

—新潟県中越地震(2004)による地形変化を旧版地形図・航空写真で振り返る—

砂防フロンティア整備推進機構 井上 公夫

1. はじめに

土木情報サービス「いさぼうネット」で「歴史的な大規模土砂災害地点を歩く」というシリーズコラムを2015年4月に開始してから満4年が過ぎ、現在までにコラム58まで公開された。表1に示したように、筆者が50年間のコンサルタント業務で実際に土砂災害地点を歩き、コラムとしたものである(コラム1-30は丸源書店より2018年6月に発行)。

表1 コラムのテーマ

地震災害	26事例
噴火関連災害	8事例
降雨災害	22事例
その他	4事例
計	58事例
(天然ダム)	31事例
(火山地域災害)	17事例

ここでは、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による地形変化について、再度現地調査を行い、旧版地形図と航空写真で振り返る。

2. 新潟県中越地震の概要

新潟県中越地震は、平成16年(2004)10月23日17時56分に新潟県中越地方で発生した直下型地震である。震源の深さ13km、マグニチュードM6.8、川口町(現長岡市)で最大震度7を震度計で観測した。また、同日18時11分にM6.0、18時34分にはM6.5の余震が発生し、川口町で最大加速度2515ガルを観測した。新潟県中越地震の本震・余震は、深さ5km~20kmの浅い地層がずれて発生したため、中越地域で非常に多くの土砂災害が発生した。このため、新潟県中越地震災害対策本部の平成19年(2007)8月23日現在のまとめでは、死者68名、重傷633人、軽傷4172人、全壊4172棟、半壊1万3810棟、一部損壊10万5682棟もの大きな被害となった。

筆者は砂防学会新潟県中越地震土砂災害調査団(川邊ほか、2005)の一員として、現地調査するとともに、1/2.5万地形図「小平尾」図幅などを用いて作図・地形判読作業を行い、平成19年(2007)5月に、井上公夫・向山栄著『建設技術者のための地形図判読演習帳 初・中級編』を著した。

3. 新潟県中越地震後の崩壊地・地すべり分布図

新潟県中越地震では、驚くほど多くの地形・地質に関する論文や写真判読解析図がインターネットや学会などの調査・研究報告として公表された。ここでは、国土地理院が作成・公表した新潟県中越地震による、崩壊地・地すべり分布図などを紹介する。

図1は、地震翌日の11月8日に国土地理院が撮影した航空写真を判読して作成した崩壊地・地すべり分布図(縮

尺1/3万、中越地震前の1/2.5万地形図に追記)で、11月12日に公表された(地理院では地震後3回の判読図を公表)。中越地震によって発生した非常に多くの崩壊地、地すべり地や土石流などの土砂移動が赤線で示され、山古志村や小千谷市などの境界が緑線で示されている。

国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所(2007年4月)によれば、山古志村芋川流域では斜面崩壊が1419箇所、地すべりが75箇所が発生し、55箇所で河道閉塞を生じ、一部では湛水による被害が始まった。地震発生当時、各河川の水位が低かったため、大きな被害はなかったが、信濃川の堤防の一部には亀裂が生じた。

北陸自動車道や関越自動車道などの高速道路、国道17号や国道8号などの一般国道、多くの県道や生活道路は、亀裂や陥没、土砂崩れ・崖崩れによって寸断された。このため、山間部の集落の一部は全ての通信・輸送手段を失って孤立した。とりわけ、古志郡山古志村(現長岡市山古志地区)は村域から外部に通じる全ての道路が寸断されたため、ほぼ全村民が村内に取り残された。山古志村の故・長島忠美村長は、全村民に対し村外への避難指示を出し、自衛隊のヘリコプターにより、地震から3日後の10月26日までに、隣接する長岡市などに避難させた。避難者の大半が長岡ニュータウン内の仮設住宅での避難生活を余儀なくされた。その後、山古志村は平成17年(2005)4月1日に長岡市に合併した。

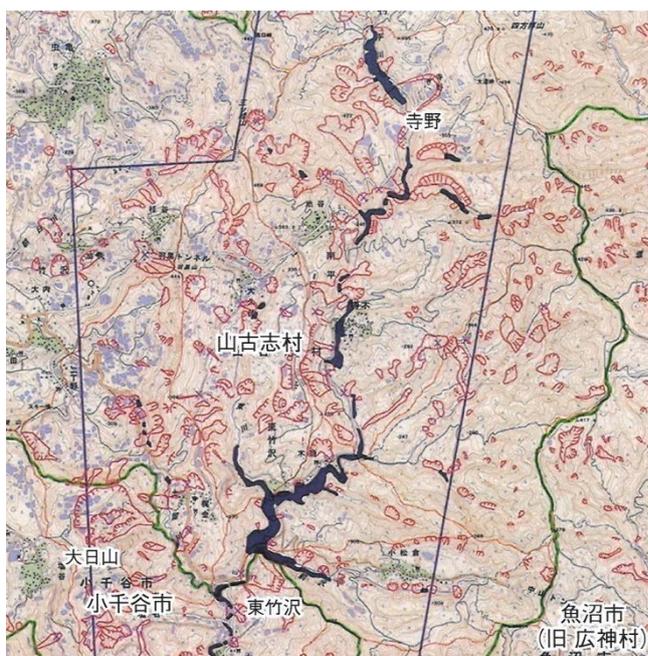


図1 写真判読(11月8日撮影)による崩壊地・地すべり分布図(国土地理院, 2004年10月29日)

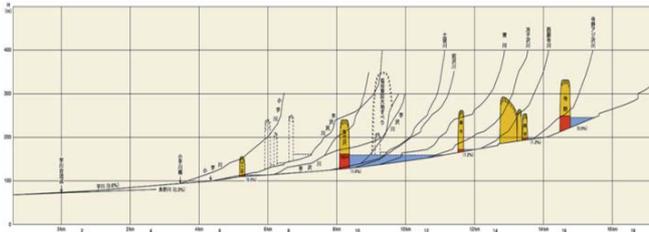


図2 芋川の河床縦断と天然ダムの位置 (井上, 2005)

東竹沢や寺野では、地すべりによって、河道が閉塞されて天然ダムが形成され、激甚な浸水被害が生じた。閉塞地点より下流域では、天然ダムの決壊による土石流が発生する危険性があるため、ポンプによる排水や、河道付近の民家を撤去するなどの措置が取られた。特に、東竹沢地区の大規模地すべりによる天然ダム（流域面積 18.6km²、湛水高 31.5m、湛水量 256 万 m³）は規模が大きく、湛水範囲がもっとも大きくなった。芋川上流部の寺野地区の天然ダム（流域面積 4.87km²、湛水高 31.1m、湛水量 38.8 万 m³）も比較的規模が大きかった。この 2 箇所の天然ダムについては、国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所が天然ダムの排水対策を実施した。

図 2 は、芋川流域の河床縦断面図で、その上に主な河道閉塞を起こした地すべり・崩壊の位置と河道閉塞の高さを示した (井上, 2005)。河道閉塞地点上流部に湛水できる最大湛水深の湛水範囲を示した。東竹沢と寺野地区を除く他の河道閉塞地点は湛水高が低いため、河床縦断面図では湛水範囲はほとんど表現できなかった。

4. 芋川流域からの年平均流出土砂量

Strahler (1952) の面積－高度比曲線 (Hypsometric curve) を用いて、芋川流域の年平均流出土砂量を検討した。流域全体の侵食状態を示す指標の 1 つとして、流域内の高度分布の相対値を著す面積－高度比曲線がある (井上ほか, 1986)。図 3 は、面積－高度比曲線の説明図で、縦軸に流域全体の高度差 H に対する任意の高度 h との比 (h/H) を、横軸に全面積 A に対する h 以上の面積 a の比 (a/A) をとった曲線である。原地形面 (始源面) を破線で囲まれた山頂水平投影面 (Summit Plane) と仮定すると、この曲線より上部が侵食された部分、下部が残った山体を表すことになり、侵食の進行速度を表現できる。この曲線と X 軸と Y 軸に囲まれた部分の面積 (現地形面に対する山体の体積) を面積－高度比積分といい、侵食の程度を示す目安となる。

図 4 は芋川流域で 1/2.5 万地形図をもとに、1cm メッシュ (実距離 250m メッシュ) で標高を読み取り、面積－高度比曲線を作成した。芋川流域は縦軸 (Y 軸) に示したように、最高標高 H が猿倉岳の 680m、最低標高 (魚野川との合流点) が 70m で、比高 (高度差) は 610m、芋川流域の全面積 A は 39.3km² で、現地形の積分値は $\alpha = 0.337$ 、接峰面のそれは $\beta = 0.463$ となる。

β と α との間は、魚沼丘陵が形成された以降の芋川流

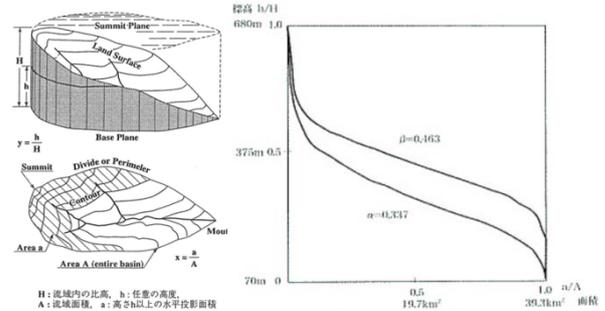


図3 面積－高度比曲線の説明 (Strahler, 1952)

図4 芋川流域の面積－高度比曲線 (井上・向山, 2007)

域の侵食土砂量 (V_1) と考えられるので、

$V_1 = A \times (H - h) \times (\beta - \alpha) = 30.2$ 億 (m³) となる。

β を求めた東山丘陵の原地形面 (1km の谷埋め接峰面) の形成時期は何時頃であろうか。接峰面図を見ると、猿倉岳 (680m) を除いて、標高 300~400m の平坦面であることが判る。魚沼丘陵の起伏量図によれば、1/2.5 万「小平尾」地域は、100~199m の起伏量の地区が卓越している。魚野川南側の河岸段丘分類図 (金, 2004; 井上・向山, 2007) によれば、分布の広い堀之内付近の更新世段丘 1, 2 は、9~15 万年前と推定されており、魚野川の現河床より約 150m の比高差がある。

このため、芋川流域の標高 300~400m の平坦面 (接峰面) は、9~15 万年前形成されたと考えることができる。つまり、芋川流域などの東山丘陵と魚沼丘陵 (魚野川の南側) は、9~15 万年前には標高 150~200m の平坦面が広がっていた。魚野川はこの平坦面上をかなり自由に蛇行しながら流下していたと考えられる。その後、東山丘陵と魚沼丘陵は地盤の隆起が活発になった。魚野川の現河床と堀之内付近の更新世段丘 1, 2 との比高差 (150m) がこの地域の 9~15 万年間の地盤隆起量と仮定すれば、年平均隆起速度は 1.0~1.7mm/年となる。

接峰面と現地形との差 ($\beta - \alpha$) から求めた芋川流域からの侵食土砂量 (V_1) の流出期間 (T) が上記と同じ期間とすると、年平均侵食土砂量 (V_2) は

$$V_2 = V_1 / T = 2.1 \sim 3.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{年} = 2.1 \sim 3.4 \text{ 万 m}^3/\text{年}$$

芋川流域の流域面積 (A) は 39.3km² であるから、年平均侵食速度 (S) は、

$$S = V_2 / A = 5.1 \sim 8.6 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{年} = 0.56 \sim 0.86 \text{ mm}/\text{年}$$

つまり、氷河性の海面変動を無視すれば、地盤の隆起速度の半分程度の速度で侵食されたため、接峰面高度が次第に高くなったと考えられる。

5. むすび

芋川流域からの全流出土砂量は 30 億 m³ であるが、新潟県中越地震で移動した土砂量と、芋川流域から魚野川に流出した量はどの程度か。芋川流域では、東竹沢や寺野などで河道閉塞のための対策工が実施されたが、これらの対策工事が実施されなければ、どの程度の土砂が魚野川に流出したのか。中越地震から 15 年経ったが、この点を含めて芋川流域の地形変化を振り返る必要がある。