

# 降雨特性から見た平成18年7月岡谷土砂災害について

青木 旭\*<sup>1</sup>・阿部廣史\*<sup>2</sup>・松澤義明\*<sup>3</sup>

## Sediment Disaster of Okaya in July 2006 based on Rainfall Characteristics

AOKI Akira, ABE Hirofumi and MATSUZAWA Yoshiaki

Between 15<sup>th</sup> and 24<sup>th</sup> of July in 2006, there was a heavy rainfall in several areas of the central western region of Japan. It was the biggest rainfall in recorded history in the Suwa and Kami-Ina areas of Nagano prefecture. From results of a study in Okaya city which was affected by a debris flow, rainfall was the main focus as it was the direct cause of the Okaya sediment disaster. This study is to analyze by monitoring rainfall data to predict future disaster risk in Okaya. After collecting official rainfall data and forecasting of the risk level of sediment disasters and then determining the critical line for warnings of sediment disaster, it was concluded that there was no doubt this disaster could have occurred in any part of the Okaya area due to the heavy rainfall.

キーワード：降雨災害，土石流，災害発生危険度予測，土砂災害警戒ライン

### 1. はじめに

中部地方以西の各地では、2006年7月15日から24日にかけて停滞前線(梅雨前線)による豪雨が発生した。気象庁はこの豪雨を「平成18年7月豪雨」と命名した。

諏訪及び上伊那地域は長野県内でも比較的雨の少ない地域であるが、過去の降雨記録を上回る豪雨となり、7月17日から19日までの3日間で平年の年間降水量の約1/3の降雨量があった。特に岡谷市川岸地区、湊地区では土石流が発生し、土砂が住宅地に流出。8人が亡くなり、多数の家屋が倒壊し甚大な被害をもたらした。

このような災害を未然に防ぐためにも土石流の発生時期を予測する必要があると考える。この研究の目的は、岡谷地域における地形地質の特徴を調べるとともに、岡谷土砂災害の誘因である降雨に着目し、

降雨の状況を把握し、岡谷地域における土砂災害発生危険度予測について検討することである。

### 2. 調査・検討概要

この研究では、主に以下の2点について調査し(例えば1), 2)など)、検討している。

- (1) 土質試験および地形・地質に関する資料調査
  - ・川岸東地域(本沢川崩壊地など)で採取した試料の土質試験
  - ・岡谷・諏訪地域における地形・地質に関する資料調査
- (2) 降雨に関する検討
  - ・今回の災害時の豪雨の概況
  - ・降雨を指標とした土砂災害危険予測手法の適用
  - ・岡谷地域における降雨特性と土砂災害に関する検討

岡谷地域を中心に、この地域の地盤特性を把握することが重要である。さらに、過去に災害が発生した降雨と災害が起きなかった降雨などを比較検討し、どのような雨の降り方が土砂災害を発生させるのかを評価・検討することにより、土砂災害警戒ライン(CL: Critical Line)を設定することが目標であ

\*1 東海旅客鉄道株式会社

\*2 環境都市工学科教授

\*3 社団法人長野県林業コンサルタント協会

る。また(1)、(2)の調査結果から総合して、岡谷土砂災害の詳細を明らかにする。

### 3. 地形・地質の概要

岡谷被災地の周辺の地形を見ると、川岸東：湊地区の現場は糸魚川—静岡構造線が約7km付近に走る地帯である。諏訪湖南西側の伊那山地は北西—南東方向の糸魚川—静岡構造線の断層崖からなる急斜面で、湖岸に扇状地を形成している。この地域の糸魚川—静岡構造線は、活発な活断層系を示している。しかしながら、今回発生した土石流や斜面崩壊による災害は稜線部分で多く発生しており、小崩壊は耕地や溪岸部分で多くみられた。断層崖からの崖崩れ、土石流、土砂流出は発生していないのが特徴である。

今回の被災した地域は、過去に災害履歴が少ない地域だったとされていたが、岡谷被災地周辺の地すべり分布図<sup>3)</sup>を見ると斜面が移動した形跡が多く見られ、過去に地すべりが発生していた地域であると考へなければならぬ。また、崩壊地の埋没した黒色土層を放射性炭素年代分析法(<sup>14</sup>C法)で測定した結果、おおむね1500年～8000年前の地層ということが判明している。冠頂が風化し不明瞭となるところが示されているように長期間にわたり土壌のかく乱が起きてない可能性が考へられる。一方、過去に土砂災害による人的被害などが及んでいなかったことから、治山・砂防施設が設置されていない箇所が多い地域でもある。

諏訪湖周辺の地質状況を見ると、諏訪湖=諏訪盆地はフォッサマグナ西縁の糸魚川—静岡構造線の中央部に位置し、このフォッサマグナを境に東北日本、西南日本内帯に分けられている。諏訪盆地は北西—南東方向のフォッサマグナにより北東—南西方向に引き裂かれ、陥没して舟形の盆地となったと考へられる。盆地の平坦部分の諏訪湖湖底や低地では現在でも土砂の流入、堆積が進んでいる。また、盆地周辺の山麓は砂泥・砂礫から成る扇状地性の堆積物で形成されている。

今回の土石流の多発した区域は、第三紀鮮新世(約500万年前～)から第四紀はじめ(約180万年前)に噴出した塩嶺累層と呼ばれる安山岩溶岩や火砕岩から成る火山岩で広く覆われている。塩嶺累層の基底は中生代ジュラ紀後期(約1億5千万年前)の泥岩・砂岩互層の変成した領家変成岩類から成る。

### 4. 川岸東崩壊地(本沢川)の状況調査

本沢川最上流部の崩壊地の大きさは、幅20～30m、深さ3m、傾斜約30度の谷頭斜面に発生している。崩壊地下部には土砂の流出によって大量の樹木がなぎ倒されているあとが多く見られた。崩壊地の森林の倒壊樹木を見ると、根付きの浅いと見られるものが大部分であり、土砂災害防止機能の高い森林とは思えなかった。これは、戦後に植林された樹木の間伐が行われていなかったことによると考へられる。このことも今回の土砂災害の要因の一つとして考へるべきであろう。

試料の採取は本沢川崩壊地周辺で実施している。採取状況を示すと;

- ・試料No.1: 崩壊地最上部のすべり面の表層で流動化した土を採取している。表層は深さ1.4m程度であり、柔らかい砂混じりの粘性の土である。
- ・試料No.2: 崩壊地冠頂付近の滑落崖で採取。表層が移動した後の固い地盤であり、基盤の塩嶺類層と見られる。この層の表面には多数の亀裂があり黒っぽい模様が見られる。表層は破碎しやすい状況にある。
- ・試料No.3: 崩壊地の地すべり面あるいはその直下の所々に見られる黒色の土。有機質を多く含んでおり植物が生育していたこの層にさらにその上に火山灰が堆積していたことが考へられる。
- ・試料No.4: 崩壊面上部の滑落崖付近(右岸側)。樹木の根のすぐ下の試料で、No.1同様に砂混じりの粘性の土。

### 5. 土質試験結果

川岸東(本沢川崩壊地)で採取した試料の土質試験結果一覧を表1に示す。実験を行った試料はいずれも細粒分が多く含まれる粘性土である。No.1およびNo.4が流動化した土の性質を示すことになる。塩嶺類層の最上部の風化土に相当するNo.2は流動化土よりも細粒分は少なく、低塑性であることから、この部分がすべり面となった可能性は低い。むしろ、これ以下の層で地下水の浸透を遮断したと見るべきであろう。

塑性図を見ると(図1)、どの試料もA線より下にあることが特徴である。同図には、地附山地すべりのすべり面粘土の例<sup>4)</sup>もあわせて示している。一般的に大規模な地すべりが起きた場所の土は、地附

山の例で示すようにA線より上にあり、高液性、高塑性の土の特徴を示す。しかしながら今回の災害地では異なった特性を示している。A線より下にNo.1およびNo.4があるということは、流動化した土はシルト質の土に分類され、火山性堆積物の特徴を示していると考えられる。この地域は過去の災害記録も希薄なため、治山、砂防施設も少なく、地すべりが起きる危険性が考えられる地盤でもなかったことから、土質特性から見ると、想定外の地域で起きた土石流

災害であったと考える。

この災害地域の地盤構造は、塩嶺累層の上に火山灰が堆積し、植物が生育したが、その後更に火山灰が堆積した地層と推測できる。暗黒色の有機質土（No.3）は火山灰に植物の腐食物が混入したことによるといえるが、この地層は土石流化していない。

### 6. 降雨と災害危険度予測

#### 6.1 降雨の概要

「平成18年7月豪雨」は梅雨前線の活動の活発化に伴うものであり、長野県内では、7月15日から21日までの7日間の総雨量が多い所で600mmを超え、長野県王滝村御嶽山では701mmを観測した。被災地の岡谷地

表1 本沢川崩壊地の土質試験果一覧

試料番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
礫分 %	5	7	5	4
砂分 %	26	46	23	32
細粒分 %	69	47	72	64
最大粒径 mm	4.75	2	4.75	4.75
液性限界%	56	51	77	63
塑性限界%	40	40	46	41
塑性指数	16	11	31	22
地盤材料の分類名	砂質シルト (MH)	細粒分質砂 (SF)	有機質土 (MH)	砂質シルト (MH)
採取状況	流動化土	滑落崖 破碎性土	暗黒色 有機質土	崩壊面上部

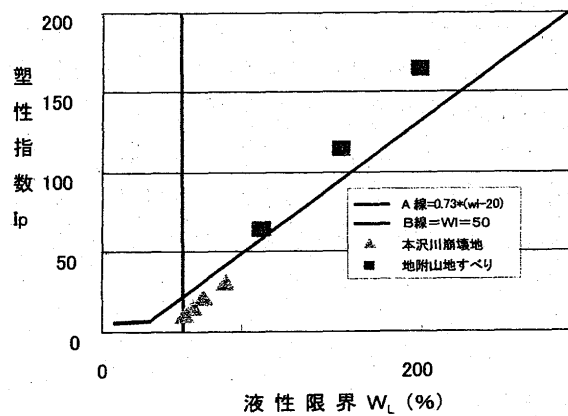


図1 本沢川崩壊地と地附山地すべり地の塑性図の比較

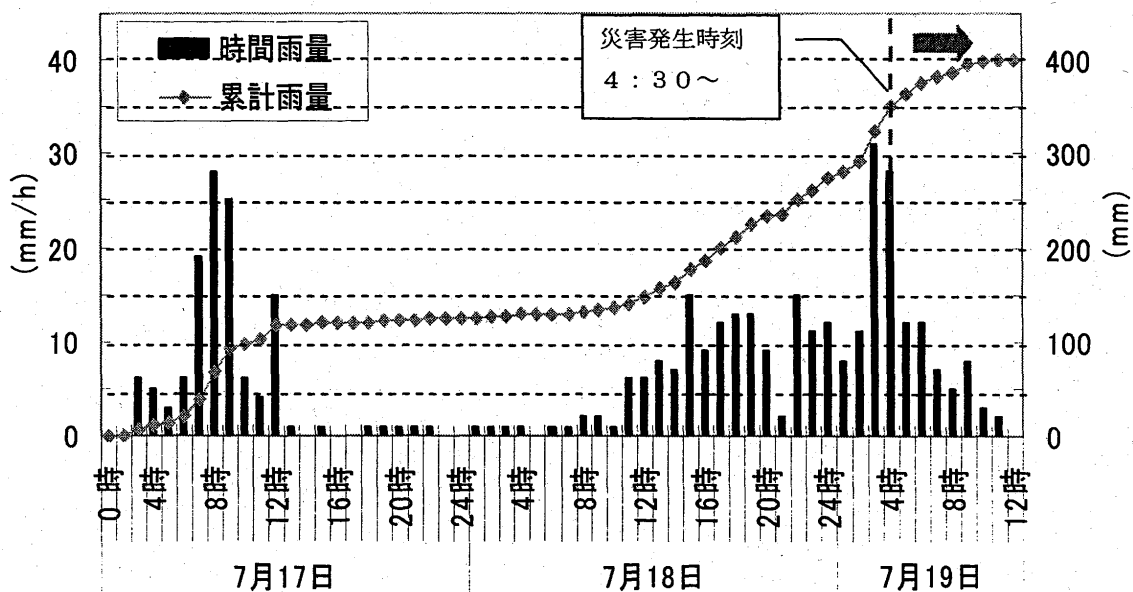


図2 災害当時の釜口水門観測所の降雨記録

域に最も近い釜口水門測候所の観測では、17日から19日までの3日間で総雨量が400mmとなっている。これは、この地域の年間降水量の約1/3の降水量に相当する。

今回の降雨は、日雨量（最大 263mm）では約 50 年～80 年の確率雨量であったが、これに対し時間雨量（最大 33mm/h）は約 2 年の確率雨量と言われている。降雨の特徴としては、連続 3 日間での雨量が極めて多い降雨であったことである。また、図 2 に示す降雨記録を見ると、連続 3 日間の一連の降雨において、それぞれの日に 1 つのピークを持つ珍しい降雨のパターンであった。

6.2 実効雨量と土砂災害危険度予測

降雨に伴う土砂災害の発生は、現在降っている雨のみではなく、一連の降雨の降り始めの 24 時間以上前から 1 週間程前の降雨である前期降雨の影響も受けている。この影響の程度は、現在との時間差が大きくなるほど減少することになる。前期降雨において時間雨量毎に半減期を考慮し、積算した雨量を前期実効雨量といい以下の式で表現される。

$$R_{WA} = \alpha^{1/T} \times R_{t-1} + \alpha^{2/T} \times R_{t-2} + \dots + \alpha^{n/T} \times R_{t-n}$$

ここで、

$R_{WA}$  = 前期降雨,  $\alpha$  = 減少係数,  $R$  = 時間雨量

$t$  = 現在の時刻,  $T$  = 半減期,

実効雨量は前期実効雨量と現在の時間雨量の和で表わされ、土砂災害発生危険基準線の設定に用いられている<sup>5)</sup>。

実効雨量を用いた土砂災害危険度予測手法は建設省が主催した「総合土砂災害対策検討会」の中で検討されたものである。雨水収支をモデル化した「タンクモデル」流出計算法によると、地表水変動は半減期 1.5 時間の実効雨量の変動とタンクの一段目（地表付近の含水量を示し降雨の強さを表す）、また地下水の変動は半減期 72 時間の実効雨量の変動とタンクの 2,3 段目（地下に浸透した水の量を表す）はよく似た傾向を示すことが確認されている。そこで縦軸を半減期 1.5 時間 (T=1.5) の実効雨量、横軸を 72 時間 (T=72) の実効雨量とし

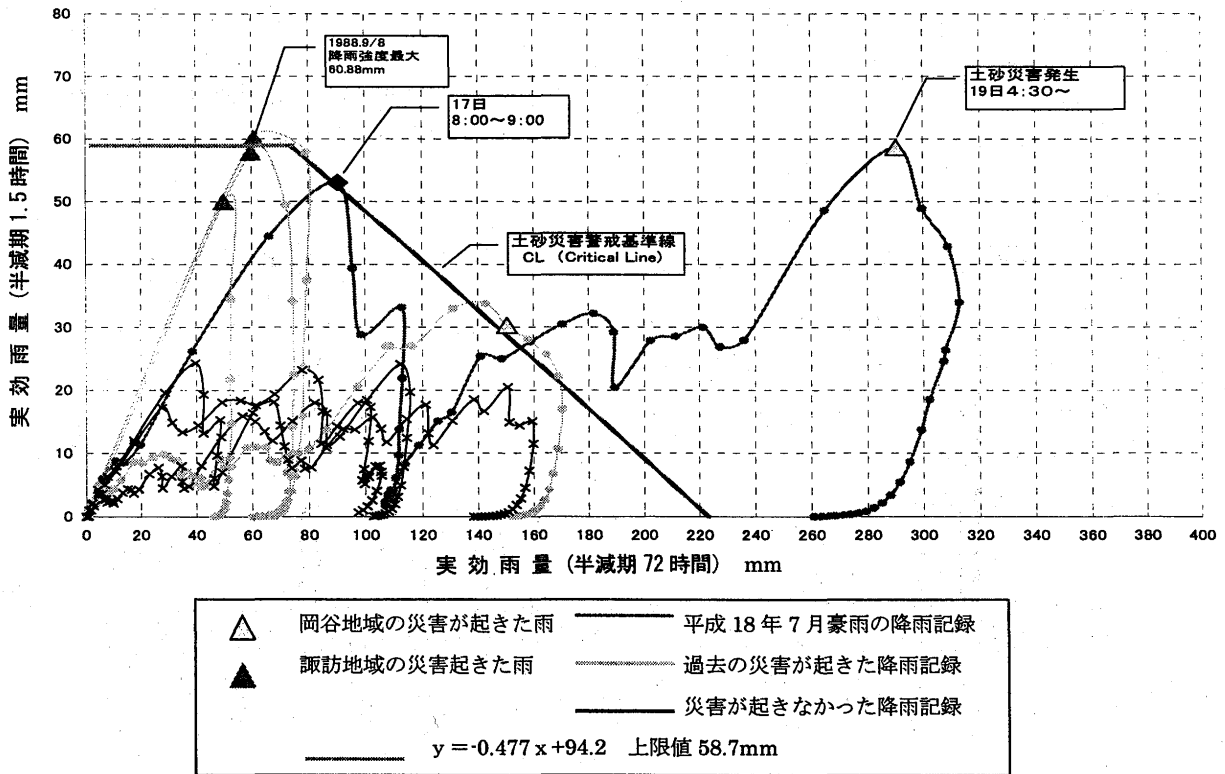


図 3 実効雨量による降雨状況と土砂災害の関係

た図を作成し、同図上で各種基準線を設定できるとするものである。

設定方法は、①過去の災害が発生した雨と災害の発生しなかった雨をプロットする。②災害発生、非発生領域境界に直線を引き、土砂災害発生警戒基準ライン (Critical line) とする。③CL到達まで1時間、2時間の余裕を見込んだ線を引き、避難基準線 (Escape Line)、警戒基準線 (Warning Line) としている。EL、WLの設定は周辺状況や今後の降雨状況等を総合的に判断し、警戒・避難勧告を出すとしている。実効雨量の変動状況は蛇のような動きを示すためスネークラインと呼ばれている。

### 6.3 岡谷地域の土砂災害警戒基準線の検討

実効雨量を用いて、今回の災害の降雨記録を過去に災害が発生した降雨と災害が発生しなかった降雨との比較が図3である。

過去に災害が発生した降雨事例<sup>9)</sup> (順位は諏訪測候所、2007年3月までの統計による) :

- ・昭和58年9月28, 29日…諏訪地方全体に山崩れ、土石流発生。日降水量第1位 (161.5mm)
- ・昭和56年7月13-20日…諏訪市湯の脇で崖崩れ発生。時間水量第5位 (56.5mm/h)、第6位 (51.5mm/h)
- ・昭和63年9月8日…諏訪市内で崖崩れ、茅野市で土石流発生。時間降水量第4位 (58.5mm)

災害が発生しなかった降雨 (同上) :

- ・昭和60年6月…日降水量第7位 (119.5mm)
- ・昭和63年9月下旬…月降水量2位 (491.5mm)
- ・平成15年10月…月降水量第10位 (350.5mm)

土砂災害警戒基準線 (CL) は、固定するのではなく、土砂災害が発生した場合また避難基準や発生基準雨量を超える非発生降雨が生じた場合など、データの蓄積に応じて随時見直しの検討を行うべき性質のものである。また、見直しを検討する場合に重要なことは、土砂災害発生データ (場所、発生時刻、土砂災害の形態、規模、雨量)、非発生データ (土砂災害が発生していない範囲、雨量) の正確さである。特に土砂災害の発生時刻は、多くの場合、降雨のピーク前後にあることが多いので、時刻の相違は基準雨量の評価に大きく影響することになる。また、土砂災害発生地点と雨量観測所の距離が離れていると、雨域の状況や地形の影響などによって、災害発生地点の正確な雨量が把握できないことになる (観測所からの距離が5km以上となるものは参考扱い)。

今回の災害での土砂災害警戒基準線 (図3中の折れ線) は、長野県砂防課が作成し平成14年3月から運用された (雨量データ1976/3/21~2001/10/31)、岡谷市における土砂災害警戒基準線を参考に設定している<sup>10), 11)</sup>。図3に示したように、平成14年3月に設定された土砂災害警戒基準線 (CL) が評価できると判断し、岡谷地域における降雨特性と土砂災害の関係を考える<sup>6), 7), 8)</sup>。

土砂災害が生じた降雨のパターンを分けると短期集中豪雨型と長期断続豪雨型の2つに分けることができる。災害形態を見ると短期集中豪雨型は散発的な土砂災害になっており、長期断続豪雨型は集中的な土砂災害になり、被害の規模も大きくなっている。地域的に見ると諏訪地域では短期集中豪雨型、岡谷地域では長期断続豪雨型の降雨パターンが土砂災害発生の影響を与えると考える。しかし今回の異常豪雨ではどこの地域で災害が発生していてもおかしくなかったことは確かである。

今回の災害の実効雨量のパターンを見ると7月17日午前8~9時の時点ですでに実効雨量が土砂災害警戒基準線を越えていることが分かる。もしこの段階で地域住民が避難をしていたら今回のように、被害は大きくならなかったであろうといえる。

しかしながら、それを実現するにはいくつも課題がある。CLは土砂災害が発生する基準であることから雨量がCLに達してから避難をしては、土砂災害からの安全を確保することができない。したがって、CLに達する前に警戒・避難勧告を出し、住民は避難しなければならない。しかしながら、CLを越えたにも関わらず土砂災害が発生しない“空振り”がある。この“空振り”の頻度が多くなれば住民の避難の指標としての信頼性が損なわれ、危険度予測としては、機能しなくなってしまう。この問題は今後の研究とデータの積み重ねで精度の向上をはかっていくことで解決できる可能性はある。

## 7. まとめ

今回の岡谷の土砂災害の最大の要因は、記録的な長期断続豪雨型の降雨であり、土壌中の水分量を示す半減期72時間実効雨量は300mmまで達し、土砂災害警戒基準雨量を大きく上回っている。このことは7月17日の降雨以後いつ災害が発生していてもおかしくない状況にあったと推測できる。

土石流発生の仕組みは、水を通しにくい粘土化し

た層の上に積もった表土が集中豪雨で大量の水を含みきれなくなって崩れ、あふれた泥水が一気に流れ下った「洪水型の土石流」だったと考えられる。現場の山腹を覆う表土は、風化した火山灰を中心に構成され、ポーラスで保水力が高かった。表土の下の地層の「塩嶺累層」は、溶岩が噴出してできた安山岩や凝灰岩などで構成され、風化した部分（風化帯）は粘土化、水が染み込みにくくなっていた。このため、山頂に近い斜面で表土が大量の水を含んで崩壊。表土の大半は崩落斜面の下方に残ったが、含まれていた大量の水が洪水のように流れ出し、河床の土壌を侵食しながら土砂とともに下流域の住宅地まで押し寄せたと考えられる。

また災害のあった地域は過去の災害記録も少なく治山・砂防施設がない箇所が多かった。戦後まもなく植林されたという森林は、土石流の通貨により樹木が大量になぎ倒されていた。この地域では間伐が行われていなかったため、樹木の根付きが浅く自然のダムとしての役割は果たせていなかったと考える。

これらの要因が今回の土砂災害につながったと考える。

## 8. おわりに

長野県は長野地方気象台が保有する計48カ所の雨量データのほかに、県が保有する砂防用の雨量局計125カ所のデータを提供する新たなシステムを設定し、過去の災害発生時のデータに基づき、県内を5キロ四方に分けた計542地区ごとに「危険ライン」を設定していると聞いている。

降雨はどここの地域でも比較的容易に測定可能であり、降雨指標は土砂災害の危険予測手法として有用な指標となると思われる。少しでも災害の犠牲者を増やさないためにも精度の向上に努め、そして多くの人に警戒・避難の指標として活用してもらいたいと考える。

## 参考文献

- 1) 岩手県立大学総合政策学部牛山研究室：2006年7月17～19日梅雨前線豪雨（平成18年7月豪雨）、参考資料、（長野県中部を中心とした豪雨災害）、2006。  
<http://www.disaster-i.net/>
- 2) 国土地理院地理調査部防災地理課 関口辰夫・北原敏夫：平成18年7月豪雨（長野県岡谷市周辺）の土石流災害の分布と特徴、2006。  
<http://www1.gsi.go.jp/geowww/saigaikiroku/0607-h18ooame/0608-okaya/0608-okaya.pdf>
- 3) 防災科学技術研究所：地すべり地形分布図データベース、2006。  
[http://lswabl.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisubei\\_mini/index.asp](http://lswabl.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisubei_mini/index.asp)
- 4) 信州大学自然災害研究会：昭和60年長野市地附山地すべりによる災害、信州大学、1986。
- 5) 防災情報通信システム研究会：防災情報通信システム：山海堂、pp.20-32、2003。
- 6) 国土交通省 河川局砂防部：土砂災害分科会（第3回説明会資料）、pp.20-25、2006。
- 7) 独立行政法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部：MPレーダー雨量による土砂災害危険域の推定、2006。  
[http://lapsus.bosai.go.jp/lapsus/dosha\\_map/sgml.htm](http://lapsus.bosai.go.jp/lapsus/dosha_map/sgml.htm),
- 8) 気象庁：気象統計情報、2006。  
<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/prefecture/index48.html>
- 9) 諏訪測候所；諏訪測候所50年史、1995。
- 10) 国土交通省 河川局砂防部：土砂災害警戒避難ガイドライン検討委員会（第1回参考資料-1）、2006。  
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/dosya-guidelines/refl.pdfBl>
- 11) 長野県土木部：土砂災害警戒基準、2006。  
<http://www.pref.nagano.jp/kikikan/bosai/keikaku/shiryo/152-1.pdf>