

2008年岩手・宮城内陸地震により生じた天然ダム危険度評価の考え方

水野秀明*

1. はじめに

地震が起きたり、雨が激しい勢いで大量に降ったりすると、山腹が崩れて溪谷を埋める場合がある。すると、川の水がせき止められ、徐々にたまっていく。しばらくすると、せき止められた水が住宅地に入り込んだり、溪谷を埋めた土砂を急激に侵食して流れ出したりする。そうなると、家屋の浸水や洪水の氾濫といった災害が発生する。

このような災害は2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震でも見られた。写真-1は、栗原市湯ノ倉温泉付近の山腹が崩れて溪谷を埋めた事例である。その後、溪谷を流れる水がせき止められ、池を形成した。その上流にある家屋がせき止められた水に浸かった（写真-2）。写真-3は栗原市沼倉裏沢付近の山腹が崩れて溪谷を埋めた事例である。その後、せき止められた水が溪谷を埋めた土砂を急激に侵食して流れ出した事例である。溪谷を流れる水はせき止められたものの、6日程度過ぎた後に、溪谷を埋めた土砂を越えて流れ始めた。その際、水と土砂が最大で100m³/s程度の流量で流れ出したが、幸いにも氾濫しなかった。このように山腹が崩れて溪谷を埋めて流水をせき止めた状態は、一般的に天然ダムと呼ばれる。

本報告では、岩手・宮城内陸地震の際に形成し



写真-1 山腹が崩れて溪谷を埋めた例（湯ノ倉温泉付近）



写真-2 家屋がせき止められた水に浸かった例（湯ノ倉温泉付近）



写真-3 溪谷を埋めた土砂が急激に侵食された例（沼倉裏沢付近）

た天然ダムの時系列的な変化を整理するとともに、一迫川での危険度評価の考え方を報告する。

2. 天然ダムの時系列的な変化

2.1 概要

図-1は、山腹が崩れて溪谷を埋めた箇所のうち、災害リスクが高いと考えられた15つの天然ダムを示したものである。図中に示した名前は天然ダムが形成した地区名である。

2.2 天然ダムの時系列的な変化

写真-4は湯浜温泉地区の天然ダムである。せき止められた水が溪谷を埋めた土砂を越えて流れ出し侵食していく様子が分かる。その様子を近くで撮影した写真が写真-5である。直径1m以上の岩が積み重なっており、せき止められていた水がその岩の間隙から流れ出していた。それらの岩が時間の経過とと

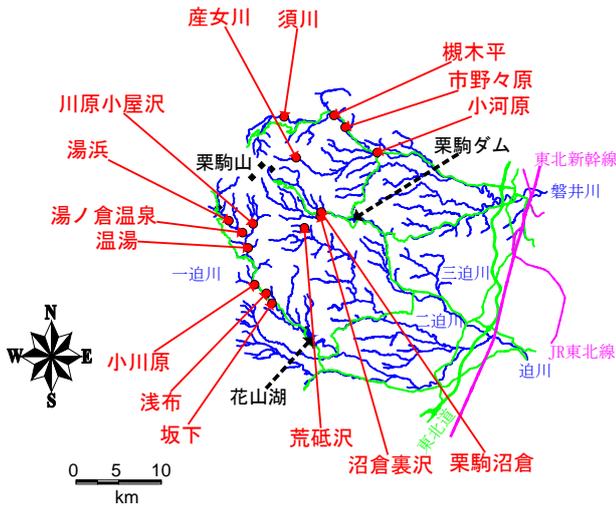


図-1 災害リスクの高い天然ダムの位置



写真-4 天然ダムの時系列的变化(湯浜温泉付近)



写真-5 谷を埋めた土砂の侵食過程(湯浜温泉付近)

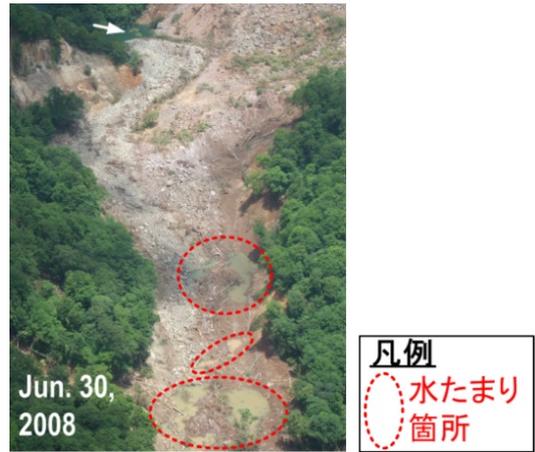


写真-6 水たまりの例(湯浜温泉付近)

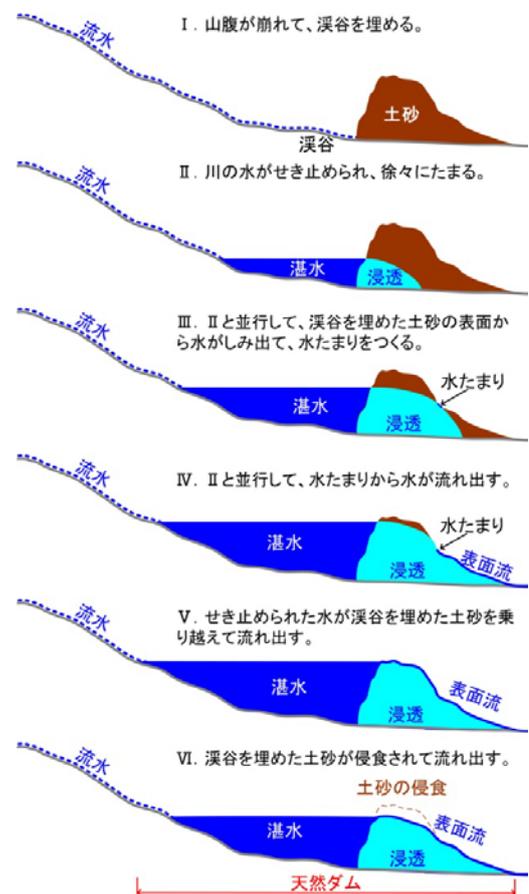


図-2 天然ダムの時系列的变化の概念

もに移動し、溪谷を埋めた土砂の表面を覆った。そのため、侵食は徐々に進んだ。また、写真-6は、水が溪谷を埋めた土砂の表面に湧き出して出来た水たまりである。時間が経つにつれて、水たまりは多くなるとともに広がった。

この例のほか浅布地区と沼倉裏沢地区(写真-3)の天然ダムを撮影した写真を整理すると、天然ダムは図-2のように変化したことが分かった。

3. 天然ダム危険度評価

3.1 概要

今回の地震の場合、図-2のⅠあるいはⅡの段階と、ⅣあるいはⅤの段階において実施した。ⅠあるいはⅡの段階では、せき止められた水を減らす必要のある箇所を選定することや、避難する必要のある地域を抽出することを目的として行った。ⅣやⅤの段階における危険度評価は、避難している住民が自宅へ戻っても安全かどうかという点を判断することと、復旧対策工を行う際の留意点を整理するということが目的として行った(図-3)。

3.2 ⅠあるいはⅡの段階での危険度評価

Ⅰの段階では、限られた時間の中で得られる情報を基に以下の2つの集落を短時間で探し出す。そのため、ある程度の誤差を含まざるを得ない。

- (A) 渓谷を流れる水がせき止められつづけた場合に、その水が入り込む可能性のある集落
- (B) 渓谷を埋めた土砂が急激に侵食されて流れ出した場合に、水や土砂が入り込む可能性のある集落

(A)については、渓谷を埋めた土砂が流れ出さないと仮定して、水が最大でどの標高までせき止められるかを推定し、その水面より低い位置の集落を抽出すればよい。そのためには、渓谷がどの標高まで土砂で埋められたのか、という情報が必要となる。その情報は地震が発生した翌日にレーザープロファイラーで計測した結果から作成した地形図や現地踏査により得られた。その結果、湯ノ倉温泉付近の家屋(写真-2)等が抽出された。

(B)については、渓谷を埋めた土砂が急激に流れ出すと仮定して、その流れの表面が最大でどの標高まで達するのかを推定し、それより低い位置の集落を抽出すればよい。そのためには、水と土砂が流れ出る量が最大でどの程度なのかと、どの程度の量になると渓谷や河川から溢れてしまうのか、という情報が必要となる。渓谷を埋めた土砂が侵食される過程が、水と土砂が流れ出る割合に大きく影響する。渓谷を埋めた土砂が侵食される過程は概ね次の3つの場合に分類できる。

- (a) 渓谷を埋めた土砂がその表面を流れる水によって侵食されて流れ出す場合
- (b) せき止められた水が渓谷を埋めた土砂の中を浸透し、その土砂が滑って流れ出す場合

(c) その両者が複合的に生じる場合

今回、(a)から(c)の場合のうちどれが生じるのか不明であるため、(c)を除外した。(a)に至るまでの時間(式(1))と(b)に至るまでの時間(式(2))を比較して短い方を、渓谷を埋めた土砂が侵食されていく過程として採用した。

$$T = \Delta H / V_u \quad \dots(1)$$

$$T = L / \{k(\sin \theta + H/L)\} \quad \dots(2)$$

ここで、T：(a)あるいは(b)に至るまでの時間[s]、 ΔH ：ある時点の水面と水をせき止められる最高の水面との差[m]、 V_u ：水面の上昇速度[m/s]、L：渓谷を埋めた土砂の長さ[m]、k：透水係数[m/s]、H：渓谷を埋めた土砂の高さ[m]、 θ ：渓谷が土砂で埋まる以前の河床勾配[°]である。今回、谷を埋めた土砂の透水係数が不明であったため、砂と礫の一般的な値である $k=1.0 \times 10^{-4}$ [m/s]を用いた。なお、後日、湯ノ倉温泉付近と湯浜温泉付近で計測したところ、kは $0.68 \times 10^{-4} \sim 3.78 \times 10^{-4}$ [m/s]であった。

表-1は(a)あるいは(b)に至るまでの時間と、水と土砂が流れ出る割合の最大値を推定した結果である。なお、詳細な算出方法は参考文献①を参考にさせていただきたい。湯浜と湯ノ倉を除く地区では、せき止められた水が自然に谷を埋めた土砂を越えて流れ出

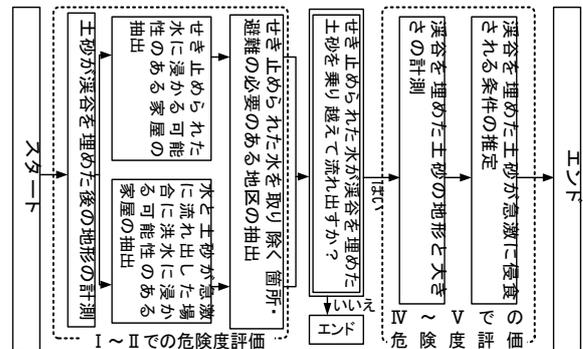


図-3 危険度評価の手順(一迫川の場合)

表-1 推定結果

天然ダムが形成した地区名	形状			深床勾配 θ [°]	決壊までに要する時間[日]		ピーク流量の推定値 [m ³ /s]
	高さ H[m]	幅 B[m]	長さ L[m]		(a)の場合	(b)の場合	
湯浜	45	50	1200	2.49	39.2	1716	15~838
湯ノ倉	20	53	630	2.05	3.4	1081	10~528
川原小屋沢	30	50	600	5.19	-	-	15~572
温湯	6	40	820	1.47	-	-	1~85
小川原	10	30	580	1.04	-	-	4~161
浅布	8	40	210	1.25	-	-	3~144
坂下	2.9	13	80	0.45	-	-	1~57

2008年6月25日現在。
湯浜、湯ノ倉の両地区以外箇所では水が流れ出ていたため決壊に要する時間を算出していない。



写真中のポールは長さ3mである。

写真-7 流路内の様子(湯浜温泉付近)

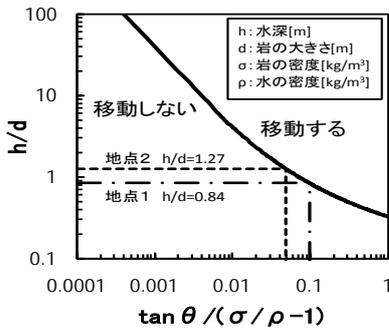


図-4 岩が移動し始める条件

したか、人為的に排出されていたため、(a)の過程を採用した。湯浜と湯ノ倉では、(a)に至る時間が(b)に至る時間より短かったため、(a)の過程で水と土砂が流れ出すと判断した。そこで、既存の研究成果の中から(a)の過程に適用できるCostaが提案した式²⁾、田畑らが提案した式³⁾、土石流ピーク流量⁴⁾を用いて、水と土砂が流れ出る割合の最大値を推定した。水と土砂が渓谷や河川から集落に溢れ始める流量を、現地踏査により測定した河床の形状と勾配から推定した。それらを比較して、水と土砂が流れ出る割合の最大値が集落に溢れ始める流量を上回ると、洪水の可能性が高いと判断した。その結果、温湯温泉、猪ノ沢、大田の集落では、水や土砂が入り込む可能性があることが分かった。

3.3 IVやVの段階における危険度評価

IVやVの段階では、(a)の過程を想定して、渓谷を埋めた土砂がその表面を流れる水によって急激に侵食される条件を推定する。今回の場合、湯浜温泉付近の天然ダムを対象とした。

写真-7は同地区での谷を埋めた土砂が侵食されて形成した流路内を撮影したものである。地点1は水が浸み出してきた地点で、地点2は地点1より流路に沿って300m程度下流である。岩の大きさは地点1で2.8m程度、地点2で1.9m程度であった。また、現地踏査の際に簡易的に勾配を計測したところ、その値は地点1で8.9°程度、地点2で4.4°程度であった。図-4は流路内の岩が動くか否かを判断するために作成したものである。図中の実線は岩が水の流れ

から受ける力(無次元掃流力)と静止していた岩が動き始める力(無次元限界掃流力)が等しくなる条件を示したものである。同図より両地点ともお水深が2.8m程度を越えると、岩が動き始めることが分かる。そのため、そのような条件になると、渓谷を埋めた土砂が急激に侵食される可能性があることが分かった。

4. まとめ

今回の事例を通じて今後研究を進めていくべき点として2つを挙げられる。一点目は天然ダムの表面が岩で覆われている場合にその表面を水が流れても、谷を埋めた土砂が急激に侵食されなかった点である。二点目はせき止められた水が天然ダムの中を浸透して下流側に湧き出したにも関わらず、3.2で述べた(b)の場合が生じなかった点である。また、湯浜と湯ノ倉では、実際には地震後数日から数週間で天然ダムの表面の下流側に水たまりが現れたことから、せき止められた水が表-1の(b)に示した推定よりもかなり早く天然ダムの下流側に湧き出した。これらの点を今後解明していきたい。なお、今回の地震により生じた天然ダムの詳細は参考文献¹⁾を参考にさせていただきたい。

謝 辞

天然ダムの形状に関するデータを提供していただいた東北地方整備局の方々、並びに、関係各位の皆様にご感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 水野秀明、小山内信智：迫川で形成した河道閉塞(天然ダム)の危険度評価に関する考察、国総研資料第522号、55pp、2009
- 2) J. Costa: Floods From Dam Failure, Flood Geomorphology, pp.436-439、1988
- 3) 田畑茂清、池島剛、井上公夫、水山高久：天然ダム決壊による洪水のピーク流量の簡易予測に関する研究、砂防学会誌、Vol.54、No.4、pp.73-76、2001
- 4) 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室：砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説、国土技術政策総合研究所資料第364号、p.46、2007

水野秀明*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室主任研究官、博士(農学)
Dr. Hideaki MIZUNO