の発生場となったところはいずれも雨量が多く、かつ、短時間強雨値も大きなところであった。しかし、それぞれの場が周辺に比べてもきっかけとなるすり壊やすり流の発生につながりやすかったその他の条件もいくつか存在する。

そのひとつは道路との関連である(写真-2)。豪雨の際、広い範囲から路面を伝って集められた雨水が特定の斜面に集中して排水される形態となり、流動性の高いすり壊やすり流が生じている事例が見られる。同様な形態のものはこれまでも各地で何度も起こっており<sup>21),22)</sup>ほか、集排水の構造にさらなる工夫が必要であることを示唆している。

ふたつめは植生との関連である。植生が豊かとはいえない幼齡林・若齡林地でのすり壊・小規模すり流の集中発生が見られる(写真-3)。広葉樹林地においてもすり壊やすり流の発生はあるのだが、スギ・ヒノキの人工林地での方が多く発生している。これらは豪雨を受けた場合の植生の地上部の樹冠遮断率の違いや地下部の根系による地盤の補強効果や保水力の違い、および、自然林の地盤と人工林の地盤そのものの攪乱の受け方の違い等によるものと思われる。樹冠遮断率の研究は主に森林水文学の分野で観測

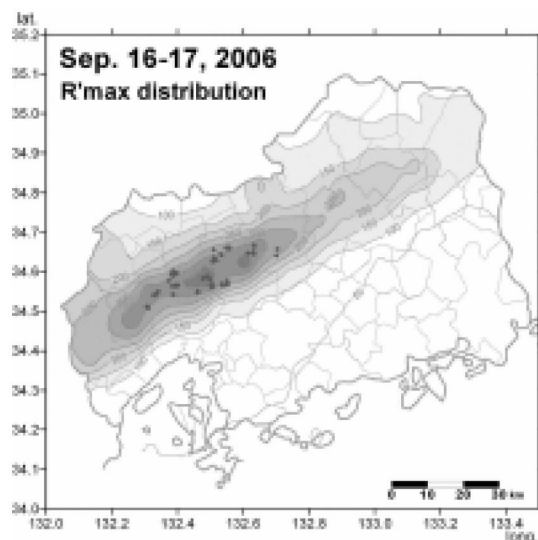


図-8 土り流の発生位置と最大R'値分布との関係



写真－2 道路近くに発生した土石流の事例（安芸太田町）  
（2006年9月16日発生，18日撮影）



写真－3 豪雨による幼齢林地での崩壊の事例（北広島町）  
（2006年9月16日発生，18日撮影）

や実験をもとに行われているが，豪雨の13～26%もの量が樹冠によって遮断され蒸発しているとされている<sup>たとえば23)</sup>。すなわち豪雨の際にも地上植生の豊かさに応じて地盤に入り込む雨水の量には差が生じるため，同じ降雨量であっても地盤の強度低下や不安定化に違いが生じると考えられるのである。一方，スギ・ヒノキの人工林地であっても，地上部の存在により樹冠遮

断による効果は認められるはずだが，樹林そのものが地盤を攪乱して人工的に造ったものであり，地上部だけでなく地下の根系部においても十分な成長をするまでの間は地盤の補強効果や保水力等を回復させられないでいることが，崩壊や土石流の発生のしやすさの違いと考えられる。

#### 4. 豪雨による土砂災害の防止・減災に向けて望まれること

前節までに見てきたように、広島県には土砂災害につながる地質的な素因・地形的な素因・植生上の素因と被害を受ける側の構造である社会的な素因が多く存在していることがわかる。自然的な素因については簡単には変えられないことから、社会的な素因をいかに少なくすることができるかが防災や減災のためには非常に重要となる。

たとえば、宅地の造成にあたっては近年は宅地の周縁部に位置する谷や沢などの出口付近には土石流災害防止対策のためのえん堤があらかじめ施工される事例が見られるようになってきた（写真－4）。

また、広島県では2001年から地域の住民に向けての防災のための情報発信がインターネットを通じてなされている。すでに、多すぎる情報を受け手側がスムーズに扱えるか危惧されるほどであるが、豪雨による土砂災害の防止や減災

のためには、これまでの雨によって現状がどれだけ危険で、今後の雨によってさらにどのような危険がどのタイミングで生じうるかを推測できるような情報が発信されなければならない。前節にも事例を示したように、現状を知るためにはそれぞれの時点でそれ以前の雨の影響がどの程度であるのかを表示するのがよいが、観測点毎の数値情報にとどまらず、面的な分布図としての表現を経過時間に沿って並べてやれば、それぞれの地域の危険の状態やその迫り来る様子を感覚的に理解しやすいと思われる<sup>19)</sup>。

地盤の含水状況は気象庁の土壤雨量指数による分布でも、また、場合によっては単に降り始めからの累加雨量の分布であってもよく、住民が関心を持った時点での地盤の状況が周辺地域の状況とともに理解できるものであればよいと思われる。2006年9月1日からは広島県においても、広島県の砂防部局と広島地方气象台との連携により、新しい「土砂災害警戒情報」の発信が開始された。これは地上雨量観測情報と気象レーダーによる解析雨量を使って、県内約



写真－4 近年の宅地造成に見られる土石流災害防止対策の事例（広島市）  
（2006年9月18日撮影）

350区画の5 kmメッシュごとの土壌雨量指数を算出し、その後の降水短時間予報との組合せにより土砂災害危険度予測をした上で色分けをしたメッシュ図として公表するものである。まだ、開始されて日が浅いが、9月16~17日前後の台風13号来襲時には的確に情報が発信されていた。また、テレビやラジオなどのメディアを通じての発信情報の紹介もなされていた。そのせいもあり、各地域で早くからの自主避難・避難勧告等を含めた警戒が行われていた。

なお、地上観測雨量の代わりにレーダーアメダス解析雨量を使って先行雨量を評価することについては、現状ではまだ実測値や実際の状況からかけ離れた結果になる危険性があると思われるので、あくまでも予測の部分にのみレーダー雨量をあてはめるようにしたい。地上雨量計についても現在稼働している国土交通省や市町管轄の雨量観測値が広島県の防災情報Webの中の雨量データと同じフォーマットで一括ダウンロード利用もできる状況になれば、さらにリアルタイムに近い状態で利用できる地上雨量観測点の密度が増加するのだが、なお今後の課題である。

また、「土砂災害危険度」の公表にあたっては、現在は専門家による解析結果だけを住民に提供する形となっている。一方で、少しでも住民自身が計算したり、あるいは、自分で危険度の推測や判断をしたりすることができるような形で情報を与える方が、豪雨による土砂災害の危険性に対し積極的に対処しようという気持ちを抱いてもらいやすいのではないかとも思われる。今後とも利用しやすく理解もしやすい情報提供のあり方を工夫することがますます求められるだろう。

## 5. まとめ

本論文で扱った内容は以下のようにまとめられる。

- (1) 広島県の土砂災害危険度は、急傾斜地崩壊危険箇所数と土石流危険渓流数では全国一で、その数はこれまでのところ急増傾向にある。
- (2) 広島県は水を含むと強度低下をしやすいマサ土斜面が多く、土層も植生も豊かとはいえないことなどの理由により、九州や四国南部などの地域に比べると、小規模な豪雨でもかんたんに崩壊や土石流が発生しやすい状況にある。
- (3) 過去の土砂災害調査結果から、雨量100mm程度以上になると崩壊発生が目立つようになり、200mm程度を超えると急増する。一方、時間雨量では30~40mm/h以上になると、崩壊発生数が急増しはじめる。
- (4) 先行降雨の量とその分布の把握が土砂災害の警戒のためにはきわめて大切である。
- (5) 新しい「土砂災害警戒情報（土砂災害危険度情報）」は色分けをしたメッシュ図として公表されるので、受け手側にとっては土砂災害危険度の面的な分布を把握できると思われる、今後の土砂災害警戒避難のために有効に活用されることが望まれる。

## 謝辞

本小文をまとめるにあたり、広島県防災情報システムをはじめ、各県や各機関によりインターネット上に公開されている降雨観測データを使わせていただきました。それぞれの観測機器の設営や維持および観測業務やデータの公開などのご尽力に対し、厚く御礼申し上げます。また、災害調査においては(株)砂防学会と調査団員、各県や地域の防災担当の各位から多くのご協力を賜りました。心より感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 海堀正博・石川芳治・牛山素行・久保田哲也・平松晋也・藤田正治・三好岩生・山下祐一 (1999) : 1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急調査報告(速報). 砂防学会誌, Vol.52, No.3, pp.34-43.
- 2) 広島県 (1999) : 6.29広島県土砂災害対策検討委員会討議資料, 第1回~第4回.
- 3) 長崎県土木部 (1983) : ドキュメンタリー 長崎集中豪雨119番. 「7.23長崎大水害誌」(長崎県土木部) より, pp.317-331.
- 4) 鹿児島市消防局通信司令室 (1993) : 救助求める電話殺到. 「報道写真集 '93夏 鹿児島風水害」(南日本新聞社) より, pp.126-127.
- 5) 高橋和雄・阿比留勝吾 (1995) : 防災機関と住民の対応. 「1993年鹿児島豪雨災害—繰り返される災害—」(㈱土質工学会1993年鹿児島豪雨災害調査委員会) より, pp.141-160.
- 6) 本家正博・石山英治 (2003) : 住民へ向けた土砂災害情報の提供について. 砂防学会誌, Vol.56, No.4, pp.46-54.
- 7) 国土交通省砂防部 (2001) : 土砂災害防止法の施行に当たって. 砂防と治水, Vol.34, No.1, pp.27-56.
- 8) 谷口義信・内田太郎・大村 寛・落合博貴・海堀正博・久保田哲也・笹原克夫・地頭蘭隆・清水 収・下川悦郎・寺田秀樹・寺本行芳・日浦啓全・吉田真也 (2005) : 2005年9月台風14号による土砂災害. 砂防学会誌, Vol.58, No.4, pp.46-53.
- 9) 海堀正博・大村寛・久保田哲也・西村 賢・古澤英生・井上新平 (2004) : 大分県鶴見町における季節はずれの豪雨と土砂災害の特徴. 砂防学会誌, Vol.57, No.1, pp.20-26.
- 10) 日浦啓全・海堀正博・末峯 章・里深好文・堤大三 (2004) : 2004年台風10号による徳島県木沢村と上那賀町における土砂災害緊急調査報告(速報). 砂防学会誌, Vol.57, No.4, pp.39-47.
- 11) 海堀正博 (2005) : 瀬戸内沿岸地域における台風豪雨による土砂災害の実態—香川県大野原町における平成16年の台風災害調査より—. 日本研究, 特集号3 : 瀬戸内の傾斜地域, その暮らしと景観, pp.95-101.
- 12) 海堀正博・中井真司・大本直樹・森田耕司・作野裕司 (2006) : 2005年台風14号による広島での土砂災害とその原因. 第3回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 土木学会西部支部, pp.187-192.
- 13) 網干寿夫・低引洋隆 (1972) : 真砂土斜面の崩壊について. 第7回土質工学研究発表会発表講演集, No.148/Ⅲ-13, pp.507-510.
- 14) 瀬尾克美・船崎昌継 (1973) : 土砂害(主に土石流的被害)と降雨量について. 新砂防, Vol.26, No.2, pp.22-28.
- 15) 建設省河川局砂防部 (1984) : 土砂災害に関する警戒の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案).
- 16) 矢野勝太郎 (1990) : 前期降雨の改良による土石流の警戒・避難基準雨量設定手法の研究. 砂防学会誌, Vol.43, No.4, pp.3-13.
- 17) 寺田秀樹・中谷洋明 (2001) : 土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法. 国土技術政策総合研究所資料, No.5, 58p.
- 18) 桑田志保・海堀正博 (2001) : 降雨観測データの土石流発生予測への適用—広島県における最近の事例を使って—. 広島大学総合科学部紀要Ⅳ(理系編), Vol.27, pp.63-75.
- 19) 海堀正博 (2003) : 土砂災害防止のための雨量観測情報の面的利用. 地盤の架け橋, 中国地質調査業協会, Vol.8, pp.4-10.
- 20) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫(投稿中) : 最近の土砂災害への新しい雨量指標 $R'$ の適用と警戒避難のための表現方法. 砂防学会誌.
- 21) 栃木省二・海堀正博 (1991) : 豪雨による林道・作業道での崩壊とその特徴. 広島大学総合科学部紀要Ⅳ(理系編), Vol.16, pp.1-18.
- 22) 広島県森林協会 (1994) : 平成5年発生林道災害総合調査報告書. 100p.
- 23) 塚本良則・大谷義一・鈴木雅一・服部重昭・谷誠・太田猛彦 (1992) : Ⅲ. 斜面における水循環. 『森林水文学』(塚本良則編), 文永堂出版, pp.37-169.