

3.11 震災を踏まえた
今後の治水システムに関連する
知見・情報の整理

平成 23 年 12 月

国土交通省 タスクフォース

目次

第1章	目的	3
1.	目的	3
2.	本資料の整理方法	3
第2章	3.11 震災から得られる教訓の整理	4
1.	文献の調査	4
	＜文献調査の整理＞	5
2.	専門家からのヒアリング	6
	＜ご意見をいただいた専門家＞	7
	＜3.11 震災の教訓＞	9
第3章	具体事象ごとの知見・情報の整理	12
A.	豪雨・洪水に関する知見・情報の整理	
1.	過去の豪雨・洪水による被災状況	14
	1) 利根川水系の豪雨・洪水による被災の記録	
	2) 過去の豪雨・洪水による河川堤防の被災の事例	
	3) 過去の豪雨・洪水によるダムの被災の事例	
2.	大規模な豪雨・洪水が発生した場合の影響	15
	1) 河川堤防への影響	
	2) ハッ場ダムへの影響	
B.	大規模地震に関する知見・情報の整理	
1.	過去の地震による被災状況	17
	1) ハッ場ダム周辺における大規模な地震の記録	
	2) 地震による利根川の被災の状況	
	3) 地震による利根川以外の被災の状況	
	4) 大規模な地震によるダムの被災事例	

2. レベル2地震動を上回る地震が発生した場合の影響	21
1) 河川堤防への影響	
2) ハッ場ダムへの影響	
C. 大規模噴火に関する知見・情報の整理	
1. 過去の噴火による被災状況	23
1) 浅間山の噴火の歴史	
2) 天明の浅間山噴火による利根川流域の被災の状況	
3) 草津白根山の活動状況や、火山泥流の例	
4) 泥流のダム貯水池への流入事例	
2. 天明泥流やそれを上回る泥流が発生した場合の影響	26
1) 河川堤防や河道への影響	
2) ハッ場ダムへの影響	
D. 大規模な土砂移動に関する知見・情報の整理	
1. 過去の大規模な土砂移動による被災の状況	28
1) ハッ場ダム周辺における大規模な土砂移動の記録	
2) 国内外で発生した大規模な土砂移動の事例	
3) ダムに影響を与えた大規模な土砂移動の事例	
2. 大規模な土砂移動が発生した場合の影響	32
1) 土砂移動により大規模な天然ダムが形成された場合の影響	
2) 大規模な土砂移動が貯水池へ流入した場合の影響	
あとがき	34

<参考資料>

第1章 目的

1. 目的

平成23年3月11日に発生した東日本大震災（以下「3.11震災」という）においては、設計外力を超える津波が発生し、堤防を乗り越え多数の犠牲者を出すとともに、原子力発電所から放射性物質が放出される事態となった。

この3.11震災を踏まえ、社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系分科会の計画部会において、7月に緊急提言「津波防災まちづくりの考え方」がとりまとめられた。そこでは、「災害に上限はない」ことを教訓として、社会資本の最も重要な使命は「国民の命と暮らしを守る」こと、とりわけ「なんとしても人命を守る」ことにあるとの考え方を基本としている。現在、計画部会において、上記の基本的な考え方に沿って、社会資本整備のあるべき姿の再検討を行っているところである。

このような動きを踏まえ、事務次官、技監、国土交通審議官、総合政策局長の4名で構成されるタスクフォースにより、今後の治水システムの充実を図る観点から、3.11震災の教訓に関する知見・情報を俯瞰的に整理したものである。

2. 本資料の整理方法

最初に、3.11震災に関する国会での議論、政府の各種委員会や学会の報告書などの文献と専門家からのヒアリングに基づいて、3.11震災の教訓をとりまとめた。

次に、この教訓を踏まえ、豪雨や地震などの事象ごとに、「想定外」の事態が発生した場合に起こり得る状況について、八ッ場ダムや利根川流域を題材として、その地域の特性や、国内外における過去の災害の発生状況、ダムや堤防の被災事例を参考に整理した。

第2章 3.11 震災から得られる教訓の整理

1. 文献の調査

3.11 震災の教訓を概括的に調査するため、当該震災に関する国会での議論、各種委員会、学会等の報告、新聞・雑誌記事、書籍等を調査した。

各種委員会、学会からの報告 6 編、新聞・雑誌記事、書籍 6 冊、国会議事録 55 編から、社会資本整備や土地利用、防災・危機管理等に関連する 56 事項を抽出し（参考資料 1）、以下の 4 項目で分類、整理した。

1. 災害に上限はない
2. 過去に学ぶ
3. 災害の連鎖を断ち切る
4. 透明性、客観性を確保する

<文献調査の整理>

①災害に上限はない

- 絶対安全主義に陥ることなく、高頻度で一定規模の災害対応のみならず、低頻度巨大災害の発生を踏まえた最悪のシナリオ（最悪の事態）を想定し、できうる限りの対応策をあらかじめ検討しておくべき
- 施設だけでは防げないような事象、設計外力を超えるような災害が発生しても被害を最小化する「減災」のための対策が重要で、そのためにはソフト、ハードの施策を総動員することが必要
- 逃げることを前提とした地域づくりや災害リスクを考慮した土地利用・建築規制が必要

②過去に学ぶ

- 巨大な歴史津波の履歴があるにも関わらず、対応が検討できていなかったことを教訓とし、過去に発生した災害については、これまで設計等の対象としていない事象であっても、できうる限りの対応策をあらかじめ検討しておくべき
- 避難行動や人命被害の規模に大きく影響を与える、防災教育や防災意識の向上が必要

③災害の連鎖を断ち切る

- 想定外の機器故障等の連鎖により、原発事故における放射能汚染のような回避不能な大災害に陥らないか検討することが必要
- サプライチェーンの分断や原発停止による長期の電力不足等を教訓とし、一つの手段に偏重することなく、バランスの取れた施設の役割分担やリスクの分散が必要
- 交通、情報、エネルギー等のネットワークの機能強化、多重化、代替性（リダンダンシー）の確保が重要

④透明性、客観性を確保する

- 透明性が高く、客観的な安全性の評価体制が必要

2. 専門家からのヒアリング

前述の文献調査に加え、自然災害や防災・危機管理分野等の専門家の方々からご意見を伺った。ヒアリングにあたっては、文献調査の結果を参考に、3.11 震災の教訓を考える上で、「どのようなことを教訓として考えるべきなのか。」「教訓を考える上での重要な視点や留意点は何か。」等についてご意見を伺った。

具体的には、防災・危機管理、地震、火山、地すべりの専門家の方々から、今回の 3.11 震災の教訓に関してご意見を伺うとともに（参考資料 2）、地震、火山噴火、土砂移動の個別事象の規模や、それぞれの災害の前兆や予知・予測についての現在の学術レベルなどについてアドバイスをいただいた（参考資料 3）。

文献調査の結果及び専門家ヒアリングの内容を受けて「3.11 震災の教訓」を整理した。

<ご意見をいただいた専門家>

防災・危機管理

河田 恵昭（かわた よしあき）

関西大学 教授（社会安全研究科長、社会安全学部長）

中央防災会議 大規模水害対策に関する専門調査会 副座長

同 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会 座長

同 地方都市等における地震防災のあり方に関する専門調査会 座長

地震調査研究推進本部政策委員会 委員

日本災害情報学会 会長

元日本自然災害学会 会長

志方 俊之（しかた としゆき）

帝京大学法学部 教授

中央防災会議 大規模水害対策に関する専門調査会 委員

同 首都直下地震対策専門調査会 委員

畑村 洋太郎（はたむら ようたろう）

東京大学 名誉教授

工学院大学 教授

東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 委員長

失敗学会 会長

地震

阿部 勝征（あべ かつゆき）

東京大学 名誉教授

(財)地震予知総合研究振興会地震調査研究センター所長

地震調査研究推進本部地震調査委員会 委員長

中央防災会議 委員

同 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会 座長代理

元日本災害情報学会 会長

入倉 孝次郎（いりくら こうじろう）

京都大学 名誉教授

愛知工業大学 地域防災研究センター 客員教授

地震調査研究推進本部 地震調査委員会 委員

同 強震動評価部会 部会長

内閣府原子力安全委員会 耐震評価特別委員会 委員長

元日本地震学会 会長

元日本地震工学会 会長

日本活断層学会 副会長

火山

荒牧 重雄（あらまき しげお）

東京大学 名誉教授

中央防災会議 火山情報等に対応した火山防災対策検討会 委員

同 噴火時等の避難に係る火山防災対策懇談会 委員

元日本火山学会 会長

元国際火山学会 会長

藤井 敏嗣（ふじい としつぐ）

東京大学 名誉教授

中央防災会議 火山情報等に対応した火山防災対策検討会 座長代理

同 噴火時等の避難に係る火山防災対策懇談会 委員

元日本火山学会 会長

地すべり

丸井 英明（まるい ひであき）

新潟大学 教授（災害・復興科学研究所長）

元日本地すべり学会 会長

3.11 震災の教訓

～なんとしても人命を守る～

①災害に上限はない

これまでは過去の最大を考えればよかったが、今後は科学的根拠により起こりえるものまで考えた危機管理が必要である。

想定を超えた時、どのようになり、そしてどうするかを常に考えておき、最低限でも人命を守るための対策を予め検討しておくことが必要である。

災害が巨大になるほどハード対策は効果が小さくなり、避難などのソフト対策もより広範囲での対応が必要である。

②過去に学ぶ

過去に発生した災害の履歴、歴史的事実を十分検証することは最低限必要である。ただし、過去の災害の記録が全て残っている訳ではなく、また過去起こった事象以上のことが起こる可能性もあるため、過去の記録を超えることも考慮することが必要である。

個人、組織、地域、社会は時間とともに記憶が薄れる。忘れるべきでない記憶は、とどめるための努力が必要である。

③複合災害に備える

自然災害が重なる場合や大規模な自然災害が他の自然災害や事故を引き起こす場合、複合災害となって思わぬほど被害を拡大することがある。過去の災害での事例などを参考にして、どのような複合災害が発生する可能性があるのか考えておき、被害が拡大しないようできる限りの対応策をあらかじめ検討しておくことが必要である。

④ソフトとハード

防災の基本はハードであり、従来レベルの災害（高頻度で一定規模の災害）に対しては人命と財産をハードで守ることを基本とするが、それを越える災害（低頻度の巨大災害への残余のリスク）に対しては人命を守るためのソフトでの対応、減災を考えることが必要である。

⑤緊急時の安全管理体制

平常時の安全管理組織をそのまま緊急時に使うことはできない。緊急モードの安全管理体制を事前に整えておくことが必要である。

緊急時には組織の壁を取り払う事が必要で、米国の ICS（Incident Command System：危機対応システム）のようなものが必要である。

緊急時には、現場への権限委譲を徹底することが必要である。ただし、現場の指揮官は必ず躊躇するものなので、緊急事態の決断についてあらかじめルールを決めておくことが必要である。

⑥訓練、マニュアル

訓練していないことはできない。小規模な訓練を多数回しても大規模な訓練で得られる教訓は得られない。大規模な訓練でできなかったことが本番でできるはずがない。実践さながらの訓練が必要である。

シビアアクシデントでは、最適解を追うのではなく、最悪の事態をいかに回避するかという観点からの判断が求められる。この判断が速やかに行えるよう組織のトップの訓練が必要である。

整備局レベルで自衛隊や海上保安部、管区警察などと、日頃から情報交換や役割分担を行っておくことが必要である。

さまざまな緊急事態を想定し、行うべき行動や判断の参考となる資料を予め作成してまとめておくことが必要である。

マニュアル化は重要だが、現実にはマニュアルに書いていないことも起こりえる。マニュアルを形骸化させないためにも、実践的な訓練を繰り返し行い、応用力を培うことが必要である。

⑦望ましい治水システム

ダムと堤防という信頼性のレベルが異なるものを同じ土俵で考えることはできない。ダムと堤防の特性を踏まえて、全体としてどう安全性を確保するのかを議論することが必要である。

避難することを前提に、二線堤や盛土など多重防御を考慮に入れた治水システムを構築することが必要である。

地球温暖化などにより、母集団の特性は変わらないとの前提に立った降雨量の確率評価の信頼性が揺らいできた。被害に着目した新たな考え方を研究することが必要である。

⑧専門家

専門家が自分の専門分野に関する疑問や疑念を率直に述べることができる環境づくりに努めることが必要である。

各専門分野での最適(部分最適)が、必ずしも全体システムの最適にはならない。視点を変えて他の分野の専門家の意見を聞くなど全体像をとらえる努力が必要である。

適切な情報の開示が重要である。また、複雑な自然現象を説明するためには、全体像の理解の下で分かり易くかつ正しい説明や解説ができる専門家が必要である。

自然災害についての調査・研究にかかわる政府の組織が縦割りになっており非効率である。専門の機関を設けることが必要である。

第3章 具体事象ごとの知見・情報の整理

第2章でとりまとめた「3.11 震災の教訓」の「災害に上限はない」、「過去に学ぶ」といった教訓を踏まえ、豪雨や地震などの事象ごとに、「想定外」の事態が発生した場合に起こり得る状況について、八ッ場ダムや利根川流域を題材として、その地域の特性や、国内外における過去の災害の発生状況、ダムや堤防の被災事例を参考に整理した。

ダムの設計に関する基準等において対象としている事象と外力の関係のイメージを図-1に示す。設計の対象としている事象としては、一般的には豪雨・洪水と地震に限られている。また、対象としている事象の規模（外力）としては、設計上の基本的外力（図中の青色の部分）に加え、一定の超過外力（図中の黄色の部分）についても考慮している。

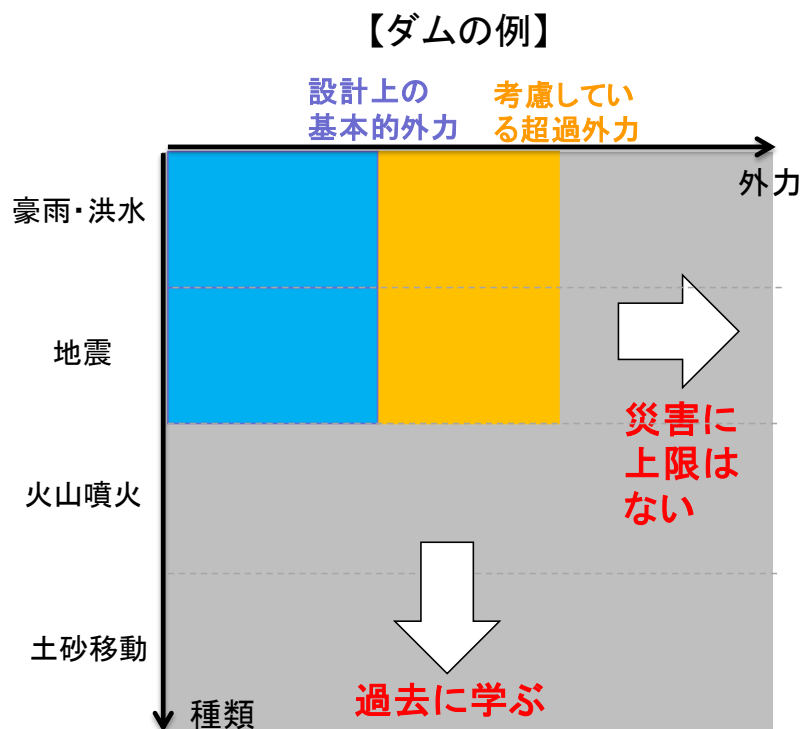


図-1 治水施設の設計において対象としている事象と外力のイメージ

「災害に上限はない」という教訓を踏まえ今回整理するのは、豪雨・洪水と地震において、発生確率は極めて低いものの、想定した外力を超えた場合（図中の右側の灰色の部分）に起こると考えられる状況についてである。

また、「過去に学ぶ」という教訓を踏まえ今回八ッ場ダムや利根川流域を題材に整理する事象（図中の下側の灰色の部分）として、①近傍で過去実際に発生した災害、②国内外で過去実際に発生したダムに直接関係した災害、③ダムに直接関係した災害ではないがダムがあれば影響を受けたと考えられる災害、から抽出することとした。

①の災害については「利根川百年史」¹などを調査し、浅間山噴火による天明の火山泥流を抽出した。②の災害については国内外のダム事故の事例（参考資料 4）などを調査し、大規模地すべりによって貯水池に大量に土砂が流入した事象を抽出した。③の災害については専門家のご意見などから天然ダムの決壊を抽出した。なお、②と③の事象は大規模な土砂移動により発生する災害であることから、まとめて整理することとした。

以上から、知見・情報の整理対象とする具体事象としては、以下の 4 つを抽出した。

- A. 豪雨・洪水
- B. 大規模地震
- C. 大規模噴火
- D. 大規模土砂移動

なお、ダム事故の事例については、参考資料 4 にあるように、事象の外力だけではなく、施工不良など他の要因が主因であった事例が多く見られることや、アースダムの事故事例が多いことに、留意が必要である。

¹ 「利根川百年史」、利根川百年史編集委員会、昭和 62 年 10 月

A. 豪雨・洪水に関する知見・情報の整理

1. 過去の豪雨・洪水による被災状況

1) 利根川水系の豪雨・洪水による被災の記録

利根川水系では、これまでに豪雨に伴う大規模な洪水に幾度となく見舞われてきた。戦後まもなくカスリーン台風がもたらした豪雨により、1947（昭和22）年9月16日0時頃に利根川右岸の埼玉県北埼玉郡東村（現在の加須市）新川通地先で堤防が決壊（決壊幅約350m）し、その氾濫流は、4日間かけて首都東京の都心東部にまで及び壊滅的な被害を発生させている。利根川全体では、本川及び支派川合わせて24か所、約5.9kmの堤防が決壊している。

2



写真-1 利根川右岸埼玉県東村での越水・決壊（国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所）

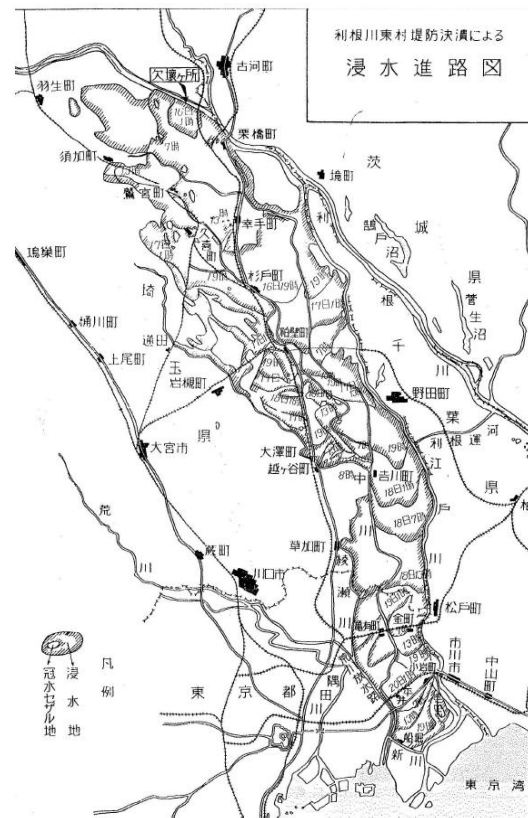


図-2 東村堤防決壊による浸水進路図
（災害堤防の締切工法，1954）

このほか、江戸時代以降の400年間に、1624（寛永元）年、1742（寛保2）年、1786（天明6）年、1846（弘化3）年、1910（明治43）年に豪雨に伴う洪水が発生し、いずれも東京（江戸）まで及ぶ浸水被害が発生している。

² 「1947 カスリーン台風報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成22年1月

2) 過去の豪雨・洪水による河川堤防の被災の事例

堤防は、河川管理施設等構造令³において、洪水や高潮に対し治水計画上定められた計画高水位（HWL⁴）以下の流水の通常的作用に対して安全な構造にするよう定められている。したがって、計画に基づき完成した堤防であっても、HWLを越えれば決壊する可能性が高く、その事例は多数存在する（参考資料5）。

3) 過去の豪雨・洪水によるダムの被災の事例

ダムは、河川管理施設等構造令に基づき、治水計画で定められたダム地点での計画洪水流量を上回る流量を設計洪水流量として設定しており、堤防の設計の対象としている豪雨・洪水よりも大きな豪雨・洪水に対して安全な構造となるよう定められている。

仮にダムの設計洪水流量を超えた場合には、ダムから越流する可能性が生じるが、国内外でダムからの越流によりダム堤体が被災した例は、コンクリートダム以外のフィルダム、特にアースダムで多数報告されている（参考資料6）。

コンクリートダムで越流した事例としては、1953（昭和28）年に工事中の夜明ダム（1954年完成、重力式コンクリートダム〈大型堰〉）が豪雨により兩岸から越流し、堤体の側方壁の土砂が流出している。1967（昭和42）年8月の羽越水害の際の胎内第一（1962年完成、重力式コンクリートダム）、第二ダム（1959年完成、重力式コンクリートダム）においても越流が発生しているが、いずれも堤体の損傷は生じていない。また、ゲートの故障などが原因となって越流したコンクリートダムも幾つかあるが、いずれも越流による堤体の損傷は生じていない。

2. 大規模な豪雨・洪水が発生した場合の影響

1) 河川堤防への影響

利根川水系では、計画規模を1/200として治水計画を策定しているが、これを超える1742（寛保2）年の洪水の記録がある（参考資料7）。また、台風の進路が変化すると、その台風がもたらす豪雨の分布・規模や洪水の規模も変化することから、より規模の大きな豪雨・洪水が発生する可能性がある。

さらに今後、地球温暖化等の気候変動により豪雨・洪水の規模が大型化することが見込まれている。豪雨などの外力は変動幅を拡大させながら増加の傾向を示していくため、100年後に平均的に起こると予想されている事象でも、地点によってはより早い時期に発生する可能性がある（参考資料8）。

³ 河川管理施設等構造令（昭和51年7月20日政令第199号）

⁴ HWLは、High Water Level（計画高水位）の略称

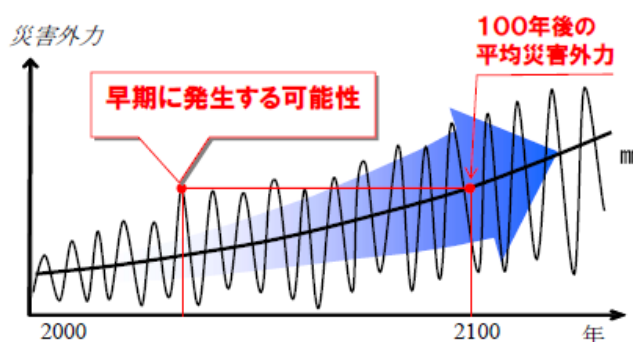


図-3 将来の外力増加のイメージ

(国土交通省社会資本整備審議会河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会 資料、日本学術会議提言「地球環境の変化に伴う水災害への適応」
 図2に国土交通省水管理・国土保全局が加筆・修正)

実際に、2011（平成23）年の12号台風に伴い紀伊半島にもたらされた豪雨は、これまでの連続降雨の記録を大きく超えるものとなり、大きな被害が発生している。

利根川の流下能力を上回るような大規模な豪雨・洪水が発生すると、各所で堤防のHWLを超えることとなるが、その場合は決壊する可能性が高く、そのような事例は全国で多数存在する。利根川が氾濫して大規模な水害が発生した場合の被害の想定、対策等は、中央防災会議の大規模水害対策に関する専門調査会⁵において検討されている（参考資料9）。

2) ハッ場ダムへの影響

ハッ場ダムの治水計画では、ダム地点の計画洪水流量を $3,900\text{m}^3/\text{s}$ としているのに対して、ダムの設計洪水流量は約 $5,500\text{m}^3/\text{s}$ に設定されている。設計洪水流量を超える洪水が発生した場合、流量が約 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ を超えるとダムを越流する可能性がある。また、このような大規模な洪水ではなくても、ゲートが故障して開放できない場合や流木などによってゲートが閉塞される場合には越流する可能性がある。しかしながら、これまでの越流による被災の事例を見る限り、堤体の側方の土砂が流出した事例を除けば、コンクリートダムが越流によって堤体の安全性やダムの貯水機能を損なった事例は確認されていない。

⁵ 中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会報告」、平成22年4月

B. 大規模地震に関する知見・情報の整理

1. 過去の地震による被災状況

1) ハッ場ダム周辺における大規模な地震の記録

「日本の地震活動」⁶によれば、群馬県に被害を及ぼした主な地震として、818年の関東諸国地震(M7.5以上)、1923年の関東地震(M7.9)、1931年の西埼玉地震(M6.9)等が記載されており、ハッ場ダム付近の地震では1916年の地震(M6.2)がある。

また、「日本の地震活動」や「日本の活断層」⁷によれば、ハッ場ダム近傍に活断層の記述はなく、最近の地震活動の状況をみても地震の発生が少ない地域である(参考資料10)。

表-1 群馬県に被害を及ぼした主な地震

西暦(和暦)	地域(名称)	M	県内の主な被害(括弧は全国での被害)
818 (弘仁9)	関東諸国	7.5以上	(相模、武蔵、下総、常陸、上野、下野などで被害。圧死者多数。)
1916.2.22 (大正5)	浅間山麓が震源	6.2	負傷者10名、家屋全壊7棟
1923.9.1 (大正12)	(関東地震)	7.9	住家全壊107棟
1931.9.21 (昭和6)	(西埼玉地震)	6.9	利根川流域に被害が多く、死者5人、負傷者30人、住家全壊13棟
2004.10.23 (平成16)	(平成16年(2004年)新潟県中越地震)	6.8	負傷者6人

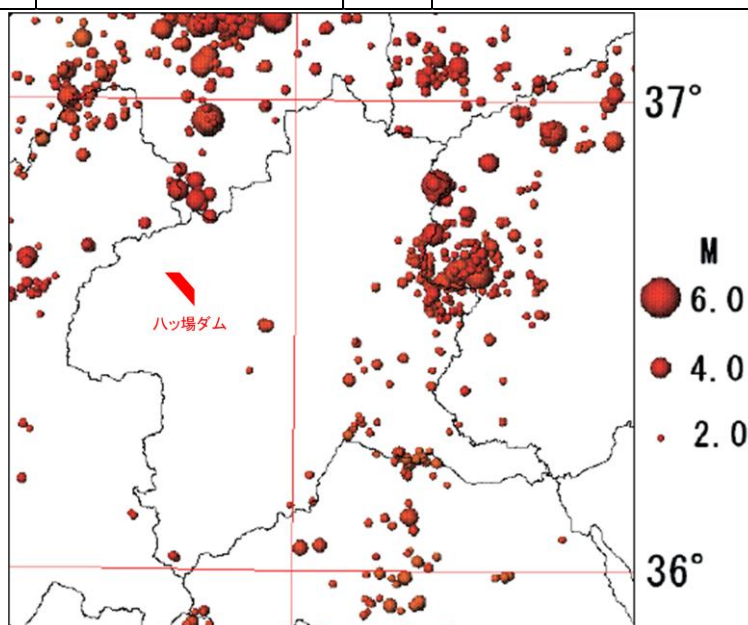


図-4 群馬県とその周辺における、小さな地震まで含めた最近の浅い場所で発生した地震活動(1997年10月~2007年7月 M2以上で深さ30km以浅)

⁶ 「日本の地震活動-被害地震から見た地域別の特徴-<第2版>」、地震調査研究推進本部 地震調査委員会編

⁷ 「(新編)日本の活断層 分布図と資料」、活断層研究会編、東京大学出版会、1991年

2) 地震による利根川の被災の状況

①関東地震（関東大震災）による利根川の被災の状況

「1923 関東大震災報告書」⁸によれば、1923（大正 12）年 9 月 1 日に発生した関東地震(M7.9)では、地盤の液状化は広範囲にわたり 800 箇所以上にも及んだとある。

また、「利根川百年史」によれば、利根川では被災箇所 257 箇所、被災延長 99km、復旧に必要な土量 94.3 万 m³ におよび、堤防の沈下は、利根川本川で 0.5m～最高 3.6m、江戸川で 0.3m～最大 3.3m に達したと記録されている（参考資料 11）。

②東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）による利根川の被災の状況

2011（平成 23）年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）では、利根川水系直轄区間の被災箇所は 674 箇所（利根川下流 247 箇所、江戸川 79 箇所、霞ヶ浦 178 箇所等）であり、沖積平野が広がる中下流部に被害が集中している。特に液状化を主な要因とした利根川の計画高水位以下への堤防沈下などの大規模な被災が 37 箇所が発生した⁹（参考資料 12）。

3) 地震による利根川以外の被災の状況

①濃尾地震による木曾三川の被災の状況

「1891 濃尾地震報告書」¹⁰によれば、1891（明治 24）年 10 月 28 日に発生した濃尾地震(M8.0)は、過去日本の内陸活断層の活動で発生した最大級の地震である。堤防壊裂等の被災は、岐阜県内で約 750km、愛知県内で約 340km と、堤防が地震によって壊滅的な被害を受けている（参考資料 13）。

②福井地震による九頭竜川の被災の状況

1948（昭和 23）年 6 月 28 日に発生した福井地震(M7.1)は、戦後復興間もない福井市を直撃した都市直下型地震である。九頭竜川等の堤防は延長 140km にわたり被災し、最大で 4.5m の堤防沈下が発生したが、一ヶ月も経たない 7 月 23～25 日にかけての梅雨前線豪雨によって九頭竜川等の堤防が決壊するという、地震と水害の複合災害となったことが特徴的である¹¹。

⁸ 「1923 関東大震災報告書第 1 編」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成 18 年 7 月

⁹ 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による河川被災状況（関東）【第 8 報】」、国土交通省関東地方整備局河川部、平成 23 年 11 月 1 日

¹⁰ 「1891 濃尾地震報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成 18 年 3 月

¹¹ 「1948 福井地震報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成 23 年 3 月
「九頭竜川災害復旧工事誌」、建設省近畿地方建設局福井工事事務所、昭和 28 年 4 月

4) 大規模な地震によるダムの被災事例

入手できた地震によるダムの被災状況をまとめた文献をもとに、国内外で0.5Gを超えるような大きな基盤加速度を受けたダムの被災状況や、地震により決壊したダムの事例を以下に示す（参考資料14）。

① 大規模な地震による国内のダムの被災事例

2000年の鳥取県西部地震では、賀祥ダム（1988年完成、重力式コンクリートダム）で基盤加速度531gal（ダム堤頂部加速度約2,000gal）を記録し、予備ゲート室の壁面や底面に亀裂が生じたが、堤体の被災はなかった。

2008年の岩手・宮城内陸地震では、荒砥沢ダム（1998年完成、中央コア型ロックフィルダム）において基盤加速度1,024gal（ダム堤頂部加速度525gal）を記録し、天端で鉛直沈下量198mm、上流側に43mm、ダム軸方向に60mm程度、堤体に変形が生じた。また、石淵ダム（1953年完成、表面遮水壁型ロックフィルダム）においては、ダム堤頂部で2,070galを記録し、天端のうねりや天端舗装にクラックが見られたが、コンクリート遮水壁の継目部分の損傷やずれは見られていない。

2011年の東北地方太平洋沖地震では、ほとんどのダムで安全性に影響を及ぼすような被災はなかったが、唯一、藤沼貯水池（1949年完成、アースダム）が決壊した例がある。決壊の原因は、現在福島県が調査中である。

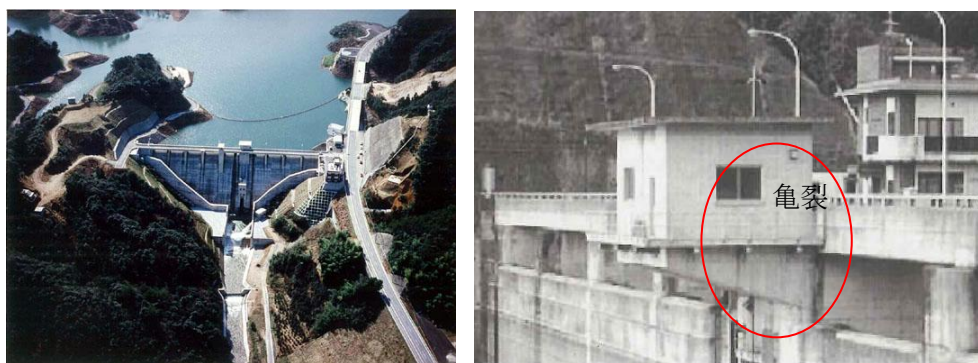


写真-2 賀祥ダムとその被災状況

② 大規模な地震による国外のダムの被災事例

1967年のインドで発生したコイナ地震では、コイナダム（1964年完成、重力式コンクリートダム）で基盤加速度0.63Gを記録した。堤体の断面変化部に水平クラックが発生し、下流面に漏水するとともに、堤体の中標高部及び基礎部のギャラリーにクラックが発生し、基礎部の漏水量が2倍になった。また、ブロック間の継目が開口する被災を受けた。

また、1971年のアメリカ合衆国で発生したサンフェルナンド地震では、パ

コイマダム（1929年完成、アーチ式コンクリートダム）で基盤加速度0.7Gと推定されている。堤体には被災はなく、弦長が2.5cm短縮、左右岸で高低差3.8cmが発生し、スラストブロックに変状が起こった。

1999年の台湾で発生した台湾集集地震では、^{シーカン}石岡ダム（1977年完成、重力式コンクリートダム〈大型堰〉）の近傍で基盤加速度0.53Gを記録した。本体右岸側に地表地震断層が出現したことにより、約7.6mの段差が生じたことで堤体の一部が倒壊したため、270万m³の貯水のほとんどが流出した。

以上のほか、シェフィールドダム（1917年完成、アースダム）が、1925年のサンタバーバラ地震でダムの中心部の堤体が下流に30m滑動し、約11.4万m³の貯水が流出した事例や、ブン川（四川）地震によるダムの一部損傷などの被災事例は数多くあるが、重力式コンクリートダムについては、地震によって上述したものより大きな被災を受けた事例は確認されていない。

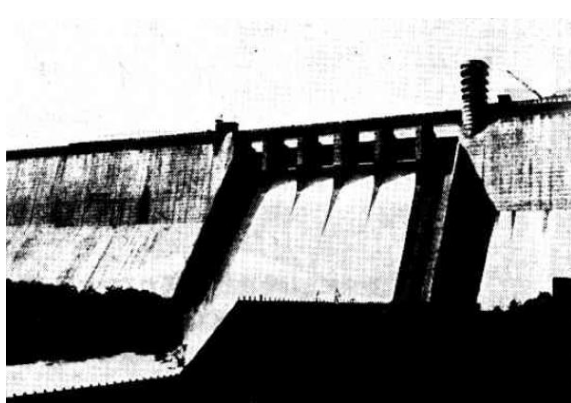


写真-3 コイナダム



写真-4 パコイマダム



写真-5 石岡ダムの被災状況

2. レベル2地震動¹²を上回る地震が発生した場合の影響

1) 河川堤防への影響

河川堤防については、レベル2地震動に対して河川の流水の河川外への越流を防止する機能を保持するよう、一部区間（堤内地盤高が平常時の最高水位¹³よりも低い地域）で照査¹⁴を実施している。

利根川流域でレベル2地震動を上回る大規模な地震が発生した場合、過去の地震による被災に照らせば、沖積平野が広がる利根川の中下流部を中心に広範囲で液状化が発生し、河川堤防は長大な区間で沈下、崩壊、亀裂の発生などの被災を受ける可能性が高い。堤防高さが平常時の最高水位を下回る高さまで沈下した箇所では流水の河川外への越流被害が発生する恐れがある。

なお、今回の東北地方太平洋沖地震では、名取川の堤防が被災したことから、上流の釜房ダムの操作ルールを変更することで、名取川の治水安全度を幾分か回復する措置を実施している。

2) ハッ場ダムへの影響

ハッ場ダムについては、河川管理施設等構造令に基づいた設計震度を考慮した構造計算を行うとともに、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説」¹⁵によりレベル2地震動に対する耐震性能の照査を行っている。レベル2地震動に対して求められる耐震性能は、「損傷が生じてもダムの貯水機能が維持されること」等であり、ハッ場ダムにおける照査ではその解析に用いる地震動の強さを内陸型地震である「関東平野北西縁断層帯」や、海溝型地震である「東海・東南海地震」等の複数について検討するなど、より実現象に近い照査を実施している。（参考資料15）。

仮にレベル2地震動を上回り、国内外で観測されている最大級の基盤加速度程度の地震動がハッ場ダムに作用した場合、照査で引張応力が集中する結果が得られているダム堤体底部の上流端部付近などに引張亀裂が発生し、ダムの漏水量が増加する可能性がある。しかしながら、前述したとおりコンクリートダムの被災の事例を見る限り、地表地震断層の変位により一部が倒壊した台湾の石岡ダムを除き、地震によって重力式コンクリートダムが決壊した事例は確認されていない。

また、地震により堤体の安定性に影響を及ぼす被害が生じた可能性がある場合には、緊急的に貯水位を下げることにしている。

¹² 現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動

¹³ 河口部付近では朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮した水位。地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、津波高についても考慮した水位。

¹⁴ 「河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説」、国土交通省河川局治水課、平成19年3月

¹⁵ 「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」、国土交通省河川局、平成17年3月

なお、これまで実施した調査結果では、ハッ場ダムの建設にあたり、地表地震断層として出現し断層変位を生じる可能性のあるなどの問題となる第四紀断層は確認されていない。

C. 大規模噴火に関する知見・情報の整理

1. 過去の噴火による被災状況

1) 浅間山の噴火の歴史

浅間山は10万年前から2万年前の間に黒斑火山が、2万年前から1万年前の間に仏岩火山が活動し、約1万年前から現在の前掛火山が噴火を開始した。1108（天仁元）年の噴火による噴出物総量は30億トン¹⁶、1783（天明3）年の噴火による噴出物総量は4.5～5億m³と見積もられている。

2) 天明の浅間山噴火による利根川流域の被災の状況

① 噴火と被害の概要

中央防災会議の「1783 天明浅間山噴火報告書」（以下「浅間山報告書」という。）¹⁷によれば、1783年5月9日（新暦）に噴火を開始した浅間山は、7月下旬から噴火の頻度を増し、8月2日からの4日間はほぼ連続的な活動となり、8月5日午前10時頃爆発的な噴火が起き、その直後に鎌原火砕流／岩屑なだれ（以下「岩屑なだれ」という。）が発生した。

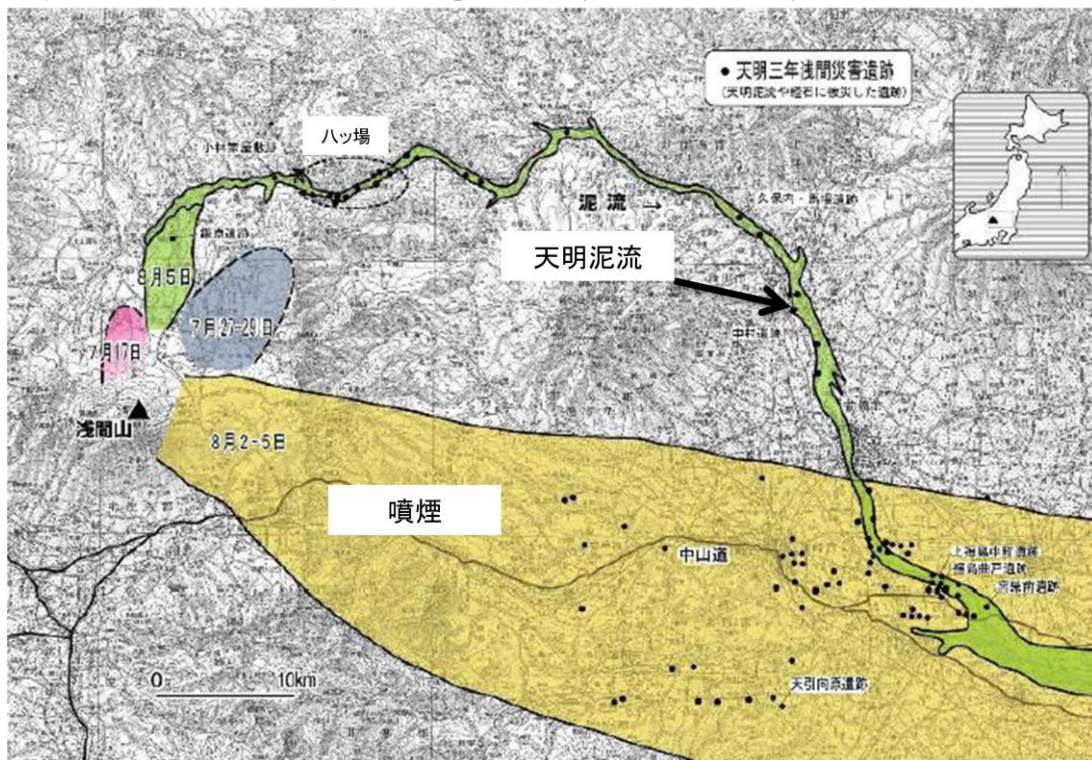


図-5 天明3年浅間災害と被災遺跡（関俊明作成）

¹⁶ 浅間山 歴史に残る火山活動、気象庁ホームページ

¹⁷ 「1783 天明浅間山噴火報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成18年3月

岩屑なだれは、鎌原村を埋没させた後、利根川の支川である吾妻川に突入し、「天明泥流」となり、吾妻川を流下し、利根川と合流して関東平野を流れ、最終的には銚子と江戸に達した。

岩屑なだれは、3方向に広がり吾妻川に突入したと考えられ、天明泥流は、いくつかの流れとして段波となり流下していったことが記録されている。

岩屑なだれと天明泥流は、浅間山北麓から関東平野に及ぶ広範囲に、被災村数 55、死者 1,624 名と見積られる甚大な被害をもたらした。

②天明泥流の流れ

浅間山報告書によれば、天明泥流の波高などは以下のとおりである。

ハッ場地点の波高は、図-6 から 50m 程度であることが読み取れ、吾妻川下流では 30~15m 程度、利根川合流後は 10m 程度となっている。

流速は、ハッ場地点より上流では秒速 20m (時速 72km) 程度、ハッ場地点より下流では秒速 8m (時速 29km) 程度、利根川河道では秒速 4m (時速 14km) 程度であり、浅間山から約 100km の間を 4 時間で流下したことになる。

ピーク流量については、ハッ場地点より上流では概ね 150,000m³/s 以上、利根川合流付近で 50,000m³/s 前後であることが図-7 から読み取れる。

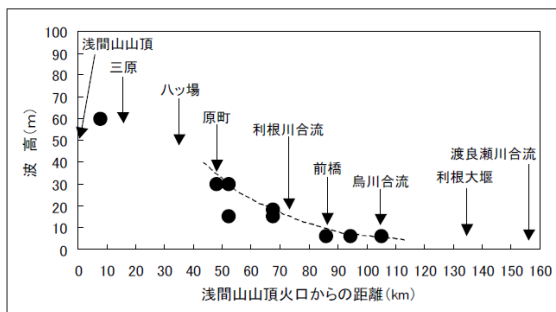


図-6 天明泥流の波高

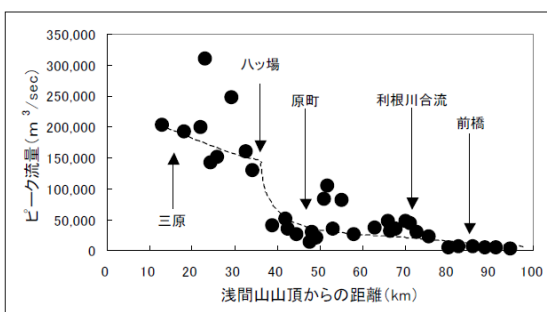


図-7 天明泥流の各地点の推定ピーク流量

③天明泥流による土砂堆積

天明泥流は、吾妻川や利根川の河道に多量の土砂を供給しつつ、利根川上流部で氾濫や土砂堆積をしながら流下したものと考えられ、浅間山報告書では河道だけで約 1 億 m³ の土砂が堆積したと記述している。この土砂が利根川を流下することで河床を上昇させ、噴火後の 60 年間で洪水が 25 回記録される¹⁸など、江戸末期から明治期にかけて利根川水系で洪水が頻発した。

この河床の上昇に対応するため、1900 年以降の利根川では治水工事は浚渫工事が主体となり、膨大な量の土砂を浚渫することとなった。

¹⁸ 「近世初頭の河川改修と浅間山噴火の影響」、大熊孝、URBAN KUBOTA NO.19

3) 草津白根山の活動状況や、火山泥流の例

気象庁ホームページによれば、草津白根山の近年の噴火活動はすべて水蒸気爆発で泥流を生じやすいとある。草津町などでは、草津白根山の火山防災マップ¹⁹を公表しており、200年に1度程度の規模の噴火が発生した場合、白砂川を泥流が流下し、吾妻川まで泥流が達する予測が示されている（参考資料 16）。

また、火山噴火を原因とした泥流の実例として、1926年十勝岳噴火、1985年ネバドデルルイス火山の噴火がある。（参考資料 17）

4) 泥流のダム貯水池への流入事例

今回の調査では、セントヘレンズ山の1980年の噴火の際に、コロンビア川支川のルイス川にあるスウィフトダムの貯水池に泥流が流入した事例が確認された。

セントヘレンズ山の1980年の噴火前にアメリカ地質調査所によって公表されていた報告書（USGS Bulletin 1383-C）²⁰では、泥流のスウィフト貯水池への流入や段波による越流の危険性が指摘されており、噴火が始まった場合に空き容量を確保することを求めている。

「火山に魅せられた男達」²¹によれば、1980年の噴火では、この報告書の警告のおかげで、噴火から30分後にスウィフト貯水池に泥流が流入し水位を2mほど上昇させたが、貯水池の水位は既に9m下げられていたため、泥流を食い止めるとともに下流に被害を及ぼすことはなかったことが記述されている。

今回の調査では、この事例以外にダム貯水池に泥流が流入した事例が確認されなかったことから、土石流を捕捉する目的で設置される砂防堰堤について、土石流が流入・越流した後の砂防堰堤の状況を調査した。その結果、コンクリートの砂防堰堤では施設の一部損傷は確認されているものの、コンクリートの砂防堰堤が倒壊するような重大な被災事例は確認されていない（参考資料 18）。

¹⁹ 監修：草津白根山火山噴火災害危険区域予測図作成検討委員会、発行：草津町他、平成7年3月

²⁰ United States Geological Survey Bulletin 1383-C, Potential Hazards from Future Eruptions of Mount St. Helens Volcano, Washington, 1978

²¹ 「火山に魅せられた男達」、Dick Thompson 著、山越幸江訳

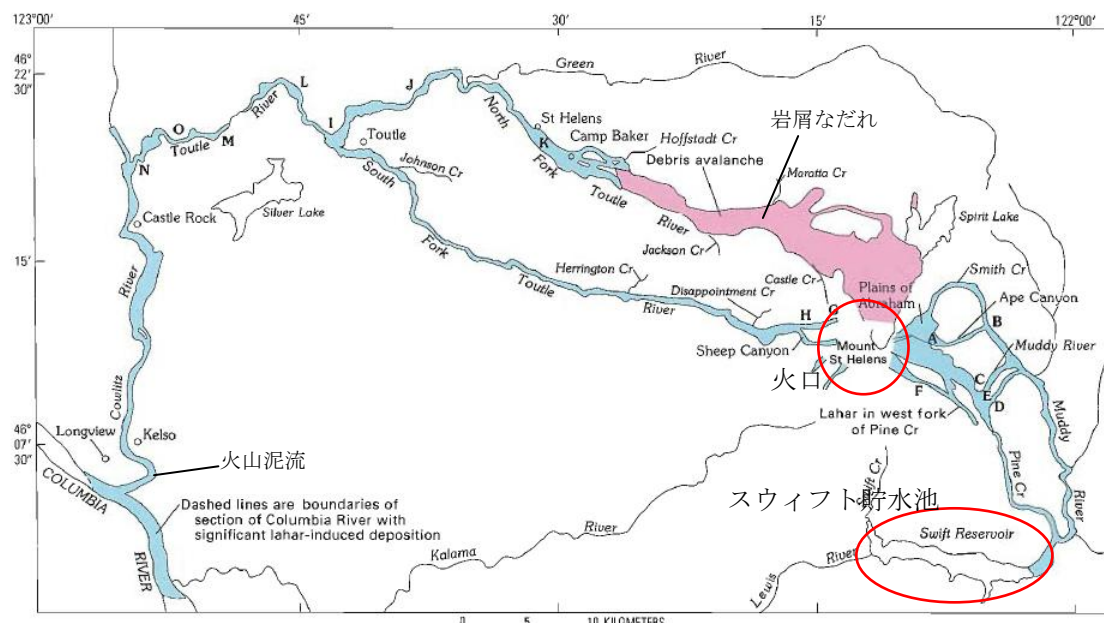


図-8 火災泥流による影響を受けた範囲

2. 天明泥流やそれを上回る泥流が発生した場合の影響

1) 河川堤防や河道への影響

浅間山報告書によれば、天明泥流は波高が数十mに及び、段波になって押し寄せたとされており、天明泥流規模の泥流が発生した場合には、泥流は容易に堤防を越流し、堤防を破壊しながら堤内地に広範囲な泥流氾濫を生じさせることになる。

また、泥流後の河道等には、泥流によって運ばれた土砂が河道だけで約1億 m³ 堆積し、噴火後の洪水等によって徐々に下流に運搬され、天明泥流後の利根川や1888年の磐梯山噴火による長瀬川の例²²で見られるように、長期間にわたって河川の河床上昇を生じさせ、河道の流下能力が大きく低下し、長期間にわたり洪水が頻発する状態になる。

さらに、天明泥流を上回る規模の泥流が発生した場合には、泥流の規模が大きくなるほど泥流氾濫はより広く、堆積土砂量もより多くなって被害が拡大することになる。

このような被害は、草津白根山の大規模な噴火でも起こりうる。

²² 「1888 磐梯山噴火報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成 17 年 3 月

2) ハッ場ダムへの影響

浅間山報告書によれば、天明泥流の際のハッ場地点の波高は 50m 程度と読み取れることから、ハッ場ダムの堤高 116m に対して 5 割程度の高さをもつ泥流がハッ場ダムに到達すると推測される。

また、ハッ場ダムから 10km 程度の距離の原町地点における天明泥流の総流量は約 1 億 m³ 規模と推計されており、ハッ場ダム地点でも概ね同規模の泥流が流下したものと推測される。

ハッ場ダムの総貯水容量は 1 億 750 万 m³ であるが、さらに常時満水位からダム天端まで約 1000 万 m³ の容量があることから、天端までの容量は約 1 億 1750 万 m³ 程度となる。

したがって、天明泥流規模の泥流（総流量約 1 億 m³ 程度）の場合、貯水位を事前に下げておくことによって、泥流の大半はハッ場ダムの貯水池内で捕捉されると考えられる。

なお、天明泥流規模の泥流の流入に対するハッ場ダムの安定性について検討を行った報告書では、ハッ場ダムが破壊することには結びつかないという結論に達している。

天明泥流を上回る規模の泥流が発生した場合には、泥流規模が大きくなるに従い、ダムに捕捉されずに下流に流出する泥流量は増加することになる。

しかしながら、前橋台地を形成したような黒斑火山の噴火や、天仁の噴火のような桁違いの噴火が発生した場合は、下流へ流出する泥流量のダムの有無による差はほとんどなくなり、下流の被害はほぼ同程度になる。

なお、火山噴火については、噴火の規模が大きいほど前兆も明確であると言われている。

D. 大規模な土砂移動に関する知見・情報の整理

ここでは、地震、豪雨、火山噴火等が引き金となって発生する大規模な斜面の変動現象を「大規模な土砂移動」として扱うものとする。なお、「地すべり」と表記する場合は、斜面において移動領域と不動領域との間にすべり面となる物質があり、重力によって比較的大規模にゆっくりと変動する現象²³を指すものとする。

1. 過去の大規模な土砂移動による被災の状況

1) ハッ場ダム周辺における大規模な土砂移動の記録

ハッ場ダム周辺で、過去に大規模な土砂移動が発生したことが文献として残されているのは、1783(天明3)年の浅間山の噴火に伴う火山泥流があるが、これについては、「C. 大規模噴火に関する知見・情報の整理」で述べたとおりである。

また、古い時代に発生した大規模な土砂移動は地形から推定することが可能であり、「地すべり地形分布図」((独)防災科学技術研究所)によれば、1,000万 m^3 を超える大規模な地すべり地形として川原湯地区1箇所が記載されている。

ただし、当該箇所については、現地踏査、ボーリング調査等を実施した結果、地すべりではなく崖錐堆積物であることが判明しており、表層崩壊対策として砂防堰堤等の対策が実施されている。



図-9 ハッ場ダム周辺の地すべり地形

²³ 「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説」、国土交通省河川局治水課、平成21年7月

なお、利根川流域における大規模な土砂移動の記録としては、1683（天和3）年9月の日光・南会津大地震（M6.8）に伴う葛老山かつろうやまの事例、1662（寛文2）年日光だいやがわの大谷川上流事例などがある（参考資料19）。

2) 国内外で発生した大規模な土砂移動の事例

大規模な土砂移動の多くは、地震、豪雨、火山噴火等の事象が引き金となり発生しており、その事象毎に大規模な土砂移動の事例は多数存在²⁴している（参考資料20）。

①地震に伴う大規模な土砂移動

岩手・宮城内陸地震に伴い、震源に近い岩手県、宮城県の県境付近を中心に大規模な土砂移動が発生している。発生土砂量は最大規模となった荒砥沢で約6,700万m³、全体で約1.3億m³に及び、これらによる河道閉塞により15の天然ダムが形成されたが、仮排水路の設置、河道閉塞の対策工等により決壊等による被害の拡大は免れている。



図-10 岩手・宮城内陸地震に伴う15箇所の河道閉塞（天然ダム）

②豪雨に伴う大規模な土砂移動

2011（平成23）年台風12号がもたらした総雨量1809mm（奈良県吉野郡上北山村）に及ぶ豪雨により紀伊半島（奈良県、和歌山県、三重県）で大規模な土砂移動が発生した。発生土砂量は全体で約1億m³に及ぶとともに、河道閉塞により天然ダムが形成された。五條市大塔町宇井地区では、斜面が崩壊して、約53万m³の土砂が熊野川に流れ込み、対岸に這い上がって集落に到達し、死者・行方不明者11名の被害が発生している。

²⁴ 「天然ダムと災害」、田畑茂清、水山高久、井上公夫、平成14年8月

③火山噴火に伴う大規模な土砂移動（火山泥流を除く）

1888（明治21）年7月の磐梯山の火山噴火は、岩屑なだれによるおよそ12億 m^3 の土砂移動をもたらした。これにより、長瀬川では、場所によって100mを超える河道の上昇をもたらし、3つの天然ダム（桧原湖：1.5億 m^3 、小野川湖：1,400万 m^3 、秋本湖：4,400万 m^3 ）を形成している。このうち小野川湖は、1889（明治22）年2月から少しずつ崩れはじめ、融雪出水により同年4月に決壊し下流に洪水をもたらした。

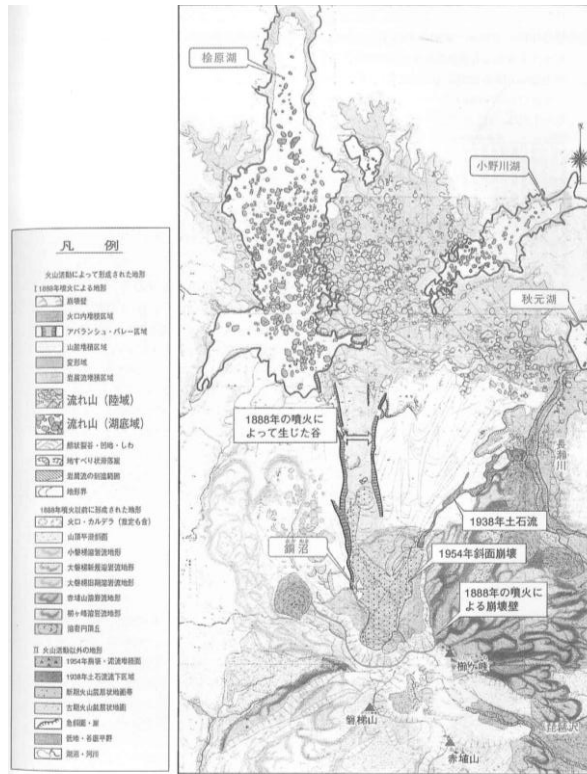


図2.16 磐梯山付近で形成された天然ダム（科学技術庁防災科学技術研究所, 1995）

図-11 磐梯山の火山噴火に伴う土砂移動

3) ダムに影響を与えた大規模な土砂移動の事例

①国内の事例

国内の事例としては、岩手・宮城内陸地震に伴う荒砥沢ダムの貯水池上流で約6,700万 m^3 に及ぶ大規模な地すべりが発生した事例がある。地すべりによって崩壊した土砂の一部が貯水池に流入しているが、



図-12 荒砥沢ダム周辺の地すべり地形

地震後の貯水位が約2.4m上昇したことから、その土砂量は約150万 m^3 と推定されている。当該地には広い範囲で低角度の流れ盤が存在し、「地すべり地形分布図」によれば、過去に多数の地すべりが発生したことがある典型的な地すべり地形である。

事前に地すべり地形が確認され、その対策を行っていたダム堤体の直上流右岸では地すべりが発生していない。



写真-6 岩手・宮城内陸地震による荒砥沢ダム周辺の大規模な土砂移動（地すべり）

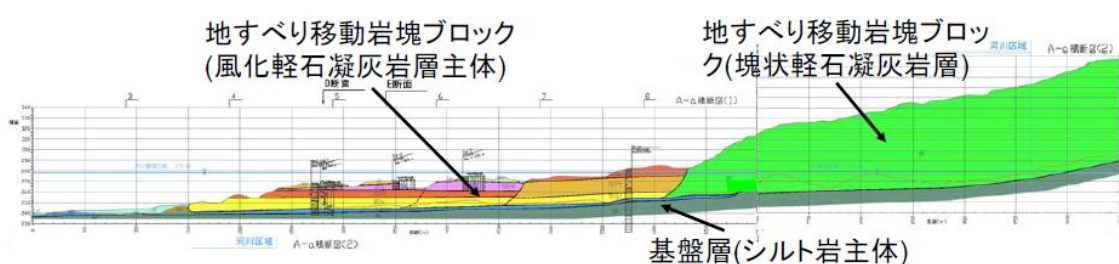


図-13 荒砥沢ダム周辺の大規模な土砂移動（地すべり）の地質横断図

土砂移動の規模は異なるが、大滝ダム（事業中、重力式コンクリートダム）では、前述の2011（平成23）年台風12号がもたらした豪雨により、大滝ダムの左岸側上部で深層崩壊による土砂移動が発生しており、その土砂量は約90万から120万 m^3 と推定され、その一部が貯水池に達している。

② 国外の事例

国外の事例としては、1963年10月9日に、イタリアのバイオントダム（アーチ式コンクリートダム、1960年完成）の貯水池左岸で巨大な地すべりが発生している。2.4億 m^3 に及ぶ土砂の滑落により跳ね上げられた水は、ダムを100mの高さで越流している。ダム下流にあふれ出た水は大規模な洪水を引き起こし、死者がおよそ2,600名に及ぶ被害を出している。この越流により天端上の道路が破壊されたもののダム堤体に大きな損傷は発生しなかった。

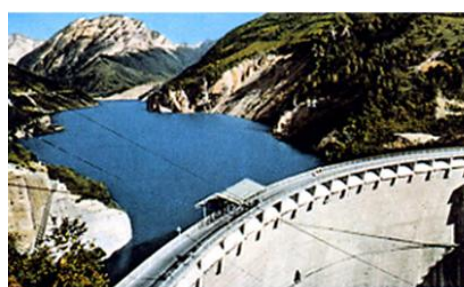


写真-7 被災後のバイオントダムの貯水池と大規模土砂移動の痕跡

なお、当該地域では、ダム完成直後に約69万 m^3 の地すべりが発生し、その後

山腹斜面のゆっくりとしたすべりが継続的に進行して、ダム貯水位の上昇とともに地すべりの速度の増加が確認されている。その速度は、1960年以降は週当たり約1cmであったものが、1963年9月18日以降は、1日当たり1cmであることが確認されている。その後、9月28日頃から豪雨が降り続き、すべり速度は急増して、10月9日の大規模な滑動に至った²⁵。早くから地すべりの兆候が現れていたが、地すべり発生の危険性は、下流の村々には伝えられなかった。

2. 大規模な土砂移動が発生した場合の影響

1) 土砂移動により大規模な天然ダムが形成された場合の影響

大規模な土砂移動による土砂が河川に達した場合、河道閉塞により天然ダムが形成されることが多い。これが決壊することにより、その段波（洪水、土石流）により下流に被害が発生する可能性がある。

ダムの上流で天然ダムが形成された場合には、事前にダムの貯水位を下げしておくことによって、天然ダムの決壊による段波を捕捉することができる。実際に、岩手・宮城内陸地震では数多くの天然ダムができたが、磐井川以外では下流のダムの水位を下げることで、十分な容量を確保し、天然ダムの決壊に備える対応をとった。

仮に、ダムの貯水容量を超える大規模な天然ダムが決壊した場合やダムの貯水位を低下させる前に天然ダムが決壊した場合にはダムから越流する可能性がある。

しかしながら、「A. 豪雨・洪水に関する知見・情報の整理」で述べたとおり、これまでの越流による被災の事例を見る限り、堤体の側方の土砂が流出した事例を除けば、コンクリートダムが越流によって堤体の安全性やダムの貯水機能を損なった事例は確認されていない。

2) 大規模な土砂移動が貯水池へ流入した場合の影響

八ッ場ダムの貯水池周辺は、「地すべり地形分布図」により岩手・宮城内陸地震で大規模な地すべりが発生した荒砥沢ダム周辺と比べると、大規模な土砂移動の履歴は少なく、崖錐堆積物と判明したものを除くと、大規模な地すべり地形は確認されていない。また、「貯水地周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）」²⁶に基づく地すべりの調査を行い、対策が必要と考えられる6箇所²⁶の地すべりについて対策工の検討を実施しているところである。地すべり

²⁵ 「ダムと公共の安全 世界の重大事故例と教訓」、アメリカ内務省開拓局、東海大学出版会、1983

²⁶ 「貯水地周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）・同解説」、国土交通省河川局治水課、平成21年7月

箇所出土砂量は最大でもおよそ 300 万 m³と推定されており、貯水池の規模(1 億 750 万 m³) に比べて小さい。

仮に、大規模な地すべりが発生した場合には、滑動速度や貯水地の水位等によってはダムから越流する可能性がある。しかしながら、「A. 豪雨・洪水に関する知見・情報の整理」で述べたとおり、これまでの越流による被災の事例を見る限り、堤体の側方の土砂が流出した事例を除けば、コンクリートダムが越流によって堤体の安全性やダムの貯水機能を損なった事例は確認されていない。

なお、豪雨による地すべりの現象は、前兆を把握することが可能と言われている。

あとがき

本資料は、今後の治水システムの充実を図る観点から、3.11 震災の教訓に関する知見・情報を俯瞰的に整理したものである。

ここでは、各種文献の調査と防災・危機管理等の専門家からのヒアリングより得られた教訓を踏まえ、豪雨・洪水、大規模地震、大規模噴火、大規模土砂移動の各事象について、国内外における過去の災害事例等を参考に、八ッ場ダムや利根川流域を題材とした知見・情報の整理を行ったが、危機管理対策について具体的な検討までは行っていない。

したがって、今後の治水システムにおける危機管理を検討する第一歩として本資料をとらえ、危機管理の具体策を検討していくことが望まれる。