

資料 1. 土石流災害発生原因

1. 土石流災害発生原因

土石流災害は、降雨、地形、地質、植生、さらに社会環境などの様々な要因が複合的に影響して発生すると考えられる。今回の土石流災害の発生原因を分析するため、これらの要因についてそれぞれ評価を行った。

評価に当たっては、極めて記録的な豪雨であったことから、まず、降雨について分析を行い、その結果を踏まえつつ、他の要因による影響について検討を行った。

1. 1 降雨

(1) 降雨量による分析

山口県では、冬には、広い範囲で季節風の影響を受けるが、夏には、小雨で温暖な瀬戸内的な気候に支配される。防府市の過去30年（昭和54年～平成20年）の年間平均降水量は、約1,660mm、少し山地部側の山口市では、約1,900mmであり、全国平均の約1,700mmとほぼ同程度である。月別の平均降水量を図-1.1に示しており、防府、山口ともに梅雨時期の6月と7月が多く、270～310mm程度となっている。

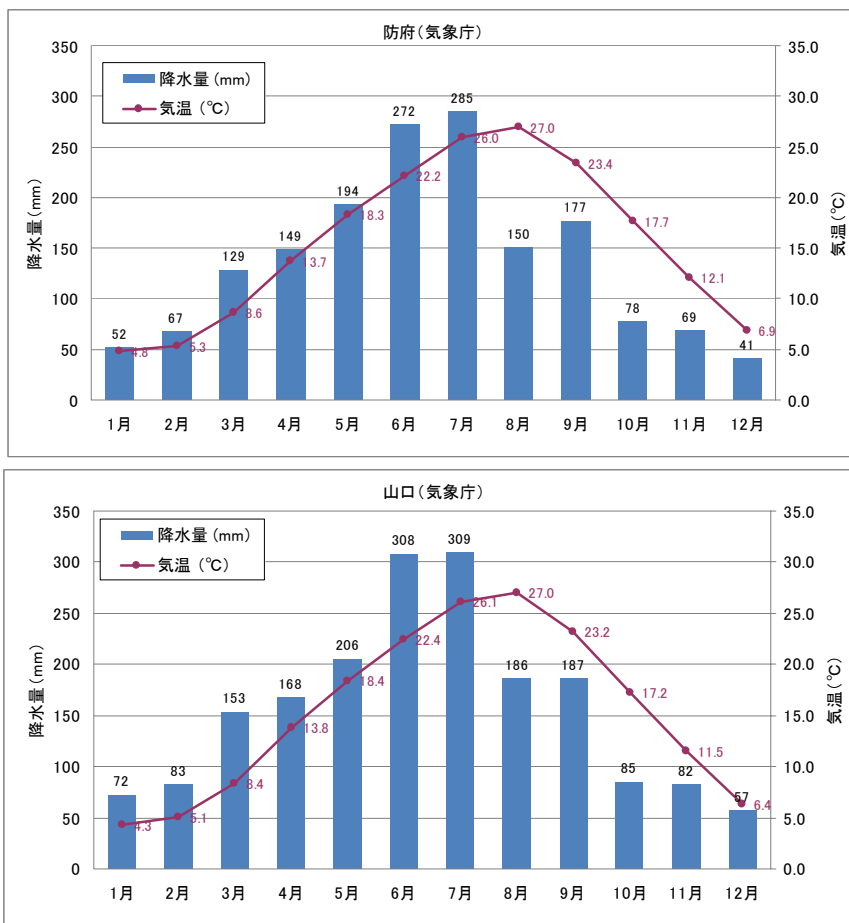


図-1.1 過去30年間（昭和54年～平成20年）の月平均降水量・気温図

これに対し今年の6月と7月の月降雨量は、図-1.2 のとおり6月では、いずれも約210mmであり、防府で平年の77%、山口で69%となっており例年より若干少雨の傾向である。一方、7月では、防府が812mm、山口が758mmであり、防府で平年の2.8倍、山口で2.5倍に達しており、記録的な降水量であったことがわかる。

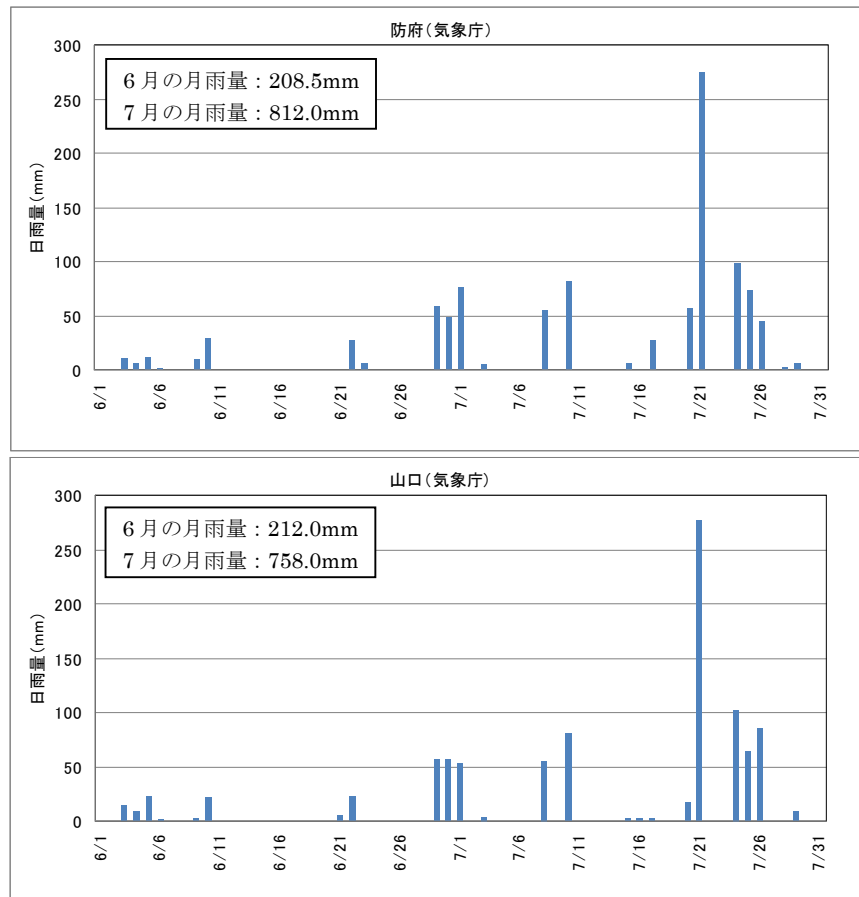


図-1.2 平成21年6月及び7月の日雨量図

土石流災害が発生した周辺には、図-1.3 のとおり雨量観測所が配置されており、このうち気象庁及び国土交通省の4箇所の各雨量観測所の雨量記録を使用して、平成21年7月21日の降雨状況の推移を、図-1.4 に示している。いずれの観測所でも、午前6時頃から正午頃まで、強い雨が降り続いており、これが終息した正午頃に、土石流災害が発生している。

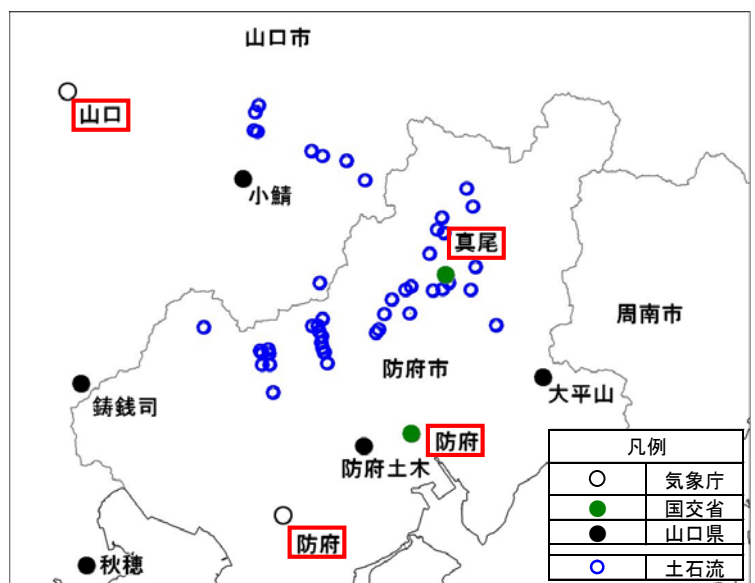


図-1.3 雨量観測所位置図

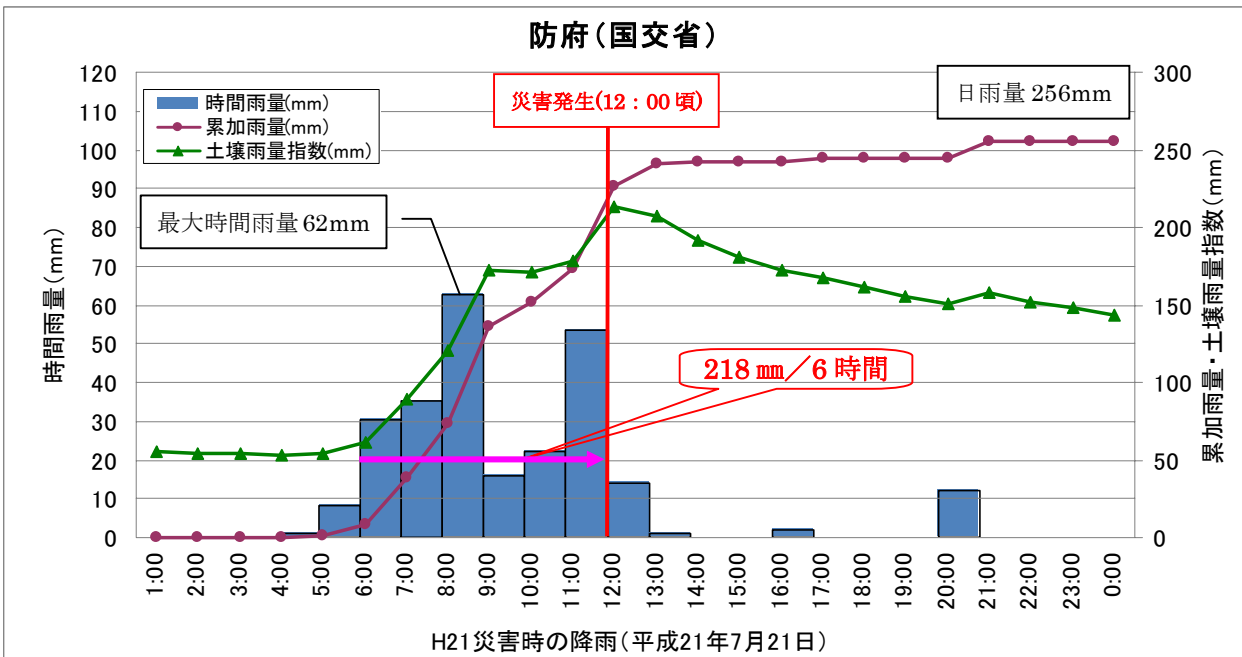
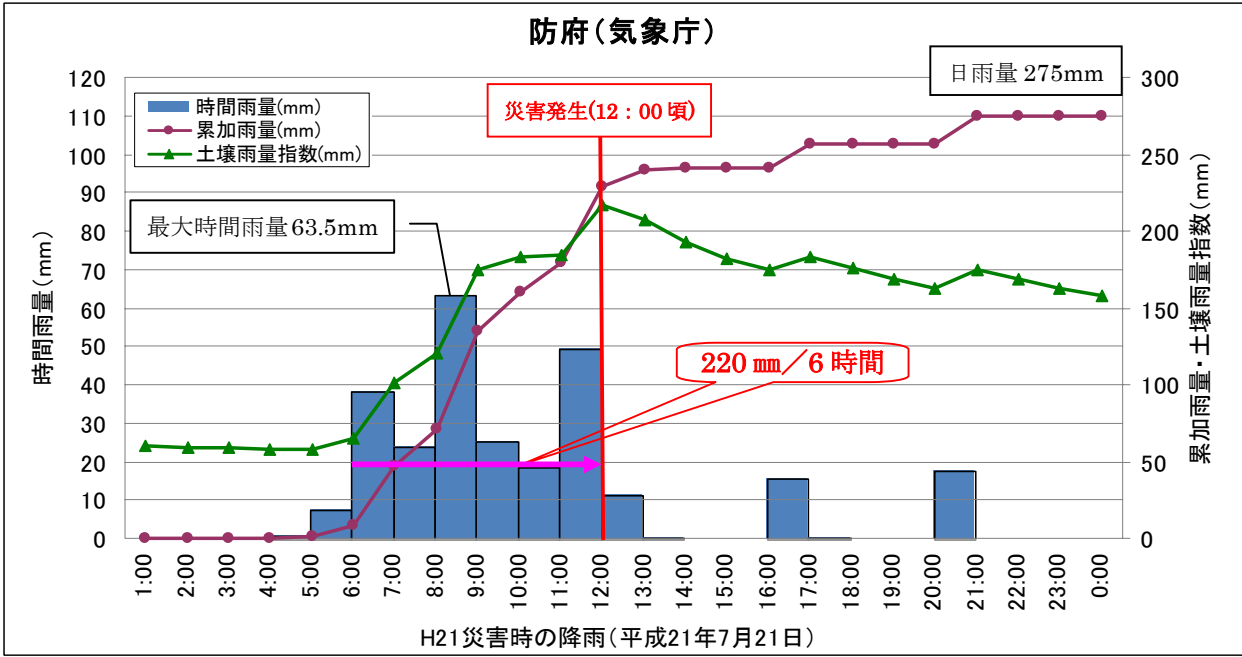


図-1.4(1) 平成21年7月21日降雨の推移図

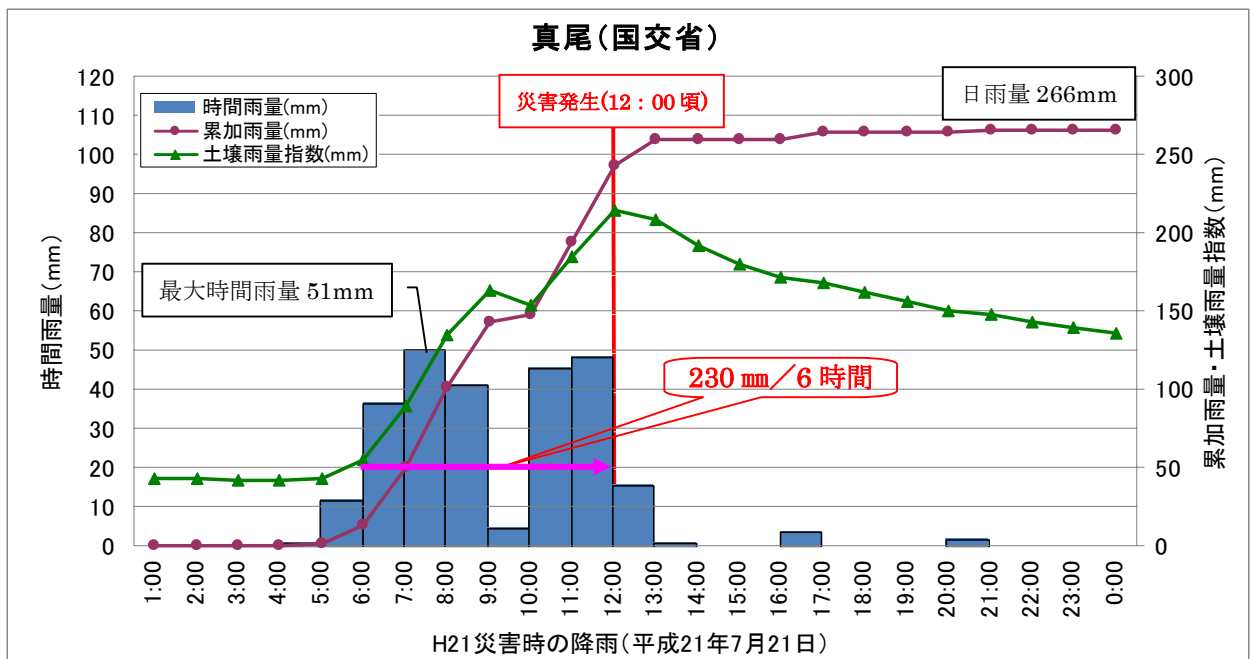
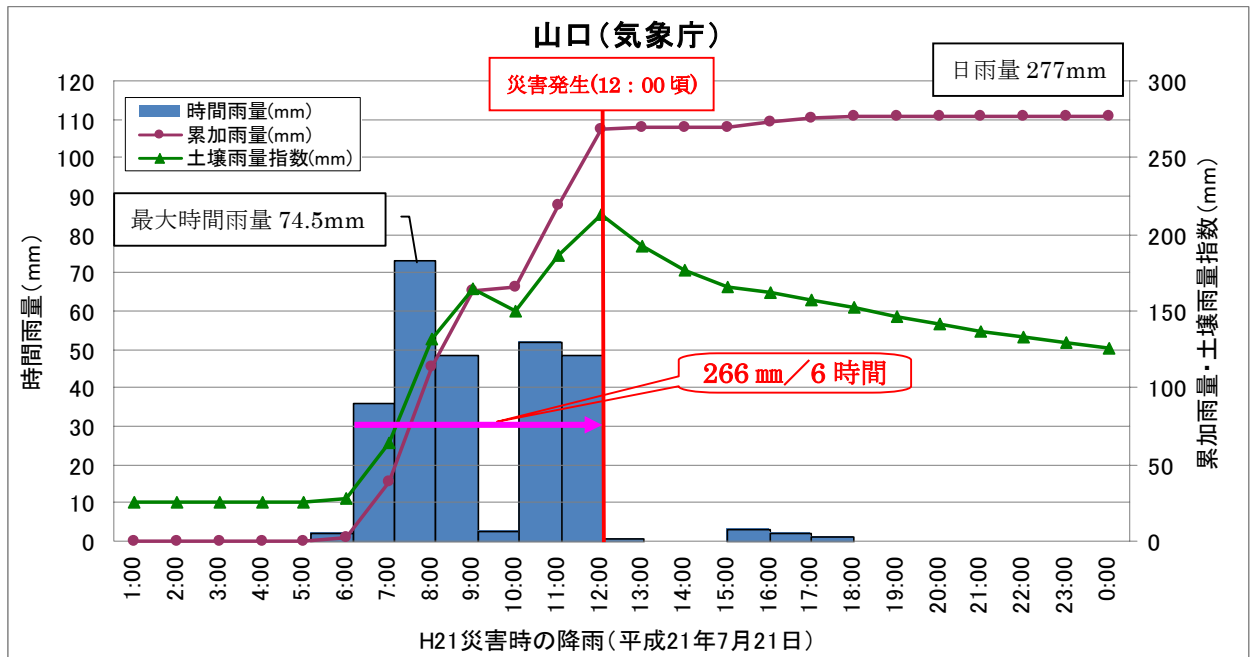


図-1.4(2) 平成21年7月21日降雨の推移図

防府（気象庁）及び山口（気象庁）は10分ごとの降雨量が記録されており、これを使用して日雨量と60分間雨量について、過去の記録的降雨と比較したものが、表-1.1である。防府（気象庁）での日雨量275mm、60分間雨量72.5mmは、いずれも過去最高、山口（気象庁）での日雨量277mm、60分間雨量77mmは、いずれも第2位となっている。これを確率評価した結果を、表-1.2に示しており、特に、防府（気象庁）の日雨量が発生する確率は、概ね200年に1度となり、極めて希な降雨であったと評価される。

表-1.1 過去の降雨との比較表

観測所		防府		山口	
所管		気象庁		気象庁	
期間		昭和51年 ～平成21年7月21日 (34年間)		昭和41年 ～平成21年7月21日 (過去44年間)	
日雨量	1位	(mm)	275	297	
		起日	平成21年7月21日	昭和47年7月11日	
	2位	(mm)	221	277	
		起日	平成2年6月15日	平成21年7月21日	
	3位	(mm)	214	247	
		起日	平成17年9月6日	平成17年9月6日	
60分間 雨量	1位	(mm)	72.5	81.5	
		起日	平成21年7月21日	平成1年8月24日	
	2位	(mm)	69	77	
		起日	平成15年7月12日	平成21年7月21日	
	3位	(mm)	68	74.5	
		起日	平成1年8月13日	平成16年9月7日	

表-1.2 降雨の確率評価結果表

観測所	所管	日雨量(※1)			60分間雨量(※2)		
		(mm)	確率評価	データ	(mm)	確率評価	データ
防府	気象庁	275	概ね200年に一度	明治27年～昭和60年 92年間	72.5	概ね60年に一度	昭和23年～平成13年 53年間
山口	気象庁	277	概ね70年に一度	明治27年～昭和60年 92年間	77	概ね30年に一度	昭和31年～平成13年 45年間

日雨量及び60分間雨量の確率評価は以下の資料を参照した。

※1:砂防技術基準 平成20年12月 山口県土木建築部砂防課

※2:平成14年度 玉鶴川他一般河川改修2級(統合補助金)工事に伴う調査業務委託 第1区 報告書(平成15年3月 山口県土木建築部)

今回の降雨の特徴を、過去の降雨及び災害の状況と比較するため、防府(気象庁)の雨量記録を使用して、各年の代表的な降雨の最大60分間雨量、日雨量、最大6時間雨量の3種類の雨量指標を抽出し、その降雨時に発生した洪水被害と土石流災害の発生件数と併せて、図-1.5に整理した。

なお、過去の土石流災害の発生状況は、表-1.3及び図-1.6のとおりであり、防府市では、昭和25年以降では4度発生しており、このうち雨量記録と照合できる昭和51年以降は、3度である。

表-1.3 過去の土石流災害一覧表

発生年	土石流災害発生件数	
	防府市	山口市
昭和26年	-	2
昭和46年	-	1
昭和47年	1	3
昭和54年	1	-
昭和55年	1	-
平成5年	7	-
平成21年7月21日	53	13

災害実績は「平成17年度 土砂災害警戒避難基準雨量等の検討業務報告書」及び「災害報告」から整理した。(昭和26年の災害は位置が不明)
資料期間：昭和25年～平成21年(9/28現在)

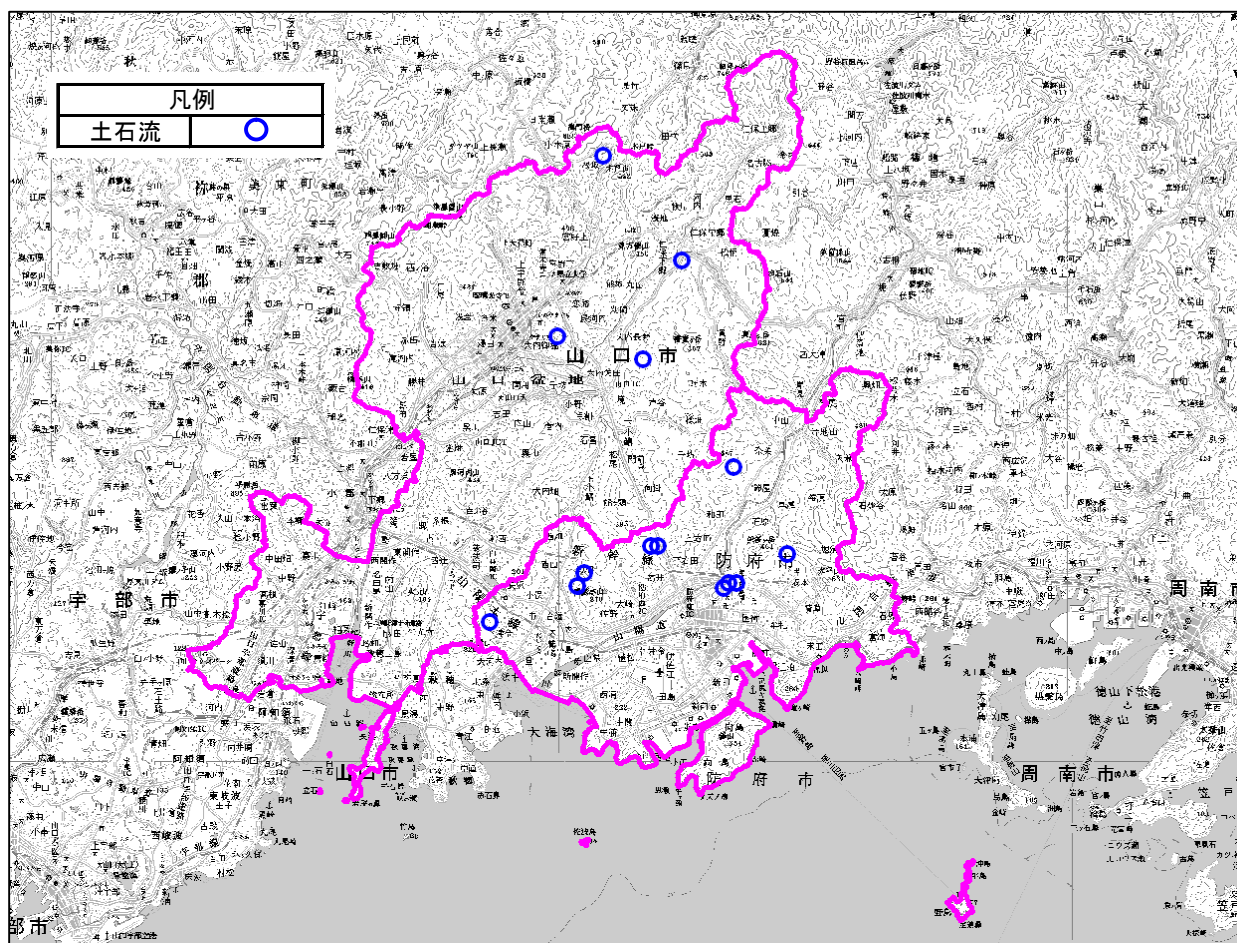


図-1.6 過去の土石流災害発生箇所図

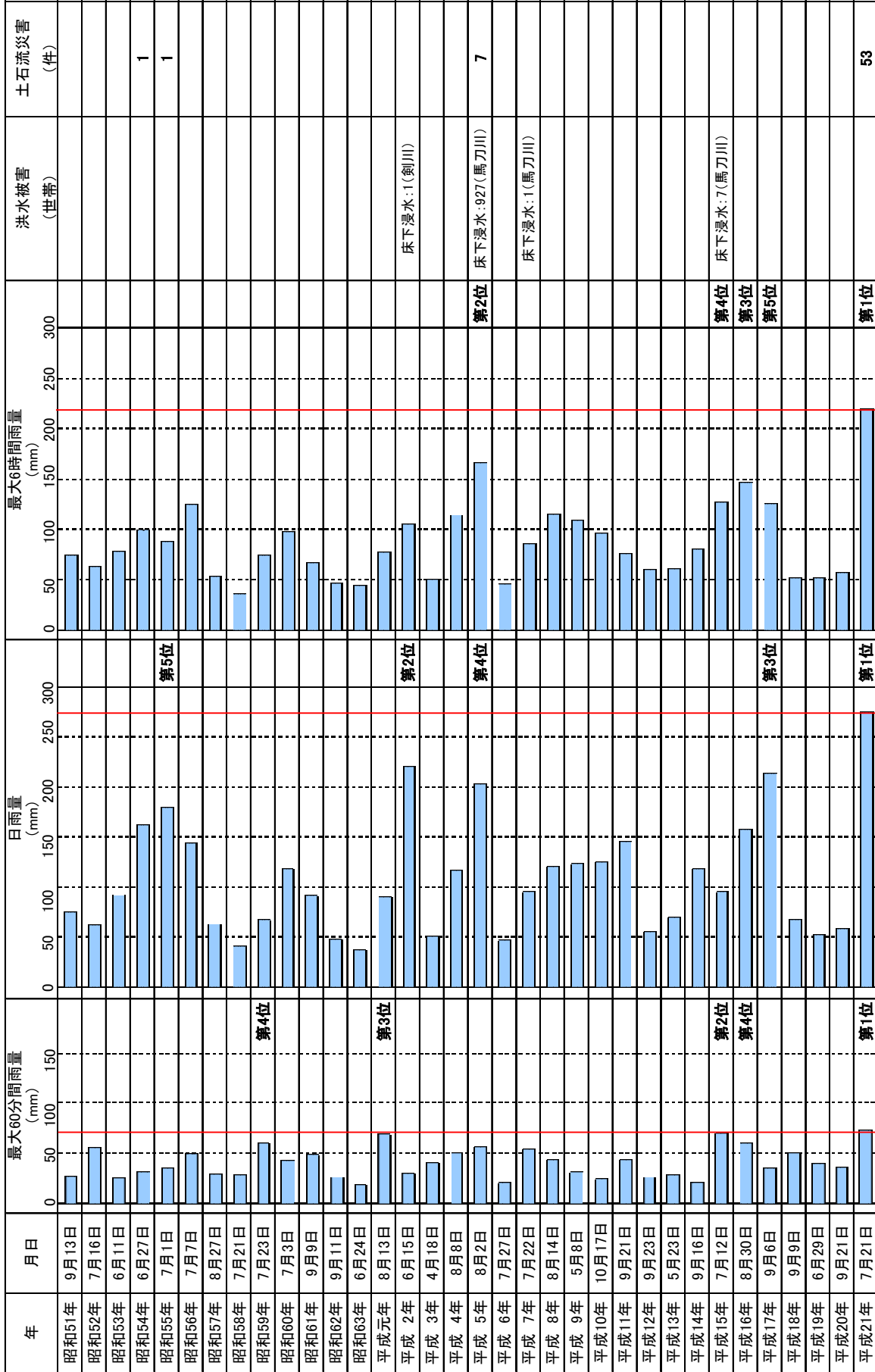


図-1.5 平成21年7月21日降雨と過去の降雨との比較図 (気象庁 (防府))

使用した降雨データ:防府(気象庁)

図-1.5 より、以下のことが確認できた。

- ① 今回の降雨は、3種類の雨量指標がいずれも観測史上第1位となっている。
(今回の降雨を除いて、3雨量指標のすべてで上位5位以内となった降雨実績はない。3雨量指標のうち2指標が上位5位以内となった降雨実績は、平成5年、平成15年、平成16年、平成17年。)
- ② 最大60分間雨量は、今回の降雨に近い値を何度か記録しているが、洪水被害や土石流災害が発生していないものもある。
(昭和59年、平成元年、平成16年)
- ③ 日雨量について、第4位の平成5年では規模の大きい災害が生じているが、第2位(平成2年)では小規模な洪水被害、第3位(平成17年)では災害が発生していない。
- ④ 最大6時間雨量は、土石流災害が7件発生した平成5年が2番目に大きい値となっており、各1件発生した昭和54年及び55年は、第1位以下となっている。

以上のことから、最大60分間雨量、日雨量及び最大6時間雨量のいずれの雨量指標が土石流災害発生に強く影響するかは断定できないが、今回の豪雨は、3種類の雨量指標が全て過去最大というこれまでに経験のない降雨特性を有し、土石流災害の発生と明らかな関連性があると判断される。

また、昭和51年から平成21年までの31年間の3種類の雨量指標が上位5位以内の15件のうち、平成15年以降の7年間に6割の9件が集中するなど、激しい雨が頻発していることから、近年、雨の降り方が変化していることがうかがえ、その傾向については今後注意していく必要がある。

(2) 土壌雨量指数による分析

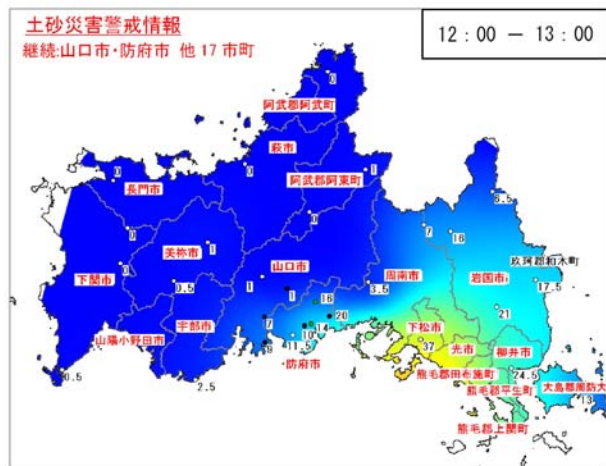
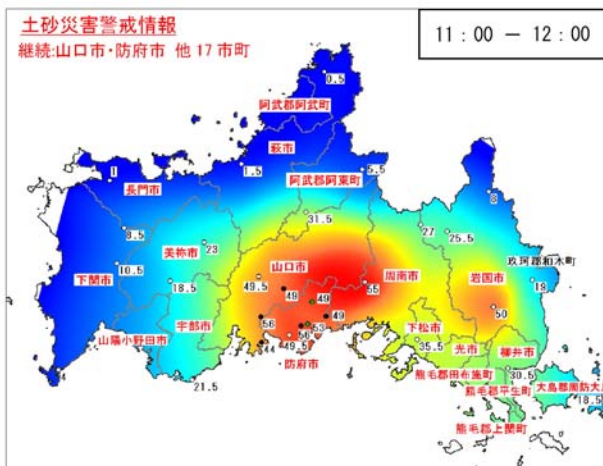
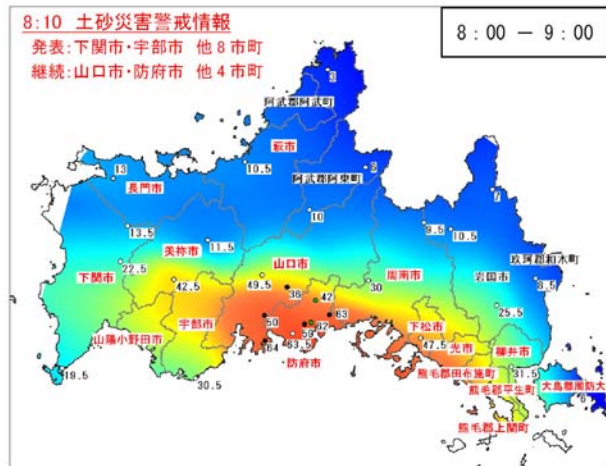
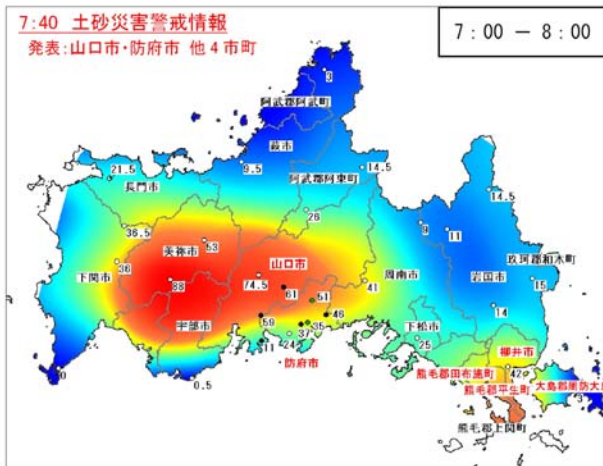
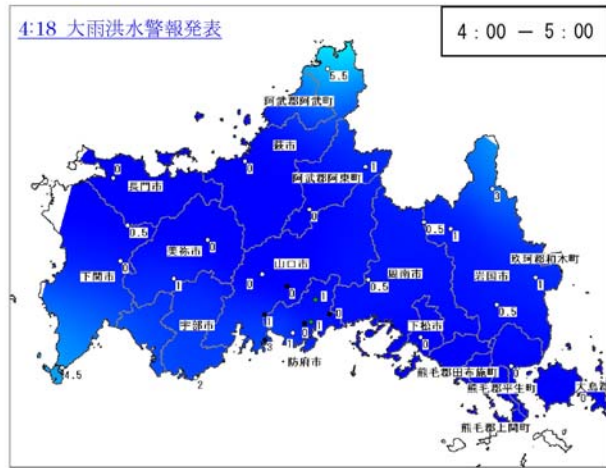
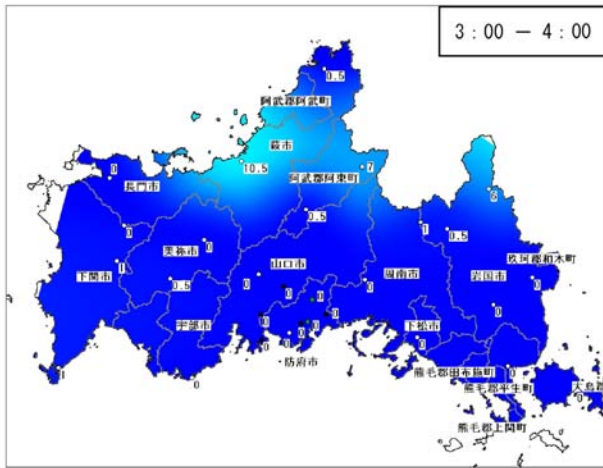
土壌雨量指数は、土壌中の水分量が多いほど土砂災害発生の可能性が高いことから、降った雨が土壌中に貯まっている水分量として算定し、土砂災害の危険性の指標として、土砂災害警戒情報などの発表基準に使用されているものである。

今回の降雨について、時間雨量の分布の推移を図-1.7に、土壌雨量指数の分布の推移を図-1.8に示している。

図-1.7では、時間雨量が特に大きいエリアを赤色で表示しており、そのエリアが時間の経過とともに、北北西から南南東の方向に移動している様子が確認できる。防府市周辺では、午前8時から9時頃に1回目のピークがあり、午前9時から10時頃には、一旦雨が弱まり、午前11時から正午頃に2回目のピークが生じている。

図-1.8では、土壌雨量指数の高いエリアを赤色で表示しており、午前8時から午後1時頃までの間、瀬戸内海沿いの宇部市から柳井市付近までの広い範囲で増加を続けており、強い雨が継続したことにより、土壌中の水分が排出される量より、供給される量が上回り、危険度が高い状態が続いていることがわかる。

この危険な状態において、さらに強い雨を受けた状況を、図-1.9に示した。午前11時の土壌雨量指数分布図と、その時点からの時間雨量分布図（午前11時～正午）を重ね合わせた結果、ピークが共通するエリアと土石流災害が発生した箇所がよく一致している。このことから、強い降雨が継続して土壌中の水分量が増した状態で、さらに強い雨が引き金になって、土石流災害が発生していることが推察される。



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90(mm)

土砂災害警戒情報発令中の市町を赤字で表示

図-1.7(1) 平成 21 年 7 月 21 日の時間雨量の推移図

【雨量計】 ● : 国交省、○ : 気象庁、● : 山口県

(等雨量線図 : GIS ソフトウェア MapInfo Professional の『Vertical Mapper』を用いて、自然近傍補間技法(*)により作成)

*自然近傍補間技法 : データセットポイントの周りに生成した自然近傍リージョンを使用し、面積に関する重みを考慮した手法。

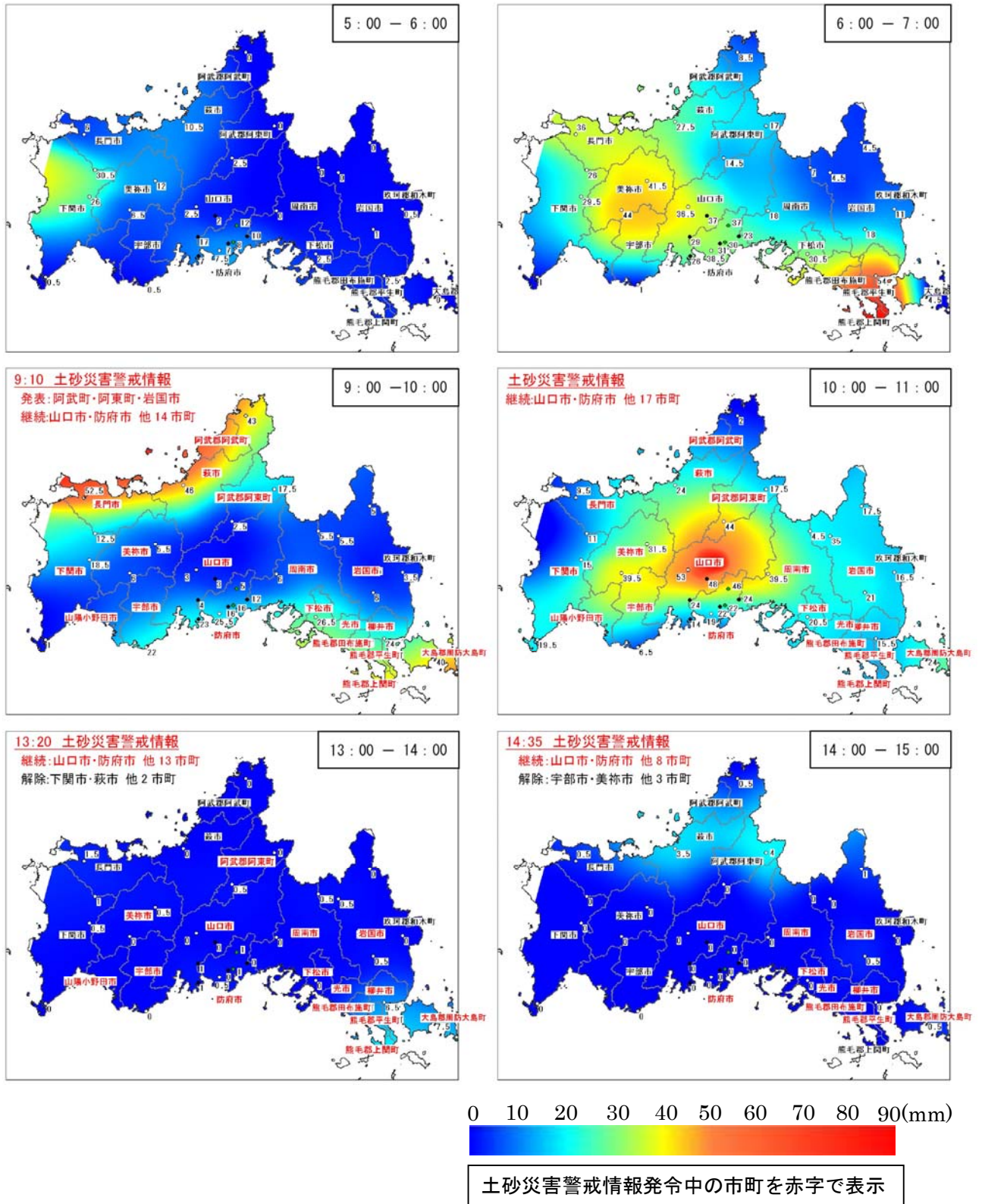


図-1.7(2) 平成 21 年 7 月 21 日の時間雨量の推移図

【雨量計】 ● : 国交省、○ : 気象庁、● : 山口県

(等雨量線図 : GIS ソフトウェア MapInfo Professional の『Vertical Mapper』を用いて、自然近傍補間技法(※)により作成)

※自然近傍補間技法 : データセットポイントの周りに生成した自然近傍リージョンを使用し、面積に関する重みを考慮した手法。

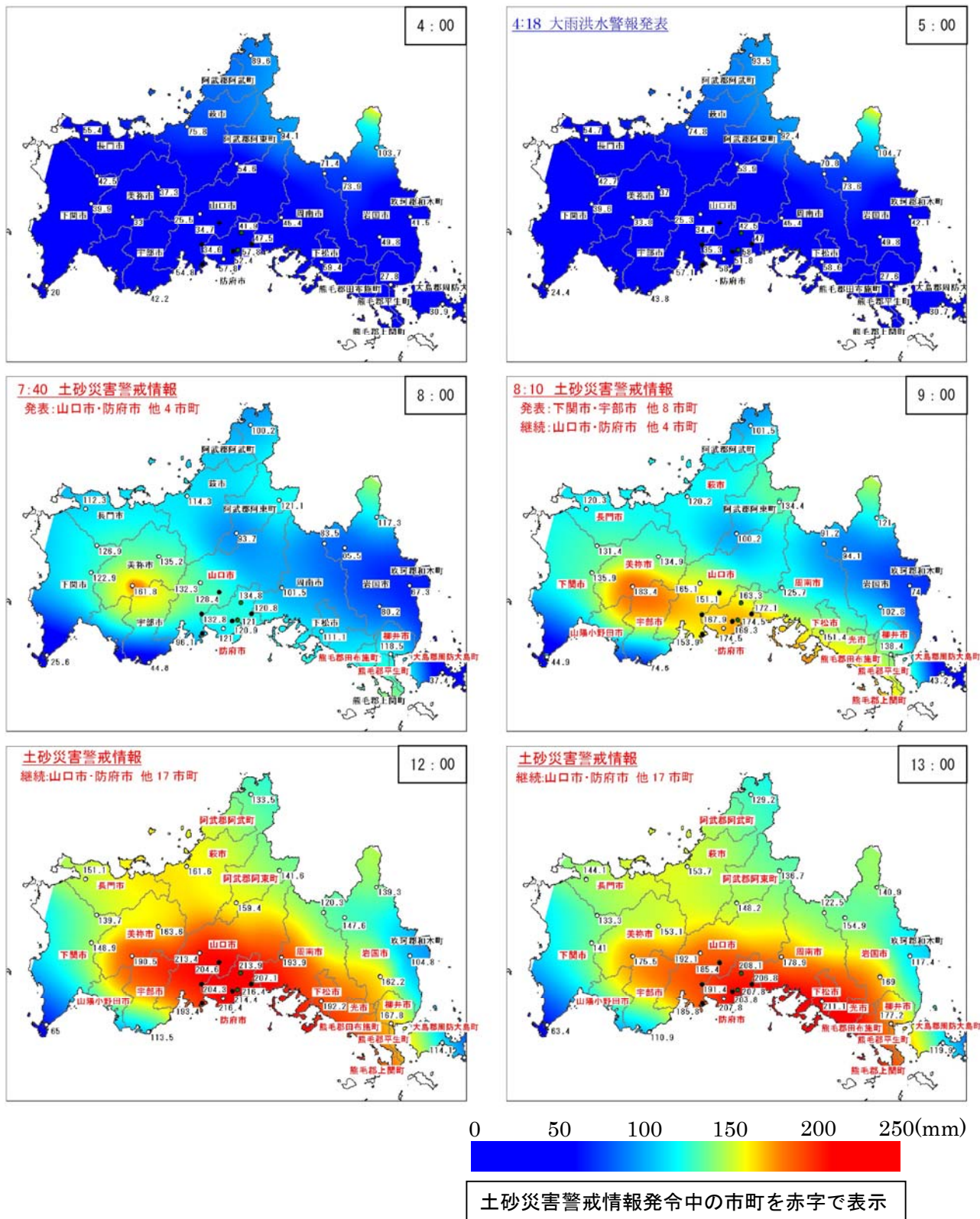


図-1.8(1) 平成 21 年 7 月 21 日の土壤雨量指数の推移図

(【雨量計】 ● : 国交省、○ : 気象庁、● : 山口県)

(等量線図 : GIS ソフトウェア MapInfo Professional の『Vertical Mapper』を用いて、自然近傍補間技法(※)により作成)

※ 自然近傍補間技法 : データセットポイントの周りに生成した自然近傍リージョンを使用し、面積に関する重みを考慮した手法。

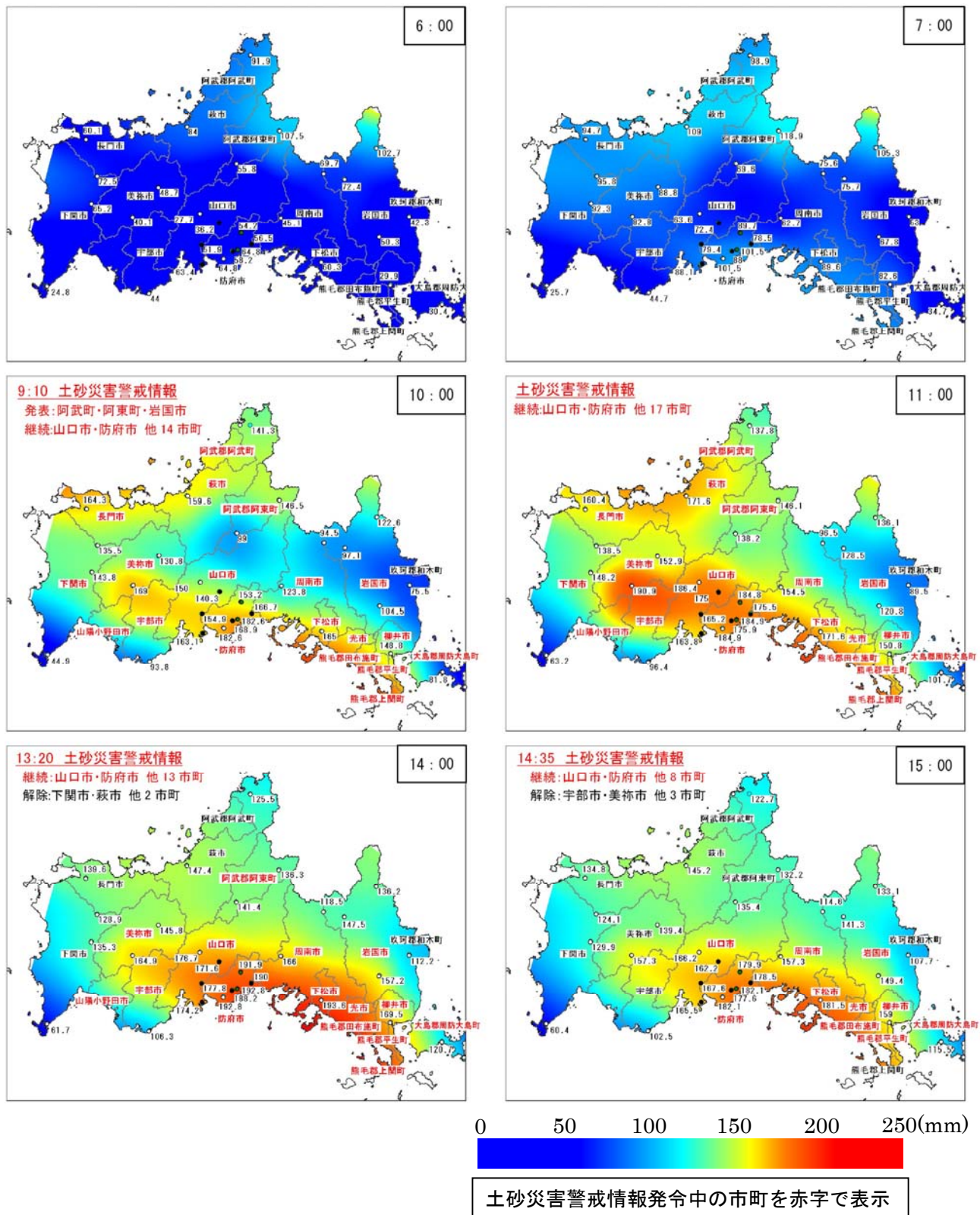


図-1.8(2) 平成 21 年 7 月 21 日の土壌雨量指数の推移図

(【雨量計】 ● : 国交省、○ : 気象庁、● : 山口県)

(等量線図 : GIS ソフトウェア MapInfo Professional の『Vertical Mapper』を用いて、自然近傍補間技法(*)により作成)

* 自然近傍補間技法 : データセットポイントの周りに生成した自然近傍リージョンを使用し、面積に関する重みを考慮した手法。

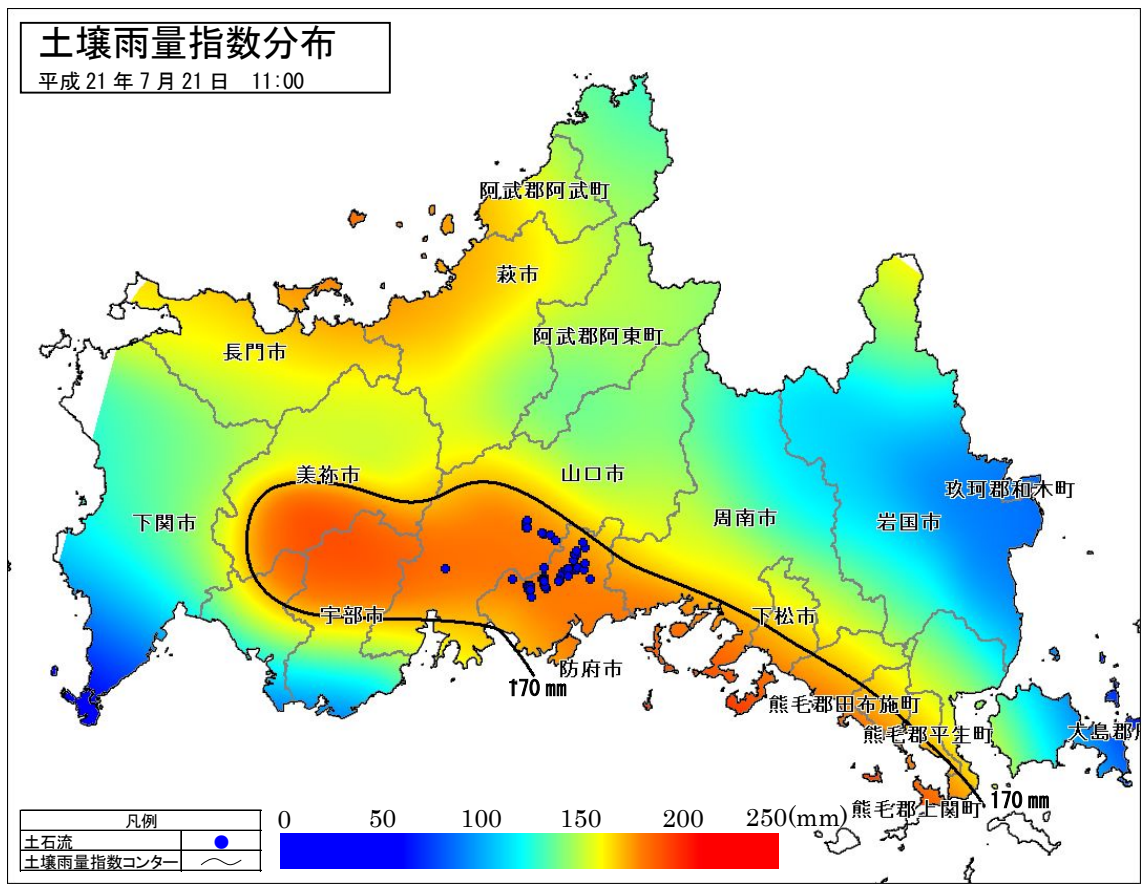
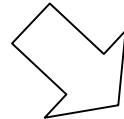
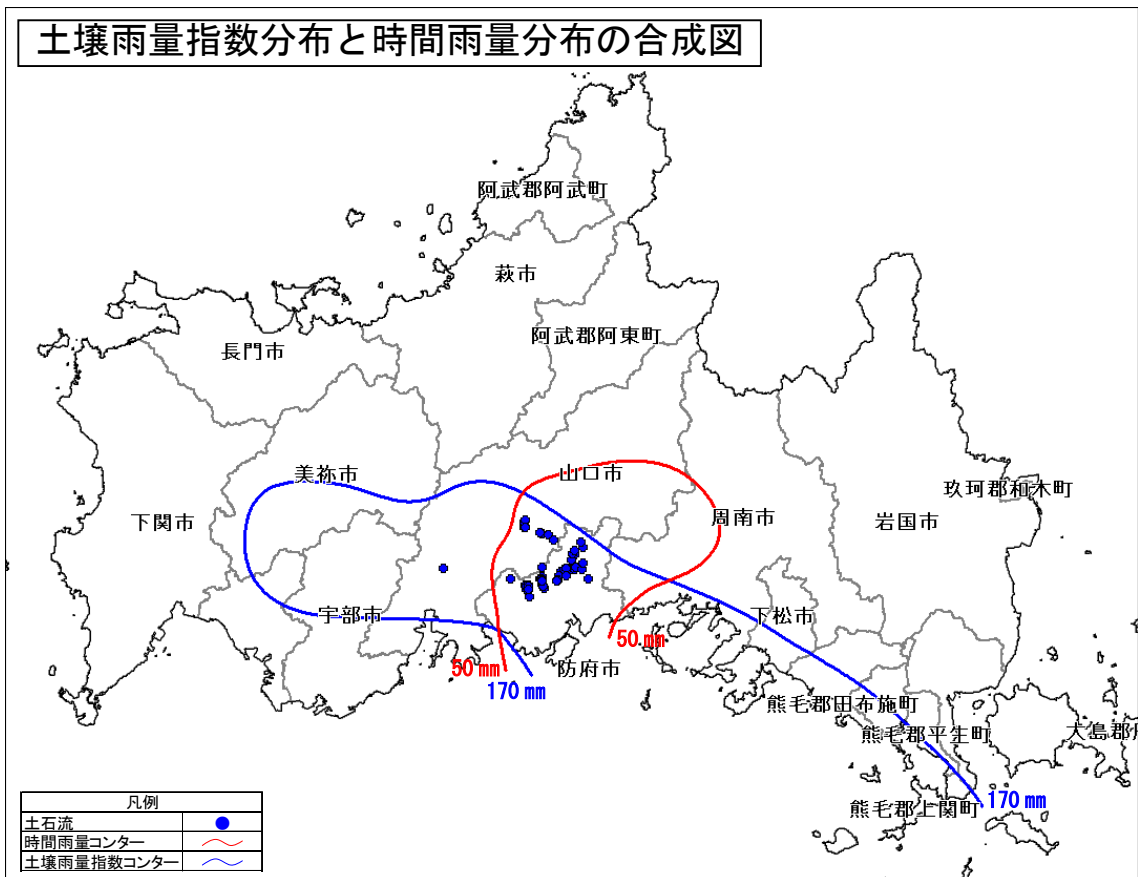
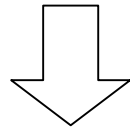
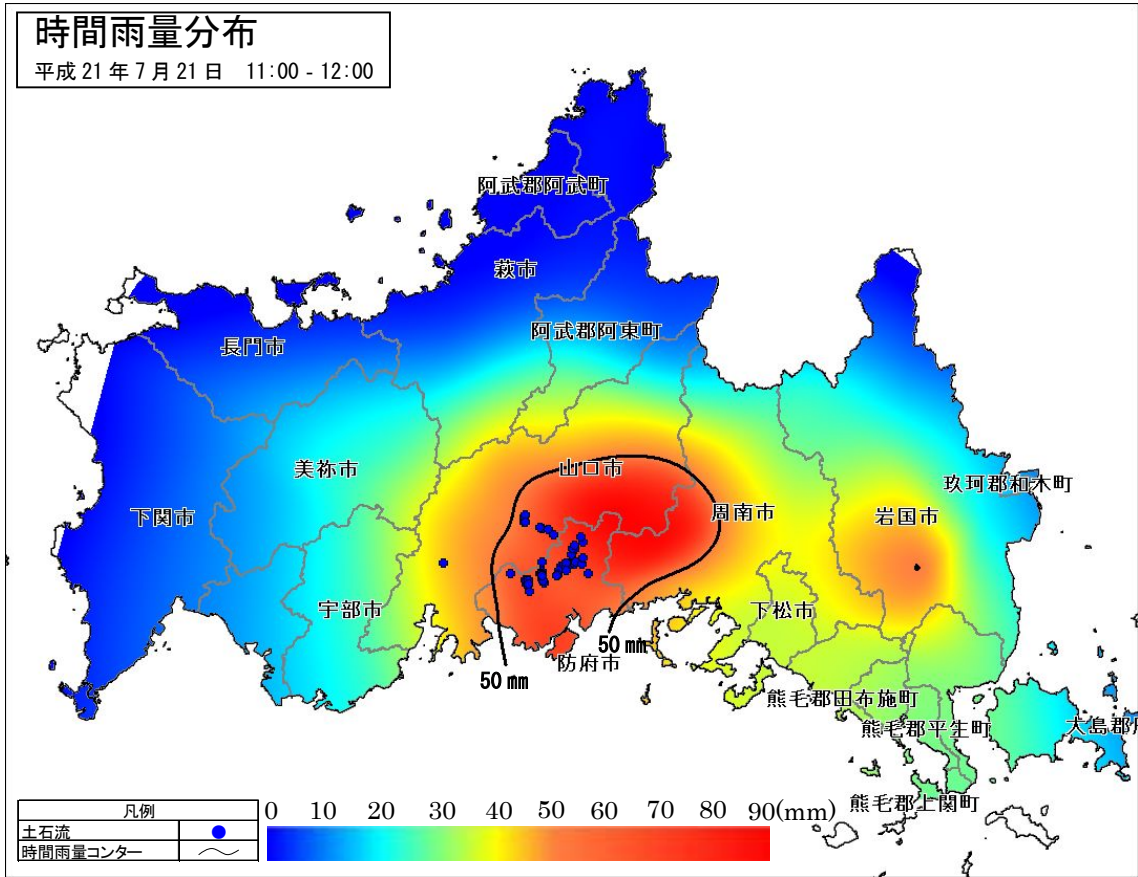


図-1.9(1) 土壤雨量指数分布と時間雨量分布の合成図





図一.9(2) 土壌雨量指数分布と時間雨量分布の合成図

(3) スネークラインによる分析

気象庁や研究機関において、土砂災害の発生危険度の予測や発生後の分析に一般的に用いられているのは、スネークラインである。土砂災害は、地表面の水分量と土壌中の水分量の2つの要因により地盤が緩むことにより発生する。スネークラインでは、この2つの要因をグラフ表示して、土砂災害発生の危険度の時間的な推移を表現できる。グラフでは、縦軸を地表面の水分量(時間雨量)、横軸を土壌中の水分量(土壌雨量指数)として、各時刻の2つの水分量の推移を折れ線で結び、これに過去の災害発生履歴から設定したCLラインを重ねて、土砂災害発生危険度を判定する。

図-1.10は、今回の降雨と過去の降雨とをスネークラインで比較したものである。ここに使用した過去の降雨は、図-1.5において、最大60分間雨量・日雨量・最大6時間雨量のいずれかが上位5位以内あるいは災害が発生した年であることを条件にして抽出した。

今回の降雨では2度にわたりCLラインを大きく上回り、2度目の正午頃に土石流災害が発生している。一方、今回の降雨以外では、土石流災害が7件発生した平成5年の降雨では1度CLラインを上回っているが、今回よりも超過量は小さい。

この他には、平成15年と16年が、わずかにCLラインを超えており、次にCLラインに接近しているのが平成17年である。これらは、いずれも最大6時間雨量が上位5位以内であることから、最大6時間雨量とスネークラインによる危険度の評価結果に、ある程度の関連性が見受けられる。

今回の降雨のスネークラインの推移に着目すると、午前6時の時点で、横軸の土壌雨量指数の値は50mmを超えており、図-1.11に示す前日の降雨によって、すでに土壌中の水分がかなり多くなっていることを示している。その後は、正午まで降雨が続き、土壌雨量指数がさらに増加し続けている。縦軸の時間雨量は、午前6時から正午まで、約20mmから60mmの間で増減し、上下方向に変動している。

午前7時40分の時点では、CLラインに達していないが、予測雨量に基づいて土砂災害警戒情報が発表されている。実績雨量でCLラインを超えたのは、時間雨量63.5mmとなった午前9時であるが、この時点では、土石流災害は発生していない。午前11時～正午にも強い降雨があり、再度CLラインを大幅に突破し、この時刻が土石流災害の発生とほぼ一致している。

その後、降雨が中断し、スネークラインは、徐々に左側に移動しているが、過去の降雨では到達していない高い土壌雨量指数の状態が継続している。この時点でも、再び強い降雨が生じていれば、容易にCLラインを突破し、土石流災害が再度発生する危険度が極めて高かったことがわかる。

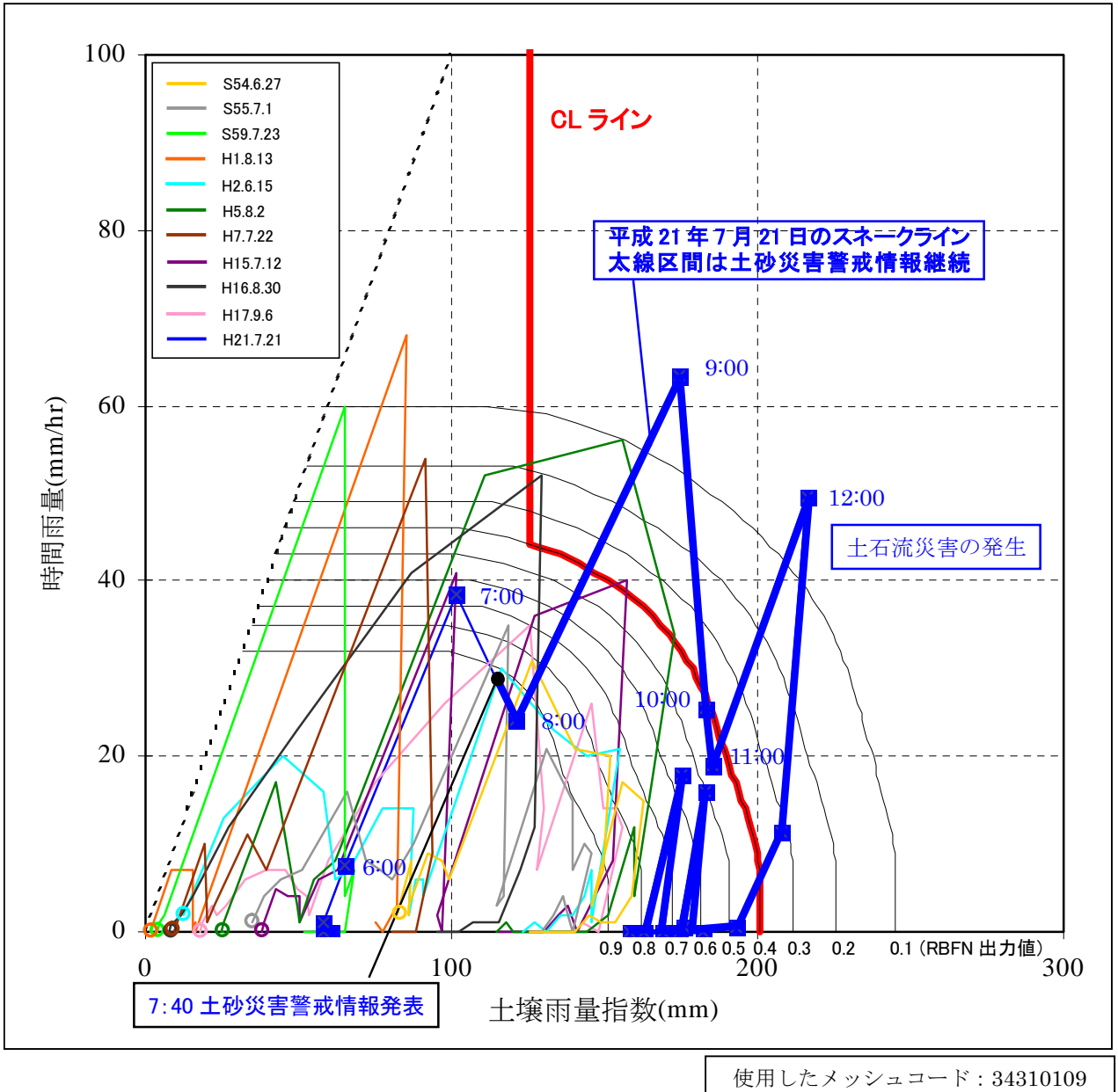


図-1.10 平成21年7月21日降雨と過去の降雨のスネークライン図

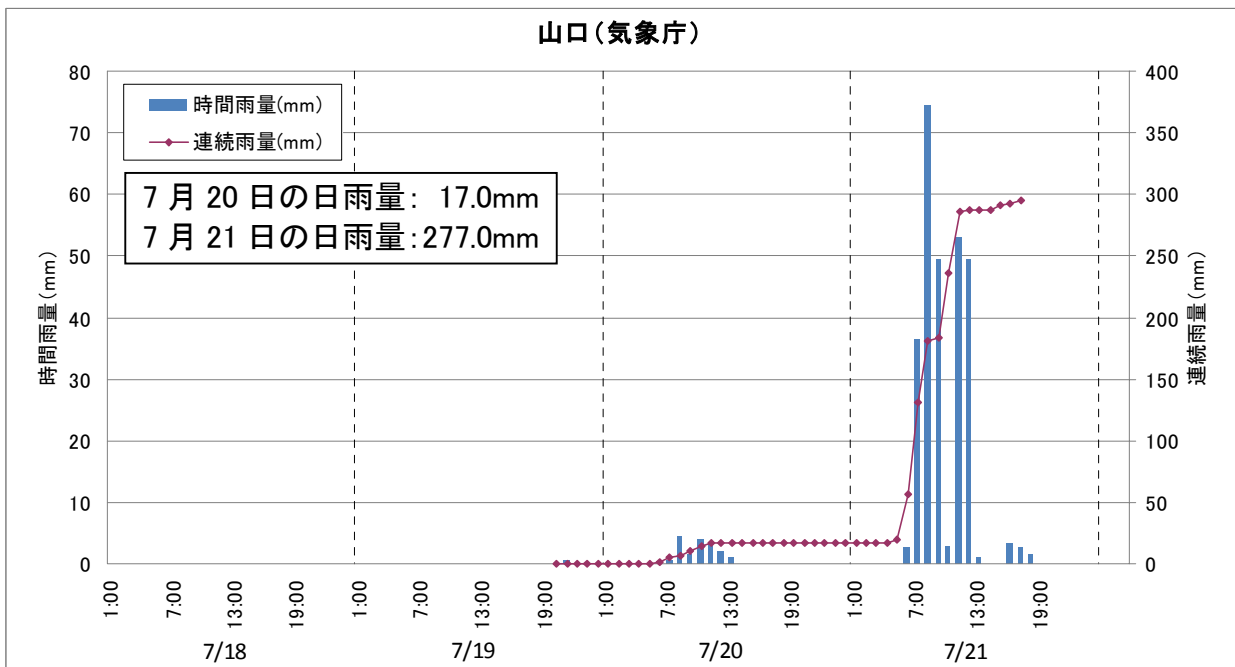
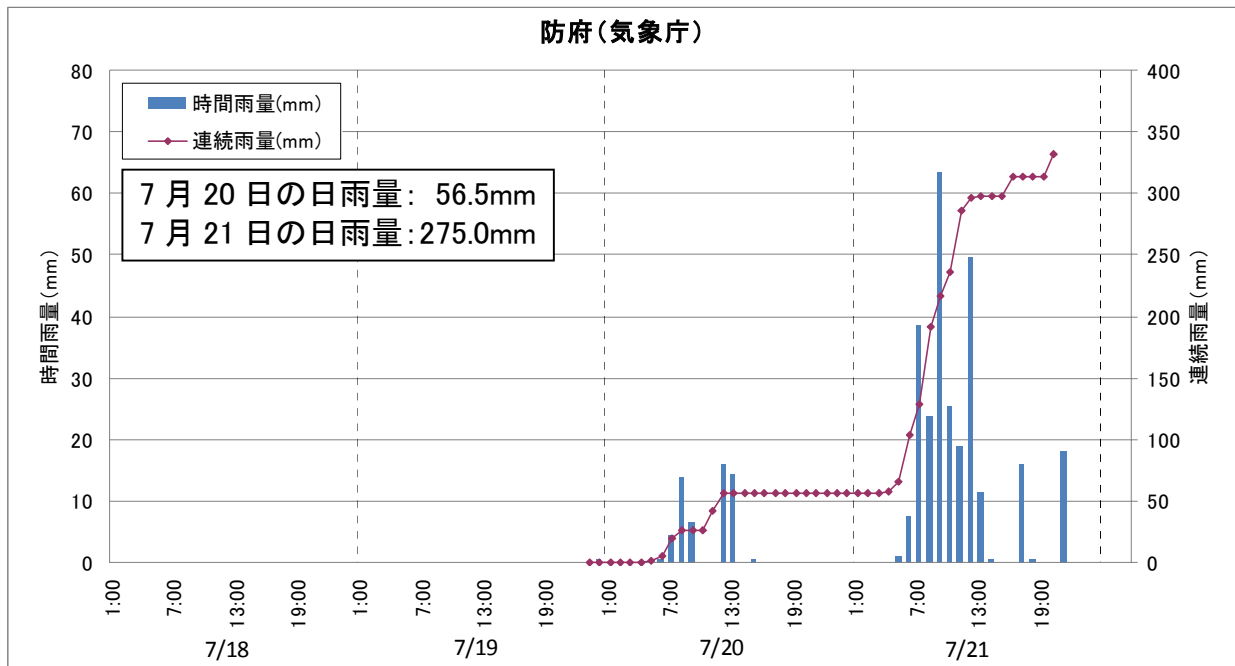


図-1.11 平成21年7月18日~21日の時間雨量図

(4) 降雨の分析

今回の降雨は、次のようなこれまで経験のない特異な特徴を有しており、この降雨により、土石流災害が発生したと推察される。

- ① 防府（気象庁）では、60分間雨量、日雨量及び6時間雨量がいずれも過去最大となり、また、日雨量の確率評価は約200年に1度であり、過去の記録から見ても突出した雨量である。
- ② 雨の降り方が、土石流災害の発生危険度を著しく増加させている。
 - 第1段階 前日までに相当の降雨量があり、土壌中の水分量が、高い状態となった。
 - 第2段階 当日は、約6時間連続して多量の降雨があり、その土壌中の水分量が増加し危険な状態となった。
 - 第3段階 連続降雨の最後に時間雨量が特に増加し、土壌中の水分量が危険な状態において、さらに地表面の水分量を急増させた。

なお、平成15年以降に激しい雨が頻発していることから、近年、雨の降り方が変化していることがうかがえ、今後注意していく必要がある。

1. 2 地形

図-1.12 の地形分類図のとおり、山口県は山地と丘陵地が占める面積が大部分を占めており、分布面積では、それぞれ63%及び20.6%を合わせた83.6%に及ぶ。

今回の土石流災害が発生した溪流は、図-1.13 に示すとおり、小起伏山地・山麓地に分類された地域に分布している。山麓地は小起伏山地からの土砂供給により形成されることから、過去に幾度かの土砂移動が生じたと考えられる。図-1.14 に、過去に土砂移動が生じて形成されたとみられる緩斜面の事例を示した。

しかし、図-1.5 に示したとおり、各年の代表降雨における土石流災害の発生はわずかであり、また、防府市史に記載された1600年代以降の災害記録から、降雨によるものを抽出し整理すると、表-1.4 に示すとおり、洪水災害の数に比べ、土石流災害と見られるものは極めて少なく、また、同時に多数発生したと想定できるものは見当たらない。

したがって、過去の土砂移動は、極めて希な異常降雨により生じたものと推察され、土砂移動の履歴を有する地形であることが、今回の土石流災害の直接の原因とは考えられない。

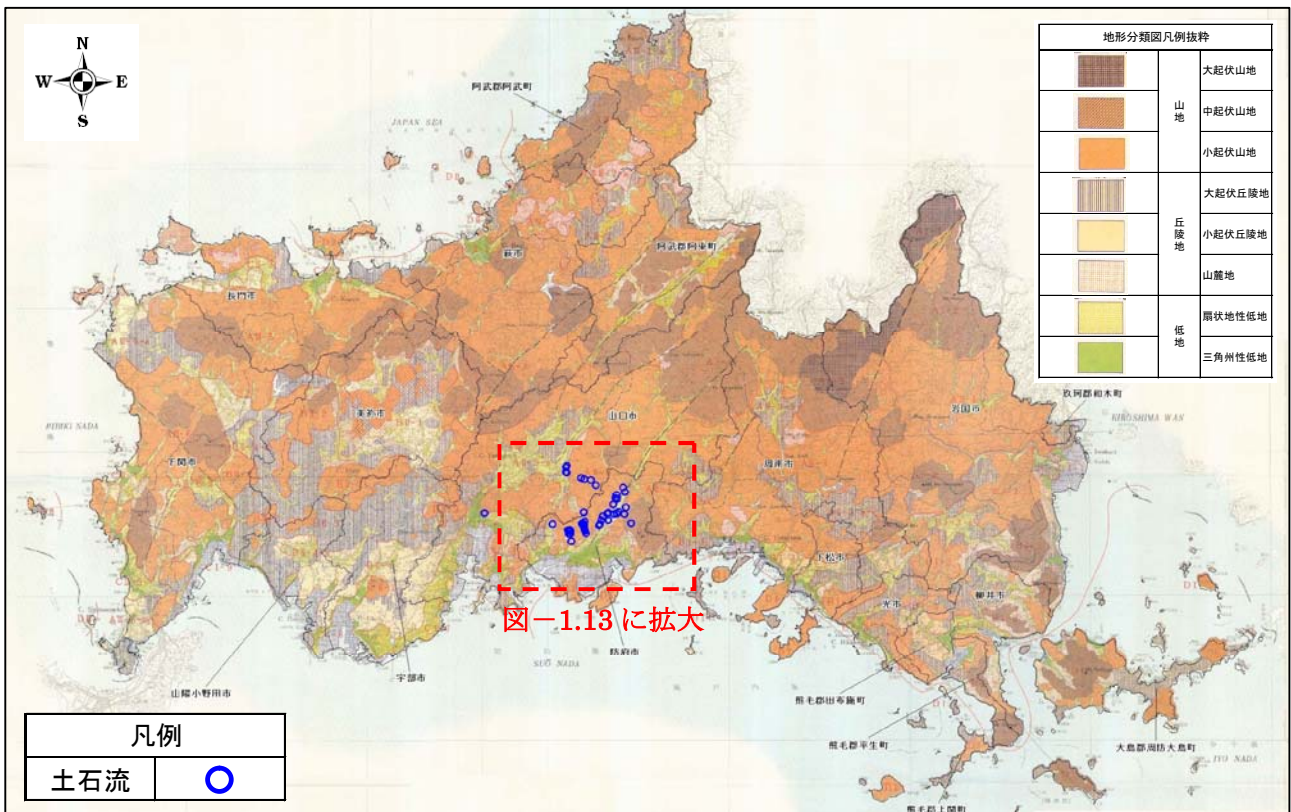


図-1.12 地形分類図 ((財) 日本地図センター)

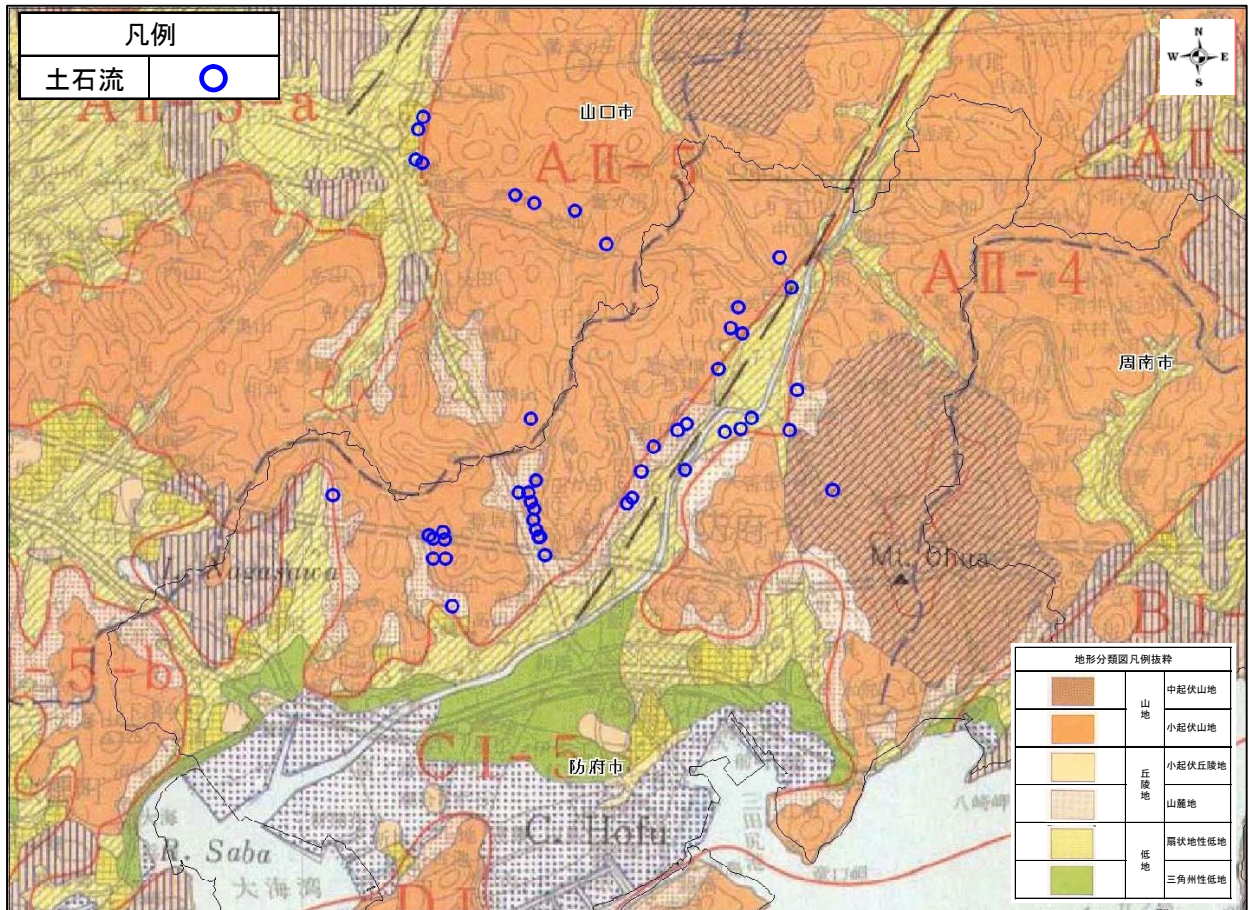


図-1.13 土石災害発生箇所周辺の地形分類図（(財)日本地図センター）

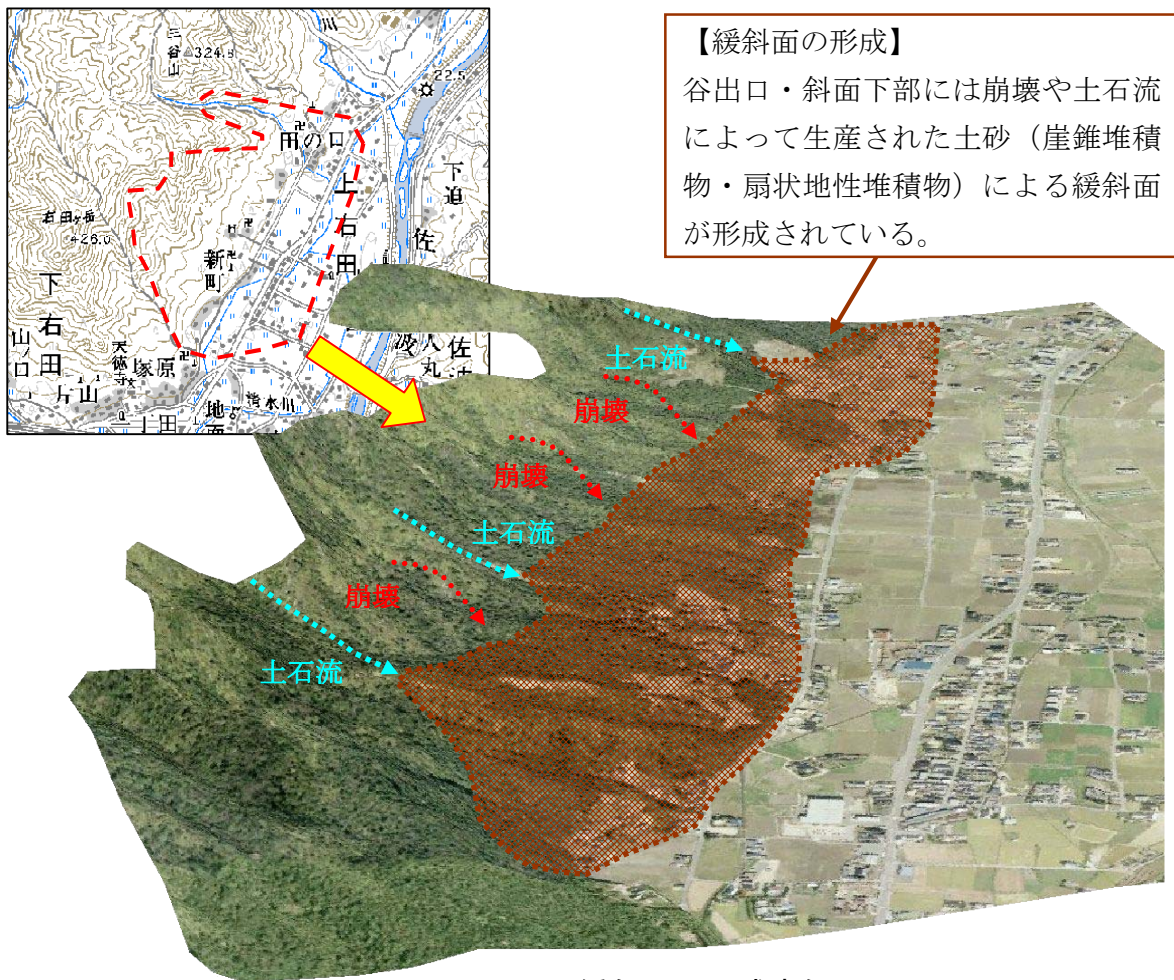


図-1.14 緩斜面の形成事例図

表-1.4(1) 防府市における降雨災害記録一覧表

西暦	年号	月日	災害の種類	発生場所	概要
1663年	寛文三年		洪水	佐波川	頓蔵主土手が決壊
1666年	寛文六年	7月5日	洪水	佐波川	頓蔵主・宗金・山県土手が決壊
1676年	延宝四年	5月6日	洪水	佐波川	東泥江・宗金・山県開作の土手が決壊
1677年	延宝五年		洪水	佐波川	宗金土手が破損
1678年	延宝六年	8月5日	大雨		赤石・西宗金・山形土手が決壊
1679年	延宝七年	7月21日	大水	佐波川	青井手・西仁井令井手が決壊
1702年	元禄十五年	6月29日	洪水	佐波川	
1704年	宝永元年	8月23日	洪水	佐波川	
1713年	正徳三年	2月20日	洪水	佐波川	
1717年	享保二年		洪水	佐波川	仮橋が破損
1724年	享保九年	8月24日	洪水	佐波川	右田大渡りの橋が流出
1725年	享保十年	3月17日	豪雨	佐波川	佐波川大渡りの大橋が流出
1728年	享保十三年	5月26日		佐波川	頓蔵主土手が切れた
1738年	元文三年	6月1日	大雨	佐波川	頓蔵主・宗金・伊佐江・地神堂・遠藤の土手が決壊
1740年	元文五年		洪水	佐波川	右田大渡りの橋が流失
1742年	寛保二年		洪水	佐波川	
1744年	延享元年	6月1日	洪水	佐波川	頓蔵主土手が切れた
		6月24日	洪水	佐波川	植松八幡宮下の土手が120間にわたって決壊
1745年	延享二年	6月	洪水	佐波川	泥江土手が決壊
1773年	安永二年	6月23日	大水		右田の上河原・頓蔵主土手が切れた
1778年	安永七年	7月11日	洪水	佐波川	泥江の西土手および対岸の右田の高井から遠ヶ崎までの土手800間が決壊。当夏、佐波川その他度々洪水となった。
1779年	安永八年	8月4日	洪水	佐波川	泥江土手の樋門が決壊
1780年	安永九年	9月28日	洪水	佐波川	頓蔵主土手が決壊
1796年	寛政八年	8月11日	大雨		植松の頓蔵主土手が切れる
1802年	享和二年	5月28日	洪水	佐波川	
1814年	文化十一年	6月16日	洪水	佐波川	
1823年	文政六年	6月10日	大雨	横曽根川	堤防が決壊(かさざぎ橋付近)
1828年	文政十一年	5月26日	洪水	佐波川	植松の大崎渡川土手・頓蔵主土手が決壊。和字の佐波川渡場土手が切れた。植松の頓蔵主および川土手が切れた
1829年	文政十二年	5月24日	洪水	佐波川	開出・泥江の土手が切れた
1830年	天保元年	7月8日	洪水	佐波川	
1832年	天保三年	6月10日	洪水	佐波川	舟橋その他諸所が破損
1835年	天保六年	6月19日	洪水	佐波川	舟橋・乙井手などが破損
1836年	天保七年	6月11日	洪水	佐波川	和字の松原堤防が決壊
1840年	天保十一年	6月3日	洪水	佐波川	和字の松原土手が決壊
		6月4日	洪水	佐波川	右田金波・戌ノ馬場・船本新樋が次々と切れた。左岸の古祖原・泥江土手も決壊、本土手も破損。
		6月5日	洪水	佐波川	乙井手で二か所の土手が決壊。
1844年	弘化元年	2月15日	洪水	横曽根川	数か所の土手が決壊。
		5月24日	山崩れ		半上山が山崩れとなった。
		5月26日	洪水	佐波川	舟橋・乙井手等が破損
		5月27日	洪水		台道村で大洪水
1845年	弘化二年	2月晦日	洪水	佐波川	青井手が破損
		5月10日	洪水	佐波川	仁井令村の大渡り井手ならびに佐野村の鴨堤等が決壊
1846年	弘化三年	5月11日	洪水	佐波川	仁井令村の大渡り井手等が破損
1847年	弘化四年	5月29日	洪水	佐波川	大渡り井手・仁井令井手・西佐波令青井手等が決壊
		11月15日	洪水	佐波川	
1848年	嘉永元年	6月5日	洪水	佐波川	萩尾川縁石・青井手・大渡り・仁井令井手等が決壊
1850年	嘉永三年	6月1日	洪水	佐波川	大渡り・船本土手の両岸が決壊。和字村の和字・船場土手及び真尾新土手が決壊
1855年	安政二年	5月10日	洪水	佐波川	堤防が決壊
1857年	安政四年	5月3日	洪水	佐波川	和字村の土手が切れた

※赤字は土砂災害と想定されるもの

防府市史(資料I)第六章 防府災異誌年表より抜粋

表-1.4(2) 防府市における降雨災害記録一覧表

西暦	年号	月日	災害の種類	発生場所	概要
1893年	明治二十六年	10月14日			台道の上田開作の土手が決壊
1898年	明治三十一年	8月	洪水	佐波川	右田村で土手が損壊
1902年	明治三十五年	5月18日	山崩れ	小野村久兼の字半明	山崩れにより家屋が1軒倒壊し、一人が負傷
		5月31日	洪水	佐波川	
		8月10日	洪水	佐波川	
1903年	明治三十六年	5月31日	洪水	佐波川	
1904年	明治三十七年	4月26日	豪雨		下右田では所々の土手が決壊
		6月15日	洪水	佐波川	左岸の土手が所々で決壊
		6月26日	洪水	佐波川	両岸とも多くの被害
1907年	明治四十年	9月8日	洪水	佐波川	
1910年	明治四十三年	6月16日	洪水	佐波川	
			山崩れ		右田村で山崩れ
				剣川	中塚付近で両岸の土手が決壊
			洪水	甲久保川	
			山崩れ		大道村で山崩れ2箇所
1913年	大正二年	4月25日	洪水	佐波川	右田村側で大きな被害
1914年	大正三年	6月16日	洪水	佐波川	
1916年	大正五年	5月7日		柳川など	堤防四か所が決壊。橋梁三か所も流失
1918年	大正七年	7月11日	洪水	佐波川水系	佐波川の新橋流失。右田村大崎州の堤防が決壊。舟橋上の右田村側堤防が決壊。小野村奈美の佐波川堤防が決壊。新橋付近の堤防が決壊。
			山崩れ		富海村の磐石付近で山崩れ。防府町で山崩れ1箇所
					富海村で堤防決壊1箇所。華城村で頓蔵主・泥江土手が決壊
1920年	大正九年	8月17日	洪水	佐波川	
1921年	大正十年	6月18日	洪水	佐波川	左岸の堤防が決壊
		7月1日	洪水	佐波川	華城村植松で堤防が決壊
1923年	大正十二年	7月11日	洪水	佐波川	右田の戌ノ馬場・新橋・居合等の土手が損壊。高井の鍛冶屋堤・大崎の赤岸控土手が決壊。左岸の植松本土手・頓蔵主土手も決壊。小野村では堤防が3箇所決壊
					華城村内の堤防が20間あまり決壊
1924年	大正十三年	8月21日	洪水	佐波川	
1925年	大正十四年	9月17日	洪水	佐波川	
1926年	大正十五年	7月7日	洪水	佐波川	防府町で死者1人。右田村で堤防が決壊。
			山林崩壊		小野村で山林崩壊10坪。
				剣川	右田村内の河川がはん濫、土手が決壊。
			山崩れ		右田村内で山崩れ。曹洞宗第4中学林の裏山が崩れた。(校長圧死)
1928年	昭和三年	6月24日	豪雨	佐波川	右田村で堤防が3箇所決壊。死者1人。さらに、上右田の三谷川土手が決壊。佐波川の上河原三角刎、乙井手公儀刎、船橋の橋台・石垣等が破損。華城村で堤防が1箇所決壊。大崎の夕荷無土手・高田の前土手・赤岸の丸田土手・多仲控土手が決壊。
1941年	昭和十六年	6月25日	土砂崩れ		豪雨により山陽本線三田尻-富海間で土砂が崩れた。
		6月30日	洪水	佐波川	土手数カ所が決壊。
1942年	昭和十七年	8月27日	台風		高潮により海岸堤防がことごとく決壊。
1949年	昭和二十四年	6月21日	台風		デラ台風により橋梁・河川等が損壊。

※赤字は土砂災害と想定されるもの

防府市史(資料I)第六章 防府災異誌年表より抜粋

1. 3 地質

図-1.15 に山口県全体の地質図を示しており、今回の土石流災害が発生した付近に広く分布する花崗岩類は、図-1.16 に示すとおり、風化が進行しやすく、強風化してマサとなると、滑落や流動化が発生しやすい性質を有している。

花崗岩類の分布域を、図-1.9 の土壤雨量指数分布と時間雨量分布の合成図に重ね合わせると、図-1.17 となり、土壤雨量指数と時間雨量のピークが重なる範囲において、花崗岩類の分布域だけで土石流災害が発生していることが確認できる。

また、図-1.18 では、連続雨量、地質及び土石流災害の発生位置の関係を整理しており、連続雨量が多くても東隣の黒色片岩、西隣の安山岩質-石英安山岩質火砕岩などが分布する範囲では、土石流災害は発生しておらず、これらからも、花崗岩類とその他の地質による差が認められる。

以上のことから、今回のような降雨条件においては、花崗岩類の分布地域では、土石流災害が発生する可能性が高くなることが認められる。

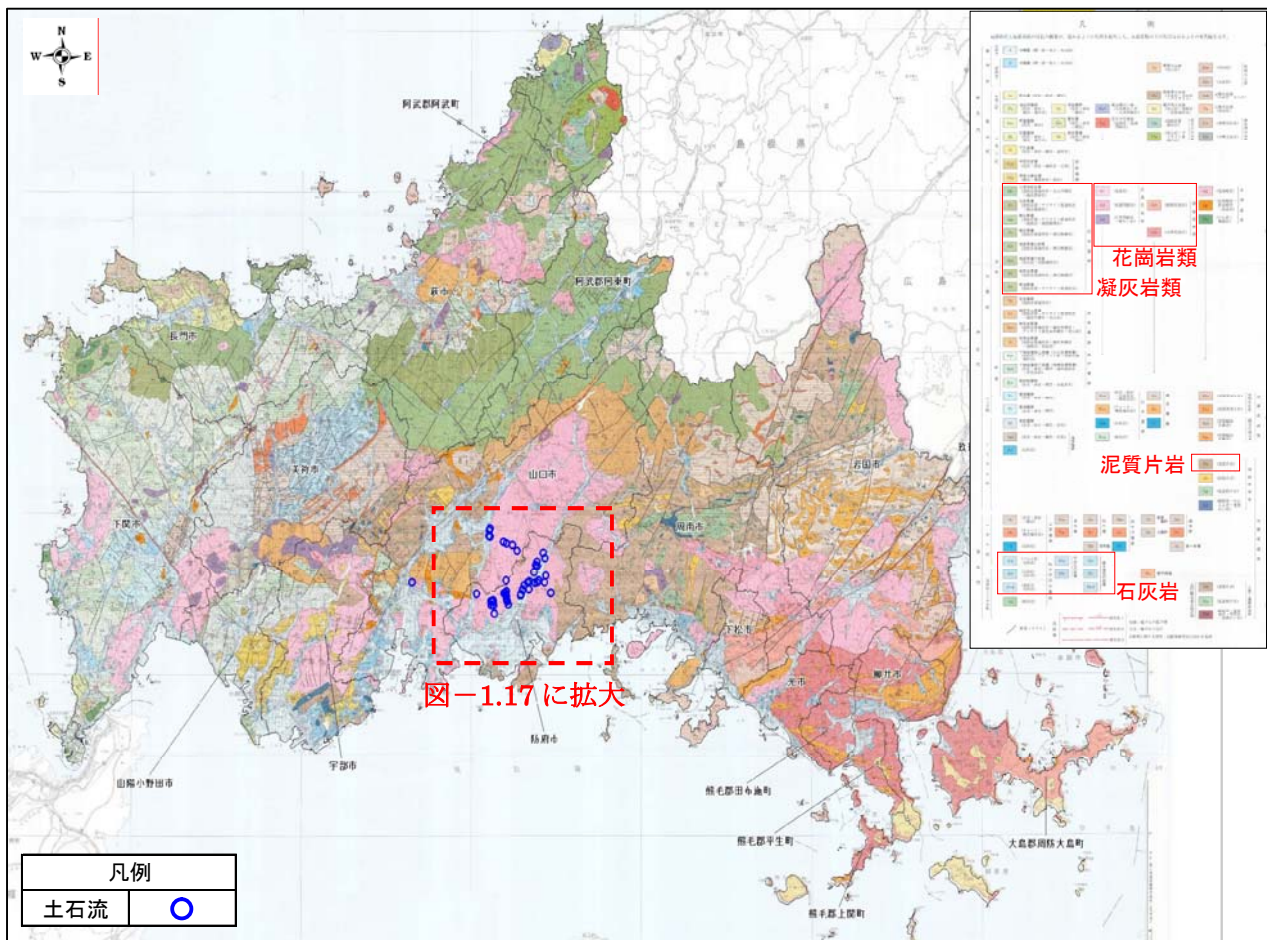


図-1.15 地質図（山口地学会）

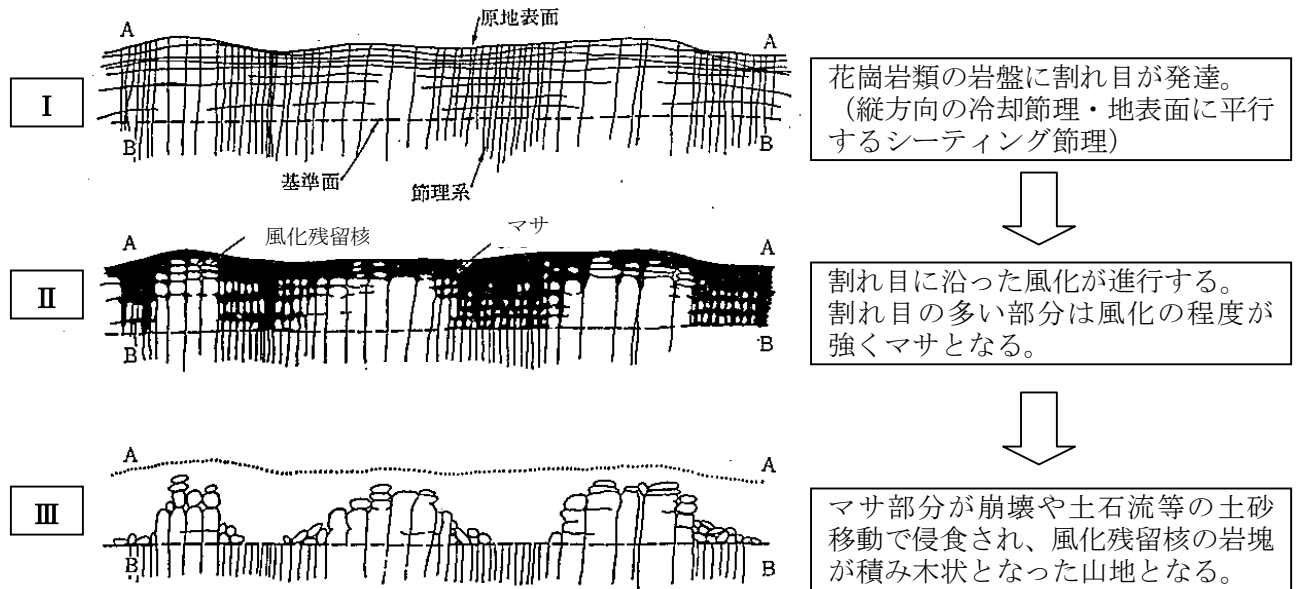


図-1.16 花崗岩類の風化進行と侵食による地形変化の模式図

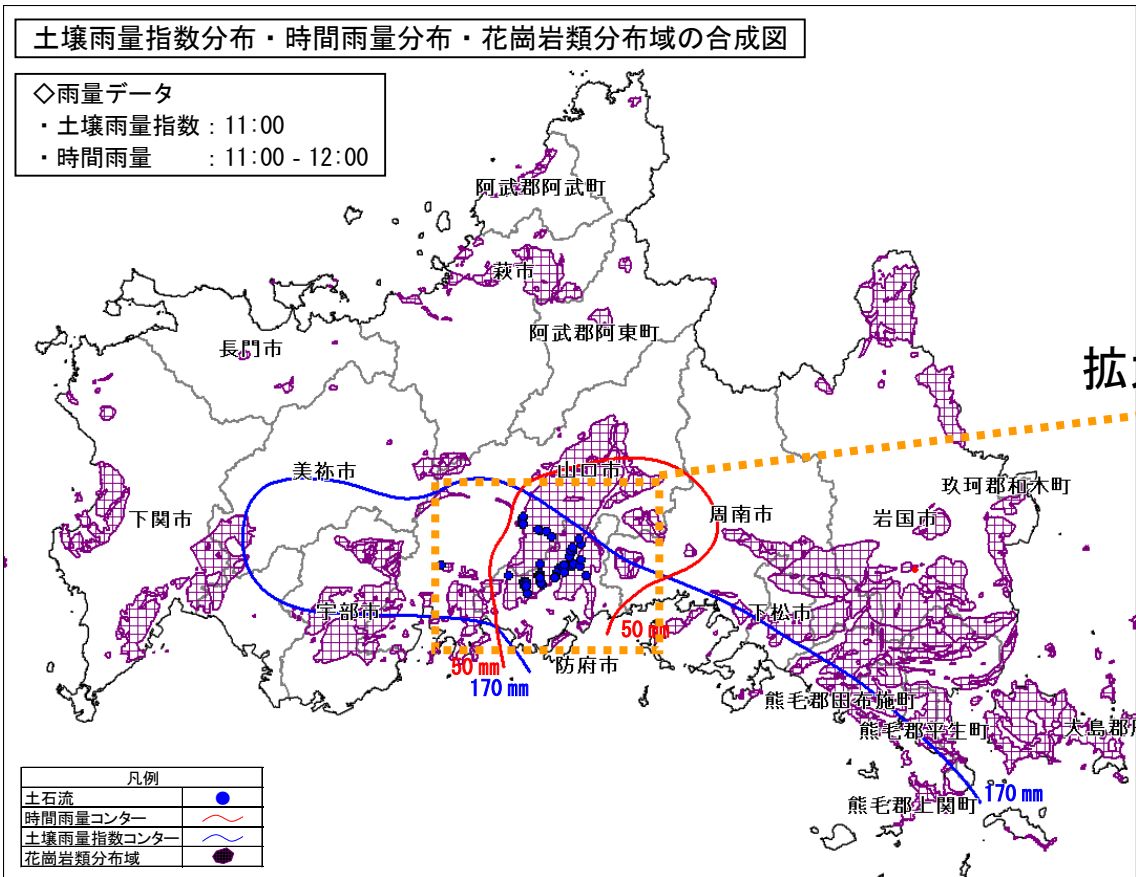
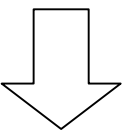
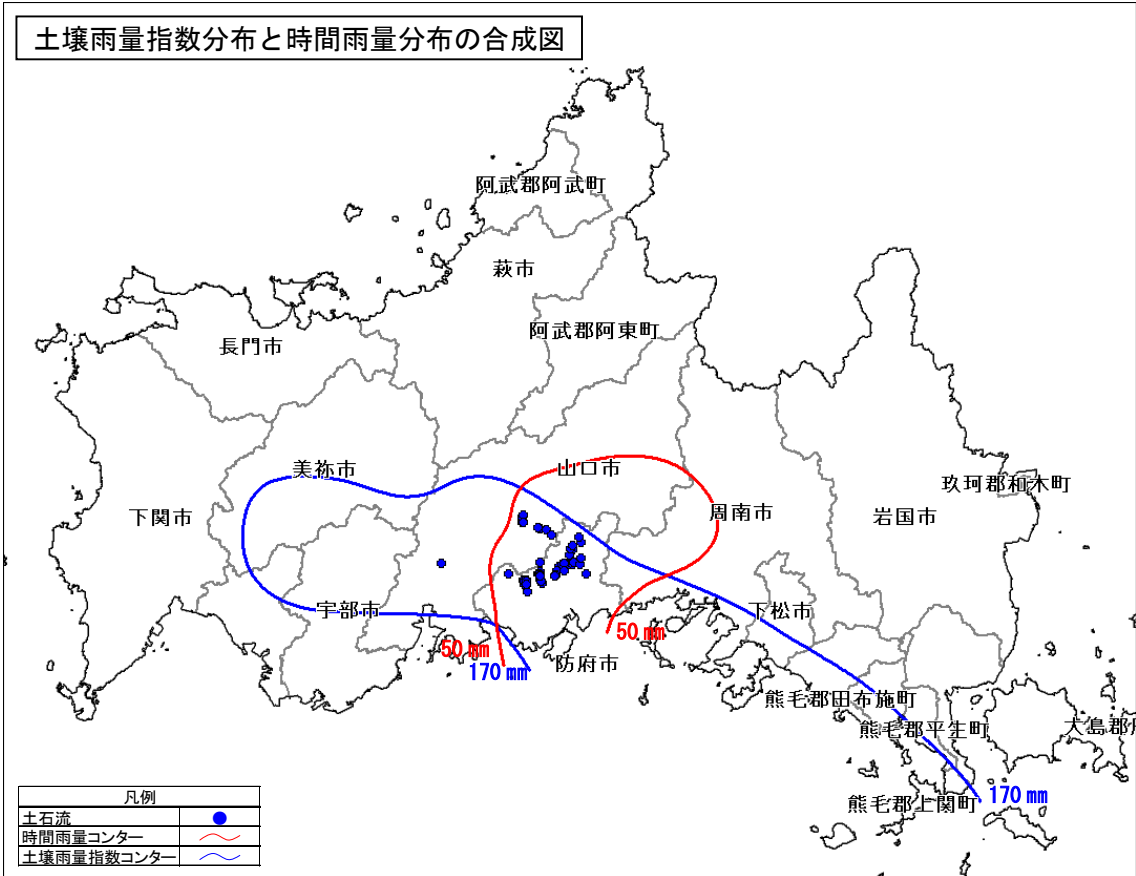


図-1.17(1) 土壤雨量指数分布・時間雨量分布・花崗岩類分布域の合成図

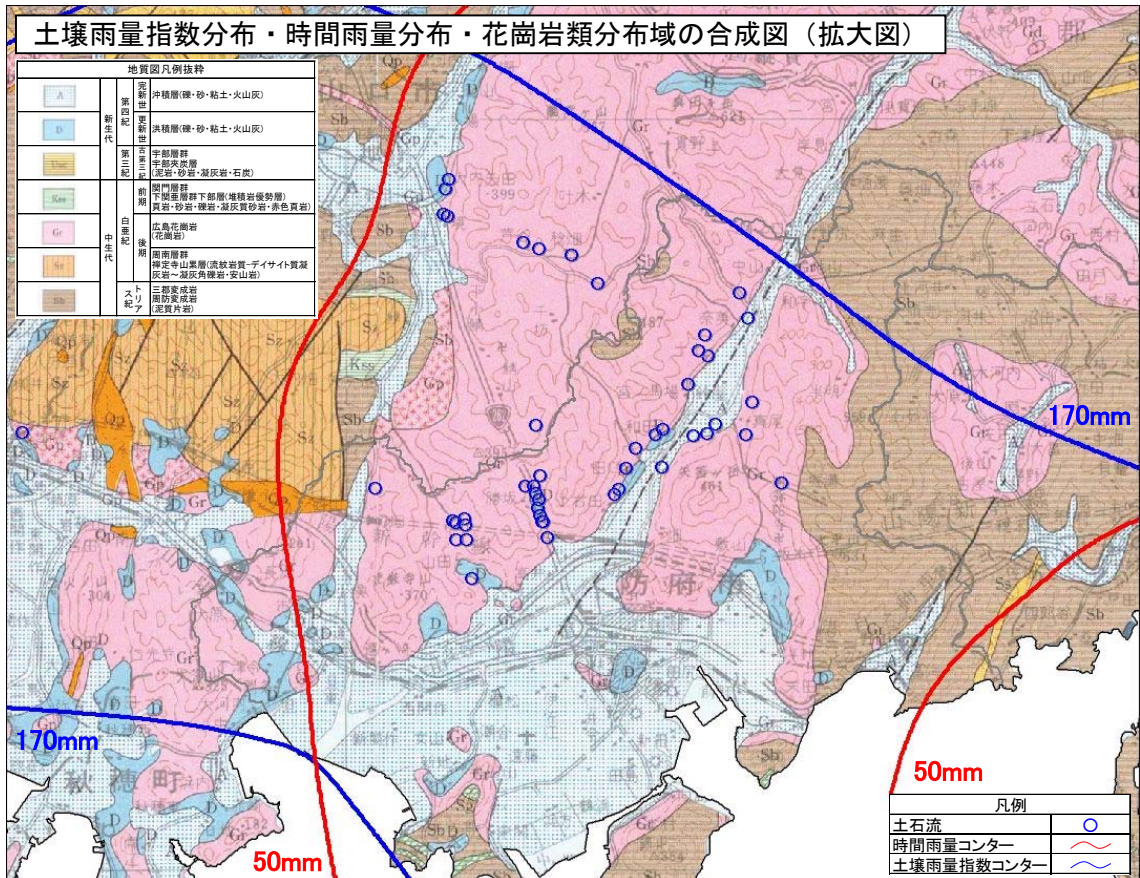
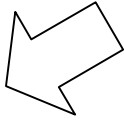
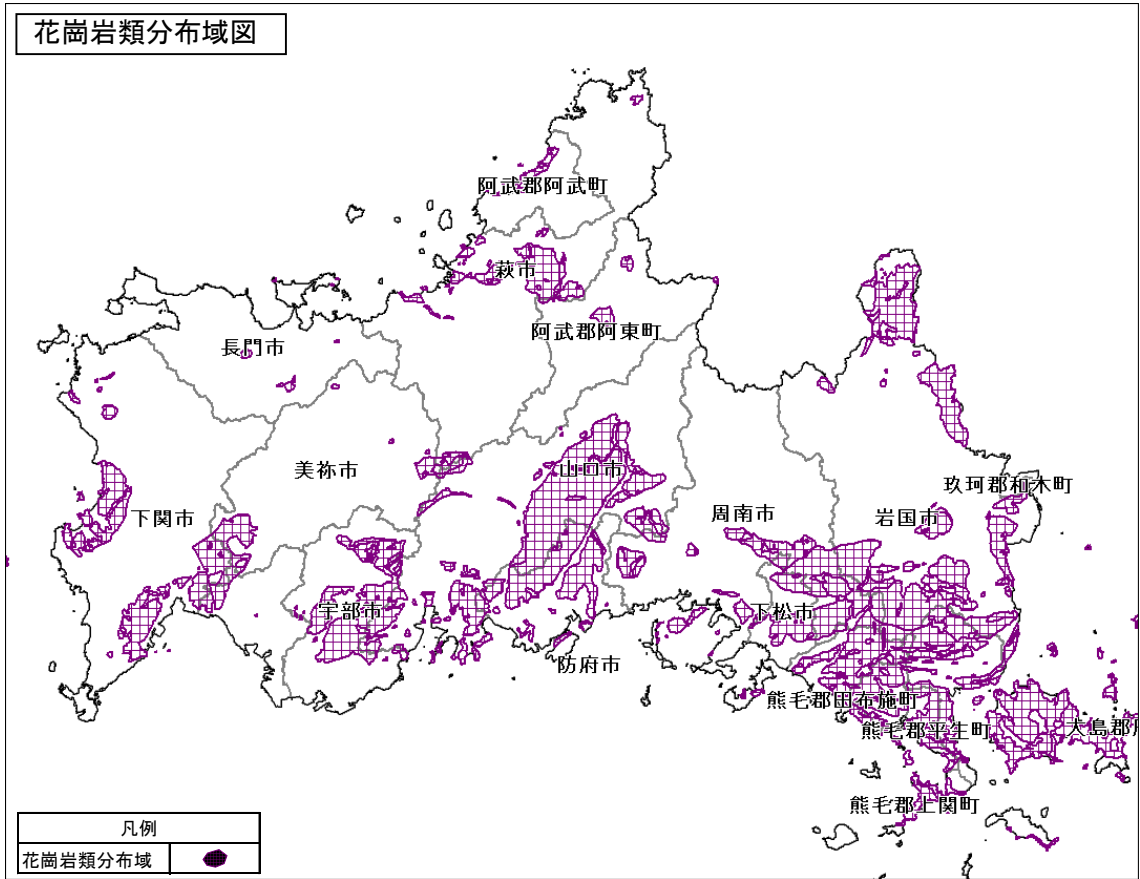


図-1.17(2) 土壌雨量指数分布・時間雨量分布・花崗岩類分布域の合成図

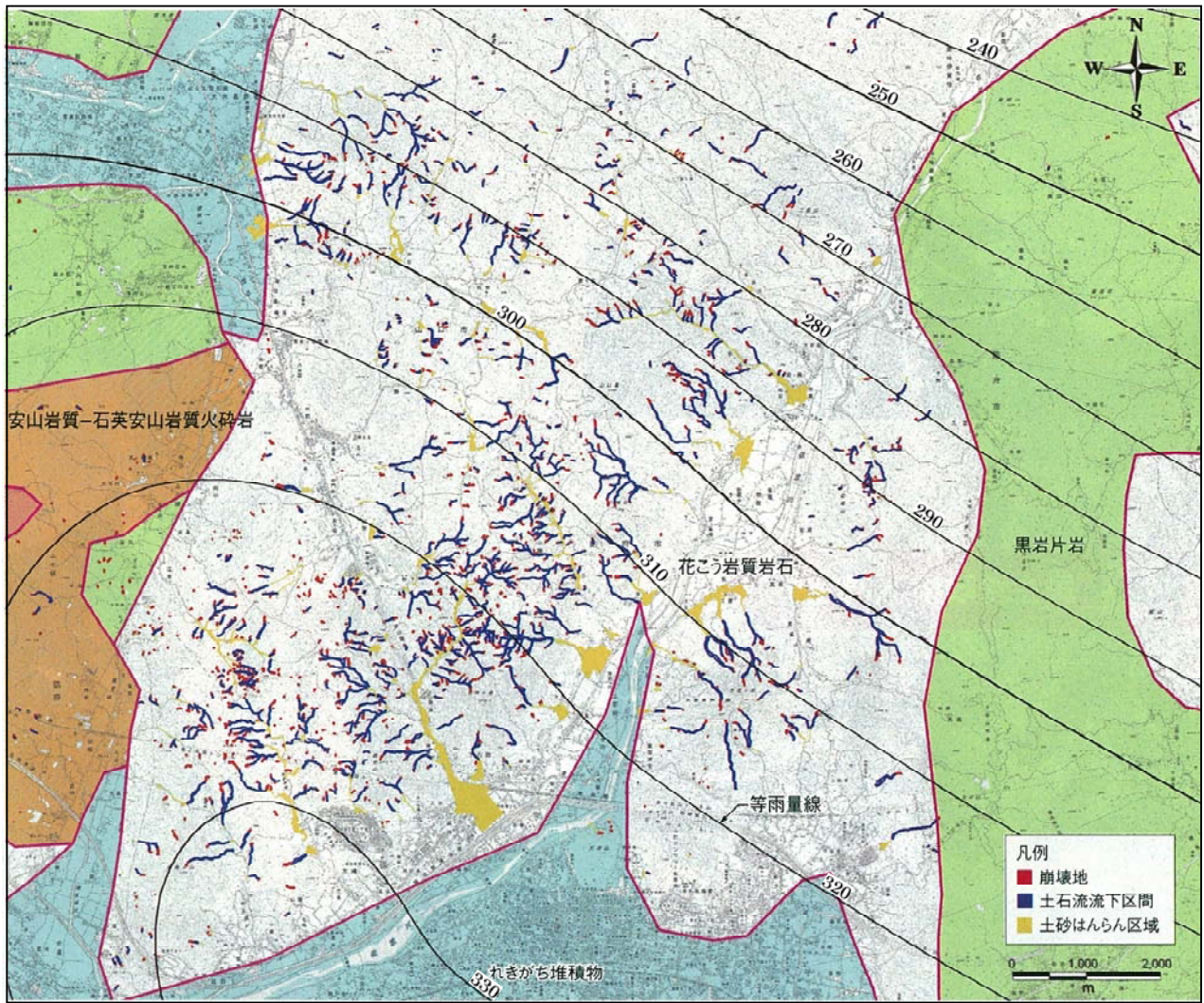


図-1.18 土石流災害発生箇所と雨量・地質の関係図
 (国土交通省技術政策総合研究所)

1. 4 植生

図-1.19 に山口県全体の植生現況図を示しており、土石流災害が発生した溪流は、ヤブツバキクラス域代償植生—コバノミツバツツジ・アカマツ群集に含まれ、植生による表層土壌面の侵食防止効果や保水機能は低いと見られている。

しかしながら、今回の土石流災害の結果を分析するため、図-1.20 のとおり、この植生の分布域を、1. 3地質で示した図-1.17 と同様に、土壤雨量指数分布と時間雨量分布の合成図に重ね合わせると、植生が同様であるのに、土石流災害の発生は、土壤雨量指数と時間雨量分布のピークが重なる範囲の境界線で、明確に分割されていることがわかる。

以上のことから、今回の災害では植生による違いは明確ではなく、植生の影響は小さいものと推測できる。

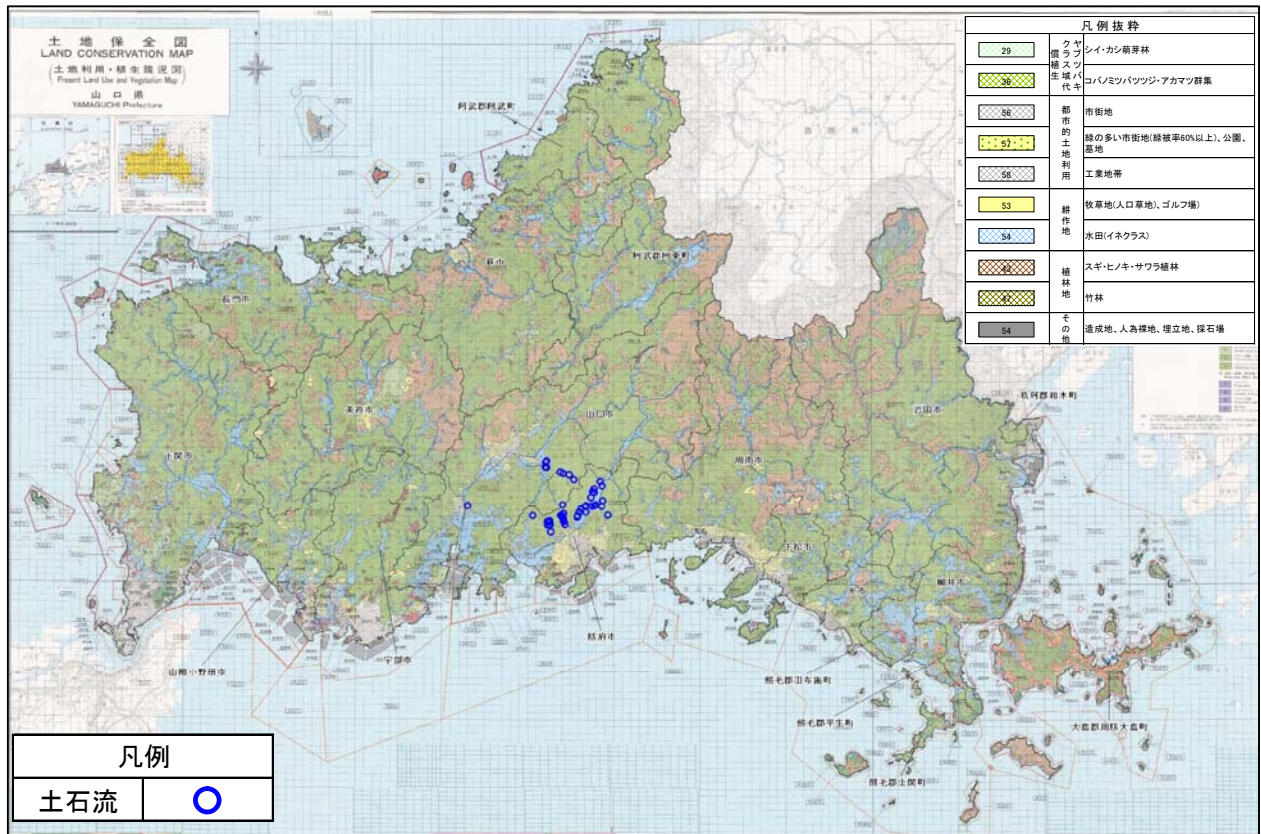


図-1.19 植生現況図（土地保全図：国土庁土地局）

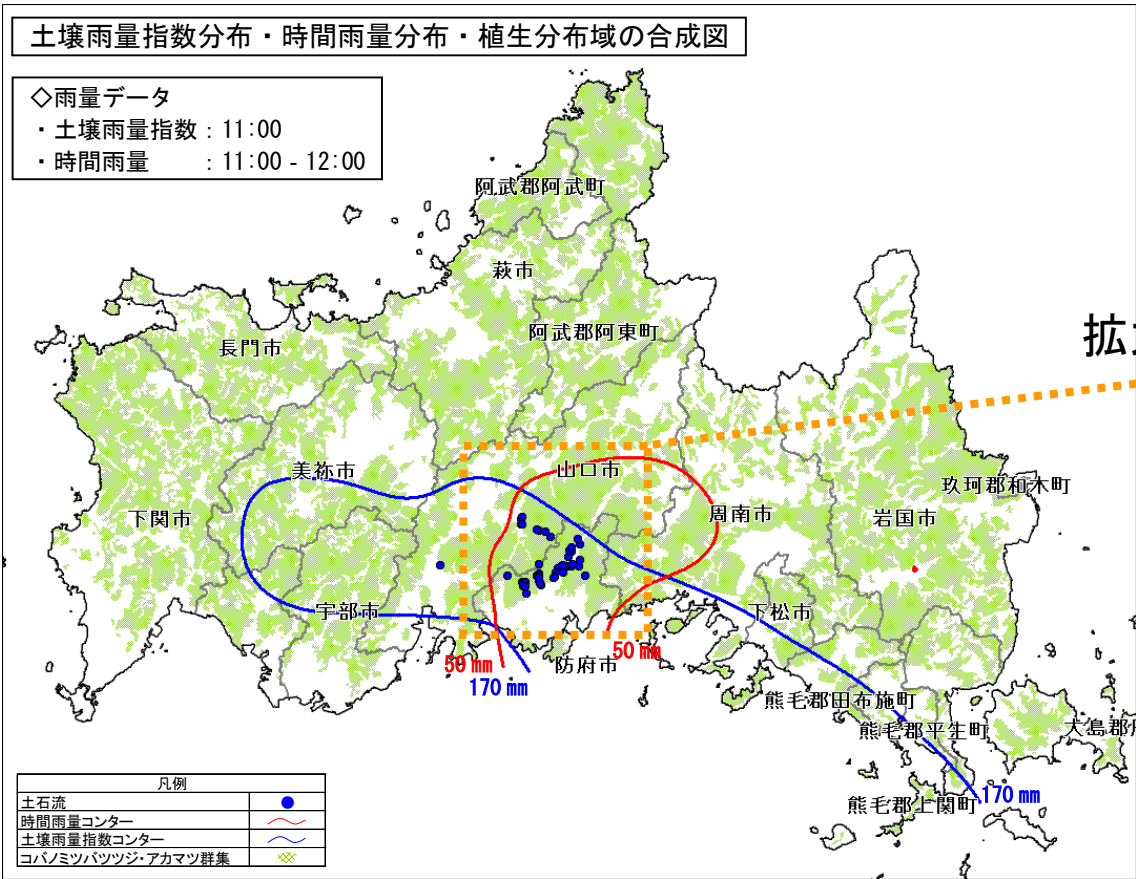
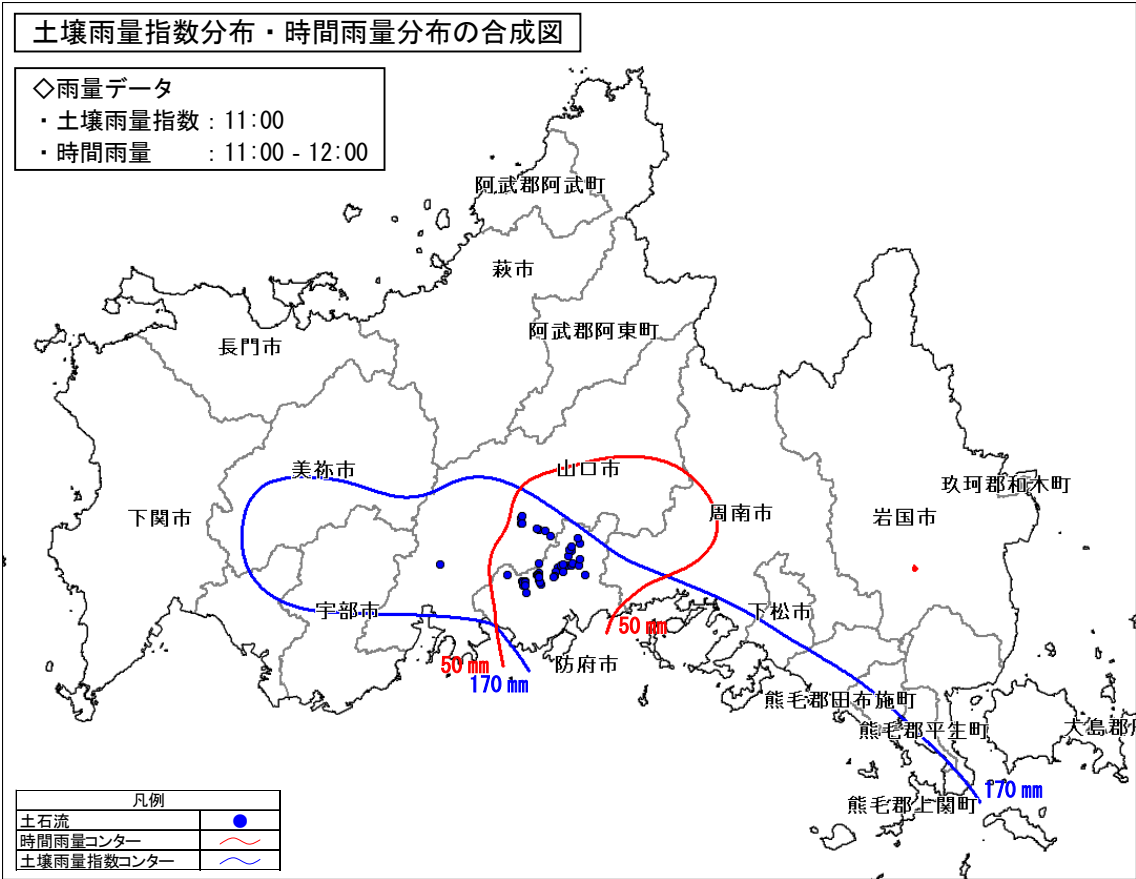


図-1.20(1) 土壌雨量指数分布・時間雨量分布・植生分布域の合成図

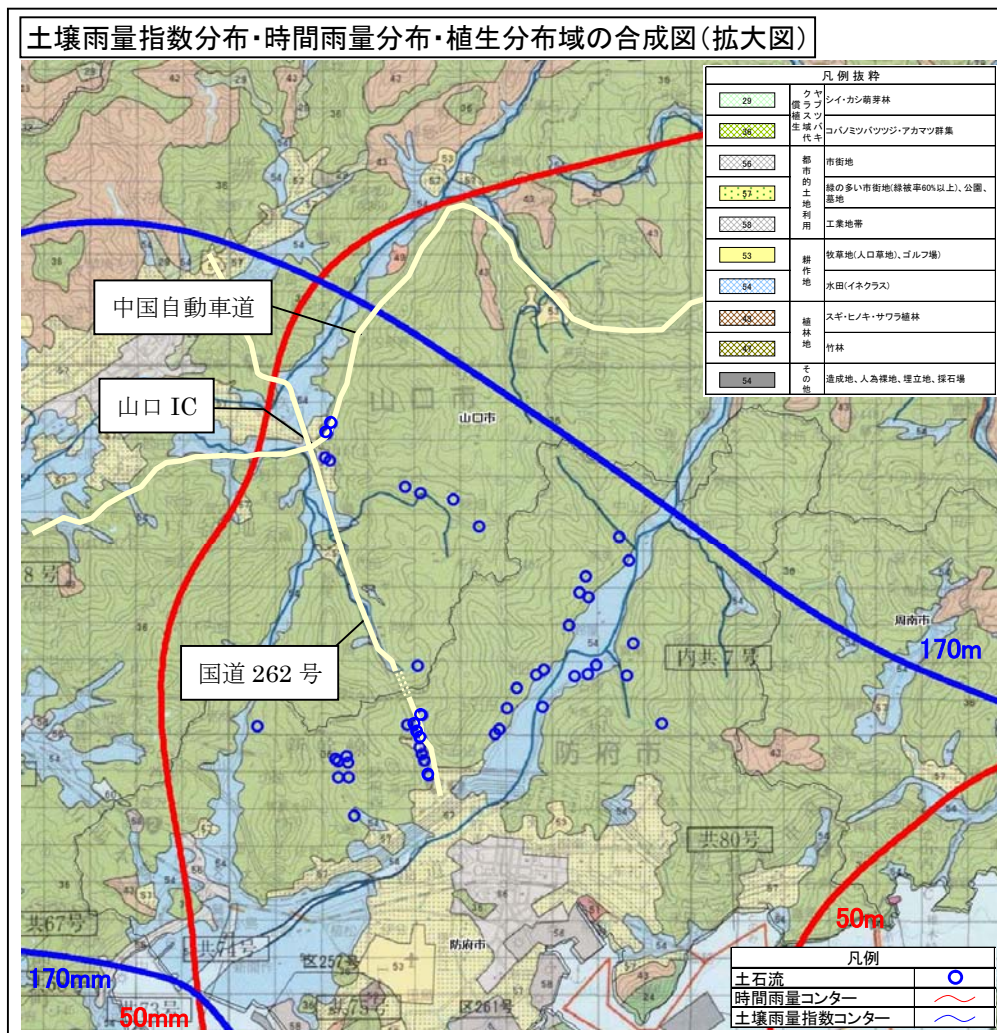
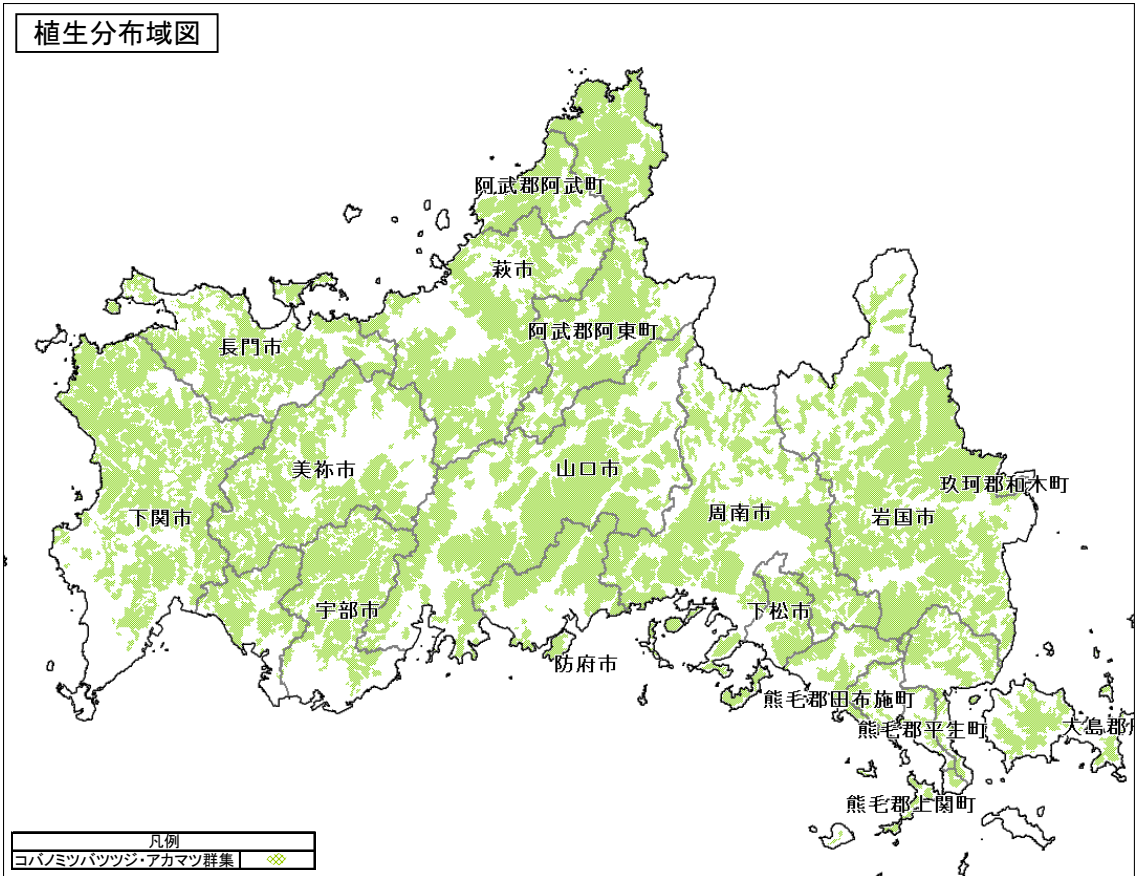


図-1.20(2) 土壌雨量指数分布・時間雨量分布・植生分布域の合成図

1. 5 社会環境

近年の防府市及び山口市の年齢別人口の推移は、図-1.21 及び 22 のとおりであり、各市のそれぞれの人口全体は、ほぼ横ばいあるいはわずかに増加しているのに対し、65歳以上の高齢者人口は着実に増加しており、災害時要援護者となる高齢者人口の比率が急速に増加している。

今回の土石流災害でも、死者14名のうち、13名が65歳以上であった。

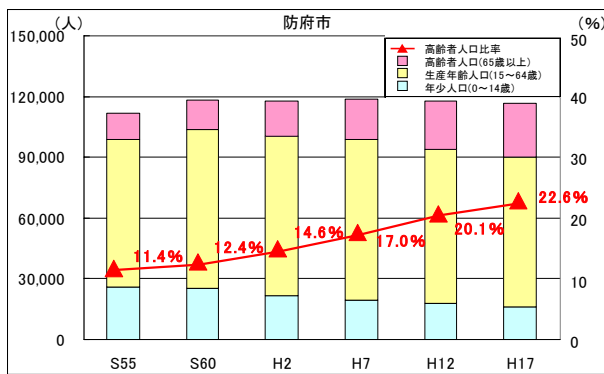


図-1.21 総人口及び高齢者人口比率【防府市】(国勢調査結果)

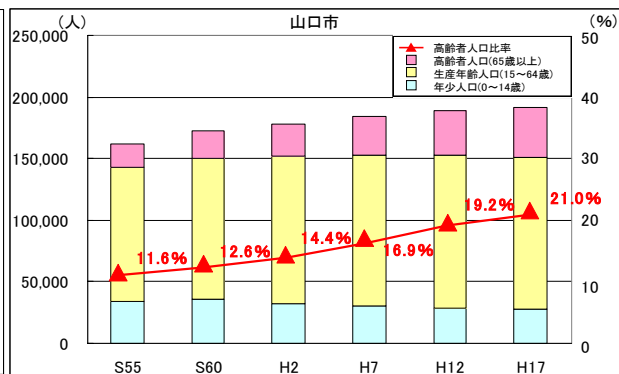


図-1.22 総人口及び高齢者人口比率【山口市】(国勢調査結果)

次に、世帯数の動向については、図-1.23 のとおり、両市ともに世帯数が増加しており、核家族化が進み、新たな住宅が必要となっていると考えられる。

一方、土地利用状況については、図-1.24 及び 25 に示すとおり、農地が減少し、宅地が増加している傾向があり、世帯数の増加傾向と整合している。今回の土石流災害が発生した周辺では、図-1.26 のように、溪流周辺の農地が宅地化された事例も見られる。

これら高齢化や溪流周辺の宅地化の進展は、ひとたび土石流災害が発生した際には、その被害を増大し、深刻化させる要因となる。

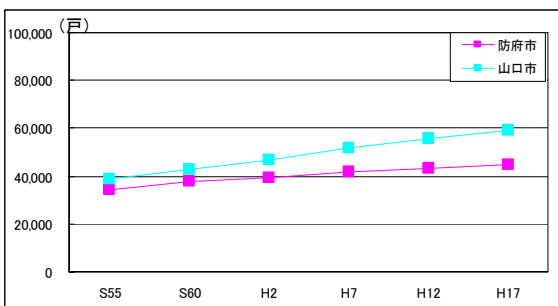


図-1.23 世帯数の推移 (国勢調査結果)

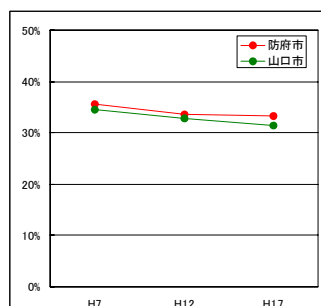


図-1.24 総面積に対する農地の比率 (山口県統計分析課HPより)

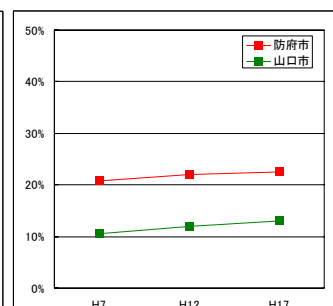
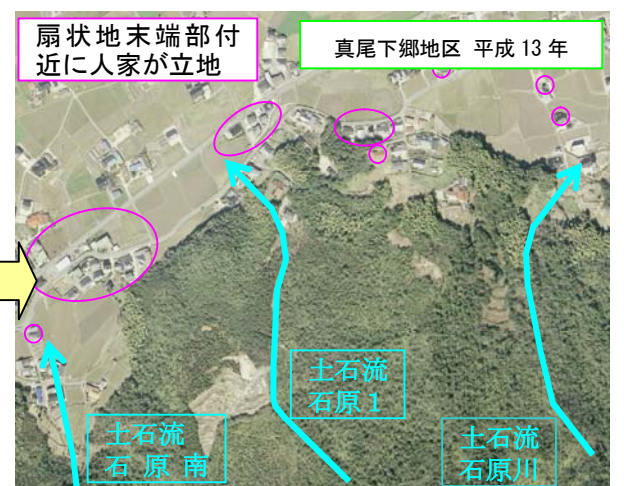
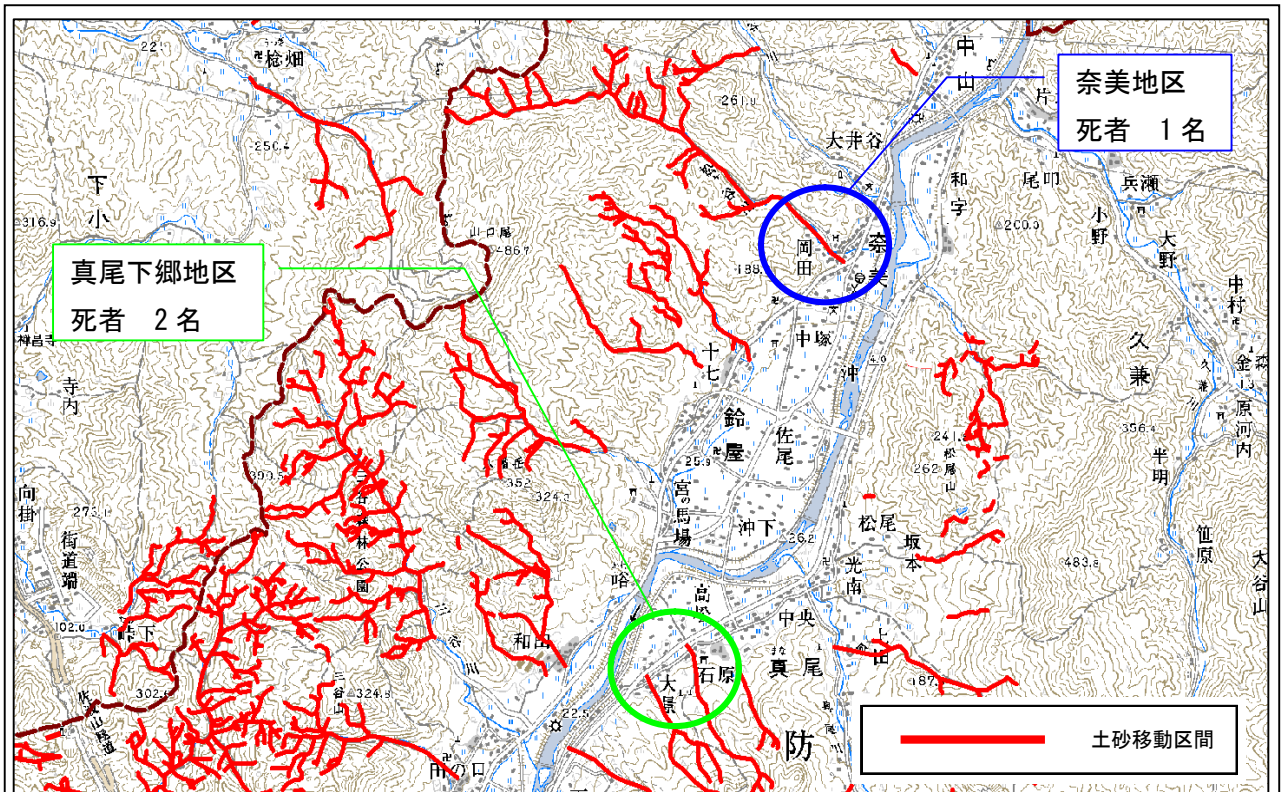


図-1.25 総面積に対する宅地の比率 (山口県統計分析課HPより)



昭和49年撮影 空中写真
 (国土交通省国土計画局参事官室GISHP
 国土情報ウェブマッピングシステムより)

平成13年撮影 オルソフォト
 (山口県砂防課)

図-1.26 土地利用の推移事例図

1. 6 発生原因のまとめ

1. 1～1. 5の土石流災害の発生原因の分析を取りまとめると、以下のように推察される。

平成21年7月21日の豪雨は、60分間雨量及び日雨量が観測史上最大の豪雨であるとともに、降り方も6時間に集中した連続降雨の最後に激しい降雨ピークを持つもので、雨量及び降り方ともに過去に例のない特異なものであった。この豪雨が、風化した花崗岩類が分布した地域を直撃したため、最悪の条件が重なり、土石流災害が発生したものである。

なお、近年の高齢化や溪流付近の宅地化は、土石流災害の被害をさらに増大させた。