

平成18年7月豪雨により岡谷市等で発生 した土石流の発生状況と自然環境要因

片倉正行・小山泰弘・山内仁人

平成18年7月豪雨により、県下57カ所で土石流が発生した。被害の大きかった岡谷市の小田井沢川・本沢川・志平沢川の土石流を主な対象として調査を行った。土石流は極めて水分の多い黒色泥流で、土石流源頭部は岡谷市湊花岡渡戸を中心とした半径1km円内の標高905～1,045m（平均970m）に集中していた。周辺森林にはカラマツ人工林が多かったが、土石流発生地にはアカマツ二次林およびコナラ混交林もみられた。土石流の発生原因は大量の降水が厚さ2～3mのローム質土層を飽和させたところに、さらに随所からパイプ流による地下水噴出が起こったためと推定された。なお、ローム質土層の飽和素因として透水性不良な埋没性黒色土層の存在が考えられた。これら黒色土層は縄文時代以降、断続的に存在した草原的植生により形成されたものと推定された。対象地域の山腹に、江戸時代中期から明治・大正時代にかけて造成された桑畑が起源と推定される階段状地形が広く認められた。

キーワード：土石流、埋没黒色土、カラマツ、御牧、縄文

1 調査の目的

平成18年（2006年）7月15～19日の梅雨前線による豪雨（平成18年7月豪雨）は、長野県下各地で土石流、山腹崩壊および洪水の発生をもたらし、併せて12名の死者を発生させる大災害となった。土石流は県下57カ所で発生し、特に19日未明に諏訪湖南西部山地（以下、湖南山地という）を中心に頻発した土石流では、岡谷市小田井沢川下流で7名、志平沢川下流で1名の人命が失われ、多数の家屋が損壊した。

長野県林務部は、これら土石流の発生原因と土石流発生に対する森林の影響を明らかにし、森林のもつ土砂災害防止機能を高度に発揮する森林の造成、あるいは現存森林をより防災機能の高い森林へ誘導するため、平成18年10月に、森林の土砂災害防止機能に関する検討委員会（以下、委員会という）を立ち上げた。委員会は、長野県林務部、長野県林業総合センター、長野県環境保全研究所、信州大学農学部、（独）森林総合研究所、中部森林管理局などにより構成され、被害が多かった岡谷市を中心として災害発生状況と発生要因を明らかにするとともに、森林の土砂災害を防止するための技術指針作成を行った。

筆者らは委員会において、森林植生ならびに森林土壌面などから土石流発生に関する環境要因の解明を担当し、現地調査ならびに各種資料

調査を行った。

本報告では、特に土石流流下跡地に頻繁に認められた埋没性黒色土層と、周辺山腹に多く見られた階段状地形に注目し、これらの形成年代及び土石流発生との関係について検討した。

本調査は長野県林務部森林整備課からの緊急調査要請、ならびに「森林の土砂災害防止機能に関する検討委員会（2006～2007年度）」により実施した。

調査で得られた成果は「災害に強い森林づくり平成18年度報告書（2007）」、「災害に強い森林づくり指針（2008）」に反映された。また成果の一部を、日本森林学会中部支部大会（片倉ら2008）で発表した。

2 調査地と調査方法

2.1 調査地

土石流の発生が多かった、岡谷市南部から辰野町北東部に広がる湖南山地を主な調査地とした（図-1）。なお、災害発生直後の7月26日に長野県林務部が実施した調査では、岡谷市の場川、および岡谷市上野原の土石流発生地も視察調査した。

2.2 調査方法と調査項目

長野県林務部森林づくり推進課、諏訪地方事務所林務課ほか関係機関等から資料を入手した。

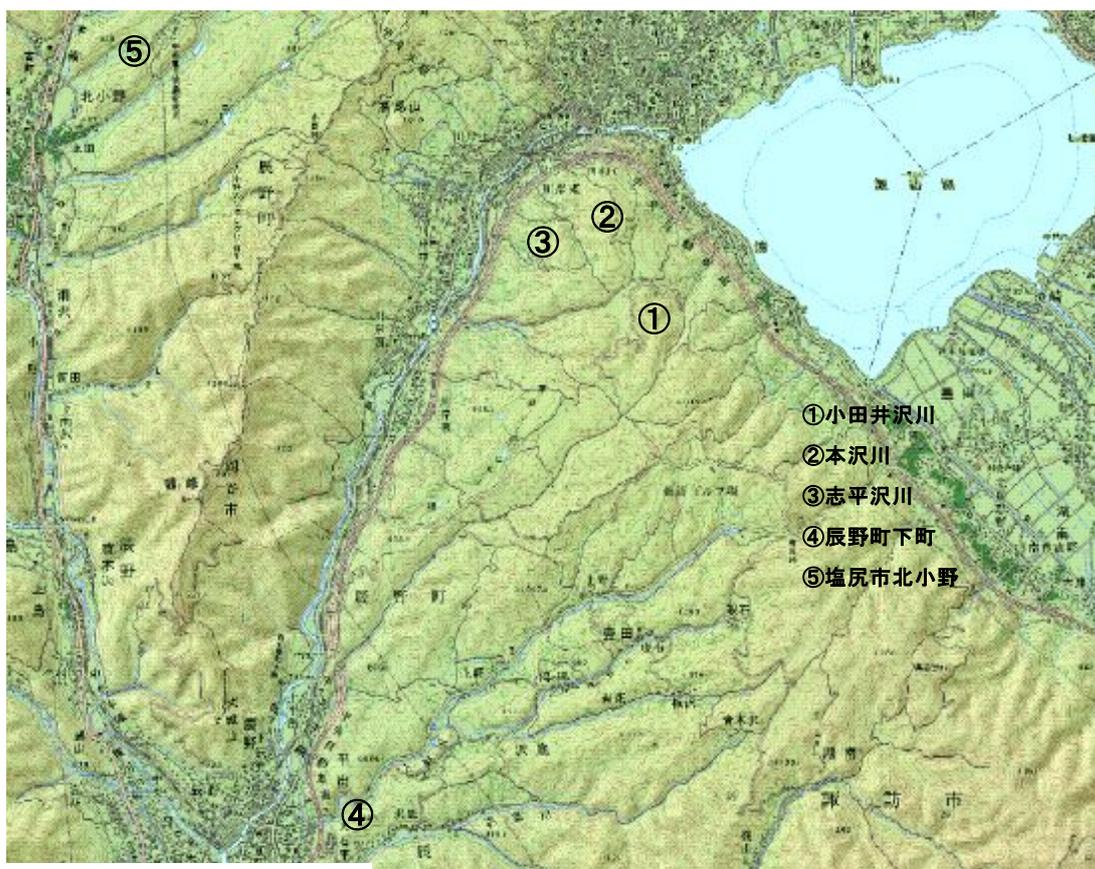


図-1 調査地の位置

表-1 現地調査の概要

年月日	調査内容	調査地	参加機関
2006/ 7/26	岡谷市森林関係被害全体調査	本沢川、志平沢川、小田井沢川、的場川、上野原等被害地全域	林野庁、森林総合研究所、信州大学農学部、林業総合センター、長野県林務部、諏訪地方事務所、岡谷市
8/9	森林調査・土壌調査	本沢川、志平沢川、小田井沢川	信大、林総セ、諏訪地事所
8/10	森林調査・土壌調査	本沢川、志平沢川、小田井沢川	信大、林総セ、諏訪地事所
9/22	各地の土石流比較	塩尻市北小野、辰野町下町、岡谷市本沢川ほか	松本地事所、伊那地事所、諏訪地事所、林総セ
10/17	土壌調査	本沢川、志平沢川、小田井沢川	環境保全研究所、林総セ
11/13	土壌調査・分析試料採取	本沢川、志平沢川、小田井沢川	(独法)森林総研、林総セ
2007/ 5/15	治山工事現場掘削面から土壌分析試料採取	志平沢川	土砂災害防止技術検討委員会全員
6/13	崩壊地調査・土石流発生を阻止したカラマツ林調査	南真志野	信大、林総セ、林務部、諏訪地事所
7/9	治山工事現場で現れたパイプの調査	志平沢川	林総セ、諏訪地事所

注) (1)平成18年9月以前の調査は、林務部の要請に基づき実施した。
 (2)「調査内容」は、林業総合センターが担当したものである。

2-2-1 雨量

長野県林務部森林づくり推進課など関係機関から資料提供をうけた。

2.2.2 土石流と崩壊地・流出土砂量

森林づくり推進課，諏訪地方事務所林務課などから資料提供をうけた。その他，関連ホームページあるいは関係学会誌等刊行物等から資料を入手した。

2.2.3 森林環境

小田井沢川，本沢川ならびに志平沢川流域を対象に調査した。植生調査は方形枠法とし，ブラウン・ブランケ法により実施した。なお，水分要求度が高いミズキなどが尾根周辺に分布していたため，諏訪地方事務所林務課が志平沢川源頭部周辺で立木の成立位置，胸高直径などについて調査を実施した。

また，過去の山地植生ならびに土地利用状況について，古地図や国土地理院旧版地図により検討した。

2.2.4 土壌

土石流流下跡には写真-1に，示したような埋没性の堅密な黒色土層の露出が頻繁に認められ，これら黒色土層が地下浸透する大量の降雨に対して難透水層として機能し，土石流発生の素因となったことが考えられたので，土壌断面調査を行うとともに，土壌理化学性と生成年代の測定を行った。



写真—1 土石流の流下地に現れた黒色土層

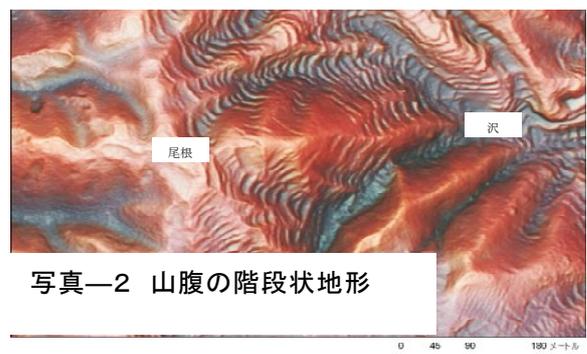
○ 地周辺で，深さ1m前後の試孔を設け土壌断面調

査(森林立地調査法委員会1999)を行った。

○土壌透水性 露出した黒色土層あるいは土壌調査断面などから400cc採土円筒を用いて，黒色土，その上部の褐色のローム質土，ならびに黒色土下部の暗褐色ローム質土の不攪乱試料を採取して実験室に持ち帰り，定法(森林立地調査法委員会1999)により透水性を測定した。
○生成年代測定 黒色土層の生成原因を明らかにするため，同位体炭素による年代測定(AMS-¹⁴C法)を行った。分析試料は，土石流の流下した河床および滑落崖や側方崖で黒色土を厚さ1cmほど採取し，根系等の有機物が混入しないように圧砕後，ステンレス篩(250 μ メッシュ)を通過したものとした。2006年9月に岡谷市小田井沢，本沢川，志平沢川，辰野町下町，塩尻市北小野の5カ所で残存した黒色土層の表面直下から，試料を採取し測定した。2006年11月に，本沢川，志平沢川，辰野町で深さ別に試料を採取し測定した。2007年5月には志平沢川の治山工事により掘削された床掘り断面(深さ約6m)から黒色土ならびに暗褐色土について深さ別に試料を採取し測定した。また，本沢川の褐色土層内，志平沢川の褐色土層内に埋没していた5~10mmの炭片についても測定を行った。年代測定は，(株)地球科学研究所に委託した。

2.2.5 山腹の階段状地形

諏訪地方事務所が崩壊地の周辺山腹の多くに特異な階段状地形などを見だし，崩壊地との関連性を検討するため航空レーザー測量(メッシュ幅：1.0m，高さ精度 \pm 0.25m，水平精度 \pm 0.25mの規格)により数値標高モデルを得て詳細な地形解析を行ったところ，多くの山腹に写真-2のような階段状の地表構造が認められた(清水ら2008)。



写真—2 山腹の階段状地形

このため，これら階段状地形の成因と土石流発生の関係について，古地図，過去の航空写真ある

いは市町村史などから検討した。

3 調査結果

3.1 雨量

辰野雨量観測所（アメダス）では15日～19日の5日間で421.0mm、諏訪特別地域気象観測所（以下、諏訪観測所という）で391.5mm、土石流発生地に近い釜口水門（長野県土木部所管）で、17日～19日の3日間で400.0mmを記録した。辰野雨量観測所で観測された日降水量147.0mm、月間降水量631.0mmは、ともに観測史上第1位の記録だった（統計期間：1978/11～2006/11）。また、諏訪観測所の日降水量148.0mmは観測史上第2位、月間降水量506.5mmは観測史上第1位の記録だった（統計期間：1945/1～2006/11）（長野県林務部2007）。いずれにしても平成18年7月豪雨は、内陸寡雨地帯の諏訪地域に、極めて異常な降水量をもたらしたことが明らかだった。

3.2 土石流と崩壊地

土石流源頭部は、図-2に示したように、北緯36°02'10"、東経138°02'40"付近の岡谷市湊花岡渡戸（上須ヶ平）を中心とする半径およそ1kmの標高905～1,045m（平均970m）範囲内に分布していた。

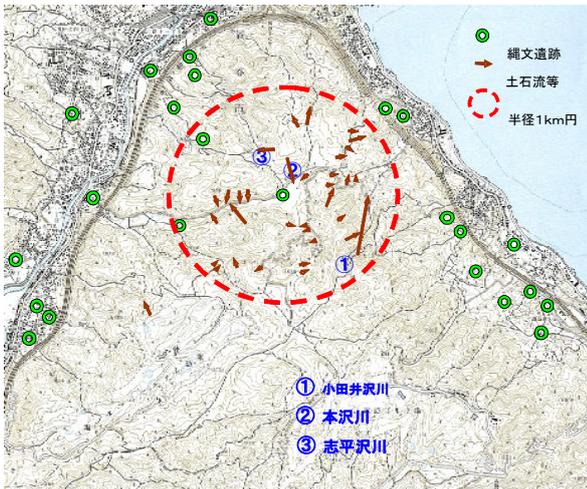


図-2 土石流、崩壊地と縄文遺跡の分布

小田井沢川、本沢川、志平沢川の土石流は極めて水分が多く流動的で、流下距離が長かった。また、土石流が広い集水面積を持たない尾根付近に源頭部崩壊地を持つこと、土石流の主な構成成分は細粒土砂で、黒色を呈する「黒い泥流」

だったことが特徴としてあげられる。これら土石流の土砂生産源について平松ら（2006）は、崩壊地よりも、溪床・溪岸部が締める割合が大きいとしている。

山麓まで流出した土砂量は小田井沢 60,000 m³、志平沢 5,500 m³だった（長野県砂防課2007）。なお本沢の流下土砂は緩傾斜地に成立していたカラマツ林に阻止捕獲され、山麓まで流出しなかった。

平松ら（2006）は、土石流のピーク流量推定値200～300 m³/secに対して、降水量から得られる推定値が10 m³/secと大きく異なることから、土石流に対する山体内部の貯留水供給を指摘している。

筆者のうち、片倉・小山は、本災害に対する「長野県職員災害ボランティア活動」として辰野町赤羽の沢底川右支川土石流被災地（2006/07/28）で、片倉はさらに岡谷市湊の小田井沢川土石流被災地（2006/08/01）で、家屋内および家屋周辺に流入した土石流堆積物の排出作業に従事した。これら堆積物は黒色の微細・均質な泥濁で、弱いメタン臭を発生し、排水された泥田程度の柔らかさだったため、プラスチック製ちりとりで屋内から運び出し、一輪車で遠方に搬出した。なお、辰野町赤羽の被災家屋周辺に深く留っていた土石流堆積物は、足を踏み込むと単独では脱出できなくなる泥濁状態にあった。

小田井沢川土石流は2km弱の距離を流れた後、集落内に流入して道路沿いに流下し、家屋などの構造物によって進路を変えながら、諏訪湖岸の岡谷・茅野線付近まで到達停止した。道路周辺は近年の埋め立てにより形成された陸地であり、これら人工陸地がなければ、土石流は諏訪湖に直接流入していたことになる。

土石流の流下路内に成林していたカラマツなどが倒伏して流木化し、下流の被害を大きくしていた。小田井沢川では、土石流が流路内の巨礫を削剥しながら集落まで到達したために大きな被害を生じさせた（長野県林務部2007）。

崩壊地は、91箇所、面積2.39haが認められた。これら崩壊地の多くは、40～50年生で立木が密生し林冠閉鎖した森林内の、沢の尾根に近い源頭部（ゼロ次谷）に発生し、また崩壊規模としては小さいものが多く、崩壊土砂量は少ないが大量の水が流下した痕跡が確認されている

(清水ら 2008)。

崩壊地の特徴として、平松ら (2006) も、崩壊地の崩壊規模は比較的小さいうえに、崩壊土砂の大部分は崩壊地直下あるいはその近傍に残存していることを確認している。

なお、土石流流下跡地残壁あるいは崩壊地周辺などに数多くの地下水噴出口 (以下、パイプという) が認められた。パイプについては北澤ら (2006) も指摘しており、土石流発生前後にはこれらのパイプから大量の地下水が復帰流として、地表あるいは土壤中に供給されたと推定される。本沢川土石流の流下残壁に写真-3 に示した大きなパイプがみられた。パイプ底に堅密な黒色土面が露出しており、黒色土上には不整合に多礫・多孔質堆積層が存在し、漸变的に褐色ローム質土層へ移行していた。この構造からは、豪雨がもたらされ地中に浸透する降水に対して黒色土層が難透水層となり、黒色土層上部のローム質土層は地下水で飽和し、黒色土層直上の多礫質層内に浅層地下水流 (復帰流) が発生し、パイプから大量の水分が土石流に供給されたも

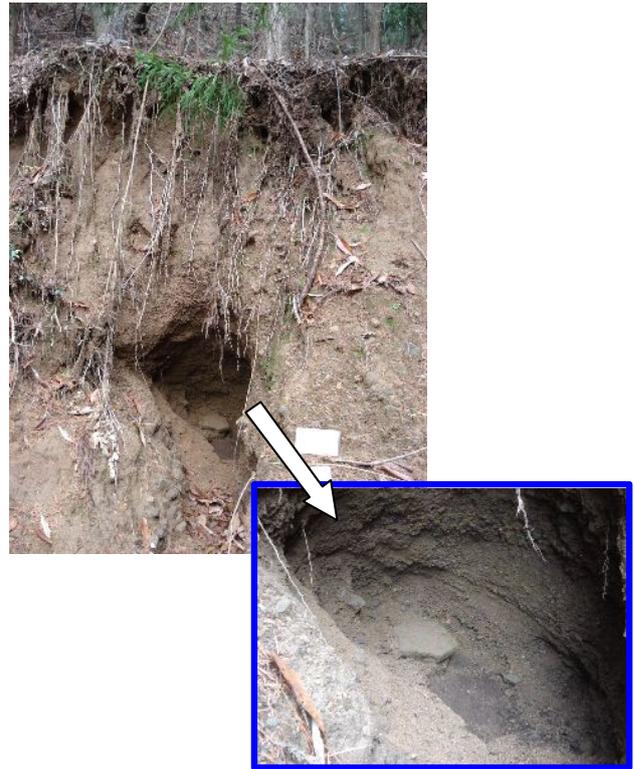


写真-3 パイプとその内部

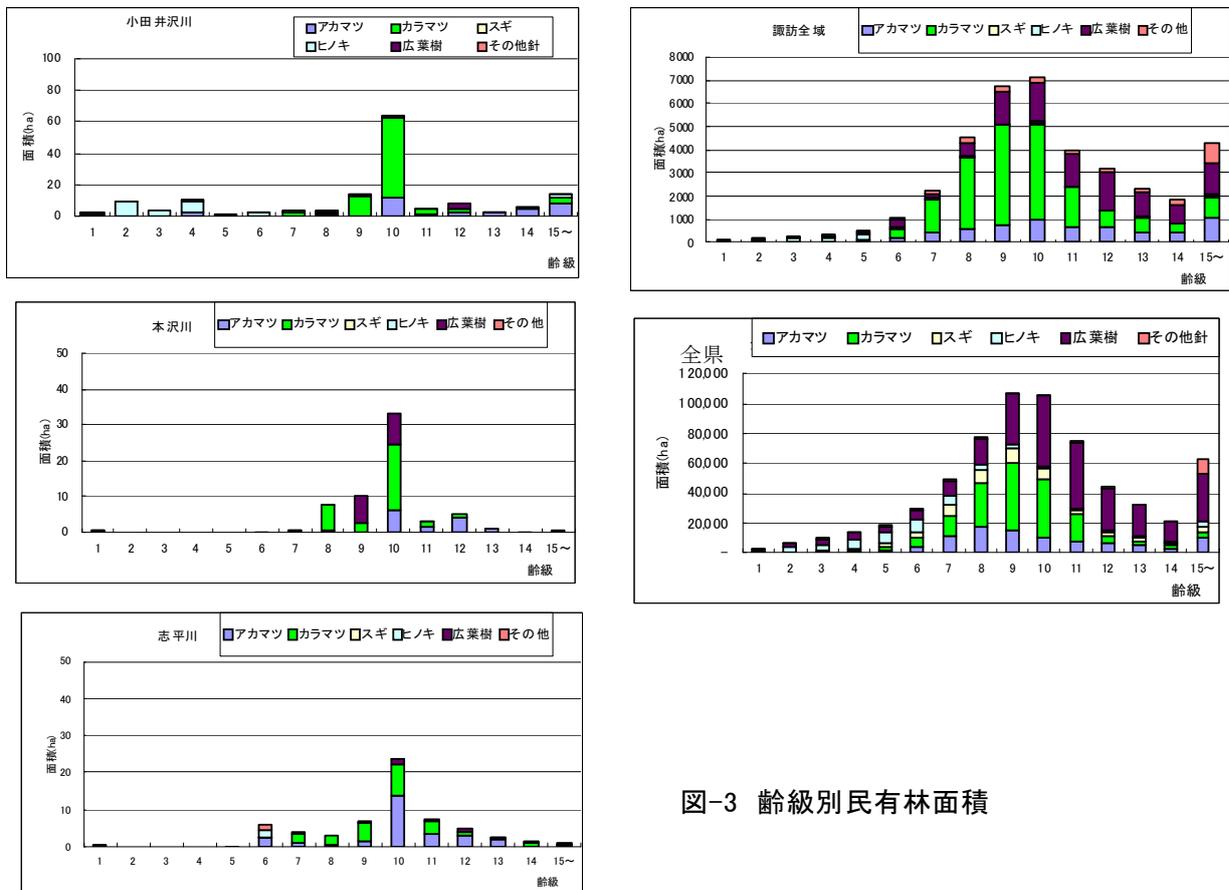


図-3 齢級別民有林面積

のと推定された。

表-2 林分調査結果概要

調査区番号		1	2	3	4
斜面上の位置		上部	中部	上部	尾根直下
林型		カラマツ人工林	カラマツ人工林	カラマツ人工林	ヒノキ・カラマツ混交林
上層木	樹種	カラマツ	カラマツ	カラマツ	ヒノキ・カラマツ
	林齢(年)	49	53	53	73
	本数(本/ha)	578	700	600	711
	上層樹高(m)	23.0	21.5	22.0	21.0
	平均胸高直径(cm)	25.4	25.7	26.6	24.5
収量比数		0.80 (地位Ⅲ)	0.82 (地位Ⅲ)	0.78 (地位Ⅲ)	0.82 (地位Ⅲ)
林分構造	階層	出現種 高さ(m) 被度(%)	出現種 高さ(m) 被度(%)	出現種 高さ(m) 被度(%)	出現種 高さ(m) 被度(%)
	高木層	カラマツ 23 80	カラマツ 21.5 70	カラマツ・コナラ 22 80	カラマツ・アカマツ・ヒノキ 21 80
	亜高木層	コナラ 13 5	欠落	欠落	カスミザクラ 10 1
	低木層	ミズキ等11種 2~8 40	ノリウツギ 4 10	ズミ・アオハダ 5 5	コナラ・サワフタギ 2 +
	草本層	コアジサイ、ケチヂミザサ等 57種 1 10	コアジサイ・サワフタギ等26種 1 80	コアジサイ・ウリハダカエデ等 21種 1 90	コアジサイ・サワフタギ・リョウブ等45種 1 90

3.3 森林状態

3.3.1 森林

小田井沢川、本沢川ならびに志平沢川流域の40～55%がカラマツ人工林（40～50年生）で、その他も同齢のアカマツ二次林あるいはナラ等二次林で構成されていた。なおこうした林相は諏訪地域の一般的林相であり、これら流域に特異的なものではなかった（図-3）。

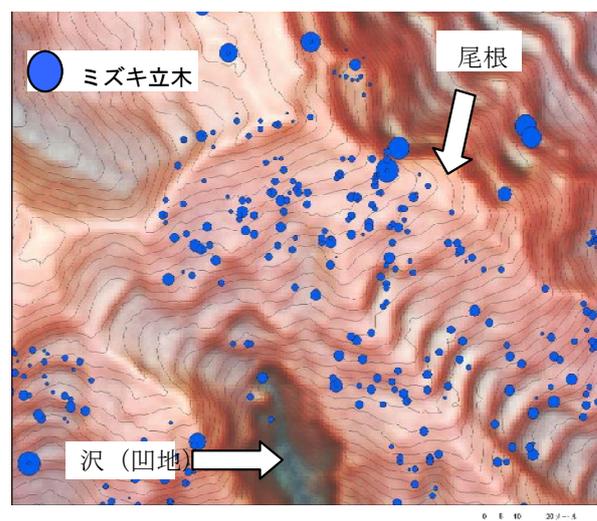
土石流の源頭部崩壊周辺はカラマツ人工林が多かったが、アカマツやコナラの混交も見られた。カラマツ林の成長は中庸で、混み合い程度は $Ry=0.80$ と「やや過密」だった（表-2）。

3.3.2 周辺植生

崩壊地あるいはその周辺尾根の林内植生として、ミズキなどの水分環境が良好な立地を好む種が尾根の一部で集中して見られ（図-4）、浅い地下水脈の存在が示唆された。土石流流下路となった沢筋にはカツラ、サワグルミなどの一般的溪畔樹種群落は見られず、これら沢筋は通常は湿潤環境にはなかったと推定された。

3-3-3 過去の植生と土地利用

天保年間に発行された諏訪地域の絵図では、寺社周辺等に小規模森林が認められるが、これらの場所を除くと稜場・草地などと記載されており、森林は少なかったと推測されている（長



円の大きさは胸高直径の大小を表す。

最も小さいものは10cm程度、大きいものは40cm程度である。

図-4 ミズキの分布例

野県林務部 2007)。

また、明治時代・大正時代の湖南山地には、荒地や草地在り広く分布し、小坂集落等の裏手からの広い沢筋は桑畑として利用されていたこと、志平川上流には崩壊地が多く見られ、小田井沢川の上尾根付近には流土地が存在したことが国土地理院保管旧版地形図から読み取れた。

昭和30年代（第二次大戦後）も地形図の判読結果からは、明治・大正期の土地利用状況と大きな差は認められず、1947年(昭和22年)

の航空写真では湖南山地全域に原野地と多くの崩壊地がみられた(写真-4)。

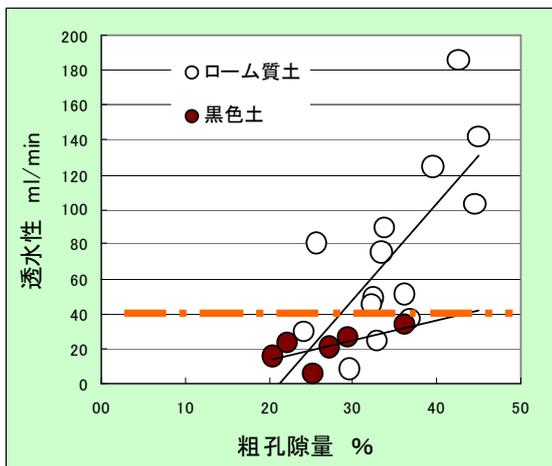
3.4 黒色土層



写真—4 1948年の湖南山地

3.4.1 土壌理化学性

黒色土の透水性は粗孔隙量の多少にかかわらず40mm/min未満を示した。これに対して黒色土上部の褐色ローム質土は明らかに大きな透水性(80~180mm/min)を示し、大量の降水が土壌深部に浸透し続けた場合、黒色土層は上部褐色ローム質土層に対して相対的に難透水層として機能し、褐色ローム質土層の飽和要因になりえたと考えられた(図-5、別表-1)。なお黒色土層下部から採取した暗褐色ローム質土も透水性が低かった。



図—5 透水性測定結果

3.4.2 黒色土層の生成年代

黒色土層表層部の年代は別表-2 に示したように、岡谷市と(7,900~6,460yBP)と、塩尻市・辰野町(1,530~1,220 yBP)に大別された。

深さ別年代が得られた岡谷市および辰野町の4地点では、黒色土層の埋没深さが深いほど年代が古かった。志平沢川の1地点(②—C)で褐色土層を挟んで、上部と下部の黒色土層年代に逆転現象が見られたが、これは、後者が生成後に、周辺上部斜面に存在した前者が滑落して形成されたものと推定された。

岡谷市では、10,160 yBP (BC10,000 : 縄文早期)から780 yBP (AD1,220 : 平安時代)にかけての年代が得られ、特に、8,490 yBP から5,720 yBP までの年代を示す試料が多かった。辰野町、塩尻市の黒色土表層は、1,530 yBP (AD475 : 倭国時代)ならびに1,220 yBP (AD825 : 奈良時代)を示し、辰野町の黒色土深さ別年代は2,510~1,660 yBP (縄文~弥生移行期)だった。

志平沢の暗褐色土内から得られた炭片の年代は、1,220~1,150 yBP (奈良時代から平安時代)だった。炭片の樹種は、(独)森林総合研究所安部久博士の電子顕微鏡観察により、カバノキ科カバノキ属と鑑定された。本沢川で得られた炭片の年代測定結果は江戸時代以降近代までを示し、樹種はスギ科スギ属あるいはヒノキ科サワラの枝材と鑑定された。

3.5 階段状地形

平均傾斜30°前後の山腹を始めとして、山脚から山頂(尾根)にかけて多くの場所で等高線方向に発達した顕著な階段状地形が認められた(写真-5)。

これらは50年ほど前の航空写真(写真-6)からも明瞭に観察され、平均的な奥行き(段幅)

写真—5 階段状地形(レーザー測量2006)

は5～10m前後，段の高低差3m前後と推定された。



写真—6 階段状地形(航空写真 1962)

諏訪地域，特に岡谷市では，明治・大正・昭和時代にかけて製糸業が日本を代表する巨大産業として発達した歴史をもつ。このため，階段状地形は製糸業に必須の「桑畑」の痕跡であることが考えられた。このため，蚕糸業・桑栽

培関連の写真・資料等の収集と聞き取り調査を行ったところ，次のことが明らかになった。

○諏訪地域の養蚕起源 諏訪地域の養蚕に関する最も古い記録は，「同廿日真志野桑代一丁四立(神田は)黒米俵四十にほうする桑代銭はお布施になる，云々」という文和三年(1354)の諏訪明神「年内神事次第旧記」とされている(岡谷市1984a)。

○桑園開発 花岡部落の養蚕は明暦元年(1655)ころより始められ，天明のころ最盛となったらしく，「養蚕のため官林を開発仕度奉願書」が提出されている(花岡区史編集委員会1983)。こうした桑園開発は隣接の小坂地区でも同様で，養蚕の発達に伴い桑園不足をきたし「桑畑開発願い」(表-3)が藩に提出されている(岡谷市1984a)。

○小坂桑の発見と桑苗生産 小坂地区では，同地区の花岡孫右衛門が，耐寒性・耐痩せ地性の高い「小坂桑」を野桑から創出し(1782)，小坂村蚕飼業の発展に寄与した。明治20年代前半に

表-3 桑畑開発願い

地 籍	立(間)	長(間)	坪数(坪)	備 考
笹林より大道迄日影之午腰辺	10	354	3,540	
南中山日影通	10	63	630	
かんばき			540	
北中山日影	10	20	200	小坂村百姓惣代願 代金16両 8ヶ年賦
〃	10	24	240	天明5年3月願出
殿屋布日影	10	30	300	
まんだくぼ日影	10	98	980	
合計			6,430	
木手狭間窪 畑畦より御林	7	62	434	天明5年7月願出 願人 伝四郎・助五郎・作拾郎 代金1両2朱 8ヶ年賦
かんば木日影道上	10	30	300	
同所日向道上	13	20	260	天明5年6月願出
同所ひらき	20	21	420	願人 八左衛門 伊三郎 徳衛門
宮久保越夕日あたり	15	20	300	
わらび峠道添	7	60	420	代金4両1分 8ヶ年賦
合計			1,700	
城山之内道添 上ゲ汐添	10	80	800	天明5年7月願出 願人 弁右衛門 伝 吉 代金2両 8ヶ年賦

は年間10万本余の桑苗木が生産され、小坂村は桑苗の産地ともなった（岡谷市1984b）。

○湊村(旧花岡村・小坂村)の桑園面積 湊村では、明治初年桑畑約4町歩から20年代には14町歩、25年には100町歩を越える大発展をみせ、大正15年には172町歩となり最高を示した(岡谷市史中巻p213)。なお、桑の反収は米を凌ぐものがあり、明治10年には米の約3倍余(岡谷市1984b)だったとされる。

○太平洋戦争前後の桑畑 花岡地区住民から、「第二次大戦中に裏山の桑畑で桑を抜き、粟や稗などの畑にした。その畑が、今はカラマツ林になっている。」という話しが聞かれた。

また、花岡区史には、花岡地域は地形上昔から急坂な畑に雑穀を作り近世末になって山畑に桑を作り養蚕に力を入れるようになり、養蚕の盛んな時には須ヶ平の奥地まで桑園となったが、太平洋戦中や戦後は食料増産のため穀類・芋類の畑と化し、やがて戦後の大変化によって農園は唐松林に変わり、あるいは荒畑となり面積は減少した、と記載されている(花岡区史編集委員会1983)。

これらのことから、湖南山地の森林内に広く分布する階段状地形は、江戸時代中期以降に始まり、明治・大正時代にかけて造成された桑園痕跡と推定された。これら桑園は、明治以降に生じた近代蚕糸業の発達により最も拡大し、天に至るような階段状地形を構築したが、昭和初期以降の蚕糸業衰退に伴い桑園は放棄され始め、一部は太平洋戦争時に雑穀用の畑に転用され、その後は拡大造林の対象地となった。山地に生き残った桑の根株は戦時中に掘り採られて燃料として利用されるとともに、拡大造林に伴う地ごしらえで除去され、現在みられるようなカラマツを主体とする人工林が形成されたものと考えられた。

4 考察

4.1 土石流の発生原因

土石流は、それぞれの土石流が発生した沢地形内に堆積していた厚さ2~3mのローム質土層が、平成18年7月豪雨の連続雨量400mmという大

量の水分により飽水し非常に不安定になっているところに、山腹崩壊を伴いながら大量の地下水が噴出し、不安定化していたローム質土層が流動化、あるいは削剥されて流下したことにより発生したものと推定された。

4.2 流域の森林環境と土石流

土石流発生流域あるいは源頭部崩壊地にカラマツ人工林が多かったが、アカマツ林、コナラ混交林もみられたことから、カラマツ林が直接的な土石流発生素因になったとは考えられなかった。しかし、沢地形内に造林され無間伐で放置されていたカラマツ林は過密状態に陥り立木形状比が100を超え(深見ら2008)根系発達が不良なものが多かったため、これらは土壌が水分飽和した条件下では非常に倒伏し易かったものと考えられた。

なお、現在の森林が成立する以前の湖南山地は、草原的環境(秣場・芝山)が広く分布し、流土地や禿地も多く森林は少なかった。森林に覆われた現在の湖南山地は、ここ2000年あるいはそれ以上の歴史の中で極めて例外的な植生状態である可能性が示唆された。

今回の土石流発生に大きく関与した「パイプ」は、裸地環境が広く存在した地史を背景として特異的に多数生成された可能性がある(長野県林務部2007)。

4.3 埋没性黒色土と土石流の関係、ならびに成因と山地利用履歴

黒色土層の透水性は、上部の褐色ローム質土層に比べて明らかに小さな値をとった。これは、埋没していた黒色土層が、その上部ローム質土層に対して難透水層として機能し、今回の土石流発生素因となったことを示唆すると考えられた。

黒色土の生成年代は、縄文時代(約10,000年前)から平安時代という結果が得られた。黒色土の成因は、古代人の野焼き等で生じた微粒炭が風成ローム質土の堆積に加わって活性炭となり可溶腐植を吸着・保持することで形成されたとされ(山野井1996)、黒色土と古代の山地利用の関係については、長野市周辺飯綱山麓における報告(富樫ら2004)、岩手県北上山地における報告(岡本2005)などがあり、いずれも古代人の野焼きを黒色土生成原因としている。

これらを併せて考えると、湖南山地では縄文時代早期から人間による積極的な山地利用が行われ、原野的環境が長期間継続したものと考えられた。岡谷市では、縄文時代の遺跡が多数発見されており、図-2に示したように湖南山地周辺にも多くの遺跡が見られる(岡谷市 1984a)。住居から数km以内の山地は、古代人にとっては活発な行動圏であり、こうした原野的環境が長期間にわたり継続したものと考えられた。なお、こうして生成された黒色土は、特に緩傾斜な沢地形内では山腹からの崩壊土砂で埋没する機会が多く、また上部堆積土砂による圧密化も進行し、流亡抵抗力が大きくなりながら長期間保存されていたものと考えられた。

4.4 階段状地形

写真にみられた階段状地形は、その断面形状から、雨水の地下浸透を促進し地下水貯留に貢献すると考えられるが、今回は土石流発生と階段状地形分布の相関について十分な検討はできなかった。このことについては、今後、階段状地形の断面構造あるいは土壌理学的性の検討などから土石流発生の素因となりうるか検討が必要である。

5 まとめ

平成18年7月豪雨により発生した、岡谷市小田井沢川・本沢川・志平沢川の土石流は極めて水分の多い黒色泥流だった。土石流源頭部は岡谷市湊花岡渡戸を中心とした半径1km円内の標高905~1,045m(平均970m)に集中し、周辺森林はカラマツ人工林が多かったが、土石流発生地にはアカマツ二次林およびコナラ混交林もみられた。なお、尾根上等の乾燥し易い立地にミズキなど水分要求度の大きな樹種の立木が頻繁に見られ、浅い地下水脈の存在が示唆された。

土石流の発生誘因は豪雨であり、豪雨によりもたらされた大量の水分で厚さ2~3mの表層のローム質土層が飽和状態となったところに山腹崩壊あるいは地下水噴出等が生じたことで土層の流動化を招いたものと推定された。

ローム質土層の飽和素因のひとつとして透水性不良な埋没性黒色土層の存在があった。これら黒色土層は縄文時代以降、断続的に存在し

た草原的植生により形成されたのちに、ローム質土の堆積により埋没していた古土壌と推定された。

対象地域の山腹に、江戸時代中期から明治・大正時代にかけて造成された桑畑と推定される階段状地形が広く認められた。階段状の地表構造は大量降雨に対して地下浸透を促進すると考えられた。

今後、さらに詳細な地形解析などによる山腹崩壊の時系列解析、また浅層地下水分布、ミズキ立木分布、階段状地形分布、パイプ位置マッピング、並びに埋没性黒色土の分布などを明らかにし、複合的に解析検討することで、歴史的・人為的要因による山地表面付近の地形・土壌変化様式を明らかにし、山地災害防止に資する必要がある。

6 謝辞

調査に当たり、長野県庁林務部森林づくり推進課、諏訪地方事務所林務課、松本地方事務所林務課、上伊那地方事務所林務課、岡谷市役所農林水産課・広報情報課、岡谷市湊公民館、諏訪市博物館、岡谷市蚕糸博物館、ならびに(財)片倉館の関係者の皆様に多大なご協力・ご教示を賜りました。岡谷市湊区小口幸重氏からは貴重なお話を伺いました。また、信州大学農学部北原曜教授、(独)森林総合研究所落合博貴治山研究室長(現林野庁研究保全課首席研究企画官)、(独)森林総合研究所岡本透主任研究員、県環境保全研究所富樫均主任研究員、(社)長野県林業コンサルタント協会松澤義明研究調査課長には、常に貴重なご助言・ご指導を賜りました。林業総合センター柴田直明博士、(独)森林総合研究所安部久博士には埋没炭片の樹種鑑定をお願いしました。林業総合センター戸田堅一郎研究員にはレーザー測量資料の提供ならびに貴重なご助言を頂きました。ほかにも多くの方々のご協力を頂きました。関係者の皆様に対して、心より御礼申し上げます。

引用文献

- 深見悠矢・北原曜・小野裕(2008)立木引き倒し試験による森林の土石流緩衝機能の力学的評価, 中部森林研究 56 : 283-286
- 花岡区誌編集委員会(1983)花岡区誌 : 675pp
- 平松晋也・水野秀明・池田暁彦・加藤誠明(2006)2006年7月豪雨による土砂災害—長野県岡谷市一,砂防学会誌,59(3) : 51(56)
- 片倉正行・岡本透・富樫均・清水靖久・妹尾洋一・松澤義明(2007)中部森林研究 56:293-296
- 北澤秋司・松下泰見・飯沼達夫・平沢清・三上幸三・新谷浩明(2006) 2006年7月長野県天竜川上流域で発生した豪雨災害,日本地すべり学会誌,42(3) : 39-43
- 長野県砂防課(2007)災害報告集計(H18)
- 長野県林務部(2007)災害に強い森林づくり平成18年度報告書・解説 : 19-23
- 長野県林務部(2008)災害に強い森林づくり指針解説 : pp275
- 長野県林務部(2008)災害に強い森林づくり指針 : pp30
- 長野県(1994)土地分類基本調査(諏訪) p15
- 小口雄勇(1997)小坂桑をご存知ですか,岡谷市蚕糸博物館紀要 2 : 86-87
- 岡本透(2005)黒色土の由来(森の生態史—土壌と土地利用,大住克博・杉田久志・池田重人編.古今書院,東京)73-86
- 岡谷市(1984a)復刻岡谷市誌上巻 : 1,059pp
- 岡谷市(1984b) " 中巻 : 984pp
- 小坂区誌編纂委員会(1993)小坂区誌 : 399pp
- 清水靖久・向山繁幸・戸田堅一郎(2008)ゼロ次谷における水分環境・林相と災害発生の関係について,第48回治山研究発表会, P63-64
- 森林立地調査法編集委員会(1999)森林立地調査法 : 284pp
- 諏訪史談会(1986)諏訪藩主手元絵図
- 富樫均・田中義文・興津昌宏(2004)長野市飯縄高原の人間活動が自然環境に与えた影響とその変遷.長野県自然保護研究所紀要 7 : 1-16
- 山野井徹(1996)黒土の成因に関する地質学的検討.地質学雑誌 102 : 524-544

別表－1 黒色土等の土壌理化学性測定結果

番号	場所	採取力所	層位	深さ(cm)	最大 容水量	最小 容気量	孔隙量(%)			透水性(cc/min)	
							全孔隙	細孔隙	粗孔隙	褐色・ 暗褐色 土	黒色土
1	小田井沢川源頭崩壊地上部山腹	試孔 1	A	3-7cm	56.3	15.4	71.7	29.1	42.6	186	
			A2	10-14cm	57.8	7.5	65.3	31.6	33.7	90	
			B	30-34cm	57.1	10.7	67.8	28.2	39.6	125	
			B-C	55-59cm	55.9	7.3	63.1	30.7	32.4	50	
			C	70-74cm	54.4	6.0	60.4	34.7	25.7	81	
		試孔1の横、 左叉崩壊底	黒色土層の上部		58.5	7.6	66.1	36.5	29.6	9	
	黒色土		66.1	3.2	69.3	44.0	25.3		6		
2	本沢川源頭崩壊地上部山腹	試孔 2	A-B	5-9	52.5	19.4	71.9	27.4	44.5	104	
			B1	30-34	56.4	5.4	61.8	24.8			
			B2	60-64	57.6	5.2	62.8	29.3	33.5	76	
			A'	85-	64.3	2.9	67.2	31.0	36.2		34
3	本沢川源頭崩壊地側方山腹	試孔 3	A-B	5-9	62.3	10.9	73.2	28.1	45.0	142	
			A-B	15-19	61.3	4.2	65.5	28.7	36.8	37	
			A'	40-44	62.7	5.4	68.1	35.3	32.8	25	
			B'		62.9	5.0	67.9	35.7	32.2	46	
4	本沢川土石流流下地		5-9	50.5	11.8	62.3	26.0	36.2	52		
			5-9	66.8	0.0	66.7	42.6	24.1	30		
			5-9	57.2	4.8	62.0	34.7	27.2		21	
			表層	57.7	4.1	61.8	41.4	20.4		16	
5	小田井沢川崩壊底黒色土		表層	54.7	9.8	64.5	35.2	29.3		27	
6	本沢川崩壊底黒色土		表層	55.9	3.9	59.8	37.5	22.2		24	

別表－2 年代測定結果一覧表

調査地	調査年月	試料採取断面	試料	採取位置	暦年代(1σ)	補正14C年代(yBP)	δ13C	機関番号	
① 岡谷市 小田井沢川	2006/09	A	黒色土	表面直下	BC 7,040 ~ 6,810	7,900±40	-19.9	Beta-222418	
	2006/09	A	黒色土	表面直下	BC 6,500 ~ 6,460	7,640±40	-22.5	Beta-222417	
	2006/11	B	黒色土	表面から下部、195~205cm	AD 1,040 ~ 1,200	860±40	-22.3	Beta-224886	
				" 340~360cm	BC 10,130 ~ 9,870	10,160±60	-21.3	Beta-224887	
		C	黒色土	表面から下部、85~90cm	BC 4,690 ~ 4,540	5,720±40	-22.6	Beta-224888	
				" 140~160cm	AD 1,170 ~ 1,270	780±40	-22.1	Beta-224889	
	② 岡谷市 志平沢川	2007/05	D	暗褐色土	表面から下部、260cm	AD 720 ~ 740 770 ~ 880	1,220±40	-22.3	Beta-232357
				暗褐色土	" 330cm	BC 2,390 ~ 2,390 2,340 ~ 2,260 2,260 ~ 2,210	3,840±40	-23.0	Beta-232356
				黒色土	" 360cm	BC 6,220 ~ 6,070	7,280±40	-22.2	Beta-232355
				暗褐色土	" 390cm	BC 7,180 ~ 7,070	8,150±40	-21.6	Beta-232354
炭片			表面から下部、300cm	AD 670 ~ 770	1,280±40	-23.9	Beta-232358		
			"	AD 720 ~ 740 770 ~ 880	1,220±40	-25.1	Beta-232359		
			"	AD 720 ~ 740 770 ~ 880	1,220±40	-24.3	Beta-232360		
			"	AD 870 ~ 900 920 ~ 960	1,150±40	-25.1	Beta-232361		
③ 岡谷市 本沢川	2006/09	A	黒色土	表面直下	BC 6,560 ~ 6,470	7,690±40	-24.2	Beta-222419	
		B		"	BC 5,490 ~ 5,460	6,460±40	-22.3	Beta-222420	
	2006/11	C	黒色土	表面から下部、2~5cm	BC 3,350 ~ 3,260	4,470±40	-22.3	Beta-224882	
				" 30~35cm	BC 5,620 ~ 5,490	6,570±50	-22.5	Beta-224883	
				" 70~75cm	BC 7,590 ~ 7,570	8,490±50	-21.6	Beta-224884	
	D	炭片(複数)	崩壊崖埋没黒色土層の上部50~80cm	AD 1,670 ~ 1,950	150±40	-27.1	Beta-224885		
④ 辰野町 下町	2006/09	A	黒色土	表面直下	AD 420 ~ 530	1,530±40	-21.4	Beta-222422	
	2006/11	B	褐色ローム質土	表面から下部、2~8cm	AD 750 ~ 760	1,310±40	-23.2	Beta-224879	
			黒色土	" 5~10cm	AD 240 ~ 390	1,660±50	-20.9	Beta-224897	
				" 25~30cm	BC 800 ~ 770	2,510±40	-21.0	Beta-224880	
暗褐色土層	" 45~50cm	BC 1,890 ~ 1,750	3,450±40	-21.9	Beta-224881				
⑤ 塩尻市 北小野	2006/09	A	黒色土	表面直下	AD 770 ~ 880	1,220±40	-20.9	Beta-222421	

分析法:放射性炭素年代測定法(AMS:加速器質量分析)
暦年代:INTCAL98による。(1シグマ)。

分析委託機関:(株)地球科学研究所
分析機関:BETA ANALYTIC INC. USA

採取位置:「表面直下」とは地表面より、1~5cm下部を指す。