

平成21年7月21日豪雨による 山口県の山地災害について

SEDIMENT DISASTER IN MOUNTAIN SIDE CAUSED BY HEAVY RAINFALL ON
JULY 21, 2009, IN YAMAGUCHI PREFECTURE

小川 滋¹・海堀 正博²・大丸 裕武³・清水 則一⁴・松尾 弘治⁵
Shigeru OGAWA, Masahiro KAIBORI, Hiromu DAIMARU, Norikazu SHIMIZU
and Kouji MATSUO

¹福岡工業大学社会環境学部 (〒811-2995 福岡市東区和白東3丁目30-1)

E-mail: ogawa@fit.ac.jp

²広島大学大学院総合科学研究科環境科学部門 (〒739-8521 東広島市鏡山1-7-1)

E-mail: kaibori@hiroshima-u.ac.jp

³森林総合研究所水土保全研究領域山地災害研究室 (〒305-8687 茨城県つくば市松の里1)

電話 029-873-3211 FAX 029-874-3720

E-mail: daimaru@affrc.go.jp

⁴山口大学大学院理工学研究科 (〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1)

E-mail: nshimizu@yamaguchi-u.ac.jp

⁵山口県農林水産部 審議官 (〒753-8501 山口市滝町1-1)

E-mail: matsuo.kouji@pref.yamaguchi.lg.jp

Key Words: *sediment disaster, heavy rainfall, slope failure, Yamaguchi prefecture, July-2009*

1. はじめに

平成21年7月21日の豪雨により防府市や山口市など山口県中央地域を中心に、県下全域で大小二百箇所を超える山地の崩壊が発生した。崩壊した山地の中には大規模な土石流を生じるなど大きな被害も発生したが、大規模な崩落地における再発の防止など、今後の山地災害を最小限に抑えるために、豪雨災害に係る山地部分の被災に関して、原因の究明、再発可能性の確認を行うとともに、復旧対策や未然防止策等について検討するため、学識経験者による検討委員会が設置され調査が行われた。

本委員会の検討事項は、①山地災害の全容について精査すること、②想定される原因について精査すること、③大規模な崩落地などの周辺地域での再発可能性について確認すること、④対策案について検討すること、⑤防災の視

点からの森林整備のあり方について検討することである。

本研究は、この検討委員会の調査をもとに、山地災害の実態とその発生要因並びに対策等についてとりまとめたものである。

2. 山地災害の概要

7月21日は、明け方から激しい雨が降り始め、午前8時までの1時間には山口で74.5mmの猛烈な雨となり、8時30分には、山口市阿知須付近で1時間に約100mmの記録的短時間大雨も発生した。

その後、昼頃にかけて山口県の広い範囲で1時間50mm以上の非常に激しい雨が降り、特に山口市では明け方から昼過ぎにかけて270mmに達するなど県央部を中心に記録的な豪雨となった。

表-1 山口県平成21年7月豪雨被害

| 区分 | 人的被害(単位;人) | | | 住宅被害(単位;棟) | | | | |
|----------------|------------|-------|----|------------|----|------|------|-------|
| | 死者 | 行方不明者 | 重傷 | 全壊 | 半壊 | 一部破損 | 床上浸水 | 床下浸水 |
| 合計 (17市町) | 17 | 0 | 12 | 33 | 78 | 17 | 708 | 3,862 |
| うち防府市 及び山口市 | 14 | 0 | 12 | 32 | 70 | 2 | 523 | 2,573 |

表-2 山口県山地災害

| 区分 | 県全体 | 防府市 | 山口市 | 宇部市 | 萩市 | その他 (9市2町) |
|------------|-----|-----|-----|-----|----|---------------|
| 山地災害箇所数 | 234 | 32 | 22 | 14 | 11 | 155 |
| うち大規模被害箇所数 | 20 | 12 | 5 | 2 | 1 | 0 |

この豪雨により、県下各地で山地災害や土砂災害、浸水被害が発生し、家屋の損壊や浸水、道路の損傷など、これまで経験したことのないような大きな災害となった。山口県下では、死者17名、うち防府市、山口市で14名という災害となったが、県全体の人的・住宅被害は、防災危機管理課資料によると、表-1のとおりである。

これらの災害の中で、山地災害は、山地被害箇所数が234箇所、被害総額は30億円を超えている。これらのなかでも、山地に係る被害の最も大きかったのは防府市と山口市にまたがる区域で、この区域は、大規模な山岳地形は見られず、平坦な市街地の周辺を巻くように数多くの山地斜面と小流域が複雑に散在し、市街化や開発利用が林地に近接して進んでいる。このため、特定の流域に限らない多くの小流域が被災し、全体として一連の大きな災害区域となっている。また、表-2に示すように県下の山地に係る大規模被害箇所の約9割がこの区域に集中している。

表-2で、大規模被害箇所は、災害関連緊急治山事業実施予定箇所を大規模被害箇所と位置付けており、箇所数は、下流域に土砂等が流出した地区を1単位としている。

3. 防府・山口地区の山地災害の発生状況

(1) 山地災害の発生状況

山地災害の約9割が集中した防府市と山口市(以下「防府・山口地区」とする)は、約10km四方で主に発生している。

この防府・山口地区の山地災害に係る被災現況について、航空写真などによる予備調査や規模の大きな崩壊地、不安定な溪流などを対象とした現地調査(防府市と山口市の山

地災害54箇所のうち、当区域内にある44箇所)を実施した。この調査結果は表-3のとおりで、確認された崩壊地は711個、荒廃溪流区間は109個で、被災地面積84.1ha、被災率(荒廃率)0.63%となっている。

なお、被災率は、(被災現況面積/森林面積)×100としている。また、同じような地形地質である広島県で発生した平成11年6月29日の32人の人命が失われた豪雨災害における同様の被災率は、0.8%で、これに匹敵するものとなっている。

次に、44箇所を確認した434の山腹被災地と95の溪流被災区間のうち、山腹被災地の被災規模(平均長と平均幅)は表-4、崩壊深さ別の状況は図-1、傾斜別の状況は図-2のとおりである。これらの現地調査で、山腹被災地は、複数の崩壊発生源がある場合でも、関連する斜面として対策工を考えることを念頭に調査したため箇所数を「1」としている(写真-1の実線囲み参照)。

また、溪流被災地は、中上流域の被災区間(写真-1点線囲み)を「1」としてカウントしている。

表-3 写真半読を含めた防府・山口地区の山地被災現況

| | 森林面積 (単位:ha) | 山腹被災状況 | | | 溪流被災状況 | | | 被災現況計 | |
|----|-----------------|--------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 個数 | 面積 (単位:ha) | 被災率 (単位:%) | 個数 | 面積 (単位:ha) | 被災率 (単位:%) | 面積 (単位:ha) | 被災率 (単位:%) |
| 山口 | 6,100 | 321 | 22.6 | 0.37 | 43 | 12.0 | 0.20 | 34.6 | 0.57 |
| 防府 | 7,200 | 390 | 24.4 | 0.34 | 66 | 25.1 | 0.35 | 49.5 | 0.69 |
| 計 | 13,300 | 711 | 47.0 | 0.35 | 109 | 37.1 | 0.28 | 84.1 | 0.63 |

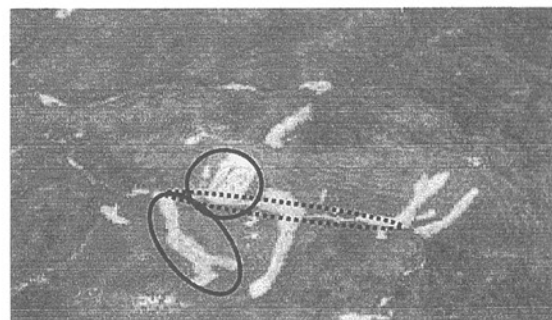


写真-1 現地調査の箇所数のカウント方法

表-4 山地被災の規模

| 平均長 平均幅 | 20m未 満 | 20m ~ 50m | 50m ~ 100m | 100m ~ 200m | 200m以 上 | 計 |
|------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------|------------|-----|
| 10m 未満 | 3 | 117 | 105 | 32 | 5 | 262 |
| 10m ~ 20m | 10 | 39 | 60 | 31 | 10 | 150 |
| 20m 以上 | 6 | 5 | 6 | 3 | 2 | 22 |
| 計 | 19 | 161 | 171 | 66 | 17 | 434 |

平均長の下限值は10m, 上限値は450m 平均幅の下限值は5m, 上限値は40m

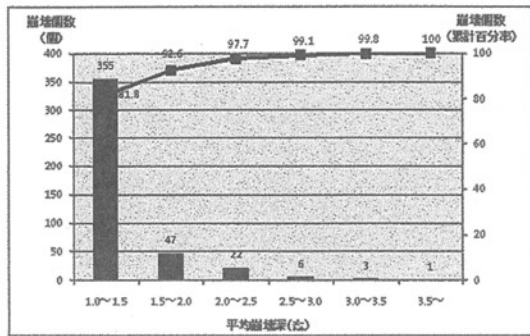


図-1 平均崩壊深と崩壊箇所数

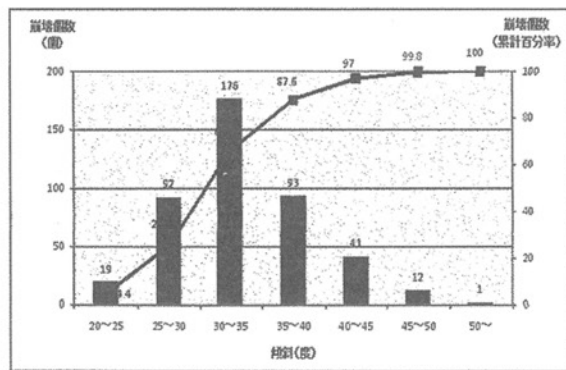


図-2 平均傾斜と崩壊箇所数

山腹被災地の規模は、いずれも平均値で、幅が10m、深さが1.1m、崩壊土砂が流下したと想定される斜面も合わせた長さは50mである。

また、山腹被災地の崩壊前の推定地盤傾斜は、平均値で32度となっており(図-2参照)、今回の山地災害の特徴

の一つとして、急傾斜の山腹中・上部で幅10m程度の比較的小さな崩壊が多発していることがわかる。

また、溪流被災地の傾斜は、平均で約12度となっており、土石流堆積あるいは土砂流流下と想定される傾斜¹⁾であり、ある程度の量の流出土砂が溪流被災地には残されており、現地調査によると、その平均深は3.0mとなってい

る。今回の山地災害の発生状況は、現地調査の結果などから以下のことが考えられる。

- ①比較的規模の小さな山腹崩壊が多数発生している。
- ②多くの小溪流(谷地形部)が山腹崩壊や土石流により被災している。
- ③崩壊土砂や元々の堆積土砂が大量の降雨により下流域まで流出し、下流域で大きな被害が発生している。
- ④山腹被災地や溪流被災地には、不安定な土砂が残存している。

(2) 山地災害の被災の形態

今回の山地災害の特徴等を地形や地質特性を踏まえその成因や形態から、山腹被災地については、図-3に示すように板状型崩壊、貝殻型崩壊、ガリー侵食型崩壊の3つのタイプに、また、溪流被災区間については、侵食部、堆積部、混在部の3つのタイプに類型化した。その出現状況は、表-5のとおりである。

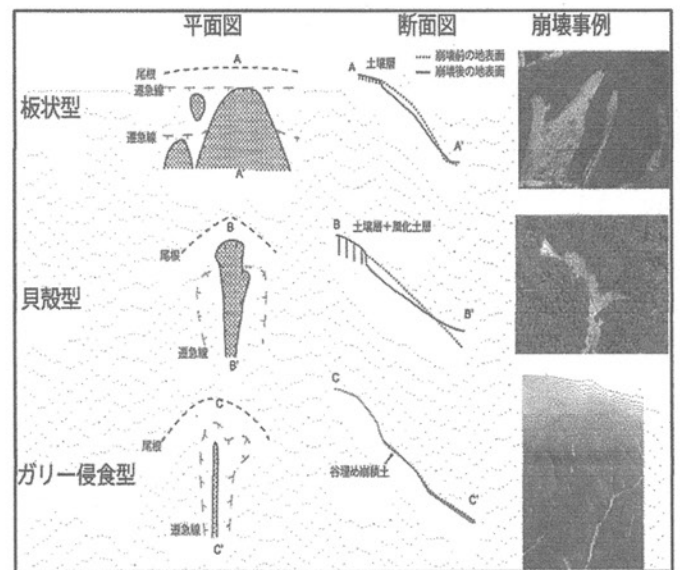


図-3 山林被災地類型化

表-5 被災形態類型化別出現割合(割合単位)

| 山腹崩壊 | 区分 | 板状型 | 貝殻型 | ガリー侵食型 | 計 |
|-------|------|------|------|--------|-----|
| | 崩壊数 | | 365 | 38 | 31 |
| 出現割合 | | 84.1 | 8.8 | 7.1 | 100 |
| 溪流被災地 | 区分 | 侵食部 | 堆積部 | 混在部 | 計 |
| | 被災数 | 56 | 22 | 17 | 95 |
| | 出現割合 | 58.9 | 23.2 | 17.9 | 100 |

4. 崩壊発生要因の検討

山地災害の発生要因について、自然特性として地形、地質、植生を取り上げ、その特性を検討するとともに、直接的な引き金となった降雨特性について考察した。

(1) 自然特性

a) 地形

防府・山口地区の地形の特徴は、防府市の大谷山（標高559m）や矢筈ヶ岳（461m）右田ヶ岳（426m）の山頂付近で傾斜が36度を超え、非常に険しくなっている。また、山麓に向かっては、小規模で傾斜のやや急な扇状地が広がっており、このような地形は、瀬戸内平野部の花崗岩地帯によく見られる地形と言える。市街地近郊では、斜面の各所に露岩が点在し、表層土壌が薄い地区も多く見られるが、凹地形部や谷あいなどでは、部分的にマサ土層の厚い堆積地形もある。

b) 地質

防府・山口地区の地質は大部分が花崗岩類で、東西の端部には変成岩や火山岩などの分布もあるが、今回の山地災害は花崗岩地域で発生している。花崗岩の風化過程の特徴として、花崗岩の鉱物組成や組織構造を保ったまま、岩体から砂（マサ）の状態まで風化が進むということがあり、この特徴によって、花崗岩地域では基岩の上にマサ化した部分やマサ土が堆積している場合がある。特に谷部においては、周辺部からの流れ込むマサ土も含め、厚く堆積しやすい傾向にある。この地質的特徴が、崩壊や土石流になりやすい物質形成の観点から、山腹崩壊発生の大きな素因と考えられる。今回のような豪雨であれば、大量の水分を含んで飽和状態になっていたことが想定され、容易に流動化したのではないかと考えられる。なお、現地調査では、場所によっては花崗岩以外にも変成岩の礫が確認されているが、分布範囲は少なく、土砂流出物の大部分は花崗岩質のマサ土である。

c) 植生

旧山口市の人工林率は34%、防府市の人工林率は30%となっており、いずれも県平均の44%を下回り人工林約13,300haに限って見ると、マツや広葉樹などの林が82.7%の11,000ha、スギ・ヒノキは10.5%の1,400haとなっており、両市全体の状況と同じく、マツや広葉樹の林が多い状況にある。こうした中、崩壊地周辺の植生状況を現地で確認し、その発生割合を個数で比較すると、マツや広葉樹などが94%、スギ・ヒノキが4%、未立木地が2%となっている。マツや広葉樹の林の中では、広葉樹が全体の約54%を

占めており、マツと広葉樹の混交林が約21%、シダの繁茂したマツ林や広葉樹林が約19%となっている。シダの繁茂した広葉樹林やスギ・ヒノキの幼齢林において崩壊が発生している箇所が見られるものの、生育した広葉樹林などにおいても多くの崩壊が見られており、植生の相違による崩壊の差異は認められていない。

また、この地区は、大正・昭和初期にいたるまでハゲ山で、頻繁な土石の流出を繰り返していたと推察でき²⁾、被災後の溪流には巨石、転石が多くみられている。

(2) 降雨特性

図-4に示すように、7月21日は、日降水量が防府は275.0mmで1976年からの観測史上1位となったほか山口の277.0mmでも観測史上2番目の雨量となっている。しかも、これらの豪雨のほとんどが午前6時頃から午後1時頃までの短時間に集中している（図-5、図-6参照）。また日最大1時間降水量を見ても、防府(72.5mm:08時18分~09時18分)で観測史上1位を、山口(77.0mm:07時04分~08時04分)も観測史上2位を記録し、山口は7月の日最大1時間降水量が1位となるなど記録的な豪雨である。日最大確率雨量表（トーマス・プロット法）によると、この防府の日降水量275mmは確率雨量200年以上、山口の277mmも約70年の確率日雨量であった。

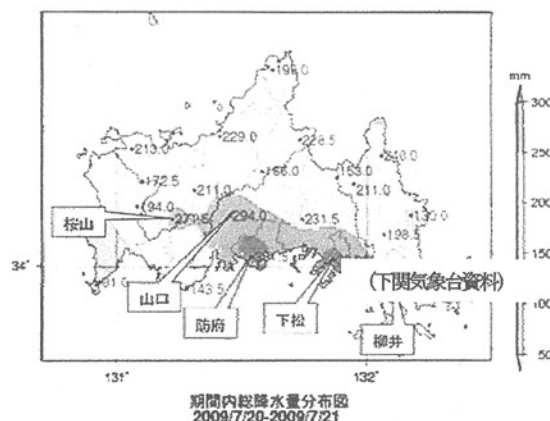


図-4 7月20日—7月21日山口県降水量分布

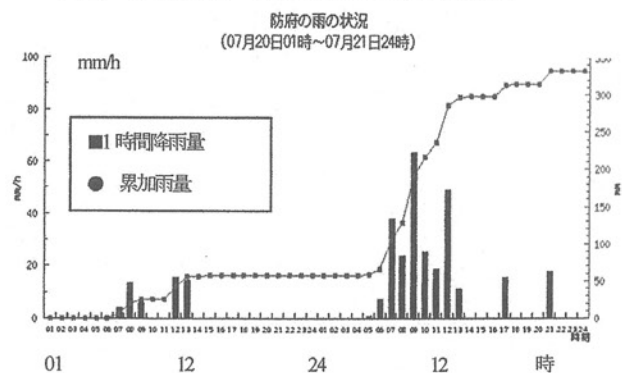


図-5 防府降雨状況（下関地方気象台資料）

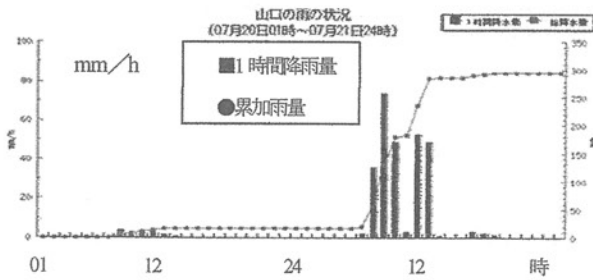


図-6 山口降雨状況 (下関地方気象台資料)

(3) 豪雨と地質の関係

今回、防府・山口地区において多数の山地被害が発生した原因は、地区全体を見ると豪雨と地質の関係が一番強いと考えられる。このことは、総じて風化が他の岩石より速く進み易く浸食も進み易い花崗岩の特性が、長い年月を経る過程において、崩壊しやすい巨石の露頭と地表面近くまで岩盤面を張り出す状況。また、斜面部一体では植生の大きく育ちにくい土層の薄い構造や谷地形部ではマサ土の厚い堆積層を作り出し、そこに、6時間程度の短時間に大量の降雨があったためと想定される。

しかし、今回、防府・山口地区と同様な降雨があった美祢市(桜山:21日の日雨量250mm)や下松市(下松:21日の日雨量264mm)、柳井市(柳井:21日の日雨量272mm)においては、山地に係る被害は散発的にはあるものの防府・山口地区のように多数の流動的な土砂移動現象が集中的に発生するというような大きな被害は報告されておらず、総降水量の分布だけでは今回のような土砂移動現象の局地的な集中発生・非発生の状況を説明できない。

(図-4 参照)

このため、防府・山口地区で特に被害が大きくなったことについては、記録的となった日雨量や時間雨量だけではなく、雨の降り方にも影響されたことが考えられる。

(4) 豪雨特性と崩壊多発

雨の降り方を検証するために、山口県内の176箇所の雨量観測点データをもとに、ある時点の実効雨量(半減期を72時間としたもの)、および、その後の1時間雨量の分布を重ね合わせたものを図-7に示す(海堀 原図作成)。

図-7は、午前8時に1時間雨量が60~80mm超という非常に激しい雨が美祢市周辺、山口市周辺、下松市から柳井市周辺にかけての地域で降っており、防府市周辺地域でも1時間雨量40mm超の激しい降雨があったことがわかる。しかし、まだ、この段階でも、実効雨量値が100mm以下で、これらの激しい雨も崩壊の多発という状況にはつながらなかったと考えられる。

午前12時前後に多くの崩壊発生による土砂移動現象が

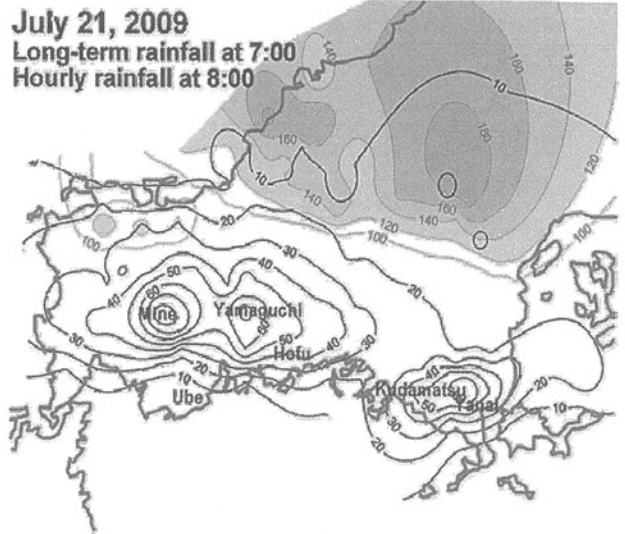


図-7 7月21日午前7時の実効雨量(グレイ)と午前8時の1時間雨量(実線)の分布

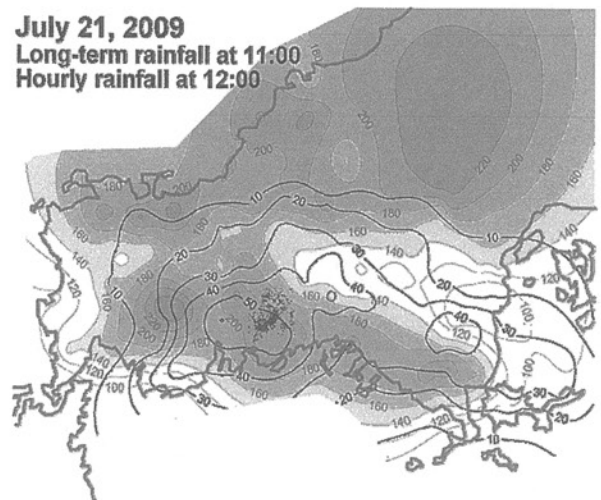


図-8 7月21日午前11時の実効雨量(グレイ)と午前12時の1時間雨量(実線)の分布

起こったといわれており、空中写真から読みとった土砂移動の開始点を図-8に点をプロットしている。図-8では、午前12時前後に多くの土砂移動現象の集中発生が見られた防府市から山口市の地域では、この時間帯の1時間雨量値が、45mm前後以上の2回目の強雨のピークに当たる激しい雨の降っている地域であること、さらに、それ以前の段階での実効雨量値が約180mm以上の地域であることがわかる。

防府市と山口市周辺地域以外の地域では1時間降雨は少なく土砂災害の集中発生にならなかったと考えられ、そ

他の地域についてはこの時間帯の後も1時間雨量で45mm前後以上の強雨がなかったので大被害にならなかったと考えられる。

なお、防府・山口地区の地形については、小起伏山地(起伏量が200mから400m)から直ぐに低地(扇状地などの平野や低地)となっているのに対し、美祢市周辺は丘陵地(起伏量が200m以下)を介して低地へと繋がる地形となっている。すなわち、防府・山口地区に比べて美祢市周辺では斜面の規模やその背後の集水域等が大きくなり、これらが災害につながるような土砂移動現象を引き起こす要因の違いとなった可能性が考えられ、この地形的な違いも、降雨量や降雨強度、あるいは雨の降り方と併せて関係していることが想定される。

5. 山地災害対策

(1) 山地災害対策を必要とする箇所

対策を考えるに当たっては、被災地の拡大や自然復旧の見込み、被災地から生産される土砂の下流への影響の度合い等を勘案し、その対象地が選定された。

具体的には、被災地の拡大又は土砂、流木等の流出により、現に下流に被害を与え、又は被害を与えるおそれがある、森林を保全することあるいは森林に回復させることにより集落や主要公共施設、農地などの保護を目的とする箇所が対象となる。このため、主に溪流の中～上流域の発生源あるいは発生源近くで治山事業による対策を実施することとなった。

(2) 対策の優先順位

山地災害対策は、基本的には防府・山口地区の災害発生44箇所すべてにおいて、なんらかの対策が必要と考えられるが、見込まれる被災地の拡大の程度や被害内容などがそれぞれの箇所によって異なるため、緊急に対策を必要とする箇所からその優先度により対策を実施することが効果的である。このため、まず、危険度については、44箇所に発生している434の山腹崩壊と95の被災溪流区間について、不安定土層の厚さや浸食の度合いなどを調査し、判定基準を作成して危険度のランク付けを行った。具体的には、山腹被災地で以下の項目にすべて該当するものをAランクとしている。「①不安定土層厚が1.5m以上、②浸食された深い溝や周辺部にハングした不安定崖部が残る、③直下の保全対象に影響が出ている」

また、溪流被災区間では「保全対象に影響が出ている」を必須として、以下の項目のうち3項目該当をAランクとしている。「①流水が土石で閉塞されている、②溪岸に1m以上の土砂裸地急崖、③不安定土石の堆積が2m以上か

つ新鮮な地盤の攪乱が認められる、④溪岸上部が浸食を受け、50cm以上のハング又は類似の現象、⑤流路に顕著な乱流がある、⑥明確な理由のない濁水の発生」

この山腹被災地や溪流被災区間でAランクを一つでも含む被災箇所は、危険度が高いと判定している。また、対策の優先度については、人的被害や公共施設等への影響について優先判定基準を作成して、そのランク付けを行った。

こうした危険度のランク付けや優先度の判断基準を山地災害箇所にて当てはめ、「山地被災現況による危険度が高く、人的被害や公共施設等への直接被害があったため、今年度緊急に山地災害対策に着手することが適当である」とする優先度Ⅰが17箇所(18事業地)、来年度以降早急に着手することが適当である優先度Ⅱが、14箇所(17事業地)とした。また、今後、引き続き災害発生箇所の点検を行い、必要に応じて対策を検討する優先度Ⅲは、13箇所(13事業地)となった。なお、今年度緊急に対策に着手することが適当な箇所のうち6箇所については、応急対策として、土石流等を感知し下流域住民に知らせるための警報装置が設置されている。

6. おわりに

平成21年7月21日の山口県の豪雨による山地災害について、その概要と発生要因の検討、さらに対策の検討を行った。主要な要因としては、素因としての花崗岩の地質と誘因としての7～8時間の2山の豪雨特性が挙げられる。しかし、この豪雨特性は、かなり限定的な範囲で大きな差異があり、実効降雨と1時間の降雨強度との関係でその差異を示すことができた。このように、豪雨災害は、かなり局所的な地区に限定される可能性があり、降雨観測、予測、警戒避難などについてはこれに対応する研究が今後必要とされる。

また、山口県においては、今回の山地災害の復旧対策について、危険度のランク付けをもとに優先度を判定し、被災の類型化に基づいて、計画を立て復旧工事を行うとともに、地域住民による森林づくりを推進することによって、森林とのかかわりを深め、防災意識を向上させることも提唱している。

参考文献

- 1) 例えば、林野庁監修：治山技術基準解説、日本治山治水協会、1983。
- 2) 国土緑化推進機構：全国植樹祭60周年記念写真集、2009。

(2010.5.14 受付)