

5. 土砂災害

5. 1 被害の全体概要

平成16年新潟県中越地震により発生した土砂災害は、土石流4カ所、地すべり131カ所、がけ崩れ90カ所に及んでいる(国土交通省砂防部12月31日まとめ)。図5.1に本震及び震度6強以上を観測した余震の震央と斜面崩壊分布を示す。図にあるとおり本震の震央に近いところで斜面崩壊が多数発生しており、被害の大きい山古志村を中心に撮影した空中写真から判読された斜面崩壊が計1,662箇所確認されている。¹⁾

砂防研究室、土砂管理研究グループが行った地震発生前後の衛星写真の判読比較²⁾によると、土砂災害による被害の大きかった山古志村西部の斜面崩壊地発生面積率が4.7%(判読面積21km²)となっており、1964年の新潟地震及び兵庫県南部地震によって発生した斜面崩壊の発生事例と比較しても斜面崩壊の発生率が大きい。

今回の地震は第三紀層の本来地すべりの多発している地域において発生しており、斜面崩壊、地すべりが多発した。中でも芋川では大規模な河道閉塞による浸水被害が発生した。新潟県栃尾市では、地震発生前の1ヶ月間で448mmの降雨量が観測されている。また、地震の直前の10月20日には台風23号により日雨量92mmの降雨が記録されておりそれらの影響が考えられる。今後、積雪・融雪期における地すべりの誘発、次期降雨における斜面崩壊の拡大などによる土砂災害の発生に向けた調査・対策が急務である。

5. 2 調査の概要

ここでは、①砂防研究室と土砂管理研究グループが地震発生直後にヘリコプター及び地上から実施した緊急調査の概要、②芋川本川で形成された河道閉塞に対する「砂防等専門家チーム」(構成員の一員として水野秀明砂防研究室主任研究官、西本晴男土砂管理研究グループ長が加わる)の緊急調査で実施した危険度概略判定の概要、及び、北陸地方整備局湯沢砂防事務所内に設置された「芋川河道閉塞現地対策室」に対する技術支援の概要、③山古志村の土砂災害発生箇所で行った調査の概要、④国土交通省関係機関、都道府県、独立行政法人土木研究所、財団法人砂防・地すべり技術センター、砂防ボランティア等から構成された「土砂災害対策緊急支援チーム」(本部長：杉浦信男危機管理技術研究センター長)での活動の概要、⑤妙見斜面崩壊技術支援の概要について報告する。

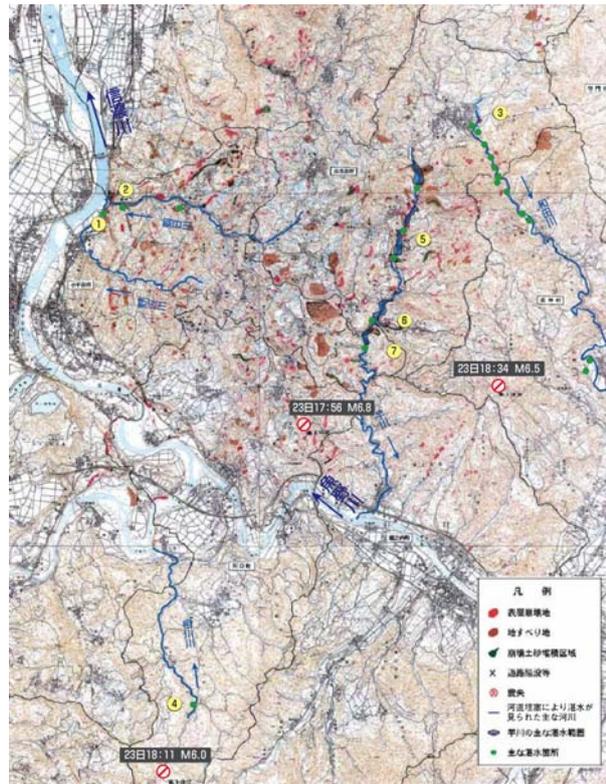


図5.1 震央と斜面崩壊の分布 (北陸地整作成)

5. 3 調査結果

5. 3. 1 緊急調査

地震発生 2 日後の 25 日に、土砂災害の発生状況について砂防研究室および土砂管理研究グループ、新潟試験所がヘリコプターによる上空からの緊急調査を行った（図-5.2）。

その結果、魚野川流域の少なくとも 4 箇所において大規模な河道閉塞が発生していることが確認できた。なお、以下に記述する河道閉塞の規模等の数字は機上から推測したものである。

1) 芋川（魚野川右支川）

- ・ 2 箇所で地すべり性崩壊による土砂で大規模な河道閉塞が発生している。
- ・ 他にも本川、支川において河岸の山腹崩壊により多数の河道閉塞が発生している。
- ・ 今後の降雨による湛水の進行、余震により、河道閉塞箇所の決壊による土石流発生の危険性が高いと考えられるため緊急的な対策が必要である。
- ・ 山古志村内はライフラインの途絶で村外への住民避難が行われている。
- ・ 魚野川合流点の川口町竜光（りゅうこう）地区は応急対策の状況をみつつ住民避難を検討する必要がある。

①十二平地区（魚野川合流点より約 3km 地点）の河道閉塞

右岸からの地すべり性崩壊で河道閉塞が発生している。

閉塞部分の高さ約 10~15m、幅約 30m、長さ約 50~100m 湛水はまだ少ない。

集水面積は約 17km²程度。

②寺野地区（魚野川合流点より約 9km 地点）

右岸からの大規模な地すべり性崩壊で河道閉塞が発生している。

閉塞部分は高さ約 30m、幅約 100m、長さ約 200m、湛水は延長約 400m までの範囲にみられる。

集水面積は約 6km²程度。

2) 和田川（波間川右支川）

・ 波間川合流点より約 8km 上流の大谷地（おおやち）地区で右岸からの地すべり性崩壊による土砂により河道閉塞が発生している。

高さ約 15m、幅約 30m、長さ約 50m、湛水は延長約 300m までの範囲にみられ、ほぼ満水状態。

集水面積は約 5km²程度。

湛水の一部が流下していることを確認（午後のフライトで確認：14 時 46 分）。

下流約 3km の滝之又地区は河床との比高が小さいため、土砂災害の観点から住民の安全確保に警戒が必要である。

3) 相川川（魚野川左支川）

・ 魚野川合流点より約 7km 上流の地点で、右岸からの地すべり性崩壊により河道閉塞が



写真-5.1 大規模な地すべり（山古志村山中）

発生している。

- ・高さ約 20m、幅約 50m、長さ約 80m、湛水延長約 50m（うち下流半分は左岸までは埋塞していない。また、上流半分も左岸側に低く堆積している状態）。
- ・下流 3km に小高地区、さらに 2km 下流に向山地区、さらに魚野川との合流点にも集落があり、今後の降雨、余震により土石流発生のおそれがあり、警戒が必要である。

また、河道閉塞の発生箇所以外で機上から確認できた地域の状況は以下の通りである。

1) 山古志村内

- ・山古志村を中心に、地すべり性崩壊、表層崩壊が極めて多数発生し、各流域では今後の降雨、余震等による二次災害の危険性に警戒する必要がある。(写真 5-2)
- ・谷沿いの崩壊地からの崩壊土砂はそのほとんどが谷に残存している。
- ・山古志村の道路は、路面の地割れ、山側からの崩落、谷側への陥没、地すべり等により壊滅的といえるほどの被害を受けている。



写真 5-2 多数の山腹の表層崩壊（山古志村）

- ・当面は余震のおそれがあり、作業の安全確保を図るため、調査を行うにあたっては空中写真の活用、ヘリ調査と地上調査の使い分けが必要である。
 - ・土砂災害対策については今後の調査を踏まえることが必要となるが、委員会形式を執るなど学識経験者の意見を聞きながら対策を講ずる必要がある。
- #### 3) 朝日川から魚野川右岸、波間川右岸流域一帯
- ・山古志村に近接するエリアに多数の崩壊あり。各支川の上流部は地すべり性崩壊が多く、下流部は比較的表層崩壊が多い。
- #### 4) 川口町魚野川左岸流域
- ・地すべり性崩壊と、表層崩壊が多数発生している。

5. 3. 2 河道閉塞現象対応

図 5.2 は今回の地震に伴って生じた河道閉塞のうち、芋川本川の5つの地区(上流から寺野、南平、榑木、東竹沢、十二平)で生じた河道閉塞の位置を示したものである。砂防研究室と土砂管理研究グループは新潟県の要請に基づき、これらの河道閉塞の安定性を判定するために、現地調査を10月28日に実施した。また、その後、寺野地区と東竹沢地区で発生した河道閉塞に対する応急対策の技術的支援を北陸地方整備局湯沢砂防事務所に対して行なった。以下にその概要を報告する。

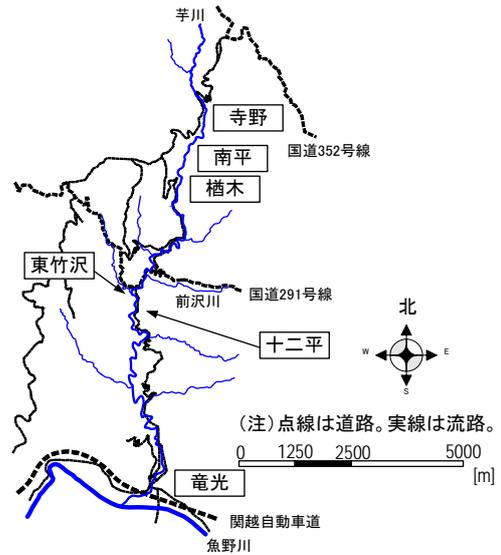


図 5.2 河道閉塞の位置

5. 3. 2. 1 河道閉塞に対する危険度概略判定

土砂災害復旧計画作成支援システム(建設省、1992)にある危険度概略判定のフローに基づき、越流とパイピングによる河道閉塞の決壊にいたるまでの時間と、決壊した場合の段波のピーク流量を推定した。また、既存資料(建設省河川局砂防部、1995)に示された過去の天然ダムの被災事例と比較して、寺野、南平、榑木、東竹沢、十二平で形成された河道閉塞の決壊の可能性を検討した。

表 5.1 は寺野、南平、榑木、東竹沢、十二平で形成された河道閉塞の形状と、せき止め土砂量及び満水した場合の湛水量を示したものである。河道閉塞が形成される前の地形は国土地理院発行の50mメッシュデータから推定し、形成後の地形は10月28日にレーザー計測した結果を用いた。

表 5.1 河道閉塞の形状

地区名	河道閉塞の形状				
	長さ [m]	高さ [m]	幅 [m]	せき止め土量 [m ³]	貯水量[m ³] (満水湛水量)
寺野	360	26	230	107,800	428,900
南平	220	8	345	11,700	20,200
榑木	190	9	240	44,500	9,100
東竹沢	350	28	295	1,272,300	3,273,100
十二平	125	9	95	23,300	25,200

表 5.2 はそれぞれの河道閉塞が決壊するまでに至る時刻を推定した結果である。越流による決壊に至るまでの時間は、10月28日時点の湛水位と河道閉塞の天端のうち最も低い地点の標高の差を水位上昇の割合で割って求めた値である。なお、水位上昇の割合について、現地調査時点で入手できた値は、河道閉塞の規模の大きな寺野と東竹沢のみであったため、そ

表 5.2 河道閉塞が決壊までの推定時間

地点名	決壊までに要する時間 [h]	
	天然ダムの越流による破壊	天然ダムのパイピングによる破壊
寺野	29	50,367
南平	-	56,051
榑木	-	49,026
東竹沢	248	54,573
十二平	-	21,921

他の河道閉塞は推定できなかった。また、パイピングによる決壊に至るまでの時間は河道閉塞の下流端に浸潤線が到達するまでの時間とし、式(5.1)(建設省、1992)を用いて推定した。

$$T = \frac{L}{k(\sin\theta + H/L)} \quad \dots (5.1)$$

ここで、T：到達時間[s]、L：河道閉塞の長さ[m]、k：透水係数[m/s]、H：河道閉塞の高さ[m]、 θ ：元河床勾配である。計算に際して、L、H、 θ の値は表5.1に示した数値を用いた。kの値は、新潟県が過去に芋川流域において実施した土質調査の結果を参考に 2.0×10^3 [cm/s] (= 2.0×10^5 [m/s])とした。計算した結果、越流による決壊までの時間がパイピングによる決壊までの時間よりかなり短かったことから、河道閉塞が決壊するとすれば、その原因は越流によるものとなるだろうと推定できた。なお、後日、寺野地区で形成された河道閉塞の内の2箇所において簡易揚水試験を実施し、透水係数を計測したところ、その値は $3.1 \times 10^3 \sim 6.5 \times 10^3$ [cm/s]の範囲であった。最大値(6.5×10^5 [m/s])を用いた場合、表5.2で示したパイピングによる決壊に至るまでの時間は0.3倍程度となる。その場合においても、越流による決壊までの時間がパイピングによる決壊までの時間よりもかなり短かった。

図5.3は過去の天然ダムの被災事例から河道閉塞の決壊の可能性を検討したもので、X軸に堰止め土量[m³]、Y軸に湛水量[m³]をプロットしたものである。ここでは、湛水量として満水した場合の値を用いた。その結果、「決壊せず&T $\geq 10^6$ 」(Tは継続時間[s])の直線より上に位置すると「遅かれ早かれ決壊する」条件に入ることから、寺野地区と東竹沢地区の河道閉塞は遅かれ早かれ決壊すると推定できた。

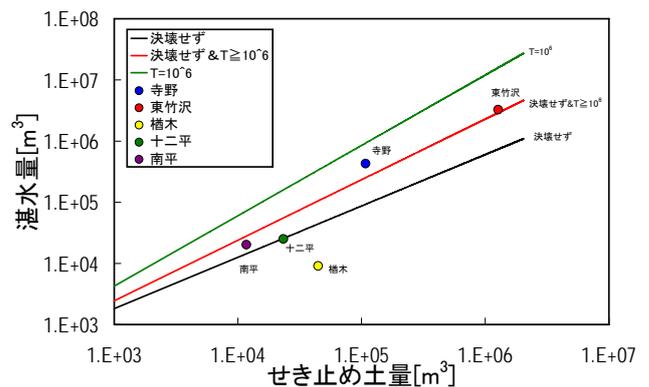


図5.3 せき止め土量と湛水量の関係

以上の検討結果から、危険度概略判定の結果として、寺野地区と東竹沢地区で形成された河道閉塞は満水すると越流による決壊が生じる可能性がある判断した。

次に、河道閉塞が決壊した場合に生じる段波のピーク流量を推定した。ここでは、河道閉塞が越流により侵食された場合を想定して、式(5.2)(建設省、1992)を用いて推定した。

$$q_{\max} = \begin{cases} 0.512 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.347} & (d_m = 0.25\text{mm}) \\ 0.290 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.384} & (d_m = 2.50\text{mm}) \end{cases} \quad \dots (5.2)$$

ここで、 q_{\max} ：単位幅ピーク流量 [$\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$]、 d_m ：平均粒径 [mm]、 S ：単位幅貯水量 [m^3/m]、 H ：河道閉塞の高さ [m]で、一般に $(S \times H)$ はダム係数と呼ばれる。危険度概略判定の作業では、危険側を考慮して、 $d_m=0.25\text{mm}$ としてピーク流量を推定した。その結果、ピーク流量は寺野地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度、東竹沢地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で $500\text{m}^3/\text{s}$ 程度となった。なお、ダムの決壊に伴う流れのピーク流量を算定する方法は幾つか存在し、それらの方法のうち、Costa(1988)の研究成果のうち天然ダムに対する推定式(式(5.3))を東竹沢地区で形成された河道閉塞に適用すると、ピーク流量は $1260\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定できた。

$$Q_{\max} = 6.3H^{1.59} \dots (5.3)$$

ここで、 Q_{\max} ：ピーク流量 [m^3/s]、 H ：河道閉塞の高さ [m]である。

以上の検討から、2箇所では仮に決壊した場合には竜光地区に最大 $1260\text{m}^3/\text{s}$ の流れが流下する危険性があると推測された。

5.3.2.2 東竹沢地区、寺野地区河道閉塞緊急対策技術支援

東竹沢地区、寺野地区の河道閉塞緊急対策は、新潟県の要請に基づき国土交通省が直轄施行することになり(11月6日より施行開始)、北陸地方整備局湯沢砂防事務所内に芋川河道閉塞現地対策室が設置された。同対策のための技術支援として土木研究所土砂管理研究グループ、新潟試験所及び国土技術政策総合研究所砂防研究室では、11月19日から12月28日までにのべ69人を派遣している。以下その概要を報告する(12月28日現在)。

(1) 東竹沢地区地すべり

芋川の中流部、前沢川合流点直下に位置する東竹沢地区では、地震により幅295m



写真5.3 東竹沢地区地すべりを下流側から望む



写真5.4 すべり面下の基盤の露頭部

長さ 350m にわたり斜面が滑動した（写真 5.3、図 5.4、図 5.5）。斜面は地震により 100m 程度滑動し、すべり面下部の青灰色を呈するシルト岩が露頭した（写真 5.4）。滑動した土塊は右岸に衝突し、圧縮された地すべり土塊の末端部が隆起した。そして、斜面下部を流れる芋川を河道閉塞させたため、上流からの流水が次第に湛水した。

図 5.4 に示した地形図を見ると、今回滑動した斜面は 20° 以下の緩傾斜地であるのに対して、芋川の対岸斜面は傾斜が急になっている。芋川流域の地形、地質を概観すると、傾斜の緩い斜面と急な斜面のコントラストが明確で、緩傾斜地は流れ盤、急傾斜地は受け盤の地質構造である。今回滑動した地すべりは流れ盤斜面で発生した。東竹沢地区周辺の受け盤斜面では、遷急線付近からの表層の崩壊が認められたが、隣接する流れ盤斜面においては、東竹沢地区と同様の規模の地すべりは発生していない。

すべり面下部の基盤の露頭部付近の状況（写真 5.4）より、移動土塊は概ね褐色を呈する砂質土からなり、基盤は青灰色を呈するシルト岩と考えられる。移動土塊の粒度分布を図 5.6 に示す。試料東竹沢①で細砂分（0.075～0.25mm）が重量比 75.2%、試料東竹沢②で細砂分・中砂分・粗砂分（0.075～2mm）が重量比 77.3%であった（採取箇所はそれぞれ図 5.5 中①、②）。いずれも砂分の割合が高いことが分かる。なお、すべり面の正確な深度とすべり面付近の土質等は現時点では不明であり、湯沢砂防事務所により地質調査ボーリングが実施されている。

地すべり発生前の地形図によると、地すべりが滑動した範囲の側部は沢（図 5.4 その位置を示す）となっており、沢に囲まれた範囲が今回滑動したと考えられる。しかしながら、沢に囲まれた範囲内の上部斜面は地震時に滑動しておらず、また沢に囲まれた範囲より上部の斜面にもクラック等の地すべり性的変状が多く見ら



図 5.4 東竹沢地区地すべり平面図

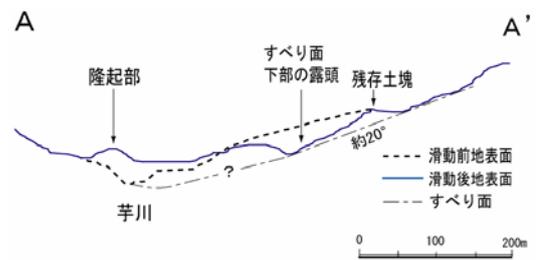


図 5.5 東竹沢地区地すべり縦断面図

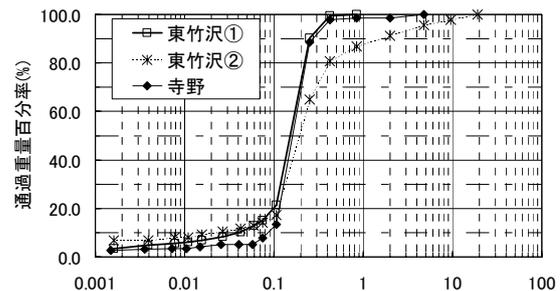


図 5.6 粒度分布（東竹沢地区、寺野地区）



写真 5.5 東竹沢地区地すべりの上部斜面に見られる変状

れる（写真 5.5）ことから、来春の融雪期には残存土塊およびその周辺の地すべり活動が懸念される。

地すべりの滑動後に露頭したすべり面下のシルト岩の傾斜は約 20° であった。また、斜面上に残存している土塊のさらに上部斜面も約 20° の傾斜を有している。

図 5.5 に示す断面図からも、今回地震によって露頭したすべり面と残存土塊上部斜面の勾配が一致していることが分かる。すなわち、今回地震によって滑動した斜面は以前滑動した履歴を有すると考えられ、残存土塊の上部斜面と今回滑動後に露頭したシルト岩が基盤と考えられる。地震時に滑動しなかった残存土塊があることから、地震による影響は、以前滑動した地すべりブロック全体を一様に不安定化させたものではないと考えられる。

河道閉塞土砂の決壊・流出防止のため、ポンプによる緊急排水及び仮排水路工等の応急緊急対策が湯沢砂防事務所により実施されている。湛水位は 11 月 17 日に最高水位 157.76m（標高値、上流河床標高は約 130m）に達したが、12 月 20 日には 144.23m まで低下している（図 5.7）。応急緊急対策の実施にあたり、河道閉塞土塊の局部的な崩壊や地すべり発生斜面上部の残存土塊の滑動、仮排水路の掘削による新たな地すべり発生のおそれがあったため、現地の監視、技術支援を行ったが、これまでのところ地すべり土塊や地すべり斜面上部には新たな滑動現象は認められていない。

（2）寺野地区地すべり

芋川の上流部、種芋原^{たねすはら}地区の南南西に位置する寺野地区では、地震により幅 230m 長さ 360m にわたり斜面が滑動した（写真 5.6、図 5.8、図 5.9）。滑動した土塊は、斜面下部を流れる芋川を河道閉塞させたため、上流からの流水が次第に湛水した。

本地区地すべりも東竹沢地区地すべりと同様に流れ盤構造を呈している。河道の堆積土塊は概ね褐色を呈する砂質土からなっている。周辺斜面の露頭より基盤は泥岩からなると推定される。移動土塊の粒度分布でも細砂分・中砂分（0.075～0.85mm）が重量比 90.8%と砂分の割合が高いことが分かる（図 5.6、採取箇所は図 5.8 中の●）。

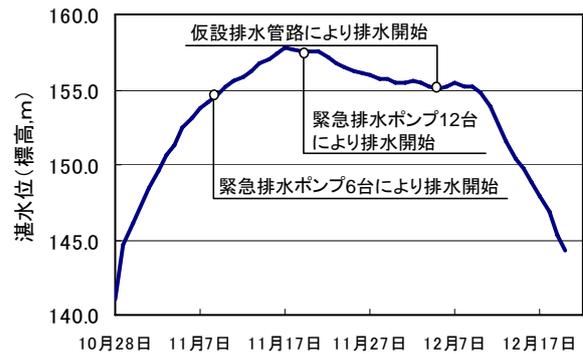


図 5.7 湛水位の経時変化(東竹沢地区)

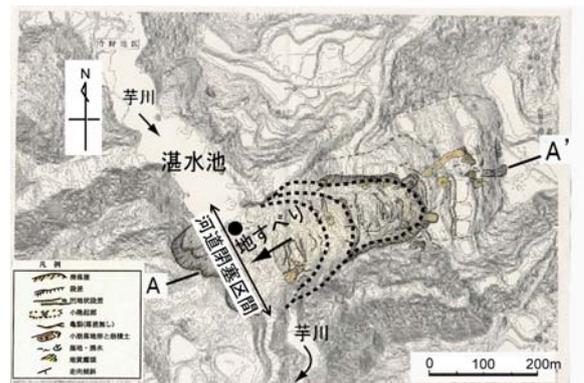


図 5.8 寺野地区地すべり平面図

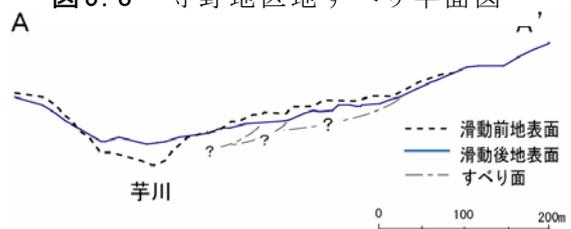


図 5.9 寺野地区地すべり縦断面図

図 5.8 に示した地形図を見ると、3つ程度のブロックからなると推定される。今回地震時に移動した範囲は、地すべり発生前の地形図より判読される地すべりブロックと概ね一致することから、地すべり地形を呈していた範囲が地震により滑動したと考えられる。また、今回滑動した範囲より上部においてもクラック等、多くの地すべり性の変状が見られる（写真 5.7）ことから、来春の融雪期には上部周辺の地すべり活動が懸念される。なお、すべり面の正確な深度とすべり面付近の土質等は現時点では不明であり、湯沢砂防事務所により地質調査ボーリングが実施されている。

河道閉塞土砂の決壊・流出防止のため、ポンプによる緊急排水及び仮排水路工等の応急緊急対策が、湯沢砂防事務所により実施されている。湛水位は11月16日に最高水位 244.22m（標高値、上流河床標高は約 220m）に達したが、12月20日には 242.56m と低下しつつある（図 5.10）。応急緊急対策の実施にあたり、河道閉塞土砂下流部の崩壊の恐れがあったため、現地の監視、技術支援を行ったが、これまでのところ地すべり土塊や地すべり斜面上部には新たな滑動現象は認められていない。

5. 3. 2. 3 まとめ

芋川本川の5つの地区で形成された河道閉塞について決壊の危険度を検討した結果、寺野地区および東竹沢地区で越流により決壊する可能性がある判断された。しかし現在、北陸地方整備局湯沢砂防事務所が上記2地区においてポンプ排水、排水路整備等の応急緊急対策工事を実施しており、湛水位の低下が見られている。今後は積雪・融雪期を迎えるにあたり、地震により不安定化した斜面が再び移動現象を活発化させることが懸念され、十分な監視を続けていくことが重要である。



写真 5.6 寺野地区地すべりの全景（平成16年12月14日撮影）



写真 5.7 寺野地区地すべり滑動範囲より上部の変状（平成16年12月14日撮影）



図 5.10 湛水位の経時変化（寺野地区）