

2004年台風10号に伴う豪雨で発生した 木沢村の斜面災害と地すべり地形

地質班（地学団体研究会）

西山 賢一^{*1} 寺戸 恒夫^{*2} 石田 啓祐^{*1} 村田 明広^{*1} 岡田 憲治^{*3}

1. はじめに

木沢村は急峻な山地からなり、しかも四国南東部は全国的にも屈指の多雨地域であるため、梅雨や台風時に豪雨となりやすく、これまでもたびたび斜面崩壊や地すべりといった斜面災害を受けてきた地域である。近年では、1976年9月の台風に伴う豪雨により木沢村西部の山間部で斜面災害が多発したほか、特に2004年には、台風10号の通過に伴う記録的豪雨により村内各地で複数の斜面崩壊が発生し、家屋・道路・山林などに大きな被害をもたらした。

今回筆者等は、木沢村で2004年に発生した斜面災害の地質学的・地形学的特徴に関する検討を行うとともに、村内各地に分布する地すべり地形の空中写真判読を行ったので、以下に報告する。なお、斜面崩壊地の地質・地形調査は西山・石田・村田が、地すべり地形の判読は寺戸・西山が、雨量記録と警戒避難態勢については岡田・西山が担当し、全体を西山が総括した。

2. 2004年豪雨の概要

2004年は、日本新記録にあたる10個もの台風が日本に上陸し、各地で斜面災害・洪水災害・風災害・高潮災害など多様な災害を引き起こした。このうち、7月31日に高知県に上陸して四国・中国地方を通過した台風10号の場合、日本海で熱帯低気圧に衰えたあとも台風に向かって南からの湿舌が四国南東部に流入したため豪雨が継続し、日雨量1,000mm、4日間の総雨量2,000mmを越える記録的豪雨をもたらした。

この豪雨は、主に四国電力や国土交通省の雨量計観測網によって判明した。那賀川上流域では、長軸15km、短軸5km程度の楕円形の範囲に特に記録的豪雨が降っており、大規模な斜面崩壊も同じ地域で複数発生した。

四国電力(株)と国土交通省の雨量観測所のデータによれば、8月1日の日降水量は、上那賀町海川で1,317mm、上那賀町小見野々で1,195mm、木沢村沢谷で1,006mmを記録した。海川の日雨量値は、それまでの日本記録1,114mm（木頭村日早、1976年9月11日の台風17号）を200mm以上も更新した。時間雨量70~80mmあるいはそれ以上の豪雨が8月1日の夕方から夜にかけて5時間ほど継続しており、雨量分布から見て、この頃が強雨のピークと推定される。斜面崩壊の発生時刻の多くも、強雨のピークとその直後（8月1日夜~深夜）と推定される。7月30日~8月2日までの総雨量は、海川で2,050mm、小見野々で1,734mm、木沢村沢谷で1,583mmである。海川地点での雨量記録によれば、台風通過に伴う雨量は400mm程度であり、台風通過後の湿舌による雨量が1,600mm程度と、圧倒的に後者が多い。

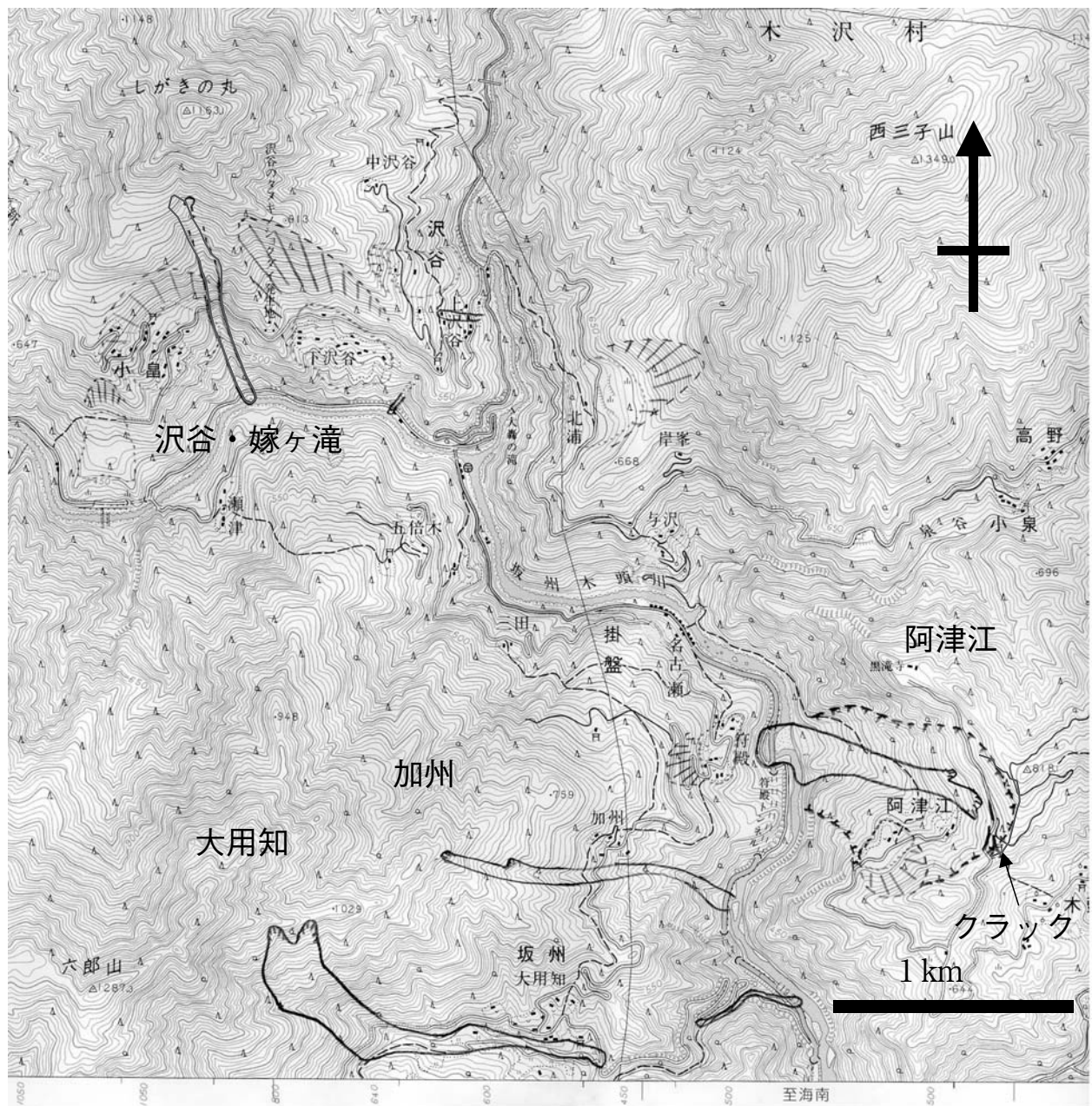
3. 木沢村の地形概要

木沢村は四国山地の南東部にあたり、剣山(1,955m)の南東側に位置する。標高230~1,955mの山地からなっており、全般に急峻な地形を呈している（図1）。稜線と谷底の比高は、数百m~1,000mにも達し、山腹斜面の傾斜も30~40°と急傾斜である。しかし、谷壁の一部を除くと裸地の断崖

*1 徳島大学総合科学部

*2 徳島市大谷町紅葉山54-5

*3 気象庁予報部



凡例
今回の崩壊
崩壊源



移動・堆積域



地すべり地形



古い崩壊跡

図1 木沢村で発生した斜面崩壊の分布

絶壁は少ない。村域を流れる那賀川支流の坂州木頭川は、全般に山地域を流れる急流河川であり、河谷に沿った平地はきわめてわずかである。明瞭な段丘地形も認められない。坂州木頭川の本流には、滝などの傾斜変換点はほとんど存在しないが、坂州木頭川の支流にはしばしば分布する。横谷を流れる新居田川の「新居田の滝」、沢谷を流れる沢谷川の「大轟の滝」、出羽を流れる大美谷川の「千本滝」などがその例である。

山地の地形は一般に急峻であり、緩斜面は少ない。尾根部にわずかに見られる緩斜面として、剣山山頂(標高1,955m)や、村域南東端の鉢久保(標高600m付近)、北端の雲早山の北東の尾根(標高1,450m付近)が挙げられる。山腹斜面にしばしば認められる緩斜面は、後述するように地すべり地形であることが多い。村内の集落の多くは、地すべり土塊の緩斜面上に立地しており、地すべり地形は急峻な山岳地域の中で生活の場を提供する面も持っている。

4. 斜面崩壊発生地周辺の地形・地質的特徴

木沢村を構成する地質は、ジュラ紀付加体の堆積岩類を主体とする秩父累帯に属する。今回の斜面崩壊のうち、木沢村の大用知・加州・阿津江・嫁ヶ滝の斜面崩壊は、黒瀬川帯のペルム紀付加体分布域で発生しており、海底火山噴出物からなる緑色岩、石灰岩、チャート、砂泥質千枚岩、ならびに蛇紋岩とジュラ紀の砂岩泥岩互層などが関与している。

以下に、代表的な斜面崩壊発生地地点の概要を述べ、一般的な特徴についてまとめる。斜面崩壊の分布図を図1に示す。

1) 木沢村大用知

もっとも大規模な崩壊で、土砂の流下距離2km、比高500m、崩壊幅300m程度である。崩壊深さは崩壊面積に比べて薄く、5m程度ないしそれ以下と推定される。堆積土砂の末端から崩壊源頂部を見たときの見通し角度(「みかけの摩擦角」)は、図上計測では14.0°である。この角度が小さいほど、より遠くまで土砂が流下したことを表す。地質はほぼ緑色岩からなり、ごくわずかに赤色チャートを挟在する。緑色岩は自破碎した枕状溶岩ないし塊状溶岩であり、崩壊地の東側の緑色岩には径数mm程度の斜長石

の大型の斑晶が多く含まれる。崩壊地には滑落崖が2ヶ所認められ、東側の滑落崖は高角の節理に沿ったくさび状崩壊、西側の滑落崖は枕状溶岩の角礫化した風化部が剥落したものと推定される。崩壊斜面の中腹部には緩斜面が認められ、今回の崩壊堆積物や倒木の一部がその緩斜面に残存している。崩壊土砂の大半は緩斜面を通過して流下しており、一部は緩斜面の下方の尾根を乗り越えて広がった。

崩壊土砂の堆積域には、今回の崩壊堆積物の下位に、マトリックスが褐色化した古い崩壊堆積物が1～2層認められる。この堆積物中にはチャートや石灰岩の巨大な岩塊(径3～5m)が含まれており、その起源は今回の崩壊から沢を渡った南の尾根に分布する石灰岩・チャートからなる稜線と推定される。従って、この地域では、今回の崩壊発生以前に複数の斜面崩壊が発生していたものと推定される。崩壊の発生日代は不明であるが、崩壊堆積物のマトリックスが風化により褐色化しているため、かなり古い(数万年オーダー前)可能性がある。これらの石灰岩・チャートの岩塊の一部は、今回の崩壊土砂に巻き込まれて下流へ流下・堆積したほか、一部は対岸の斜面をはい登り、家屋・道路・畑を破壊した。ここでは2名の方が犠牲となった。

2) 木沢村加州

土砂の流下距離は1.5km、比高500m、崩壊幅50m程度である。崩壊深さは5m程度と推定される。図上計測による見かけの摩擦角は18.3°である。崩壊源付近は岩盤クリープと風化により脆弱化した砂泥質(一部凝灰質)の千枚岩が分布しており、中部以下は緑色岩からなる。岩盤クリープを生じているのは、崩壊地内で観察できる範囲で深さ約5mに達しており、さらに深い部分までクリープしている可能性がある。さらに、クリープした岩盤の最上部1～2mは、風化も伴って角礫状を呈しており、脆弱化が著しい。崩壊土砂は、中腹の村道と山麓の国道を破壊して坂州木頭川まで流下した。崩壊土砂は対岸にはい登っていないため、この崩壊による坂州木頭川のダムアップは生じていないと考えられる。

3) 木沢村阿津江

崩壊発生地地点の周囲は、旧崩壊跡の地形を呈している。今回はその旧崩壊地形の中心付近で崩壊が発

生じた。土砂の流下距離は1 km、比高350m、幅60m程度である。崩壊深さは5 m程度である。土砂は坂州木頭川を一時的にダムアップし、対岸の国道橋と符殿トンネル坑口を破壊して斜面を20mほどはい登った。形成された天然ダムは、水位観測データなどから、数十分後に自然に決壊したと推定されている（掛川ほか、2004）。図上計測による見かけの摩擦角は 19.3° であるが、崩壊土砂の一部が対岸をはい登ったため、正確な値が計算できない。地質は緑色岩からなり、坂州木頭川に近い斜面では石灰岩を挟在し、南傾斜の層理面を切る明瞭な不連続面（断層鏡肌）が認められる。滑落崖の断面（約5 m）は緑色岩起源の角礫層からなることから、滑落崖付近の斜面は厚い崩壊堆積物が分布すると推定される。滑落崖の断面を構成する角礫層には、複数のパイピングホールが認められた。滑落崖上方の斜面～稜線には延長300m以上の地すべりクラック（最大落差2 m以上）が生じており、現在もボーリング孔や伸縮計を利用した地すべり移動観測が継続中である。なお、対岸にある符殿トンネル坑口上方の斜面の樹木には礫（最大45mm）が突き刺さっており、これをもとに移動土砂の速度が20～50m/sと推定されている（中屋ほか、2004）。

4) 斜面崩壊の特徴

以上のことから、木沢村で発生した斜面崩壊の全般的特徴についてまとめる。崩壊土砂の流下距離が数百m以上に達した斜面崩壊は10個以下であり、坂州木頭川周辺で発生している。全域の空中写真判読は終わっていないが、現地調査の限りでは、のり面崩壊を含む小規模な斜面崩壊を含めても、崩壊密度は1 km²あたり最大でも10個以下と推定され、記録的な雨量の割には斜面崩壊の発生数は少ない。また、崩壊のみかけの摩擦角を計測すると、大用知が最も小さく 14.0° 、加州が 18.3° 、対岸の阿津江が 19.3° と似た値となった。過去の豪雨災害による斜面崩壊の見かけの摩擦角はおよそ 20° 程度であることが多く（例えば、西山・千木良、2002；2003）、地質の種類によらないようである。今回の例もほぼその値の範囲に入っている。ただ、大用知のみは 15° 以下で、より遠方まで土砂が流下したことを反映している。崩壊土砂が長距離を流下するこの種の斜面崩壊は、

それだけ山麓の集落に被害をもたらす危険性が高いことから、その発生・運搬メカニズムや発生・流下場所について、今後詳細に検討していく必要がある。

地形的な特徴からみると、阿津江地区は旧崩壊地形を呈しており、今回はその旧崩壊地形のほぼ中央付近で斜面崩壊が発生した。しかし、それ以外の崩壊地（大用知、加州、嫁ヶ滝）は、地形的に明瞭な特徴が見いだしにくい山地斜面であり、地形判読によって危険斜面かどうかを事前に判断するのは困難といえる。また、村内には、後述のように地すべり地形が各地で認められる（例：沢谷、出羽、岩倉など）が、今回の豪雨によるそれらの地すべりの活動の活発化は生じていないようである。

5. 木沢村の地すべり地形

四国には、全国的にも特異なほど多数の地すべり地形が分布している（例えば、寺戸、1986など）。木沢村にも地すべり地形が分布しているが、その数は徳島県内では比較的少ない。

村内に分布する地すべり地形の抽出は、主に空中写真の実体視によって行い、一部を現地調査によって補った。使用した空中写真は、国土地理院の4万分の1空中写真（SI-68-5 Y、1968年撮影）のうちの木沢村内のものである。地すべり地形の表示は、地すべり地の背後に生じる「滑落崖」と、前面に生じる「移動土塊」とに区分して行った。滑落崖には、地形的に明瞭なものやや不明瞭なものがあるため、両者を区分した。滑落崖の明瞭さは、地すべりの発生年代の新旧をおおまかに示し、新しい地すべりほど地形的に明瞭と推定される。このほか、河谷にみられる明瞭な遷急線（滝など）の位置も図示した。

地すべり地形の判読結果を、図2に示す。地すべり地形の分布を見ると、比較的密に密集する領域と、地すべり地形がほとんど認められない領域とが識別できる。地すべり地形が密に分布するのは、村の西部・槍戸川上流域（岩倉～奥槍戸）、ならびに村の東部・坂州木頭川と支流の大美谷川流域（沢谷～阿津江～出羽）である。このほかの地域、たとえば雲早山～高城山～横谷～川成にかけての地域には、地すべり地形がほとんど認められない。以下、槍戸川

上流域と坂州木頭川・大美谷川流域について述べる。

檜戸川上流域は剣山の主稜線（1,500～1,900m）の南斜面にあたり、村内でも稜線との比高がもっとも大きい（1,000m程度）急斜面からなる。稜線上の緩斜面は、剣山山頂を除くとほとんど確認できない。檜戸川とその下流の坂州木頭川は、東西方向に伸びる剣山の稜線および平家平の稜線に挟まれ、東西にほぼ直線的な流路を持つことから、この地域の大局的な地質構造（東西走向）に調和的な縦谷と^{じゅうこく}考えられる。地すべり地形が密に分布するのは、笹原谷・勘場谷から下流の岩倉にかけての地域であり、特に右岸側斜面に多い。さらに下流の日浦～川成～横谷にかけての地域には、地すべり地形がほとんど認められない。

坂州木頭川・大美谷川流域は剣山地の主稜線から離れており、山稜の標高も1,000m程度と檜戸川上流域より低い。稜線と河谷との比高は数百m以下である。この地域の坂州木頭川は、この地域の大局的な地質分布や尾根の伸びの方向が東西方向であるのに対して、それに直交する北から南へ向かって流下しており、^{おうこく}横谷となっている。坂州木頭川に合流する支流は縦谷が多く、本流と不調和な合流をなすため、複数の遷急点・滝が分布する（例：大美谷川の千本滝）。ただし、沢谷川は横谷をなすが、坂州木頭川との合流地点直上に大轟の滝が存在する。地すべり地形が密に分布するのは、沢谷～阿津江～出羽であり、この地域の集落は地すべりでできた緩斜面上に立地することが多い。沢谷～阿津江の地すべりは、坂州木頭川の本流に沿って発生しており、一方、出羽の地すべりは支流の大美谷川の源流部斜面で生じている。出羽の地すべりは、移動土塊の末端に新たに滑落崖が生じており、複数回の移動が発生しているようである。山頂付近にはほとんど地すべりは分布しないが、南東端の鉢久保では例外的に認められる。ここでは、標高600m程度の尾根をなす浸食小起伏面上で地すべりが発生している。なお、2004年豪雨災害で斜面崩壊が発生した阿津江地区には滑落崖状の馬蹄形をなす急崖が確認できるが、下端部が坂州木頭川に面しているためか、移動土塊は分布しない。

阿津江地区の北端にある黒滝寺の境内にあたる稜線には「山頂湖跡」と呼ばれる凹地があり、戦国時代ごろまでは水をたたえていたという言い伝えがある。凹地の比高が1～2m程度であるため、地形図や空中写真では判読できないものの、山体変形に伴う小規模な凹地の可能性がある。日本各地の山地の稜線・尾根には、線状凹地や山向き小崖・谷向き小崖といった特異な微地形がしばしば認められており、岩盤クリーブなどの山体の重力変形による地形と推定されている（Chigira,1992；Chigira and Kihō, 1994）。大規模崩壊地に付随して認められることが多いため、「崩壊前兆地形」とも考えられている（千木良、1995；千木良、1998など）。この種の微地形は四国山地の稜線でも各地で報告されており（古谷、1979；寺戸、1995；加藤、2002；布施・横山、2003）、特に、1707年宝永地震で大規模な山体崩壊を起こしたと推定されている高知県室戸市・加奈木崩れ近傍の稜線にも認められる（甲藤、1980；寺戸、1986；千木良ほか、1998；千木良、2000）。

今回は、主に地すべり地形の判読に着目して地形判読を行ったため、高度な地形判読と大縮尺地形図が必要な線状凹地の抽出は行っていない。地形図の読図のみで判読できる線状凹地（おそらく比高10m程度の大型の凹地）が、雲早山の北東の尾根に認められたが、これ以外にも村内各地に分布することが予想される。今世紀前半にも発生が予測されている南海地震の際に、木沢村は強い地震動に襲われることが予想されるため、稜線付近を滑落崖とする大規模な山体崩壊が発生する可能性を検討しておく必要がある。今後はまず、山体の重力変形の現れといえる線状凹地の詳細な分布を把握する必要がある。

6. 土砂災害を防ぐための取り組み

豪雨による土砂災害から住民が身を守るための方策について以下に述べる。斜面崩壊とそれに起因する土石流は豪雨時に突発的に生ずることが多く、土砂の移動速度が大変速い（時速数十km程度）ため、発生してから逃げることは困難である。そのため、（1）危険地域を事前に抽出し、住民に周知しておくこと（ハザードマップの作成・周知・活用）、（2）

危険箇所に対する砂防・治山などの防災工事をすすめること、(3) 豪雨時に気象庁・地元気象台から発表されるようになった土砂災害危険度(後述)を元に、早めの警戒・避難態勢をとること、などが必要となってくる。

このうち、(1) のハザードマップの作成は、火山災害や洪水災害、津波災害については整備が進められている。しかし、土砂災害についてみると、対象斜面があまりにも多すぎる、斜面の不安定性を評価する手法に様々な問題点があることなどから、実用的な斜面ハザードマップの整備は大幅に遅れている(横田、1995; Yokota, 1996; 横田、2002など)。斜面崩壊という自然現象を定量的に把握・予測することの困難さに加えて、法的・経済的な問題(地価など、個人の財産権に関わる問題)も関連するため、ハザードマップ作成には様々な難しさが存在している(例えば、横田、2000; 藤田ほか、2001など)。しかし、いわゆる土砂災害新法(土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律)が施行された2000年以降、土砂災害防止に向けた研究と実務が、これまで以上に進められてきている(三上、2002など)。今後は、豪雨や地震動など、外力ごとに挙動が異なる斜面の特性を把握した上で、斜面ハザードマップを作成していく必要がある。

(2) の防災工事については、これまでも国や県などにより鋭意進められてきたものの、危険斜面の対象箇所数があまりにも多いため、すべての対策が完了するまでには長い期間と膨大な予算が必要となる。また、開発により新たな危険斜面が発生することもあり得るし、工事完了後であっても、想定を上回る土砂が流下してくれば、構造物の破損・破壊が生じる可能性が高い。これらのことから、防災工事というハード的対応だけに頼るのは問題があるため、(1) のハザードマップや、次の(3) に述べる警戒・避難態勢も重要となろう。なお、山地災害時の住民の避難行動については、1975年と1976年に徳島県穴吹町で発生した災害などを例として、寺戸(1985、1986) に詳しく述べられている。

(3) の土砂災害危険度は、2000年から気象庁が発表を始めたもので、雨により土砂災害発生の危険

性が極めて高くなったとき、「〇〇市では、過去数年間で土砂災害の危険性がもっとも高まっています」という市町村を明示した大雨警報の発表がなされる。この根拠となっているものは「土壌雨量指数」と呼ばれるもので(岡田、2000; 防災情報通信システム研究会、2003)、レーダーアメダス解析雨量を入力値とし、タンクモデルという水文解析モデルを用いて、斜面表層の土層中に貯留されている水の量を推定するものである。もちろん、土層中に多くの水が含まれているほど、斜面崩壊の発生確率が高まる。気象庁では、この値が過去10年間の最大値を更新したとき、上述の大雨警報の発表が行われている。ここ6年間の土砂災害による死者の8割以上がこのような状況下で発生しており、実際の被災が発生する前に、地元気象台から土壌雨量指数に基づく発表がなされている。

通常の大雨警報の発表単位は全国を362のブロックに分割した気象庁の地域区分に従っているが、この大雨警報は中でも土砂災害発生の危険性が極めて高い市町村名を明示して絞り込んでいるのが特長である。台風10号の場合、徳島県内は広範囲にわたって豪雨となっていたため、市町村単位ではなく通常の大雨警報と同じ範囲での発表となり、木沢村の場合は「那賀・勝浦地域」という発表範囲に含まれた。これは、広範囲にわたって土砂災害発生の危険度が高かったことに他ならない。2004年災害の場合も、土砂災害が多発したのは豪雨と土壌雨量指数のピークにほぼ一致する8月1日の夜～深夜であるが、土壌雨量指数による上記の発表は、8月1日の午前0時31分になされていた。

土壌雨量指数による大雨警報が発表された場合、対象とされた市町村の中には平坦地や土砂災害の危険性がない地区も多い。土壌雨量指数による大雨警報で危険度が高い市町村を絞り込み、その中では(1) のハザードマップを使って避難を行う地区を判断するといった体制を組むことにより、土砂災害の危険地域に住む住民には、早めの警戒・避難態勢をとってもらうことが重要といえよう。

7. まとめ

2004年台風10号に伴う記録的豪雨により発生した

斜面崩壊の地質的・地形的特徴、ならびに山地災害の素因となる地すべり地形の分布について検討を行うとともに、山地災害を防ぐための最近の取り組みについても紹介した。その結果を簡単にまとめる。

1) 2004年豪雨災害は、隣の木頭村で1976年に記録された既存の日本記録の雨量を上回る記録的豪雨によって引き起こされた。しかし、規模の大きな斜面崩壊は数個程度であり、記録的な雨量の割には崩壊発生数が少ない。個々の崩壊地での現地調査に基づけば、斜面崩壊は基本的には風化や岩盤クリープによる岩盤表層の脆弱部が崩落したものである。

2) 木沢村に分布する地すべり地形の判読を行った結果、村内の地すべり地形の分布には地理的な偏りが見られ、密集する地域とほとんど分布しない地域とに分かれた。村内の集落の多くは地すべり土塊の緩斜面上に立地しており、急峻な山岳地域の中で比較的緩傾斜な生活空間を提供している面も持つ。これらの地すべりは、2004年豪雨で移動の活発化は生じなかった。

3) 土砂災害を防ぐために、従来から砂防・治山などの防災工事が進められてきている。しかし、対象斜面があまりにも多いため、すべての危険斜面にハード的対策を行うことは困難である。最近では、ハード的対応に加えて、ハザードマップの整備や、「土壌雨量指数」に基づく警戒避難などのソフト的対応が注目されてきている。今後はこれらを総合的に組み合わせることで、土砂災害の軽減を図っていく必要がある。

文 献

- 岡田憲治 (2000) : 土砂災害の軽減に向けた「土壌雨量指数」の開発、消防科学と防災、No.60。
- 掛川健太・村井政徳・中屋志郎・横山俊治・佐々浩司 (2004) : 2004年台風10号により徳島県木沢村阿津江で発生した土石流災害、日本地質学会四国支部講演会資料、P-3。
- 加藤弘徳 (2002) : 中央構造線南側の四国法皇山脈の山体変形、日本応用地質学会平成14年研究発表会講演論文集、321-324頁。
- 甲藤次郎 (1980) : 南四国 (外帯) の山地災害とその対応、四万十帯の地質学と古生物学 — 甲藤次郎教授還暦記念論文集一、121-146頁。
- Chigira, M. (1992) : Long-term gravitational deformation of rocks by mass rock creep, *Engineering Geology*, 32, pp. 157-184.
- Chigira, M. and Kiho, K. (1994) : Deep-seated rockslide-avalanches preceded by mass rock creep of sedimentary rocks in the Akashi Mountains, central Japan, *Engineering Geology*, 38, pp. 221-230.
- 千木良雅弘 (1995) : 風化と崩壊、近未来社。
- 千木良雅弘 (1998) : 災害地質学入門、近未来社。
- 千木良雅弘・長谷川修一・村田明広 (1998) : 四国の四万十帯にある加奈木崩れの地質・地形特性、日本応用地質学会平成10年度研究発表会講演論文集、61-63頁。
- 千木良雅弘 (2000) : 加奈木崩れ、地震砂防、古今書院、38-41頁。
- 寺戸恒夫 (1985) : 山地災害における住民の避難について、阿南工業高等専門学校研究紀要、No.21、57-87頁。
- 寺戸恒夫 (1986) 山地災害における住民の避難について (第二報)、阿南工業高等専門学校研究紀要、No.22、41-52頁。
- 寺戸恒夫 (1986) : 四国島における大規模崩壊地形の分布と地域特性、地質学論集、28、221-232頁。
- 寺戸恒夫 (1995) : 山地と地すべり、徳島の地理、徳島地理学会、45-78頁。
- 中屋志郎・佐々浩司・横山俊治 (2004) : 樹木被害から推定した阿津江土石流の流動パターン、日本地質学会四国支部講演会資料、P-2。
- 西山賢一・千木良雅弘 (2002) : 1982年長崎豪雨災害で発生した斜面崩壊の地質的特徴、京都大学防災研究所年報、No.45B、47-59頁。
- 西山賢一・千木良雅弘 (2003) : 1972年天草豪雨で発生した斜面崩壊の地質的特徴、京都大学防災研究所年報、No.46B、149-158頁。
- 藤田 崇・横田修一郎・中筋章人 (2001) : 斜面ハザードマップの作成とその課題、応用地質、Vol.41、No.6、351-362頁。
- 布施昌弘・横山俊治 (2003) : 四国島の線状凹地の分布と特徴、第43回日本地すべり学会研究発表会講演集、561-564頁。
- 古谷尊彦 (1979) : 四国山地のGravitational Slideの予察的研究 — 三嶺・天狗塚・網附森・京柱峠付近の空中写真判読を例に一、千葉大学教養部研究報告、B-12、63-68頁。
- 防災情報通信システム研究会 (2003) 防災情報通信システム、山海堂。
- 三上博史 (2002) : 岩盤・斜面崩壊のリスクマネジメント技術の開発、土木学会誌、Vol.87、No.5、37-40頁。
- YOKOTA, S. (1996) : Multi-purpose digital hazard map for slope failure, *Geoinformatics*, Vol.7, pp. 51-59.
- 横田修一郎 (1995) : デジタルデータをもとにした多目的ハザードマップ作成への課題、情報地質、Vol.6、123-132頁。
- 横田修一郎 (2000) : 斜面ハザードマップの構築とその社会的必要性、日本応用地質学会平成12年度シンポジウム予稿集、2-6頁。
- 横田修一郎 (2002) : ハザードマップの定義と系譜、測量、2002. 1、29-32頁。