

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
＜参考資料＞

○文献からの抽出

1. 今回の津波・震災の評価

① 外力等災害の規模

- ・ 今回の東日本大震災は、地震、津波、原子力発電施設の事故による複合的なものであり、かつ、震災の影響が広く全国に及んでいるという点において、正に未曾有の国難である。 (東日本大震災復興対策本部)
- ・ 今回の東日本大震災は、阪神大震災を上回る大災害である。 (日本経済新聞)
- ・ このような地震が想定できなかったことは、過去数百年間に経験してきた地震・津波を前提に、日本海溝の地震・津波を想定した結果であり、従前の想定手法の限界を意味している。 (中央防災会議)
- ・ 過去に発生した可能性のある地震であっても、震度と津波高などを再現できなかった地震は地震発生の確度が低いとみなし、想定の対象外にしてきた。...過去に発生したと考えられる地震を考慮の外においてきたことは、十分反省する必要がある。 (中央防災会議)
- ・ 地震の揺れによる建物被害は、地震動の周期特性等により、それほど大きくなかったものの、東北地方から関東地方にかけて埋立地や旧河道などで液状化に伴う家屋被害が発生するなど広範囲にわたって多数の全壊、半壊、一部損壊等の被害があった。また、ライフラインや交通施設に甚大な被害をもたらした。 (中央防災会議)
- ・ 長周期地震動による被害についても、超高層ビルの天井材の落下やエレベータの損傷等の被害が震源から遠く離れた地域においても報告されている。 (中央防災会議)

② 防災の基本方針

- ・ 今回の津波は、これまでの災害に対する考え方を大きく変えた。今後の復興にあたっては、大自然災害を完全に封ずることができるとの思想ではなく、災害時の被害を最小化する「減災」の考え方が重要である。(東日本大震災復興構想会議)
- ・ 巨大災害に対するリスク管理は、防災性の視点に立ったハード面の整備と、避難対策などのソフト面について、多様な方策を適切に組み合わせた総合施策をとることにより、死亡者をださないことを第一の目標とし、...ハード・ソフト両面の対策に加え、より広域的、分野横断的なシステムで災害に強い国土づくりをしていくことが重要。(国土審議会政策部会)
- ・ 巨大災害が生じた場合にあっては、国土やそれを構成する地域が総体として対応し、互いに支え合える体制を構築すること等を通じて、安全・安心を確保した災害に強いしなやかなシステムを持つ国土の形成を図る。(国土審議会政策部会)
- ・ すべての災害を予測し、封じ込めるのは不可能だ。技術や資金の壁もある。原発のような人工システムは別として、自然災害の想定とは、いわば防御の目標を示すシナリオだ。...想定を超えた事態でもギリギリ生き延びられるよう、...自らの命は自分で守る。できるだけ逃げる。それが、今回の津波の大きな教訓ではないか。(朝日新聞)
- ・ 大規模な災害においては、国や地方公共団体が行う「公助」、国民一人一人や企業等が自ら取り組む「自助」、地域の人々や企業、団体が力を合わせて助け合う「共助」が、ともに重要である。(東日本大震災復興構想会議)
- ・ 復旧、復興策にも「超広域災害」という視点が欲しい。今回、関西広域連合のような東西の自治体がそれぞれ担当自治体を決め支援するなど、今後の「超広域災害」への備えに資する取り組みが見られた。(産経新聞)
- ・ 東北地方整備局の素早いリエゾン派遣や、被害が甚大な沿岸部への進出のため救援ルートの要となる「くしの歯」型の救援ルートの啓開対応(「くしの歯」作戦)は、情報を集約して状況に応じて機動的に対応した組織

として高く評価できる。(東日本大震災 第一次総合調査団 土木学会、日本都市計画学会、地盤工学会)

- ・ 私たちがまず、知っておくべきなのは、日本という国は、必然的に自然災害が多い地域にあるということです。...一部の人々は、災害から学び、防災・減災の知識を身につけ、啓蒙活動や防災システムの構築に努力する一方で、大部分の人々は徐々に忘れていくということを繰り返してきました。...警告を対策にまで結びつけるには、人間の忘れっぽさのことまで考えて行う必要があるのです。(『未曾有と想定外 東日本大震災に学ぶ』 畑村洋太郎) 「東電福島原発事故・調査検証委員会」委員長)

2. 防災対策のあり方に関するもの

③ 防災対策の考え方

- ・ これまでの地震・津波の想定結果が、実際に起きた地震・津波と大きくかけ離れていたことを真摯に受け止め、今後の地震・津波の想定の方を抜本的に見直さなければならない。(中央防災会議)
- ・ 人々は原子力については、ことさら「安全」神話を聞かされるなかで、疑う声もかき消されがちであった。原発事故を起こりえないものとした考え方は、その意味では、地震や津波災害の場合よりも、何か外の力が加わることによっていつそう閉ざされた構造になっていたのだ。(東日本大震災復興構想会議)
- ・ 想定外という言葉が安易に使われる背景には、原発の関係者が置かれている特殊な環境も関係していると思われます。原子力という技術を扱っている人たちが構成している世界はたいへん閉鎖的で、よく「原子力村」などと揶揄されています。福島第一原発の事故に直面したとき、私たちの目に映っていたのは、「絶対安全」のお題目のもと、何も変えず何もしてこなかった、そして事が起こってからもちょうんと対応できない原子力村の姿です。...想定外の問題に弱いのは、日本の組織の一つの特徴でもあります。たとえば日本の組織には、極端なマニュアル重視で運営を行っているところがたくさんあります。今回の原発事故は、そういうマニュアル偏重主義の弊害が顕著に出た例だといえます。東電だけの問題として考えるのではなく、組織運営を行うときの一つの教訓にしなけれ

ばならないのです。 (『未曾有と想定外 東日本大震災に学ぶ』 畑村洋太郎 「東電福島原発事故・調査検証委員会」委員長)

- 二段階（防災＋減災）の総合的安全対策として、津波等に対する安全対策は、高頻度＝低レベルの災害（高潮、波浪、津波など）と今回の震災のような低頻度＝高レベルの災害の双方に備えることが不可欠である。前者に対しては...無被害を目指す「防災対策」をとるべきである。後者に対しては...ハード面と、土地利用のコントロールや建築規制、避難対策などのソフト面について、多様な方策を適切に組み合わせた総合施策をとることにより、死亡者を出さず、物的被害が生じてもそれをできる限り軽減し、また復旧が容易な総合的な「減災対策」を目指すべきである。(土木学会、日本都市計画学会)
- 今回の災害では、頑強と思われた津波防波堤が壊され、防御の役を果たせなかった。防浪施設がまったく効果がなかったのか、あるいは破堤時の衝撃によって被害をより大きくしたのか、それとも一定時間は津波の侵入を防いで破壊力を軽減したり避難時間を稼いだりする効果があったのか検証が必要である。(日本経済新聞)
- 津波対策には、大きく分けると二種類の方法があります。一つは津波に「対抗する」という考え方で、主に防潮堤の建設などのハード面での対策がこれに該当します。もう一つは「備える」という考え方で、こちらは避難方法の徹底や防災訓練などのソフト面の対策が代表的な中身です。...結論からいうと、今回は「対抗する」という考え方で行われたものの多くは打ち破られていることが確認できました。(『未曾有と想定外 東日本大震災に学ぶ』 畑村洋太郎 「東電福島原発事故・調査検証委員会」委員長)
- 災害発生時に迅速かつ適切に対応するためには、...常日頃から多様な世代が参加できるような環境を整えて地域コミュニティを充実させたり、地域の防災リーダーを育成するなど、地域防災力向上のための取組を強化するべきである。(中央防災会議)

④ 避難等の考え方

- ・ 津波警報や避難指示等は、行政や住民等にとって避難行動をとるための最初のきっかけとなる情報で命に関わるものであることから、発表する内容とその伝え方は極めて重要であり、警報自体の内容改善、情報伝達体制の充実・強化に取り組む必要がある。 (中央防災会議)
- ・ 「逃げる」ことを含めた地域も巻き込んだ防災教育を推進する。(東日本大震災復興対策本部)
- ・ 地域防災の視点から、災害への備えと避難への検討を恒常的に行えるシステムへの配慮が重要である。平常時においてはハザードマップの作成、津波災害と地域防災の教育・啓発、避難訓練や避難手段の周知など、住民が地域の防災システム全体を理解し自ら災害に備える体制を整える努力が欠かせない。非常時においては、災害による情報インフラのダメージを念頭に置いた伝達手段の確保を目指す必要がある。(土木学会、日本都市計画学会)
- ・ 海岸地形や湾の形状によって、想定される津波高、浸水深が大きく異なるため、...津波到達時間が短い地域では概ね5分程度で避難が可能となるよう、避難場所・津波避難ビル等や避難路・避難階段を整備すべきである。(中央防災会議)
- ・ 地理に不案内な訪問者や災害対応に不慣れな外国人にも適切に避難できるような対策を検討すべきである。(中央防災会議)
- ・ 被災地域が複数県にわたる海溝型巨大地震では、被災者が遠距離の広域避難を行うことが多い。この場合、被災地方公共団体以外の地方公共団体が支援を行う可能性が高いが、現行法上の制約から十分な対応ができないため、被災地方公共団体以外の地方公共団体が主体的に支援を行うことができる仕組みが必要である。(中央防災会議)

3. 具体的な対策に関するもの

⑤ 重大リスクの回避、連鎖的被害拡大の抑制

- ・ 今回の大震災のように未曾有の大災害が生じた場合でも、わが国全体としての経済社会活動が円滑に行われるよう、国土利用のあり方そのもの

を考えねばならない。...防災拠点の整備とともに、広域交通・情報通信網、石油・ガスなどのエネルギー供給網や施設、上下水道などの社会基盤について、施設そのものの防災対策の強化と同時に、これらのルートの多重化が必要である。また、産業の空洞化を防止する上でも、災害に強い供給網（サプライチェーン）の構築を図ることが不可欠である。（東日本大震災復興構想会議）

- 広域的インフラについては、各地域の復興プランと十分に連携しながら、「多重化による代替性」（リダンダンシー）の確保という視点に留意しつつ、整備・再構築を図ることが重要である。（東日本大震災復興構想会議）
- 首都直下地震や東海・東南海・南海地震等に備え、各々の地域特性を考慮しながらネットワークの代替性・多重性の確保を図る重要性が再認識された。このため、代替となるルートの検討においては平時のルートとの整備水準の差や地域の特性に応じたネットワーク構造の実態を踏まえつつ、できる限り同レベルの規格のルートを複数確保することや、密集する都市部の通過を避けるための環状ネットワークの整備などの対応を図ることが重要である。（国土審議会政策部会）
- 東日本大震災は東北のライフラインをずたずたにしたが、文字通り命脈を保ったラインもある。三陸縦貫道などは、寸断された国道45号に代わって住民の避難や物資の輸送路として重要な役割を担った。...菅直人首相が国会答弁で述べた通り、三陸道は「命の道」として機能したのだ。言うまでもないことだが、ここではカネに換算されない価値が減災に役立った。（河北新報）
- 今回の大震災では、例えば緊急物資輸送や広域的な移動について、道路、鉄道、港湾、空港の多様なモードが連携して救援・代替輸送拠点としての役割を果たした。このような状況を踏まえ、それぞれのモードが果たした役割を再確認し、ネットワーク化を通じたバックアップ体制の強化に向け、特に災害発生時の緊急輸送路やシームレスな物流網等の確保に向けた代替性・多重性の確保や被災時に活動を継続させるための対策（補完性の確保（バックアップ、スイッチング等）、BCPの検討等）について検討すべきである。また、被災しても容易に復旧できる構造にしておくことも重要。（社会資本整備重点計画の見直しに関する中間とりまとめ（たたき台））

- ・ 今回の原発事故に際し、全電源喪失を考慮したAM（アクシデントマネジメント）が不十分であった結果、原子炉内の状況把握が困難となり、事故の進展を防げなかった。短期的対策としては、電源車、小型発電機などの多様な電源の確保、中期的には防止壁や専用建屋の設置等の浸水防止対策や、水源の多様化等海水に頼らない冷却システムを準備し冗長性を確保するなどが有効である。（AESJ日本原子力学会 「原子力安全」調査専門委員会）
- ・ 大規模地震により国内の基幹産業が被災した場合、復旧までに相当の期間を要し、国内の経済活動が停滞することにもなりかねないため、事業継続の観点から災害対応の計画（BCP）の策定が必要である。（中央防災会議）
- ・ 緊急災害対策本部の設置・運営や政府部内の対応組織の役割分担のあり方など、自然災害発生時の危機管理体制のあり方についても必要な見直しに向けて検討を加えていくことが求められる。（中央防災会議）

⑥ 総合的な安全対策

- ・ 政府においては、津波対策に関する記述を大幅に拡充するなど、防災基本計画を見直す必要がある。地方公共団体においても、地域防災計画の見直しや複数の地方公共団体の共同による広域的な防災計画の策定など、所用の防災対策を検討する必要がある。（中央防災会議）
- ・ 建築物の倒壊は、死者発生の主な要因となるとともに、火災の発生や延焼、避難者・災害廃棄物の発生など被害拡大と応急対策活動の阻害の主な要因となることから、建築物の耐震化については、引き続き計画的に取り組む。（中央防災会議）
- ・ ライフラインの被災は、安否確認、住民の避難、救命・救助等の応急対策活動などに支障を与えると同時に、避難生活環境の悪化等をもたらすことから、ライフラインが被災し寸断しないよう耐震化・多重化を進める必要がある。（中央防災会議）
- ・ 交通インフラの被災は、交通機能に支障を与えると同時に、災害廃棄物の撤去やライフラインの復旧などに大きな支障を与えることから、計画的に耐震化や代替性の向上等を図る必要がある。（中央防災会議）

- ・ 地域ごとの特性を踏まえ、ハード・ソフトの施策を柔軟に組み合わせ、総動員させる「多重防御」の発想による津波防災・減災対策が必要となる。従来の、海岸保全施設等の「線」による防御から、「面」の発想により、河川、道路や、土地利用規制等を組み合わせたまちづくりの中での対策や、避難が迅速かつ安全に行われるための、実効性のある対策等、津波防災まちづくりのための施策を計画的、総合的に推進していくことが必要である。(国土審議会政策部会)
- ・ 今回のような大規模な津波リスクを考慮に入れ、例えば、①平地に都市機能が存在し、ほとんどが被災した地域、②平地の市街地が被災し、高台の市街地は被災を免れた地域、③斜面が海岸に迫り、平地の少ない市街地及び集落、④海岸平野部といった地域の状況に応じて、地盤沈下等の現況も踏まえつつ、ハード・ソフトの施策を柔軟に組み合わせ実施する。
 - イ) 海岸・河川堤防等の復旧・整備、水門・樋管等の防災・排水施設の機能強化
 - ロ) 想定浸水区域等の設定、ハザードマップの作成、避難計画の策定、避難訓練の実施等警戒避難体制の確立
 - ハ) 中高層の避難建築物の整備、避難場所の確保、避難ビル・避難路・防災拠点施設の整備・機能向上
 - ニ) 二線堤の機能を有する道路、鉄道等の活用
 - ホ) 被災時における支援活動に不可欠な幹線交通網へのアクセス確保
 - ヘ) 被災都市の中核機能の復興のための市街地の整備・集団移転
 - ト) 土地利用規制・建築規制等の柔軟な適用
 - チ) 災害対応に不可欠な無線の高度化 等
 また、大津波に際して、粘り強い防波堤・防潮堤等とするための技術的整理を行う。(東日本大震災復興対策本部)

4. 復興に関するもの

⑦ 地域計画、土地利用等との調整

- ・ 地域に根ざした復興のためには、多様な被災状況、自然環境、歴史文化、産業基盤、コミュニティに十分に配慮した復興計画を立案・推進することが必要です。(中央防災会議)

- ・ 真の復興とは、震災以前と全く同じ街並みと生活・産業インフラを復活することではない、という基本的合意形成をしてほしい。震災からの再建には、居住地域の集中（コンパクトシティー化）が選択肢だ。（*毎日新聞*）
- ・ 省エネ型でITを活用したコンパクトで住みやすいスマートシティを作り、医療、介護、教育・保育などの必要なサービスが効率よく受けられる地域にすることが望ましい。（*週刊 東洋経済*）
- ・ インフラについては、昭和三陸大津波後の先例がある。集落の高台移転、敷地のかさ上げ、防潮堤と防潮林の整備、市街地の耐震防浪建築、避難道路の整備、県条例による海岸沿い建築禁止地区の設定など、今でも参考にできる内容だ。集落の高台移転は岩手県と宮城県の計102集落で実施した。（*毎日新聞*）
- ・ 住民等の避難行動には一定の限界があることから、できるだけ浸水リスクの低い地域を居住地域とするなど土地利用計画も組み合わせた対策が必要である。（*中央防災会議*）
- ・ 今回の津波の被災地では、盛り土構造の高速道路が、市街地への津波の侵入を食い止めた所もある。これからのまちづくりには、こうしたものを生かすことができるだろう。（*建設工業新聞*）
- ・ 生活や生業の再建を図りつつ被災地域の安全性を高めるためには、防災施設の計画、避難の計画と連動して、被災市街地の一部をより高所に移転することや市街地を山側へシフトさせるなど、状況によっては地域の空間的構造を変更する必要がある。そうした場合には、建築規制や土地利用コントロールなど都市計画的な手法を適切に適用するとともに、市街地の骨格をなす道路や鉄道などの幹線交通路の位置、インターチェンジや鉄道駅などの配置を市街地誘導の視点に立って積極的に見直していくことが必要である。また道の駅などの賑わいの拠点ともなる交通拠点を計画上積極的に活用していくことも必要である。（*土木学会、日本都市計画学会*）

⑧ 災害に関する調査・研究・記録の作成

- ・ 東日本大震災の経験や記憶が風化し、忘却されないようにしっかり後世に引き継ぐことが重要である。 (中央防災会議)
- ・ 今回の東北地方太平洋沖地震や巨大な津波の発生メカニズムとそれらによる被害状況について、詳細な調査分析を進めるとともに、調査分析成果や映像等の資料を集約して広く閲覧に供し、今後の防災対策に活かすための体制の確立が必要である。 (中央防災会議)
- ・ 津波の波源域となる海域での直接観測の強化により、リアルタイムの津波観測データを津波警報の発表に活用できる仕組みの充実が必要である。地震の規模の迅速な把握を含め、総合的な津波予測技術の開発を進め、より一層精度の高い津波予測技術の確立を目指すべきである。 (中央防災会議)
- ・ 今後の防災対策を検討するため、東日本大震災について、各分野において詳細な調査研究を行うことが極めて重要である。今回の震災の経験を踏まえ、地震・津波災害と大震災からの復興過程に関する国際共同研究を推進すべきである。 (東日本大震災復興構想会議)
- ・ 適確な復興計画を立案するためには、まず被災や避難の状況を正確に把握することが必要不可欠です。一定の基準に基づいた広範な調査・情報整理を早急に実施する必要があります。 (7学会会長 共同提言)
- ・ 被災地の行政担当者や地域住民、国の現地災害対策本部職員等からの聴き取り等により、発災時の具体的な状況や避難行動、その後の行政等の対応等について把握し、今後の取組みに生かす。 (東日本大震災復興対策本部)
- ・ 今回の原発事故を教訓として、原子力発電の安全性の技術をより一層高め、新興国の原子力発電の運営支援を継続していくことが、我が国の世界に対する責任。 (9/14 (衆) 本会議)
- ・ 国際的な原子力安全の向上に資するため、今回の原発事故の経験と教訓を共有すべく努力。 (9/14,15 (衆) 本会議)

<教訓に関する専門家からのコメント>

①災害に上限はない

- 70年代後半から、制御安全に頼るようになった。これは総ての道具に適用されている。回転ドアの例で言えば、挟まれれば停止するという制御が組み込まれているが、慣性力という別の支配力が考えられていなかった。制御安全ではなく、本質安全の考えを採用すべき。本質安全とは、危険な要素をなくすというものである。要求機能と制約条件を確定すれば、本質安全を実現する設計解がかならず存在する。
- 人間は想定なしには考えることができない。人間は考える領域(境界)を決めなければ、頭は働かない。境界が決まればその中に複数の考える種ができる。あとは種を構造化すればよい。境界は制約条件から決まり、制約条件には、コストもあれば確率論もあるだろうが、一番大きな要因は『気』、世の中の雰囲気である。
- 先の回転ドアの例では、“軽くする”ということでは本質安全が実現でき、人が挟まれたときにドアの仕切り版が折れれば人は傷つかない、これが正解。あとは考えつく事は簡単だが、起こる前に考えておくためには想像力が必要であり、最初から考えておく必要がある。想像力だけが起こったあとのことを教えてくれる。火事になってから消火器を探すのでは、事故の進展に合わせた動作は遅れる。
- 起こったことから自分で組み立てて考えてみる必要がある。
- 人間は考えたいことしか考えない。見たくないことは見えない、考えたくないことは考えない、滅多に起こらない重大事故のことは考えない。事故が起こった後のことは考えない。多くの事故は注意の行き届かない周辺が原因となって起こる。

- 昔は種類、程度の 2 軸を結構幅広に考えていたのに、今は自分で境界をつくり内側は厳密に考えるのに外側を考えなくなった。しかも、いつの間にか、「外側の領域」そのものが無いことになっている。

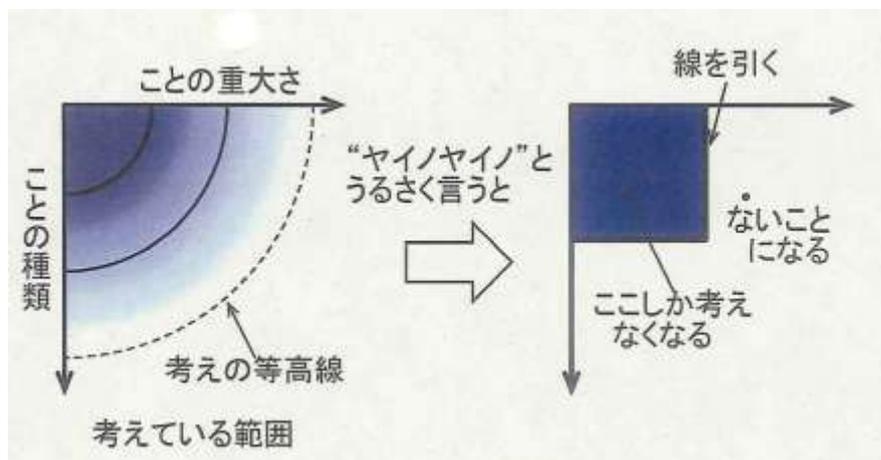


図-1 人間はきちんとやろうとすると範囲を限定する

- 津波で学んだことは、『あり得ることは起こる』、『まずくなった場合を考えよう』ということだ。最悪が起こるとまず仮定し、対応が十分でなくとも人命が損なわれないようにするにはどうするかを考えておくことが重要である。また、サプライチェーンを考えておかないと、復旧に2ヶ月ですむことが2年になる。
- これまでは、過去に起こった記録がないものは将来も起こらない、繰り返し起こってきたことが又起こると考えていたが、3.11 東日本大震災の教訓を踏まえ、今後は、科学的根拠がある限り最大クラスの地震・津波を想定することとした。
- 上限がないと言われると困る。上限はあるはずであるが、科学的根拠が何か、上限をどう決めるかが問題。これまでは過去の最大を考えればよかったが、今後は過去最大が上限ではない。稀であっても科学的根拠により起こりえるものは想定しないといけない。最大クラスの災害を想定してそれに対して防災、減災を進めるとというのが私の考えである。
- 3.11 東日本大震災の一番の反省は、地震学者が M9.0 の地震が起こるかもしれないとの想定ができなかったこと。今後は想定外ということ言うことができないということ。中央防災会議で野田総理からも『想定外を超えた想定をして欲しい。今後、想定外ということ言わないで欲しい』

い。想定外を越えたこともあらかじめ想定に入れて危機管理をして欲しい。』と言われている。

- 想定外と言っではいけない。想定以上のことが起きたら何が起きるかを考えておく必要がある。この場合、想定は設定と言ってもよい。その設定を越えることはないとは言えず、越えた時どうするのか常に考えておく必要がある。
- 建築は民間資本が大部分を占めることもあって、超高層ビルの設計のための地震動レベルは決して十分な大きさに設定されてない。従って、簡単に設定以上の現象が起こる。しかしながら、建築物は震度7で壊れて良いが、人は殺してはいけないという考え方で、耐震安全設計がなされている。ダムで考えると、想定以上の地震では水は漏れてもしょうがない、壊れることもあり得るが、洪水を起こして人命にかかわることがないようにする等が考えられる。
- 原子力や建築での考え方をダムにも当てはめ、L2地震動を越えた場合のリスクをいかに低減させるか想像力を働かせて決めておく必要がある。大丈夫だと思っただけで思考停止することが良くない。
- 原子力耐震設計指針では、想定以上の地震動に対しても残余のリスクを最小にするように求めている。

②過去に学ぶ

- 自然は待ってくれない。自然の昔覚え、先祖帰り、過去に起こったことは必ず起こる。
- 人々が歴史的にもものを見なくなる法則がある。人の記憶と時間の関係を意識に入れなければならない。たとえば、3日、3月、3年経過すれば個人が忘れる。30年経過すれば組織として経験を忘れ失敗の繰り返しが生じる。60年経過すれば地域が忘れる、例えばカスリン台風である。300年経過すれば誰も何も言わなくなる、家康の利根川東遷がその事例である。1200年経過すれば総ての歴史から抹消される、貞観津波のように。

- ・電源喪失は過去にも無いわけではなかったが、過去に事例が少ない。その意味で、「過去に学ぶ」のみだと危険である。
- ・今回の 3.11 の教訓としては、過去に（貞観津波のような）津波があったと分かっていたのに歴史的事実が十分に検討されていないことだ。
- ・地質に過去の履歴が総て残っているわけではなく、地質調査をやるにしても限度がある。古い噴火については、時間分解能が低い。
- ・土砂災害の要因があまりにも複雑で、災害毎に新しい事象が発生している。豪雨による土砂災害は概ねこれまでの事象で説明可能であるが、地震については、中越、岩手・宮城内陸など毎回新しい事象が発生している。地質構造も、地震の外力も違う。

③複合災害への備え

- ・首都直下地震では、河川構造物が被害を受ける。被害を受ければ中小洪水でも被害が発生する危険性がある。複合災害にしない努力が必要。全川に亘って耐震性を高めることは無理なので、地震先行で液状化や側方流動が起こり、中小洪水でも氾濫が起こる可能性があることを前提に利根川の治水を考えるべきである。福井地震では、地震そのものによる被害もあったが、その後1ヶ月以内の梅雨前線で九頭竜川が氾濫し市街地が水没した。複合災害によるダブルパンチだ。
- ・地震と火山、地すべりと豪雨の複合災害で何が起こるか考えておくべき。

④ソフトとハード

- ・ハードには限界があり、限界を超えたらお手上げでは困る。限界を超えても減災で頑張る。今は江戸時代とは異なる。つまるところ、極限状態が起きた時どうするかを考えておくことが必要である。
- ・極端現象が起こる時にどうなるのかを考える必要があり、今までの取組は標準防災であり今までの取り組みがチャラ（無）になるのではなく、

今までのハードやソフトの取り組みをベースとしつつ、延長上で考えるのではなく発想を変えないといけない。

- 避難にしても、避難時間は必要であり、サポートのためのハードは不可欠である。防災の基本はハードであり、ハードで全部守ることができないから、情報等による避難を含めたソフト対策がある。逃げれば良いと考えるのは途上国だ。従来対策、レベル1は標準対策であって、津波で言えば、1/50~1/150は防災であり、それを超える部分を考えるのが減災だ。ちなみに途上国ではそれができないから総て減災となる。防災の基準があるから先進国である。ハードをコンプリートするのがソフトであり、ハードとソフトをマネジメントすることが不可欠だ。
- ハードとソフトの組み合わせを考えるのは哲学である。
- 地震がいつどこで起こるかかわからないし、台風のコースも変えられないなど、自然の猛威は受け入れざるを得ないという「謙虚さ」を持ちながら、少しでも死ぬ人を少なくするためにできることはやる、それが人間の「知恵」である。
- 想定外の議論をしていくと、ハード整備はいらない、ソフトだけでいいという極論があるが、全部ハードでは対応できないので、今実行可能なものはハードで対応し、当然残余のリスクが残るので、それを明らかにした上で、それに対しては人の命を助けるためのソフトでの対応を考えていくことが重要である。
- 皆が考えたくないことを、起こることを前提として、起きても被害を小さくするためにどうすればいいか考えておく必要がある。東京なら、400mに一カ所づつ、高さ10mの土塁を作れば良い。
- 中央防災会議の「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」の最終報告で、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討することとしており、頻繁に起こる災害は人命財産をハードで守り、稀にしか起こらない災害は避難を軸に人命を守る、財産は減災で対応することを原則とした。

- ・想定外のシナリオを明確にしておくことが重要である。3.11 の教訓からハードよりも万が一に備えた情報連絡などソフト対応を考える必要がある。

⑤緊急時の安全管理体制

- ・見えてきた日本の脆さは、①危機管理の法体系、②危機管理の訓練、③危機管理のリーダーシップ、④危機管理の組織、⑤危機管理の時間軸である。
- ・我が国の安全保障法制も徐々に整えられているが、緊急事態基本法、情報管理基本法、国際協力一般法が必要
- ・危機管理時なのに安全管理組織が平常時のまま使われており、緊急モードの安全管理組織がない。
- ・長周期地震動によるスロッシング(容器内の液体の振動)や液状化などは、新潟地震(1964 年)で明らかになっていたにもかかわらず、何十年も経った東日本大震災でも大きな被害が発生しており、技術的知見を政策に反映させることができてない。
- ・国土を守るということは、国が行う一番大事な仕事である。
- ・現場への権限の委譲が不徹底である。具体的にはベントの実施や海水注入について現場の所長に権限が委譲されていない。
- ・現場の指揮官は必ず躊躇する。連絡体制が必要。現場も本社も圧力や温度が分かっているにもかかわらず、壊れないと思ひ込みたい。それが決断を遅らせてしまう。こうした事態を避けるためには、緊急事態に対する決断について、あらかじめルールを決めておくことも重要である。
- ・米国では、ICS (Incident Command System : 危機対応システム) があり、緊急時には組織の壁を取り払う切り替えが徹底しており、日本にも必要ではないか。

⑥訓練、マニュアル

- ・利根川では、治水計画で想定していた以上の外力が来たときどうするか？お手上げでは困る、極端な話、人為的に右岸を切るのか・左岸を切るのかといった選択が出てくるのではないかな。
- ・何年かに一度は予算がかかっても大規模な訓練を実施することが必要である。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訓練で得られる教訓は得られない。さらに、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。
- ・放射能汚染や生物テロの対応の訓練をした場合、被災者を救うか見捨てるかといったぎりぎりの判断を首長に求めることになったり、被災者の移送に関しバスやヘリの運転手の被爆にどう対応するのかといった、いままで見えなかった問題が明らかになった。やはり実践さながらの訓練が必要。
- ・自衛隊の装備を考えればまず自衛隊に依頼して早く情報をもたらった方が効率的だと思われる。もう少し自衛隊と整備局で日頃から情報交換、役割分担できるようにすべき。
- ・マニュアル化が進行した結果、技術や作業が形骸化してきちんと自分の目で見て自分で考えることをやらなくなってしまった。現在は何か事故が起きた時、マニュアルを作っていないことを咎められないようにするため、マニュアルを作ればいい、マニュアルどおりにやればいいと考え、それだけをする。結果としてマニュアルに書いていないことは、見ない、考えない、やらないとの状況を作ってしまった。
- ・考えておくことが大事である。条件を変え、何が起こるか考え備えをすることが大事。致命的にならないようにする。『仮想演習』と『逆演算』をすべきである。その中でシナリオを考えるべき。
- ・原発のベントや海水注入のように危機管理的状況の中、現場で判断しなければいけないような場合があるが、このような現場での判断は現場に全部任せるのではなく、あらかじめ中央でガイドライン等を準備しておくことが必要である。

- ・福島原子力発電所には、ベントのマニュアルはあった。原子力にとってシビアアクシデントは基本中の基本。ただ、現場でその存在をあまり知られていなかった。
- ・シビアアクシデントでは、最適解を求めるのではなく、最悪の事態に陥ることを回避するための手段を探すことが重要である。

⑦望ましい治水システム

- ・今次津波に対する対応方針としては多重防御の概念を導入し、一線堤、二線堤、盛土等により急激に外力が大きくなることを避ける対策を図ることとした。これは避難することを前提とし、その避難を容易にするような対策を図るということである。
- ・治水計画をたてる際に、200年確率を考えてもダメ。洪水の規模に従い被害が連続的に拡大するのか、変曲点があり一気に拡大するのかを検討する必要がある。仮に被害の変曲点があるならば、そこを計画上のターゲットにすることを検討すべきである。
- ・地球の温暖化で、確率評価の統計的な信頼性が揺らいでおり、1/100、1/200を議論しても意味が無い。温暖化の傾向が続くなら、これまでの議論が成立しない。被害がこれ以上になったら大変であるという考え方でやるべきである。
- ・2000年の東海豪雨は1/350で、過去109年間最大の雨量の倍であったし、佐用町の豪雨も1/180で、こんな巨大豪雨で河川が氾濫するような事態では、河川氾濫のみではなく内水氾濫も同時生起し、あっという間に市街地の水位が上昇し、平屋では逃げ場を失う。被災者はほとんど平屋建ての方であった。このような異常な雨に対してもお手上げではなく、どう被害を軽減するかが課題である。
- ・災害を0にはできないがあるレベルに押しさえよとすれば上流のダム群や河川堤防も含め様々な施設で対応すべきである。

- ・ダムは計画量を当てにできる施設であり、いわば約束を守る施設である。一方、堤防の補強等は延長が長く全川において機能を担保し続けるのは困難。即ち、信頼性のレベルが異なるものを同じ土俵で議論することは出来ない。
- ・八ツ場ダムだけで何とか出来るわけではないが、ダムが機能をきちんと発揮することによって下流の河道も含めて、全体でどうできるのかを議論すべき。
- ・淀川支川の沿川に亀岡という都市があり狭窄部がある。これを拡張したいと考える人がいるが、大きな間違い。広げれば上流は安全度が上がるが、下流に影響が出る。自然が作ったものを人間が勝手に替えないことが大事である。そんな改修をやってはいけない。自然のシステムを変更せずどう治水安全度を上げるかを考えるべきで、トレードオフ関係の処理をしてはいけない。
- ・防災哲学では国防と同様に考え、最善の手をつくすべきである。資源投入は国家戦略だ。ヨーロッパですらそうなのだから、災害多発国の日本はどう考えるべきか。

⑧専門家

- ・福島原発の対応において、情報開示が不適切であった。
- ・ある種の専門性は大事にすべきであるが、専門家が原子力の危険性を唱える人を排除し、結果として、原子力村を作り、危険だとわかっているのに『原子力は安全だ』としか言えない雰囲気醸成され、結果は見ての通りだ。3.11で学ぶべきは、『謙虚さ』である。
- ・部分最適・全体最悪が起こる。全体像をとらえることをやらずに局所で最適を目指した結果、全体では最悪になっていることに気づかない。そのことを指摘する人もいなくなってしまう。
- ・専門家で構成されている審議会等で議論されていることは総て正しいだろう。だが、「こうかもしれない」という曖昧な議論ができない。委員は間違ったことを言えない。言い訳できることしか言わない。非の打ち所

の無い意見しか言えない。世の中全体が持っている恐れとか疑問とか本当はもっともやもやしていることを取り込むべきだが、今の日本のシステムではそれが出来ない。出来ない典型が原発であり、専門家は皆、危ないことを知っているのに、危ないことを検討しようとする、それほど危ないなら原発をやめろと言われる状況に引きずり込まれる。もっと中間のふわふわした事項があることが正常なのに、0 or 1になっている。(我が国においては、) ふわふわした事項の検討というやるべきことをやらなくなったような気がする。

- 専門家はその専門とすることのみが分かるのであって、総てが分かるわけではない。全体を見ることが出来る人に任せるべき。例えば確率論やシミュレーションは、与条件下でだけ正しいのであって、全体として正しいかどうか見ている訳ではない。過去の確率論を用いて将来総てを予測できるわけではないことを理解して用いることが必要である。
- 御用学者が多すぎたのではないか。ベストな人からの意見を汲み上げようとする努力を怠ってきたのではないか。
- 火山の現象は一人では網羅することは出来ないし説明も難しい、一般の住民や市町村の防災担当者への分かりやすい説明がなされていない。教育ビデオの作成も有効である。火山災害では発災時の対応が重要である。
- 火山災害は現象が複雑であり、避難の前に、発災現象の評価、意思決定、対策の決定が大事であり、そのためには専門家が必要である。
- 文科省、気象庁、経産省、国交省（砂防部、国土地理院）の火山関係の行政機関、研究機関をまとめて欲しい。火山国で一元化された監視・研究体制が存在しないのは日本だけである。

＜個別事象に関する専門家からの技術的アドバイス＞

⑨地震について

- ・我が国の内陸型地震の最大は M8 程度である。その科学的根拠は、外国の大陸では何百 km も続く断層（たとえば、米国カリフォルニアのサンアンドレアス断層など）があるが、我が国の内陸では日本列島の生い立ち(構造)から見て、80km が断層の長さの限界ということにある。
- ・日本の内陸部で地震が起こるとすれば活断層であり、国内の長さ 20km (M7) 以上の活断層 110 を選定して分析した。八ッ場の近くには、断層の延長線上ではないが、関東平野北西縁断層帯が近くにあり、これが 80km であり M8.0 となる。内陸地震で M8.0 は 1891 年の濃尾地震と同じで最大クラスである。
- ・また、長野県側にある信濃川断層帯、糸魚川ー静岡構造線断層も含めると、近くに三つの活断層がある。滅多に起こらないがこれら三つの活断層がそれぞれ動いた場合の想定をすることが教訓を踏まえたことになるのではないか。
- ・木造建築物は 1~2 秒の周期の地震動が危険であり、キラーパルスと言われているが、地震による被害は、地震動は大きさだけではなく周期が大きな要素である。だから、動的解析が必要である。
- ・関東平野北西縁断層帯は 5 千年ぐらい前に地震が発生しているようで、地震の発生周期 1 万 3 千年から 3 万年なので、30 年以内の発生確率は、ほぼ 0%~0.008%と小さいが、稀でも起こらないことはない。科学的には立て続けに起きる可能性も否定できないため、この断層が動くことを想定した対応が必要である。
- ・地震については、岩が壊れずにエネルギーをため込めるには限界がある。断層も 700km×300km 程度であるから、M9.5 程度が上限となる。

⑩火山噴火について

- 火山は急傾斜で標高が高いので山体崩壊を起こしやすい条件を備えている。
- 地球の大きさに対応して災害の大きさにも限りがある筈だ。ただし、地震災害よりも火山災害の方が最大規模は大きいと考えている。
- 日本では1億年くらい前に西日本全体に被害が及ぶような、イエローストーンよりも大きな噴火があったと考えられ、こうした規模の災害では、データのバックアップを東京と大阪の二カ所にする考えでは通用しない。
- 天仁噴火は天明噴火の3倍規模であった。過去の噴火の状況から、1000年に一回程度の頻度で火山噴出物が億トンオーダーとなる噴火が起きていることになる。
- 24000年前の浅間山の噴火では山体崩壊が生じたが、土砂の位置エネルギーが運動エネルギーに変換され、非常に大きなエネルギーを持つため、堆積物調査によれば、前橋より下流まで流れ出ている。
- 浅間山の過去の災害では、1783年の天明噴火、1108年の天仁噴火、三世紀頃の噴火、24000年前の黒斑山の山体崩壊を伴う噴火がある。天明噴火は北側だけだが、天仁噴火は北側と南側の両方に火砕流が発生しており規模は天明より大きい。浅間山では24000年前の噴火が最大規模で山体崩壊を起こしており、土石流も発生して、前橋付近にみられる黒岩、赤岩といった巨礫を含む堆積物を残した。
- 天明噴火では6億 m³の噴出物があり、吾妻川には1億 m³が流れたと推定される。
- 火山噴火により堆積した火山灰は一定の水分が補給されるとモルタル状になるので、降雨を集めて水流をつくり、やや下流で浸食が始まりガリが発達する。ガリが出来ると浸食作用が更に強まり際限なく過去の堆積物や基盤にまで浸食が進み、全部土石流として流れ下る。

- ・歴史災害を調べれば分かるが、天明の浅間山噴火後、火山堆積物により河床が上昇し 100 年に渡り利根川の氾濫が多発した。ピナツボ火山の場合は 5 億 m³ の火山灰が降り、今後 300 年の影響があると言われている。仮に今後浅間山が噴火すれば、吾妻川が火山堆積物により河床上昇を起こし 100 年に渡り氾濫が多発する可能性がある。
- ・気象業務法が改正され、地震は予知できないが、火山噴火は、あいまいな予報であれば出来る状況になってきた。大きな噴火である場合、一般的に前兆現象も大きくかつ頻繁に起こることが過去 30 年間の観測から分かってきた。米国のセントヘレンズ火山の噴火では山体の膨張が顕著に確認出来たため 1～2 週間前にダムから水を抜いた模様。
- ・火山活動のピークがいつ生じるか事前に把握することは困難である。
- ・火山噴火を予知したいが、近年大きな噴火の経験が無いため、十分な時間的余裕を持って直前予知が出来るか疑問である。ただ、天明のような巨大な噴火であれば予知はできるであろうと思っている。
- ・何百年も活動していない火山で地震とかが起こっても、経験がないため噴火に繋がるかわからず、微動や地震活動の続発などよほどの前兆が無い限り住民避難までさせるのは困難である。
- ・住民に避難を呼びかける前には气象台が自治体と話をしているが、避難の呼びかけが間に合う時と間に合わない時がある。2009 年の浅間山噴火の際は避難は発生しなかったが、自治体と事前に道路規制の打合せが出来た。新燃岳 2011 年噴火には予兆がなかったので自治体への通報は事後になった。通常の間は噴火前に山体がふくらみ始める、地震が増えたり、傾斜計や伸縮計の変化等で予兆を把握できることが多い。

⑪土砂移動について

- ・地すべり地形が多く見られるところは、過去に直下型の大地震があった可能性は否定できない。活断層の調査は地震調査委員会で行っているので、その調査結果を見れば大きな活断層があるかどうかはわかる。

- ハッ場ダムの周辺で想定できる最大土塊量の想定については、空中写真の判読とボーリング結果を再度精査すれば可能である。たぶん 1 億 m^3 を越えるような地すべりはないと思われる。
- 荒砥沢の地すべりのように、地震による地すべりは、豪雨による地すべりより大きいものが多い。荒砥沢がある東北地方は 1 億 m^3 規模の地すべり地形がたくさん分布しており、丹念に地形判読すれば地すべり地形は把握することが可能である。
- 天然ダムの決壊の予測は困難である。過去の事例で集水面積と土塊量・土塊高さで決壊の関係をプロットして、天然ダムの決壊の目安を示したものはあるが、個々の天然ダムの決壊を予測することは困難である。
- バイオントダムの地すべりは予兆があった。雨による地すべりであれば、予兆の把握は可能であり、予兆を観測しながら対策を図ることは可能と考える。
- 深層崩壊についての予兆の把握は非常に難しい。縮尺の大きな航空写真で判別が可能な場合もある。大きなものであれば、斜面のひずみがかかる場合もあるが、全ての場合で把握できる訳ではない。突発的な深層崩壊や地震による地すべりについては、現時点では難しい。今後の学問的進展を待つしかない。
- 貯水池に隣接している地域における地すべりを考慮しないといけない。バイオントダムの地すべりは、事前に変状も把握していたが、こんな大規模(2.4 億 m^3)な地すべりが発生するとは想定できなかったから対策をとらなかった。ハッ場ダム周辺でもこのような大きな地すべりの可能性がないか精査が必要。
- 地震に起因する地すべりについては、特に内陸直下型地震が問題。マグニチュードは大きくないが震源が近い場合に大きな揺れが生じ地すべりが発生する。
- これまでの事例（中越地震、岩手・宮城内陸地震など内陸直下型）では、震源から 20～30km の範囲で集中的に地すべりが発生している。

- 地震による大規模地すべりを予測することについては、地震自体がどこでいつ起こるか予測不可能であり、予測は無理である。防災科研の「地すべり地形分布図」のように危ない地域をマーキングすることは可能であり、今後は、危険度を相対的に3段階程度にランク分けすることも必要と考え、研究も進めている。地震による地すべりが予測不能であっても、防災科研の「地すべり地形分布図」等を活用して、あらかじめ地域の危険度をランク分けしておくことで災害直後の対応や、事前の対応、減災に向けた危機管理対応に役立つ。また、ランク分けには保全対象物も考慮することが重要である。
- 防災科研で作られた「地すべり地形分布図」は非常に役に立つ。この分布図で地すべり地形が密になっているところは危険な地域であり、詳細な調査をしないとイケない。

⑫ダムの機能

- いざという時には八ツ場ダムは浅間山の噴出物を堆積させることができる機能を持たせることを検討するべきである。
- 上流で大規模地すべり等何らかの土砂災害が発生した場合、ダムがあれば、それを受け止めて下流に流さない機能を評価できるのではないか。中越地震できた東竹沢地区の天然ダムも、排水路を整備した後は、大きな砂防ダムの役割を果たしている。

○我が国にけるダム事故の事例¹

※Wikipedia に記載されている事例に加筆

1. 入鹿池 明治元年（1868）アースダム かんがい用
豪雨によって越流・決壊
941 人が死亡し、行方不明者多数
2. 小諸発電所第一調節池 昭和 3 年（1928） バットレスダム 発電用
監督官庁の認可なく建設
基礎地盤が不良で浸透水によって水みちが拡大し、崩壊
3. 幌内ダム 昭和 16 年（1941） 重力式コンクリートダム 発電用
監督官庁の認可なく湛水を開始し、しかも発電所が全焼したため放置
洪水時に流木によりゲートの開放ができずに越流・決壊
砂礫層を撤去せず施工した手抜き工事が主たる原因
60 人が死亡
4. 平和池 昭和 26 年（1951） アースダム かんがい用
豪雨によって越流・決壊
死者・行方不明者 75 人
5. 夜明ダム 昭和 28 年（1953） 重力式コンクリートダム 発電用
工事中に大雨によって両岸から越流し、アバット背後の土砂が流出
なお、取り付け済みゲートの一部が電源喪失のため全開できなかったことも越流の一因になった可能性もある
当該ダムの事故が洪水を拡大させたのではないかと指摘された
6. 大正池 昭和 28 年（1953） アースダム かんがい用
下流のため池と共に越流・決壊
105 人が死亡

¹ Wikipedia 「日本のダム」 より

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AE%E3%83%80%E3%83%A0#.E6.97.A5.E6.9C.AC.E3.81.AE.E3.83.80.E3.83.A0.E4.BA.8B.E6.95.85>

7. 和知ダム 昭和 42 年 (1967) 重力式コンクリートダム 発電用
ダム完成の 1 ヶ月後、ゲートが破損・崩壊
ゲートの振動現象が問題になる
1 人が死亡

8. 藤沼貯水池 平成 23 年 (2011) アースダム かんがい用
3.11 震災により堰堤が崩壊
死者・行方不明者 8 人

○国外におけるダム事故の事例²

※Wikipedia に記載されている事例に加筆

1. サウスフォークダム 米・1889 フィルダム
豪雨によりダム堤体を貯水が越流して決壊
洪水吐きの能力不足が主因であるが、改造工事の設計・施工不良や洪水吐き
に設けた魚類流出防止用スクリーンが助長
2,200 人が死亡し史上最悪のダム事故
避難勧告を多くの住民が無視したため死者が多くなった

2. エーデルダム・メーネダム 独・1943 重力式コンクリートダム
第二次世界大戦時にイギリス空軍による空爆で破壊
1,288 人が死亡

3. マルパッセダム 仏・1959 アーチ式コンクリートダム
最初の湛水開始約 16 時間後、ダム左岸部の堤体が基礎岩盤ごと決壊
左岸の岩盤が脆弱で水圧を支えきれずに崩壊したことが判明
500 人以上が死亡

² Wikipedia「ダム」より

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%80%E3%83%A0>

4. バイオントダム 伊・1963 アーチ式コンクリートダム
最初の満水時にダム上流左岸で大規模な地すべりが発生し、貯水池に 2.4 億 m³ に及ぶ莫大な土砂が流れ込み、巨大な津波がダムを乗り越え、洪水が発生
ダム自体は決壊しなかった
2,000 人以上が死亡
湛水開始時から地すべりの兆候が明らかであったにもかかわらず、それを軽視したことや、危険な状況になっても下流住民に対し情報が提供されなかったことが問題

5. 板橋・石漫灘ダム 中・1975 フィルダム
記録的な豪雨により大小あわせて 62 箇所のダムが連鎖的に決壊
工事の欠陥と洪水吐きなどの放流設備がなかったことが原因
1,827 人が死亡

6. ティートンダム 米・1976 フィルダム
最初の湛水中に漏水が発生し、決壊
基礎地盤の止水対策が不十分であったことが原因
11 人が溺死、負傷者も数千人

7. シャディコルダム パキスタン・2005 フィルダム
豪雨で貯水池が満水位を越え、堤体を越流して決壊
遮水対策が不十分で施工不良が原因であるとほぼ断定
70 人以上が死亡

○河川堤防の被災（決壊）の事例

堤防の決壊の原因は、越水、洗掘・浸食、浸透によるものがある。

①越水による堤防の決壊

堤防の天端近くまで水位が上昇し、越水が生じると越流水によって裏のり尻部が洗掘され急速に堤防の強度が低下することから、決壊を想定すべき状況になる。実際に、過去の洪水で堤防を越水したことによる決壊の事例として、カスリーン台風の際の利根川（支川渡良瀬川等）の事例のほか、1986（昭和61）年の利根川の支川小貝川左岸（茨城県真壁郡明野町（現筑西市）赤浜地先）などがある。

②洗掘・浸食による堤防の決壊

洪水流による洗掘・浸食により決壊に至る被災の例もある。実際に、1974（昭和49）年の多摩川左岸（狛江市地先）などで生じている。

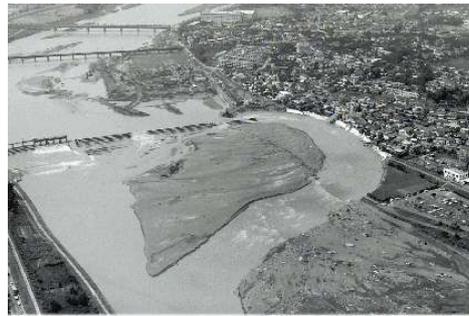


写真-1 1974多摩川左岸の決壊（写真（右）： 狛江市提供）

③浸透による堤防の決壊

長時間高い洪水位が継続し、堤体の浸透により決壊に至る被災の例もある。実際に、1976（昭和51）年の長良川右岸（岐阜県安八郡安八町大森地先）、1986（昭和61）年の小貝川右岸（茨城県結城郡石下町地先、現在の常総市）、などで生じている。



▲破堤直後、押し流される溜防車が見える（安八町提供）

写真-2 1976 長良川右岸の決壊
（写真：岐阜県安八町提供）



写真-3 1986 小貝川右岸川の決壊

○フィルダム、特にアースダムの被災の事例

国内外でダム天端からの越流によりダム堤体が損傷した事例は、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が、その事例は以下のとおりである。

大規模な被災の事例としては、1889年5月にサウスフォークダム(アメリカ、堤高22m、堤頂長284m、貯水容量2千万 m^3 のアースダム、1853年完成)では、豪雨がもたらした設計を超える洪水により天端から越水し、ダムの下流で既に3mの浸水に見舞われていたジョーンズタウンにダムの決壊による洪水をもたらした。これは史上最悪のダム事故といわれ、ダム堤体は長さ128mにわたり決壊し、約2,200名が死亡している³。

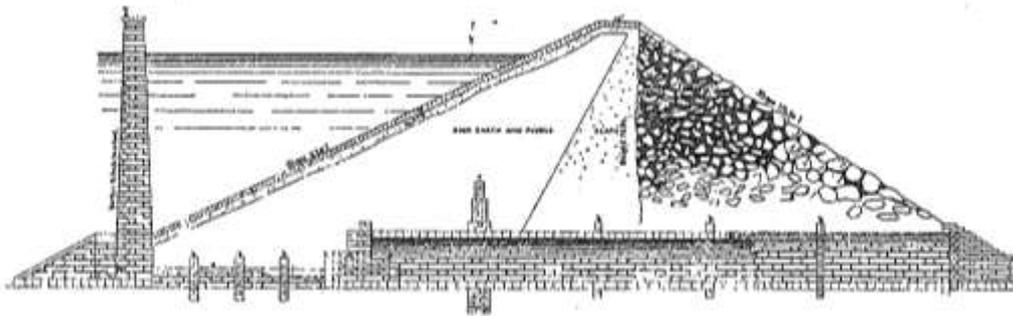


図-2 サウスフォークダム(アメリカ)の堤体の断面図

国内の事例としては、1868(明治元)年の入鹿池、1951(昭和26)年の平和池、1953(昭和28)年の大正池など多くの農業用アースダムが越流して決壊している。

³ 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

○1742 (寛保2) 年の洪水の記録

国土交通省社会資本整備審議会河川分科会 (平成23年9月) 資料1-4によると、寛保洪水における八斗島地点の流量を22,000~26,000m³/sと推定している。

〔前文〕 両方ニ馬乗ニ腰根ヲ跨キ在所ヲ離ル、耳ナラズ、何國ヘツクベキ當途モナク喚キ叫テ流ル、モアリ、カクノ如キノ大變ハマタ有ベキトモ思ハレズ、家ヲ流シ財寶ニ離レ、親ヲ失ヒ妻子ヲ沈メ泣慕ムモノ數ヲ知ラズ、馬、猫等ノ流ル、事目ニ触レテ夥シ、都テ今年ノ大水ハ四五ヶ國トハ申ナガラ別シテ武上兩國ハ古今未聞ノ大難ナリ、先ヅ武藏國大荒ノ其場所ハ西ノ府中、八王子、秩父山ノ麓ヨリ乾ノ方ヘ押廻シ、荒川ノ西縁通リ吉見領ヲ始トシテ本田、次〔惣〕賀沼、川原悪塗、熊谷、本庄筋、新町辺ヨリ眞直ニ東ノ方ヘ押流シ、忍領、駒西領、羽生領、幸手、栗橋、川辺領、扱南ハ江戸、葛西、本所、深川、浅草通リ東北ヘ見渡シテ二合半ノ在々所々、奥海道ノ道筋ハ千住ヨリ栗橋マデ十里餘リノ其間、床ナリセヌ所ナシ、ソレヨリ東南ノ内悉押流、下總、常陸、平地ノ村里都テ一面ニ渺々トシテ海上ヲ見ルニ似タリ、上州ハ西北ノ角妙義山ノ麓ヨリ碓氷(氷)川、烏川、神奈(流)川ヲ押出シ、板鼻、八幡、高崎ノ茶屋町通リ御城ノ北西ヨリ倉金(賀野)ヘ押出シ、中仙道ノ馬懸宿、玉村、芝町、御(五)料ノ御番所、又夕樺名山ノ麓ヨリ前橋、伊勢崎、福嶋御番所、在々所々ヲ押流シ、烏、神奈(流)、利根、荒川一ツニ成テ流レタリ、カク方々ノ川々一面ニ成リテ流レシカバ山里ノ隔モナク水長七八尺ヨリ二丈餘マデ増垂リ、見渡ストコロ一遍ニシテサナガラ潮ノ湧ガ如シ、先年モ洪水コレアル節ハ水計杭ニテハカリ見ルニ、大體七八合ヲ洪水ト云、十合ノ水ハ近年コレナキ所ニ今度八朔ノ大水ハ利根川ニテ十六合、堤ヲ防グ方便モナシ、如何様コレハ只事ニ非ズ、神代ヨリ以采初テノ大水ナルベシト評判アリシ事ニ候、

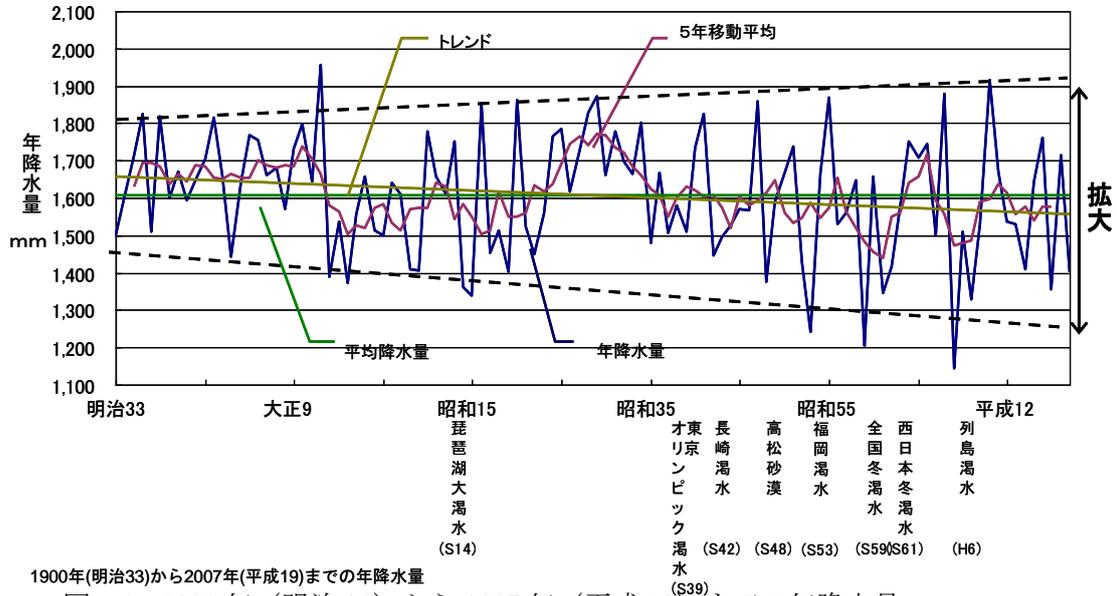
一 八月一日夜ノ八ツノコノ上利根川ノ北側ニテ武蔵島村ノ住宮下庄左衛門ト云川岸間屋ノ左右ヲ押切、直ニ岩松ヘ押掛シユヘ、青蓮寺境内水尾先ニテ忽チ七、八尺ノ深水ト成リ、庫裏、方丈、座布(敷)、寢所、床ノ上二尺五寸、土蔵ハ少シ窪地故縁ノ上三尺ノ水長也、土ノ間ハ深クシテ五尺アマリモ水入候、依之味噌、醬油ノ桶樽共其外ノ

図-3 寛保2年洪水の被害記録
(大谷貞夫著「江戸幕府治水政策史の研究」, 1996)



写真-4 青蓮寺浸水記録

○地球温暖化等の気候変動による豪雨・洪水の規模の大型化



1900年(明治33)から2007年(平成19)までの年降水量

図-4 1900年(明治33)から2007年(平成19)までの年降水量

(気象庁資料に基づき国土交通省水資源部で試算したものに水管理・国土保全局が加筆)

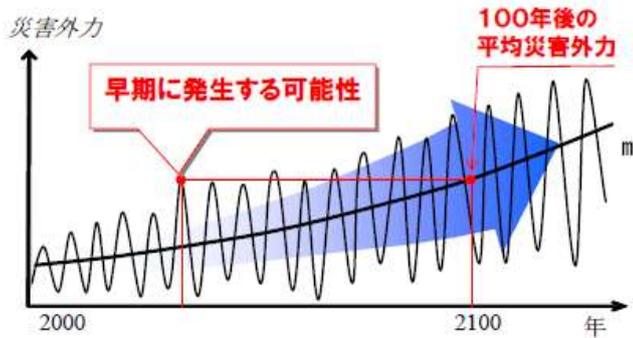


図-5 将来の外力増加のイメージ

(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)

○中央防災会議の大規模水害対策に関する専門調査会⁴

上記の専門調査会では、ハリケーンカトリーナによる高潮災害の経験や地球温暖化による豪雨の頻発等の見通しを踏まえ、利根川や荒川の洪水氾濫や東京湾の高潮氾濫による大規模な水害の発生の可能性を考慮し地震や火山と同様に大規模水害発生後の被害を最小限にとどめるための対策等が検討されている。そこでは、利根川の洪水について、現在の利根川水系の河川整備の目標流量に相当する200年に1度の発生確率（1/200）の洪水流量⁵に加えて、1/1,000の洪水流量⁶についても想定している⁷。

氾濫による被害の想定は、氾濫特性の違いにより6つのパターン（決壊箇所）を設定して検討している。最大の被害をもたらすのは、利根川右岸136km（加須市弥兵衛地先）で決壊する「首都圏広域氾濫」のパターンであり、死者数が最大になるのは、利根川左岸132km（古河市中田地先）で決壊する「古河・坂東沿川氾濫」のパターンであると試算されている。



図-6 「首都圏広域氾濫」による
浸水想定区域図

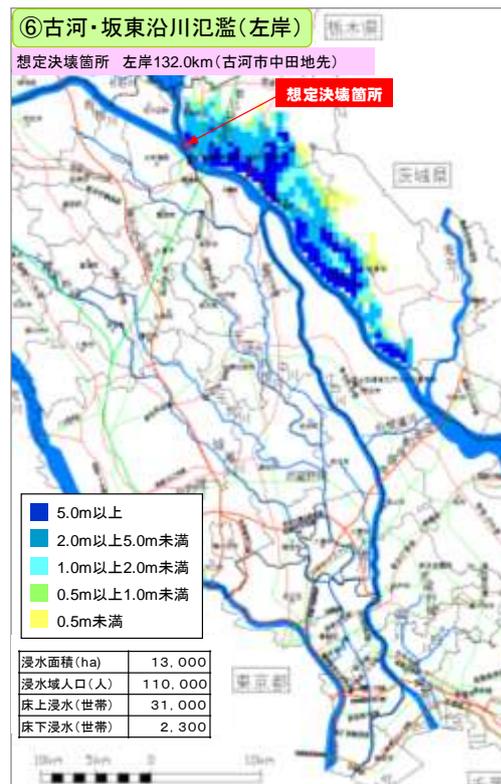


図-7 「古河・坂東沿川氾濫」による
浸水想定区域図

⁴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）

⁵流域平均雨量 約 320mm/3 日、洪水流量 約 22,000m³/s（八斗島）

⁶流域平均雨量 約 390mm/3 日、洪水流量 約 26,000m³/s（八斗島）

⁷国土交通省社会資本整備審議会河川分科会（平成 23 年 9 月）資料 1-4 では、寛保洪水における八斗島地点の流量を 22,000-26,000m³/s（八斗島）と推定している。

○群馬県とその周辺で発生した主な被害地震と活断層

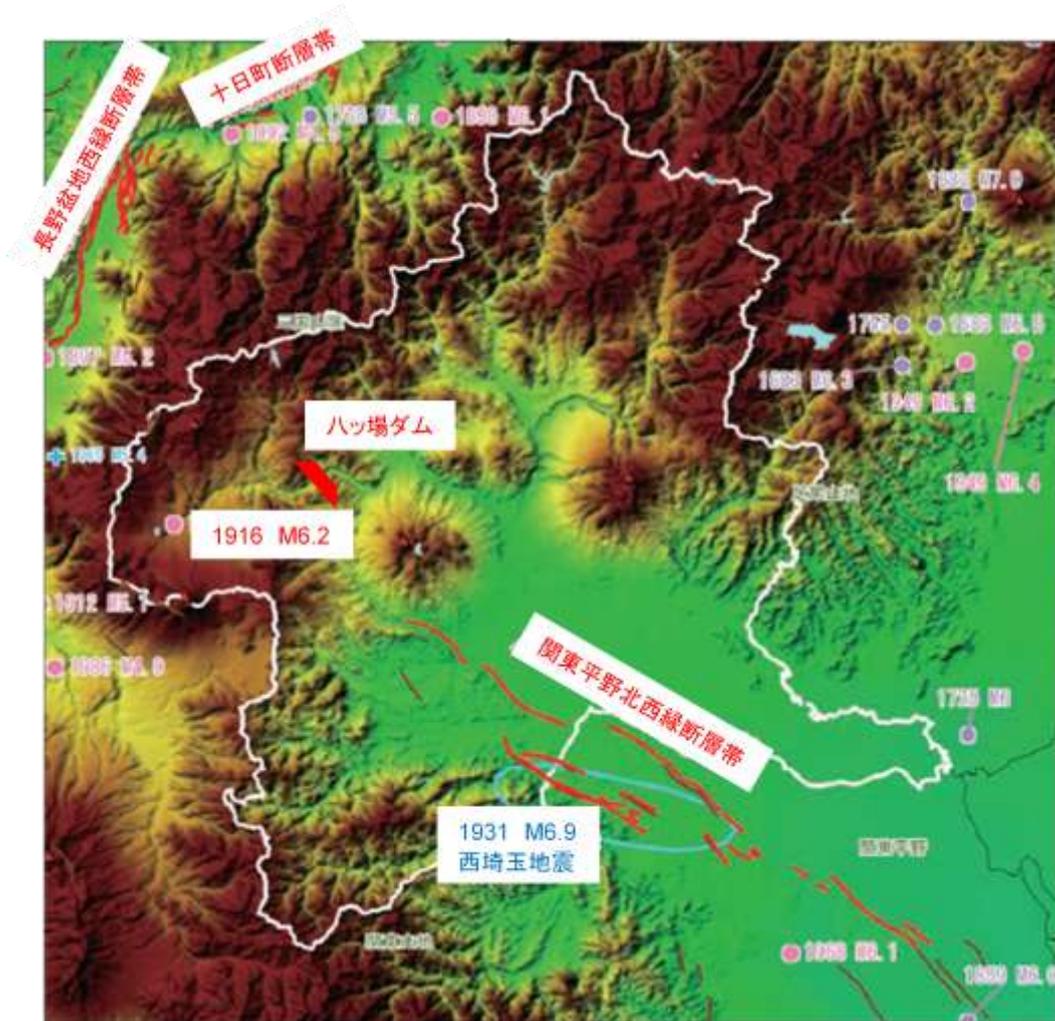


図-8:「日本の地震活動<第2版>」P168の「群馬県とその周辺で発生した主な被害地震(～2007年)」に概ねのダムの位置、断層名、地震名等を加筆したもの。



○ハツ場ダム周辺の活断層

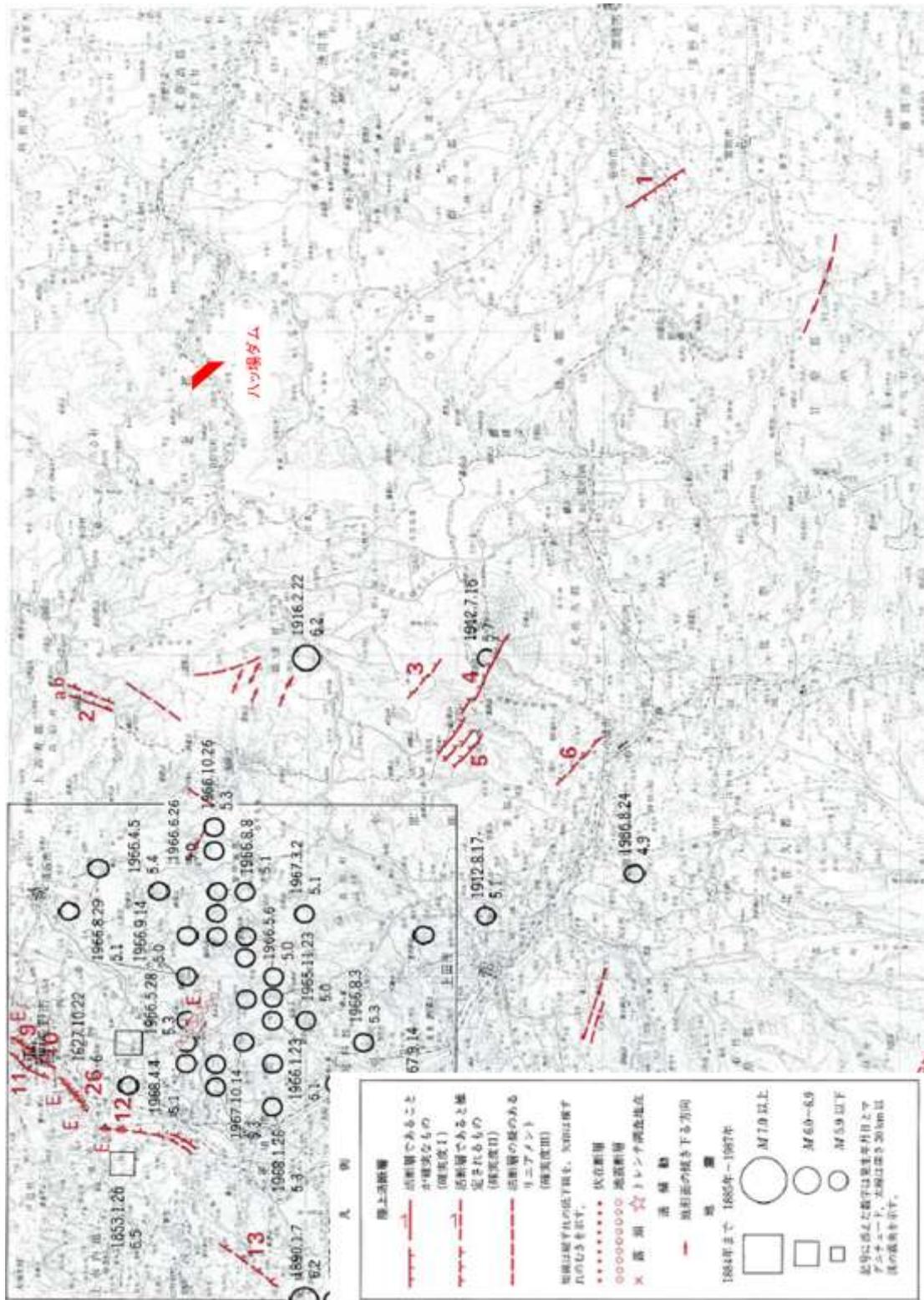


図-9:「(新編)日本の活断層 分布図と資料 59長野」に概ねのダム位置を加筆したもの。

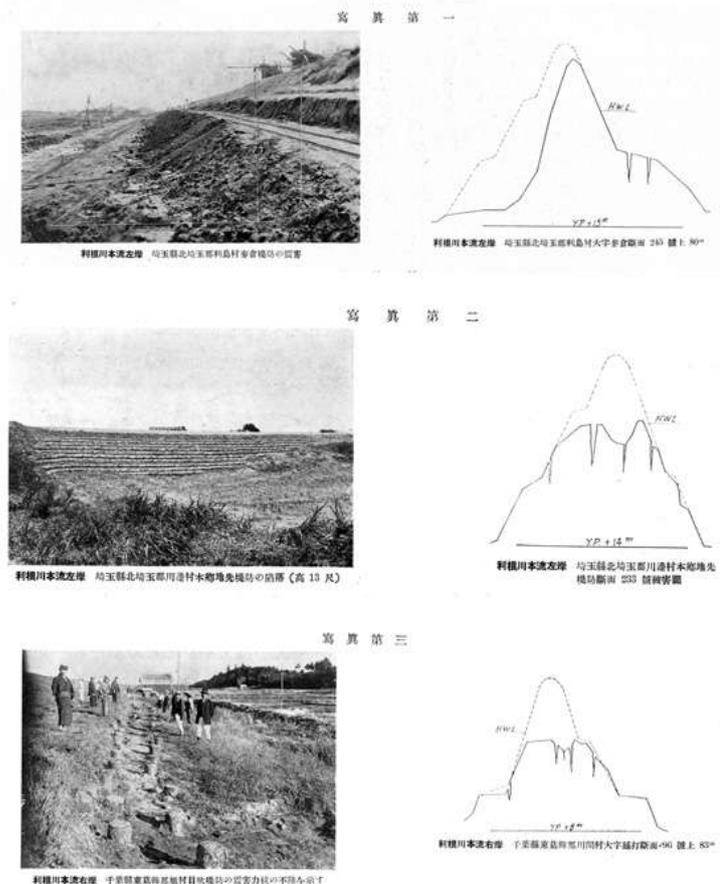
○関東地震（関東大震災）

中央防災会議の「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、死者数は 10 万 5 千余人、住家全壊 10 万 9 千余棟、焼失 21 万 2 千余棟の被害が発生した。

この地震では、断層面から離れた中川低地及び荒川低地から東京低地につながる沖積低地（埼玉県東部から東京府東部及び東京湾沿岸）で地盤条件によって地震動が増幅し震度 6 強あるいは 7 に至る地域があるとともに、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」⁹によれば、被災河川の中で利根川の被害が最も甚大であり、そのうち堤防の被害が最も大きく、被災箇所 257 箇所、被災延長 99km、復旧に必要な土量 94.3 万 m³におよんだと記録されている。

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。



写真一5、図一10 関東地震による利根川堤防の被災状況

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 「利根川百年史」、利根川百年史編集委員会、昭和 62 年 10 月

○東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

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、死者・行方不明者 19,479 人、建物の全半壊 31 万 400 余（平成 23 年 11 月 21 日 警察庁発表）¹⁰の被害が発生した。

この地震による関東地方整備局管内の直轄河川（利根川水系、那珂川水系、久慈川水系、荒川水系）の堤防等の被災は広範囲で発生し、その箇所は 940 箇所¹¹に及ぶ（H23.10.31 現在）。このうち、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¹¹で発生した。

このような堤防被災を受け、利根川では 85.5km、小貝川では 59km、霞ヶ浦では全川において、洪水時の避難や水防活動の目安となる基準水位の見直しを実施するとともに、被災箇所の重要水防箇所に新たに 57.5km を追加している¹¹。



図－11 東北地方太平洋沖地震による利根川の堤防等の被災状況



写真－6 東北地方太平洋沖地震による利根川水系江戸川の堤防の被災状況

¹⁰ 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置、警察庁緊急災害警備本部発表、平成 23 年 11 月 21 日

¹¹ 「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

○濃尾地震

中央防災会議の「1891 濃尾地震報告書」¹²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り、岐阜県・愛知県を中心に死者 7,273 人、全壊家屋 14 万 2,177 戸と記録されている。

この地震による堤防壊裂等の被災は、岐阜県内の大河と小川を合わせて約 750km におよび、木曾・長良・揖斐三川の幹川長の総計約 514km 以上となる被害が報告されている。これに、愛知県の約 340km を加えると、堤防が地震によって壊滅的な被害を受けたことになる。

堤防被害は震源地に近い濃尾平野の西部に集中しており、これは、もともと木曾三川が縦横無尽に流れ、そこに堤防を築き集落ができた低地であることも影響していると考えられる。また、濃尾地震における液状化地域の分布は濃尾平野に集中しており、これは、濃尾平野が河川の運搬した土砂の堆積によってできた沖積平野で、震源に近いため揺れが大きかったことによる。

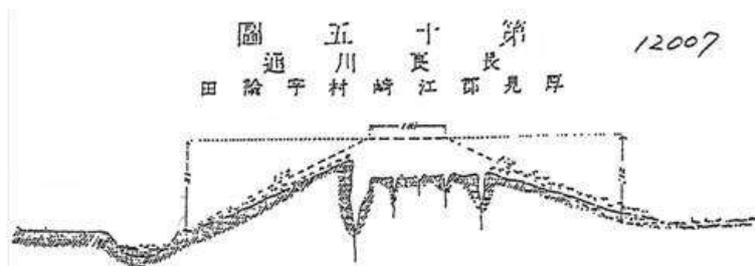
同報告書では、沖積平野である軟弱な地盤の液状化は歴史時代から記録され、これらは地震時の揺れと同時に液状化が起り、堤防の側方流動などの災害となる現象が発生することを意味しているとされている。



写真一七 木曾川堤防の壊裂
(岐阜地方気象台所蔵)



写真一八 長良川堤防の壊裂
(Milne&Burton.W.K, The great earthquake in Japan,1891)



図一十二 濃尾地震による長良川堤防の被災状況

¹² 「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

○大規模な地震による国内のダムの被災状況

(写真)

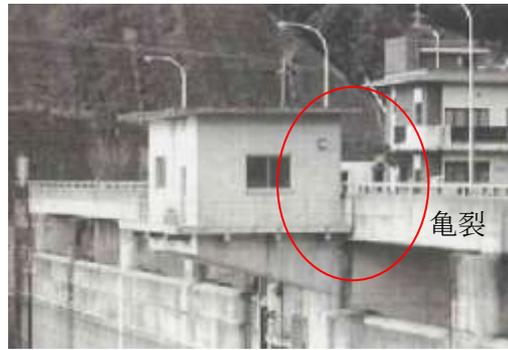


写真-9 賀祥ダムとその被災状況



写真-10 荒砥沢ダムの被災状況



写真-11 石淵ダムの被災状況



写真-12 藤沼貯水池の決壊状況

(1937年(昭和12年)着工、戦時中断を経て1949年に完成した灌漑用ため池)

表-1 大規模な地震による国内のダムの被災の状況

	ダム名	ダム形式	完成年	地震発生年月日		基盤の最大加速度 (gal)	被災の状況	参考文献
				堤高 (m) 堤頂長 (m) 総貯水量(百万m ³)	地震M 距離 (km)			
国内	賀祥	重力	1988	46.4 174 7.45	鳥取県西部地震 2000.10.6 M7.3 震央距離4	531gal (堤頂部約2,000gal)	(堤体) ・被害なし (関連構造物) ・予備ゲート室の壁面等に一部亀裂	① ⑫
	荒砥沢	ロックフィル	1998	74.4m 413.7m 3.048	岩手・宮城内陸地震 2008.6.14 M7.2 震央距離16	1,024gal (上下流) 899gal (ダム軸) 691gal (鉛直) (堤頂部525gal)	(堤体) ・天端に鉛直沈下量198mm、上流側に43mm、 ダム軸方向に60mmの堤体変形 ・層別沈下計の管が天端に突出	⑦
	石淵	CFRD	1953	53m 345m 16.15	岩手・宮城内陸地震 2008.6.14 M7.2 震央距離不明	ダム下流段丘面 1,382gal (上下流) 2,097gal (ダム軸) 1,748gal (鉛直) (堤頂部2,070gal)	(堤体) ・天端のうねり ・天端舗装クラックの発生 ・堤体左右岸の土砂崩れ ・コンクリート遮水壁は継目部における損傷やずれは確認されず	⑦
	藤沼貯水池	7-S	1949	18.5m 133m 1.5004	東北地方太平洋沖地震 2011.3.11 M9.0 震央距離不明	不明	(堤体) ・本堤決壊 ・鞍部堰堤が上流にすべり変形	④

○大規模な地震による国外のダムの被災状況

1925年のアメリカ合衆国で発生したサンタバーバラ地震では、シェフィールドダム（1917年完成、アースダム）で基盤加速度0.25Gが推定されている。この地震により、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。

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。

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、Lowerサンフェルナンドダム（1918年完成、水締め式フィルダム）で基盤加速度0.5Gが推定されている。堤体のほとんどの上流面斜面は滑り落ち、天端の幅9m部分は沈下して貯水池内に落ちた。残存した天端線と水面までは1.5mしかなく、残存した天端にはダム軸方向に深いひび割れ等が多数発生した。

また、同じ地震によりパコイマダム（1929年完成、アーチ式コンクリートダム）では基盤加速度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。

1990年のフィリピン共和国で発生したバギオ大地震では、Masiwayダム（1977年完成、アースダム）で基盤加速度0.65Gが推定されている。堤体の被災としては、液状化により上流側シェルが水平に2m移動、1m沈下し、上下流面にダム軸方向に亀裂が発生した。また、同じ地震によりAmbuklaoダム（1955年完成、ロックフィルダム）、Bingaダム（1959年完成、ロックフィルダム）でも損傷が見られている。

1999年の台湾で発生した台湾集集地震では、石岡^{シーカン}ダム（1977年完成、重力式ダム<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。

(写真)



写真-13 シェフィールドダムの決壊状況
(カリフォルニア水資源局提供)

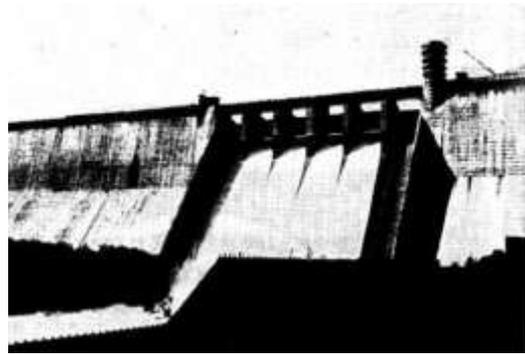


写真-14 コイナダム



写真-15 Lower サフォードダムの被災状況



写真-16 パコイマダム

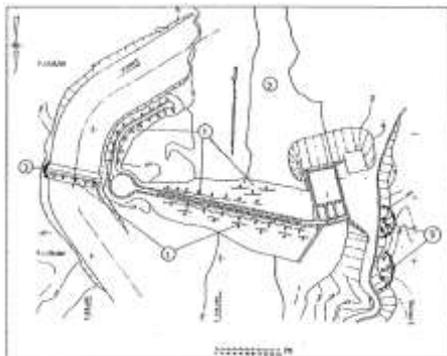


図-13 Masiway ダムの被災状況



写真-17 石岡ダムの被災状況

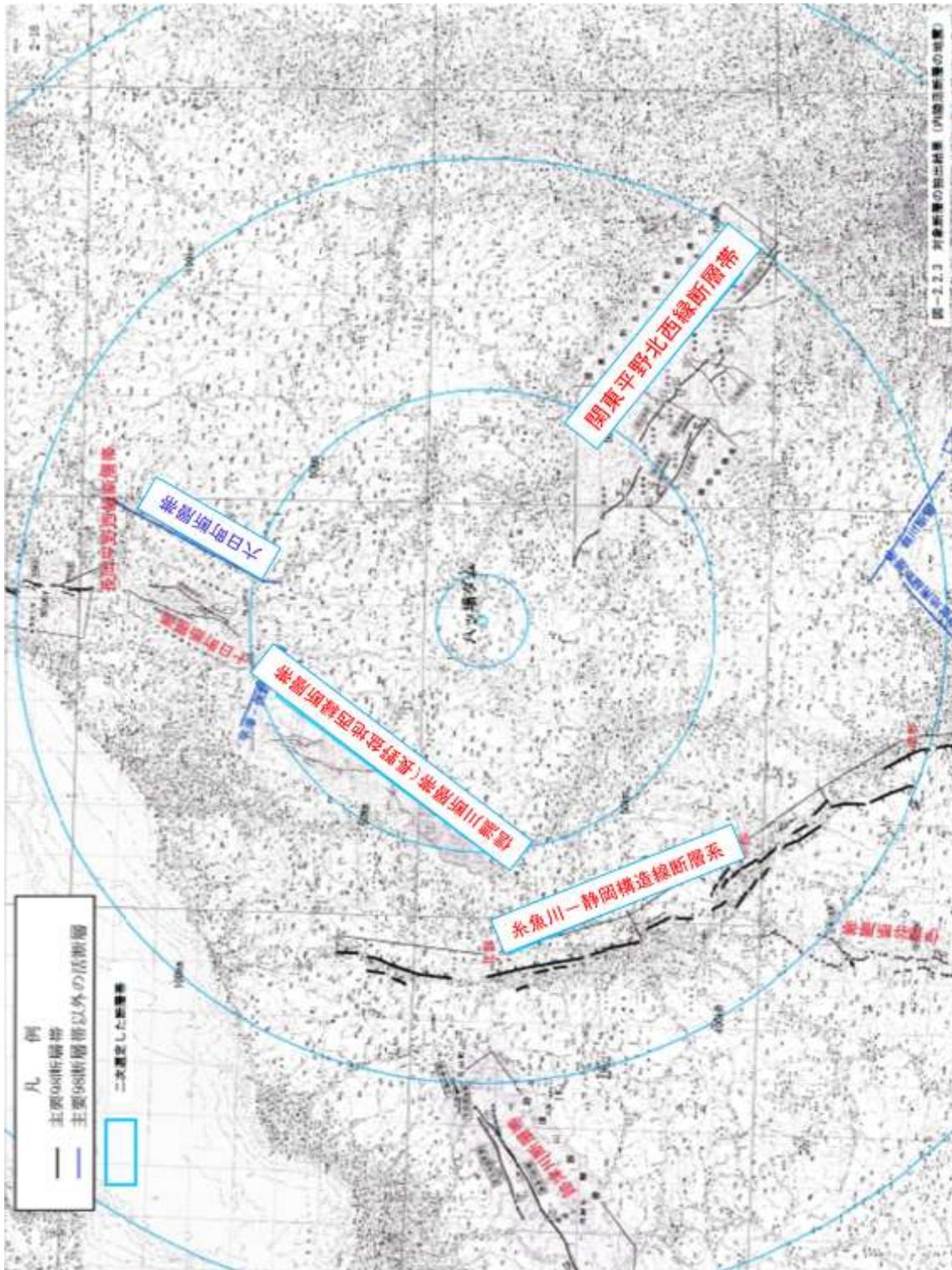
表-2 大規模な地震による国外のダムの被災の状況

	ダム名	ダム形式	完成年	堤高 (m) 堤頂長 (m) 総貯水量 (百万m3)	地震発生年月日 地震M 距離 (km)	基盤の最大加速度 (gal)	被災の状況	参考文献
国外	シェフィールド (アメリカ合衆国)	アース	1917	7.6 219 不明	サンタバーバラ地震 1925.6.29 M6.3 震央距離11	0.25G(推定)	(堤体) ・中心部で長さ90mの堤体が約30m下流に滑动 (11.4万m3の貯水流出) ・下流のサンタバーバラ市は水深約60cmの洪水(洪水による死者なし)	① ⑥
	コイナ (インド)	重力	1964	103 805 2797	コイナ地震 1967.12.11 M6.5 震央距離13	0.63G(ダム軸) 0.49G(上下流) 0.34G(鉛直) ※基礎から10m上部監査廊	(堤体) ・断面変化部に水平クラック発生、下流面漏水 ・堤体中樑高部及び基礎部のギャラリーにクラック発生、基礎部の漏水量が2倍に増加 ・ブロック間の継目開口	① ② ⑤ ⑩
	Lower サンフォルナム (Van Norman) (アメリカ合衆国)	水締め式 フィル	1918 (改修1930)	50 560 14.8	サンフェルナンド地震 1971.2.9 M6.5 震央距離11.2	0.5G(推定)	(堤体) ・堤体の全上流面斜面は滑り落ち、天端の幅9m部分は沈下して貯水池内に落ちた。 ・残存した天端線と水面までは1.5mしかなく、残存した天端には、ダム軸方向に深いひび割れ等が多数存在	① ⑥
	パコイマ (アメリカ合衆国)	アーチ	1929	111 195 11.4	サンフェルナンド地震 1971.2.9 M6.5 震央距離5.0	0.7G(推定)	(堤体) ・堤体に被害なし ・弦長が2.5cm短縮、左右岸高低差3.8cm発生 ・スラストブロック亀裂発生	① ② ⑤
	Sefid Rud (イラン・イスラム 共和国)	ハットレス	1961 (改修1990)	106 417 1.7	Manjil-Rudbar地震 1990.6.21 M7.7 震央距離7.3	0.7G(推定)	(堤体) ・下流面勾配変化点で水平クラック発生、漏水あり。底部監査廊内漏水増加 (関連構造物) ・天端にあったguard houseが崩壊、落下 ・洪水吐ゲートの小被害(脚柱の座屈によってズレが生じ漏水発生)	① ⑩
	Masiway (フィリピン共和国)	アース	1977	25 430 5	バギオ大地震 1990.7.16 M7.7 断層距離5	0.65G(推定)	(堤体) ・液状化により、上流側シェルが水平に2m移動、沈下1m ・上下流面にダム軸方向亀裂 ・洪水吐きヒューズプラグに10cm幅の亀裂	①
	Ambuklao (フィリピン共和国)	ロックフィル	1955	131 426 313	バギオ大地震 1990.7.16 M7.7 断層距離10	0.60~0.65G (推定)	(堤体) ・約1mの水平変位、1.1m沈下 ・洪水吐き隣接部のフィル堤体に穴 ・洪水吐き継目50cm開口	①
	Binga (フィリピン共和国)	ロックフィル	1959	92 215 110	バギオ大地震 1990.7.16 M7.7 断層距離15	0.60G(推定)	(堤体) ・天端で100m長、最大幅30cmのダム軸方向亀裂 ・天端で上下流横断方向亀裂 (関連構造物) ・洪水吐きにあるピア等でコンクリート剥離 ・洪水吐ゲート1門操作不能	①
	Bear Valley (アメリカ合衆国)	マルチプル アーチダム	1911 (改修1988)	24 110 91	Big Bear地震 1992.6.29 M6.6 震央距離14.5	不明 (近傍) 0.57G(水平) 0.21G(鉛直)	(堤体) ・被害なし (関連構造物) ・ダム天端道路橋の桁のわずかなずれ	⑫
	石岡(ツルカ) (台湾)	重力 <大型堰>	1977	25 357 2.7	台湾集集地震 1999.9.21 M7.6 直下	不明 (近傍) 0.51G(水平) 0.53G(鉛直)	(堤体) ・ダム本体の右岸側には約7.6mの段差が生じ、堤体の一部が倒壊したため、ほとんどの貯水流出(270万m3) (関連構造物) ・樋管1つ、ゲート5つが操作不能	⑧ ⑨ ⑩ ⑫
	紫坪壩 (中華人民 共和国)	CFRD	2006	156 664 1112	ブン川(四川)地震 2008.5.12 M8.0 震央距離17	0.5G(推定)	(堤体) ・ダム天端で76cm沈下 ・天端で水平方向60cm移動 ・洪水吐きに対してロック部が15~20cm相対沈下 (関連構造物) ・洪水吐きゲート操作室建屋に大きな損傷	③ ⑬ ⑭

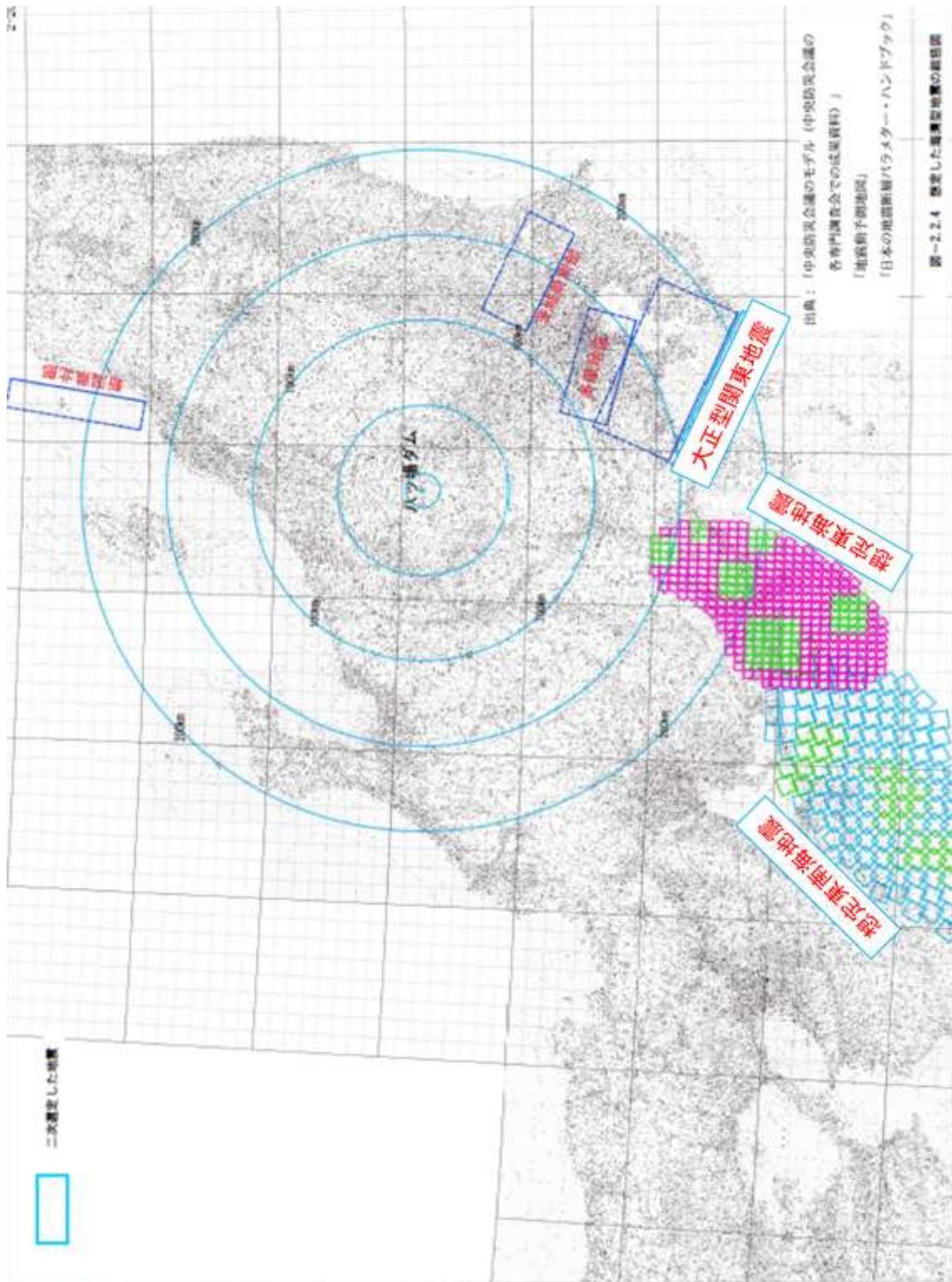
○表—1,2 の参考文献名

- ①Design Features of Dams to Resist Seismic Ground Motion,
ICOLD Bulletin 120, 2001
- ②震害からみたダムの耐震性について, ダム技術, Vol.1-2,
- ③直下地震の直撃を受けたダムの事例, ダム技術, No285,2010
- ④東北地方太平洋沖地震のダムへの影響, ダム技術, No296, 2011
- ⑤多目的ダムの建設 第4巻, 財団法人ダム技術センター, 2005
- ⑥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
- ⑦2008年岩手・宮城内陸地震によるダムの被害(速報),
ダム工学, 18(1) 2008
- ⑧台湾地震と石岡ダムの被害について(速報), 大ダム, No.171, 2000
- ⑨1999年台湾集集地震によるダムの被害について, ダム工学 10(2), 2000
- ⑩EARTHQUAKE RESILIENCY OF LARGE CONCRETE DAMS,
ICOLD21st Congress, Vol.III, 2003
- ⑪既設ダムの耐震性能評価法の現状と課題, 大ダム, No.180, 2002
- ⑫Lessons learned from the earthquake performance of concrete dams,
International Water Power and Dam Construction, 2011
- ⑬Performance of Zipingpu CFRD during the strong earthquake,
Current Activities Dam Construction in china, 2009
- ⑭2008年ブン川地震のダムへの影響, 大ダム, No.208, 2009

○ハッ場ダムの耐震性能照査の対象とした想定地震（内陸型地震） 図-14



○ハツ場ダムの耐震性能照査の対象とした想定地震（海溝型地震） 図-15



○日本の活火山分布（関東・中部地方）と、草津白根山の火山防災マップ

浅間山：ランクA（100年活動度又は1万年活動度が特に高い活火山）の13火山の一つ。

草津白根山：ランクB（100年活動度又は1万年活動度が高い活火山）の36火山の一つ。

気象庁ホームページによれば、明らかな噴火活動は1882（明治15）年から記載されており、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。

1983（昭和58）年11月の噴火では、人頭大の噴石を600～700mの範囲に放出、降灰は渋川まで達したという記録がある。

草津町などでは、草津白根山の火山防災マップを公表しており、200年に1度程度の規模の噴火が発生した場合には、白砂川を泥流が流下し、吾妻川まで達する予測が示されている

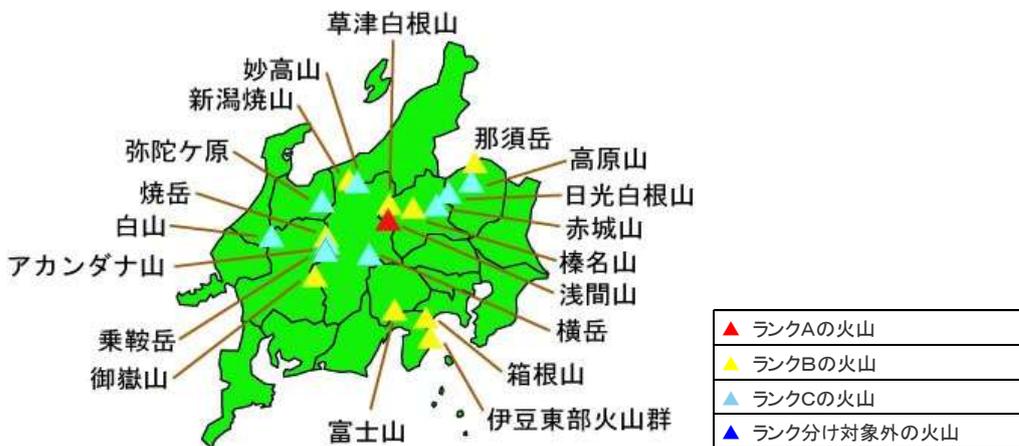


図-16 日本の活火山分布（関東・中部地方）



図-17 草津町等が公表している火山防災マップに河川名を加筆したもの。

○十勝岳噴火（大正泥流）による被災状況

十勝岳はランクAの火山の一つであり、古文書などに記録として最初に残る1857（安政4）年の噴火から、30年～40年おきに顕著な噴火を起こしてきた火山である。

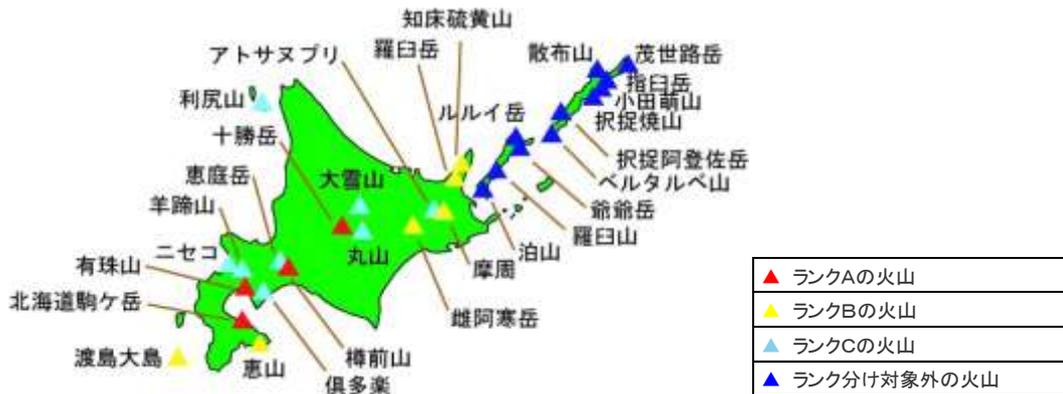


図-18 日本の活火山分布（北海道）

①噴火と被害の概要

中央防災会議の1926年十勝岳噴火報告書（以下「十勝岳報告書」という。）¹³によれば、1923年に噴気活動が次第に激しくなり、1926年5月24日に2回の噴火が起こった。2回目の噴火で、中央火口丘が崩壊して高温の岩屑なだれが発生し、急速に残雪を溶かして泥流（大正泥流）が発生した。

大正泥流は富良野川と美瑛川を流下し、25分あまりで山麓の富良野原野の開拓地に到達し、死者・行方不明者144名、建物被害372棟の災害をもたらした。

②大正泥流の流れと土砂量等

十勝岳報告書によれば、大正泥流の速度は、河口付近で秒速46m、富良野川溪谷内で秒速15.5m、富良野側平野で秒速10m程度と推定されている。

大正泥流は一次泥流と二次泥流に分けられ、一次泥流が海拔1000m近くで山体斜面の傾斜がやや緩くなって流速が減じ、岩塊などの大部分を堆積物として置き去ったことで、二次泥流は極めて流動性の高い泥流となって流下したと考えられている。

泥流は、美瑛川と富良野川の2方向に分流して流下し、上富良野盆地に流入するなど、上富良野平野と美瑛の耕地などに堆積した泥土は300万m³と

¹³ 「1926十勝岳噴火報告書」、中央防災会議「災害教訓の継承に関する専門調査会」、平成19年3月

されている。美瑛川では数カ所で堤防が破壊され、富良野川沿いの中富良野村では流木による堰止めで 8 つの橋梁が破壊される等の被害が発生している。

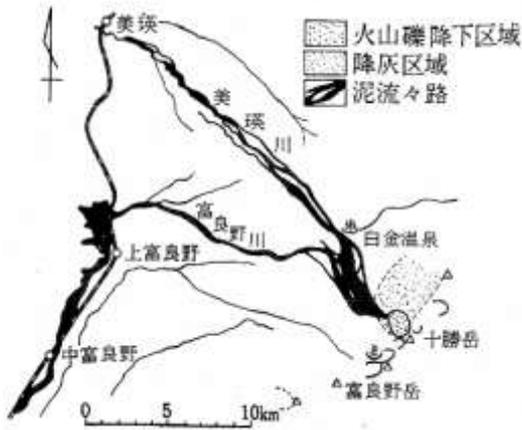


図-19 大正泥流の流路
(多田・津屋,1927)

写真-18 上富良野開拓地での泥流被害の状況
(上富良野町郷土館刊)

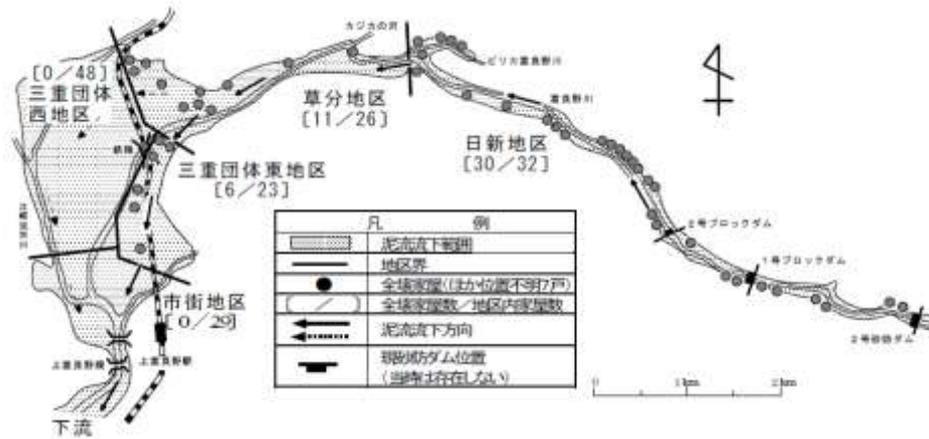


図-20 泥流流下範囲と聞き取り調査による全壊家屋の位置 (南里ほか,2004)

○ネバドデルルス火山噴火による被災状況

十勝岳報告書によれば、コロンビアにあるネバドデルルス火山が1985年11月に噴火し、火砕流が流れ出したことで山頂氷河を溶かし泥流が発生した。泥流は3水系に流入し、下流のアルメロ、マリキータ、チンチナの町が泥流で破壊された。泥流による被害は死者・行方不明者2万3,000人余、負傷者5,485人、崩壊家屋5,680戸と甚大である。

コロンビア国立地質鉱山研究所は、噴火が本格化する1ヶ月前に、火山が本格的な活動に入った場合を想定し、降灰・火砕流・泥流などの危険域を図示したハザードマップと解説書を作成し、関係機関・市町村に配布していた。

このハザードマップの予測はほぼ的中し、実際の泥流がハザードマップどおりに流下したため、甚大な被害が発生した。

この災害により、火山防災ではハザードマップの作成が不可欠であること、ハザードマップを作成しても行政・住民に理解されて防災対応ができなければ重大な悲劇を招くという教訓を残した。

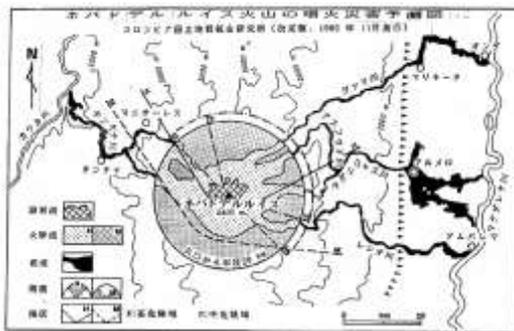


図-21 ネバドデルルス火山ハザードマップ
(INGEOMINAS,1985)

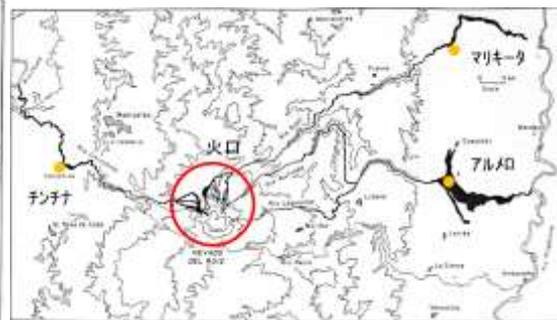


図-22 1985年噴火での泥流発生実績
(Sigurdsson and Carey,1986)



写真-19 泥流とアルメロの中心街(1985年12月勝井義雄撮影)

○砂防堰堤の土石流突入後の状況

1997(平成 9)年 7 月に鹿児島県出水市で発生した土石流により、工事中の針原川砂防堰堤が土石流の直撃を受け、堰堤を越流し住家まで達した。

この土石流で堰堤の右岸側袖の一部を破損したが、堰堤に重大な損傷は生じなかった。



写真一20 針原川砂防堰堤の被災状況

2003(平成 15)年 7 月に福岡県太宰府市で発生した土石流により、御笠川水系の太宰府原川の砂防堰堤が土石流の直撃を受け、堰堤を越流し住家まで達した。この土石流で堰堤の右岸側の袖部の一部を破損したが、堰堤に重大な損傷は生じなかった。



写真一21 砂防堰堤の被災状況

2010年(平成22年)7月に鹿児島県肝属郡南大隅町で発生した土石流により、船石川本川の1号堰堤及び右支川の2号堰堤が7度にわたり土石流の直撃を受けた。

土石流は第4波以降、一部が1号堰堤を越流し、泥水が下流の国道269号付近まで達したが、両堰堤には重大な損傷は生じなかった。



写真-22 1号砂防堰堤



写真-23 2号砂防堰堤

○利根川流域における大規模な土砂移動の記録

利根川流域で過去に発生した大規模な土砂移動としては、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}の崩壊の事例がある。これによって鬼怒川上流の男鹿川に大規模な天然ダム（河道閉塞）が形成され、湛水量はおよそ 6,400 万 m³ 達している。1723（享保 8）年の豪雨によってこの天然ダムが決壊し、その洪水は 50km 下流の宇都宮市付近にまで及び、死者が 1,000 名を超える被害が発生している。

これ以外にも、日光の大谷川^{だいやがわ}上流では、1662（寛文 2）年 7 月の豪雨に伴いおよそ 400 万 m³ の大規模な土砂移動が発生している。大谷川と稲荷川で大規模な洪水が発生し、さらに赤薙山からは巨礫が流れ出して、下流のおよそ 300 戸の集落が押し流され、死者 140 名とも 300 名ともいわれる被害が発生している。

また、神流川の上流域の藤岡市讓原地区は、地質的に脆弱であることに加え豪雨などの影響により地すべりが発生しやすい地形であり、その移動土砂量は 2,000 万 m³ に及ぶことから、1995（平成 7）年より地すべり対策が実施されている。

○国内外で発生した大規模な土砂移動の事例

①地震に伴う大規模な土砂移動

飛越地震（1858年、M7）に伴い、常願寺川の源流部で「^{とんび}鳶崩れ」と呼ばれる大規模な土砂移動が発生している。発生土砂量はおよそ 1.3 億 m³ に及び、3,800 万 m³ の天然ダムが形成された。天然ダムは 14 日後と 59 日後に決壊し、全体で死者が 140 名に及ぶ被害が発生している。

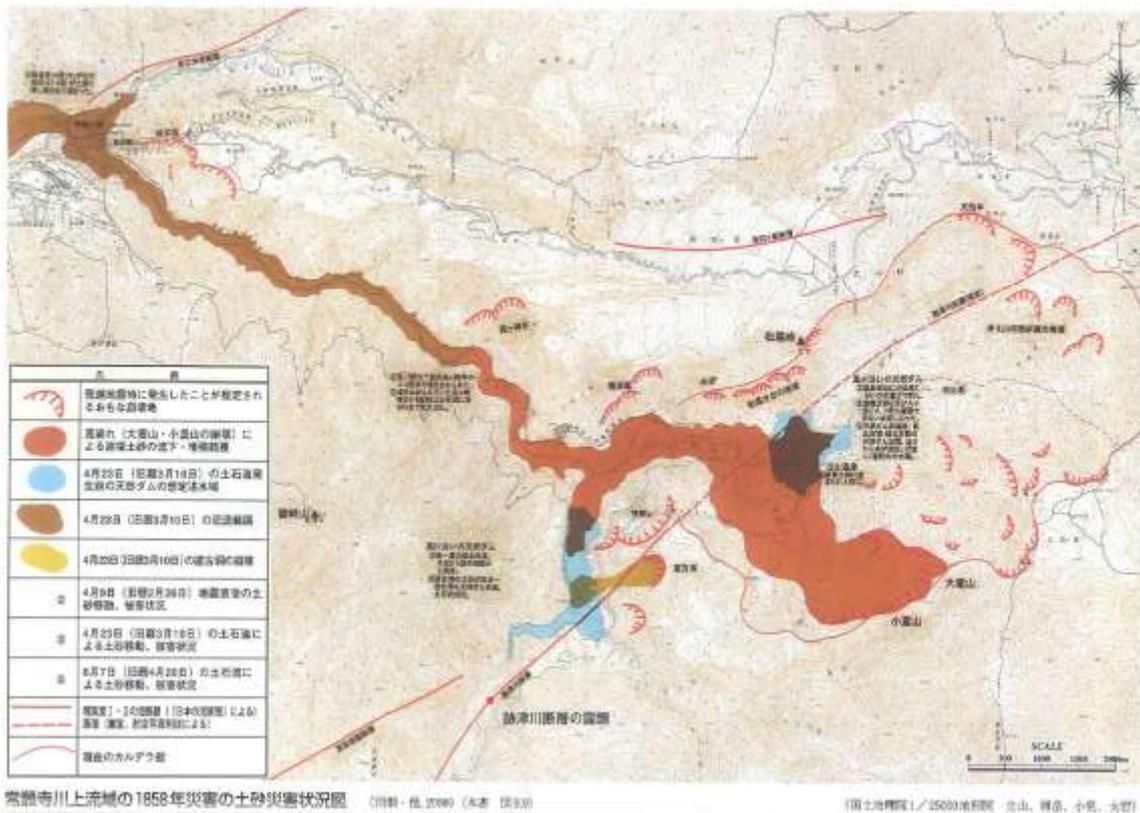


図-23 飛越地震に伴う立山での大規模な土砂移動「鳶崩れ」

善光寺地震（1847（弘化4）年、M7.4）に伴い大規模な土砂移動が多数発生している。犀川上流部の岩倉山では土砂量が2,000万 m^3 を超える土砂移動が発生し、河道閉塞によりおよそ3.5億 m^3 に達する天然ダムが形成された。天然ダムは19日後に決壊して高さおよそ20mの段波として下流の善光寺平を襲い多大な被害をもたらしている。

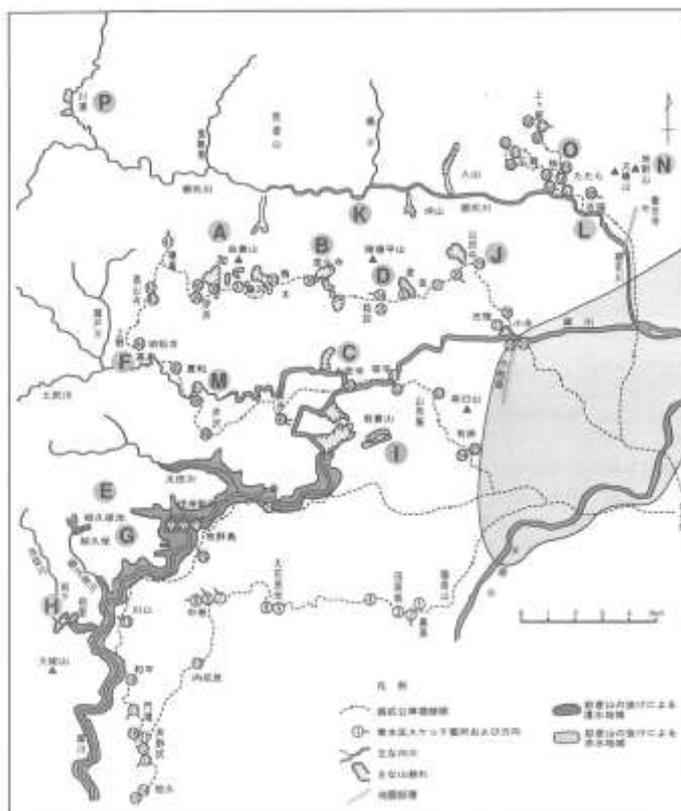


図24 善光寺スキャップ崩壊図（東北大学防災研究グループ、1994、一部改定）

図-24 善光寺地震に伴う大規模な土砂移動

このほか、近年では、1999（平成11）年の集集地震（台湾）、2008（平成20）年ブン川（四川）地震（中国）において1億 m^3 規模の大規模な土砂移動の発生や天然ダムの形成が確認されている。

②豪雨に伴う大規模な土砂移動

2009年に台湾・小林村では、総雨量2,884mm、3日間雨量2,748mmに及ぶ豪雨に見舞われ大規模な土砂移動が発生している。発生土砂量は約2,000万 m^3 で、村落上部の斜面（長さ約2.5km、最大幅約800m）が崩壊し村落を直撃している。また、崩壊した土砂により河道が閉塞し、高さおよそ50mの天然ダムが形成され、その約40分後に決壊、全体で死者・行方不明者約450名の被害が発生している。

③原因不明の大規模な土砂移動

1911（明治44）年8月に発生した稗田山崩れひえだやまの事例では、姫川の支川浦川の上流の稗田山が崩壊し、姫川合流点に大規模な天然ダム（河道閉塞）が形成され、その埋没土砂量は、およそ190万 m^3 に及んでいる。その天然ダムは3回決壊しているが、最も規模が大きな1回目の決壊では、およそ1,600万 m^3 まで湛水した水量の大部分が流出し、下流の下里瀬集落くだりせの大半（約50戸）を水没させ、死者23名の被害を発生している。また、1年後の3回目の決壊では、姫川の河口まで約30kmの区間に大きな被害をもたらし、姫川の河床をおよそ20-30m上昇くるま（来馬集落付近）させている。

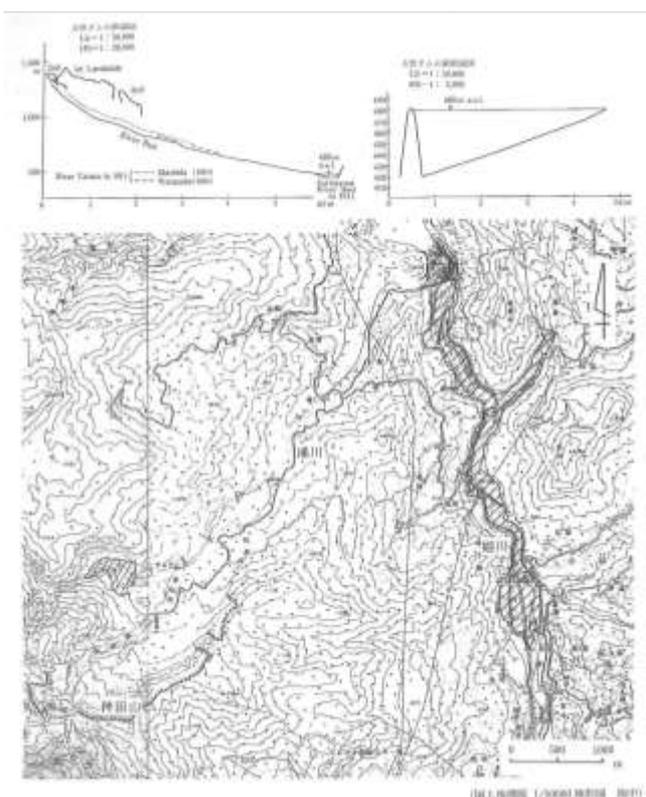


図-25 引き金となった事象が不明の大規模な土砂移動「稗田山崩れ」