

# 自主的な警戒に使うための 降雨データの表現例について

## EXPRESSION EXAMPLES OF OBSERVED PRECIPITATION DATA FOR PEOPLE'S ACTIVE BEHAVIOR OF DISASTER PREVENTION

海堀正博<sup>1</sup>・井上新平<sup>2</sup>・西村 賢<sup>3</sup>

Masahiro KAIBORI, Shimpei INOUE and Masaru NISHIMURA

<sup>1</sup>広島大学 総合科学部自然環境科学講座 (〒739-8521 東広島市鏡山 1-7-1)

<sup>2</sup>広島大学 大学院生物圏科学研究科 (〒739-8521 東広島市鏡山 1-7-1)

<sup>3</sup>日本総合研究所(株)大阪支店 (〒550-0013 大阪市西区新町 1-5-8)

### 1. はじめに

1999年6月に西日本において豪雨による土石流災害が多発したのに続き、2003年にも九州各地で土石流災害が繰り返し発生した。いずれも、これまでいわれてきた土石流の発生条件を満たす降雨パターンが誘因である。すなわち、長時間の雨の影響度の高いところに短時間強雨が加わるという形態である。多くの災害は同時期に多発するため、災害発生直前にも直後にも、手助けが必要な人のすべての所に行政の手が及ぶことはほとんど不可能に近いと思われる。事前に住民自身に災害に備えた心構えを期待するところである。そのためには、住民が理解しやすい形で、自分たちが現在おかれている状況を知ることができるような降雨情報の提供手法を工夫する必要がある。

従来、土石流発生につながる降雨については、観測点における先行降雨(ある時点以前の雨の影響をあらわすもの)と短時間降雨(ある時点までの直前の短時間の雨量)が組み合わせられて解析されてきた<sup>1)2)3)4)</sup>。先行降雨としては過去2週間の累積雨量、24時間や72時間の半減期を有する実効雨量などをあてたり、また、実効雨量の計算にあたり毎時間低減を考慮したり<sup>5)</sup>、また、短時間降雨としては最近1日あるいは直前の1時間雨量、あるいは、1.5時間半減の実効雨量をあてたりしている<sup>6)</sup>が、考え方の基本は変わらない。観測点ごとの解析は、その観測点のデータだけで既定の範囲の住民に対して警戒・避難などの行為を促すには、すなわち行政的には、使いやすいといえる。しかし、雨の降り方にもよるが、

地理的にどのように危険な状況が広がってきているのか、迫ってきているのかを把握することは困難である。

危機感や緊張感を高め、自主的な防災行動につなげてもらうためには、直感的にもある程度の理解ができる表現が必要である。気象庁では土壤雨量指数を使うことでその要求に応えようとしている<sup>7)</sup>が、筆者らはより単純な方法でも十分実用に耐えるのではないかと考える。すなわち、ごく局所的な避難勧告等につなげるほどの精密さがなかったとしても、むしろリアルタイムに近い早さで雨の現状を知らせられる手法という点を重視したい。その観点からの表現事例を以下に紹介したい。

### 2. 1999年6月29日の広島豪雨災害の例

広島県では平成16年6月現在299箇所の観測点での観測データがインターネットを通じて広島県防災情報システムのホームページで公表されている。ここでは県管轄の水防関係54点、砂防関係125点、治山関係88点と気象庁管轄のアメダス32点のデータが、観測から十数分以内にほぼ同じフォーマットで、Excelなどの表計算ソフトですぐに処理できる形でも提供されている。いいかえると、県内5.3km四方に1点の観測値がほぼリアルタイムに近い状態で誰にでも利活用できる体制であるといつてよい。

しかし、1999年の災害時にはこの体制はなく、誰にでも利用できたものは気象庁のアメダス観測値32点、すなわち、約17km四方に1点の観測データだけであった。アメダス観測点は日本全国に展開されている観測網と

して非常に意義の大きいものであるが、広島市西部や北部での災害というような限定された範囲での豪雨災害に対しては、必ずしも核心となる降雨を観測できるとは限らず、当時も災害と直結する豪雨はアメダス観測網にひっかからなかった。その結果、土石流の発生につながる雨の量が非常に少ないとの誤解を招く危険性があった。実際には土石流の発生につながる雨が十分に降っていたことがその他の約160箇所の観測点データとあわせることによって明らかとなる<sup>8)9)</sup>。筆者らは、これらの観測値を観測点ごとに見るだけにとどめず、地図上に面的に表現することを考えた。

アメダス観測網以外の観測点データも含めて、この当時の雨の分布を描いたものが図-1である。図にはある時点以前の雨の影響を72時間半減の実効雨量として計算し、観測点ごとのその値の分布が160mm以上の所を20mmごとにしだいに濃くなるようなグラデーションによって表現してある。さらに、それぞれの先行降雨に加えて、引き続き降った1時間雨量の値を等値線で重ねて表現している。たとえば、図-1(a)なら、先行降雨のグラデーションは午後1時までの状態、これに、午後1~2

時の1時間に降った雨量を等値線で重ねて描いている。この図を見ると、まず、広島市西部や北部で午後3時を挟んだ時刻から土石流災害が多発したときの降雨形態が、従来いわれていた土石流発生時の降雨形態と同様であることがはっきりわかる。さらに、広島市東部や南部においても一部非常に強い短時間降雨があったことがわかるが、先行降雨が多くないエリアであったために土石流の発生には至っていないことを指摘したい。

図-1のグラデーションは、観測点ごとの観測値から先行降雨の量として72時間半減の実効雨量を継続的に計算し、これの等値線を引き、危険度の高いと思われる値以上の部分に色をつけたものである。ふだんは計算だけで作図するまでもないが、危険度が高まってきたときには毎時間この図を作成し、先行降雨の影響の大きな地域の分布や増え方などに注目している。過去の大きな土石流災害につながった事例の場合は、この先行降雨の影響の大きかった場に強い短時間降雨が加わる形で起きているからである。他の事例も見てみよう。

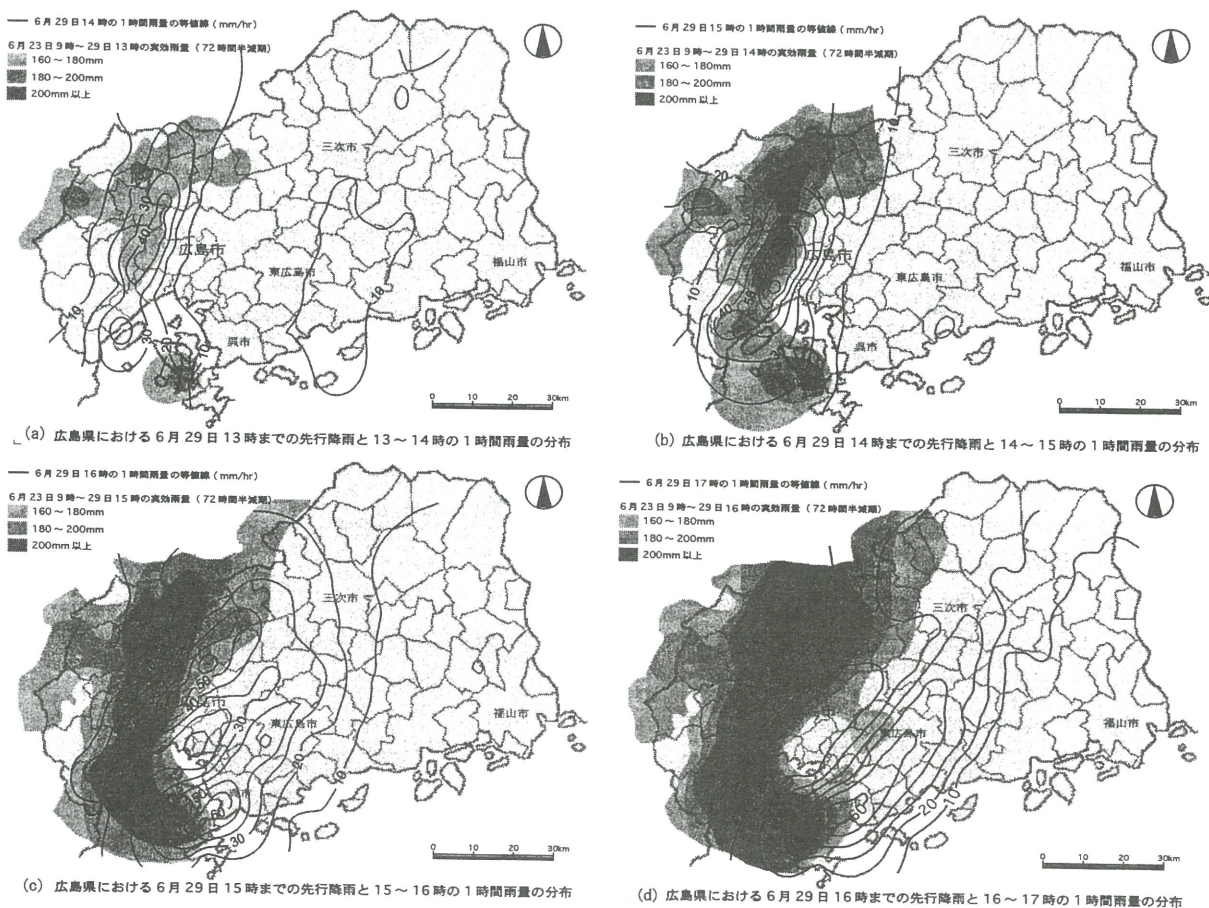


図-1 1999年6月29日広島土砂災害時の降雨状況

ある時刻までの先行降雨の影響度を72時間半減の実効雨量としてグラデーション(ただし、160mm以上を20mm間隔で)で示したものに、続く1時間雨量の分布を等値線として重ねている。  
 (a) 13時の実効雨量と14時までの1時間雨量、(b) 14時の実効雨量と15時までの1時間雨量、(c) 15時の実効雨量と16時までの1時間雨量、(d) 16時の実効雨量と17時までの1時間雨量



### 3. 2003年7月20日水俣市周辺土石流災害の例

熊本県水俣市周辺は白亜紀の四万十層群に相当する堆積岩の上に新生代の肥薩火山岩類が覆ったような地質形態の地帯である。表層の安山岩層は強風化しており、凝灰角礫岩混じりの土層を形成している。水俣市東部の宝川内集地区では午前4時半ごろに数万 m<sup>3</sup> オーダーの崩壊が発生し、十数万 m<sup>3</sup> の土石流につながった。源頭部の崩壊は幅が70~90m、長さが150m程度、深さが2~10m、勾配が約30°である。集川は上流部流域では勾配が小さく、崩壊の発生した付近はちょうど勾配が急になる遷急線付近にあたる。崩壊面上の集水エリアのみならず、集川流域上流で集められた大量の雨水が崩壊となった斜面の脚部を削った可能性も高い。しかし、ここでは土石流の誘因となった雨に注目する。

なお、風化花崗岩地帯とは異なる構造ではあるが、ここでは先行降雨の表現をこれまでと同様、72時間半減の実効雨量としてあらわすことにする。また、ここでの雨の解析には入手できた九州本土にある気象庁アメダス観測点データ153点(うち、熊本県内の28点)、国土交通省の水文地質関係観測点データ211点(うち、熊本県内の58点)、および、熊本県管轄の観測点データ145点での観測値を使うことにした。その際、6月30日まで遡ってデータを使うようにしたが、結果的に、解析に使えなかった観測点も数点存在した。

土石流災害の発生直前の3時間分の雨の分布を図-2に示す。先の図-1と同様、先行降雨の影響をグラデーションで示したものに、続く1時間雨量の分布を等値線で描いて重ねたものである。図-2(a)は午前2時までの先行降雨の影響をあらわしたグラデーション表示の分布状況のところに、3時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。この時点では水俣の東部において20~40mm/h以上の強雨が降っているものの、先行降雨の量がまだ100mm程度であり、土石流の発生には至っていない。むしろ、先行降雨の影響の大ききなところとして阿蘇付近に160mm以上のエリアが見られる。しかし、その周辺では10~20mm/h程度の短時間降雨しか降っていないため、土石流の発生には至らない。次に、図-2(b)は午前3時までの先行降雨の影響をあらわしたグラデーション表示の分布状況のところに、4時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。水俣の東部周辺では3時の時点で先行降雨の影響がすでに120~140mm以上のエリアが出てきている。さらにその状態で80mm/h程度以上の強雨が加わっているがなお、4時までの時点での土石流の発生はない。広島であれば、この条件は十分土石流の多発する状態にあると考えられる。そして、図-2(c)に移る。この図は午前4時までの先

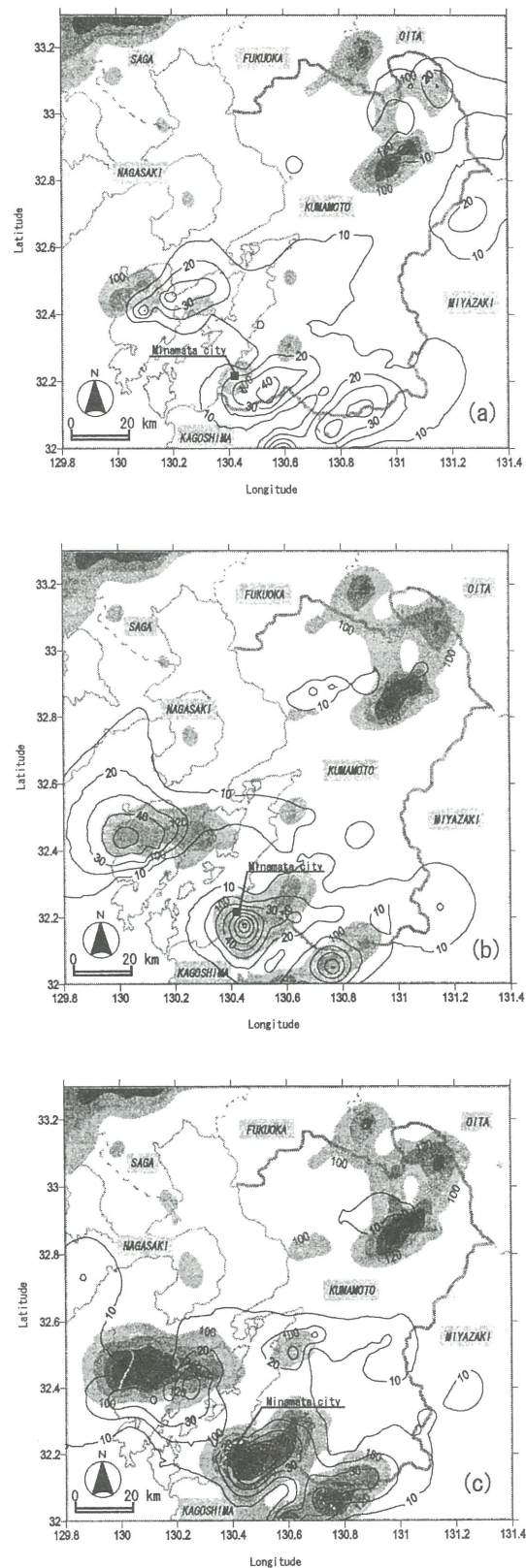


図-2 2003年7月20日熊本県水俣市での土石流災害時の降雨状況

グラデーション: ある時刻の実効雨量分布(ただし、100mm以上のみを20mm間隔で); 等値線: 続く1時間雨量の分布  
 (a) 2時の実効雨量と3時までの1時間雨量、(b) 3時の実効雨量と4時までの1時間雨量、(c) 4時の実効雨量と5時までの1時間雨量分布

行降雨の影響をあらわしたグラデーション表示の分布状況のところに、5時までの1時間雨量を等値線で重ねたものであり、この図の条件のさなかに宝川内集川での土石流による大きな災害が発生する。午前4時までの先行降雨の影響は水俣市の東部では200mm程度以上になっている。そこに5時にかけての80mm/h程度以上の強雨が土石流を誘発したことがわかる。

#### 4. 2003年11月28日大分県鶴見町周辺土石流災害の例

大分県南海部郡鶴見町は九州の最東端の半島部に位置し、海食崖の後退した急傾斜地と海とに挟まれた居住エリアを有する。地質は中生代の四万十層群で、先に述べた水俣市宝川内集川周辺でも見られた緻密な淡黄色砂岩と黒灰色頁岩の互層が基盤を形成している。植生はスギ・ヒノキの人工林地帯と常緑広葉樹林を主と

する自然林地帯とが混在するが、概して豊かな状態であるといえる。ここでも総雨量600mmを越える豪雨によって土石流が発生した。本節ではこの土石流の誘因となった雨に注目する。

ここでの雨の解析にあたって使用したデータは、鶴見町を含む周辺状況のわかる範囲とし、気象庁のアメダス観測点から43点、国土交通省の防災情報提供センター提供分から81点、大分県管轄の観測点から71点の合計195点の雨量観測値を11月11日(ただし、大分県管轄分は11月13日)までさかのぼって収集したものである。

土石流災害発生の直前直後計4時間分の雨の分布を図-3に示す。これまでと同様に、先行降雨の影響を72時間半減の実効雨量としてグラデーション(ただし、総雨量の関係で、50mmごとに濃さを変化させた)で示したものに、続く1時間雨量の分布を等値線で描いて重ねたものである。図-3(a)は午前6時までの先行降雨の

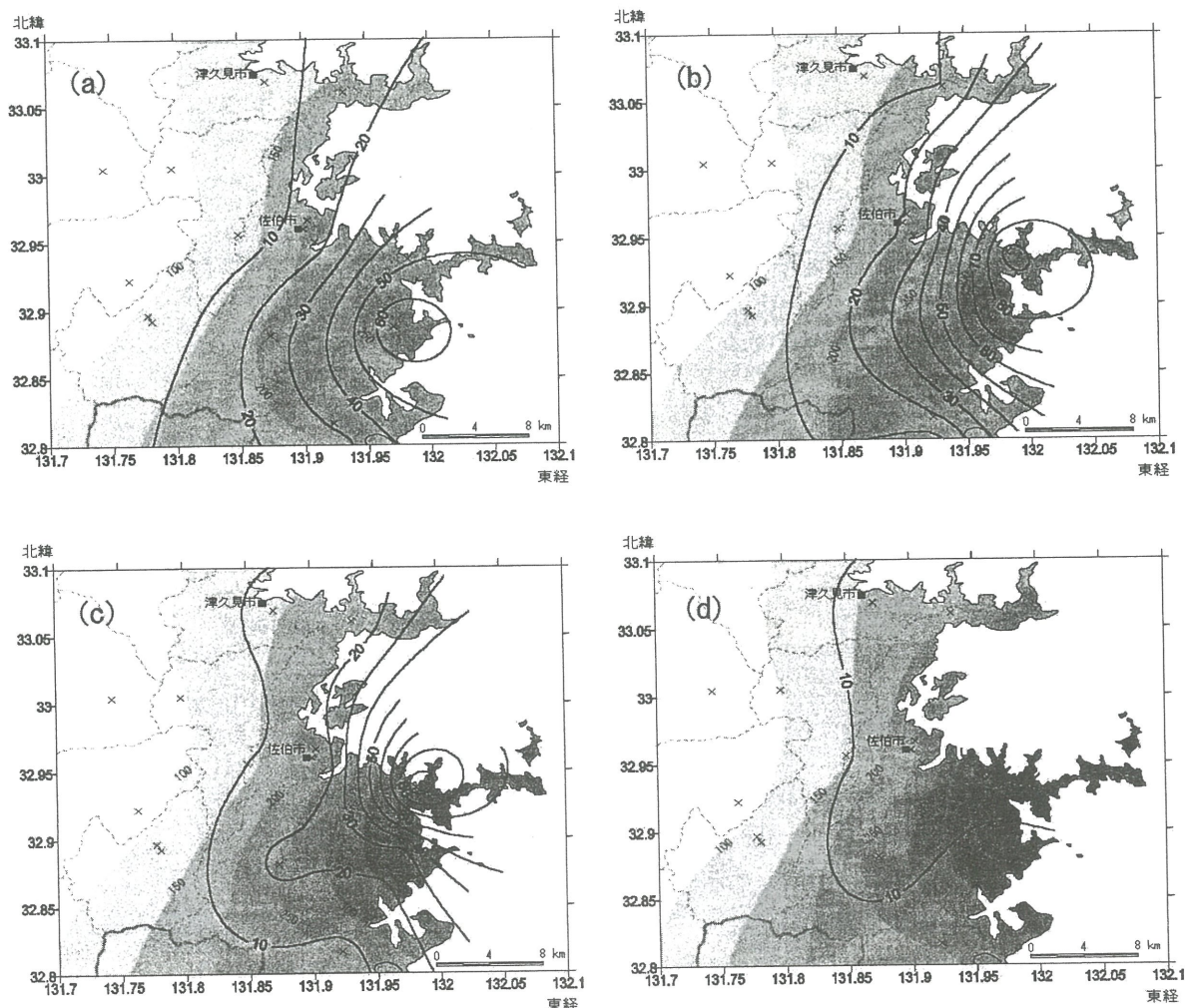


図-3 2003年11月28日大分県南海部郡鶴見町での土石流災害時の降雨状況

グラデーション: ある時刻の実効雨量分布(ただし、100mm以上のみを50mm間隔で); 等値線: 続く1時間雨量の分布  
 (a) 6時の実効雨量と7時までの1時間雨量、(b) 7時の実効雨量と8時までの1時間雨量、(c) 8時の実効雨量と9時までの1時間雨量分布、  
 (d) 9時の実効雨量と10時までの1時間雨量分布



影響をあらわしたグラデーション表示の分布状況のところに、7時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。佐伯市東部に突き出た半島の付け根の位置に鶴見町の中心部があるが、この時点ですでに先行降雨の影響は250mm以上となっており、かつ、その状態のところに40~60mm/h以上の強雨が加わっている。しかし、この時点ではまだ土石流の発生はない。図-3(b)は午前7時までの先行降雨の分布状況のところに、8時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。鶴見町の周辺はすでに先行降雨の影響が300mm以上となっており、そこに、80~90mm/h以上の強雨が加わっていることがわかる。そして土石流は午前8時前後から発生し始めている。さらに、図-3(c)は午前8時までの先行降雨の分布状況のところに、9時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。鶴見町周辺ではすでに先行降雨の影響は400mm以上になっている。この状態のところにさらに鶴見町の中心部(実際にはやや東部の有明浦あたり)に90mm/h以上の強雨が加わっている。この段階で土石流が多発することになる。

## 5. 2003年7月19日広島県の雨の状況

福岡県太宰府市で犠牲者をとまなう土石流災害の発生した2003年7月19日と同じころ、広島県の雨も土石流災害発生が予想される危機的な状況の直前の段階まで来ていた。前述したように、広島県では県の防災情報システムを通じて雨の観測値をほぼリアルタイムに近い状態で利用できる。そこで、刻々と変化する状況を追った。ここでは4時間分の変化を見てみよう。

図-4(a)は午前6時までの先行降雨の分布状況のところに、7時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。広島県西部にすでに先行降雨の影響が160~180mm以上のエリアがあるところに、10~20mm/h程度の強雨が加わっていることがわかる。図-4(b)は午前7時までの先行降雨の分布状況のところに、8時までの1時間雨量を等値線で重ねたものである。先行降雨の影響が180mm以上のエリアが県の西南部に広がっている。この状況のところに、20~30mm/h程度の強雨が加わっている。図-4(c)は午前8時までの先行降雨の分布状況

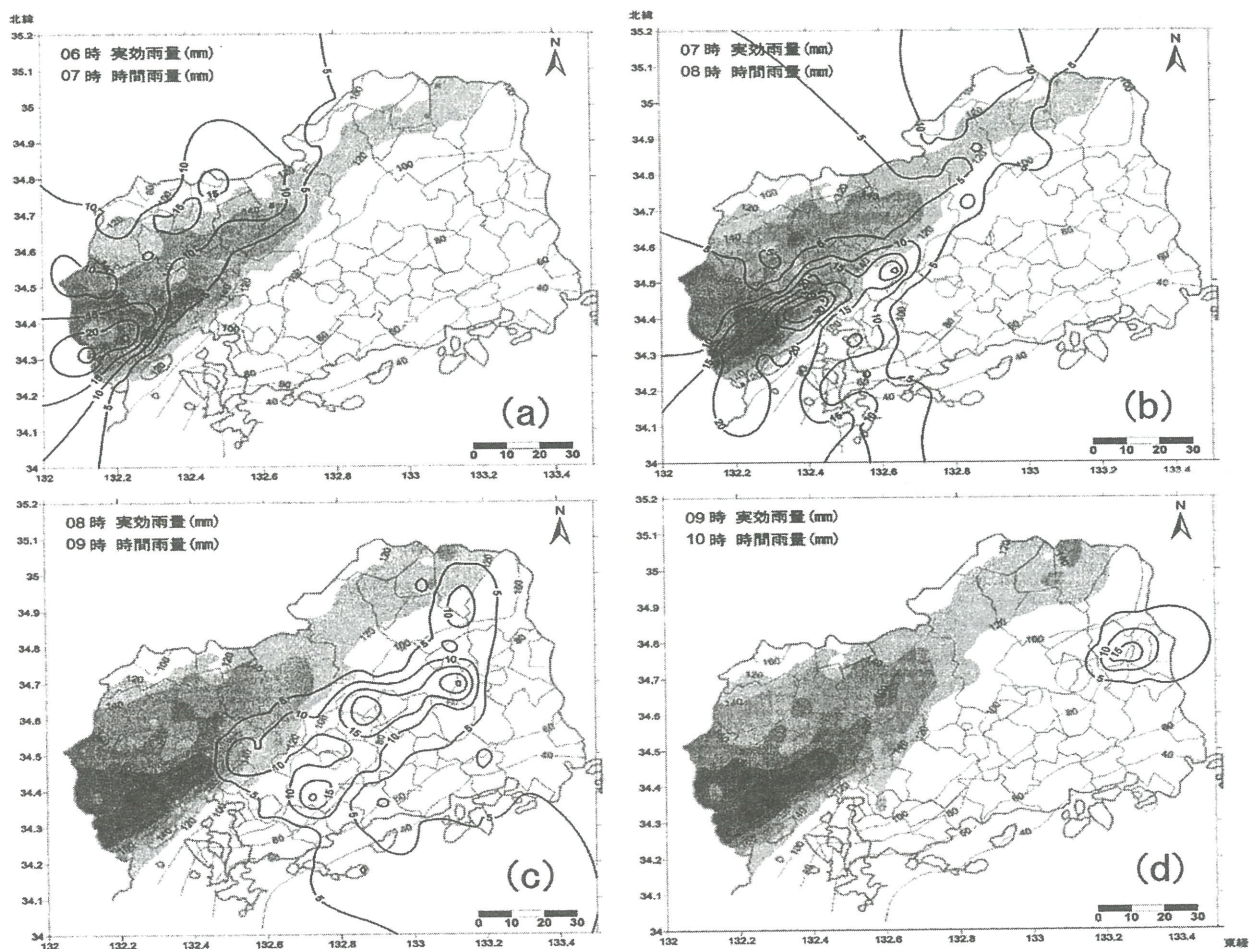


図-4 2003年7月19日早朝の広島県の降雨状況

グラデーション: ある時刻の実効雨量分布(ただし、120mm以上のみを20mm間隔で); 等値線: 続く1時間雨量の分布  
 (a) 6時の実効雨量と7時までの1時間雨量、(b) 7時の実効雨量と8時までの1時間雨量、(c) 8時の実効雨量と9時までの1時間雨量分布、(d) 9時の実効雨量と10時までの1時間雨量分布

のところ、9 時までの 1 時間雨量を等値線で重ねたものである。先行降雨の影響がすでに 200mm 以上のエリアが県の西南部に広く分布している。この状態のところ、5mm/h 以下の短時間降雨が加わっていることがわかる。さらに、図-4(d)でもすでに先行降雨の影響がいぜんとして 200mm 以上のエリアが存在しているが、その状態のところ、短時間強雨が加わることはなかった。このあとも同様で、しだいに先行降雨の影響範囲も小さくなっていく経過をたどった。結果的には、先行降雨の影響は 1999 年 6 月 29 日の土石流災害発生直前の状況に匹敵するところにあったが、その状況のところ、短時間強雨が加わることがなかったために、土石流災害が多発するような事態に至らずにすんだと思われる。

## 6. 先行降雨状況図の作成に必要な条件

以上に示した図は決して厳密なものではない。斜面では地表水も地中水も場所ごとに異なる速度で移動するであろう。観測された雨量値はさまざまな高度にある観測点での値であるが、高度による補正などは加えていない。しかし、このレベルであっても土石流災害の発生を警戒するのに用いるのであれば十分に役立つ。防災行政として、あるいは、防災の専門機関としてさらに厳密さや詳細情報が必要である場合は別途検討すればよい。

異常気象時にリアルタイムに近い条件で先行降雨の影響度合いを面的に表現するためには、以下のようなデータが必要である。

- 1) 観測点の緯度経度情報が既知であること。別ファイルとしてでも提供できる形が望ましい。
- 2) 観測値が Excel などの表計算ソフトで容易に利用可能な形で公表されること。たとえば、観測点ごとに 1 行を使い、列ごとに午前 1 時から 24 時までの 1 時間雨量が入力されているだけでよい。
- 3) 観測値公表のタイミングが観測された時刻から数分以内であること。観測値のままでも十分である。
- 4) 過去に遡って 1 時間雨量値が入手できること。その際、全観測点のデータをまとめて 1 日ごとに 1 ファイルであると、ダウンロードなどの利用にあたり必要なファイルの容量が小さくてすむ。
- 5) 欠測がある場合はそれがわかる記載があること。

## 7. おわりに

広島県のみならず、熊本県や大分県でも、現時点で県内に 5~6km 四方に 1 観測点が存在し、インターネットを通じて利用できる体制にあることがわかった。ただし、広島県のもの以外の公表のタイムラグについてどの程

度であるのかはわからない。また、広島県以外については各管轄機関で観測値の公表フォーマットが異なり、リアルタイムに近い状態で面的な利用ができる環境にはなっていないと思われた。

しかし、前節にあげたような条件がそろえば、先行降雨の影響をリアルタイムに近い状態で面的にとらえることが可能になる。たとえば、筆者の研究室の場合、広島県防災情報システムのホームページの雨量データ公表から約 10 分で面的な図として表現することが可能である。このような図をテレビなどのローカル放送を通じて住民に提供できれば、災害に備えた心構えや警戒心を高めることに貢献するものとなる。

謝辞:「広島県防災情報システム」は広島県の関係職員の努力により作成・維持されているもので心から感謝したい。また、2003 年九州での土砂災害時の雨量データに関しては、気象庁、国土交通省、熊本県、大分県のホームページから得たものである。また、現地調査において九州大学大学院の大村寛教授、久保田哲也助教授、および、鶴見町地域整備課長の浜野芳弘氏の協力を得た。心から感謝したい。

## 引用文献

- 1) 網干寿夫・門田博知・吉國洋: IV 降雨特性と斜面崩壊, C 土砂災害の実態研究, C2 土質・土木班, 「昭和 42 年 7 月豪雨による呉市の災害の調査速報」昭和 42 年 9 月, 文部省科学研究費・災害科学・中国地区班・呉市, 1967.
- 2) 網干寿夫・低引洋隆: 真砂土自然斜面の崩壊について, 第 7 回土質工学研究発表会講演概要集, 1972.
- 3) 瀬尾克美・船崎昌継: 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, 1973.
- 4) 建設省河川局砂防部: 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), 総合土石流対策(II), 1984.
- 5) 矢野勝太郎: 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, 新砂防, Vol.43, No.4, 1990.
- 6) 寺田秀樹・中谷洋明: 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, 2001.
- 7) 牧原康隆: 土壌雨量指数と斜面災害予測の展望, 日本地すべり学会関西支部シンポジウム「流動性崩壊の発生・運動および予測」講演集, 2000.
- 8) 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 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, 1999.
- 9) 牛山素行・里深好文・海堀正博: 1999 年 6 月 29 日広島市周辺で発生した豪雨災害の特徴, 自然災害科学 Vol.18, No.2, 1999. (2004. 6. 18 受付)