

R08/01/21

資料 2 - 1

新潟県企業局

産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会
電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策ワーキンググループ

高田発電所水圧管路損壊事故について

1 高田発電所事故概要

- 1 – 1 全体位置図
- 1 – 2 事故状況
- 1 – 3 水圧管路破断状況
- 1 – 4 事故による影響

2 応急対策状況

- 2 – 1 土砂流出対策
- 2 – 2 上越市水道への送水対応
- 2 – 3 斜面の安定化対策

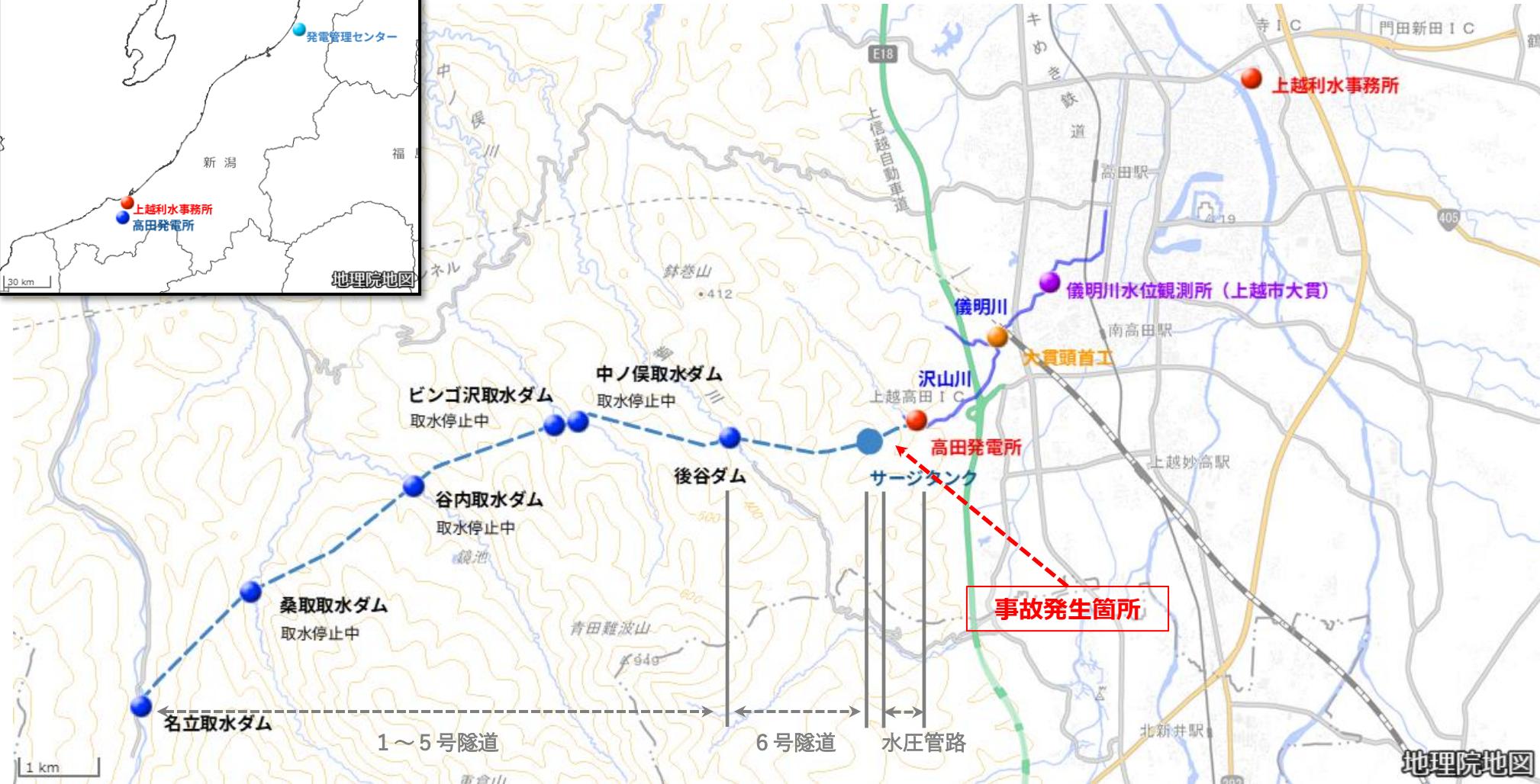
3 事故原因究明

- 3 – 1 調査等の体制
- 3 – 2 関連する点検等の状況
- 3 – 3 現地調査（構造物関係）
- 3 – 4 地質・地盤に係る考察
- 3 – 5 構造物に係る考察
- 3 – 6 まとめ

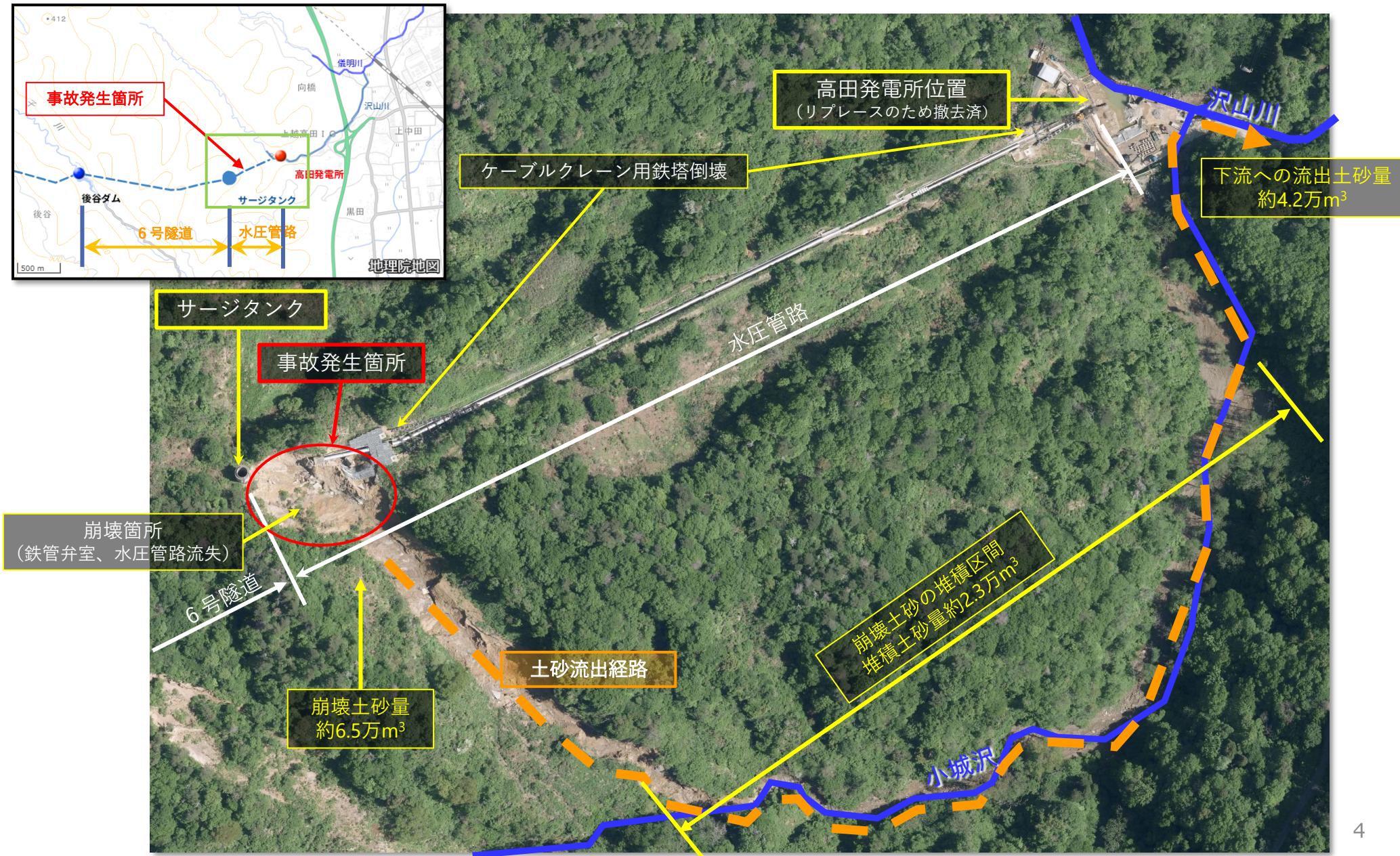
4 再発防止

1 高田発電所事故概要

1 - 1 全体位置図

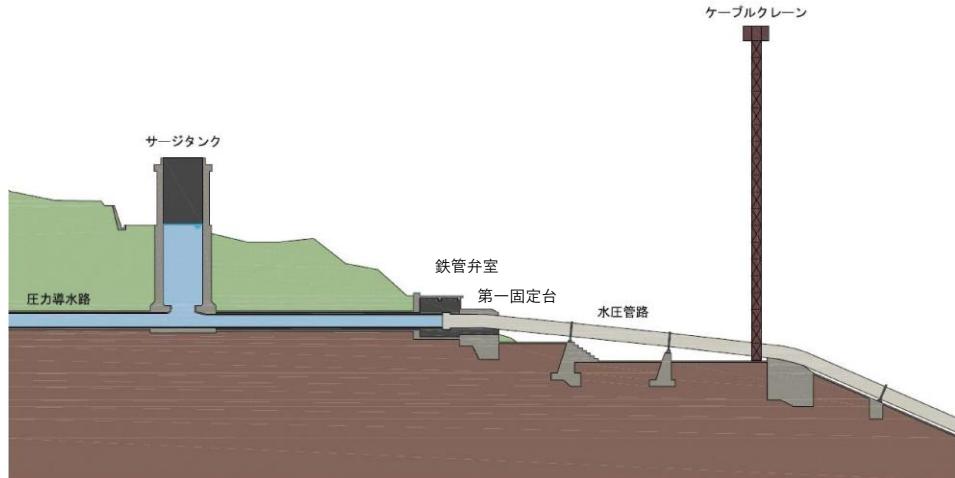
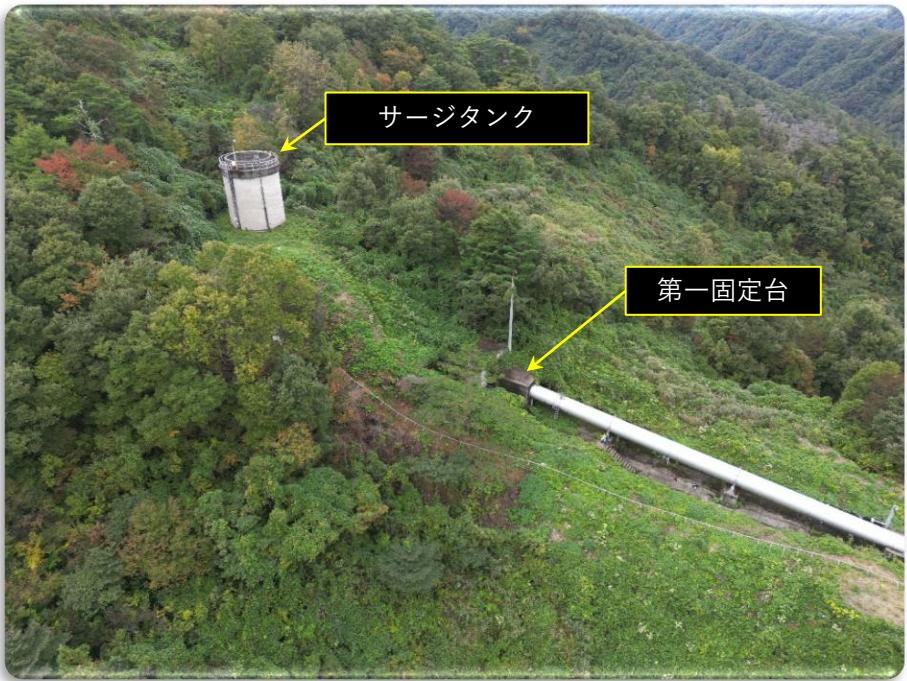


1 - 2 事故状況

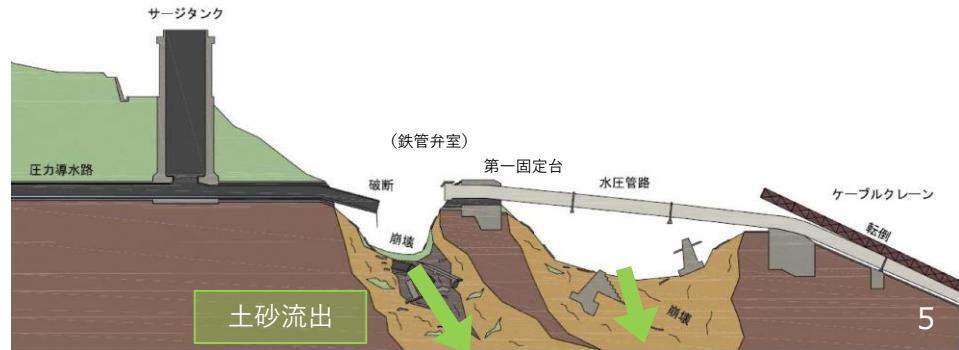


1 - 3 水圧管路破断状況

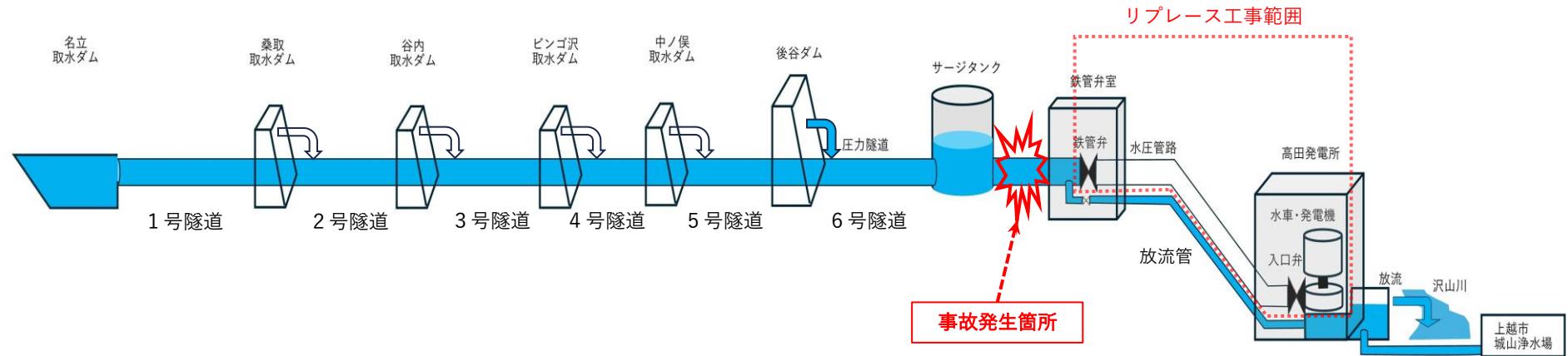
事故前 令和4年10月24日



事故後 令和7年4月6日



1 - 4 事故による影響



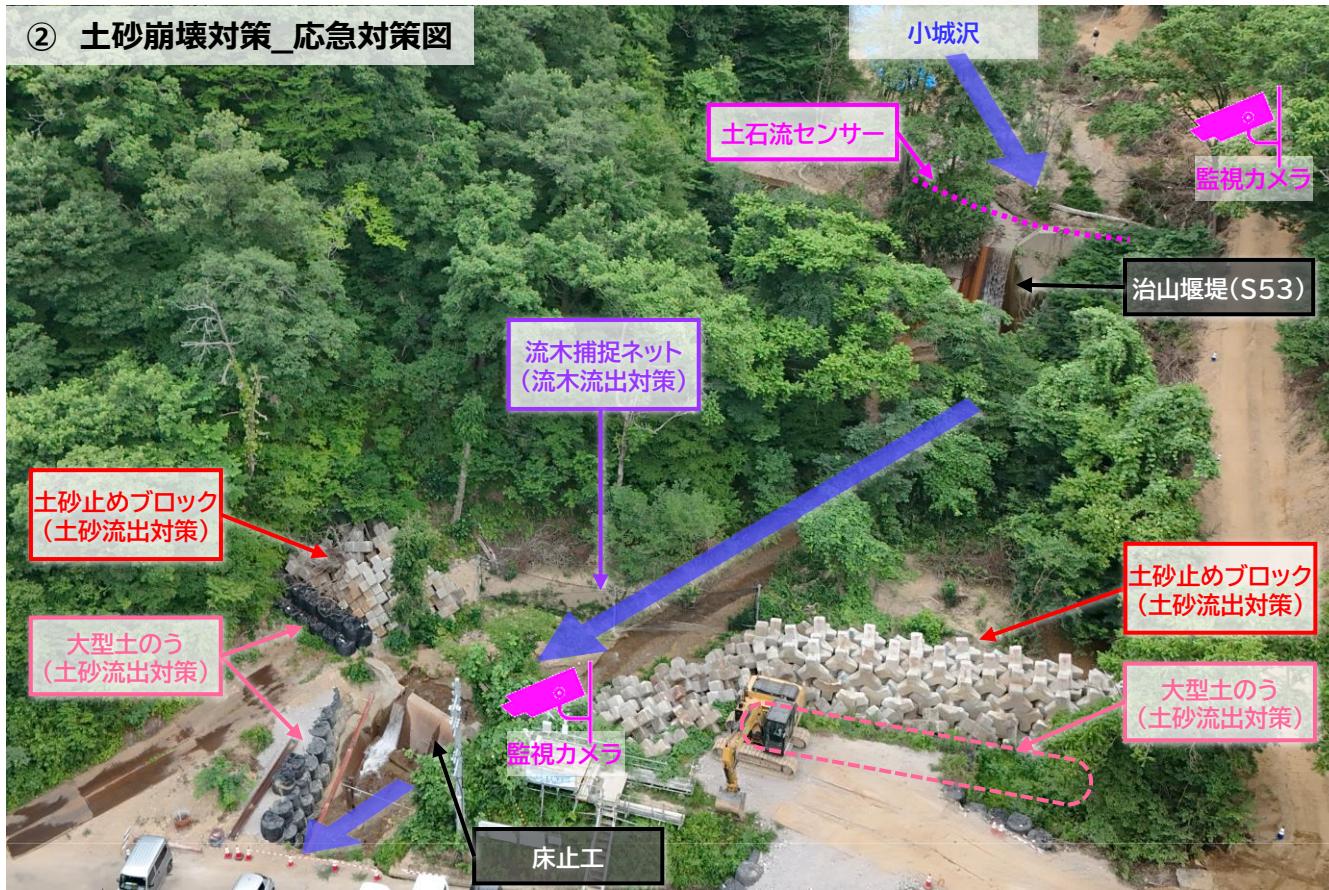
事故による影響

- サージタンクと鉄管弁の間の水圧管路が破断し、破断点から第一固定台までの間の管路が鉄管弁室ごと流失
- 水圧管路の断端からは後谷ダムの貯留水が短時間に流出し、多量の土砂と共に沢沿いを流下して発電所下流の沢山川へ流れ込み、河道内や周辺田畠に泥土や流木が堆積する被害が発生（後谷ダムの貯留水約3万5千立方メートル（推測）が水圧管路の破断箇所から流出したものと推測）
- 水圧管路及び給水管の破断により上越市城山浄水場への上水供給が途絶（発電所のリプレース工事のため令和5年9月から発電を停止し、水圧管路から放流管に切り替え上水供給を継続 [給水に必要な設備は県と上越市との共同設備] ）

2 応急対策状況

2 – 1 土砂流出対策

- 4月6日事故発生直後より、崩壊地周辺の不安定土砂の下流への流出を防止するため、コンクリートブロックや流木捕捉ネットを設置
- 土石流センサーやカメラを設置し、土砂流出発生時に関係者（河川管理者、警察、消防、下流町内会等）への連絡体制を構築



2 – 2 上越市水道への送水対応

■代替給水検討

- 事故直後から上越市の要望を受け、現場調査や応急対策と並行した最優先課題の一つとして、崩落地点の代替給水ルートの検討に着手。

(上越市要望)

- 正善寺ダムの貯水を利用する正善寺浄水場からの配水で代替対応するが、夏場にかけてダムの貯水率低下が懸念されるため、早急に給水再開対応してもらいたい。



■沢山川からの緊急取水

- 破断した水圧管路の代替給水ルートの調査・検討を進めていたが、早期の給水再開は困難な見通しであった。
- このため、当面の対策として、高田発電所放水河川である沢山川から臨時的な取水を検討し、5月30日から取水開始。

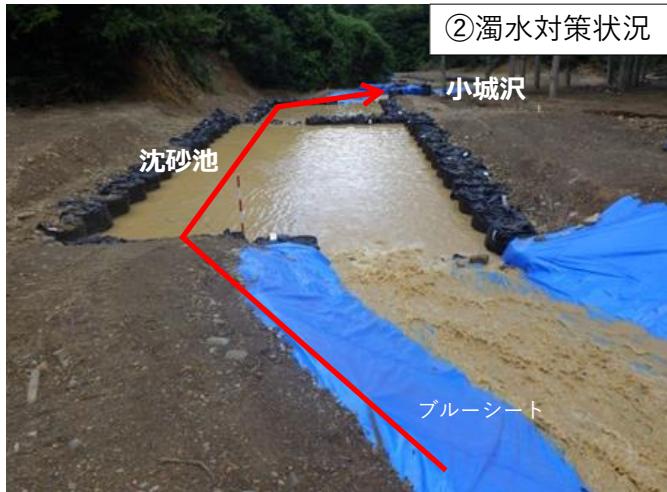


2 – 2 上越市水道への送水対応

■水圧管路破断箇所からの緊急放水対応

- ・極端な少雨が続き、7月上旬には正善寺ダム貯水率は30%台前半まで低下。節水要請が確実視される（7月15日から実施）など、事態はより切迫。
- ・代替給水ルートの早期の見通しが立たない中、破断した水圧管路から放水し、沢伝いに流れた水を取水する緊急措置案について検討調整。7月10日、安全対策を講じた上で放水開始。
- ・安全対策、濁水対策
 - ①放水地点周辺に傾斜計を設置し、斜面異常を検知した場合、速やかに放水を停止する体制を整備。
 - ②水流による斜面の洗掘を抑止するため、コンクリートキャンバス※を設置。
 - ③濁りを抑制するため、沈砂池を小城沢に造成（放水と並行作業）。

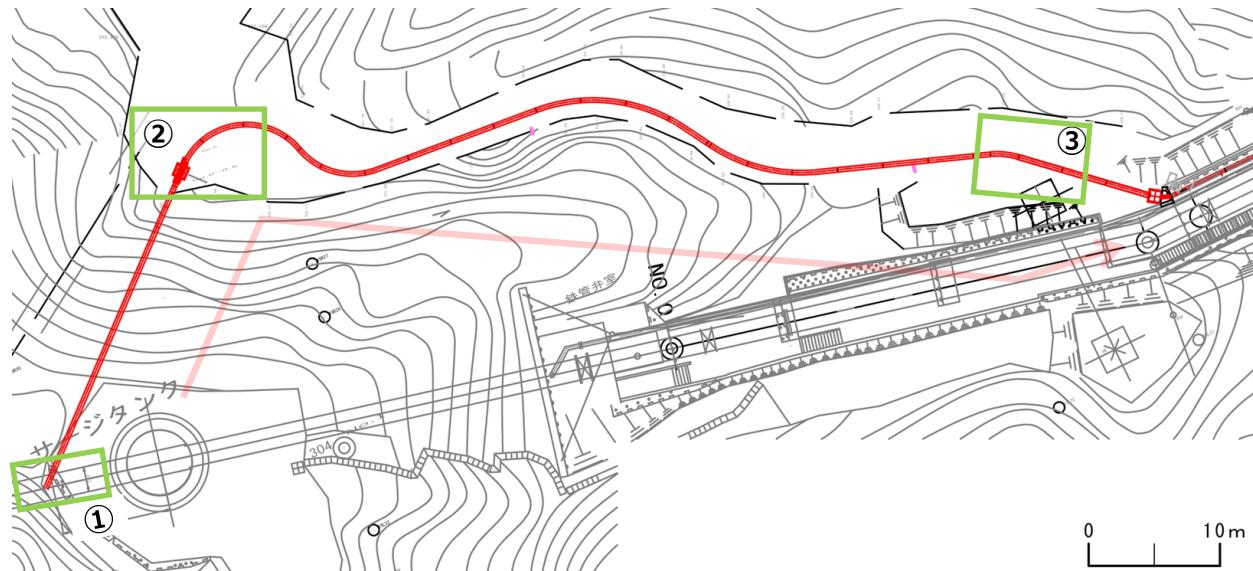
※水の散布・浸透により硬化する特殊セメントが内包された布材



2 – 2 上越市水道への送水対応

■代替給水ルートの確立（緊急措置）

- ・沢伝いの放流水は土砂混じりで浄水が難しいことに加え、7月はほぼ降雨がなく断水も懸念される事態。
- ・一方、7月下旬、代替給水ルートの施工方法や資機材運搬の目処が立ったことから、急遽8月中の施工完了を目指し現場工事に着手。
- ・8月31日、日量約2万立方メートルの送水を開始。なお、配管材は施工性を優先したため、本来必要な送水量の2分の1に留まるもの。



①隧道貫通部



②隧道と接続（推進工）



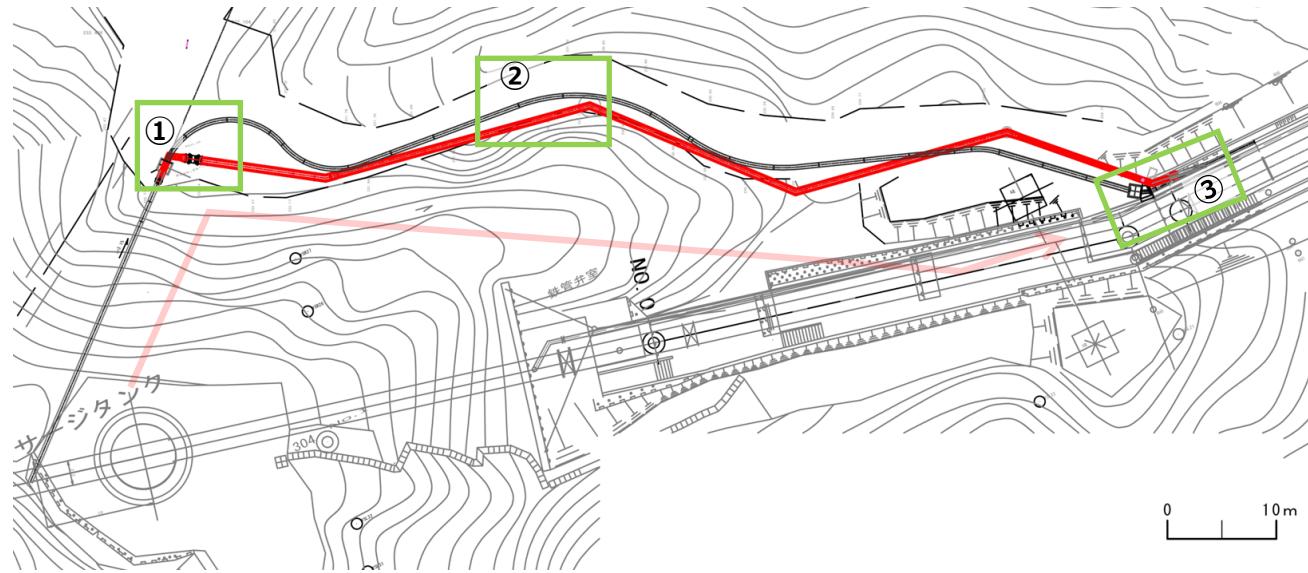
③配管敷設状況



2 – 2 上越市水道への送水対応

■代替給水ルートの確立

- ・9月以降、本来の必要量とされる日量4万立方メートルの給水を可能とする耐圧性能を有する配管への敷設替えを検討・実施。
- ・12月5日、日量約4万立方メートルの送水を開始。



①推進管接続



②配管敷設状況



③配管敷設状況



2 – 3 斜面の安定化対策

■崩壊斜面の安定化を図り崩壊拡大を抑止する必要があるが、資機材の運搬や施工期間の制約から、今冬の仮対策として次を実施。

- ・法面対策工（モルタル吹付、植生工等）
- ・一部傾斜計を存置し、斜面監視を継続

■翌年度以降、恒久的な対策を実施する予定。



3 事故原因究明

3 – 1 調査等の体制

■ 事故原因の究明

- ・地質・地盤、構造物の双方の観点から調査実施。
- ・主な調査実務は専門性を有する建設コンサルタントが担当し、有識者による助言・評価を受ける体制により推進。

建設コンサルタント	地質・地盤関係	測量（流出土砂等の状況把握）	株式会社ナカノアイシステム
	構造物関係	地質・地盤調査・考察	日特建設株式会社
	構造物関係	構造物調査・考察、全体とりまとめ	北電技術コンサルタント株式会社
	自然災害科学・砂防学	丸井 英明	新潟大学 名誉教授
	水力コンクリート・鋼構造物	西内 達雄	一般財団法人電力中央研究所 シニアエキスパート

調査情報
↑
↓
助言評価

学識経験者
(有識者)

点検実績等の確認、情報共有



事故の発生原因、技術的要因等

■ 事故原因に応じた保安体制の改善、再発防止措置

企業局内のダム水路主任技術者、電気主任技術者等で構成する検証委員会により検討を実施。

- ・崩壊現場付近の水路等構造物に係るこれまでの点検実施内容を確認
- ・不備があれば是正措置を講じると共に、事故の発生原因に応じた点検方法等の改善、再発防止策を検討
- ・事故原因に関わらず、重大事故発生時の初動対応の在り方については改めて検討

3 - 2 関連する点検等の状況

(1) 巡視状況（積雪期を除き月1回実施、令和6年12月が事故前最終）

① 鉄管弁室上流側壁面の漏水

- 令和6年1月の能登半島地震後の臨時確認で、少量の漏水を確認。
- 令和6年4～10月は漏水確認されず、11月及び12月には1月と同様箇所からの少量の漏水を確認。



鉄管弁室漏水状況(R6. 1. 23)



鉄管弁室漏水状況(R6. 12. 3)

② 周辺地山の状況

- 以前からサージタンク脇で60センチメートル程度の空隙を確認するも、以降状況変化なし。サージタンク周辺では、その他の変状は確認されていない。
- 令和2年頃に発生したサージタンク南西方向の斜面崩壊については、後谷ダムへ向かう林道から目視確認を継続。崩壊範囲の拡大といった状況変化は確認されていない。



サージタンク周辺状況(H27. 6. 2)



同左状況(R6. 12. 3)

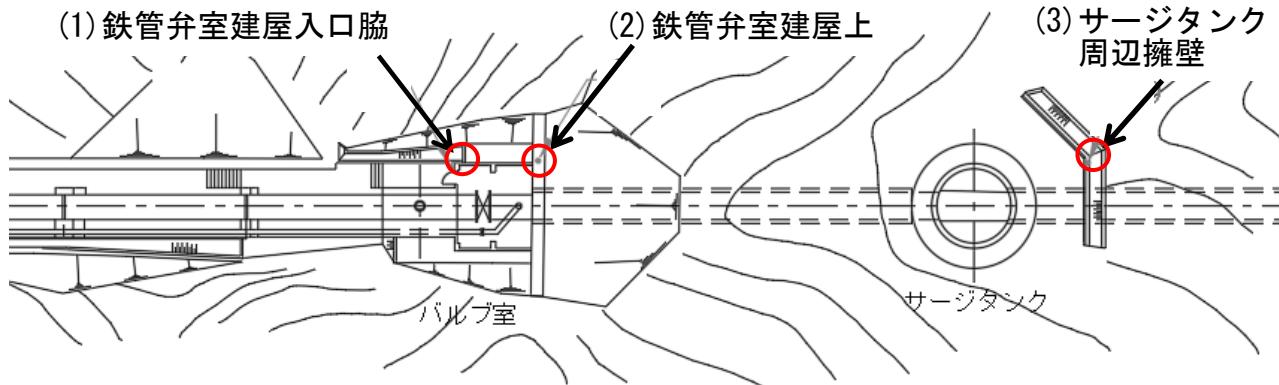


サージタンク南西方向の斜面崩壊(R4. 8. 16)

3 - 2 関連する点検等の状況

③ 構造物クラックの計測

- 平成16年新潟県中越地震を契機として、主に構造物に係る地震影響、変状の進展状況を確認する目的で、サージタンク周辺擁壁及び鉄管弁室建屋外壁に生じていたクラックの開きを計測。施設管理上の参考情報程度の扱いで、管理基準等の設定なし。



測定位置 (R2. 4. 17)



計測箇所全景



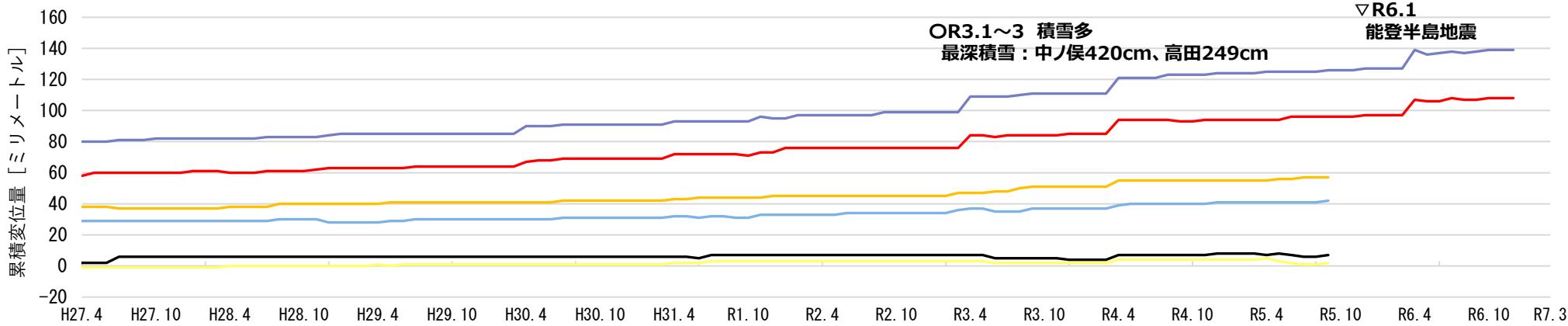
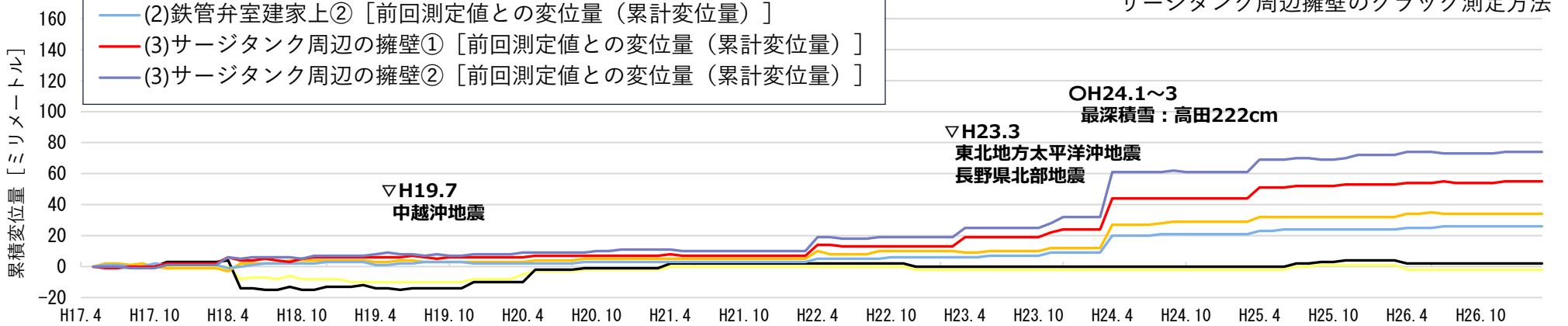
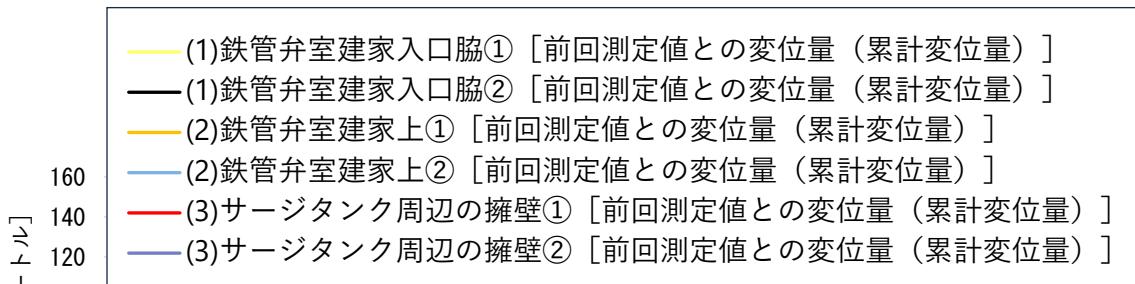
(1) 鉄管弁室建屋入口脇



(3) サージタンク周辺擁壁

3 - 2 関連する点検等の状況

- サージタンク周辺擁壁のクラックは、全期間を通し、毎年雪解け後4月に数ミリメートル程度拡大し、5月以降はほとんど変動がない傾向が続いていた。
- 平成24年4月29mm(最大)、令和6年4月12mmの他は10mm以内



※ 積雪により計測できない月は直近月のデータを参考値として入力

3 - 2 関連する点検等の状況

(2) 水圧管路（サージタンク～鉄管弁）の点検等の状況

① 平成7年11月 内部点検

- ・溶接部において全周にわたり鏽こぶが付着。鏽こぶを取り除くと鉄管表面に腐食が見られた。
- ・早急な塗装の塗替えが必要と判断。

② 平成8年12月 内面塗装塗替

- ・水洗い、素地調整（3種ケレン）の後、下塗・中塗・上塗の3層で塗装実施（タールエポキシ樹脂塗料）。
- ・上記施工に際し、腐食の進行による開孔や亀裂等の異常は報告されていない。

③ 平成10、15、21、27年 内部点検

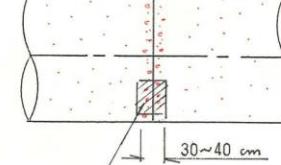
- ・後谷ダムから鉄管弁までの間の水路（6号隧道、水圧管路）を踏査し、内部状況を目視確認。
- ・水圧管路については、変状等の報告なし。



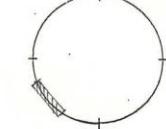
H21 内部点検状況 (H21.11.24)

状況調査			平成 7年11月 29日			
番号	取水口から の距離	状況	未見 本莫 (cm)			摘要
			長さ	幅	深さ	
19	サージタンクより 鉄管弁室まで (水圧鉄管部)	溶接部 鏽こぶタレ				鉄管内厚 $t = 7\text{ mm}$

側面



断面



3 – 2 関連する点検等の状況

④ 令和2年11月 内面塗装調査

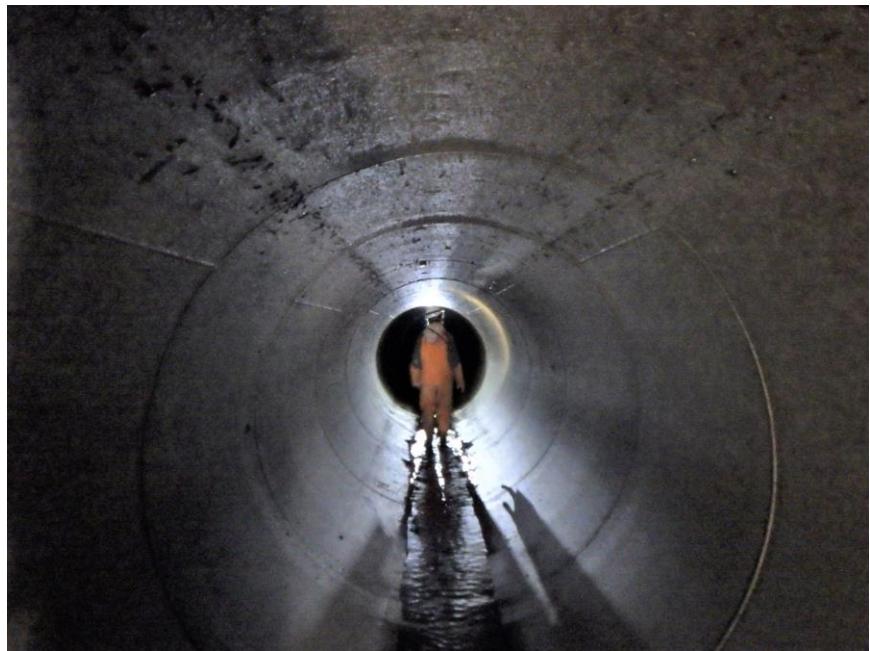
- ・塗替塗装工事の事前調査として、塗装業者により水圧管路内面の既存塗膜（タールエポキシ樹脂塗料）の状態確認を実施。
- ・内面塗装調査 結果概要
既存塗膜は膜厚500～900μm^{※1}で、発錆率^{※2}は15%以内

※1 塗膜厚の基準

水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鋼構造物編）による内面塗装の標準膜厚は400μm

※2 発錆率

塗替塗装時の素地調整の程度を決定するための指標で目視により判定。当該ケースでは残存塗膜が十分にあり、地金の錆が発生している状態ではないため、塗膜表面の荒れや浮きを判定している。



水圧管路内面状況 (R2. 11. 13)



塗膜表面状況 (R2. 11. 13)

3 - 3 現地調査（構造物関係）

斜面崩壊に至る原因となるような構造物の損傷等がないか、後谷ダムから鉄管弁室までの導水路（6号隧道）及び水圧管路（崩落部分含む）の状態を確認した。

■ 第1回調査（R7.4.24） 導水路内部調査

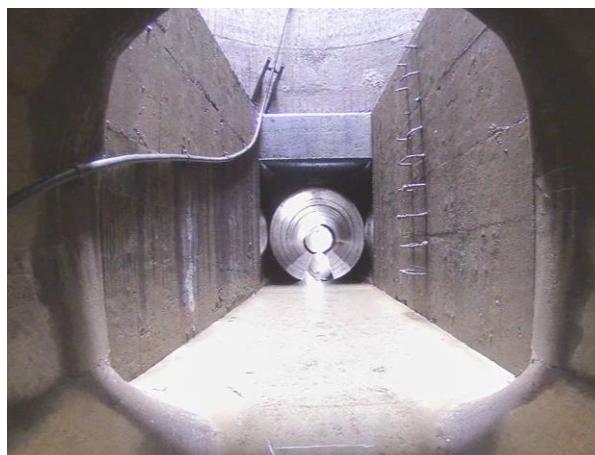
- ・導水路を後谷ダムからサージタンク手前200メートル付近まで踏査。
- ・当該地点からサージタンクまで、狭小空間ドローン撮影により確認。
- ・導水路内、サージタンク基礎部、水圧管路接合部のいずれにも漏水につながるような損傷等は見られなかった。



導水路内（R7. 4. 24）



導水路内（R7. 4. 24）



サージタンク基礎部（R7. 4. 24）



水圧管路接合部（R7. 4. 24）

3 - 3 現地調査（構造物関係）

■ 第2回調査（R7.5.14） サージタンク周辺調査

- ・発電所側から水圧管路沿いに登坂し、崩壊現場付近を目視及びドローン撮影により確認。
- ・崩落した水圧管路残骸は、崩落時の衝撃による変形は生じているが、管胴の割れや腐食穴等は確認されなかった。
- ・水圧管路破断面はほぼ円形を保っており、断端部の半周程には破断時の変形影響によると考えられる塗膜の剥離が見られた。



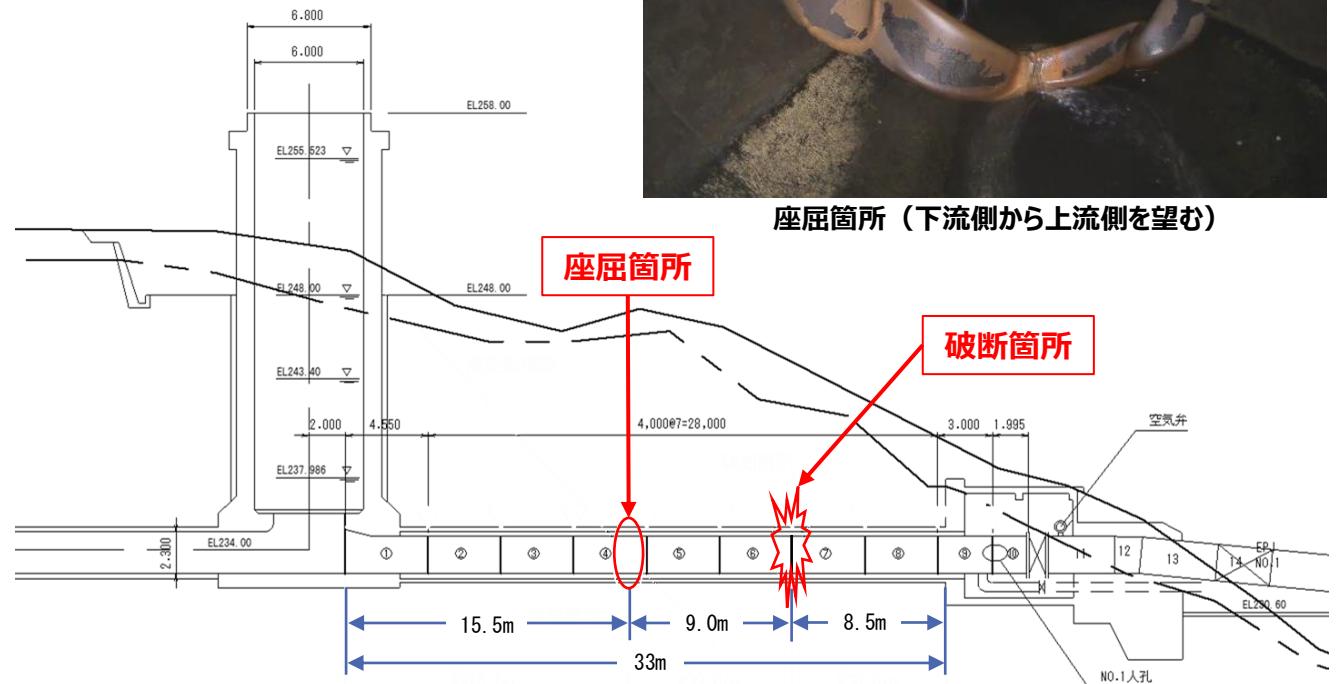
3 - 3 現地調査（構造物関係）

■ 第3回調査（R7.7.9） サージタンク及び水圧管路内部調査

- 崩壊現場付近の安全が確認されたことから、第1回調査と同ルートでサージタンク内まで進入。目視及び狭小空間ドローン撮影により確認。
- 水圧管路は、サージタンク側の始点から15.5mメートル付近で、斜面崩壊時の外力の作用により下向きに座屈変形していることが確認された一方、腐食穴等の変状は見られなかった。



破断箇所（上：正面、下：側面、第2回調査時）
(単管⑥下流端)

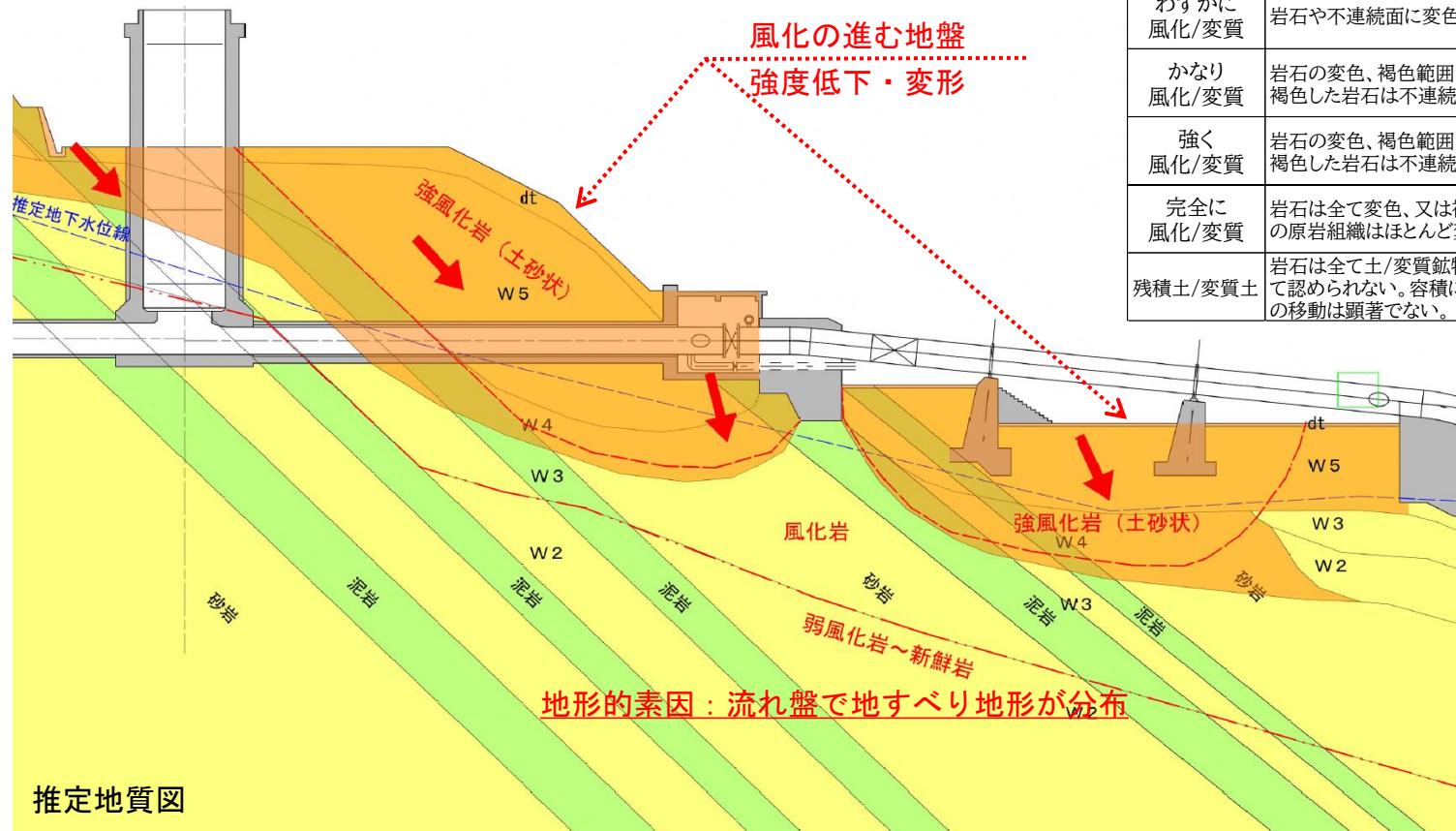


サージタンク・水圧管路断面図

3 - 4 地質・地盤に係る考察

(1) 地質構造

- 当該地域の地質は砂岩泥岩互層から成り、東方向（水圧管路方向）に30～35°で单傾斜した地質構造となっている。この地層の傾斜方向と地形（斜面）の傾斜方向が一致していることから、斜面崩壊が発生しやすい地層構造である「流れ盤」地形を示している。



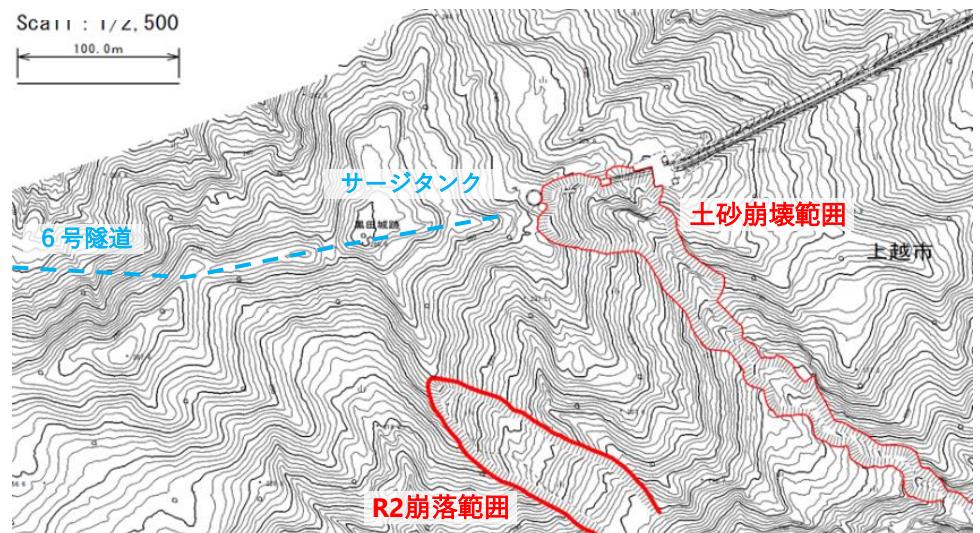
区分	風化/変質の状態	記号
新鮮な	岩石には変色等の風化/変質の兆候、痕跡は見られない。主な不連続面には、わずかな変色が認められる程度。	W1
わずかに風化/変質	岩石や不連続面に変色が認められる。	W2
かなり風化/変質	岩石の変色、褐色範囲が岩盤の半分以下。新鮮あるいは、変色・褐色した岩石は不連続な骨格構造としてまたは核状に見られる。	W3
強く風化/変質	岩石の変色、褐色範囲が岩盤の半分以上。新鮮あるいは、変色・褐色した岩石は不連続な骨格構造としてまたは核状に見られる。	W4
完全に風化/変質	岩石は全て変色、又は褐色として土/変質鉱物となっている。岩盤の原岩組織はほとんど変化していない。	W5
残積土/変質土	岩石は全て土/変質鉱物に変化。岩盤の構造と岩石の組織は崩れ認められない。容積に大きな変化があるが、風化の度合いは土の移動は顕著でない。	W6

3 - 4 地質・地盤に係る考察

- 崩壊箇所の周辺部には、地すべり地形が分布していることが知られており、今回崩壊した斜面の西側には、ほぼ同様な標高から崩壊した地形も確認されている。
- 現地調査から風化により脆弱化しやすい特徴があることが確認されるなど、当該地域は崩壊しやすい地質及び地質構造であるといえる。



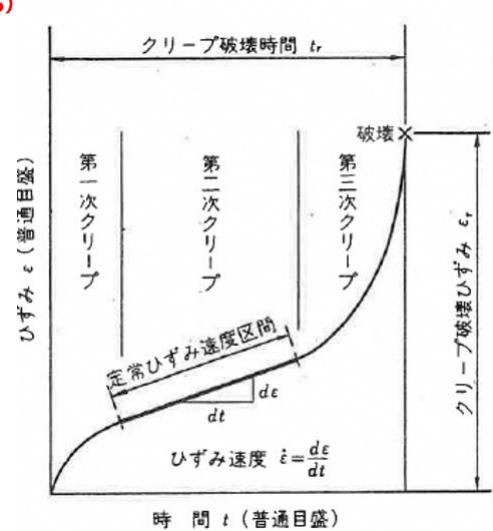
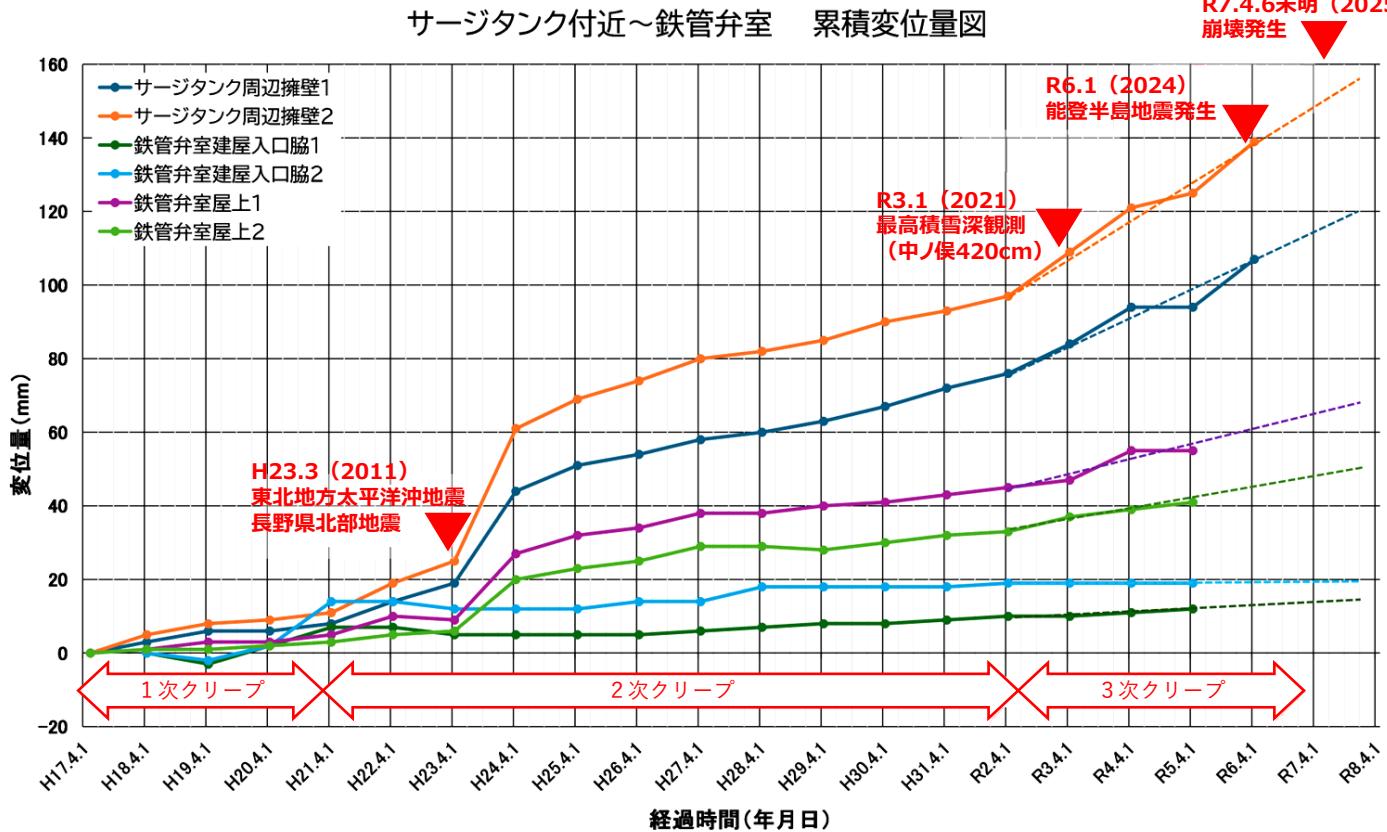
出展：国立研究開発法人防災科学技術研究所 地すべり地形判読図



3 - 4 地質・地盤に係る考察

(2) 長期的な地盤変動

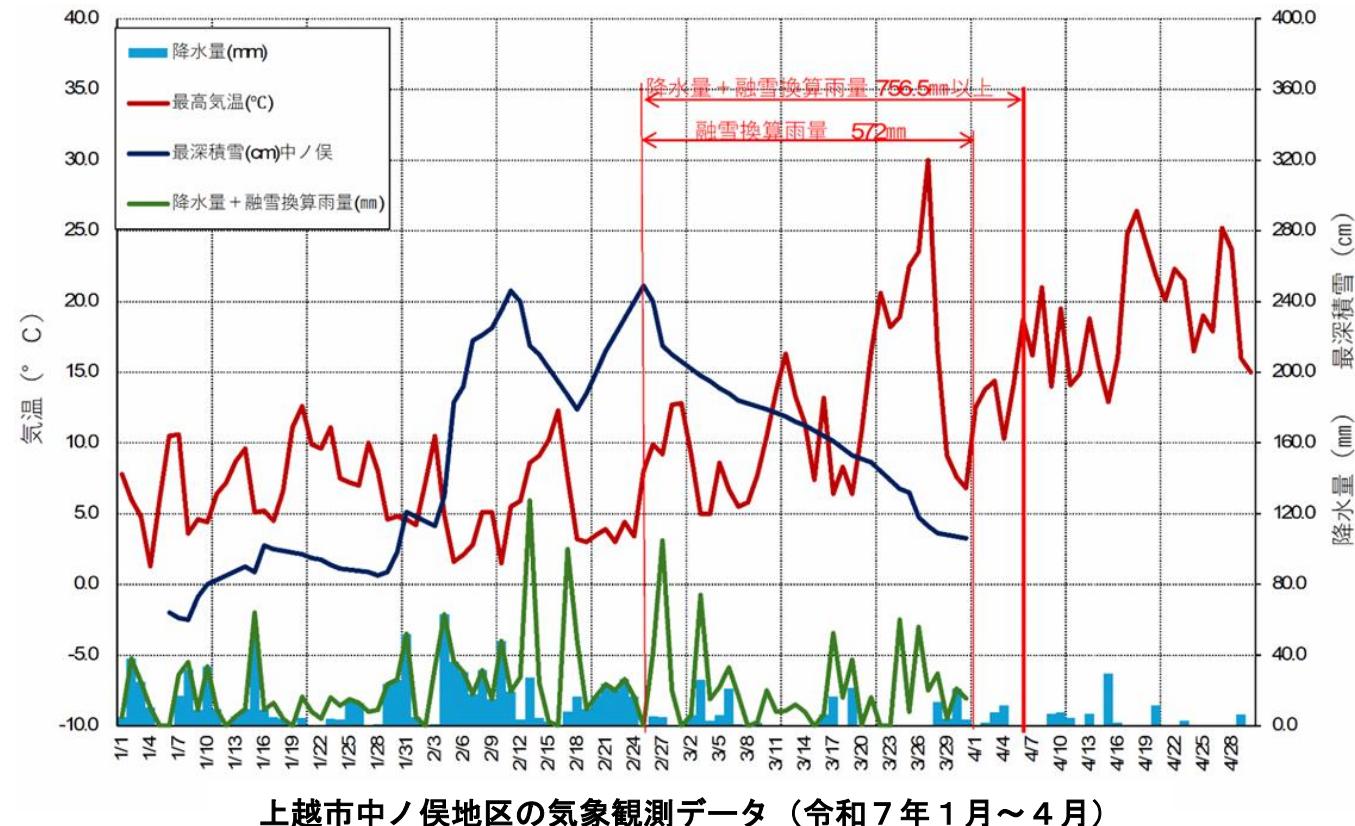
- 「3-2(1)巡視状況③構造物クラックの計測」で示したサージタンク周辺構造物のクラック幅計測値について、原因究明調査においては地山の変位を表しているものと評価し、特に計測値の動きが大きい毎年4月を基準として年間累積変位量をグラフ化した。下図に示すとおり、地盤変動が徐々に進行してきた傾向が見てとれた。



出典) 地すべり観測便覧編集委員会：いつでもどこでもすぐに役立つ地すべり観測便覧（社団法人斜面防災対策技術協会）

3 - 4 地質・地盤に係る考察

- 特に変位が大きいサージタンク周辺擁壁については、平成22年頃、令和3年頃を境に変位量（グラフの傾き）が変化している（クリープ変形）。
- また、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震、長野県北部地震の翌年の融雪期に変位量が増大しており、地震により地山内の緩みや亀裂等が発達した所に、融雪水が浸透したことが影響しているものと考えられる。令和6年1月の能登半島地震の1年後の令和7年融雪期においても、同様の現象が生じていた可能性がある。
- 加えて、崩壊直前の令和7年3月21日から28日にかけての1週間は、残雪が多いところに、最高気温が30°Cに達するなど、20°C前後の高温を記録する日が連續した。これにより融雪水が多量に供給され、水圧管路の上載地盤や下部支持地盤の緩みを助長し、水圧管路に作用する土圧の増大につながったものと推測される。



3 – 5 構造物に係る考察

水圧管路破断面
は、円形をほぼ
そのまま保持



溶接継手部が脆
性的※に破断した
ものと判断



溶接継手部の円周に沿って亀裂等の部分的
な損傷が生じていた所に、大きな外力が作
用した結果であると推測

※外力に対して変形せずに破壊する性質、もろさ

□ 部分的な損傷を生じさせる要因として考えられる事項

- ①設計・施工の不良
- ②腐食を伴う経年劣化
- ③周辺地山の変位による影響

■ ①設計・施工の不良について

- ・水門鉄管技術基準（S35制定）に準拠して製作・据付を行っていることや運転開始後50年以上が経過していること等から、建設時の設計・施工の不良が顕在化したとは考え難い。

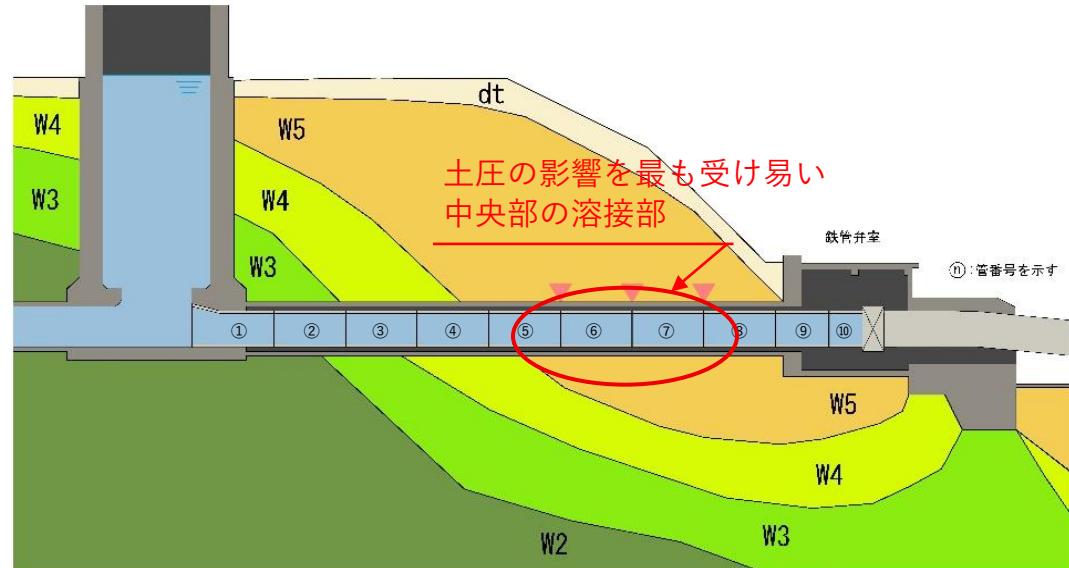
■ ②腐食を伴う経年劣化について

- ・水圧管路の劣化等の状況については「3 – 2(2)水圧管路（サージタンク～鉄管弁）の点検等の状況」のとおりで、直近の令和2年内面塗装調査においては、十分な塗膜が残存しており、腐食等の変状は確認されていない。
- ・事故後の現場調査においても、「3 – 3 現地調査（構造物関係）」のとおり、可視可能な範囲では漏水の原因となるような腐食穴等の変状は確認されなかった。
- ・以上から、腐食の進展による開孔や亀裂等の発生は考え難い。

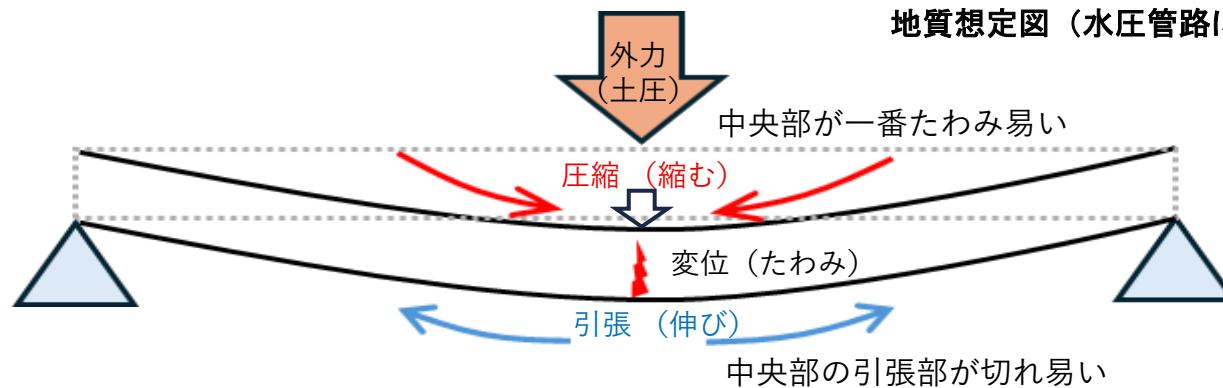
3 – 5 構造物に係る考察

■ ③周辺地山の変位による影響について

- 以下の理由から、地山変位の影響により損傷した可能性が高いと考えられる。
- 「3 – 4 地質・地盤に係る考察」において、継続的に地盤変動してきたと推測されることが示された。
- 地質想定図から、強風化岩層（W5）の中央部付近が破断箇所に当たり、斜面崩壊方向に相当程度の土圧が発生していたものと想定される。



地質想定図（水圧管路における崩壊地地層区分）



水圧管路への土圧影響イメージ図

- 水圧管路が上載土量を単純支持で受けたとした場合、試算では管材料の耐力を超過する。
中央部での曲げ応力の試算値 = $623\text{N/mm}^2 >$ 管材料SM41の引張耐力 = 431N/mm^2

3 – 5 構造物に係る考察

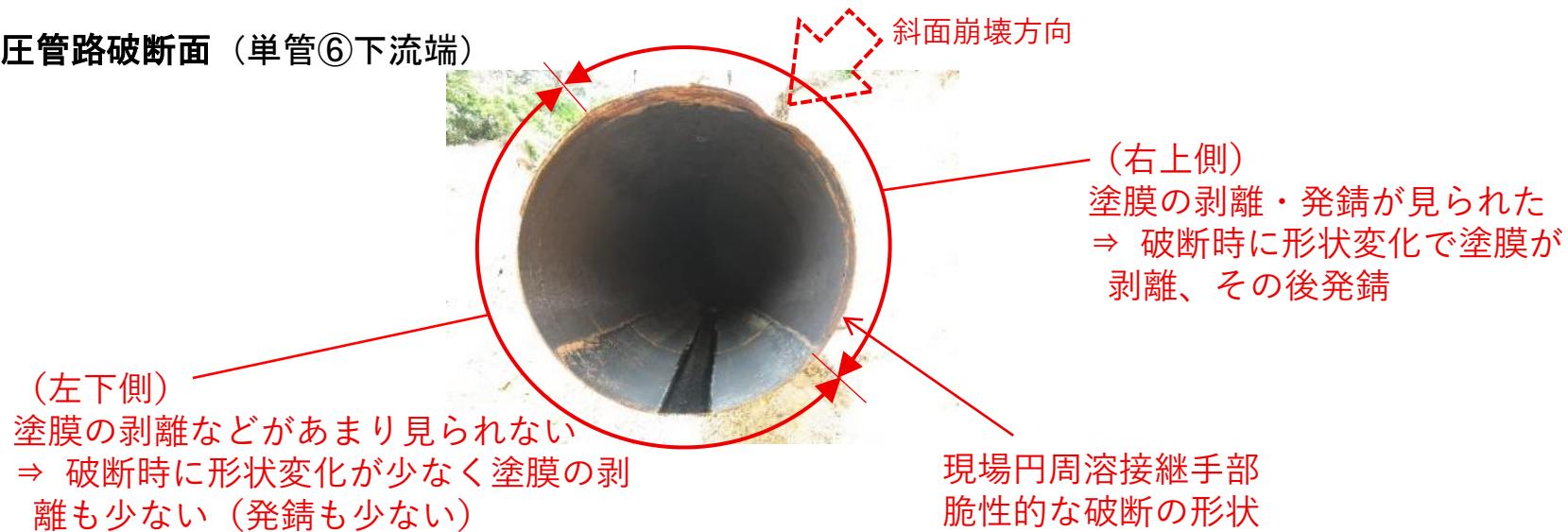
- 一方、水圧管路の破断面に着目すると、塗膜の剥離状態には下図のとおり左右差が生じていることが分かる。左下側は、塗膜の剥離がほとんどなく脆性の特徴が顕著であり、部分的な損傷を生じた箇所であると想定される。
- また、この左右差の傾きは斜面崩壊の荷重方向と一致していることから、地山変位の影響を受けたことが示唆される。

土圧作用イメージ図（下流から上流を望む）

黒線：令和 5 年時（被災前横断）
赤線：令和 7 年時（被災後横断）

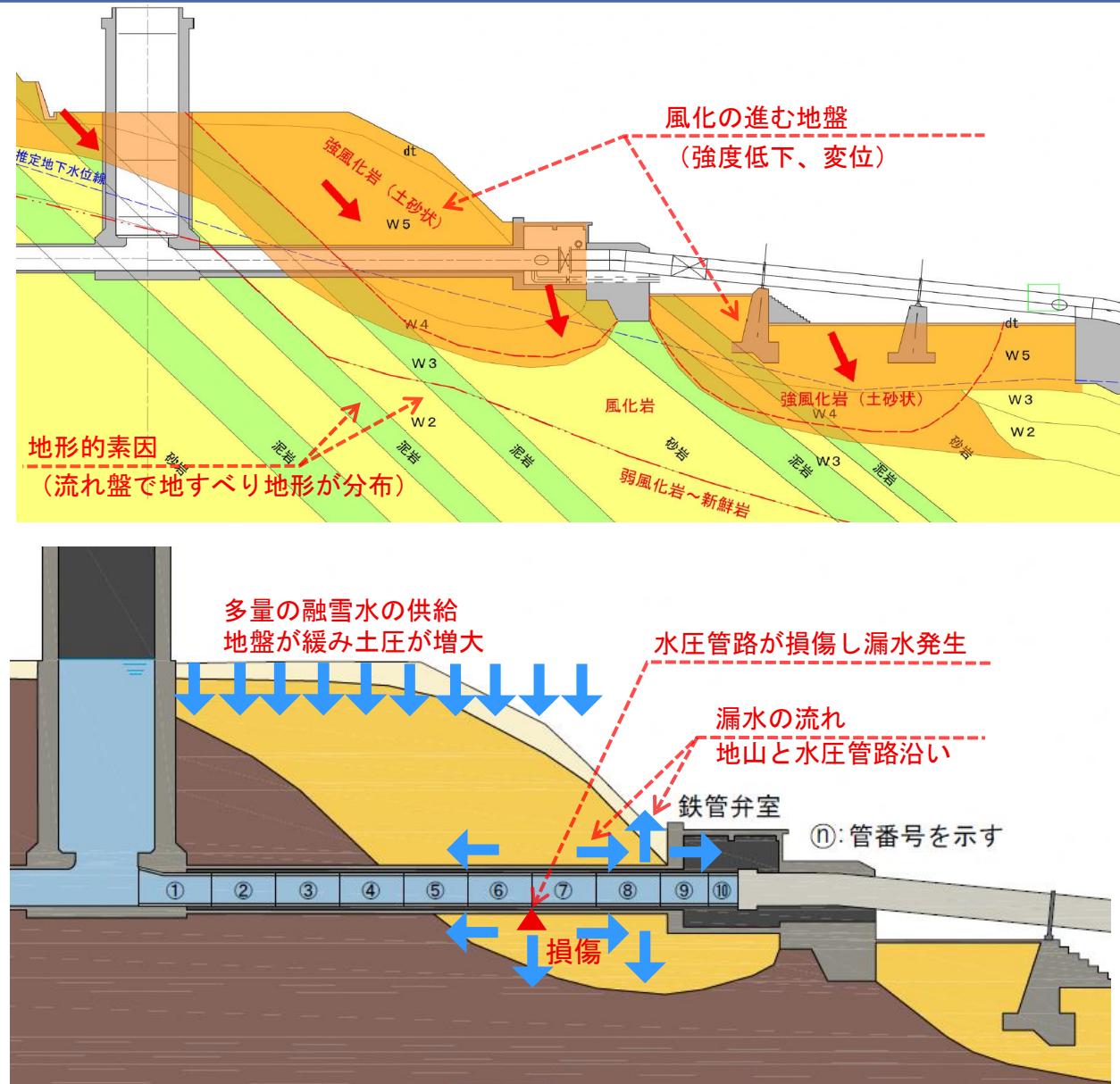


水圧管路破断面（単管⑥下流端）



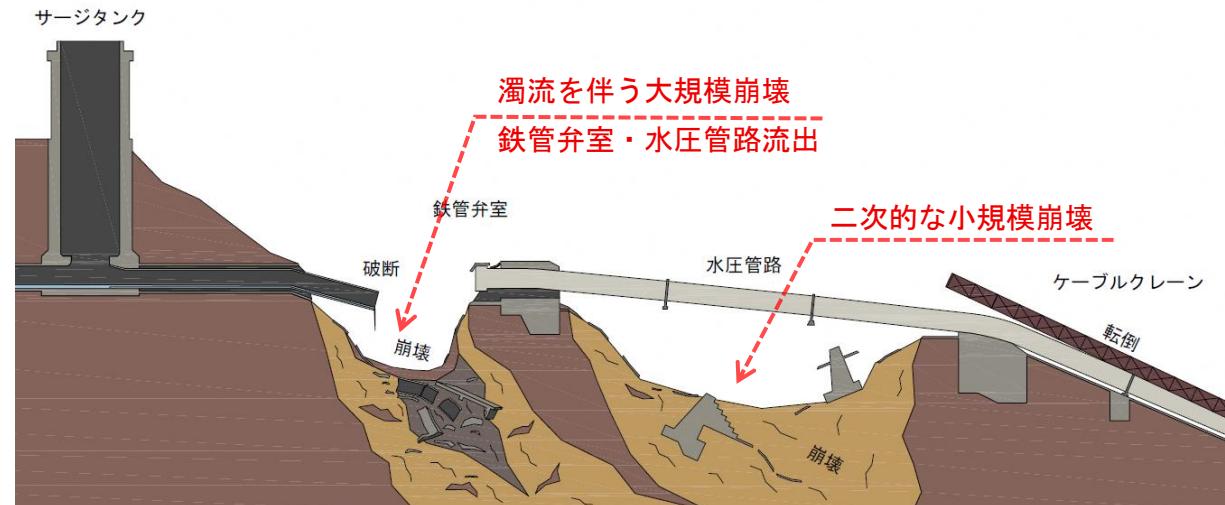
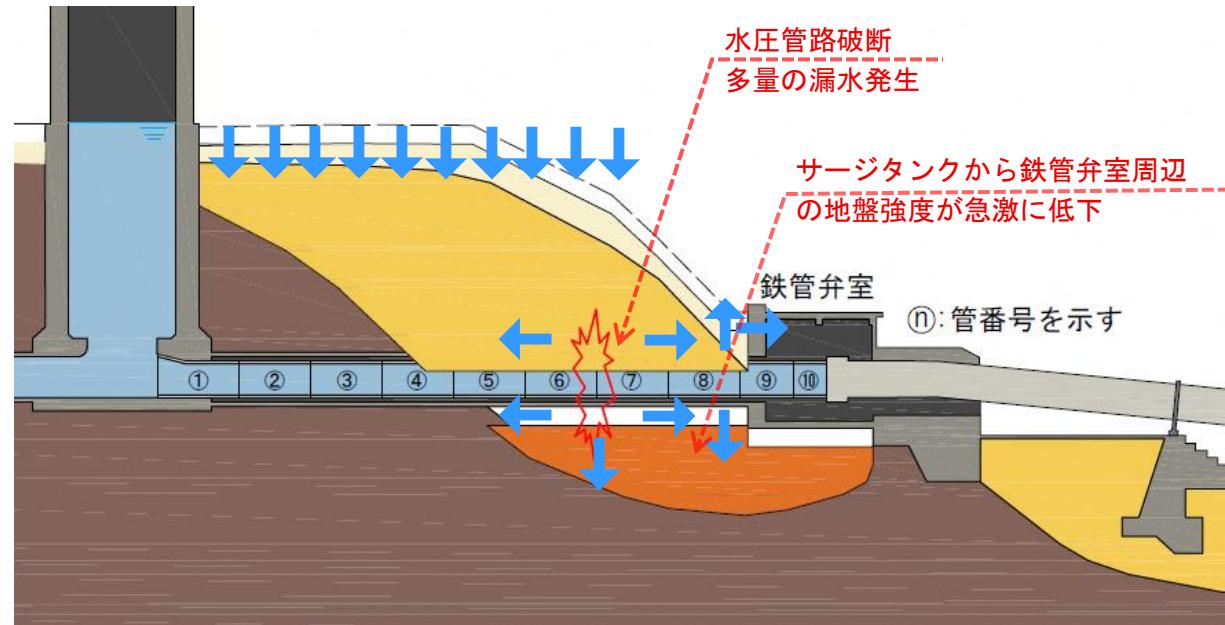
3 - 6 まとめ

- 高田発電所の付近の地山は、崩壊要因を有する地質環境下にあり、長年にわたる降雨や融雪水の浸透により風化が進行し沈下等の変位が累積されていた。
- 令和7年3月下旬の残雪が多くある中、高温が続き一気に融雪が進んだことで、多量の融雪水が地山に浸透。これにより地山の緩みが急激に進行し、水圧管路への土圧が増大。
- この土圧に耐えられなくなった水圧管路の溶接継手部に部分的な亀裂が生じ、漏水が発生。



3 - 6 まとめ

- 漏水は、地盤に浸透すると共に、水圧管路に沿って鉄管弁室へも流れ、鉄管弁室の基礎部及びその周辺の地盤強度を低下させた。
- 融雪水に加えて多量の漏水が浸透したことにより、斜面の安定性が限界を超えて、土砂崩壊が発生し、水圧管路が破断。
- 破断した水圧管路から後谷ダムに貯留されていた大量の水が放出され、斜面崩壊が拡大し、周辺でも二次的な小規模崩落が発生した。



4 再発防止

(1) 地盤変状リスクの予見性を高め、保安確保能力の向上を図る

- 今般の事故が地山の崩壊に起因するものであったことに鑑み、一義的には地盤の変状リスクへの対応も含めた水路等の保安確保能力向上に資する取組が必要と判断。
- 具体的には、所管の全水力発電所に係る水路等の構造物を対象とした状態診断業務を委託実施（R7.10.31～）。

名 称：R7猿委3第1号 猿田発電所他11箇所構造物診断業務委託

受託者：株式会社東設土木コンサルタント

概 要：新潟県企業局の全水力発電所を対象とし、次の業務を実施

- ・必要箇所に対する概略的な地すべり調査※
- ・ダム・水路等の構造物点検、健全性評価及び対策の要否検討
- ・企業局で直営実施する巡視点検の項目及び方法等についての再評価

※「砂防・地すべり（計画と設計）地すべり編（新潟県土木部）」に基づく「地すべり調査」のうち、予備調査及び概査に相当する調査

当該調査により、地盤の変状リスクが認められた場合には、状況に応じて更なる詳細調査、解析等を実施する予定

(2) 第三者被害が生じる可能性がある突発事態への対処能力向上

- 水路破断等の第三者への被害波及が懸念されるような重大事故が生じた場合に備え、冬期間も含めた緊急対処の在り方について改めて検討する。
 - ・緊急的に水路の閉止を行うための操作方法、対応基準及び実施体制等の策定・整備に向けた検討を進める。
 - ・露出水圧管路及び土被りが浅い水路工作物については、改めて住宅等の建造物及び道路等との離隔距離から影響リスクを評価した上で、第三者への被害を想定し、防災関係機関や地域関係者との連携や連絡体制の構築、広報体制の整備等について検討、調整を行う。

(3) 保安教育の強化

- 前記取組の実効性を高めるため、ダム水路設備の点検、操作等に係る保安教育の質的向上を図る取組を進める。
 - ・これまで、ダム水路設備に関する保安教育については、OJT及び外部講習受講を主体としてきたが、今般の事故を受け、専門コンサルタントから講師を招聘して導水路内部点検に係る現場研修を実施した。受講後の評価も高かったため、今後も同様の研修形態での実施を継続する。
 - ・発電所の保安現場に携わる職員の若年化が進んでおり、保安規程に基づく組織体制、点検実施基準及び取組姿勢等について、改めて研修指導する機会を設ける。