

6. 上流域での斜面崩壊

平成 16 年 7 月 13 日に発生した新潟県中越豪雨災害（7・13 新潟豪雨災害）では土砂災害により各地で交通の遮断や宅地被害が発生したほか、死者 2 名、負傷者 1 名の人的被害が生じた。平成 16 年は新潟の他に福井、兵庫、四国の各地において豪雨による土砂災害が発生し、多くの被害を引き起こした。自然災害の中でも豪雨による土砂災害は毎年多くの人的被害を生じていることから、平成 11 年の広島豪雨災害を契機に土砂災害防止法が制定され、従来のハード対策による土砂災害の防止・軽減に加えてソフト対策が推進されている。しかし、土砂災害は降雨特性のほかに地域の地形や地盤特性による影響を大きく受けることから、運用に当たっては地域の災害特性を収集把握することが不可欠である。また、効率的な防災対策として土砂災害の警戒・避難システムの運用が期待されているが、危険斜面の場所と崩壊時刻を予測するためにはシステム構築のための基本データの集積と地域特性に応じたシステムの開発が必要である。

本報告は 7・13 新潟豪雨災害における土砂災害の概要を記録するとともに、災害の特徴と課題について分析する。また、土砂災害警戒・避難システムの構築を目的に気象庁の 2.5km メッシュ降雨データの収集ならびに斜面の崩壊時刻の聞き取り調査を実施して、雨量指数を用いた崩壊予測の可能性について分析した。

6.1 7・13 新潟豪雨災害における土砂災害の概要

(1) 降雨の概要

新潟県中越地区に停滞していた梅雨前線に暖かく湿った空気が流れ込み、13 日早朝から夕方にかけて長岡地域、三条地域を中心に日降水量が観測史上最大となる非常に強い雨が降った。図 6-1 に 12 日 18 時から 14 日 12 時までの総降水量の分布図を示し、図 6-2 に気象庁のレーダー・アメダスで観測された栃尾市の時間降水量の変化を示す。栃尾市では時間最大降水量 62mm/h、日降水量 421mm が観測され、総降水量はそれ程でないが非常に日降水量が多いことが分かる。表 6-1 に新潟気象台で観測された歴代の日降水量を示すが、日降水量の記録が 200mm 以上更新されている。表 6-2 に歴代の 1 時間最大降水量を示すが、7・13 中越豪雨災害では時間降水量についても極めて大きいことが分かる。中越地域では近年あまり大きな雨量が記録されておらず、このことも大規模な土砂災害の発生原因であったと考えられる。

(2) 土砂災害の発生件数

新潟県砂防課資料によると 7・13 新潟豪雨災害では中越地域を中心に 341 件の土砂災害が発生し、死者 2 名、負傷者 1 名、家屋の全壊 12 戸、半壊 9 戸、一部損壊 48 戸の被害が発生している（表 6-3）。この統計は社会生活に関連する地域での土砂災害数を表しており、

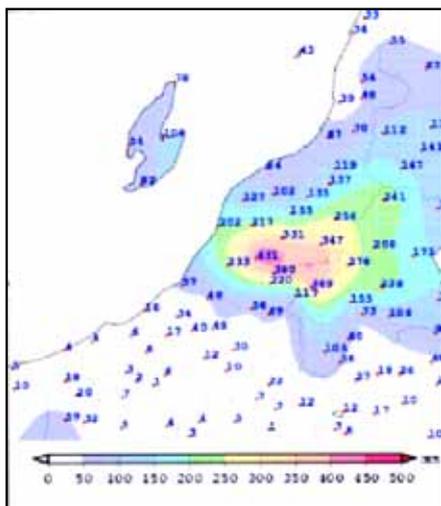


図 6-1 7月12日18時から14日12時までの総降水量の分布図（気象庁）

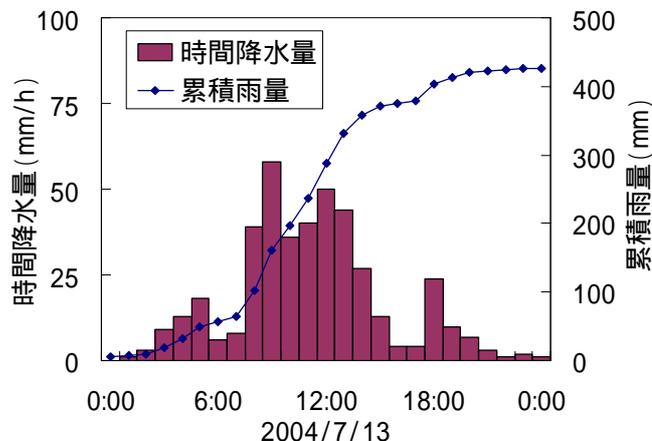


図 6-2 レーダ・アメダスによる栃尾市の降水状況（気象庁）

表 6-1 歴代の日降水量
（資料：新潟地方気象台、統計期間 1979/1～2005/2）

順位	栃尾市		長岡市		三條市	
	日降水量 (mm)	年/月/日	日降水量 (mm)	年/月/日	日降水量 (mm)	年/月/日
1位	421	2004/7/13	225	2004/7/13	208	2004/7/13
2位	169	1995/8/10	213	1995/8/10	133	1979/7/28
3位	138	1988/7/10	112	1988/7/10	125	2000/7/15
4位	119	1992/6/21	102	2004/10/20	123	1985/11/13
5位	103	1992/6/21	99	1999/9/15	117	1987/7/28
6位	95	2002/7/10	98	2002/10/29	111	2004/7/10
7位	94	1979/7/11	98	1997/7/16	93	1988/7/10
8位	93	1995/7/17	98	1995/7/17	92	1995/11/12
9位	92	2004/10/20	95	1979/7/2	90	2002/7/14
10位	90	1998/9/16	93	2002/7/10	88	1979/7/2

表 6-2 歴代の1時間最大降水量
（資料：新潟地方気象台、統計期間 1979/1～2005/2）

順位	栃尾市		長岡市		三條市	
	1時間最大降水量 (mm)	年/月/日	1時間最大降水量 (mm)	年/月/日	1時間最大降水量 (mm)	年/月/日
1位	62	2004/7/13	42	1995/8/10	51	2004/7/13
2位	45	2004/7/17	39	2004/7/13	48	2004/7/10
3位	42	1998/8/4	37	1989/8/10	42	1997/8/30
4位	38	1995/8/10	34	1995/7/17	42	1987/7/28
5位	38	1981/8/23	33	2004/7/17	42	1979/7/28
6位	37	1995/7/14	33	2000/7/15	36	1999/7/21
7位	36	1993/6/11	33	1985/9/18	34	1985/9/2
8位	35	1995/8/11	32	1997/7/16	32	1979/8/23
9位	32	2004/7/10	30	1993/7/10	31	1983/8/22
10位	32	1994/9/19	30	1988/8/4	30	1996/7/15

土砂災害の実態数はこの統計より多いものと考えられる。災害は発生形態に応じて地すべり、がけ崩れ、土石流等に分類されているが、土砂災害の管理指定区域に応じた分類であり、必ずしも崩壊機構を表していない。3件の人的被害はそれぞれ、栃尾市北荷頃地内で土砂崩れにより83歳男性が死亡、出雲崎町大字中山地内で裏山が崩れて家屋が倒壊したことにより72歳女性が死亡、西山町で68歳女性が崩れてきた土砂と自宅の間に挟まれて骨折というものであった。いずれも高齢者が被災している。図6-3に市町村別の土砂災害件数の分布を示す。特に多くの土砂災害が発生したのが栃尾市(78件)と出雲崎町(45件)である。栃尾市では地すべり性の大規模崩壊が見られる一方、出雲崎町では海岸に面した斜面の表層崩壊が数多く確認された。出雲崎町は昭和36年に死者13人を出す土砂災害が発生しているが、その後の砂防事業等によって対策工が施されていたため、土砂災害から人

表 6-3 土砂災害発生件数等 (新潟県砂防課)

発生災害	土砂災害等発生件数	人的被害(人)			家屋被害(戸)		
		死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
地すべり	83	1	0	0	2	3	6
がけ崩れ	246	1	0	1	1	1	37
土石流等	12	0	0	0	9	5	5
計	341	2	0	1	12	9	48

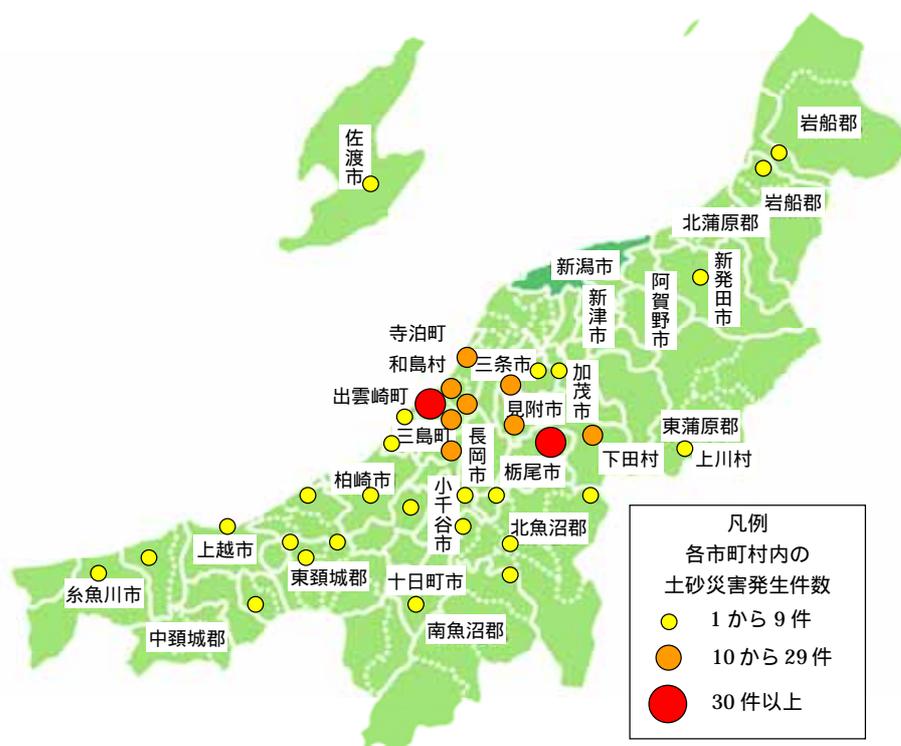


図 6-3 新潟県内の土砂災害発生状況 (新潟県砂防課)

命・財産が守られた事例が数多く確認されている。

図 6-4 に土砂災害が集中した新潟県中越地区における斜面崩壊発生地点の分布状況を示す。分布は大きく二つに分けることができ、1つは西山丘陵内にある三島郡の出雲崎町、三島町、与板町、和島村、寺泊町で多くの斜面崩壊が発生した。もう1つは栃尾市を中心とする内陸の山地で多くの斜面崩壊が発生した。道路沿いや平野と山地の境界に崩壊地点が分布しているのは新潟県砂防課資料の被害報告基準が行政の指定する危険区域もしくは人的・家屋・公共施設被害に基づくことによる。

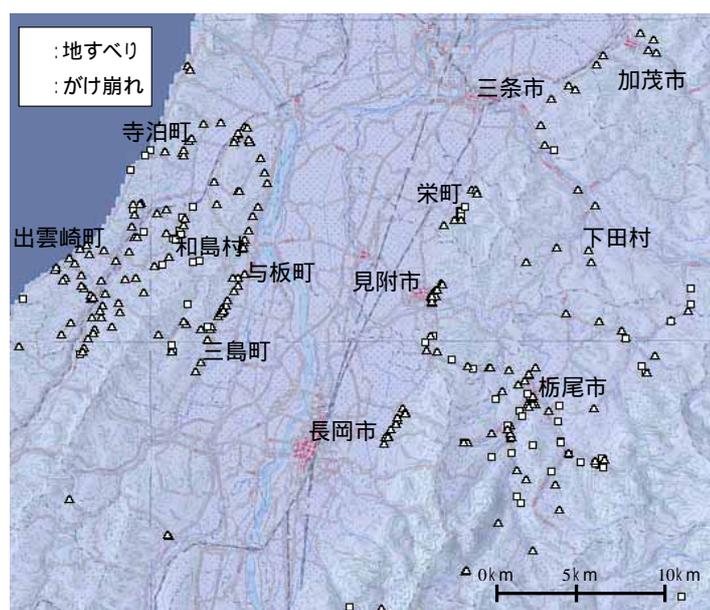


図 6-4 斜面崩壊発生地点

(3) 中越地域の地質

新潟県の中越地域は長岡市の位置する平野部を挟んで東側に下田丘陵・東山丘陵があり、西側に西山丘陵が位置している（図 6-5：章末カラーページ掲載）。平野部には沖積層が厚く堆積する。丘陵部は主に新第三紀の泥質岩で構成されており、その上に鮮新世～更新世の魚沼層が位置する。新第三紀の地層は下部より、中新世中期の「七谷層」、中期から後期の「寺泊層」、鮮新世前期の「椎谷層」、後期の「西山層」、「白岩層」から構成される。第四期になると、「灰爪層」、「魚沼層」および段丘堆積物が見られる。地質の巨視的な構造は褶曲活動の影響を受けて北東から南西の方向に連続した地層が見られて、向斜および背斜の地形・地質を構成している。したがってこれらの連続した地質に直交する北西から南東方向の傾斜斜面は流れ盤や受け盤の構造を有する。

(4) 土砂災害の特徴

新潟県砂防課の土砂災害事例より 7・13 中越豪雨災害における災害事例の特徴を明らか

にする。崩壊事例は土砂で原地形が埋没していることにより崩壊規模の特定が難しい事例が多く、欠測データも多い。したがって、検討項目によって土砂災害事例数が異なる場合がある。また、地すべりやがけ崩れといった区別は前述のように必ずしも崩壊機構や崩壊形態を表す区別ではないので、区分けをせずに整理した。

図 6-6 に崩壊した斜面の傾斜角度の度数分布を示す。用いたデータ数は 204 件である。崩壊の多くは勾配が 30～50°であり、全体の約 65%を占めている。地すべりは 5～20°の緩傾斜地に多く発生すると言われていることから、7・13 中越豪雨災害における土砂災害は斜面勾配が 30°以上の急傾斜地に多く発生したと言える。図 6-7 に崩壊事例の崩壊深さの度数分布を示す。データ数は 183 件で他の崩壊規模のデータ数と比べてやや少ない。図では浅層崩壊に属する 3m 未満の崩壊が全体の約 65%を占めている。

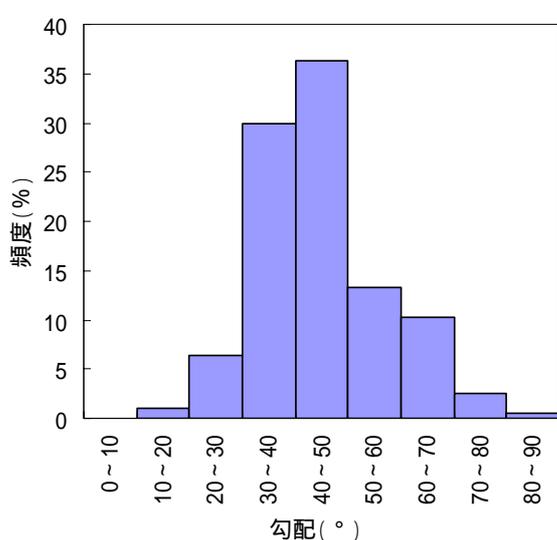


図 6-6 崩壊斜面の勾配のヒストグラム

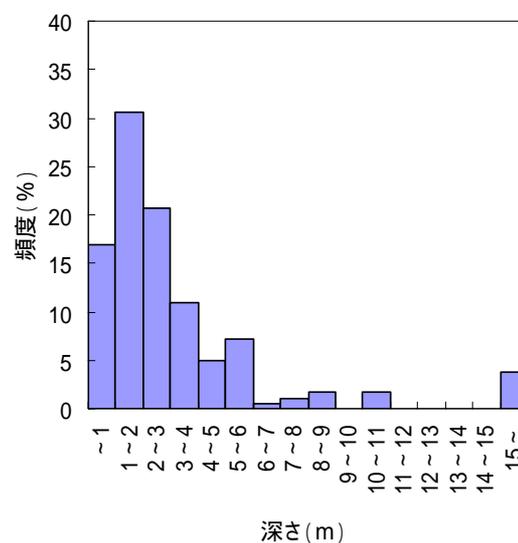


図 6-7 崩壊斜面の崩壊深さのヒストグラム

図 6-8 (章末カラーページ掲載) に土砂災害件数上位 10 市町村の斜面勾配の度数分布を示す。どの市町村も 30～50 度付近に崩壊斜面が多く分布している。しかし、栃尾市と出雲崎町では 50 度以上の急傾斜地にて崩壊が比較の数多く発生していることが分かる。他方、和島村では 20～30 度の崩壊の割合が大きかった。これらの特徴は各地域における地質や地形を反映した破壊形態と言える。図 6-9 (章末カラーページ掲載) に土砂災害件数上位 10 位市町村の崩壊事例の崩壊深さの度数分布を示す。各市町村間では標本数に差があるために必ずしも有意でないが、栃尾市は他の市町村と比べて比較的崩壊深さが深い傾向がある。また三島町も最大 15m の深層崩壊があり、平均でも他の市町村と比べて深い崩壊が大きいと言える。逆に浅層崩壊が多かったのが寺泊町で、最大でも崩壊深さが 2.5m であった。寺泊町は海岸部丘陵の急崖での崩壊が多いなど地形の影響が大きいと言える。

(5) 土砂災害防止法の事例解析

平成 15 年度に制定された土砂災害防止法は斜面崩壊によって人命や家屋被害を受ける恐れがある地域を指定し、危険の周知、警戒避難体制の整備、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅の移転促進等のソフト対策を推進するものである。7・13 新潟豪雨災害は法律が施行されてから初めての新潟県における大規模な土砂災害であり、人的被害が発生した家屋や被害を受けた家屋と土砂災害防止法の指定地域との関係について調査した。

土砂災害防止法では危険度に応じて 2 つの警戒区域を設定する。1 つは土砂災害警戒区域（イエローゾーン）であり、他方は土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）である。土砂災害特別警戒区域は急傾斜地の崩壊に伴う土石等の移動等により建築物が土石等の移動による損壊を起こして住民の生命又は身体に著しい危害が生ずる恐れのある区域を表す。急傾斜地における両者の基準は以下のように表される（図 6-10：章末カラーページ掲載）。

(a) 土砂災害警戒区域（イエローゾーン）

イ：傾斜度が 30 度以上で高さが 5m 以上の区域

ロ：急傾斜地の上端から水平距離が 10m 以内の区域

ハ：急傾斜地の下端から急傾斜地の高さの 2 倍（50m を超える場合は 50m）以内の区域

(b) 土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）

土砂災害警戒区域内で特に災害時に住民の生命又は身体に著しい危害が生ずる恐れのある区域を表し、運用は行政機関より指定される。

7・13 新潟豪雨災害における土砂災害事例と土砂災害警戒区域との関係を図 6-11 に示す。被害報告件数 332 件のうち土砂災害警戒区域内（以下、区域内とする）での土砂災害が 153 件（46%）あった。7・13 新潟豪雨災害による土砂災害の約半分は土砂災害危険区域で発生した。しかし、土砂災害が予想されていない土砂災害警戒区域外（以下、区域外とする）の地域で発生した土砂災害が 33 件（10%）あった。また、報告書に「高さ」又は「勾配」、「急傾斜地の下端から急傾斜地の高さの距離」が記載されていなかったため判別できなかったものが 146 件（44 件）あった。市町村別の区域内・外の土砂災害発生件数を表 6-4 に示す。区域内での土砂災害件数は出雲崎町が 37 件で最も多く、次が栃尾市の 33 件であった。判別不可が存在するために明確でないが、出雲崎町では区域外での崩壊が少ないと言える。逆に、和島村では、区域外の割合が大きい結果となった。

土砂災害警戒区域外で家屋被害が発生した事例が 12 件あった。この中には、全壊や半壊といった重度の家屋被害も発生していた。これらは土砂災害防止法でカバーできていない事例であり、詳細調査が必要である。表 6-5 に区域外で家屋被害を受けた 12 件の諸元を示す。土砂災害警戒区域に該当しなかった項目は、「勾配」6 件、「高さ」5 件、「がけ下端と被害家屋までの距離」1 件であった。表の事例では、斜面のがけ下端と被害家屋までの距離よりも斜面の高さが上回れば、土砂災害警戒区域に該当しない場合でも家屋に被害が起こる可能性があると言える。

6.2 雨量指標による土砂災害予測

豪雨による土砂災害は近年多発する傾向にあり，土砂災害に対する警戒・避難体制の整備が防災対策上の喫緊の課題となっている。しかし，豪雨時の土砂災害は雨量特性のみでなく，地域の地形や地質特性が深く関与していることから，災害事例の調査による土砂災害の実態把握とその分析が警戒・避難システムの構築に不可欠である。そこで 7・13 新潟豪雨災害における土砂災害の実態を調査するとともに，雨量指標による斜面崩壊事例の破壊予測可能性について検討する。雨量データについては気象庁の 2.5km メッシュ雨量データを利用し，斜面崩壊時刻について聞き取り調査を実施した。

(1) 土砂災害事例の聞き取り調査

土砂災害の警戒・非難システムの構築には災害発生時間の把握が不可欠であるが，土砂災害発生時刻を正確に把握することは難しく，災害報告書に記載されている土砂災害発生時間は役場や消防などが目撃者から通報を受けた時刻が記載されていることも多い。ここでは 7・13 新潟豪雨災害にて土砂災害により被災した住民やその付近の住民に斜面崩壊の発生時間の聞き取り調査を行った結果について報告する。

表 6-4 市町村別の区域内・外の土砂災害発生件数

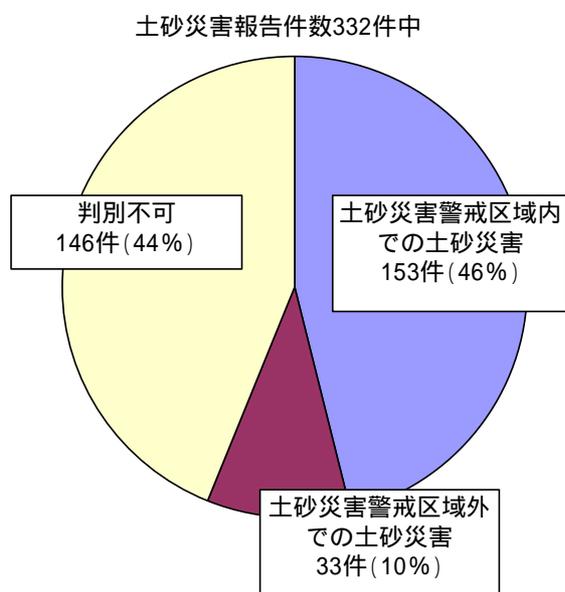


図 6-11 土砂災害発生区域の内訳

市町村	区域内	区域外	判別不可	計
栃尾市	33	7	34	74
出雲崎町	37	1	7	45
与板町	19	7	1	27
寺泊町	15	2	10	27
和島村	11	8	4	23
見附市	7	2	11	20
三島町	10	0	10	20
長岡市	8	1	7	16
栄町	2	2	11	15
下田村	0	0	10	10
三条市	1	2	4	7
加茂市	1	0	6	7
広神村	0	0	5	5
小千谷市	2	0	2	4
上川村	1	0	2	3
小国町	2	0	1	3
山古志村	0	0	2	2
西山町	1	0	1	2
高柳町	0	1	1	2
上越市	0	0	2	2
浦川原村	0	0	2	2
糸魚川市	0	0	2	2
入広瀬村	0	0	2	2
村上市	1	0	0	1
能生町	0	0	1	1
十日町	0	0	1	1
新発田市	0	0	1	1
小出町	0	0	1	1
川口町	1	0	1	2
刈羽村	1	0	0	1
神林村	0	0	1	1
柏崎市	0	0	1	1
柿崎町	0	0	1	1
大島村	0	0	1	1
計	153	33	146	332

調査に当たって、7・13 新潟豪雨災害の土砂災害発生件数の多かった栃尾市、出雲崎町、三島町を調査対象地区に選定した。調査対象地区内で発生した土砂災害の内、崩壊現場の地図等の調査に必要な情報のある 106 件を調査対象とした。内訳は栃尾市 65 件、出雲崎町 27 件、三島町 14 件である。調査では土砂災害の発生時刻、崩壊状況、避難状況、過去の災害等について聞き取りを行った。調査結果を表 6-6 に示す。調査対象 106 件のうち、正確な崩壊時刻が聞けたのが 46 件（達成率 64%）であった。そのほかは崩壊現場が確認できなかった場合や住民が不在だった場合、断られた場合などがあった。崩壊時刻が分かった件数の内訳は栃尾市 34 件、出雲崎町 8 件、三島町 4 件であった。県の災害報告書に記載されていた崩壊時刻を考慮すると、合計 59 箇所の崩壊時刻が得られた。崩壊時刻と崩壊現場の分布状況について、栃尾市を図 6-12 に、出雲崎町と三島町を図 6-13 に示す。

表 6-5 区域外で家屋被害を受けた 12 件の諸元

No.	市・郡	区・町・村	大字	がけ下端と被害家屋までの距離(m)	高さ(m)	勾配(°)	家屋被害	被害家屋位置の堆積深(m)
18	三島	和島	小島谷	1	3	45	3	0
27・2	栃尾		平	20	30	21	4	10
42	栃尾		土ヶ谷	200	70	30	2	-
50	見附	名木野		10	8	25	2	-
25	三島	出雲崎	米田	3	3	60	1	0.1
62	三島	和島	梅田	2.5	30	20	2	0.9
65	三島	和島	城之丘	0	40	20	2	1.2
185	刈羽	高柳	岡野町	2	10	20	1	1
308	三島	与板	馬越	2	20	20	2	1
322	三島	与板	檣原	0	3	50	1	1
324	三島	与板	檣原	0.02	2	50	2	1
329	三島	与板	山沢	1	3	45	1	1

家屋被害は1:土砂接触, 2:一部破損, 3:半壊, 4:全壊

表 6-6 崩壊時刻の把握件数

	崩壊時刻の把握件数		
	聞き取り調査	報告書	本研究
栃尾市	34	12	35
出雲崎町	8	1	8
三島町	4	15	16
計	46	28	59

(2) 雨量指標と土砂災害の関係

土砂災害の発生予測は雨量による斜面地盤の含水量により予測する方法が用いられる。気象庁の土壌雨量指数は、地盤の浸透水保持機能をタンクモデルによって表現する。過去の降雨履歴から豪雨による当該地域の含水量が過去の履歴から評価して、どの程度の含水量に相当するかという視点から土砂災害の可能性を判断する方法である。同様の雨量指標に実効雨量がある。実効雨量は浸透水の流出をべき関数による半減期を用いて評価する

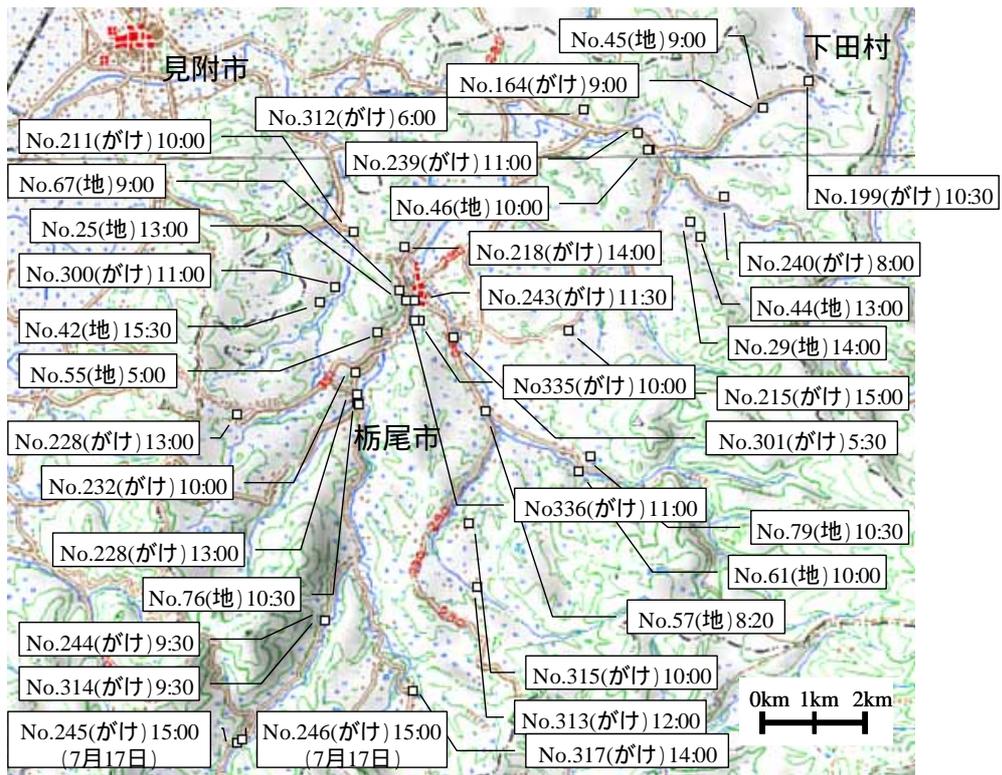


図 6-12 栃尾市の聞き取り調査の結果

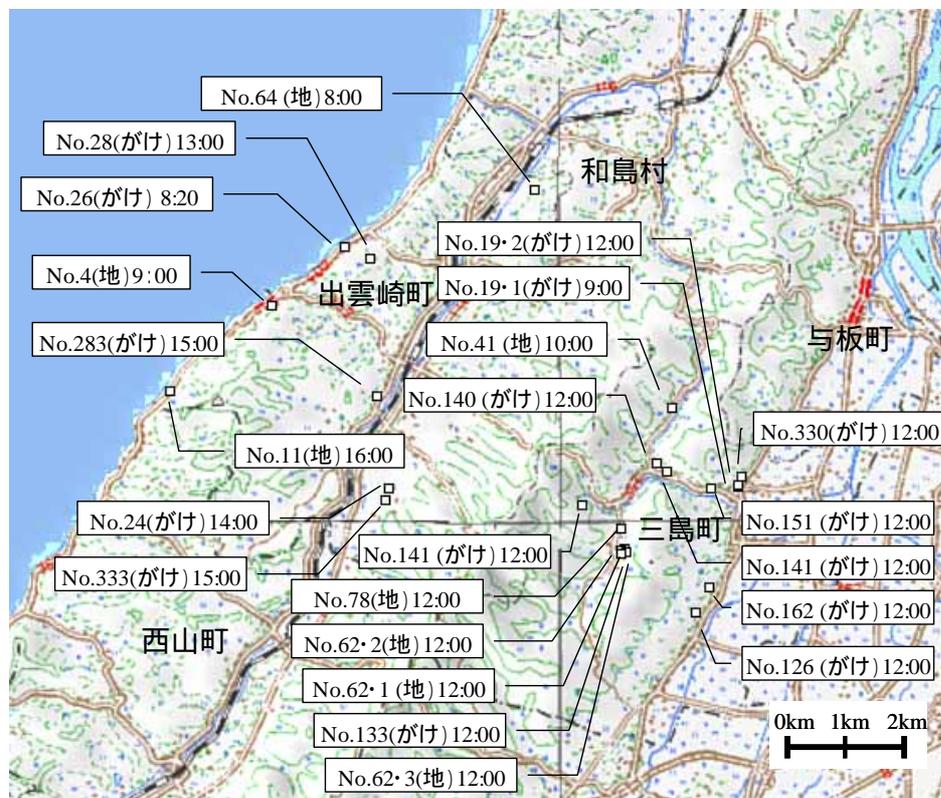


図 6-13 出雲崎町と三島町の聞き取り調査の結果

法であり、降り始めからの土砂中に含まれる総雨量を評価する指標である。

$$R_t = r_t + a_1 \cdot r_{t-1} + a_2 \cdot r_{t-2} + \dots + a_x \cdot r_{t-x} = r_t + \sum_{n=1}^x a_n \cdot r_{t-n} \quad , \quad a_n = 0.5^{n/T} \quad (6.1)$$

ここに、 R_t ：時刻 t の実効雨量 (mm)、 r_t ：時刻 t の時間雨量 (mm)、 a_n ：減少係数、 T ：半減期 (h) である。図 6-14 (章末カラーページ掲載) に栃尾市平地区の大規模崩壊を例にとって、累積雨量と実効雨量の違いを示す。累積雨量は一般に無降雨状態がある期間続くと累積雨量をリセットすることが多い。無降雨期間は使用する機関によって異なるが、一般的に 6 時間から 24 時間を用いる。

雨量指標を用いた土砂災害危険度予測法に、前日までの累積降水量と当日の日降水量が斜面の危険度を表す限界雨量曲線に到達するか否かによって斜面災害の発生を予測する網干・低引の方法や、降雨が強くなり降り始めてからの累積降水量とその間の平均的な時間降水量から土砂災害の規模を予測する限界雨量曲線を求めた瀬尾・船崎の方法がある。これらは土砂災害の予測に時間降水量という短期の雨量指標と累積降水量という長期の指標の両者を用いる方法である。図 6-15 (章末カラーページ掲載) に総合土砂災害対策検討会により提言された手法を示すが、広島県の例では縦軸の時間降水量を半減期 1.5 時間の実効雨量、横軸の累積降水量を半減期 72 時間の実効雨量で取ったものが使われている。基本的に実効雨量が多ければ小さな時間降水量でも土砂災害が発生し、実効雨量が少ない場合にも時間降水量が大きい場合にはやはり土砂災害が発生することを表している。7・13 新潟豪雨災害における土砂災害にて発生時刻の分かるものについて同様の整理を実施した。雨量データは 2.5km メッシュ解析雨量 (気象台) を用いた。図 6-16 に崩壊時の時間降水量と累積雨量の関係を示すが、全体的に右下がりの傾向が確認されるものの崩壊予測に適用可能な有意な関係は見られない。一般に土砂災害は時間降水量のピーク時に発生することが多いと言われるが、7・13 新潟豪雨災害の記録を整理すると図 6-17 のように最大時間降水量の時刻に崩壊したのは 8 件 (14%) であり、最大時間降水量時刻と崩壊時刻の関係はあまり見られなかった。むしろ、ほとんどの崩壊が最大時間降水量の時刻以降に崩壊している (57 件のうち 53 件 (93%)) ことが多かった。今回の豪雨では最大時間降水量時刻から 3 時間以内の崩壊が 43 件 (75%) と多かった。

雨量指標の適用性を検討するために、実効雨量と土砂災害との関係について調べる。7・13 新潟豪雨災害の災害事例を用いて最適な半減期の検討を行った。最適な半減期の判断基準として以下の 2 つを考慮した。

- (1) 実効雨量の適用性
- (2) 崩壊時の実効雨量のバラツキ

(1) については、図 6-18 に示すように実効雨量がピークを過ぎて減少中に斜面崩壊が起きる場合に、指標としての適用性が崩壊予測の観点から不適格であると判定した。事例解析にて不適格事例の割合を用いて指標の適用性を検討する。

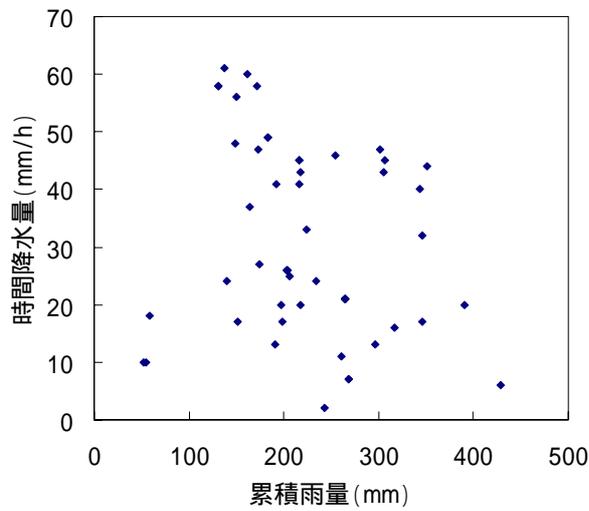


図6-16 時間降水量と累積雨量の関係

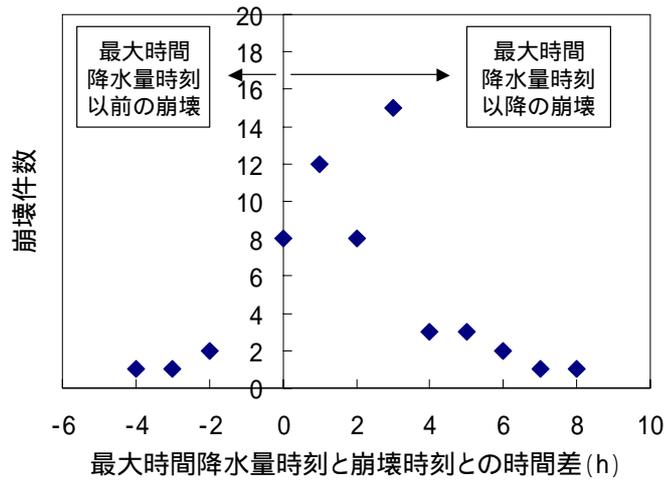


図6-17 最大時間雨量時刻と崩壊時刻の関係

(2)については、崩壊時の実効雨量のパラツキを変動係数（変動係数 = 標準偏差 / 平均）によって評価した。斜面崩壊は降雨条件の他に地形や地質の影響が大きく、崩壊時の実効雨量は本来各斜面で異なると考えられるが、本研究では単純に崩壊時刻における実効雨量のばらつきにより評価した。半減期を変えたときの変動係数と不適格事例の割合を図6-19に示す。不適格事例の割合は半減期が短期になるほど大きく、半減期が長期的になるほど小さくなった。変動係数については、短期的な半減期 1.5h が 0.23 で最も小さくなり、次に 2h と 24h が 0.24 であった。今回の事例では適用性とパラツキの両方のバランスが最も良いのは半減期 24h であった。

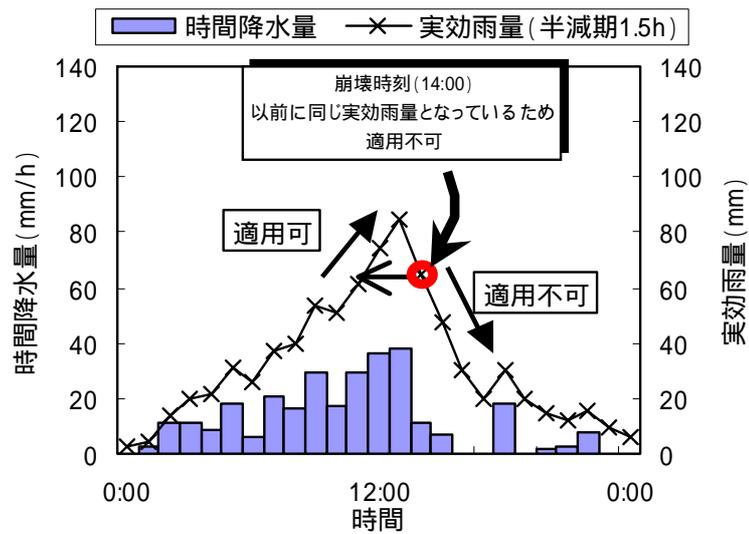


図 6-18 適用不可の例

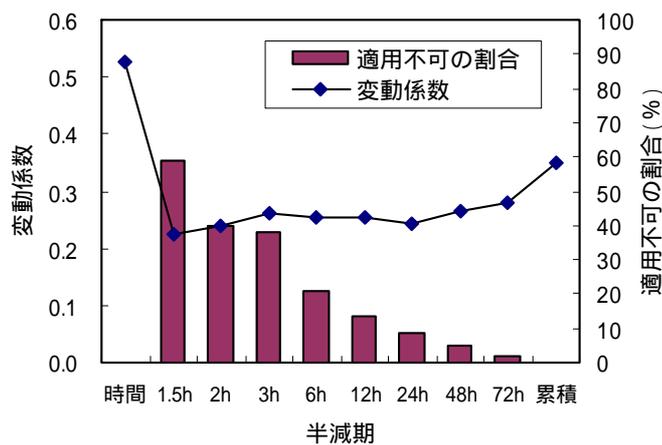


図 6-19 実効雨量の適用性とバラツキ

崩壊深さが 3m 未満の浅層崩壊 10 件について図 6-19 と同様に検討した。図 6-20 に解析結果を示すが、半減期 24h で不適格事例が無くなった。この結果は斜面の崩壊機構を踏まえて分類するとより精度の高い予測が可能であることを示している。

6.3 斜面崩壊事例の現地調査

7・13 新潟豪雨災害における土砂崩壊の典型的事例について現地調査による被害の概要と崩壊原因について整理する。斜面の崩壊規模は概略推定値により表示した。

(1) 出雲崎・三島町地区

出雲崎・三島町地区の西山丘陵地域では大きく分けて 2 通りの崩壊形態が見られる。1 つは図 6-21 (章末カラーページ掲載) に示す出雲崎町の日本海海岸線に沿う国道 402 号線の

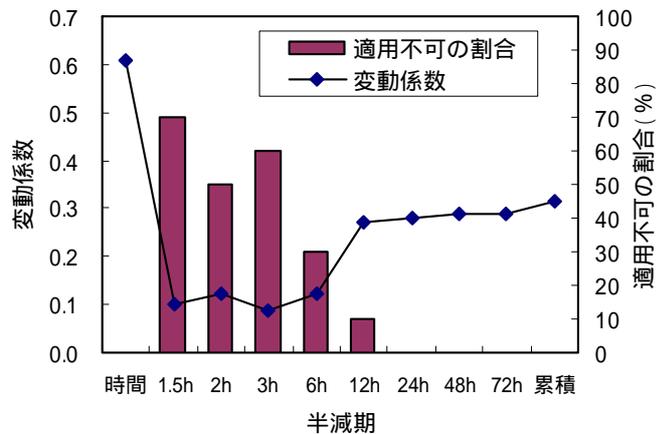


図 6-20 浅層崩壊における実効雨量の適用性とバラツキ

斜面の表層破壊である。西山層の砂岩泥岩互層の上に存在する薄い未固結堆積物が広範囲に崩落した。崩壊土砂は一部国道まで到達しており、交通障害を起こした。この辺りは比較的厳しい雨量通行止め規制（時間雨量 25mm，連続雨量 100mm）が行われていた。図 6-7 のすべり面深さの統計に示すように斜面の表層崩壊は豪雨時の斜面崩壊における最も一般的な破壊形態である。

もう 1 つは比較的厚く堆積した泥岩の風化土が下層にある比較的健全な泥岩層に沿って崩壊する事例である。崩壊地では下部泥岩層が上部土塊の滑り台として働いて鏡肌面上のすべり面を形成していた。一部は砂質土と泥岩の互層地盤を成しており、地質層の境界にてすべり破壊を起こしていた。地層は一般に流れ盤を形成している箇所にて比較的大きな地すべり性の崩壊を起こしていた。図 6-22（章末カラーページ掲載）は出雲崎町中山における土砂崩壊である。泥岩上の風化層がすべり破壊を起こした。図に見られるように崩壊土砂は途中で方向を変えて下流側にあった家屋を倒壊し、1 名が死亡した。図 6-23（章末カラーページ掲載）は崩壊地点における泥岩層の露出を示している。下部泥岩層は不透水層として上部土塊の含水率を高め、土塊の重量増加や強度低下を引き起こしたほか飽和化に伴う過剰間隙水圧の蓄積により強度低下を促進したり、流れ盤として上部土塊のすべりを促進したことが崩壊の原因と考えられる。図 6-24 に三島町逆谷における土砂崩壊を示す。崩壊土砂が一般県道にまで到達して交通を遮断した。幸いに建物被害等はなかったが、近くには隣接する民家があり、被害が生じなかったことは幸運であった。図 6-25 に崩壊斜面の中央から上部の状況を示すが、斜面中央やや上に地下水のしみ出しが水平方向に確認される。図 6-26（章末カラーページ掲載）に地下水のしみ出し部の状況を示すが、下部に健全な泥岩層があるのに対して上部に亀裂性の風化泥岩層が存在することが分かる。地下水のしみ出し部にあたる場所では泥岩が粘土化しており、この境界層で上部土塊がすべりを起こしたと想定される。



図 6-24 三島町逆谷の斜面崩壊（新潟県提供）



図 6-25 三島町逆谷の中央から上部崩壊状況

図 6-27 に三島町蓮花寺における斜面崩壊を示す。蓮花寺の本堂横の斜面が地すべり性の崩壊を起こした。崩壊斜面は 20 度ほどの緩斜面であり，幅 20m，長さ 30m ほどにわたって崩壊した。崩壊斜面の隣に旧地すべり地形と思われる傾斜角 40 度ほどの斜面が存在し，豪雨時には崩壊が最も懸念されたが変状は無かった。斜面は 7 月 13 日午前 10 時頃に小崩壊を起こして本堂裏の池を埋設し，12 時 45 分頃に土塊が本堂にまで迫った。本堂は地すべり土塊によって 13 時 30 分頃に崩壊したと推測される。住民は 12 時頃には避難したために人的被害は無かった。



図 6-27 三島町蓮花寺の斜面崩壊

図 6-28 に三島町中永トンネルの坑口を遮断した土石流被害を示す。土石流原頭部はトンネルからかなり上流に位置するが、沢筋に沿って長距離を流下して国道 352 号を完全に遮断する形で土砂が堆積した。沢筋には大量の土砂が残されていることから 2 次災害の懸念が



図 6-28 三島町中永トンネルの坑口土石流被害（新潟県提供）

あり、今後の対策が必要である。激しい豪雨のために幸いに通過交通は無かったが、甚大な災害を引き起こす可能性があったことから土砂災害予測上の課題が残された。

(2) 栃尾市地区

栃尾市では斜面の表層崩壊により1名が死亡した。図6-29は栃尾市北荷頃における土砂災害の概要を示す。図6-30は崩壊斜面の頭部であるが、斜面勾配は40度であり、幅20m、長さ20mほどにわたり斜面の表層が崩壊した。基岩は新第三紀の椎谷砂岩層であり、崩壊土砂の厚さは1mほどであった。隣接斜面が地すべり地形を形成しており、むしろ土砂崩壊の可能性が高いと判断された。小規模斜面の表層崩壊は事前に予測が難しい問題があり、斜面の危険度評価のあり方に課題が残された。地すべり地形などの地形判断で斜面の危険度を判定すると危険斜面の見逃しの生じる可能性もあるように思われる。

図6-31は栃尾市大町の土砂災害を示す。斜面頭部で崩壊した土砂（斜面勾配36度、幅40m、長さ60m）が溪流に沿って土石流化して下流にある宝光院に到達した。土石流は中流域の河岸段丘上にて1次堆積を起こし、細粒分のみが流下して宝光院を襲った。宝光院の裏手には多量の土砂が堆積し、一部院内に土砂が侵入したが幸いに倒壊は免れた。土石流は宝光院に塞き止められて下流の市街地には流下しなかった。宝光院の裏手は急崖を形成しており、亀裂などの発生が見られた。一部小崩壊に進展している箇所も見られることから、斜面の危険度評価が必要に思われる。

栃尾市の平地区では国道351号の隣接斜面にて地すべり性の崩壊が発生した。図6-32に斜面崩壊の全容を示す。写真上部が河岸段丘を形成しており、段丘から谷筋に向かって大規模な斜面崩壊が生じた。図は植生のために崩壊形状の判読が困難であるが、図の宅地を巻き込む崩壊が生じた。斜面の崩壊は大きく3つのブロックから形成され、図の右側に位



図6-29 栃尾市北荷頃の斜面崩壊（新潟県提供）



図 6-30 栃尾市北荷頃の斜面崩壊頭部



図 6-31 栃尾市大町の土石流被害（新潟県提供）

置する橋台を取り囲むブロック（幅 20m，長さ 20m），中央部分のやや植生が剥落したブロック（幅 30m，長さ 40m），左側の宅地上部に位置するブロック（幅 30m，長さ 50m），から成る。橋台基礎地盤の流出により，国道 351 号線はこの区間が長期間通行止めとなった。

図 6-33 に橋台の被災状況を示すが、すでに応急復旧によるコンクリートの吹き付けが行われている。地質は滑落崖に西山泥岩層が路頭しており、その上に河岸段丘層の堆積が確認される。

参考文献

- (1) 牛山素行：2004 年 7 月 12～13 日の新潟県における豪雨災害の特徴，自然災害科学（日本自然災害学会誌），Vol.23，No.2，2004.



図 6-32 栃尾市平の地すべり性崩壊（新潟県提供）

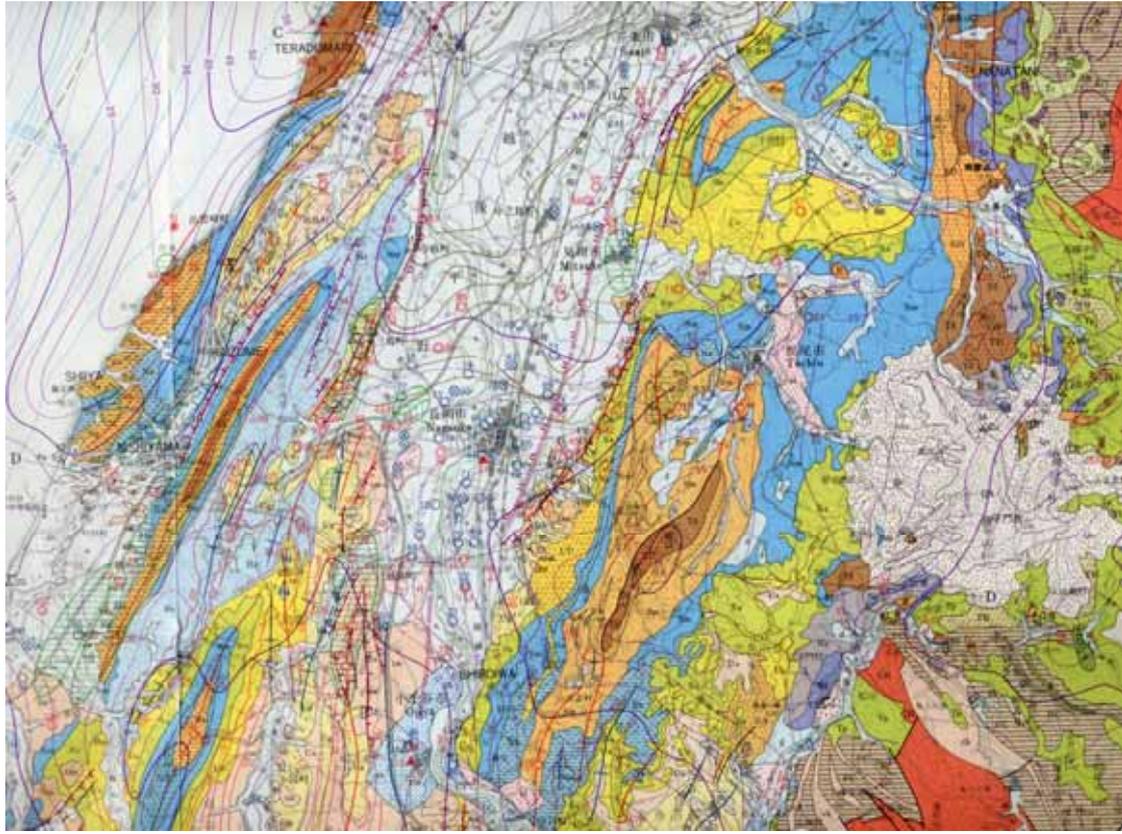


図 6-33 栃尾市平の地すべりにおける橋脚基礎地盤の流出

- (2) 森脇武夫・寺田秀樹・谷茂・天野浄行：豪雨時における斜面崩壊のメカニズムと危険度予測 5. 豪雨時における斜面崩壊危険度予測(その 1)，土と基礎 Vol.51，No.12，p.92-97，2003．
- (3) 国土交通省北陸地方整備局・新潟県：平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨（第 2 報），2004.
- (4) 国土交通省砂防部：<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/index.html>
- (5) 新潟県：新潟県地質図説明書（2000 年版），2000.
- (6) 新潟県砂防課：7・13 新潟県中越豪雨災害土砂災害資料，2004.
- (7) 新潟県新井砂防事務所：<http://www.pref.niigata.jp/dobokubu/araisabou/index.html>

謝辞

本報告の作成に当たり，長岡技術科学大学の大野勝己君，長岡技術科学大学大学院の井上由美子，久米田繕臣，河野智也君には災害調査および調査結果の分析に関して多大なる協力を得た。また災害調査時に新潟県地域振興局および地盤工学会災害調査団に大変お世話になった。特に新潟大学の渡部直喜先生には土砂災害の現地調査にて大変ご指導いただいた。また土砂災害資料の収集に当たり新潟県砂防課に，降雨データの収集に当たり気象庁・岡田憲二氏に大変お世話になった。末筆ながら感謝の意を表します。



新 潟 世 Pleistocene	魚沼層・鳥ヶ森層・相当層 Uonuma, Torigakubi Formations and equivalents	Us 主に砂 Sand
	西山層・名立層・河内層・相当層 Nishiyama, Nadachi, Kawachi Formations and equivalents	Us 砂・泥・砂礫 Sand, mud and sandy gravel
		Ug 礫・砂・シルト互層 Alternated beds of gravel, sand and silt
		Nm 泥岩 Mudstone
	白岩層・谷津層・相当層 Shiraiwa, Tanihama Formations and equivalents	Na 砂岩泥岩互層 Alternated beds of sandstone and mudstone
		Ss 砂質シルト岩 Sandy siltstone
	糠谷層・川詰層・相当層 Shiya, Kawatsume Formations and equivalents	Sm 黒色泥岩 Black mudstone
		Sa 砂岩泥岩互層 Alternated beds of sandstone and mudstone
	寺泊層・能生谷層・飛山層・ 中山層・相当層 Teradomari, Nodani, Hiyama, Nakayama Formations and equivalents	Td 珪藻質泥岩・黒色泥岩 Diatomaceous mudstone and black mudstone
		Ta 砂岩泥岩互層 Alternated beds of sandstone and mudstone

図 6-5 中越地域の地質（新潟県地質図）

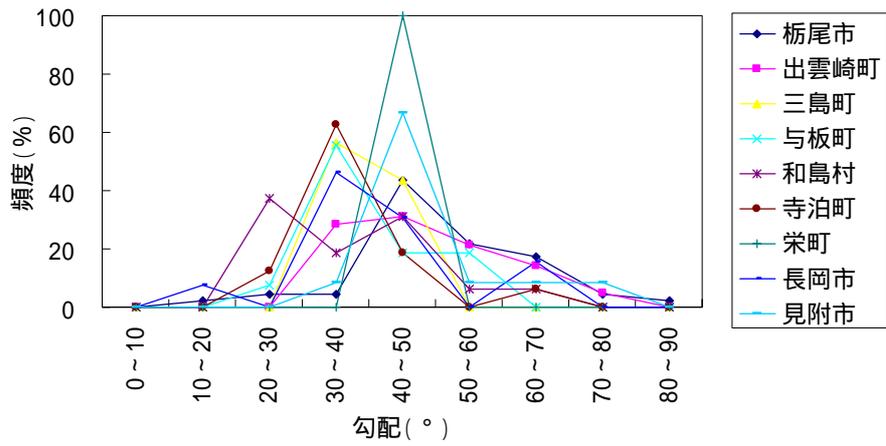


図 6-8 土砂災害件数上位 10 市町村の斜面勾配

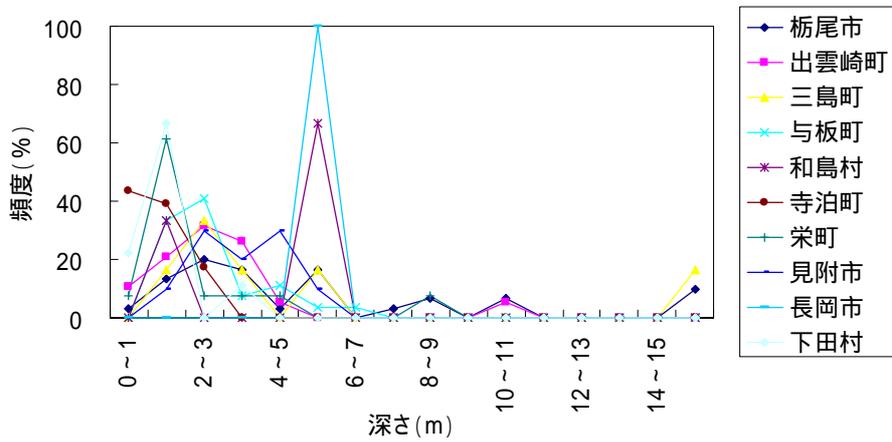


図 6-9 土砂災害件数上位 10 市町村の崩壊深さ

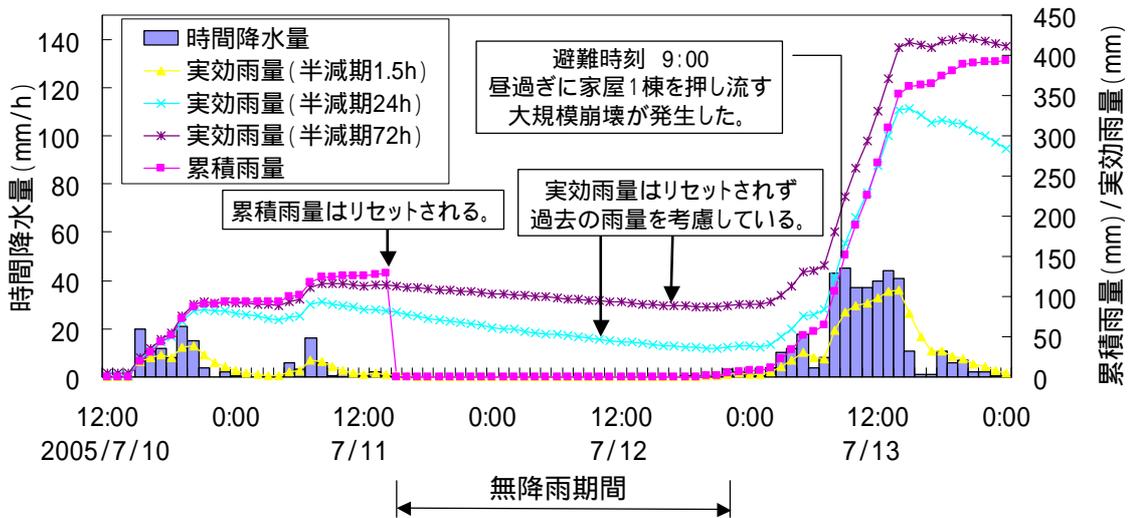


図 6-14 累積雨量と実効雨量の違い

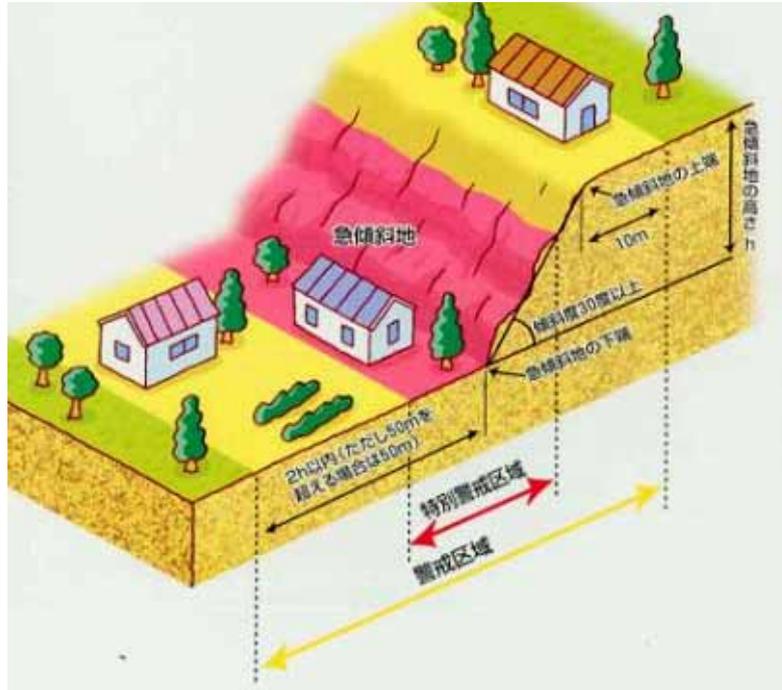


図 6-10 急傾斜地における土砂災害危険区域（国土交通省砂防部）

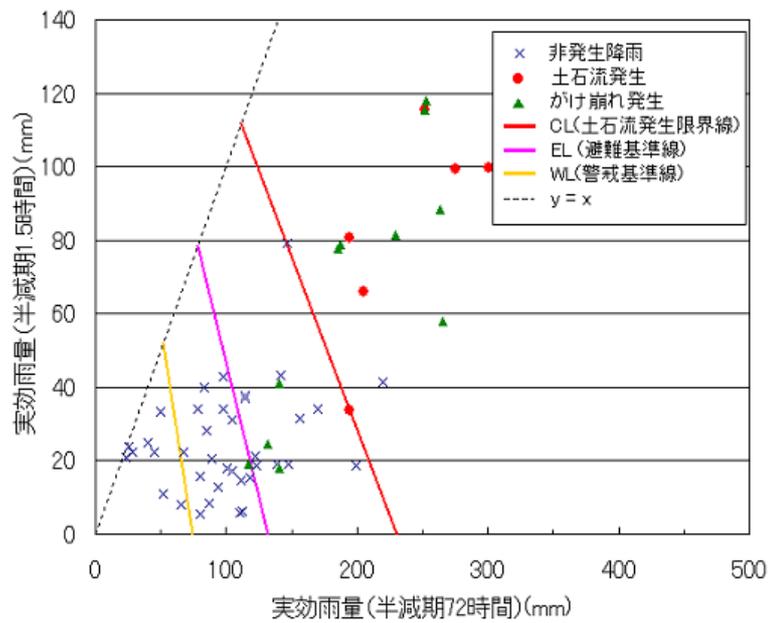


図 6-15 広島県の警戒避難基準



図 6-21 出雲崎町の国道 402 号線沿い斜面の表層崩壊（新潟県提供）



図 6-22 出雲崎町中山の斜面崩壊（新潟県提供）



図 6-23 出雲崎町中山の斜面崩壊地における下部泥岩層の露出



図 6-26 三島町逆谷のすべり面