

日本の天然ダムと対応策

監 修:水山高久

著 者:森俊勇・坂口哲夫・井上公夫

出版社:古今書院

案内人:佐々木美紀/国土交通省水管理・国土保 全局砂防部保全課大規模土砂災害対策係長

2011年9月, 台風12号の来襲による記録的豪雨 で、紀伊半島を中心とした大規模な土砂崩れが相 次ぎ、複数の「天然ダム」が形成されたことは、 記憶に新しいことと思います。天然ダムは、崩壊 土砂が河道を閉塞することで作られます。近年で は他には、新潟県中越地震(2004年)や岩手・宮 城内陸地震(2008年)の際にも確認されていて, 降雨や地震が多く、国土の約7割が山地である我 が国では、どこででも起こりうる事象です。一方 で、天然ダムが形成されると、その上流に水が溜 まることによる浸水被害や、河道を閉塞させてい る土塊の侵食や決壊による土石流被害といった大 規模な災害につながるおそれがあり、早急な対応 が必要とされます。

そこで、過去の事例から最新の研究成果まで、 天然ダムへの対応について考える際に有用な情報 がまとめられている一冊を紹介したいと思います。

本書には、天然ダムについて、1300年近く前の

ものから現在に至るまでの168事例が掲載されて います。安全に解消されたもの、現存するもの、 決壊して大きな被害を出したものなどさまざまで すが、それぞれについて豪雨や大地震など発生の 誘因や、形成場所や規模、主な被害状況といった 情報がまとめてあります。中でも先述した新潟県 中越地震や岩手・宮城内陸地震を要因とした近年 の事例については詳細で、図表や写真を用いて分 かりやすく整理されているため、良き教材となる でしょう。

過去の事例は、天然ダム形成時にどのような対 応策が必要となるのかを学べるとともに、平常時 にどのような備えをしておくべきかについて考え るための参考にもなります。経験や教訓を後世に 語り継ぐことがいかに大切であるかということは, 近年の災害からも実感していることと思いますが, 本書にもそのことを物語る、興味深い話が紹介さ れています。

今から約300年前,高知県越知町に宝永南海地 震(1707年)により天然ダムが形成され、湛水標 高付近に石碑が建立されました。この地域では 2004年, 2005年と台風による激甚な洪水氾濫があ りましたが、その時の上昇した水位はこの石碑と ほぼ同じ標高でした。地元では「石碑より下に家 を建てるな | という言い伝えが残されていて、実 際に石碑より低い土地は大部分が水田として利用 されており、集落は高台に集中していたそうです。

本書を読むと、起きてしまった災害を風化させ ず、将来のために生かしていく工夫が必要だと改 めて感じます。本書が今後の天然ダムによる災害 の防止、被害軽減のための一助となることを期待 して、紹介とさせていただきます。

書評・紹介

水山高久監修,森 俊勇・坂口哲夫・井上公 夫編著:日本の天然ダムと対応策 古今書院, 2011年10月,186ページ,B5判,定価:5,200 円(税別),ISBN978-4-7722-6110-4

2011年9月はじめ(本書の校正作業中であっ たそうだが),紀伊半島中・西部で,台風の大雨 により大小の斜面崩壊が起き,天然ダムが十数か 所形成された。その現場は,1889年8月の台風 による多数の斜面崩壊・天然ダム形成できわめて 甚大な被害が発生したことがよく知られている地 域にごく近接している。天然ダムの形成は,同一 の誘因により隣接地域で生じたものをひとまとめ にすれば,全国的にみて数年に1度程度の頻度 で起き,しばしば,それが形成されたところだけ でなく下流域一帯に大きな被害を与えていること が,本書所収の表からわかる。決して「未曾有の 天災」などという言い逃れは許されない現象であ る。

本書は、その著者の1人と監修者などによる 前著(「天然ダムと災害」,古今書院,2002)の 刊行以後に発生した事例,前書作成以後に行われ た歴史時代の天然ダム災害の解析結果,天然ダム の決壊過程・決壊時流量を推定するモデルの解説 とその適用事例,および天然ダム形成時の対応策 をそれぞれ示した4つの章からなる。索引はな いが,6百数十編にのぼる参考・引用文献のリス トが完備している。

第1章(井上および共同・分担執筆者による) では、2004年新潟県中越地震直後の、言語経験 がいささか貧弱と思われる無邪気な新聞投書など に行政機関やマスコミが過剰反応した、「天然ダ ム」という用語の自主規制に実証的な反論を加え た後、本書の一つの成果である、714年に天竜川 水系遠山川で発生したものから2008年の岩手・ 宮城内陸地震によるものまで61件168か所の天 然ダムについて、その位置、地形・地質条件、土 砂移動形態、および流域・ダム本体・湛水域(こ れは、厳密には天然ダムではなく、それによる堰 止め湖)の諸元を示す「日本の天然ダム一覧表」(防 災科学技術研究所による地すべり地形分布図に重 ねた一覧図も)が、作成方法の解説とともに示さ れている。次いで、上記の中越地震、2005年宮 崎県耳川上流の豪雨、および岩手・宮城内陸地震 による天然ダム形成事例に関する詳細な現地調査 に基づく報告が並ぶ。いずれも、天然ダム形成過 程だけでなく、その後の越流、決壊、およびそれ への対策とその効果にまで言及している。

なお,上記の図をはじめ,有用な情報がたくさ ん盛り込まれた図や写真が本文中に多数掲載され ているが,すべて単色なのでやや判読しにくい。 それを補うため,一部の図が表紙カバーおよび巻 頭の口絵に多色刷りで再録されているが,そのこ とにもっと注意を喚起しておいてもよいのではな いか。不注意な図書館職員によってカバーが破棄 され,本書から読み取れる情報量が大幅に低下し てしまうのは,もったいない。

第2章(これも井上ほかによる)は、887年の 北八ヶ岳火山天狗岳の山体崩壊・岩屑なだれによ る千曲川の閉塞および翌年の大洪水から、1914 年の大雨による安倍川中流部の河道閉塞・静岡 市街地の水害まで12件の事例について、現地踏 査・史料発掘からその解析およびシミュレーショ ン等を駆使して、現象の規模およびプロセスを詳 しく解明したものである。本書の半分近くの頁を さいて、災害史の視点からも興味深い多くの新知 見が提示され、圧巻である。今問題になっている 八ツ場ダムの予定地をはじめ、大きな人工ダムの ダムサイトは、天然ダムもまた形成されやすいと ころであることが、改めてよくわかる。

第3章(森による)では、天然ダムの決壊お よびそれによる大量の水・土砂の流下状況、およ びそれによって生じる河床変動を予測することを 目的に開発された、一連の現象を土石流から掃流 状集合流動への遷移過程として解析する LADOF (Landslide Dam Overflow Flood)モデルの考え 方がていねいに解説されている。さらに、このモ デルを実際に発生した決壊事例で検証した例、お よび未決壊の天然ダムの安全管理に適用した事例 が詳しく紹介されている。坂口執筆の第4章は、 これらシミュレーション手法も駆使しつつ,排水 や土工の機材および人員を臨機応変に投入して遂 行した危機管理の実際を,新潟県中越地震および 岩手・宮城内陸地震の生々しい事例に基づいて紹 介したものである。専門家の助言を受け,モニタ リング体制を確立して現場で情報を共有するこ と,住民に十分説明して避難等について合意を得 ること,適格な工事業者を選定することなどの重 要性が,具体例をもって示されている。

天然ダムは、このように、実態調査、古今の事 例の復元から、モデリングおよび迅速な工程の立 案・管理に至る、多面的な知識・方法を駆使して 被害の軽減や防止を図るべき喫緊の問題であり、 そのような対応が可能になってきた災害現象であ る。一方で、これを自然の地形変化としてみれ ば、斜面のプロセス(mass-movement)と水流 のプロセス(狭義のfluvial processes)とが結合 したきわめてダイナミックな現象で、その結果が 次の地形変化に影響を与える。これは、地球環境 変動による長期的な流域地形変化について考える 際にも重要な情報をもたらすモデルとして、いろ いろと活用できる。これら基礎から応用にわたる 幅広い要請に応えようとした意欲的な書が上梓さ れたことを歓迎したい。

田村俊和 (2012年1月5日受付,2012年1月10日受理)

水山高久監修,森 俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著: 日本の天然ダムと対応策. 古今書院, 2011年, 186 p., 5,200 円.

本書は財団法人砂防フロンティア整備推進機構に属 する編著者と、分担執筆者によりまとめられた大作で、 何とも読み応えのある本である.本文は2段組み、す べてのページに図または表や写真がぎっしりと並んで おり、密度が大きくてちょっと片手間に読んでみよう かという本ではない.真剣に取り組まないと読みこな せない質の高い著作である.本書は、第1章『天然ダ ムと災書』(2002) 以降の発生事例、第2章2002年以 降に判明した主な天然ダム災害、第3章天然ダムの決 壊過程と決壊時流量の推定、第4章天然ダム形成時の 対応策、の4章からなる.図表や写真リストだけでも7 ページにわたり、引用・参考文献のリストは13ページ に達する.この1冊によって読者は「天然ダム」に関 するあらゆる問題を知ることになろう.

本書は先に著者らによって出版された『天然ダムと 災害』(2002年)に続いてその後の研究と、最近起こっ た天然ダムに関する研究に基づいて天然ダムの形成過 程,歴史時代の天然ダムの形成とその被害、対応策な どを述べるとともに、決壊過程についての最新の研究 成果をまとめている.現場での多忙な仕事の間に前著 に続いてこのような大作を世に問われた編著者に心か ら敬意を表する.多様な自然災害に囲まれている日本 列島に住む者にとっては自然災害の理解、それへの対 応は必須のものであり、本書はその役目を果たすもの の一つであろう.

内容の個々について述べるのはこの書評の趣旨では ない.前から気になっていたのは「天然ダム」という 用語が適切であるかどうかである.著者らもまず,第 1章の1-1で「河道閉塞と天然ダムの用語について」と いう項目を設けて世界での使用例を説明しつつ,「以上 の状況に鑑み…天然ダムの用語を使用する」としてい るが,評者にとってはこの用語にはかなり違和感があ る.単に堰止湖ではいけないのか.粗い言い方になる が,たとえば1793年の西津軽地震による大戸瀬川の河 道閉塞を天然ダムの例としてあげ,くわしい記載をし ている.では大戸瀬川の南方にある津軽十二湖は1704 年の能代地震によって形成されたとされるが,これを 天然ダムと言わないのはなぜであろう.用語の問題に 深入りするのはよくないと思うので,これ以上述べな いが気になる点ではある.

本書には二つのコラムがある.いずれも1ページの 短いものであるが, 緻密な記載の後で, コラムは親し みやすい内容をもち, 読者に息をつかせる.一つは寺 田寅彦の言葉に関連し、一つは自然災害を含む小説に ついて受講学生のアンケートをまとめたもので面白い 試みである.このようなコラムが各章に二つ位あって もいいのではないかと感じた.

最後に、本書に含まれた図や写真・表はいずれも内 容の理解のために不可欠であるが表現にいくつか注文 がある。この本が内容の濃いものだけに図や写真の扱 いにやや不満がある. 著者らは今後さらにこのような 意欲的な書物の出版を意図されていると思うので、そ の際の参考にかかせていただく、①図、写真などが限 られたスペースで詰め込みすぎていて、ゆとりがない、 ②キャプションが適切な位置になかったり、細かい字 で詰め込みすぎていて読みにくい、また一つの表での 同じ注記が繰り返されており、 煩雑である、 ③一つの 図に10程度の凡例があり、図上で識別できない地形区 分や凡例に示された湛水域が識別できない場合がしば しばある、④図中の文字の大きさが不適切である、⑤ 縮尺がない図がある、写真の撮影日が未記入なものが かなりある、⑤口絵と本文で同じ図がでてくる、⑥カ ラーでないのに説明で赤線とかいてある、など、これ らは主に第2章でみられ、編集作業の不徹底を示す. たくさんの資料があるのは望ましいがもう少し選別す べきではないか? 表1.3.1の「震章項」という言葉は 何を示すのであろうか? これらの点はぜひ改善して いただき、より読みやすいものになるように努めてほ 1.03

(太田陽子)

地理学評論

vol,85, No.4, P412-413, 2012 年 7 月 書評の抜粋

<u>投 稿</u>

宝永南海地震(1707)で形成された仁淀川中流・ 舞ヶ鼻の天然ダムの石碑と説明看板

◆井上公夫*, 山本武美**◆

1.はじめに

高知県越知町柴尾の山本武美は、「宝永四年十 月四日未刻(1707年10月28日)の宝永南海地震に よって、高知県高岡郡越知町鎌井田の舞ヶ鼻地先 において、仁淀川に天然ダムが形成されという石 碑と史料がある」ことを紹介している。この貴重 な情報を受けて、井上・桜井(2009)と水山ほか (2011)は、調査して報告した。

2. 石碑の洗浄と説明看板の設置

この石碑については,地元でもあまり知られて いなかったが,柴尾区長の斎藤利明氏(仁淀川中 流域水害対策推進住民会議)と越知町の吉岡珍正 町長などのご努力により,柴尾以外の地区の石碑 も含めて洗浄して読みやすくするとともに,地域 の人たちに理解してもらえるように,説明看板(写 真2と図1)を設置することになった。これらの作 業にあたっては,財団法人砂防フロンティア整備 推進機構の木村基金の支援を受けた。

3. 説明看板の除幕式

石碑の洗浄と説明看板の準備ができたため, 2011年10月23日14時から柴尾一本杉の石碑前で 説明看板の除幕式が行われ,井上もこの除幕式に 参加させて頂いた。この除幕式には越知町の吉岡 町長や高知県中央西土木事務所越知事務所の高橋 所長など,柴尾地区以外の方も多く出席した。除 幕式では地元の94歳の山中^{業4}氏から石碑の文字



写真1 柴尾の石碑と説明看板の除幕式



写真2 柴尾の石碑と説明看板 (石碑の文字を説明される山中半氏)

などの丁寧な説明をして頂いた。柴尾一本杉の石 碑(2006年8月12日調査)は,高さ127cm,中央部 幅46cm,奥行41cmの砂岩(自然石)からなる。

*Kimio Inoue 財団法人砂防フロンティア整備推進機構参予・技師長 **Takemi Yamamoto 株式会社東建ジオテック高知営業所技術部長





写真3 柴尾の石碑



写真4 除幕式後の餅まき

石碑には、下記のように書かれていた。 「宝永七廣 (1710) **資**年

南無弘法大師遍照金剛

"壬"八月吉良辰」

すなわち, 宝永地震から3年後に建立されたもの で, 「この石碑より低い仁淀川よりには家を建て てはならない」と言い伝えられていた。他の地区 を含めて, 天然ダムの湛水地域ではこの言い伝え を守り, 宝永地震時の天然ダムの湛水高(標高61m) より低い地域には人家は建てられておらず, 広大 な水田が拡がっている。 写真5 柴尾公民館での説明会

除幕式の後,石碑の前で餅捲きが行わ れ,柴尾地区の多くの住民が参加して, 除幕式を祝った。15時から柴尾の公民館 で,井上は「四国地方の大規模土砂災害 (特に天然ダム)の紹介」と題して, 石碑の重要性などを説明した。これらの 模様は,NHK高知放送局の取材があり, 四国地方の夜のニュースなどで紹介さ れた。

4 むすび

石碑の除幕式などには,柴尾地区周辺 の多くの住民が参加し,石碑の重要性を 認識するとともに,説明看板を読んで頂

いた。子供たちも多く参加してくれたので,お餅 を食べながら親子の会話が進んだことであろう。 子供たちが成長し,説明看板の意味を理解し,後 世に石碑の意味が伝わって行くことを期待したい。

引用文献

井上公夫・桜井亘(2009): 宝永南海地震(1707) で形成された仁淀川中流(高知県越知町)の天 然ダム,砂防と治水,187号, p.71-75.

水山高久監修,森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著 (2011):日本の天然ダムと対応策,古今書院, 202p.



図1 仁淀川中流・舞ヶ鼻の天然ダムの石碑と説明看板

<u>投 稿</u>

紀伊半島における1889年の天然ダム災害

◆井上公夫∗◆

1.はじめに

2011年10月29日付で,水山高久監修, 森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著『日本 の天然ダムと対応策』が古今書院より出 版されました。本書の最終校正中の8月 30日~9月6日に台風12号が襲来しまし た。紀伊半島を中心として, 広範囲に連 続降雨量が1000mmを超える降雨があ り、多くの天然ダムが形成されました。 ヘリコプターからの観察によって,17ヶ 所の天然ダムの形成が確認され,報道機 関では土砂崩れダム,土砂ダム,堰き止 め湖, 天然ダムという用語で大々的に報 道されました。そのうち、5ヶ所は堰き 止め高が20mを越えて(危害が及ぶ恐れ のある人家が10戸以上) いることが明ら かになったため, 改正された「土砂災害 警戒区域等における土砂災害防止対策の

推進に関する法律(土砂災害防止法,2011年5月1 日施行)」に基づき,国土交通省近畿地方整備局 による緊急調査が行われ,現在も対策工事が続け られています。

本項では、本の紹介を兼ねて、紀伊半島における1889年の天然ダム災害について説明致します。

2. 『天然ダムと災害』

地震や豪雨によって大規模な崩壊や土石流が発 生し、その土砂が河道を閉塞して天然ダムを形成



図1 2冊の本の表紙カバー

することがあります。天然ダムに水が溜まり,上 流では浸水被害が発生して,満水になると越流が 始まります。その際急激に侵食が進んで,土砂を 多量に含む大きな洪水を引き起こすことがありま す。一方,閉塞した土塊の浸透流量が流入する流 量より多くて決壊しないで残存しているもの,越 流しても侵食が穏やかで災害を発生することなく 消滅するものもあります。

著者らは2002年に、田畑茂清・水山高久・井上 公夫著『天然ダムと災害』を古今書院から出版し

*Kimio Inoue 一般財団法人砂防フロンチィア整備推進機構 参与・技師長

ました。そこでは、国内外のデータを収集し、そ の規模や決壊の特性を整理しました。さらに国内 の天然ダムによる災害事例を示して、形成と決壊 過程を分析しました。米国の事例、氷河湖の決壊 にもふれ、天然ダム決壊時のピーク流量の予測手 法について整理し、決壊による下流域への影響に ついて常願寺川上流の立山カルデラの鳶崩れを対 象として示して、最後に天然ダム形成時の対応と 対策を示しました。この本が出版された時点では、 それまで防災の対象としてあまり重要視されて来 なかった「**天然ダム」**による災害を関係者に認識 して頂くのが、大きな目的でした。この本の出版 をきっかけに、行政などによる天然ダムの形成を 想定した対応訓練も始まりました。

3. 明治22年(1889)の紀伊半島の豪雨災害

明治22年(1889) 8月18~20日の台風襲来によ って,奈良県十津川流域(宇智吉野郡)では大規 模な崩壊・地すべりが1146箇所,天然ダムが28箇 所以上発生し,249名もの死者・行方不明者がでる 事態となりました。当時の十津川村(北十津川村, 十津川花園村,中十津川村,西十津川村,南十津 川村,東十川村,東十津川村)は,戸数2415戸, 人口は1万2862人でした。十津川流域は幕末時に勤 皇志士を多く輩出したこともあって,明治天皇の 計らいで,被災家族641戸,2587人が北海道に移住 し,新十津川村を建設したことが知られています

(川村, 1984, 芦田, 1987, 田畑ほか, 2001, 鎌田・小林, 2006)。

一方,同じ台風による豪雨によって,和歌山県 下では,死者・行方不明者 1247 人,家屋全壊 1524 戸,半壊 2344 戸,床上・床下浸水 33,081 戸,田 畑流出・埋没・冠水 8342ha もの被害が発生しま した。和歌山県側の災害状況については,明治大 水害誌編集委員会(1989)に詳しく記載されてい ます。

内務省地理局中央気象台の明治22年8月19日 の天気図などによれば,8月18日から19日の朝 にかけて,四国の南海上にほとんど停滞していた 台風は,20日にかけて時速10~15km/hでゆっく りと北上し,四国・中国地方に向かいました。台 風の北上に伴い南風が紀伊半島の山脈を衝いて, 田辺で8月18日の日雨量368.3mm,19日の日 雨量901.7mm(時間最大雨量169.6mm)の激し い豪雨をもたらしました(十津川流域には雨量観 測点ナシ)。

図1は、1889年大水害時の和歌山県・奈良県 における被害状況を示しています。明治22年豪 雨は、紀伊半島でも和歌山県西牟婁郡・日高郡か ら奈良県吉野郡にかけて激しかったようです。こ のため、極めて多くの山崩れが発生し、急俊な河 谷が閉塞され、各地に天然ダムが形成されました。 これらの天然ダムは豪雨の最中、または数日〜数 十日後に満水になると決壊し、決壊洪水が発生し て、1000人以上の犠牲者がでる事態となりました。

和歌山県で最も被害の大きかったのは西牟婁郡 で,西牟婁郡の中でも犠牲者は会津川流域と富田 川流域に集中しています。会津川(秋津川)は流 域面積が小さいにもかかわらず,中流部での2ヶ 所の天然ダムの決壊によって,下流部の田辺の市 街地が激甚な被害を受けました。

4. 田辺地域の災害状況

田辺町・湊町(現田辺市)は会津川の下流部に 発達した市街地で,図3に示したように右会津川上 流の高尾山と左会津川上流の槇山付近に形成され た天然ダムの形成・決壊によって,激甚な被害を 受けました。図4は,地図師榎本全部が製図した右 会津川流域の被災図で,高尾山の河道閉塞(両側 の山が崩れた)した状況を示しています。

榎本全部は芳養川と富田川についても被災図を 描いています。これらの図を見ると、河道閉塞を 起こしたような深層崩壊だけでなく、非常に多く の表層崩壊が描かれています。

明治大水害編集委員会(1989)によれば,8月17 日の午前中は晴れていましたが,午後6時頃から小 雨が降り出し,18日は午前中から雨が強くなり, 午後には豪雨となりました。19日になっても暴風 雨が続き,正午頃特にひどく,ついに15~16時に 八幡堤が360mにわたって決壊し,泥流が田辺町と



図 2 1889 年の大水害の紀伊半島における被害状況(水山ほか, 2011) 関係市町村史及び明治大水害誌編集委員会(1989)をもとに作成)



図3 秋津川上流・高尾山と槇山の 災害状況図(水山ほか,2011)

湊町を襲いました。洪水の大きさの割に人的被害 は少なかったため(17時にはかなり減水),高所 に避難していた人々は帰宅しましたが,家や道路 には泥土が積り沼田のようになっていました。さ らに,20日の夜半1時頃には「雨声を打つが如く」 大粒の雨となって,2度日の洪水が出現するところ となり,これに巻き込まれた住民が命を落とすこ とになりました。1波目が収束したので,危険が去 ったと思って帰宅し,眠りについていたため,人 的被害が大きくなったようです。また,2波目の洪 水は満潮時と重なったため,水位が異常に上昇して, 被害を大きくしました(この頃最大時間雨量169.6 mmがありました)。 田辺町の大洪水の主原因は,右会津川の高尾山と

広崎(の)(検,(の)主席因は, 石芸津川の高定田と 左会津川の槇山地区の天然ダムの形成と決壊でし た(図3参照)。19日18時頃に右会津川の左岸側斜 面(高尾山)では,長さ720m,幅540mの深層崩 壊が発生しました。右岸斜面も大規模に崩壊し, 挟み打ちとなって,天然ダム(高さ30m,湛水量 19万m³)が形成されました。この天然ダムは3時 間後の21時頃に決壊し,多量の土砂を巻き込んで



図3 高尾山と槇山の災害状況図 (水山ほか,2011)

田辺町の市街地まで流下し、田畑・道路・人家を 埋没させ、300人以上の犠牲者を出しました。

20日4時頃に左会津川の左岸側斜面(槇山)では 長さ900m,幅540mの深層崩壊が発生し,天然ダ ム(高さ30m,湛水量40万m³)が形成されました。 この天然ダムは5時間後に決壊し,多量の土砂を巻 き込んで田辺町の市街地まで流下しました。これ らの天然ダムの決壊で,上秋津の川上神社内には 3m余,下三栖地区では1.5mもの厚みで土砂が堆積 しました。会津川河口にあった田辺港も土砂堆積 で,水深が浅くなり,後日港は移転を余儀なくさ れました。

5.1889年の十津川流域の経時変化

表1は、明治22年(1889)災害の経時変化を示し たものです。表中に記す天然ダムの位置や番号は、 田畑ほか(2002)『天然ダムと災害』の口絵図「旧 版地形図の読図による十津川災害時の天然ダム多 発地点」や表5.1に記しています.十津川上流部の 塩野新湖(堰止高80m,湛水量1700万m³)は、20 日の8時に形成され、7時間後に決壊しました。そ の後も堰止高20mの天然ダムが残っていましたが、 11日後の31日の午後に再決壊しました。その下流 部の辻堂新湖(18m,78万m³)は、19日の22時に 形成されましたが、1時間後には決壊しました。宇 井新湖(10m,93万m³)は、20日10時に形成され ましたが、5.5時間後に塩野新湖の決壊洪水によっ て決壊しました。

河(川)原樋新湖(80m, 3600万m³)は、十津川 の右支・川原樋川に形成された大規模天然ダムで、 豪雨が降りやんだ後の21日16時に形成されました。 湛水量が大きかったため、すぐには満水になりま せんでした。このため、野迫川村の林村長は大阪 の第四師団に調査を依頼し、8月27日頃から発破作 業が計画され始めましたが、実現はしませんでし た。河原樋新湖は17日後に満水となり、晴天であ った9月7日11時に決壊しました。この決壊によっ て、洪水が十津川本川に達し、合流地点付近に牛 ノ鼻新湖(6m, 26万m³)が形成され、4日後の11 に決壊しました。



表1 明治22年(1889)の紀伊半島災害の経時変化

林新湖(110m, 1.8億m³, 1/2.5万地形図で計測し 直しました)は20日の7時に形成されましたが, 湛 水量が最も多く, 十津川流域に一番大きな影響を 与えました。図5に林新湖による天然ダムの湛水範 囲を示しましたが, 十津川沿いの集落が水没し, 多くの家屋が流失しました。

吉野郡水災誌巻末の統計表によれば,集落ごと の湛水位と人家の流失比率が示されています。 高津 :水位273尺(83m),1戸/39戸(3%)流失 林 :水位273尺(83m),27戸/30戸(90%)流失 上野地:水位263尺(80m),34戸/42戸(81%)流失 谷瀬 :水位220尺(67m),5戸/55戸(9%)流失 宇宮原:水位211尺(63m),39戸/49戸(80%)流失 長殿 :水位155尺(47m),12戸/18戸(67%)流失 となっています(谷瀬の吊り橋とほぼ同じ高さ)。 なお,宇智吉野郡長の玉置高良は宇宮原の旅館

に泊まっていましたが、林新湖形成直前の20日5時 に大鉢山崩壊で死亡しています。林新湖は17時間 後に満水となり決壊し、湛水池側の人家の流失と +津川下流への洪水段波を引き起こしました。その後も, 湛水高55mの天然ダムがしばらくの間残りました。被災直後の多くの写真が吉野郡水災史 (宇智吉野郡役所, 1891)に掲載されています。 現在の十津川の河床は1889年当時より, 30~50m も上昇しています。

小川新湖(190m, 3800万m³)は豪雨が降りや んだ後の21日10時に形成されましたが,堰止高が 日本で一番高い天然ダムです。小川新湖は5日後の 15時に決壊しましたが,なお堰止高110mの天然ダ ムとしてしばらく残りました。大畑瀞(25m, 11 万m³)の堤体は,決壊せず120年間も残っていま したが,2011年の台風12号時に洪水が越流して,堤 体が洗掘されて土石流が流れ下るという深刻な事態 が生じました。しかし,大畑瀞は現在も残っており, 堤体の補強対策が検討されています。

砂防と治水 (2012), 206 号, p.56-61



図5. 林新湖の湛水範囲と集落毎の湛水高と人家の流失比率

引用文献

- 芦田和男(1987):明治22年(1889) 十津川水害について、社団法人全国防災協会、二次災害の予知と対策、No.2、河道埋積に関する事例研究、p.37-45.
- 井上公夫(2011):日本の天然ダム事例の紹介,自然 災害科学,30巻3号,p.304·311.
- 宇智吉野郡役所(1891,十津川村1977-81復刻):吉 野郡水災史,巻之壹~巻之十一
- 鎌田文雄・小林芳正(2006): 十津川水害と北海道移 住、シリーズ日本の歴史災害-2、古今書院、181p.
- 川村たかし(1987): 十津川出国記, 北海道新聞社, 道新新書, 285p.
- 田畑茂清・井上公夫・早川智也・佐野史織(2001): 降雨により群発した天然ダムと決壊に関する事例

研究, 一十津川災害 (1889) と有田川災害 (1953) 一, 砂防学会誌, 53巻6号, p.66-76.

- 田畑茂清・水山高久・井上公夫(2002): 天然ダムと 災害, 古今書院, 口絵カラー, 8p., 本文, 205p.
- 平野昌繁・諏訪浩・石井孝行・藤田崇・後町幸雄 (1984):1889年8月災害による十津川災害の再検 討,一とくに大規模崩壊の地質構造規制について一, 京大防災研究所年報,27号B-1, p.1-18.
- 水山高久監修・森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著 (2011):日本の天然ダムと対応策,古今書院, 202p.
- 明治大水害誌編集委員会(1989):紀州田辺明治大水 害,一100周年記念誌一,207p.

<u>投稿</u> 形成原因別(豪雨,地震・火山噴火) にみた天然ダムの比較

◆井上公夫∗◆

1. はじめに

前回は,豪雨によって形成された天然ダムの事 例として,明治22年(1889)の豪雨により紀伊 半島で頻発した天然ダムの事例を紹介しました。

本項では、『天然ダムと災害』と『日本の天然ダ ムと対応策』で紹介した事例をもとに、豪雨と地 震・火山噴火によって形成された天然ダムを比較 して紹介したいと思います。

2. 当時の人はどう表現したか

過去の天然ダム関係の史料を調査すると、色々 な表現が使われています(井上,2005)。突然河 道が閉塞され、上流側が湛水して徐々に水位が上 昇して行く現象や満水直後の決壊洪水を目の当た りにした当時の住民や為政者は大変脅威に感じた ことでしょう。このため、

天正地震(1586): 堰止メ,
会津地震(1611): 沼,新湖,
琵琶湖西岸地震(1662): 大池,
宝永地震(1707): 大池,
天和地震(1683): 湖水,五十里湖,
善光寺地震(1847): 湛水,
飛越地震(1858): 水溜,大水溜,
十津川水害(1889): 新湖,
濃尾地震(1847): 瀦水,
秋田仙北地震(1914): 新二生ゼシ水面,
関東地震(1923): 震生湖,

長野県西部地震(1984):自然湖, ダム湖, 兵庫県南部地震(1995):天然ダム,

など、この現象を様々な言葉で表現しました。 今まで学会などでは、これらの現象に対する用 語についての統一見解は出されていません。

3. 天然ダム事例の集計

3.1 日本の天然ダム事例の一覧表と一覧図

建設省中部地方建設局河川計画課(1987)は, 長野県西部地震(1984)時の御岳崩れ(伝上崩れ) による天然ダムの形成をきっかけとして,日本国 内で発生年月日と形成地点(1/2.5万地形図上で位 置と形態),継続時間などがわかっている天然ダ ム事例を収集・整理しました。田畑ほか(2002): 『天然ダムと災害』(2002)では,その後の15年 間の調査結果を踏まえて,天然ダムの一覧表(29 災害79事例)を作成しました。

2002年以降,新潟県中越地震(2004),宮崎県 耳川の豪雨(2005),岩手・宮城内陸地震(2008) などで多くの天然ダムが形成されました。また, 史料調査の進展などによって,11災害の天然ダム が明らかとなりました。『日本の天然ダムと対応 策』(2011)では,1章と2章でこれらの災害事例 を詳しく説明しています。図1は,日本の天然ダム の形成地点の一覧図(61災害168事例)で,左上に 61災害の一覧表を示してあります。

*Kimio INOUE 財団法人砂防フロンティア整備推進機構

3.2 天然ダムの規模別順

図1の背景には、地形の起伏状況と防災科学技術 研究所が公開している地すべり地形を示しています。 この図によれば、天然ダムの分布には疎密度があり、 日本列島の地形・地質条件に関連していることがわ かります。

表1と表2は、集計した天然ダムの湛水量と湛水高 の順位表です。湛水量の最大値は、五畿七道地震 (887)に八ヶ岳の千曲湖1で5.8億m³,10位でも那 賀川の高磯山(1892)で7500万m³にも達しました。



図1 日本の天然ダムの形成地点の一覧図と一覧表(水山ほか, 2011)

表1 日本の天然ダムの湛水量の順位(水山ほか, 2011一部修正)

	事例	発生		発生原因	湛水高	湛水量
順位	No.	年月日	名称	地震名称(M)	(m)	(m3)
1	2-1	887.8.22	千曲川·古千曲湖1	五畿七道,M8.0-8.5	130	5.8E+08
2	21-1	1847.5.08	信濃川·犀川·岩倉山	善光寺地震, M7.4	65	3.5E+08
3	27-9	1889.8.20	十津川・林新湖	紀伊半島水害	110	1.8E+08
4	6-1	1586.1.18	庄川・帰雲山崩れ	天正地震,M7.8-8.1	90	1.5E+08
5	26-1	1888.7.15	磐梯山·桧原湖	水蒸気爆発	25	1.5E+08
6	7-1	1611.12.03	阿賀野川·山崎新湖	会津地震,M6.9	10	1.3E+08
7	5-1	1502.1.28?	姫川·真那板山	越後南西部,6.5-7.	140	1.2E+08
8	3-1	1176.11.19	魚野川·石打	豪雨?	80	9.2E+07
9	17-1	1757.6.24	信濃川・梓川・トバタ崩れ	豪雨	130	8.5E+07
10	30-1	1892.7.25	那賀川·高磯山	豪雨	80	7.5E+07

表1 日本の天然ダムの湛水量の順位(水山ほか, 2011一部修正)

	事例	発生		発生原因	湛水量	湛水高
順位	No.	年月日	名称	地震名称(M)	(m3)	(m)
1	27-19	1889.8.21	十津川・小川新湖	紀伊半島水害	3.8E+07	190
2	23-1	1858.4.09	鳶崩れ・常願寺川・真川	飛越地震,M7.0-7.1	3.8E+07	150
3	5-1	1502.1.28?	姫川·真那板山	越後南西部,6.5-7.	1.2E+08	140
4	27-5	1889.8.19	十津川・立里新湖	紀伊半島水害	2.6E+07	140
5	1-2	714or715	天竜川・遠山川・池口	遠江地震	3.1E+07	130
6	2-1	887.8.22	千曲川・古千曲湖1	五畿七道,M8.0-8.5	5.8E+08	130
7	17-1	1757.6.24	信濃川・梓川・トバタ崩れ	豪雨	8.5E+07	130
8	27-9	1889.8.20	十津川・林新湖	紀伊半島水害	1.8E+08	110
8	21-5	1847.5.08	信濃川・中津川・切明・南側	善光寺地震	2.8E+07	110
8	21-6	1847.5.08	信濃川・中津川・切明・西側	2箇所に形成	2.6E+07	110

湛水高の最大値は,紀伊半島水害時(1889)の小 川新湖で190m,8位は110mで3ヶ所存在します。

このような天然ダムが形成された場合,新潟県 中越地震(2004)や岩手・宮城内陸地震(2008) 時のような天然ダム対策(ハード対策)は困難で しょう。満水になるまでの時間が対策の取れる余 裕時間ですので,このことを考慮したソフト・ハ ード対策を検討して行く必要があります。

2011年の台風12号による天然ダムは、17ヶ所で 形成されましたが、国が緊急調査の対象とした5ヶ 所以外は数時間から数十時間で決壊しました。緊 急調査の対象となった天然ダムは十津川の支流な ど、河床勾配がかなり急での上流域の集水面積が 小さいものでした。明治22年(1889)の豪雨時に 形成された天然ダムは、十津川本川など河床勾配 配が緩やかで上流域の集水面積が大きな地点で、 多くの天然ダムが形成されました。その後,天然 ダムは数時間~十数日で決壊したため,下流域に 大規模な洪水が発生し,大きな被害が発生しまし た。

3.3 降雨と地震・火山噴火による天然ダムの 決壊時間の比較

図1に示した天然ダムは,降雨によるものが82ヶ 所,地震・火山噴火によるものが86ヶ所あります。 天然ダムの決壊時間を発生原因別に整理したのが, 図2,3です。降雨による天然ダム(82事例)では、 応急対策の目標時間となる7日以内に36事例44% が決壊し,決壊せず・現存しているものは,重里・ 大畑瀞の 1ヶ所のみです。人工開削されたものが 12事例15%,自然流出・土砂埋没したものが5事例 6%,不明は15事例18%ありました。 地震・火山噴火によるも の(86事例)は、7日以 内に決壊したものは11 事例13%しかなく、決壊 せず・現存しているもの が12事例14%も存在し ます。人工開削されたも のが7事例8%、事前流 出・土砂埋没したものが、 18事例21%、不明は17 事例20%ありました。

降雨による天然ダム は, 天然ダム発生誘因と なった豪雨による出水 時に決壊してしまうも のが多く, さらにその後 の地震や豪雨によって, 越流決壊を起こしやす いものと考えられます。 一方, 地震・火山噴火の 場合には,流れ山のよう な大きな土塊が含まれ ていたりして,閉塞土砂 の空隙率が大きく,閉塞 時の含水比が低くい場 合が多いことによるも のと考えられます。



図3 地震・火山噴火による天然ダムの決壊時間

4. 海溝型地震による天然ダム

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生後,東南海・南海などの海溝型地震の発生が危惧されています。

今まで海溝型地震は震源が陸地から遠い海溝 付近の海底と考えられていましたが、中央防災会 議の公表資料によれば、震源域が内陸部まで入り 込んでいることが明らかとなりました。このため、 直下型地震だけでなく、海溝型地震でも山間部で 大規模土砂移動が発生し、河道閉塞されて、天然 ダムが形成される可能性があります。

『日本の天然ダムと対応策』の2.1項で詳述しま

したように,五畿七道地震(仁和三年,887年 8月22日,M8.0-8.5)では,八ヶ岳大月川岩屑 なだれが発生し,千曲川を閉塞して,日本最大の 湛水量(5.8億m³)の天然ダムが形成されました。 303日後に満水となって決壊し,洪水段波が千曲 川を80km以上も流下して,平安時代の条里制遺 構の上を「仁和の洪水砂」が埋積したことが,史 料や遺跡の発掘調査で明らかになりました。千曲 川上流の小海・松原湖・馬流・海尻・海ノロ・広 河原などの地名は上記の現象を反映した地名で す。このことは,フランス・グルノーブルで2012 年4月23~26日に開催されたインタープリベン



図4 4つの海溝型地震による土砂災害地点の分布図 (砂防学会東日本大震災委員会,第1班(歴史地震)作成)

ト 2012 でポスター発表しました (Inoue et al., 2012)。

9 世紀後半には,嘉祥三年(850)の出羽地震 (本書 2.8 項),貞観六年(864)の富士山噴火(青 木ヶ原熔岩流出),貞観十一年(869)の陸羽地震 (大津波),元慶二年(878)の関東諸国地震,元 慶四年(881)の京都地震,仁和三年(887)の五 畿七道地震などの自然災害が頻発した記録が残 っています(平安時代は社会が比較的安定してい たため,多くの史料が残こされています)。

図4は、4つの海溝型地震(宝永地震1707,安 政東南海・南海地震1854,大正関東地震1923, 東北地方太平洋沖地震2011)による土砂移動地 点の分布図です(井上,2012)。直下型地震によ る土砂災害地点の分布と比較すると(中村ほか, 2010), 土砂災害の分布は極めて広いことが分かります。

宝永地震(1707年10月28日, M8.4-8.7)で は、中部地方の安倍川上流の大谷崩れや富士川の 自鳥山,左支下部川の湯之奥で天然ダムが形成さ れました。山梨県市川大門町の一宮浅間宮帳によ れば、「十月大巳卯朔日,壬午四日の未の刻(14 時)ばかりに、にわかに地二つ震い大地震,震天 地鳴動してはためき渡るかと思う所に東西を知 らずに震い、諸人庭に出て立たんとするに足立た ず、盆に入れたる大豆のごとく所にたまらず、四 方の山より黒白の煙天をかためて立ちのぼる。地 は裂けて水湧き上る。その水の涌くこと水はじき のごとし。後また五日の朝辰(29日8時)の頃 に大地震あり。四日に残りたる家、この時に崩る

表3 関東地震による土砂災害(井上, 2008)

地区	箇所数	死者数	被災戸数	河道閉塞
神奈川県西部	24	767	344	6
神奈川県東部	66	295	200	0
千葉県	41	15	12	7
東京都奥多摩 山梨県東部 静岡県東部		未調査の	のため不明	
計	131	1077	556	13

(後略)。湯奥と言う村、山崩れ谷を埋め、湯川 (下部川)を押しとどめて水海をなす。この水を 切りほすとて川内筋の人夫二千八百人にて切り たれども、少し沢を立たるばかりにて切りほす事 かなわず。川鳥市をなすと云々。俗に言う長さ三 里横一里の水海と言う。この川下、下部その他の 村、この水を恐れて山に上がり、小屋に住む」。 現地調査によれば、湛水高 70m、湛水面積 16 万 m²、湛水量 370 万 m³の天然ダムが形成されまし た。詳しくは 2.3 項をご覧下さい。

また、四国では、「加奈木崩れ」、「五剣山崩れ」 などの土砂災害の記録があります。高知県立図書 館(2005)の『谷陵記』(奥宮正明記)に地震の 状況が書かれています。「宝永四丁亥年十月四日 未之上刻、大地震起り、山穿て水を漲りし、川を 埋りて丘となる。中の官舎民屋悉く轉倒す。迯げ にとすれども眩いて壓に打たれ、或は頓絶の者多 し。又は幽岑寒谷の民は巖石の為に死傷するもの 若干也。係る後は必ず高潮入なる由言傅ふなどつ ぶやく所に、同下刻津浪打て、海邊の在家一所と して殘る方なし。・・・」と天然ダムが形成された ことが記載されていますが、具体的な場所は特定 できていませんでした。

2.2 項で説明しましたように、仁淀川中流の舞 ヶ鼻で、湛水高 18m、湛水面積 480 万 m²、湛水 量 2880 万 m³の天然ダムが形成されました。こ の事例については、『治水と砂防』の 187 号(井 上・桜井) と 200 号 (井上・山本) もご覧下さい。 安政東南海・南海地震(1854 年 12 月 23 日, M8.4) では,富士川の白鳥山や大井川左支・笹間川の遠 見山などで天然ダムが形成されています。また, 具体的な土砂移動の形態はわかりませんが,静岡 県から宮崎県までの太平洋に面した広い範囲で 土砂災害が発生していることがわかります。

大正関東地震(1923年9月01日, M7.9)では、10万5385人もの死者・行方不明者がでました(諸井・武村,2004)。表2に示したように、 南関東地域で非常に多くの土砂災害が発生し、土砂災害のみで、1000人以上の死者・行方不明者がでています。規模は小さいものの天然ダムが13ヶ所で形成されました(井上,2008)。

引用文献

- 井上公夫(2005):河道閉塞による湛水(天然ダム) の表現の変遷,地理,50巻2号,p.8-13.
- 井上公夫(2008): 震災地応急測図原図と土砂災害, 地図に見る関東大震災, 一震災直後の調査地図の初 公開一, 日本地図センター, p.18-39, p.50-61.
- 井上公夫(2011):日本の天然ダム事例の紹介,自然 災害科学,30巻3号,p.304-311.
- 井上公夫・桜井亘(2009): 宝永南海地震(1707)で 形成された仁淀川中流(高知県越知町)の天然ダム, 砂防と治水, 187号, p.71-75.
- 井上公夫・山本武美(2012): 宝永南海地震(1707) で形成された仁淀川中流・舞ヶ鼻の天然ダムの石碑 と説明看板,砂防と治水,200号, p.113-115.
- 高知県立図書館(2005):土佐国資料集成 土佐国群 書類従,第7巻,巻七十四,災異部,谷陵記(奥宮正 明記), p.2-11.
- 田畑茂清・水山高久・井上公夫(2002): 天然ダムと 災害, 古今書院, 口絵カラー, 8p., 本文, 205p.
- 中村浩之・土屋智・井上公夫・石川芳治(2000):地 震砂防. 古今書院, 口絵カラー, 16p., 本文, 191p.
- 水山高久監修・森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著 (2011):日本の天然ダムと対応策,古今書院,202p.
- 諸井孝文・武村雅之(2004):関東地震(1923年9月1 日)による被害要因別死者数の推定,日本地震工学 会論文集,4巻4号, p.21-45.

<u>投 稿</u>

"天然ダム"とは?

決壊したらどうなるのか?

◆森 俊勇∗◆

1. はじめに

海外では巨大な天然ダムが100年もそのままで 残存している事例も在り、日本国内でも、残存し ている事例があることから、天然ダムは必ずしも 全てが決壊するわけではないということが言えま す。しかしながら、一般的には、越流によって侵 食が進む(この状況を決壊と言うことが多い)の も事実であり、侵食が進むものの一部が残存して いるケースも見られます。また、侵食された土砂 はその下流で適宜堆積することになり、その結果、 一定の勾配で水理的に安定した段階で落ち着いて いくことになります。

本稿では,2011 年の台風 12 号による豪雨で, 紀伊半島南部で 17 箇所も形成された天然ダムを テーマに,天然ダムはどのような現象により形成 されるのか? そして,決壊するとどうなるの か? また,どのような天然ダムの危険性が高い のか?などについて,既往の文献・研究成果を紹 介しながら解説させて頂きます。

2. 「天然ダム」とは

私たちが「天然ダム」と呼んでいる現象は、海 外の文献(Schuster・Costa,1986)によれば、

「Landslide Dam」と総称表記されていますが、 収集されている事例は非常に幅が広く、翻訳して みると、①岩盤崩壊・土砂崩壊・<u>地すべり</u>、②泥 流・土石流・土砂流(写真-1)、③岩屑雪崩・土 石雪崩、④液状化、⑤崩落、となっています。要 するに、このような現象によって「Landslide Dam」が形成されているということです。従っ て、これを"<u>地すべり</u>ダム"と呼称すると、ほん の一部の現象しか表現できないことから、天然現 象によって形成されたダムということで"天然ダ ム"と呼称していきます。「Landslide Dam」に ついては、「Natural Dam」,正に天然ダムと表記 している文献もあります。

3. 天然ダムの決壊とは

天然ダムの決壊パターンについて、高橋・匡 (1988)は、図―1のように3つのパターンを示し ており、どのタイプにより決壊する可能性が高い かは、天然ダムの堤体の強度と水の浸透速度によ り決定される可能性が高いとしています。そして Schuster・Costa(1986)によると、原因が判明し ている天然ダムの決壊事例について分析したとこ ろ、図―2に示すように、そのほとんどが越流に よるものであるとしています。

次に,決壊までの時間について,Schuster・ Costa(1985)は,決壊までの時間の判った 63の天 然ダムについて分析した結果を図-3のようにま とめています。10日以内に半分の天然ダムが決壊 し,半年以内に8割が決壊しています。また,明 治22年の十津川水害時に形成された天然ダムの 決壊までの時間を分析した芦田(1987)によると,約7割の天然ダムが1日以内に決壊したというこ とであり,天然ダムが形成された場合,決壊とい う最悪のケースを想定して対応しなければならな いということが言えます。

^{*}Toshio Mori 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構

砂防と治水 (2012), 208 号, p.76-80.



写真―1 氷河湖の決壊による土石流が河川を堰止めた天然ダム(2010.8 カナダ, Vancouver Sun)



図—1 天然ダムの決壊パターン (高橋・匡, 1988, 一部加筆)

昨年(2011年)の台風12号により紀伊半島で 形成された17の天然ダムのうち,12箇所は越流 に伴い早期に決壊しており,決壊しなかったのは 5箇所の天然ダムです。これらの天然ダムは,支



川の中に形成されたりしたことから,集水域が小 さく,越流に至らなかったことが決壊しなかった 原因の一つではないかと考えられます。一方,奈 良県天川村の坪内の天然ダムのように,決壊に至 る過程で,湛水により上流側に被害を発生させた ものもありました。

4. 「LADOF」モデルの開発

私共は,2004年の新潟県中越地震の後から,京







が決壊した場合の氾濫区域を合理的に算定できる 計算手法の開発に取り組み,既存の計算式に改良 を加え,実際の天然ダムの決壊による洪水位のデ ータで検証を重ね,概ね妥当な計算式を確立する ことができました。LADOF(Landslide Dam Overflow Flood)モデルと称するこの計算式は, 天然ダムの越流侵食により発生する洪水波(ハイ ドログラフ)を算定することができ,2008年の中 国四川省汶川大地震時に形成された唐家山天然ダ ムの越流による洪水波について,図―4のように 概ねシミュレートすることができました。

開発された「LADOF」モデルは国土交通省に 提供され,既に昨年の紀伊半島の天然ダムの洪水 氾濫解析に活用されました。

5. 天然ダムが決壊するとどうなるのか? どのような天然ダムが危険なのか?

どのような状況を決壊というのかについて明確 に定義されているわけではありませんが,一般的 には,"越流して堤体の侵食が進みだしたこと"を



図—5 中越地震により芋川で形成された天然ダム の越流侵食状況の試算結果(里深ほか 2007c)



図-6 天然ダムの形態の違いにより発生する洪水を試算する縦断形モデル(宮崎県, 2005)

を決壊と表現しています。天然ダムの越流が始ま った場合,天端の侵食はどのように進むのでしょ うか。

図-5は 2004 年の新潟県中越地震で芋川の支 川塩谷川で形成された天然ダムについて,越流侵 食した場合の天端の侵食と下流への堆積の状況に ついて LADOF モデルによる計算結果を表現した ものです。図を見てみると,二つの天然ダムの上 流側の法勾配(堆積している土砂の勾配)が違う ことが分かります。この違いにより,同じように 越流しても侵食の仕方が大きく違うことが分かり ます。即ち,上流の法勾配が緩い方が一定時間の 侵食に伴う天端高の低下量が小さいことから,下 流への洪水波のピーク流量は小さく算定されます。

図―6と表―1は、宮崎県の耳川を事例に天然 ダムの形態の違いにより下流へ流下する洪水波が どのように変わるのかについて、LADOF モデル による計算結果のピーク流量を比較したものです。 6つの形態のうち、⑤のパターンが最も大きなピ

	4 -7	天然ダム	ム規模	7	充入量(m ³ /s)			
	.,_~	長さ	高さ	1,000	2,000	3,657		
	1	200	20	1,913.10	3,005.30	4,891.80		
	2	720	20	1,023.30	2,039.40	3,768.30		
Γ	3	200	40	4,252.00	5,487.70	7,233.40		
	4	410	40	2,119.00	3,361.30	5,389.60		
	5	200	70	25,494.60	26,540.70	27,145.20		
	6	720	70	1,784.70	3,175.40	5,110.00		

ーク流量を示すことが分かります。一方,②のパ ターンのように,河川の縦断方向に充分長い場合 は,決壊しないということも分かります。このよ うに,形成された天然ダムの形態により,決壊し た場合の洪水波の大きさはある程度算出すること が可能ですので,豪雨や地震により同時にたくさ んの天然ダムが形成された場合,速やかに, LADOF モデルを使って越流した場合の洪水波を



試算し、どの天然ダムの危険性が高いのかを見極 めたうえで、監視や警戒避難体制の構築を図るこ とが効果的であると言えます。

表—2 計算ケースとピーク流量(SFF, 2009a)

	掘削深	掘削幅	ピーク流量
Case1	10	7	6,707m ³ /s
Case2	5	7	8,502m³∕s
Case3	20	7	4,753m³∕s
Case4	10	3	7,261m³/s
Case5	10	14	6,776m³/s
Case6	10	20	6,875m³/s



写真—2 天然ダムの爆破事例。2008.6.4、 四川省青川県(新華社通信、 http://www.chinaview.cn2008-06-05 13:15:22)

また、図一7と表一2は、天然ダムの天端に放 水路を開削するとした場合に、幅の広いほうが効 果的なのか、深さの深いほうが効果的なのかにつ いて中国の唐家山天然ダムを事例に6つのケース を比較してみたものです。図で明らかなように、 深さを深くした方が発生する洪水のピーク流量を 減ずることができます。即ち、天然ダムの決壊に よる洪水波を小さくするためには、できるだけ上 流に湛水させずに、早く越流させることにより二 次的な被害を減じることが可能であるということ が分かります。極端なことを言えば、上流側に湛 水させないことが最良です。そのため海外では、 写真-2のように形成された天然ダムを爆破して 除却することも取り組まれています。

6. 今後に向けて

我が国における天然ダムに関する体系的な調 査・研究は、1984年、長野県西部地震により王滝 川に天然ダムが形成された災害を契機として、中 部地方建設局(現:中部地方整備局)(1987)が 取組んだのが最初です。同時期に Costa (1985) や Schuster・Costa(1986)によって,海外の天然 ダムの事例を分析した結果等が報告されています。

前述のように、私たちが「LADOF」モデルの 開発に取組んだのは、2004年の中越地震による災 害後です。その後、2005年の宮崎県耳川の豪雨災 害、2008年の中国四川省汶川大地震、岩手・宮城 内陸地震、2011年の台風12号による紀伊半島の 災害というように、天然ダムが形成されるような 大きな土砂災害現象が頻繁に発生致しました。

LADOF モデルは、国土交通省の緊急調査に使っていただけることになりましたが、まだ、いくつかの解決すべき課題もあります。今後も引き続き課題の解決に向けて取り組み、的確な警戒避難体制の構築につなげ、二次災害防止に取組んでいきたいと考えています。

〈引用文献〉

- 建設省中部地方建設局(1987):昭和61年度震後対策 調査検討業務, 天然ダムによる被災事例調査実例資 料の統計的分析, (財)砂防・地すべり技術センター
- J.Costa (1985) : Floods From Dam Failures, U.S. Geo-logical Survey Open-File Report, 85-560, 54p.
- R.Schuster, and J.Costa(1986) : A perspective on landslide dams : Processes, Risk, and Mitigation, America Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 3, p1-21
- 高橋保・匡尚富 (1988): 天然ダムの決壊による土 石流の規模に関する研究,京都大学防災研究所年 報,31号 B-2, p.601-615.
- 声田和男(1987):河道埋塞に関する事例研究、「二 次災害の予知と対策 No.2」、(社)全国防災協会、 p37-45.
- 里深好文・吉野弘祐・小川紀一朗・水山高久
 (2007c): 天然ダムの決壊時のピーク流量推定に
 関する一考察,砂防学会誌,59巻6号,p.55-59.
- SFF(2009a): 天然ダム決壊時のピーク流量推定に関 する検討,財団法人砂防フロンティア整備推進機 構(自主研究)
- 宮崎県(2005):平成17年砂防調査第1-A1号 天 然ダム決壊機構及び緊急・応急体制検討業務報告 書,財団法人砂防フロンティア整備推進機構



THE FORMATION AND OUTBURST FLOODING OF THE LARGEST LANDSLIDE DAM ON THE YATSUGATAKE VOLCANO IN JAPAN

Kimio Inoue¹, Toshio Mori¹ and Takahisa Mizuyama²

INTRODUCTION

The authors researched the formation and outburst flooding of the landslide dam in histrical age and reported in Interpraevent 9th, 10th and 11th. And we published two books related with the formation and outburst flood of landslide dams in Japan (Tabata et al., 2002 and Mizuyama et al., 2011). The Yatsugatake Volcano, in the Nagano Prefecture, Central Japan, had been violently shaken by an earthquake on August 22, 887 (September 30, Ninna era, Japanese calender), which caused a large-scale collapse. The massive collapse of debris flowed down along the Otsuki River in the form of a large-scale debris avalanche and blocked the Chikuma River channel, upstream of the Shinano River, forming a gigantic landslide dam in the upper reaches. During the ruins of the 9th Century in the area from Sakudaira to the Nagano Basins along the Chikuma River, Ninnna flood sand covered ancient rice paddies and houses.

RECORDS IN HISTORICAL MATERIALS

Records of this disaster are mentioned in many historical materials. To summarize these historical materials, records from the 887 disasters caused by the earthquake and from the 888 flood disasters. In other words, these materials can be interpreted to show that, on August 22, 887, in addition to the disaster caused by the violent earthquake (great ocean-trench earthquake) that hit most of the main Japanese islands, a massive collapse occurred in the Yatsugatake Volcano, which blocked the Chikuma River and resulted in the formation of a huge landslide dam. Subsequently on June 20, 888, or 303 days later, the landslide dam collapsed, causing a heavy flood which washed away both houses and castles in six districts of the Nagano Prefecture and caused numerous human fatalities.

SCALE OF LANDSLIDE DAMS AND THE EXTENT OF FAILURE FLOODS

Kawachi (1983) presumed that the sector collapse of the eastern flank of the Yatsugatake Volcano resulted in the formation of a horseshoe-shaped caldera of 2.25 km in north-south length, 3.5 km in east-west length and 350 m in maximum relative height and estimated that the sediment from the Otsuki River Debris Avalanche amounted to 350 million m³. However, the volume of the horseshoe-shaped caldera is estimated to be over one billion m³ and the authors have decided that this landform is a result of repeated debris avalanches as large as that which occurred 887, along with volcanic activities such as phreatic explosions.

Based on the interpretation of a 1/25000 topographic map and aerial photos, the altitude of the river bed at the point of the river channel blockade is 1000 m above sea level, debris avalanche sediment exist along Otsuki River and there are many mudflow hill landforms and lakes including Lake Matsubara on the debris avalanche. Based on the conditions of extrusive landforms such as mudflow hills near Lake Matsubara, the inundation height is estimated to be 130 m. Tracing the contour at this altitude results in the inundation area and volume of approximately 13.5 km² and 580 million m³ respectively, which means that one of the largest landslide dams in Japan had been formed at this site.

This landslide dam had an extremely large inundation volume and did not become full immediately. The landslide dam formed along the Chikuma River and gradually collected water for about ten months. Eventually, the dam had become filled 303 days later during torrential rainfall in the rainy

¹ Sabo Frontier Foundation, SABO-Kaikan Annex 6F 2-7-4, Hirakawa-Cho, Chiyoda-ku, TOKYO 102-0093, Japan (email: k-i_sanyo@sff.or.jp)

² Prof. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Oiwake-Cho, Kitashirakawa, Sakyo-ku KYOTO 606-8502, Japan

season. It then failed suddenly, causing a secondary debris avalanche. The water collected behind the landslide dam turned into massive flood waves that flowed down the Chikuma River over 100 km to the lower reaches which resulted in flooding and the deposit of the Ninna Flood sand. If the landslide dam had been filled in 303 days (26.1 million seconds), the average rate of inflow from the upper reaches of the Chikuma River would be calculated as 22.2 m³/s (the catchment area upstream: 353 km²).

Mt. Inagodake remains at the head of the caldera as a massive moving rock body of about 1000 m in long axis, 700 m in short axis, 200 m in height and 140 million m^3 in estimated volume. This moving rock mass



Fig.1 Relief map of the Yatsugatake Volcano, the debris avalanche and the landslide

may have been formed at the time of the mountain body collapse in 887. It may also be the case that the moving rock mass had existed earlier and that the mountain body collapse may have occurred on a large scale that included that part of the rock mass. This moving rock mass contains a wind cave and is almost completely separated from the bedrock. The moving rock mass carrying Mt. Inagodake, which still exists, may collapse significantly due to future earthquakes, torrential rainfalls or post-volcanic activity, which may cause a new debris avalanche to block the channel of the Chikuma River and form a landslide dam.

Looking at the situation from this perspective, the condition of the movement of the rock body near Mt. Inagodake should be monitored by displacement observation via GPS, etc.

Conclusion

A considerable amount of literature has been published in relation to the Yatsugatake Volcano Otsuki River Debris Avalanche and Ninna Flood and there have been many discussions that include the 887 and 888 theories. As explained above, the phenomena mentioned in literature can be explained by a theory that the large-scale landslide dam of 130 m in height (with an inundation volume of 580 million m³) that was formed took as long as 303 days to be filled before it could fail. The failure caused a secondary debris avalanche, which blocked the Aiki River near Koumi and formed Old Lake Aiki (that remained for over 600 years). Although Old Lake Chikuma 1 collapsed, Old Lake Chikuma 2 of 50 m in height remained for 123 years. Various place-names that still exist in the upper reaches of the Chikuma River could be construed as records of these landslide dam phenomena.

REFERENCES

- Inoue K. (2010). The Formation and Failure Flooding of the Largest Landslide Dam in Japan (887).
- Journal of Survey, vol.90, no.12: 24-28. (in Japanese)
- Kawachi S. (1983). Ohtsukigawa debris avalanche, Yatsugatake Volcanic Chain, central Japan. Journal of Geography, vol.89, no.3: 173-182. (in Japanese with English abstract)
- Kawasaki T. (2010). The sector collapse of Yatsugatake Volcano in 887 and the large foods of Chikuma River in 888. Saku, no, 60:2-12. (in Japanese)
- Mizuyama T., Mori T., Sakaguchi T. and Inoue K. (2011). Landslide dams and countermeasure method in Japan, Kokonshoin, 205p. (in Japanese)
- Tabata S., Mizuyama T. and Inoue K. (2002). Landslide dams and Disaster, Kokonshoin, 205p. (in Japanese)
- Keywords: landslide dam, Yatsugatake Volcano, debris avalanche, outburst flood

233

The Formation and Outburst Flood of the Largest Landslide Dam on the Yatsugatake Volcano in Japan

Kimio Inoue¹, Toshio Mori¹ and Takahisa Mizuyama²

INTERPRAEVENT International

Research Society

Affiliation1: Sabo Frontier Foundation, SABO-Kaikan Annex 6F 2-7-4, Hirakawa-Cho, Chiyoda-ku, TOKYO 102-0093, Japan Affiliation 2: Prof. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Oiwake-Cho, Kitashirakawa, Sakyo-ku KYOTO 606-8502, Japan

INTRODUCTION

The authors researched the formation and outburst flooding of the landslide dam in histrical age and reported in Interpraevent 9th, 10th and 11th (Mizuyama et al., 2004, Inoue et al., 2008 and Inoue, 2010). And we published two books related with the formation and outburst flood of landslide dams in Japan (Tabata et al., 2002 and Mizuyama et al., 2011). The Yatsugatake Volcano, in the Nagano Prefecture, Central Japan, had been violently shaken by an earthquake on August 22, 887 (September 30, Ninna era, Japanese calender), which caused a large-scale collapse (Inoue et al., 2010, Kawasaki, 2010). The massive collapse of debris flowed down along the Otsuki River in the form of a large-scale debris avalanche and blocked the Chikuma River channel, upstream of the Shinano River, forming a gigantic landslide dam in the upper reaches (Figure 1). During the ruins of the 9th Century in the area from Sakudaira to the Nagano Basins along the Chikuma River, Ninna flood sand covered ancient rice paddies and houses.

RECORDS IN HISTORICAL MATERIALS

Records of this disaster are mentioned in many historical materials. To summarize these historical materials, records from the 887 disasters caused by the earthquake and from the 888 flood disasters. In other words, these materials can be interpreted to show that, on August 22, 887, in addition to the disaster caused by the violent earthquake (great ocean-trench earthquake) that hit most of the main Japanese islands, a massive collapse occurred in the Yatsugatake Volcano, which blocked the Chikuma River and resulted in the formation of a huge landslide dam. Subsequently on June 20, 888, or 303 days later, the landslide dam collapsed, causing a heavy flood which washed away both houses and castles in six districts of the Nagano Prefecture and caused numerous human fatalities.



SCALE OF LANDSLIDE DAMS AND THE EXTENT OF FAILURE FLOODS

Kawachi (1983) presumed that the sector collapse of the eastern flank of the Yatsugatake Volcano resulted in the formation of a horseshoe-shaped caldera of 2.25 km in north-south length, 3.5 km in east-west length and 350 m in maximum relative height and estimated that the sediment from the Otsuki River Debris Avalanche amounted to 350 million m³ (Table1). However, the volume of the horseshoe-shaped caldera is estimated to be over one billion m³ and the authors have decided that this landform is a result of repeated debris avalanches as large as that which occurred 887, along with volcanic activities such as phreatic explosions.

Based on the interpretation of a 1/25000 topographic map and aerial photos, the altitude of the river bed at the point of the river channel blockade is 1000 m above sea level, debris avalanche sediment exist along Otsuki River and there are many mudflow hill landforms and lakes including Lake Matsubara on the debris avalanche (Figure 2). Based on the conditions of extrusive landforms such as mudflow hills near Lake Matsubara, the inundation height is estimated to be 130 m. Tracing the contour at this altitude results in the inundation area and volume of approximately 13.5 km² and 580 million m³ respectively, which means that one of the largest landslide dams in Japan had been formed at this site.

This landslide dam had an extremely large inundation volume and did not become full immediately. The landslide dam formed along the Chikuma River and gradually collected water for about ten months. Eventually, the dam had become filled 303 days later during torrential rainfall in the rainy season. It then failed suddenly, causing a secondary debris avalanche. The water collected behind the landslide dam turned into massive flood waves that flowed down the Chikuma River over 100 km to the lower reaches which resulted in flooding and the deposit of the Ninna Flood sand (Figure 3, Table 2). If the landslide dam had been filled in 303 days (26.1 million seconds), the average rate of inflow from the upper reaches of the Chikuma River would be calculated as 22.2 m³/s (the catchment area upstream: 353 km^2). Mt. Inagodake remains at the head of the caldera as a massive moving rock body of about 1000 m in long axis, 700 m in short axis, 200 m in height and 140 million m³ in estimated volume (Photo 1). This moving rock mass may have been formed at the time of the mountain body collapse in 887. It may also be the case that the moving rock mass had existed earlier and that the mountain body collapse may have occurred on a large scale that included that part of the rock mass. This moving rock mass contains a wind cave and is almost completely separated from the bedrock. The moving rock mass carrying Mt. Inagodake, which still exists, may collapse significantly due to future earthquakes, torrential rainfalls or post-volcanic activity, which may cause a new debris avalanche to block the channel of the Chikuma River and form a landslide dam. Looking at the situation from this perspective, the condition of the movement of the rock body near Mt. Inagodake should be monitored by displacement observation via GPS, etc.

Old Lake Chikuma 2 Old Lake Aiki O 2.5 5km

> Figure 1 Relief map of the Yatsugatake Volcano, the debris avalanche and the landslide dams

Photo 1 Terrain after large-scale sector collapse of Kita Yatsugatake at Shinkai on the Otsuki River Debris Avalanche (photo by Inoue)

12th CONGRESS

INTERPRAEVENT

23rd to 26th April 2012

Grenoble - France



Figure 2 Landform classification map of the Otsuki River basin (Matchida et al. 2009., Inoue et al. 2011)

Table 1 Radiocarbon date of sediment from the Otsuki River Debris Avalanche (Inoue et al., 2010) Table 2 Ruins covered with Ninna Flood sand (Inoue et al., 2010)

Saku City Shionata Shinada

10 Atobe Mamada Ruins Saku City Atobe Mamada

N36°16′E138°25′

N36°14' E138°28'

CONCLUSION

A considerable amount of literature has been published in relation to the Yatsugatake Volcano Otsuki River Debris Avalanche and Ninna Flood and there have been many discussions that include the 887 and 888 theories. As explained above, the phenomena mentioned in literature can be explained by a theory that the large-scale landslide dam of 130 m in height (with an inundation volume of 580 million m³) that was formed took as long as 303 days to be filled before it could fail. The failure caused a secondary debris avalanche, which blocked the Aiki River near Koumi and formed Old Lake Aiki (that remained for over 600 years). Although Old Lake Chikuma 1 collapsed, Old Lake Chikuma 2 of 50 m in height remained for 123 years (Photo 2). Various place-names that still exist in the upper reaches of the Chikuma River could be construed as records of these landslide dam phenomena (Figure 4).

Surveyer	C14 Age	Cristian Age	Measurement No.	No	Ruins Name	Addres	Latitude	Longitude
Yatsugatake Survey G.	2120± 90B.P.	B.C.170	Gak-10119	1	Shinonoi Ruins Group	Nagano City Shinonoi Shiozaki	N36°33′	E138°07′
Shagawa (1081)	18/0+190B P	$\Delta D 110$	Gak-11847	2	Ishikawa Jori Ruins	Nagano City Shinonoi Shiozaki	N36°33′	E138°06'
	10+0+170D.1.	A.D.170	$\operatorname{Gal}(104)$	3	Shiozaki Ruins Group.	Nagano City Shinonoi Shiozaki	N36°34′	E138°08'
Kawachi (1983)	$17/80\pm110$ B.P.	A.D.170	Gak-9488	4	Yashiro Ruins Group	Chikuma City Amenomiya	N36°32'	E138°09'
Kawachi (1983)	950± 90B.P.	A.D.1000	Gak-10299	5	Koshoku Ruins Group	Chikuma City Yashiro	N36°31′	E138°09′
Okuda (2000a)	1187±76B.P.	A.D.849±83B.P	Nagoya Univ.	6	Chikaraishi Jori Ruins	Chikuma City Chikaraishi	N36°28′	E138°10′
Okuda (2000b)	1224± 41B.P.	A.D.812±57B.P	Nagova Univ.	7	Kamigomyo Jori Ruins	Sakaki Town Kamigomyo	N36°27	E138°10′
				8	Aokishita Ruins	Sakaki Town Minamijo	N36°26	E138°11'

9 Sunahara Ruins



REFERENCES

Inoue K. (2010). Debris flows and flood-induced disasters caused by the eruption on Asama Volcano in 783 and restration projects thereafter, Interpaevent 2010, International Symposium in Pacific Rim, Taipei/Taiwan, 197-205. (in English)
Inoue K., Kawasaki T. and Machida T. (2010). Otuki River debris avalanche on Yatsugatake, — Research of the gigantic debris avalanche and outburst flooding of the largest landslide dam in 887. Geography, vol.55, no.5:106-116. (in Japanese)

Inoue K., Mizuyama T., and Sakatani Y.(2010). The Catastrophic Tombi Landslide and Accompanying Landslide Dams Induced by the 1858 Hietsu Earthquake. Journal of Disaster Research, Vol.5, no.3:245-256. (in English)

Inoue K., Mori T. and Mizuyama T. (2008). Two large landslide dams and outburst disasters, — In the Shinano River, central Japan, Interpaevent 2008, Dornbirn/Austria, Vol.1, 121-129, (in English)

Kawachi S. (1983). Ohtsukigawa debris avalanche, Yatsugatake Volcanic Chain, central Japan. Journal of Geography, vol.89, no.3: 173-182. (in Japanese with English abstract)

Kawasaki T. (2010). The sector collapse of Yatsugatake Volcano in 887 and the large floods of Chikuma River in 888. Saku, no, 60:2-12. (in Japanese)

Machida T., Inoue K., Shimada K. and Tamura T. (2009). Extend and volume of the landslide dam outbreake flood deposits in A.D.887 along the upper Chikumagawa : estimated from evidence on the lower river terrace, J.G.U. Meeting . (in Japanese) Mizuyama T., Tabata S., Mori T., Watanabe F. and Inoue K. (2004). Outbursts of Landslide Dams and Their Prevention,

Interpaevent 2004 Riva/Trient, ${f W}$: Lamdslide, 221-229. (in English)

Mizuyama T., Mori T., Sakaguchi T. and Inoue K. (2011). Landslide dams and countermeasure method in Japan, Kokonshoin, 205p. (in Japanese)

Tabata S., Mizuyama T. and Inoue K. (2002). Landslide dams and Disaster, Kokonshoin, 205p. (in Japanese) Keywords: landslide dam, Yatsugatake Volcano, debris avalanche, outburst flood

Figure 3 Extent of the Otsuki River Debris Avalanche, landslide dam and flood-distribution of sites covered with the Ninna Flood sand (Inoue et al., 2011)

Figure 4 Southern part of Saku in Kurumisawa Map (owned by Ryukichi Kurumisawa)

紀伊半島の 1889 年と 2011 年の災害分布の比較

Comparison of Distribution of Disasters Occurring in 1889 and 2011 on Kii Peninsula

Kimio INOUE	Shoji DOSHIDA
井上公夫*1	土志田正二*2

Abstract

On the Kii Peninsula, a number of large-scale collapses of landslide dams occurred in 1889 due to a typhoon that brought rainfall of over 1000 mm between August 19 and 20. More than 33 landslide dams were formed and most of them collapsed, causing serious damage. In 2011, many large-scale collapses occurred again due to Typhoon No.12 that lasted from August 30 to September 6, causing more than 17 river blockages and landslide dams. In this report, the authors examined the distribution characteristics of the 1889 and 2011 disasters, with the focus on the Totsukawa area in southern Nara Prefecture. It has been reported that 28 landslide dams were formed in this area in 1889 (total sediment volume: 200 million m³). In 2011, 13 river blockages (mostly partial) occurred in the same area (total sediment volume: 35 million m³), forming 4 landslide dams over 20 m in height.

Keywords: heavy rainfall disasters, Kii Peninsula, landslide dam, 1889 disasters, 2011 disasters, distribution maps

1 はじめに

2011年8月30日~9月6日に台風12号が襲来し,紀伊半島 を中心として広範囲に連続雨量が1000mm(奈良県上北 山で最大1808.5mm,気象庁,2011.9.7)を超える降雨が あり,国土交通省のレーダー雨量観測によると,奈良県 上北山村大台ヶ原で2436mmにも達した。このため,多 くの天然ダムが形成された。マスコミ関係では、土砂崩 れダム、土砂ダム,堰き止め湖、天然ダムなどという用 語が使われた。筆者らにも用語の問合せがあったが、今 までこれらの現象に対する用語について、学会などで 統一見解は出されていない。

歴史的に見てもこのような現象は様々な用語で表現 された。突然河道が閉塞され、上流部が湛水して徐々に 水位が上昇して行く現象や満水後の決壊による洪水被害 を目の当たりにした当時の住民や為政者は、大変な驚異 を感じたであろう。

井上 (2005) によれば,天正地震 (1586) 時には「堰 止メ」,会津地震 (1611) 時には「沼,新湖」,琵琶湖 西岸地震 (1662) や宝永地震 (1707) 時には「大池」, 天和地震 (1683) 時には「湖水,五十里湖」,善光寺 地震 (1847) 時には「湛水」,飛越地震 (1858) 時に は「水溜,大水溜」,十津川水害 (1889) 時には「新 湖」,濃尾地震 (1891) 時には「瀦水」,秋田仙北地震

(1914)時には「新ニ生ゼシ水面」,関東地震(1923)時には「震生湖」,長野県西部地震(1984)時には「自

然湖,ダム湖」,兵庫県南部地震(1995)時には「天 然ダム」など,様々な表現が使用されている。

水山ほか(2011)でも説明したが、地震・豪雨・氷 河などを誘因として形成された河道閉塞による湛水 現象をすべて含んだ用語として「天然ダム」を使って いる。

本ノートでは、紀伊半島で激甚な被害となった 1889 年と2011 年災害の平面分布の特徴を比較・分析する。

2 1889年と2011年災害の平面分布の比較

図-1は、1889年(いわゆる十津川災害)と1953年(有 田川災害)と2011年台風12号による天然ダムなどの位置 を示した図で、防災科学技術研究所の地すべり地形(移 動体)分布図の上に追記したものである。また、防災科 学技術研究所が把握した2011年の崩壊・大規模崩壊の地 点を桃色▲で示した。赤色★は、国土交通省の緊急調査 対象箇所となった天然ダム(高さ20m以上、かつ保全対 象人家10戸以上)で、黄色★は、それ以外の箇所である。

左下図は、産業技術総合研究所地質調査研究センター (2010年版)『20万分の1日本シームレス地質図』をもと に、主な地質区分線を記入した。主な地質構造分帯とそ の名称を記してあるが、詳しくは上記地質図の凡例を参 照されたい。左下図の地質分帯と比較すると、2011年の 土砂災害の分布はかなり偏在していることが分る。降雨 分布との検証をする必要があるが、地すべり地形(地

*1 正会員 財団法人砂防フロンティア整備推進機構 Member, Sabo Frontier Foundation, Tokyo, Japan (<u>k-inoue@sff.or.jp</u>) *2 正会員 独立行政法人防災科学技術研究所 Member, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention 砂防学会誌(2012), 65 巻 3 号, p.42-46.(査読済)



図-1 紀伊半島における 1889, 1953 年災害と 2011 年災害の比較

Fig. 1 Comparison of distribution of disasters occurring in 1889, 1953 and 2011 disasters on Kii Peninsula

砂防学会誌(2012), 65 巻 3 号, p.42-46.(査読済)



図-2 十津川流域における 1889 年災害と 2011 年災害の比較(田畑ほか,2002 に追記) Fig. 2 Comparison of distribution of disasters occurring in 1889 and 2011 disasters in Totsukawa area

砂防学会誌(2012),65巻3号,p.42-46.(査読済) すべり移動体)の多い地域で多く発生しているようであ る。図-1に図-2の範囲を点線枠で示した。

田畑ほか(2001,02)によれば、明治22年(1889)8 月19~20日の台風襲来によって、奈良県十津川流域では 大規模な崩壊・地すべりが1146ヶ所、天然ダムが28ヶ所 以上発生し(芦田1987では53ヶ所)、245名もの死者・行 方不明者を出した。しかし、明治大水害誌編集委員会

(1989)によれば、和歌山県の田辺市付近の富田川流域 と秋津川流域を中心として、死者・行方不明者が1247名 にも達していたことが記されている。

井上(2011,12)は、図-2の範囲以外の和歌山県側 で、5ヶ所の天然ダムの形成・決壊災害の位置を明らかに した。1889年には、和歌山・奈良県で33ヶ所の天然ダム の位置・形状が判明しているが、そのうち半分近くの16 ヶ所が1日以内、4ヶ所が1日~7日未満、4ヶ所が7日~1 ヶ月未満、1ヶ所が4年後に決壊し、現存している天然ダ ムは大畑瀞(図-2のNo.26)の1ヶ所に過ぎない。この 大畑瀞は、台風12号時の降雨により越流侵食が進み、台 風15号の接近に伴って、下流域に避難勧告が出された。

1889年では、十津川本川沿いで多くの天然ダムが形成 され、その後ほとんどの天然ダムが決壊し、本川の河床 が50m前後上昇して、険しいV字谷から少し谷底の広い 谷地形に変わったと言われている。

一方,2011年の台風12号による天然ダムは十津川の支 流域で多く形成されたため,天然ダムへの流入量は比較 的少なく,すぐには満水にならなかった。また,河道閉 塞した物質がかなり硬質な岩屑(白亜期後期の付加コン プレックス帯の岩石,新潟県中越地震時のような軟岩で はない)からなるため,角礫の隙間を浸透して流入水が 湧出したことも,越流・侵食や大規模な土石流の発生に 至らなかった要因の一つであろう。しかし,谷壁や河道 には閉塞した岩屑が残っており,今後の豪雨や地震によ って,土砂混じりの洪水が発生する可能性がある。

表-1 2011 年と 1889 年の天然ダムの比較

Table 1 Comparison of 1889 and 2011 landslide dams

2011年台風12号	移動土砂量	河道閉塞	1889年災害時
の土砂災害地点	万m ³	の状況	の天然ダム名
1. 辻堂 鍛冶屋谷	20	部分閉塞	2.辻堂新湖
2.清水·宇井	53	部分閉塞	(3.宇井新湖)
3.北股•岩谷	120	全閉塞(国交省)	
4.赤谷	900	全閉塞(国交省)	
5.河原樋(長殿北)	—	部分閉塞	6.河原樋新湖
6.長殿谷	680	全閉塞(国交省)	
7.長殿・濁谷川	120	部分閉塞	
8.栗平	1390	全閉塞(国交省)	
9.杉清 ·小井谷	—	全閉塞	
10.三浦	-	部分閉塞	14.山天新湖
11.主尾山東	—	部分閉塞	15.野広瀬新湖
12.野尻·小原谷	263	部分閉塞	(17.野尻新湖)
13.重里·大畑瀞	2.5	部分閉塞	26.大畑瀞
計	3549		

*移動土砂量は国土交通省,奈良県砂防課のHPによる 3.宇井新湖,17.野尻新湖は現在貯水ダムの湛水域内である 本川沿いでも数ヶ所で河道閉塞(部分閉塞箇所が多い) が発生したが、比較的規模も小さく、1日以内に決壊して いる。天川村坪内では高さ11.5mの天然ダムが形成された が、3時間半後に決壊している。

3 十津川流域での比較

図-2は、田畑ほか(2002)『天然ダムと災害』の口 絵6p.の「旧版地形図の判読による十津川災害時の天然ダ ム多発地点」をもとに、2011年台風12号による河道閉塞 地点(13ヶ所)を追記したものである。この地域につい ては、宇智吉野郡役所(1891)『吉野郡水災害史』に、当 時の村別に詳しい崩壊分布図が掲載されている。

+津川災害から20年後(1908~11年)に測図された1/5 万の旧版地形図「山上ヶ岳, 釈迦ヶ岳, 十津川, 高野山, 伯母子岳, 龍神」には, 多くの崩壊地形(図-2で赤色 で表示)が表現されている。これらの崩壊地は20年後ま で残っている大規模崩壊地であり, 天然ダムを形成した 28か所の地点と, 天然ダムの最大の湛水範囲を青色で示 してある。図中の□A,B,Cは, 田畑ほか(2002)で示さ れている余色立体写真の範囲である。詳細な地形状況を 把握したい場合にはそちらを参照されたい。

上記の図の上に2011年の台風12号によって発生した河 道閉塞地点(黄色)と天然ダムの湛水範囲(紺色)を示 した。表-1は、2011年に発生した土砂移動地点と1889 年災害時の天然ダム地点を比較したものである。()内に 示した3.宇井新湖と17.野尻新湖は、現在は貯水ダムの湛 水域となっているおり、部分閉塞しか発生しなかった。

図-2の範囲には、1889年時に形成された28箇所の天 然ダムが示されている。田畑ほか(2002)の表5.1にはこ の28箇所の一覧表があり、移動土塊量を集計すると、総 計は2.0億m³である。

表-1に示したように、2011年台風12号時には、同じ 範囲で13ヶ所の大規模崩壊が確認された。そのうち、移 動土砂量が公表されている9ヶ所の合計土砂量は、3549 万m³である。国土技術政策総合研究所危機管理技術研究 センターなどは、緊急調査箇所の5ヶ所以外の崩壊地につ いては、空中写真、衛星画像を用いて崩壊地の判読を行 っている(森山ほか、2011)。判読面積は約4800km²で、 Guzzetti et al. (2009)の崩壊面積と崩壊土砂量に関する経 験式を用いて、崩壊土砂量を算出している。その結果、 台風12号による紀伊半島の移動土砂量の総量を5ヶ所の 緊急調査箇所の土砂量を加えて、1億万m³と推定してい る。この数値は豪雨を起因とした土砂災害では、第二次 世界大戦後の期間では、最大の土砂量であったと発表し ている。

1889年災害では、十津川流域で28箇所の移動土塊量の 合計だけでも、2億m³となっており、2011年災害よりも 移動土砂量が大きかったことが分る。

「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の

砂防学会誌(2012),65巻3号,p.42-46.(査読済) 推進に関する法律」(土砂災害防止法)の改正(2011年5 月1日施行)に基づき,国土交通省の緊急調査区域に指定 された。緊急調査の対象区域とは、天然ダムの高さが20m 以上で、保全対象人家が10戸以上ある河道閉塞箇所とさ れている。この指定を受けて、近畿地方整備局は国土交 通省本省と緊密に連絡を取りながら、現在も緊急調査・ 対策工事を実施している。

対象となった河道閉塞箇所は、図-2の範囲では北 股・岩谷、赤谷、長殿、栗平の4ヶ所で、それ以外の全閉 塞箇所は、杉清・小井谷の1ヶ所、部分閉塞箇所は8ヶ所 である。図-1によれば、図-2の範囲以外にも河道塞 箇所が存在するが、天然ダムの継続時間は1日以下と短 く、応急対策を実施する前に決壊した箇所がほとんどで あった。

1889 年災害の天然ダム箇所と比較すると、同じ崩壊 箇所で発生している箇所が5ヶ所,湛水池内で発生した箇 所が、2ヶ所(3.宇井新湖と17.野尻新湖)存在する。現在 の十津川の河谷地形を見ると、1889年の天然ダムの形 成・決壊によって、十津川の河床が50m前後上昇し、か なり広い谷底が形成されたと言われており、2011年の土 砂移動箇所が全閉塞にならず、部分閉塞となった箇所が 多い要因の一つと考えられる。

4 むすび

国土交通省水管理・国土保全局砂防部や近畿地方整備 局の総力を上げて緊急対策等に取り組まれており、恒久 対策も含め、早期に地域が復興されることを期待したい。

水山ほか(2011)でも紹介したように,天然ダムは形 成されてから,数年後,数十年後に決壊している事例も あるので,十分な監視が必要であろう。

本研究ノートの分析が天然ダムの形成・決壊により引 き起こされる土砂災害の軽減に向けて,基礎的な情報提 供の一助となれば幸いである。また,現地調査を早急に 行い,河道閉塞箇所の地形・地質状況を把握し,さらに 検討を進めて行きたい。

本論をまとめるにあたり,ご指導頂いた京都大学大学 院農学研究科の水山高久教授に御礼申し上げます。

引用文献

- 芦田和男(1987):明治22年(1889) +津川水害について,社団法 人全国防災協会,二次災害の予知と対策,No.2,河道埋没に関す る事例研究, p.37-45.
- 防災科学技術研究所(2011):地すべり地形分布図データベース,

[http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/]

- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Rossi M. and Valigi, D. (2009): Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy, Earth Planet. Sci. Lett., Vol.279, p.222-229.
- 井上公夫(2005):河道閉塞による湛水(天然ダム)の表現の変遷, 地理,50巻2号, p.8-13.
- 井上公夫(2011):2.9 十津川水害時(1889)の和歌山県側の天 然ダム,水山高久監修,森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著,日本 の天然ダムと対応策,古今書院, p.78-84.
- 井上公夫(2012):紀伊半島における1889年の天然ダム災害,砂防 と治水,45巻1号, p.56-61.
- 井上公夫・土志田正二(2011):1.2 天然ダム事例の集計,水山高 久監修・森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著,日本の天然ダムと対 応策,古今書院, p.4-13.
- 松村和樹・ほか20人 (2012): 2011年9月台風12号による紀伊半島で 発生した土砂災害,砂防学会誌,64巻5号,口絵,p.1-4,本文, p.43-53.
- 明治大水害誌編集委員会 (1989): 紀州田辺明治大水害. —100周年 記念誌—, 207pp.
- 水山高久監修・森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著(2011):日本の 天然ダムと対応策,古今書院,口絵カラー,4p.,本文,186pp.
- 森山裕二・岡本敦・水野正樹・内田太郎・林真一郎・石塚忠範(2011): 2111年台風12号による紀伊半島における土砂災害の速報,土木技 術資料,53巻12号, p.4-7.
- 田畑茂清・井上公夫・早川智也・佐野史織(2001):降雨により群 発した天然ダムと決壊に関する事例研究,一十津川災害(1889) と有田川災害(1953)一,砂防学会誌,53巻6号, p.66-76.
- 田畑茂清・水山高久・井上公夫(2002): 天然ダムと災害, 古今書 院, 口絵カラー, 8p., 本文, 205pp.
- 宇智吉野郡役所(1891,十津川村,1977-81復刻):吉野郡水災史. 巻之壱壹~巻之十一
- 脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治(編)(2009):20万分の1日本シームレ ス地質図DVD版, 数値地質図G-16, 産業技術総合研究所地質調 査総合センター

(Received 21 October 2011; Accepted 31 May 2012)