

大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方について

（提言）

平成21年3月

大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理に関する検討委員会

目次

大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方について（提言）

1. はじめに

2. これまでに発生した天然ダムとその対策の現状と課題

3. 天然ダムの危機管理のあり方

4. おわりに

大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方について（提言）

1. はじめに

平成20年岩手・宮城内陸地震では、河道閉塞（天然ダム）（以下「天然ダム」という。）が数多く、また縦列的に形成された。国土交通省は、岩手・宮城両県知事等の要請を受け、直轄砂防災害関連緊急事業として、天然ダム対策に着手し、それまで直轄砂防事業を実施していない区域において、緊急的に天然ダム対策を講ずることとなった。

平成16年の新潟県中越地震における旧山古志村の芋川流域など、国内ではこれまで数多くの大規模な天然ダムが形成されており、これらの中には昭和28年和歌山県有田川の事例のように、決壊により地域に壊滅的な被害をもたらした例も少なくない。

平成20年5月に発生した中国・四川大地震においても発災後に30を超す天然ダムが形成され、多くの住民が避難し、その対策工事を含め、マスコミにより日本国内でも報道され大きな社会的関心事となった。

天然ダムの形成は、毎年頻発する土石流、地すべり、がけ崩れ等の土砂災害と比較し、頻度は高くないものの、一度形成されると想定される被害から大きな不安を伴うものであり、社会的に影響が大きいことから、適切に危機管理を実施しなければならない。天然ダムを含む大規模土砂災害に対する危機管理については、近年、「大規模な土砂災害に対する危機管理のあり方について」（平成19年3月）の提言がなされており、国土交通省緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）（以下「TEC-FORCE」という。）の設置、「大規模土砂災害危機管理計画」の策定などの取組が進められてきた。天然ダムに関し、これら近年実施された調査・工事等の成果の一部は岩手・宮城内陸地震時の対応に活用されてきたが、さらにこの地震による経験を基に、引き続き、国土交通省として実施すべき事項について検証しておく必要がある。

本委員会では、平成20年岩手・宮城内陸地震などで得られた多くの教訓を踏まえ、今後、国内において大規模な天然ダムが複数形成される事態に備え、危機管理を行うために必要な事項を検討し、提言を行うものである。

なお、「天然ダム」とは土砂などによって河川・溪流が堰き止められることにより形成された地形をいい、過去の研究論文等のもとより、河川砂防技術基準（案）なども含め、学術用語として広く用いられているものである。一方で、平成16年の新潟県中越地震では、「天然という語は美しい印象を与え、悲惨な現地の状況や被災者の心情にそぐわない」との理由から国土交通省においても「天然ダム」から「河道閉塞」に表現を改めた経緯がある。なお、これ以降、報道等でも「震災ダム」、「土砂崩れダム」といった発生原因に由来する呼称や、堰水部分を指す「堰き止め湖」などの呼び名が用いられている。本委員会では、「河道閉塞」のみでは堰水及びその決壊のリスクが伝わりにくいことから、混乱を避けるため「天然ダム」を主として用いることとした。これは他の呼称を否定しようとするものではない。

また、ここでは天然ダムの「決壊」の定義として、下流に大きな被害を発生させるような河道閉塞土

塊の急激な侵食又は崩壊を引き起こす現象を指すこととした。これは越流による侵食やパイピングが生じた現象であることが必ずしも災害を引き起こすと限らないことから、これらの現象と「決壊」を区別するものである。

2. これまでに発生した天然ダムとその対策の現状と課題

天然ダムの形成には、溪流などに流入した土砂などとともに流水の流下を規制する谷地形の存在が前提条件となる。ここに降雨や地震、火山活動などが起因となり、流水の流下を妨げうるだけの量の崩壊土砂や火山噴出物などが溪流等に流入することにより、天然ダムが形成される。我が国は、国土の7割を山地・丘陵地が占め、急峻な地形と脆弱な地質を有し、地震や火山活動も活発である上に、台風や梅雨前線等による豪雨に見舞われやすい自然条件下におかれていることから、天然ダムが形成される条件がそろっているといえる。

2-1 過去の天然ダムの事例

記録のある過去の大規模な天然ダムとしては、19世紀中頃の善光寺地震や立山鳶崩れを生じた飛越地震による天然ダムがあげられ、これらは決壊し、歴史的な大災害となった。

また、明治以降の主なものでは、十津川災害（明治22年）、稗田山崩れ（明治44年）、焼岳噴火による大正池（大正4年）、有田川災害（昭和28年）、長野県西部地震による御嶽崩れ（昭和59年）、長野県鬼無里村の天然ダム（平成9年）、新潟県中越地震による芋川流域の天然ダム（平成16年）、岩手・宮城内陸地震による天然ダム（平成20年）などがある。これらのうち、十津川や稗田山、有田川の各災害では天然ダムの決壊により広い地域に壊滅的な被害を及ぼした。

記録に残るものだけでも、過去200年間に80を超える大規模な天然ダムが形成された。全国的には2、3年に一度の頻度で発生していることとなる。

天然ダムが形成されると、もともとその場所にあった集落や道路などが被害を受けるだけでなく、河川や溪流の上流側に生じる湛水により、上流側の集落や道路を水没させ、堰き止め部が越流などにより決壊すると一気に大規模な土石流や洪水となって流下し、下流域に甚大な被害を与えることとなる。

2-2 近年の天然ダムの事例

(1) 中越地震による天然ダムとその対策

平成16年10月23日17時56分に発生した新潟県中越地震（M6.8）により芋川流域の旧山古志村東竹沢地区や寺野地区などにおいて天然ダムが形成された。天然ダムについては、新潟県においても関係市町村とともに情報収集に努めた。天然ダムの有無、位置の特定など全体の状況把握のために、国土交通省はヘリコプターからの調査や砂防の専門家による現地調査を実施した。交通網・通信網がともに被災し、天然ダムが形成されたことを地域の住民が覚知していたにもかかわらず、その情報が県に伝わるのに時間を要した。

交通網等の寸断は、住民の避難にも影響が大きく、発災後の迅速な避難や一時帰宅等も困難な状況となった。

天然ダムの越流による決壊を防止するための緊急工事は、新潟県の要請を受けて国土交通省がポンプ排水や排水路の開削等を実施することとなった。国土交通省では、新潟県の地すべり災害関連緊急事業を受託するとともに、同じ魚野川の支川の砂防事業を管内としていた事務所が一元的に対応することとなった。

緊急河道掘削までの時間的猶予や施工性を確保しつつ、より湛水位の低下を図るため、現地には全国各地から排水ポンプ等が集結され、11月上旬より中旬にかけて順次ヘリコプターにより搬入し、6 t / s e c を超える排水能力を有する態勢がとられたが、排水量の低下（排水ホースの消耗・交換、延長200 mのホースによる管路損失）や吐口側の洗掘防止などの困難な課題、さらには、陸路が断絶された状況の下でヘリコプターによる油圧式ショベルや発電機、大型ブロックなどの重量物輸送や燃料の継続的補給も試行錯誤をしつつ進められた。また、新潟県から国土交通省への直轄事業による対策の要請に8日間を要した結果、天然ダムの水位が上昇して湛水地内の橋梁が水没し、重機の渡河に台船を必要とするなどの事態も発生した。11月中旬に可能となった台船による渡河は11月下旬に完成した盛土による工事用道路の完成により解消されるに至った。

開削に当たっては、掘削に伴う地すべりの再滑動の警戒のための伸縮計の設置や、震度4以上の余震に対して工事を一時中断するなど、現場の安全を確保した。一方、豪雪地帯であったことから、融雪時の増水による決壊の懸念もあり、地震発生の10月23日以降、積雪期までの間に融雪による被害を生じない程度までの対策を終える必要があったことから、厳しい工程管理が必要であった。

現地の状況把握に、K u - S A T（衛星小型画像伝送装置）などが設置され、高感度カメラ等の画像情報が伝送され、対策等の意思決定に活用された。

（2）岩手・宮城内陸地震による天然ダムとその対策

平成20年岩手・宮城内陸地震（M7.2）は6月14日8時43分に発生した。中越地震後、「大規模な土砂災害に対する危機管理のあり方について（提言）」を踏まえたT E C - F O R C E の設置や、事前の危機管理のための訓練や議論などにより、天然ダムをはじめとする大規模土砂災害に対する迅速な情報収集や応急対応のために必要な資機材の調達手段の確認など危機管理体制の強化が図られつつある状況下にあった。

直前の中国・四川での大地震による天然ダムに関する報道により、天然ダムに対して社会的に関心が高まっていたこともあり、大きな注目を集めた災害となった。

地震により、磐井川、胆沢川、衣川、迫川、二迫川、三迫川流域を中心に、約3,500箇所で崩壊・地すべりが発生し、約12,800万 m^3 の不安定土砂が発生した。また、栗駒山東南麓を中心として、15箇所の天然ダムが広い範囲に、河川に連続して縦列的に発生した。

国土交通省は岩手・宮城両県知事等の要請を受け、それまで直轄砂防事業を実施していない区域において、特に危険度が高い天然ダム9箇所を対象として、直轄砂防災害関連緊急事業により、天然ダムの

決壊・氾濫の可能性を低下させるため河道掘削及び床固工工事、天然ダム下流の既設砂防堰堤の堆砂域における事前の土砂掘削などの対策を地震発生3日後（両県知事の要請の翌日）に着手した。

地震の発生が朝であり、かつ天候も安定していたことから、当日午後には地方整備局などのヘリコプターが現地に到着し、土砂災害を専門とする技術者（以下「砂防の専門家」という。）が現地上空から調査を実施した結果、当日中には流域の崩壊状況などが不完全ながらも把握され、緊急対策が検討されるに至った。翌日以降もヘリコプターによる調査は継続され、地上からの調査と併せ、天然ダムの有無や位置確定、形状把握等にかかる重要な情報が得られた。画像情報を含むこれらの情報は、県、市を通じ地域住民にも伝えられ、避難先などにおいて上流域で何が起きているか、また、なぜ避難が必要なのか等の住民の理解を助けるとともに、対策工事の必要性の判断や危険性の評価などの重要な情報となった。

また、今回の岩手・宮城内陸地震時には、交通途絶のため資材搬入が不可能だった最上流部の天然ダムの水位観測のため、ヘリコプターからの投下型水位計が開発された。

発災後は少雨傾向が続いたが、10月24日の降雨により、同日午後には湯ノ倉温泉地区で越流により天然ダムの堤体が10mにわたって1時間程度の速さで侵食された。侵食が夜間に及んだことから、全容が判明したのは、翌日となった。湯ノ倉温泉地区下流の温湯地区では天然ダム発生後から既設砂防堰堤の緊急除石が行われていたことから、流出した土砂が捕捉され、下流域への流出を大幅に抑制した。その後、温湯地区における捕捉土砂の撤去、湯ノ倉温泉地区における水路掘削・帯工の設置等を実施、11月25日には温湯地区の再緊急除石、27日に産女地区の緊急除石を完了した。湯浜地区、湯ノ倉温泉地区、沼倉地区は冬期における積雪により現場施工が困難なことから、警戒避難体制の確保を再徹底し工事が一時中止された。

2-3 天然ダムに対する危機管理上の課題

天然ダムに対する危機管理については、特に近年の新潟県中越地震による芋川流域の天然ダムや岩手・宮城内陸地震による天然ダムが形成された際の対応を通じ、その体制、天然ダムの形状の把握や危険度評価などの調査、監視や情報通信、警戒・避難体制、対策工事など様々な面における課題が明らかになった。

これらの課題には、ロジスティクスの重要性など災害全般に関する課題のほかに、土砂災害に共通する課題、天然ダム対応特有の課題がある。それらの課題には天然ダムが形成された際の対応のみならず、形成される前における準備も含まれ、その対象者も国や都道府県などの砂防の部局の職員だけでなく建設施工機械や電気通信などの技術者やロジスティクスを担当する職員のほか、関係機関や市町村、地域住民、民間会社など広範にわたるものである。

3. 天然ダムの危機管理のあり方

天然ダムが全国的には少なからず発生している現状であっても、都道府県の単位では数十年に一度の

現象である。まして市町村の単位では滅多に経験することのない災害であり、都道府県や市町村が十分な対応を執ることは實際上至難であるため、必要な技術力・専門性さらに組織力を有した国土交通省の役割が重要となる。

特に平成20年岩手・宮城内陸地震を踏まえ、今後大規模災害時においては直轄事業区域外であっても、国土交通省の対応が求められる場合が想定される。天然ダムの決壊は、水と土砂の流出により溪流及び下流河川に重大な影響を及ぼす現象であり、その対策には国が主体的にその対策を実施すべきである。天然ダムのモニタリング計画の策定や監視に当たっても、国が主体的かつ中心となってその役割を果たすべきである。

以下に今後の天然ダムに対する危機管理のあり方について検討を要する事項や改善すべき点を列挙する。

なお、天然ダムに対する危機管理を実施するためには、平時の需要が少ない特殊な資機材を確保する必要があるが、これら資機材は平時も継続的に改良しつつ維持する必要がある。また、危機管理上、民間が保有する機材や人材を期待する場合には、継続的に需要を確保するなど、民間企業に対して機材・人材を保有する動機付けとなる施策を講じることも必要である。

3-1 体制・人的資源

国土交通省は、天然ダムが形成された場合、被害状況等の把握や調査、対策工事の計画・工法の方針決定及び警戒避難などにかかる砂防の専門家の派遣、また資機材の応援などの措置についても都道府県を積極的に支援するとともに、必要な場合には、主体的に実施できるよう体制を整備すべきである。

発生頻度が稀な天然ダム災害に対し、地方整備局においても必ずしも専門的な技術・知見が充分ではないことも想定されることから、現地に派遣される国土技術政策総合研究所等の砂防の専門家は、天然ダム対策に必要となる調査を実施することになるが、そのためには「技術参謀」として整備局長等を補佐し、助言しうる体制と能力を備えるべきである。また、その際、現地では実施困難な既往資料の収集さらには数値シミュレーション等の実施について、国土交通省砂防部や国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター等からの支援体制を構築すべきである。

また、現地に派遣された砂防の専門家や地方整備局には様々な協力要請が集中し、また、人命に関わる活動等の緊急的な支援を求められることもあり、全体としてはこれらにも対応できる体制を構築し、かつ天然ダム対策に専従的に対応できる体制を国土交通省砂防部と一体的に構築すべきである。

特に、天然ダムの解析等を行う国土技術政策総合研究所等においては、災害の長期化や同時多発することによって砂防の専門家が不足するおそれがあることから、国土技術政策総合研究所等の経験者による支援体制を構築すべきである。

また、国土交通省が行う情報収集活動や人的・物的資源を投入する過程におけるロジスティクスは、天然ダム対策を専従的に行う砂防の専門家等の円滑な活動を支援できるよう体制を構築しておくべきである。

さらに、地域の実情や地理に精通した砂防ボランティアとの連携も進めるべきである。

これらの体制整備に必要な制度として、引き続き予算等の措置や事務所の管轄区域のあり方、防災計画等について、市町村、都道府県との役割分担を十分考慮しつつ検討し改善に努めるべきである。

3-2 天然ダムの調査

(1) 天然ダム形成の有無の把握

天然ダムの形成状況の把握には、ヘリコプター等による上空からの調査が有効であるが、大規模災害発生時には、その需要が集中することから、自衛隊等との連携や民間保有のヘリコプターの確保についてあらかじめ準備しておくべきである。また、飛行が困難な夜間、悪天候の場合に備え、あらかじめ装備の改良・技術開発を推進することも必要である。併せて天然ダムの形成の可能性を察知するために下流の水位変化や流水の濁り等の現象を捉えるための水位計や濁度計等の観測機器の整備が必要である。

地震によって形成される天然ダムの場合、河道閉塞直後は湛水していないことが多く、その有無を把握するためには、砂防の専門家による調査が必要である。

また、降雨によって形成された天然ダムは、地震によって形成された天然ダムと比較し、形成から決壊までの時間が短いと考えられ、悪天候・夜間時などのヘリコプター等による現地調査が困難な場合もあることから、天然ダムの形成の可能性を察知するためのあらゆる手段の高度化を図る必要がある。

岩手・宮城内陸地震では、被災後に航空レーザー測量を実施し、一部の流域では被災前後のデータと比較することにより、早期に対策工や警戒避難に活用できる精度の情報が得られたことから、あらかじめ航空レーザー測量等による調査を行っておくべきである。

(2) 天然ダムの形状把握

地震や豪雨後において、早期に天然ダムの発生の有無及びその形状を把握するため、地形・天候・時刻等に左右されずに情報収集やリアルタイムの映像伝送が可能な装備を整備すべきである。特に山間地域の調査に適した小型ヘリコプターの導入や国土交通省のヘリコプターの能力向上（夜間監視能力、映像伝送不感地帯解消等）、危険を伴う箇所については有人ヘリコプターによる監視が困難な箇所や気象条件であっても無人航空機（UAV）などによる調査の可能性についても検討を行うとともに、人工衛星の活用についても検討を行うべきである。なお、資機材を有効に活用するため、維持管理・運用体制について、併せて検討する必要がある。

また、初動調査時において、発災前に取得した航空レーザー測量等による調査結果を活用し、天然ダムの形状（諸元）を、一定の精度でかつ短期間に入手するための技術、例えば、空撮動画像から三次元データを取得する手法や携行型のレーザー計測器による調査等や位置を特定する技術、例えば携帯GPS等を活用するなど、必要な機器を整備しておくとともに初動時に適切な調査が実施できるように日頃から訓練しておくなどして、天然ダム災害に備え迅速な調査体制を整備すべきである。

さらに、調査機器の技術進歩は著しいことから、技術動向を把握し、積極的に活用するとともに、既存技術を適切に組み合わせたり、必要に応じ技術開発を実施していくべきである。

また、地上からの調査を実施する場合にあっては、天然ダムが形成された地域の地形情報や道路事情等が重要であり、地域に詳しい砂防ボランティア等との連携が図れるよう制度面の整備などを進めるべきである。

(3) 天然ダムの危険度評価

天然ダムの危険度評価については、

- ① 初動段階（発災後1～2日以内を目安とする）
- ② 応急段階（発災後3日～一週間以内を目安とする）

と分類されるが、天然ダム対策の緊急性に鑑み、また、発災後の降雨が予想される場合は、可能な限り早期の対応を心がけるべきである。また、その手法を具体的にマニュアル等に定めておくべきである。

また、天然ダムの危険度評価の結果、自然越流しても決壊のおそれが少ない場合においては、河川の利水、環境等への影響を確認し、避難や対策工事の必要性の有無そのものも十分に検討すべきであるほか、越流しない状況を継続させずに早期に越流させることも検討すべきである。

①初動段階

初動段階においては、危険性の有無、早急に対策すべき天然ダムの判別、対策の優先順位を検討し、住民の避難と対策工事立案のため、発災後速やかに危険度評価を実施し、市町村等をはじめとする防災関係機関に提供すべきである。

危険度評価に当たっては、あらかじめ複数の規模・形状等の天然ダムの危険度をシミュレーションした結果を基に事前作成（プレアナリシス）した「早見判定図」も参考にし、発災後のヘリコプター等による概略調査結果に基づき、迅速に行うべきである。

②応急段階

応急工事の着手等応急段階においては、現地調査の結果や航空レーザー測量等で詳細な地形データを入手し、数値シミュレーション等を実施して更に詳細な危険度評価（越流または浸潤線が河道閉塞土塊の前面に到達する時間、洪水到達時間、氾濫想定箇所等）を行うことにより、対策工事や住民の避難の範囲等の検討に資するべきである。

評価にあたっては、連続決壊の可能性や降雨の有無を含めた危険度評価や迅速かつ精度の高い手法（シミュレーション等）の開発・適用について、引き続き検討を進める必要がある。

3-3 天然ダムの監視、情報通信

国土交通省が現在保有している通信設備（直轄管理用無線・（公衆用）衛星携帯電話・衛星通信設備（可搬型、車載型）・災害対策用テレメータ・光ファイバー等）は、それぞれ使用目的や機能、設備数、配置場所等が異なっており、事前に組合せ条件を整理したマニュアルの整備等を行い、発災時には設備を迅速に投入して現地の状況に応じた適切な組合せにより通信を確保する必要がある。また、山間地等の通信困難地においても情報通信を可能とするよう、簡易中継機能等の今後の移動通信に必要な機能（新たな通信技術や現有施設の機能向上）や省電力化等を含めた電源確保手段、監視データの伝送を容

易にする機器のIP化についても検討を行う必要がある。監視、観測設備では、アクセス困難地や厳しい設置環境における監視機器及びモニタリング技術の開発・改良を推進し、配備を進める必要がある。

また、天然ダムに適応した土石流センサー、水位計、傾斜計等の改良・普及や冬季の使用を想定した機器開発等を進める必要がある。特に土石流センサーについては、一般的に活用されている接触型のワイヤーセンサーに加え、非接触型の振動センサー等を併用することで、信頼性を高めるとともに、センサーの開発・改良を推進しておくべきである。さらに、寒冷積雪地域においては冬期間を含めた通年での監視機能を考慮すべきであり、また、防災関係者や住民向けに円滑な情報発信を行うための技術開発とともにセンサーが機能を発揮するために必要な設置方法や伝達方法などにかかる仕様やマニュアルの策定も必要である。

3-4 警戒・避難体制

警戒・避難体制の整備については、一義的に市町村が実施すべき事項であり、その指導は都道府県が行うことになるが、専門的な技術を要する天然ダム対策に当たっては、国土交通省が都道府県と連携しつつ直接市町村に行う技術的な指導・助言をより積極的に実施すべきである。

(1) 平常時からの流域の基礎情報の共有化

流域住民の人口、避難経路、避難場所、消防団や自治会長等の連絡先、情報伝達方法等の基礎的な情報については、市町村が行う避難勧告等の警戒避難体制整備の支援に有効となることから、平常時から市町村、都道府県砂防部局・消防防災部局、国土交通省地方整備局、事務所が共有すべきである。

また、天然ダムの対策はその社会的影響が大きいことから早期の対応を求められることから、天然ダム等の大規模な土砂災害が発生した場合に備え、地方整備局を単位として天然ダムの形成のおそれがある地域に対しては事前に担当事務所等の役割分担について明確化すべきである。

また、国土交通省地方整備局、事務所は、直轄砂防事業を実施している区域のみならず、大規模土砂災害が発生する可能性のある地域については、事務所等の配置とその機能が発揮できる範囲を考慮しつつ、出来るだけ広範に地形、地質などの自然条件や過去の災害履歴、主要な防災拠点や緊急輸送路等の防災関連情報等を把握するよう努めるべきである。

(2) 危険箇所調査

地形的条件により、深層崩壊のおそれがある流域を把握するため、深層崩壊調査を実施しその危険区域を明示するとともに、河川の流況や地形等のデータ収集や雨量計・水位計の整備等事前の準備を推進すべきである。

(3) 連携・訓練

避難勧告や一時帰宅の方々が危険性などを理解して避難が実施できるようにするため、避難基準の作成についてアドバイスするとともに、水位や画像情報の提供に努めるべきである。また、関係地方公共団体はもとより、警察、消防、自衛隊等関係機関との日常的な連携体制の構築に努めるべきである。そ

のため、直轄区域の内外にかかわらずこれらの機関との大規模土砂災害を想定した合同訓練なども実施するべきであり、特に大規模な天然ダムを想定し図上訓練や情報交換などに取り組むべきである。その際、住民組織との連携にも努めるべきである。

また、こうした全体の訓練の他、砂防の専門家についても例えば天然ダムの形状把握や危険度評価等、習熟が不足している項目について集中的に訓練し、その技術レベルの底上げと高度化に努めるべきである。

(4) 広報

大規模土砂災害における情報配信に当たり、その対象（被災地向け、防災関係者、マスコミ、学識者等）のニーズ、各段階（初動時、応急対応時、復興期）に応じた広報を実施することが重要であり、そのためにはこれまでの対策で安心のための広報、安全のための広報が実施できていたか、十分検証を行い、広報について改善に努めるべきである。

また、天然ダムが形成された際の情報発信の円滑化・迅速化のため、普段からホームページ等による情報提供を実施するべきである。

3-5 対策工事

天然ダムが形成された場合に、迅速に有効な対策工を決定するため、対策の必要性（有効性）を判断するための項目やその選定方法、施工方法、計画立案の際の基本的な考え方などについて、事前に整理するべきである。特に、同一の地域に多数の天然ダムが発生した場合には、対策の実施の優先順位を判断するための手法を策定しておく必要がある。判断するに当たっては、上流からの流入流量データや天然ダムの湛水池の容量などを迅速に把握することに努めるとともに、越流までの猶予時間と対策に要する工期を見積もることが重要である。また資機材・人材の調達・輸送、施工効率の向上と安全確保、無人化施工などの面において、工期を短縮するための改善を平時より進めるべきである。

対策に当たっては、以下に掲げる様々な工法を有効に組み合わせて実施するべきであり、流域にダムなどがある場合には、天然ダムの水位上昇の抑制とともに、決壊により発生した土石流や洪水の一部を捕捉・貯留することにより下流における被害を軽減するための協力を依頼することなど、上下流一体的な対策について検討するべきである。加えて、天然ダムの形成の原因となった崩壊斜面对策などまで含めた一体的かつ迅速な施工が重要である。

(1) 既設砂防設備の活用

既設砂防堰堤などの除石や導流堤の設置は、上流からの土石流等に対する警戒避難体制をとれば、応急的な対応としては比較的容易に施工可能であり、土砂の流入等があった場合でも繰り返し施工可能であることから、有効な対策であるといえる。このため、既設砂防堰堤の位置や諸元、堆砂状況を事前に把握しておくべきである。

除石については、既存の砂防堰堤が流域にあることが前提となることから、天然ダムが形成されるおそれの高い流域については、十分な空き容量を継続的に確保することができる砂防堰堤の積極的な整備

を進めるべきである。

(2) 排水対策

実績のある排水ポンプや排水路の開削の他、爆破や排水トンネル、ボーリングなど他の手法についても検討を進めるべきである。自然越流による天然ダムの高さの低下についても有効かつ安全に活用できるよう検討するべきである。

なお、可搬式ポンプによる排水は小降雨による流量増加に対応できないほど限られていることを認識し、その目的を緊急対策時の施工環境の確保や調査・施工計画立案、緊急対策工事などにかかる時間的猶予の確保、地域住民はもとより工事の安全確保等にあり、補助工法として目的を明確化し、効果を評価した上で実施するか否かを判断する必要がある。このため、対象とする溪流等の流量やポンプの排水能力などの条件を整理し、ポンプ排水の適用の目安を検討しておくべきである。

また、ポンプ排水に要する大量の燃料消費を軽減することが可能な手法として、大容量排水技術（サイフォン等）についても開発・検討を進め、実用化の際にはその適用範囲を明確化すべきである。

(3) 交通途絶地における対策

対策工事用の資機材の大量輸送が可能となるように、災害後、可能な限り早期に交通途絶状態の解消に努めるべきである。そのためには、工事用道路の築造や索道などの設置を目指すことが重要である。大量輸送が可能になるまでの間については、空輸が中心となることから、運搬する可能性のある資機材については、ヘリコプターなどの能力に応じた重量の範囲内に分解が可能であり、かつ不陸等現場状況の悪い中での組立が容易なものとなるよう事前に準備するとともに、迅速な分解・輸送・組立が可能となる様なマニュアルを検討しつつ、空輸の際の吊り試験などの事前実施や分解後の各部位に吊上げフックを装備するなど、輸送の各段階が円滑に進むよう取り組むべきである。特に台数が少ない特殊な機材については、所在地情報等の把握に努め、迅速な調達が可能となるような体制構築に努めるべきである。

空輸に関しては、運搬能力が大きいヘリコプターほど効果的であることから、このようなヘリコプターを所有する民間会社との協定締結などについて検討するとともに、自衛隊、消防などの関係機関との連携や事前の訓練などを実施するべきである。

また、現地での施工速度の確保の観点から、簡易に分解可能な大型の無人化施工機械の開発、保有について検討するべきである。

(4) 無人化施工

砂防の専門家による安全確保の観点から、無人化施工の必要性の判断の他に、無人化施工の専門家による有人施工の可能性の総合的な判断、現場での無人化施工導入の有効性の判断並びに適確な施工計画の立案が必要である。

また、民間が保有する無人化施工機械やオペレーターについては、迅速な調達を確保するため、協定等による確保や所在地情報のデータベース化、訓練等の実施、平時から無人化施工を直轄砂防工事等で実施し、施工技術の維持確保に努めるとともに、無人化施工の技量を有するオペレーターを認定する方策などを検討するべきである。

更に無人化施工は有人施工に比べ施工効率が低いことから、操作性や施工効率の向上を図るため、情報化施工などの新技術導入に積極的に取り組むべきである。

(5) 工事中の安全管理

極めて特殊な条件下での作業となることから、国土交通省砂防部、地方整備局及び事務所の指示系統を一元化した上で請負者による工事中の安全管理に対し、専門的な経験や知見を有する立場からの適切な支援を検討するべきである。そのためには、もっとも危険性の高い現場に近いことから、無人化施工機械の活用などと併せて、モニタリング並びに警戒避難で実施する事項を参考にしつつ、機器開発や保有・配備、使用方法にかかる講習会、訓練などの実施や、センサー等の二重化など危険の早期発見体制や作業中止の基準、その後の再開の基準などについて検討していく必要がある。

(6) その他

人力運搬可能・狭隘なヤードでの運用可能・不陸の多い悪条件での運用可能など厳しい現場条件でも適用可能な建設機械類の保有・開発を検討するべきである。

また、分解可能で燃費の良い照明設備や、進入路の安定化処理方法、応急対策用ロボットやオペレーターを保護するためのシェルター付重機の開発等も視野に入れる必要がある。

3-6 平時からの準備

(1) マニュアルの策定・改訂

これまでの提言を踏まえ「天然ダム形成時における土砂災害対応マニュアル（案）」「河道閉塞（天然ダム）監視技術マニュアル（案）」等策定中のマニュアル等を更新・拡充を図るとともに、講習会や訓練を通じ、平常時から普及を図る必要がある。特に天然ダムの規模の把握手法や工事実施方法についてのマニュアルは技術の日進月歩に合わせて随時改訂が必要である。マニュアルの策定に当たっては、天然ダム形成の有無の把握など実際に対応した際の経験を踏まえたものとするべきである。

国土交通省地方整備局、事務所は、大規模な災害の発生により緊急に対応の必要がある場合に備え、その管轄区域及び所掌に関わらず当該災害に対処する場合もあることから、日頃からの訓練等により習熟するとともに関係機関との連携を緊密にしておく必要がある。このため、危機管理計画に必要な事項を網羅的に記載し、かつ機能的なものとして策定・改訂されるべきである。

(2) 砂防指定地、土砂災害警戒区域等の指定の促進及び施設整備の推進

砂防指定地は、危機管理を直接の目的として指定されるものではないが、指定に際し砂防工事等に必要各種調査、調整がなされており、緊急時には、これらの結果を活用することが有効なことが多い。

このようなことから、危機管理の観点からも土砂災害防止に必要な土地は、砂防法第2条による砂防指定地の指定や地すべり等防止法第3条による地すべり防止区域の指定等を促進することが必要であり、面的に指定することにより、砂防工事着手までの期間を短縮できることとなる。さらに直轄砂防事業を実施している流域などでは、必要な土地については、砂防法第6条および地すべり等防止法第10条による直轄砂防等事業の施行区域として、一括して指定することを促進すべきである。また、指定の

促進とともに砂防堰堤等の整備を促進し、天然ダム形成時における事後の対応として除石を行えるようにするべきである。

同様に、土砂災害防止法に基づく基礎調査についても、地形・地質調査や土砂災害防止施設等の設置状況に関する調査がなされており、緊急時には、これらの結果を活用することも有効であることから、土砂災害警戒区域等の指定を促進すべきである。

(3) 専門家の更なる技術の向上等

天然ダムに対処するための技術やその技術を有効に活用できる体制は、近年の天然ダムに対する対応を通じ、経験を積み、知見を深めている。これら経験や知見を集積し、より広く共有するため、天然ダムに対処する砂防の専門家は、更なる専門性を高めるための研究や教育・訓練が必要である。併せて、習得した経験・知見を遺憾なく発揮するために、万一現場調査中に転倒した際にも大きな怪我に至らぬような転倒方法の訓練など自身の安全性を確保するための教育や研修、訓練を行うべきである。これらはそれぞれの経験や能力にあわせた教育と訓練を行うことが重要であり、発災後すぐに活動できるように平常時から調査や工事など専門分野ごとに編成し訓練等をさらに実施していくべきである。専門性の高度化に当たっては、経験者からの知識・知恵の伝承が重要であり、砂防ボランティアとの連携等も視野に入れるべきである。

現地に派遣された専門家には様々な協力要請が集中し、また、人命に関わる活動等の緊急な対応を求められる事態も想定されることから、予め支援内容や責任の範囲、費用負担を明確にしておく必要がある。

なお、これらのことは、緊急的な応援に派遣される一般の職員に対しても、より基礎的な事項も含めて教育や訓練を実施していくことが必要である。

(4) 災害対応時における適切・迅速な意志決定のための準備

天然ダム等大規模災害が発生した場合、情報・時間・リソースが不確実かつ不足する状況において、被害の全容を把握して人員等を集中すべき事象を抽出するための適切かつ迅速な意志決定が必要であり、情報の収集・解析・伝達・提供のそれぞれの過程において、情報の送り手と受け手の役割を明確化し、責任体制を確立する必要がある。そのためには訓練等において情報の伝達経路を確認し、伝達に要した時間等を分析し、クリティカルな部分を抽出し改善していくことを通じ、重要性を判別する能力の向上や組織化された情報経路の構築を進める必要がある。

また、天然ダムを含む大規模土砂災害においては、意志決定者の意思決定過程の明確化や対応の円滑化のため、執務室や調整会議の記録や判断材料（データ、画像等）、工法の決定経緯や実際の施工方法、班体制などの工事記録などを保存し、今後の災害発生に備えるべきである。

4. おわりに

本検討委員会は、平成20年10月より約6ヶ月にわたり、大規模な天然ダムに対する危機管理について議論を行った。3回の会議を開催し、行政側の説明を受け、うち1回は、岩手・宮城内陸地震によ

り形成された天然ダムの現地調査とともに、発災当時ご苦労された市役所の職員や工事関係者の方々からの意見聴取も行い、大規模な天然ダムが形成された際の影響の大きさと、対応の困難さなどを再認識した。

本提言には、委員会の議論を踏まえ、既に検討に入っている事項や実施している事項、今後検討すべき事項などが幅広く含まれており、中には国土交通省が直接担当する分野でないものも含まれており、関係する部局、機関との連携を図りつつ取り組むべきと考えている。

我が国の国土の特性を考えた場合、検討してきたような複数の天然ダムの形成そのものを防ぐことはできないものと思われる。また、その中には、対応する時間的猶予の少ない場合もあるものと想定されることから、迅速かつ的確な対応に本提言が活用され、地域の安全と安心に寄与することを期待するとともに、新たに発生する課題に対しては、状況を総合的に判断して柔軟な対応を望むものである。