

瀬戸内の傾斜地における自然災害と人々の生活

－特に呉周辺地域について－

海堀 正博*

1. はじめに

広島県南部の呉周辺地域は特に20°以上の急傾斜地が海岸線まで迫っており、居住エリアとして利用できる平地に乏しく、多くの家屋が過去の土石流や洪水の氾濫原および山麓傾斜地に集中している。特に、明治以降に軍港として栄えた頃の急速な人口増(千田、1997)に対応するため、急な斜面に切土・盛土をすることにより形成された階段状の居住エリアも多数存在している。災害の観点からすると、これらの居住エリアはいずれも被害の発生危険性の高い区域であることがわかる。洪水が発生するとその影響を受ける低地(デルタや海岸近くの埋立地など)、土石流などの流下によって影響を受ける溪流沿いや谷出口あるいは扇状地、山腹崩壊やがけ崩れの影響を直接的にも間接的にも受ける可能性のある傾斜地やその近辺などに多くの人々が住んでいるからである。すでに危険度の高いエリアに住んでいる人々にとって、災害の発生につながるがけ崩れや土石流などに対して、どのようなときに危険が迫っているのか、また、どのような場所が危険にさらされているのかを知ることができれば警戒や避難に役立つに違いない。呉周辺地域では昭和20年以降だけでも数回にわたり規模の大きな災害に見舞われている。ここでは過去の災害を概観し、災害の特徴について整理した上で、住民の意識の中にある災害に対する問題点を指摘し、人々の生活を防災の側面から考察する。

2. 呉周辺地域における戦後の自然災害

2.1 昭和20年9月枕崎台風による災害

第二次世界大戦後1ヶ月あまりの昭和20年9月17日、呉周辺地域は枕崎台風に襲われた。この台風は16日深夜に沖縄付近で転向点を迎えた。このとき中心付近の最低気圧は910hPaと最も強い勢力を示し、その後、17日9時過ぎに鹿児島県枕崎付近に上陸、同日15時頃に広島地方を直撃したあと、18日3時ごろに能登半島を通過している(気象業務支援センター、1998)。

この台風では、規模が大きく風が強かっただけでなく、雨も激しかった。呉測候所によると、17日10時までの24時間の雨量が65.7mm、その後、14時までの4時間に35.8mm、18時までの4時間に29.8mm、22時までの4時間に113.3mm、18日2時までの4時間に6.1mmが記録されている。この雨によって各地で山腹斜面やがけが崩れ、土石流も起き、呉市域だけで1,154名もの人命が奪われる結果となった(広島県土木部、1951)。

2.2 昭和42年7月前線性豪雨による災害

昭和42年7月9日15時、呉周辺地域では前日からの雨が急に激しさを増している。これは台風7号崩れの弱い温帯低気圧(7月9日15時時点で1000hPa)が九州北部に達していた頃にあたる。この低気圧は瀬戸内海を東に移動し、21時には兵庫県明石付近を通過したが(気象業務支援センター、1998)、呉周辺ではこの間に多数のがけ崩れや土石流、洪水等が発生し、呉市域だけで88名の犠牲者を出す大災害となった(呉市、1967)。

停滞していた梅雨前線が台風や低気圧によっ

*広島大学・総合科学部自然環境科学講座

て刺激され豪雨をもたらしたとされており、呉測候所の記録を見ても、前日の8日だけで93.1mm、9日15時までの累積が76.5mm(前日と合わせると169.6mm)、この状況のところに、15~16時の1時間に35.3mm、16~17時の1時間に74.7mm、17~18時の1時間に19.4mmもの強雨が加わったことから、がけ崩れや土石流、洪水の発生につながったことがわかる(前川ほか、1967)。

2.3 平成11年6月梅雨前線豪雨による災害

平成11年6月29日、広島市西部、北部、呉市周辺地域に局地的な集中豪雨があり、広島県内で32名の死者・行方不明者が出た(海堀ほか、1999)。呉周辺地域でも昭和42年の豪雨災害以来の強雨が記録され、各地でがけ崩れや土石流等が発生し、8名の犠牲者を出した。あらためて呉市周辺においても災害の危険性(素因)がなお多く残っていることが明らかになった。

このときの雨の状況は、気象庁アメダスの呉のデータによると、6月23日15時から27日3時までに累積で208mmが観測されてから、29日0時まで44時間無降雨が続き、その後、29日15時までに31mm、続いて16時までの1時間に70mm、17時までの1時間に66mm、18時までの1時間に19mmが加わり、がけ崩れや土石流の発生につながった。24時間以上の無降雨の時間には含まれた「一連の降雨」(建設省、1984)の量は災害発生前までに31mmしかなく、警戒避難の観点からも「降り始めからの連続雨量」だけでは過小評価につながる危険性があることがわかる。

2.4 平成13年3月芸予地震による災害

平成13年3月24日15時28分頃、安芸灘を震源とする芸予地震(マグニチュードM6.7、震源の深さ約51km)が発生し、呉周辺地域でも震度5強以上の強い揺れが観測された。この強い揺れによって、震央から60kmの範囲では特に斜面や地盤、家屋や構造物に異常が見られ、呉市内で1名の犠牲者が出た。斜面における異常の主なものとは家屋基礎地盤の崩落、石積みやコンクリートブロック積みの崩壊、はらみ出し、亀裂の発生と拡大、落石な

どである(たとえば、水山ほか、2001;地盤工学会・芸予地震災害緊急調査団、2001)。

この地震は雨の影響がほとんどない条件下で発生したため、流動性の高い崩壊や土石流は起きなかった。しかし、地震の影響を受けた地域ではその後のわずかな量の降雨によって小規模な崩壊や斜面の新たな異常の発生が確認されている(たとえば、西村・海堀、2002)。

3. 呉周辺地域における災害の共通的な特性

3.1 誘因としての降雨

前述したように、災害に大きな影響を与えた要因の一つに降雨があげられる。特に、雨の降り方とその量は斜面崩壊や土石流の発生との関係が深い。これまでの研究から、土石流などの流動性の高い現象の発生にはかなりの先行降雨と引き金となる短時間強雨が必要であることが報告されている(たとえば、Tochiki et al.、1989)。以下に、呉周辺地域における流動性の高い現象につながる雨の降り方とその量について検討する。

土砂災害発生の降雨に関する単一指標として、時間雨量40mm、3時間雨量90mm、日雨量190mm、総雨量300mmという数値(たとえば、石川、1990)があげられているが、山下(1995)は呉市における1941~1993年の53年間の降雨と災害について次のようにまとめている。

- ① 時間雨量が40mm以上を記録した年は、災害年を除いては、1958年の46.8mmと1959年の45.0mmの2回だけである。
- ② 3時間雨量が90mm以上を記録した年は、災害年以外に、1992年の99.0mmの1回だけである。ただし、それに近いものとしては、1960年に86.7mm、1989年に89.0mmがある。
- ③ 日雨量が190mm以上を記録した年は、災害年以外に、1972年の199.0mmの1回だけである。
- ④ これら3つの単一雨量指標では、それぞれの指標ごとにそれを上まわる降雨が、災害年を除くと、53年間に1~2回しかなかったこと、また、災害年以外では複数の指標を上まわる降雨

が同じ年に重なって現れていないことを指摘している。(ただし、総雨量についてのみ、300mm以上になったものが災害年以外に7回あり)

表1に、大きな災害につながった上記の降雨指標に関して呉にある二つの雨量観測所での観測値をまとめてみた。この表にはそれぞれの災害の誘因である一連の降雨について、被害が多発し始める時刻までの最大1時間雨量、最大3時間雨量、最大4時間雨量、最大24時間雨量、および、総雨量をあげている。この表から、平成11年6月29日災害の雨は最大1時間雨量と最大3時間雨量の2つの指標が前述の条件を満たしていたことがわかる。すなわち、量的な面だけについてみても、昭和42年7月の災害後、平成11年6月の災害までの間、大きな災害につながるような雨量がたまたま呉市周辺地域にもたらされていなかったといえるのである。

しかし、降り始めから災害の多発し始める時刻までの一連の降雨の量(ここでは総雨量と表記)が比較的小さい値であったこともわかる。

このようになるのは、「一連の降雨」を24時間の無降雨期間ではさまれた降雨として定義している(建設省、1984)ことによる。すなわち、平成11年6月29日の災害のときにはその前日を含む24時間以上たまたま降雨が観測されていない。しかし、実際には、6月23日15時～25日11時までに124mm、また、26日15時～27日4時までに84mm(いずれも、呉、アメダス)の雨が観測されており、その後、29日1時から災害に直結する一連の

降雨が始まるのである。

そこで、一連の降雨以前の過去の雨の影響も考慮することが必要になる。建設省(1984)は、時間経過による雨の影響度の減少を半減期を使った実効雨量で表すことを提案した。これによると、一連の降雨の開始時刻からさかのぼって2週間分(実質的には1週間分)の雨について、実効雨量として評価することになっている。半減期として24時間を使い、提案された当時は24時間経過ごとに半減させる計算方法であったが、現在は毎時間この考え方で減衰させる方法が採用されている場合が多い(寺田・中谷、2001)。

次に、この実効雨量を使った場合の災害発生までの雨量について検討する。なお、半減期として24時間、48時間、72時間を用いる。

平成11年6月の災害については、29日16時～17時に被害が多発し始めたが、15時までの実効雨量値は72時間半減のもので114.9mm、24時間半減のもので45.3mmである。これに70mmの1時間雨量が加わった(図1(a)、表2)。しかし、この時点でまだ被害の多発には至っていない。続いて、16時の時点での実効雨量値は72時間半減のもので183.8mm、24時間半減のもので114.1mmである。これに66mmの1時間雨量が加わり(図1(b)、表2)、被害の多発につながったのである。

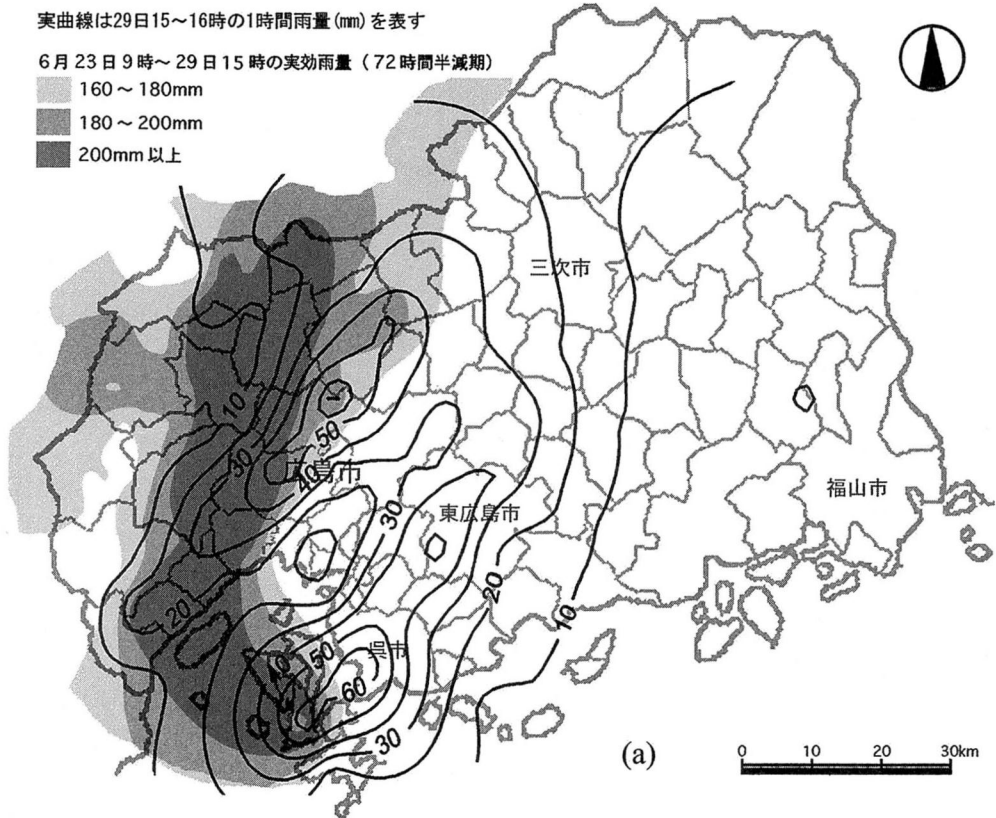
昭和42年7月の災害についても同様に見てみると、9日15時までの実効雨量値は72時間半減のもので160.2mm、24時間半減のもので111.1mmである。これに35.3mmの1時間雨量が加わった。しかし、この時点でまだ被害の多発には至っていない。16時までの実効雨量値は72時間半減のもので

表1 災害発生につながった降雨(呉周辺)

| | 一連の降雨について災害発生時刻までの間の | | | | | 観測点と観測時刻 |
|----------------|----------------------|-------------|-------------|--------------|---------|------------|
| | 最大1時間雨量(mm) | 最大3時間雨量(mm) | 最大4時間雨量(mm) | 最大24時間雨量(mm) | 総雨量(mm) | |
| 昭和20年9月17日災害関連 | 欠 | 欠 | 113.3 | 221.8 | 約250 | 呉測候所(22時) |
| 昭和42年7月9日災害関連 | 74.7 | 111.0 | 112.8 | 196.1 | 約300 | 呉測候所(17時) |
| | 75.0 | 102.5 | 104.0 | 192.0 | 約300 | 呉土木(17時) |
| 平成11年6月29日災害関連 | 70 | 85 | 88 | 101 | 101 | アメダス呉(16時) |
| | 70 | 142 | 151 | 167 | 167 | アメダス呉(17時) |
| | 68 | 85 | 88 | 101 | 101 | 呉土木(16時) |
| | 69 | 144 | 154 | 170 | 170 | 呉土木(17時) |

実曲線は29日15～16時の1時間雨量(mm)を表す

6月23日9時～29日15時の実効雨量(72時間半減期)



実曲線は29日16～17時の1時間雨量(mm)を表す

6月23日9時～29日16時の実効雨量(72時間半減期)

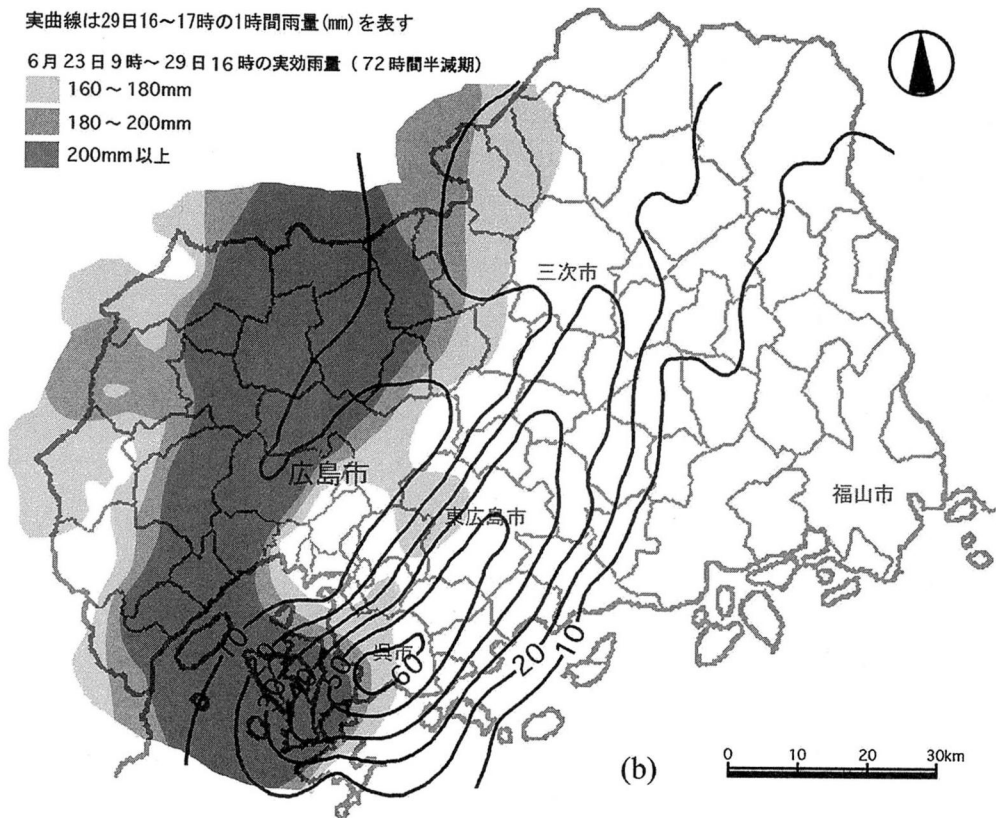


図1 平成11年6月29日豪雨災害発生までの先行降雨と1時間雨量の分布

グラデーション：先行降雨としての72時間半減の実効雨量(mm)、実曲線：1時間雨量(mm)

(a) 6月23～29日15時までの実効雨量と15～16時の1時間雨量の分布

(b) 6月23～29日16時までの実効雨量と16～17時の1時間雨量の分布

表2 平成11年6月29日豪雨災害発生につな
がった先行降雨の推移(呉 アメダス)

| 日 | 時 | 1時間雨量 (mm) | 72時間半減 実効雨量 (mm)* | 48時間半減 実効雨量 (mm)* | 24時間半減 実効雨量 (mm)* |
|-------|-----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 6月25日 | 5時 | 2.0 | 97.8 | 91.2 | 74.5 |
| 6月25日 | 6時 | 3.0 | 99.8 | 92.8 | 75.4 |
| 6月25日 | 7時 | 1.0 | 99.9 | 92.5 | 74.2 |
| 6月25日 | 8時 | 1.0 | 99.9 | 92.2 | 73.1 |
| 6月25日 | 9時 | 1.0 | 100.0 | 91.9 | 72.0 |
| 6月25日 | 10時 | 1.0 | 100.0 | 91.6 | 71.0 |
| 6月25日 | 11時 | 4.0 | 103.1 | 94.2 | 72.9 |
| 6月25日 | 12時 | 0.0 | 102.1 | 92.9 | 70.9 |
| 6月25日 | 13時 | 0.0 | 101.1 | 91.6 | 68.9 |
| 6月25日 | 14時 | 0.0 | 100.1 | 90.2 | 66.9 |
| 6月26日 | 24時 | 2.0 | 106.8 | 89.3 | 57.2 |
| 6月27日 | 1時 | 2.0 | 107.8 | 90.0 | 57.6 |
| 6月27日 | 2時 | 11.0 | 117.8 | 99.7 | 67.0 |
| 6月27日 | 3時 | 26.0 | 142.7 | 124.3 | 91.1 |
| 6月27日 | 4時 | 9.0 | 150.3 | 131.5 | 97.5 |
| 6月27日 | 5時 | 0.0 | 148.8 | 129.6 | 94.7 |
| 6月27日 | 6時 | 0.0 | 147.4 | 127.7 | 92.0 |
| 6月27日 | 7時 | 0.0 | 146.0 | 125.9 | 89.4 |
| 6月29日 | 12時 | 2.0 | 99.9 | 70.5 | 30.3 |
| 6月29日 | 13時 | 3.0 | 102.0 | 72.5 | 32.4 |
| 6月29日 | 14時 | 9.0 | 110.0 | 80.4 | 40.5 |
| 6月29日 | 15時 | 6.0 | 114.9 | 85.3 | 45.3 |
| 6月29日 | 16時 | 70.0 | 183.8 | 154.0 | 114.1 |
| 6月29日 | 17時 | 66.0 | 248.1 | 217.8 | 176.8 |
| 6月29日 | 18時 | 19.0 | 264.7 | 233.7 | 190.8 |
| 6月29日 | 19時 | 0.0 | 262.1 | 230.4 | 185.3 |
| 6月29日 | 20時 | 0.0 | 259.6 | 227.1 | 180.1 |

*6月23日1時を起点としたもの

表3 昭和42年7月9日豪雨災害発生につな
がった先行降雨の推移(呉測候所)

| 日 | 時 | 1時間雨量 (mm) | 72時間半減 実効雨量 (mm)* | 48時間半減 実効雨量 (mm)* | 24時間半減 実効雨量 (mm)* |
|------|-----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7月9日 | 6時 | 8.5 | 106.4 | 95.9 | 71.7 |
| 7月9日 | 7時 | 18.9 | 124.3 | 113.4 | 88.6 |
| 7月9日 | 8時 | 13.8 | 136.9 | 125.6 | 99.9 |
| 7月9日 | 9時 | 14.6 | 150.2 | 138.4 | 111.6 |
| 7月9日 | 10時 | 8.2 | 157.0 | 144.6 | 116.7 |
| 7月9日 | 11時 | 2.2 | 157.7 | 144.7 | 115.5 |
| 7月9日 | 12時 | 5.1 | 161.3 | 147.8 | 117.3 |
| 7月9日 | 13時 | 0.8 | 160.5 | 146.4 | 114.8 |
| 7月9日 | 14時 | 1.8 | 160.8 | 146.1 | 113.3 |
| 7月9日 | 15時 | 1.0 | 160.2 | 145.1 | 111.1 |
| 7月9日 | 16時 | 35.3 | 194.0 | 178.3 | 143.2 |
| 7月9日 | 17時 | 74.7 | 266.9 | 250.4 | 213.9 |
| 7月9日 | 18時 | 19.4 | 283.7 | 266.2 | 227.2 |
| 7月9日 | 19時 | 1.5 | 282.5 | 263.9 | 222.2 |
| 7月9日 | 20時 | 0.0 | 279.8 | 260.1 | 215.9 |
| 7月9日 | 21時 | 0.0 | 277.1 | 256.4 | 209.7 |

*7月6日23時を起点としたもの

194.0mm、24時間半減のもので143.2mmである。これに74.7mmの1時間雨量が加わったことによって大きな災害につながった(表3)。

昭和20年9月の枕崎台風においては、災害の発生した17日22時の直前の観測(ただし、雨量の観測値が4時間ごとのものしか残っていないので18時の観測)までの実効雨量は72時間半減では121.9mm、24時間半減では106.5mmである。こ

表4 昭和20年9月17日豪雨災害発生につな
がった先行降雨の推移(呉測候所)

| 日 | 時 | 1時間雨量 (mm) | 72時間半減 実効雨量 (mm) | 48時間半減 実効雨量 (mm) | 24時間半減 実効雨量 (mm) |
|-------|-----|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 9月16日 | 9時 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9月16日 | 10時 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9月16日 | 14時 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.1 |
| 9月16日 | 18時 | 2.8 | 7.7 | 7.6 | 7.3 |
| 9月16日 | 22時 | 14.9 | 22.3 | 22.1 | 21.4 |
| 9月17日 | 2時 | 0.0 | 21.5 | 20.8 | 19.1 |
| 9月17日 | 6時 | 14.6 | 35.3 | 34.3 | 31.6 |
| 9月17日 | 10時 | 28.3 | 62.2 | 60.7 | 56.5 |
| 9月17日 | 14時 | 35.8 | 95.7 | 93.0 | 86.1 |
| 9月17日 | 18時 | 29.8 | 121.9 | 117.6 | 106.5 |
| 9月17日 | 22時 | 113.3 | 230.6 | 224.3 | 208.2 |
| 9月18日 | 2時 | 6.1 | 228.0 | 217.8 | 191.6 |
| 9月18日 | 6時 | 0.0 | 219.3 | 205.6 | 170.7 |
| 9月18日 | 10時 | 0.0 | 211.1 | 194.1 | 152.1 |

にその後の4時間で113.3mmが加わって、流動性の高い現象の多発につながった(表4)。被災住民によると、災害前の1週間程度はずっと雨が続けていた(山下、1951)とのことであり、実際の先行降雨の量はさらに大きな値であった可能性が高い。

以上のことから、花崗岩地帯の他の事例による検討(桑田・海堀、2001)ともあわせて、呉周辺地域における災害の発生前後の雨の条件が次のようにまとめられる。半減期を24時間とした場合には、それまでの雨の影響度を表す実効雨量値が90mmのときには、続く1時間に50mm程度以上降る可能性がある場合、また、実効雨量値が150mmのときには、続く1時間に30mm程度でも、大きな土砂災害につながる土石流等の起きる危険性が考えられる。

また、半減期を72時間とした場合、実効雨量が100mmのときには、続く1時間に80mm程度以上降る可能性がある場合、また、実効雨量値が150mmのときには、続く1時間に50mm程度以上降る可能性がある場合、大きな土砂災害につながる土石流等の起きる危険性が考えられる。

なお、平成13年3月の芸予地震発生時には、広島全域にわたって雨の少ない状態が続いていた。72時間半減の実効雨量分布図(図2)で地震の揺れの強く出ていた広島県南部地域を見ると、ほとんど1mm以下であったことがわかる。すなわち、地震の強い揺れによって岩盤崩落や落石等さまざまな現象が起きたが、地盤が流動性の高い土砂移動現象の発生に結びつくような水分条件ではなかったことを示している。このことから、実効雨

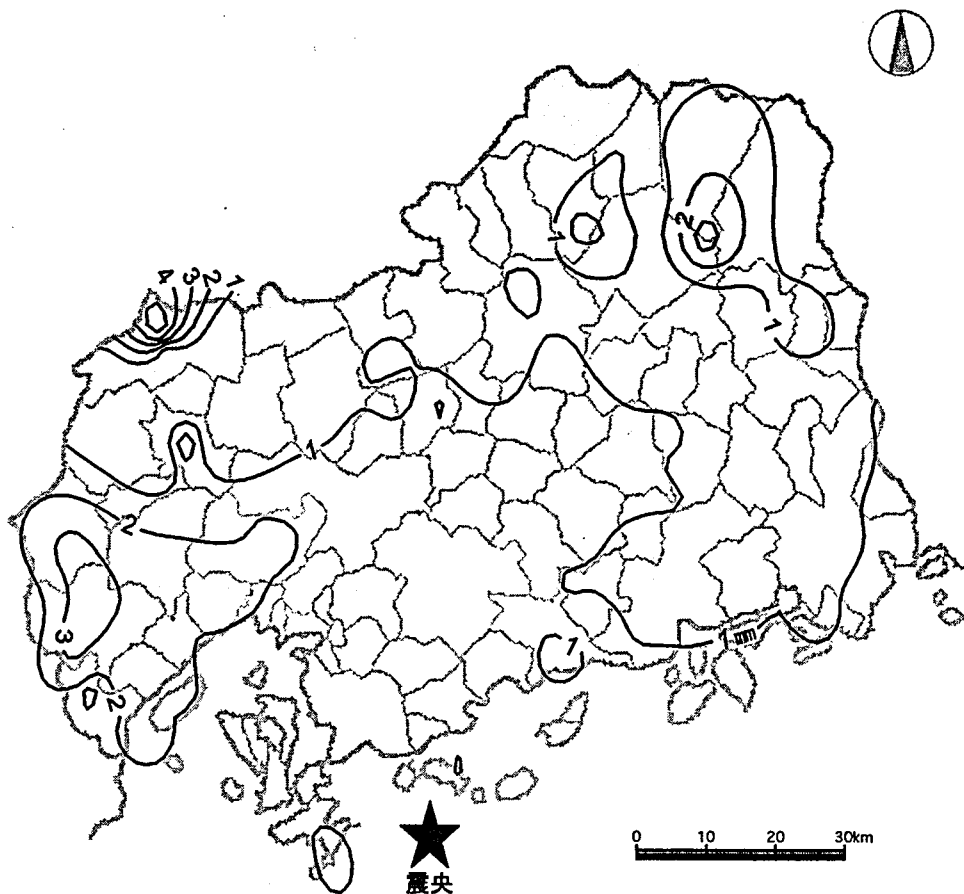


図2 平成13年3月24日16時における先行降雨の影響
(72時間半減の実効雨量値として表現)

量値の把握が流動性の高い現象による危険性に備えるために有用であるといえる。

3.2 素因としての地形

ここでは、土砂災害の危険性に焦点を絞ることにする。冒頭にも記したが、呉周辺地域では多くの人が、洪水が発生するとその影響を受ける低地(デルタや海岸近くの埋立地など)、土石流などの流下によって影響を受ける溪流沿いや谷出口あるいは扇状地、山腹崩壊やがけ崩れの影響を直接的にも間接的にも受ける可能性のある傾斜地などに住んでいる。

土石流の発生が予想される気象条件下ではこのような地域にある家屋には被害が出る可能性がある。実際には、土石流がどのような速度でどこまで流れるかは発生したときの条件によっても変化するが、氾濫堆積開始が予想される場所から流出する土砂量と動摩擦係数との統計的關係からおお

よその範囲を推定することができる(古澤・海堀、2002)。

一方で、がけ崩れや急傾斜地崩壊などの現象は、通常は流動性に乏しく、がけ下(または、斜面下)からがけの垂直高さの2倍の距離だけ離れることで、ほとんどのがけ崩れの影響を免れることができる(広島県、1999)。しかし、がけ崩れの場合は明瞭な凹地形でなくても発生する。むしろ、がけ崩れにつながる物質が残っていることによって凹地形部が不明瞭であるような0(ゼロ)次谷とよばれるところで起きやすい(塚本、1978; 渡邊・海堀、1999)。また、地表部の構造物(たとえば、道路、排水溝など)による影響を受けて起こる場合もある。また、地中からの湧水によって起きることもある。

がけ崩れや山腹斜面崩壊が起きる場合、水分条件によっては、崩壊物質が流動性をもって土石流化して長距離流下することも多い。これには、十

分な水量の供給が必要であることから、① 先行降雨の量が十分なものである、または、② 湧水による水の供給が可能な場所である、あるいは、③ 沢に落ちた崩壊物質が十分な量の沢の水と混じりうる条件である、等の条件が必要である。

もともと30°以上の急傾斜地では、①の条件が成立する前に崩れてしまうことが多いため、崩壊物質がそのまま流動する現象が起きにくい。しかし、土質力学的には安定を欠く条件であっても、樹木の根系による緊縛力等によってかろうじて支えられている斜面である場合には、①の条件が満たされる段階まで崩壊の発生がない場合も考えられる。この場合は崩壊と同時に流動性の高い状態になることも予想される。また、がけ崩れや急傾斜地の崩壊土砂であっても、②や③の条件で流動性を持つ場合もある。

重要なことは流動する状況であるかどうかということである。まずは地形的に水の集まりやすさ、次に、地形的に流路となりやすいかどうかが問題となる。これらを以下にまとめておく。

〈山腹崩壊・がけ崩れの流動性についてのまとめ〉

a. 地形的条件(傾斜)と流動性

a-1. 30°以上の急傾斜地……以下の条件のもの

- ・以外、通常は流動しにくい
- ・十分な雨水が供給されている
- ・水が集まりやすい地形である
- ・水が集まりやすい地質構造である
- ・湧水が見られる
- ・がけ下が豪雨時に十分な流量をもつ水路となりやすい
- ・樹木の根によって不安定な土塊でもある程度まで支えられる状況である

a-2. 30°程度以下の傾斜地……十分な量の降雨がもたらされるまで崩れないことから、崩れた場合には流動性の高い状態になりやすい

b. 流動性の大きさと移動範囲

b-1. 流動性の高い土砂移動

- ・広がりやすい

- ・低いところに向かって流下する
- ・谷地形部や溪流沿いを流路とする場合がある
- ・移動開始場からの距離が長くなりやすい

b-2. 流動性の低い土砂移動(ふつうのがけ崩れ)

がけ下からがけの高さの2倍程度の距離だけ離れたところまででほとんど停止する

3.3 素因としての住民意識

災害の発生には被災対象が存在するという前提条件が必要である。すなわち、被災対象の存在しないところでは自然現象は起きても自然災害は起きえない。したがって、呉周辺地域においても、土砂移動現象が起きた場合に人々がどのような位置に住んでいたか、土砂移動に対してどう対応したか、事前にどのような防災施設が設置されていたか、等は発生する災害の大きさに直接影響する重要な因子である。

前述したように、呉周辺地域は地質や地形、植生、気象、居住形態の各条件が土砂災害につながりやすい形で存在している。これに対し、人々がどのような意識を災害に対して抱いているかが問題である。筆者は委員会のメンバーの一人として、ひとつは平成12年度から3年間、また、もうひとつは平成13年度1年間、呉市の住民や地域のリーダーに対する防災の観点からの意識調査をする機会に恵まれた。前者は斜面の整備に関するものが主で、結果は現時点で未公表である。後者は土砂災害に対する地域防災力に関するものが主で、結果がすでに報告書としてまとめられている(内閣府、2002)。

地域リーダーへのアンケート(内閣府、2002)から明瞭になった項目のうち、ここでは以下の部分に注目したい。

① 防災に対する関心は極めて高い。

地域リーダーに対するアンケート調査は呉市全域の347組織に対して用紙を配布し、286票が回収された(回収率82.4%)。

② 土砂災害の危険性についての認識はかなり高いが、「がけ崩れ」や「地すべり」、「土石流」と

いう現象の違いを区別しない状態で対応している場合もある。

土石流危険渓流が存在している(112区)にもかかわらず、存在していないと考えている(61区)。一方、存在していないにもかかわらず、存在していると考えている(20区)ものがある。

がけ崩れ危険箇所が存在している(166区)にもかかわらず、存在していないと考えている(56区)。一方、存在していないにもかかわらず、存在していると考えている(18区)ものがある。

地すべり危険箇所が存在していないにもかかわらず、存在していると考えている(34区)ものがある。

いずれかの土砂災害危険箇所が存在している(182区)にもかかわらず、存在していないと考えている(31区)。一方、存在していないにもかかわらず、存在していると考えている(17区)ものがある。

- ③ 防災意識は身近なところで災害が発生すると一時的に高まるのだが、これを維持することは難しい。比較のためになされた呉市以外の地域でのアンケートから、防災工事や施設の完成とともに非常に高かった防災意識に明らかな低下が見られることがわかった。

豪雨災害の発生から2年半、地震災害の発生から9ヶ月という時間経過の後のアンケートであり、①の結果になった可能性もあり、③の事例も参考に今後の推移を見ていく必要がある。②の項目については、前節までに扱った土砂移動現象の流動性の大小による影響範囲がかなり異なることから考えても大きな問題である。がけ崩れや土石流、地すべりの特性の違いを認識した上での防災(警戒・避難)につなげるようにしなければならない。そのためにも、土砂災害に関するハザードマップ(危険区分図)を配布するだけでなく、現象についての理解につながるような解説が必要であると思われる。

なお、呉市民に対する斜面整備に関するアンケートに関しては、呉市全域から7,500世帯の住民に対し用紙が配布され、30.7%にあたる2,302票が

回収された。結果の詳細はまだ公表されていないが、回答世帯の多くが自宅のまわりに斜面があり、身近なところで被災の経験を持っていることや、行政による防災対策に協力的な考えを持っていることなどがわかった。また、危険度の高い私有地内の石垣や石積等による人工がけへの対策のための公的な補助(現在は対象外)を望む声も多いことがわかった。

4. 防災のための課題

平成11年6月の豪雨災害や平成13年3月の地震災害においてあらためて露呈した災害要因は、すでに昭和20年の台風災害や昭和42年の豪雨災害のときにも指摘されていたものが多い。

昭和20年の枕崎台風災害の後の調査結果(広島県土木部砂防課、1951)からは、自然的要因以外の原因に関して以下のような指摘事項が読みとれる。

- ① はげ山が目立ち、ここからの侵食土砂が流出していたこと
- ② 川の幅や断面が小さい、屈曲が多い、また、暗渠が多い、等のため、流路が閉塞し、氾濫しやすかったこと
- ③ 山腹や溪谷に無計画に家屋が建てられていたこと

また、昭和42年の豪雨災害後の調査結果(前川、1967)には自然的要因以外の課題に関して次の項目に対する指摘がみられる。

- ① 傾斜地に発達する都市の問題
- ② 居住者とがけの所有者とが異なる場合の対策の困難さ
- ③ 水路や排水対策の問題
- ④ 放棄田畑の問題
- ⑤ 法律的規制の必要性

自然的要因である地質や地形、降雨や地震などが変えられないものである限り、自然現象に対する人間の対応の仕方を改善することが必要であるのだが、過去の災害において露呈した課題は現在

もなおその多くが課題のままであることを指摘したい。それらをまとめると以下ようになる。

- ① 私有地内の人工がけに補強・補修の必要な石垣や石積が多いこと
- ② 被災の可能性のある居住者とがけの所有者とが異なる場合の問題
- ③ 拡幅の必要な道路・通路が多いこと、また、水平方向の連絡通路不足や袋小路などの構造上の問題が多いこと
- ④ 溪流・水路の幅や断面の小さなもの、および、屈曲や暗渠が目立ち、閉塞につながりやすい問題
- ⑤ 放棄田畑からの土砂流出の問題

多くの人が土砂災害の危険性のある場に住んでいる状態のままで対策を講じることはいつの時代も困難さがつきまとう。平成13年4月から土砂災害防止のための新しい法律が施行されており、広島県では全国に先駆けて法的な規制を伴うゾーニング作業が進められている。ハザードマップの公表に続き、このような施策によって危険箇所が新しく増加する傾向に歯止めがかかることが望まれる。また、住民や地域のつながりの中で、身近な自然や環境を知り、異常時には災害につながる可能性を予測しながら警戒・避難等の対応がとれるようになることを期待したい。

謝 辞

呉周辺地域の災害調査研究にあたり、呉市土木建設部土木課、広島県呉地域事務所建設局、広島県土木建築部河川砂防総室砂防室からは資料や写真等の閲覧および現地紹介等の便宜をはかっていた。また、(社)砂防学会、(社)地盤工学会中国支部からは調査と議論の機会を与えていただいた。また、広島大学総合科学部砂防学研究室の古澤英生君はじめ専攻生諸君には調査や資料の整理を手伝っていただいた。これらの方々から感謝の意を表したい。

引用文献

- 石川芳治(1990)：降雨量を用いた土石流の警戒・避難基準。新砂防、43(2)、40-47。
- 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、52(3)、34-43。
- 気象業務支援センター(1998)：CD-ROM台風の事典、理科年表読本、丸善。
- 呉市(1967)：「昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報」(文部省・科学研究費・災害科学・中国地区班)、214p。
- 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(理系編)、27、63-75。
- 建設省(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)。
- 地盤工学会・芸予地震災害緊急調査団(2001)：平成13年芸予地震災害緊急調査速報。土と基礎、49(6)、35-38。
- 千田武志(1997)：近代の夜明け、海軍の動向—鎮守府の設置。「目で見る呉・安芸の100年 呉市・安芸郡」(高橋衛監修、郷土出版社)、14-21。
- 塚本良則・松岡雅臣・栗原勝彦(1978)：侵食谷の発達様式に関する研究(VI) —谷の発達過程としての山崩れ現象—。新砂防、30(4)、25-32。
- 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。国土交通省 国土技術政策総合研究所資料、5、58p。
- Tochiki, S., Kaibori, M. and Suzuki, S. (1989): Study on the debris flows disaster in 1988 in the north-western district of Hiroshima Prefecture, Japan. Proc. Japan-China Sym. Landslides and Debris Flows, 231-236。
- 内閣府(2002)：「地域防災力」の評価手法の確立に関する調査報告書。平成14年3月。
- 西村 賢・海堀正博(2002)：地震動の影響を受けた地域における降雨と斜面崩壊発生との関係

- について。広島大学総合科学部紀要(理系編)、28、35-47.
- 広島県(1999):崩壊発生箇所の比高と土砂到達距離の関係。「第3回6.29広島県土砂災害対策検討委員会討議資料 平成11年9月20日」より、135-145.
- 広島県土木部砂防課(1951):昭和20年9月17日における呉市の水害について。46p.
- 古澤英生・海堀正博(2002):土石流の流動を抑制した自然的要因についての考察。広島大学総合科学部紀要(理系編)、28、49-60.
- 前川 力(1967):概要。「昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報」(文部省・科学研究費・災害科学・中国地区班、呉市、1967)より、1-4.
- 前川 力・岡本雅典・桂順治(196):気象学的研究。「昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報」(文部省・科学研究費・災害科学・中国地区班、呉市、1967)より、5-38.
- 水山高久・海堀正博・松村和樹・土屋 智・平松 晋也・恩田裕一・寺田秀樹(2001):平成13年3月24日の芸予地震による土砂災害。砂防学会誌、54(1)、98-99.
- 山下祐一(1995):呉市における降雨の特性。ワークショップ広島「マサ土分布地域における植生の変遷と土砂災害の変遷に関する研究」平成6年度報告書(社)砂防学会、ワークショップ広島実行委員会、主宰者 海堀正博)、59-68.
- 山下喜章(1951):昭和20年9月17日に起った神原川水害状況について。報告書「昭和20年9月17日における呉市の水害について」(広島県土木部砂防課)、43-46.
- 渡邊哲也・海堀正博(1999):崩壊発生場および崩壊土砂の流動化に与える地形的特性。広島大学総合科学部紀要(理系編)、25、103-116.