

黒川第一発電所の復旧可能性に関する評価委員会
報告書

2019年10月
黒川第一発電所の復旧可能性に関する評価委員会

[目 次]

1	はじめに	P 1
2	黒川第一発電所の被災状況	
2.1	黒川第一発電所の概要	P 2
2.2	発電所地点の地震の概要	P 2
2.3	既設備の損壊状況	P 3
3	発電所を復旧するとした場合の対策	
3.1	基本方針	P 4
3.2	既設備の評価	P 4
3.3	周辺の地形・地質	P 5
3.4	ハード対策	P 9
3.5	ソフト対策	P 10
4	廃止設備の長期安全対策	P 12
5	工事中の安全・環境対策	P 12
6	まとめ	P 13
7	おわりに	P 14

1 はじめに

- 本委員会は、2016年の熊本地震で甚大な被害を受けた九州電力㈱黒川第一発電所が、安心・安全な設備として復旧可能か否かを評価するため、2019年1月に設置された。
- 2016年の熊本地震では、4月16日の本震により、水路やヘッドタンク等の設備が損壊し、発電用水が流出する事象が発生した。特に、ヘッドタンク付近では、斜面崩壊により基礎地盤が失われ、設備が損壊。流出した発電用水が崩壊土砂を巻き込みながら流下し、下方の南阿蘇村新所区集落が被災した。
- この事象を踏まえ、同発電所を復旧するとした場合には、設備損壊による発電用水の流出が、集落等の第三者へ影響を与えることがないように、ハード、ソフトの面から多重の対策を講じることが重要である。
- よって、本委員会第1回を2019年1月22日に開催し、それ以降同年10月17日の第5回までを通して、既設備の安全対策をはじめ、黒川第一発電所が復旧するとした場合に安心・安全な設備配置が可能か否か、設備対策（ハード対策）及び運用対策（ソフト対策）について評価してきた。
- 本報告書は、評価委員会での評価結果についてとりまとめたものである。

2 黒川第一発電所の被災状況

2.1 黒川第一発電所の概要

- 黒川第一発電所は1914年に開発された流れ込み式水力発電所（当初6,000kW）。1953年に25,000kW、1985年に42,200kWへ出力を増強するとともに、灌漑用水を分水(図2-1)

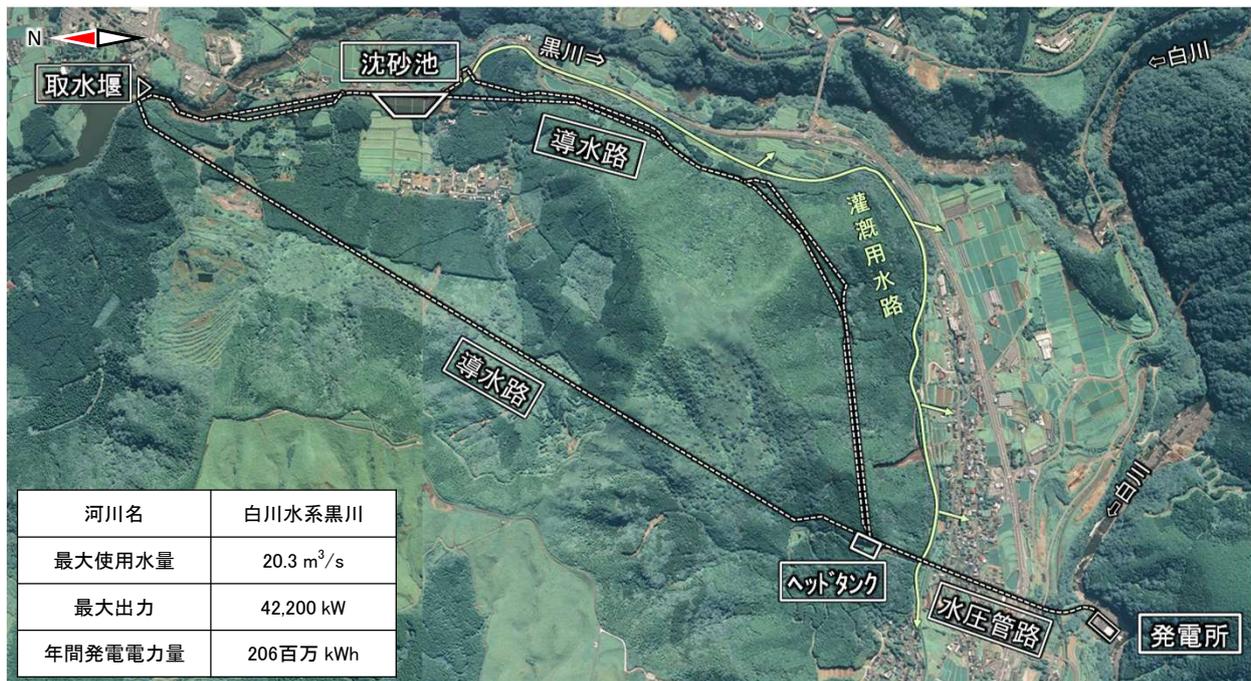


図2-1 黒川第一発電所の概要

2.2 発電所地点の地震の概要

- 熊本地震では、2016年4月14日に発生したM6.5の前震、2日後の4月16日に発生したM7.3の本震で、ともに最大震度7を観測(図2-2、図2-3)
- 発電所近傍の観測点で本震時に震度6強(南阿蘇村河陽)を記録していることから、発電所地点の本震時震度は6強と推定(図2-4、表2-1)

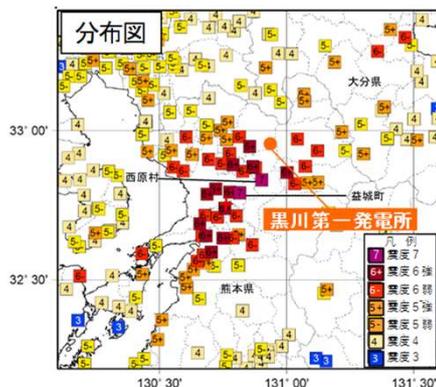


図2-2 本震の震度分布図

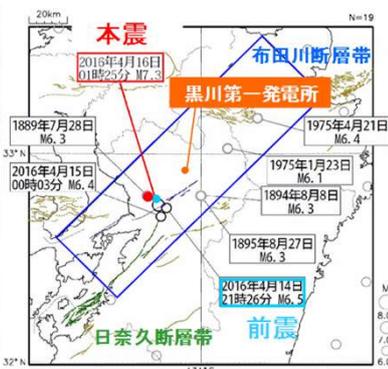


図2-3 震央分布図



図2-4 黒川第一発電所近傍の震度観測点
(南阿蘇村河陽、阿蘇市内牧、大津町引水)

気象庁「平成28年(2016年)熊本地震について(第7報)」を加工

地震調査研究推進本部事務局「平成28年(2016年)熊本地震の評価(地震本部H28.5.13)」の震央分布図を加工

行政界：国土交通省国土政策局「国土数値情報行政区画データ(平成27年)」を使用

表2-1 発電所地点の地震の概要

地震	最大震度	黒川第一発電所地点の推定震度 (近傍観測点の最大震度)	今回活動したとみられる断層	マグニチュード	黒川第一発電所ヘッドタンクとの距離	
					震源との距離	断層との最近接距離
本震(4/16)	7	6強	主に布田川断層帯 布田川区間	7.3	約24 km	約700m
前震(4/14)	7	5弱	日奈久断層帯 高野-白旗区間	6.5	約22km	-

2.3 既設備の損壊状況

- ・熊本地震による大きな設備損壊を10箇所を確認(図2-5、表2-2)



図2-5 熊本地震による損壊箇所

表2-2 熊本地震による損壊箇所と損壊状況

番号	損壊箇所	損壊状況
①	トンネル上部 斜面	トンネル上部の九州電力社有地及び村有地の斜面が崩壊。なお、トンネル内の覆工コンクリートに損壊はない
②	導水路 (開きよ)	阿蘇大橋付近の大規模斜面崩壊により発電用水が水路外にあふれたことで斜面が崩壊し、開きよの一部が損壊
③	導水路 (開きよ)	阿蘇大橋付近の大規模斜面崩壊により開きよが流失
④	導水路 (トンネル)	阿蘇大橋付近の大規模斜面崩壊により約30mの区間でトンネルが変形・損壊
⑤	導水路 (トンネル)	地震の揺れによりトンネル内の覆工コンクリート全周が剥離・剥落
⑥	導水路 (開きよ)	地震後の土石流により開きよが埋没。なお、構造物自体に大きな損壊はない
⑦, ⑧	導水路 (トンネル)	土被りが50m以上のトンネル内の2箇所で、断層のずれにより覆工コンクリートが損壊
⑨	導水路 (暗きよ)	周辺斜面の崩壊により暗きよが損壊
⑩	ヘッドタンク	周辺斜面の崩壊により設備の一部が損壊

3 発電所を復旧するとした場合の対策

3.1 基本方針

- ・ 熊本地震により、大規模な斜面崩壊が発生したことで基礎地盤が失われたヘッドタンク等の設備が損壊し水が流出した事象を踏まえ、設備損壊（発電用水の流出）による地域住民への影響を低減することが重要
- ・ 既設備の損壊状況や斜面崩壊等の自然災害リスクを踏まえたハード対策（設備配置や各設備対策の強化）とソフト対策（設備が万一損壊した場合の地域住民への安全対策）を組み合わせることで熊本地震相当の自然災害でも地域住民に影響を与えない設備とすることが必要

3.2 既設備の評価

- ・ 既設備の損壊状況を確認し、熊本地震でも損壊がなかった設備は流用可能と評価（表3-1、図3-1）

表3-1 既設備の評価

設 備	既設備の状況	流用の可能性
取水堰 ~ 導水路 ~ 沈砂池	大きな設備損壊なし	可
導水路※	斜面崩壊による開きよ流失、暗きよ・トンネルの損壊が複数発生	不可
ヘッドタンク	周辺斜面の崩壊により設備の一部が損壊	不可
水圧管路	大きな設備損壊なし	可
発電所	大きな設備損壊なし	可

※当導水路は沈砂池～ヘッドタンクの川側の導水路と取水堰～ヘッドタンクの山側の導水路にあたる既設導水路をいう（3.2～3.3）

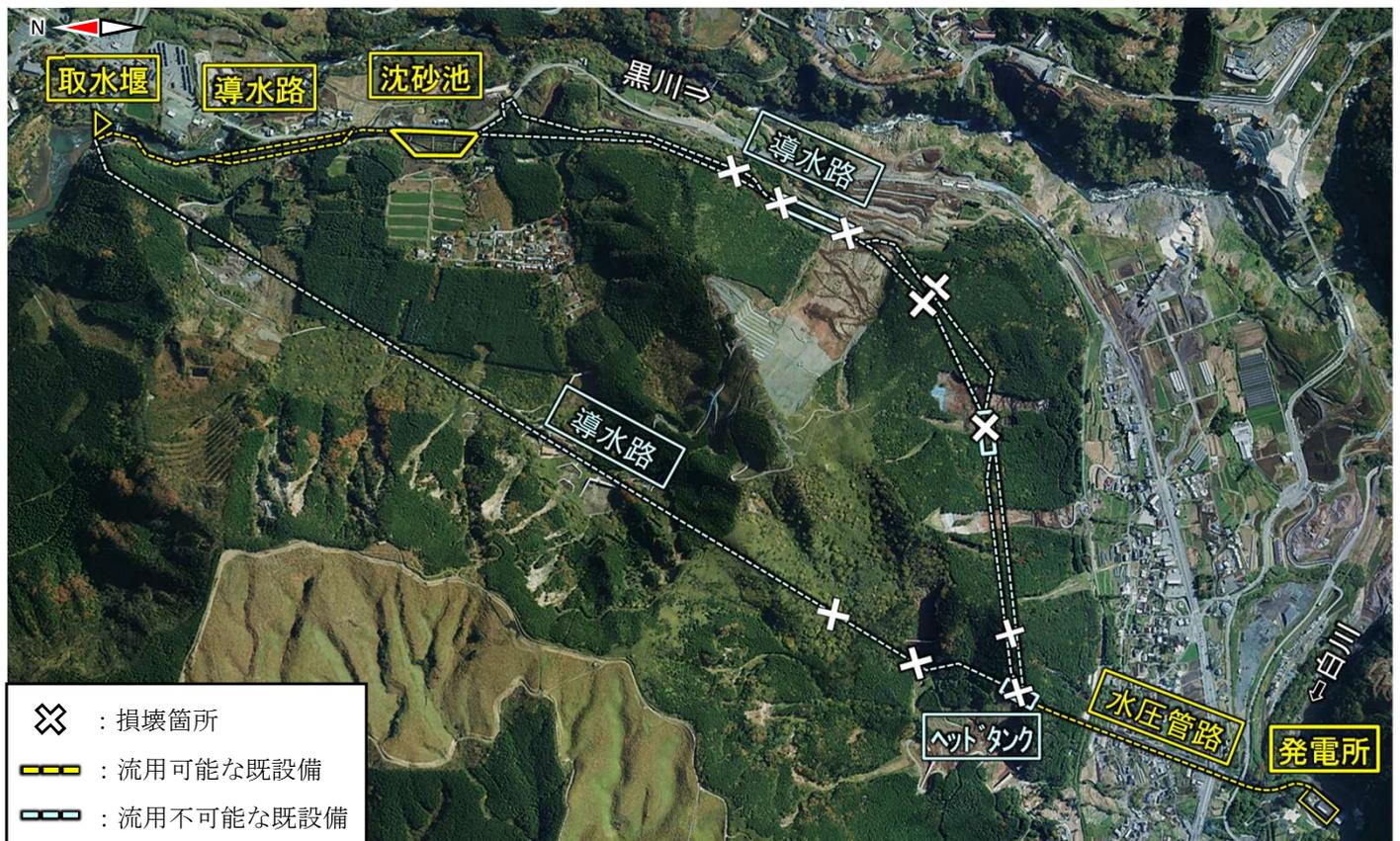


図3-1 既設備の損壊状況と流用の可否

3.3 周辺の地形・地質

(1) 阿蘇地域の地形・地質

- ・ 黒川第一発電所が位置する阿蘇地域の地形は、約27万年前から9万年前の間で発生した4回の大規模噴火によってできたカルデラ地形。外輪山の内側は、地表が陥没したことで形成された急峻な地形
- ・ カルデラの西側には、外輪山を東西に横断する谷（立野火口瀬）が存在し、その付近には、2016年の熊本地震の震源である布田川断層帯が存在（図3-2）
- ・ 外輪山・カルデラには、先阿蘇火山岩類、火山灰、沖積層、崖錐・扇状地堆積物、阿蘇火砕流堆積物が主に分布（図3-3）

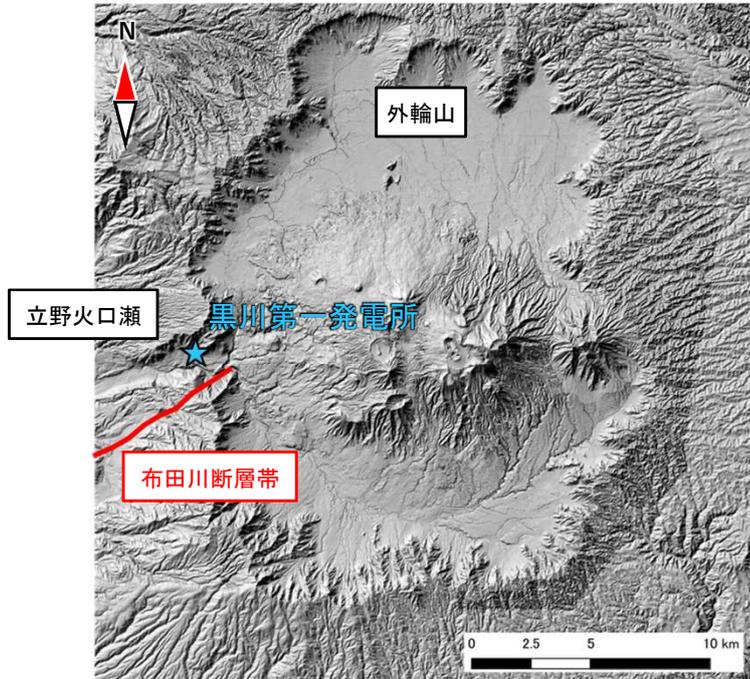


図3-2 阿蘇地域の地形

出典1) 産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト「活断層データベース」
 出典2) 国土地理院「陰影起伏図」

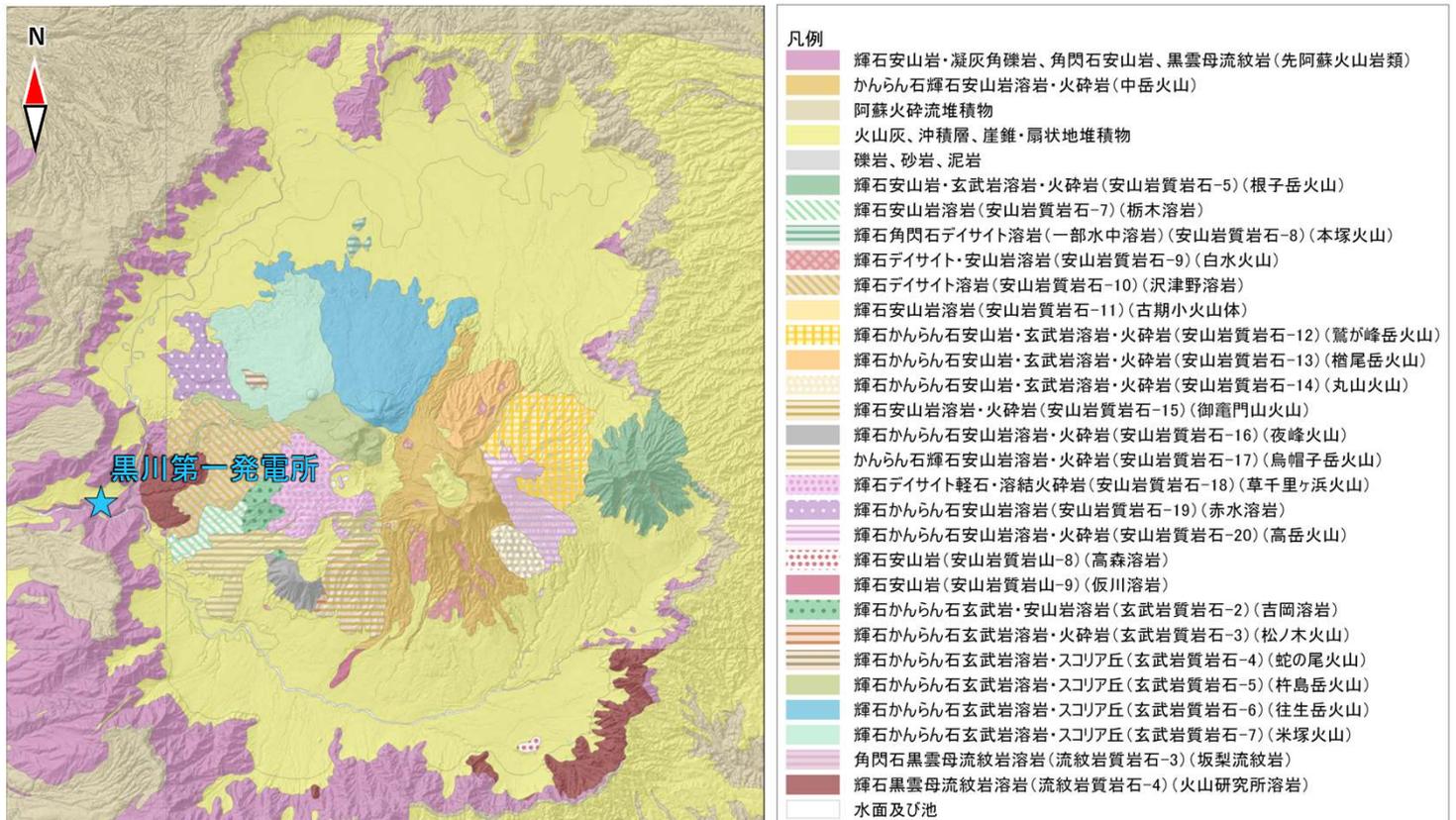


図3-3 阿蘇地域の地質

出典1) 熊本県環境特性情報データベース<第二版> (平成17年版) 表層地質を加工
 出典2) 国土地理院 陰影起伏図

(2) 発電所周辺の地形・地質

- ・ 発電所周辺は、阿蘇のカルデラ地形の一部
- ・ 導水路からヘッドタンクまでは、外輪山の急峻な地形を呈しており、水圧管路から発電所にかけては、立野火口瀬内に形成された台地状の地形
- ・ 発電所周辺の地質構造を確認するため、発電所周辺で地質調査を実施(図3-4)
- ・ 沈砂池から水圧管路までの周辺山地は、先阿蘇火山岩類(塊状部、自破碎部及び凝灰角礫岩)が分布(図3-5)。概ね塊状部が分布する箇所は、CM級からCH級相当の堅硬な岩盤状態を呈し、自破碎部および凝灰角礫岩が分布する箇所は、CL級からCM級相当の岩盤状態を呈している(図3-6)
- ・ 発電所周辺には、大規模な破碎帯や断層などは認められない

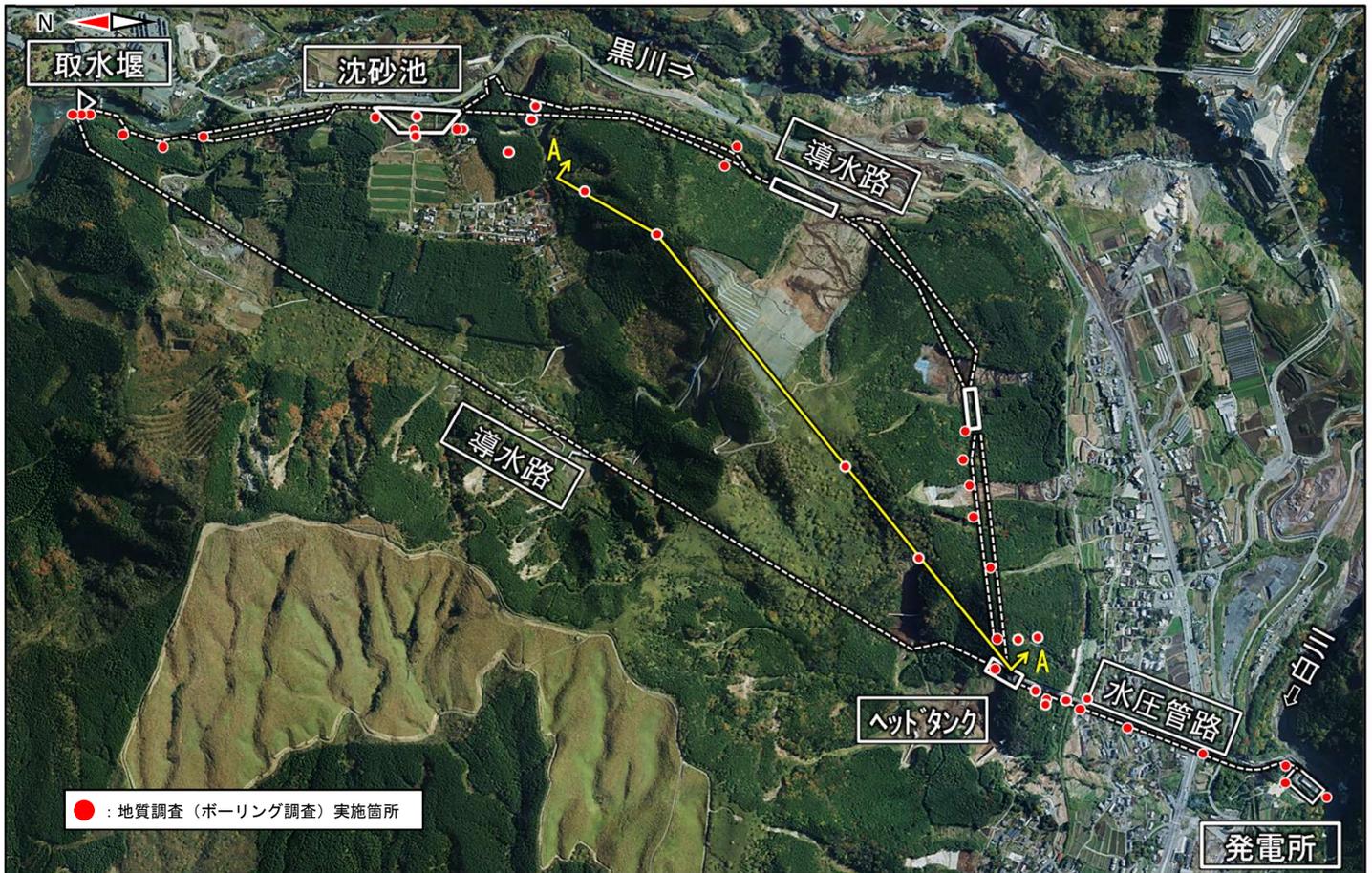


図3-4 ボーリング調査位置図

< 凡 例 >

dt	崖錐堆積物
Lm	口—ム
odt	古期崖錐堆積物
Pam	溶岩塊状部
Paa	溶岩自破碎部
Pab	凝灰角礫岩
-----	地質境界

先阿蘇火山岩類

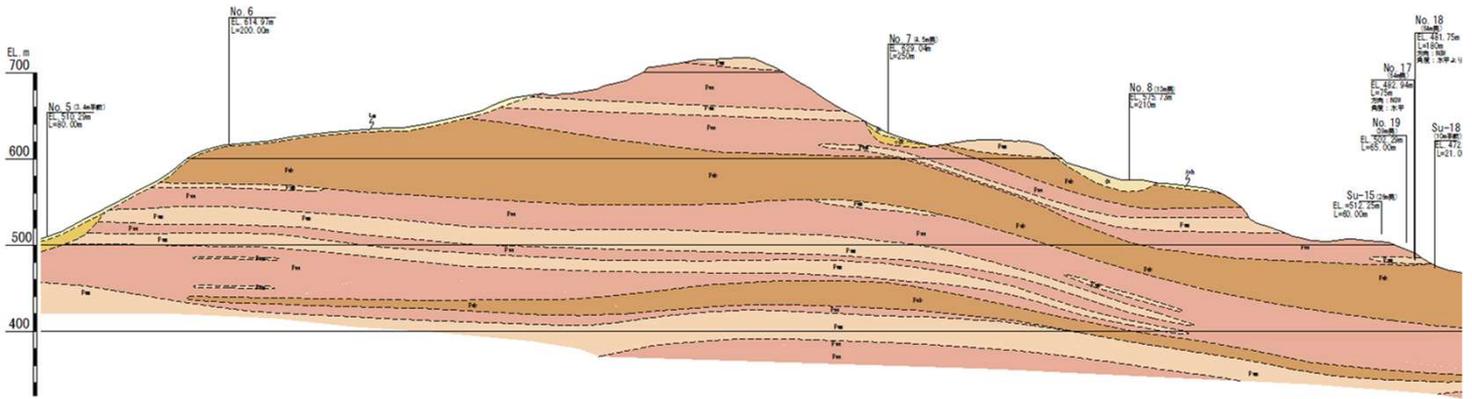


图3-5 A-A断面图（地質区分图）

D	D級岩盤
CL	CL級岩盤
CM	CM級岩盤
CH	CH級岩盤
-----	岩級区分

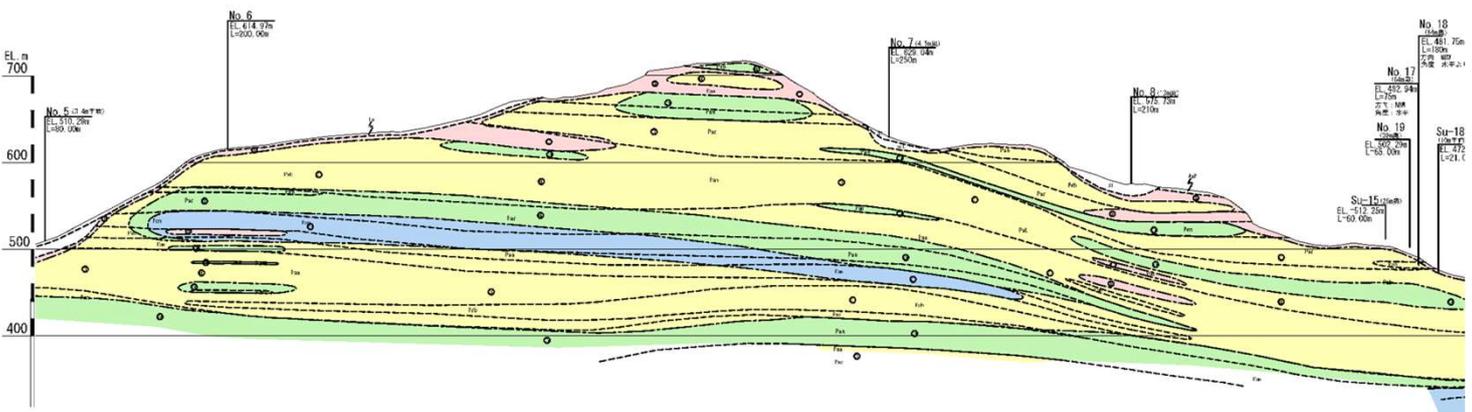


图3-6 A-A断面图（岩級区分图）

(3) 発電所周辺の自然災害リスク

- ・ 発電所周辺の断層、土砂災害特別警戒区域（土石流、急傾斜地の崩壊）の自然災害のリスクがある場所との位置関係を整理(図3-7)
- ・ 導水路内で確認された断層は、熊本地震の震源となった布田川断層の活動に伴ってずれ動いたもの（副断層）と推定され、変位量も最大30cm程度と小さく、地震を引き起こしたものではないと評価(表3-2)

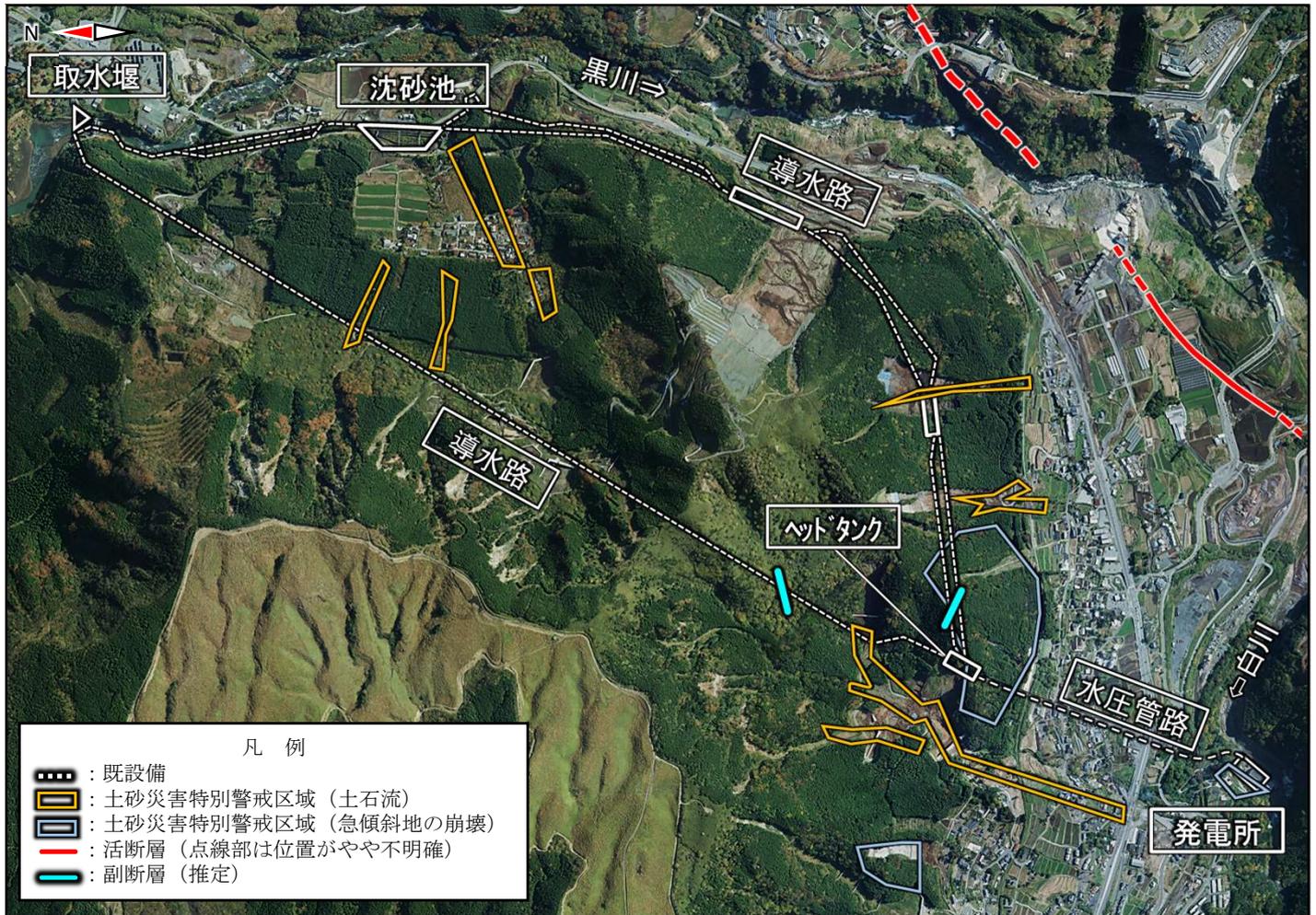


図3-7 自然災害のリスク

表3-2 導水路内で確認された断層と布田川断層との比較

項目	導水路内で確認された断層	布田川断層
変位形態	縦ずれ断層	右横ずれ断層
変位量	5cm～30cm	右横ずれ最大2.5m程度
長さ	100m～300mと推定	布田川地震断層帯：29km
震源となっているか	震源ではない	熊本地震の震源断層

3.4 ハード対策

(1) 基本方針

- ・可能な限り周辺の自然災害リスクを回避できる設備配置とすることが必要(図3-8)
- ・また、地質調査の結果、設備損壊のリスクがある箇所や万一設備が損壊した場合に集落や道路等の第三者への影響が想定される箇所は設備対策の強化が必要(表3-3)

(2) 復旧するとした場合のハード対策

表3-3 各設備のハード対策

設備	評価結果	対応策
I 取水堰	・熊本地震で損壊がなかったため現位置での復旧は可能	・既設備を流用
II 導水路	・熊本地震で損壊がなかったため現位置での復旧は可能	・既設備を流用 (道路直下を横断する箇所は、導水路を補強し、設備損壊による影響を低減する)(図3-9)
III ヘッドタンク	・周辺斜面の崩壊により設備が損壊しているため現位置での復旧は不可 ・集落への水の流出を避けることができる平坦な箇所に設置することが必要	・平坦かつ熊本地震で損壊がなかった現在の沈砂池の位置に新設
IV 水路トンネル	・既設導水路は、熊本地震で設備が複数損壊しているため、現位置での復旧は不可 ・斜面崩壊等のリスクを回避すること及び副断層と交差する箇所は、断層のずれに追従できる構造とすることが必要	・ヘッドタンクから水圧管路を結ぶトンネルを可能な限り山の地下深い位置に新設 ・副断層と交差する箇所は断層用鋼管等の採用を検討(図3-10)
V 水圧管路	・熊本地震で損壊がなかったため、現位置での復旧は可能 ・なお、水圧管路下部は土砂災害特別警戒区域に該当しない	・現在の水圧管路下部のルートに新設
VI 発電所	・熊本地震で損壊がなかったため、現位置での復旧は可能 ・発電所の一部が土砂災害特別警戒区域に該当するが、万一損壊しても周辺に集落等が存在しないため、影響はない	・現在の発電所の位置に新設



図3-8 復旧するとした場合の設備配置



図3-9 導水路補強のイメージ

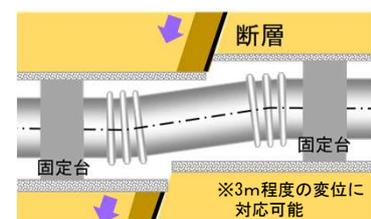


図3-10 断層用鋼管のイメージ

3.5 ソフト対策

(1) 基本方針

- 熊本地震の教訓を踏まえ、自然災害において万一設備損壊による水の流出が発生しても、それを継続させない対策及び情報を迅速に収集・発信するための対策が必要

(熊本地震の教訓)

- 水の取込口である取水口の門を速やかに閉めることができず、損壊設備からの水の流出が長時間継続
- 道路の寸断等により、損壊設備の状況を把握するのに時間を要した

(2) 水流出の抑制

- 万一設備が損壊しても発電用水を地域住民の周辺へ流出させないため、震度・雨量が一定の値を超えた場合、取水口・水圧管路制水門を自動的に閉めるシステムを構築。万一発電用水が流出した場合に備えて、設備内の水を安全に流せるルートを確認することが必要(図3-11)
- それぞれの制水門は、地震・大雨に耐えうる構造とすることが必要

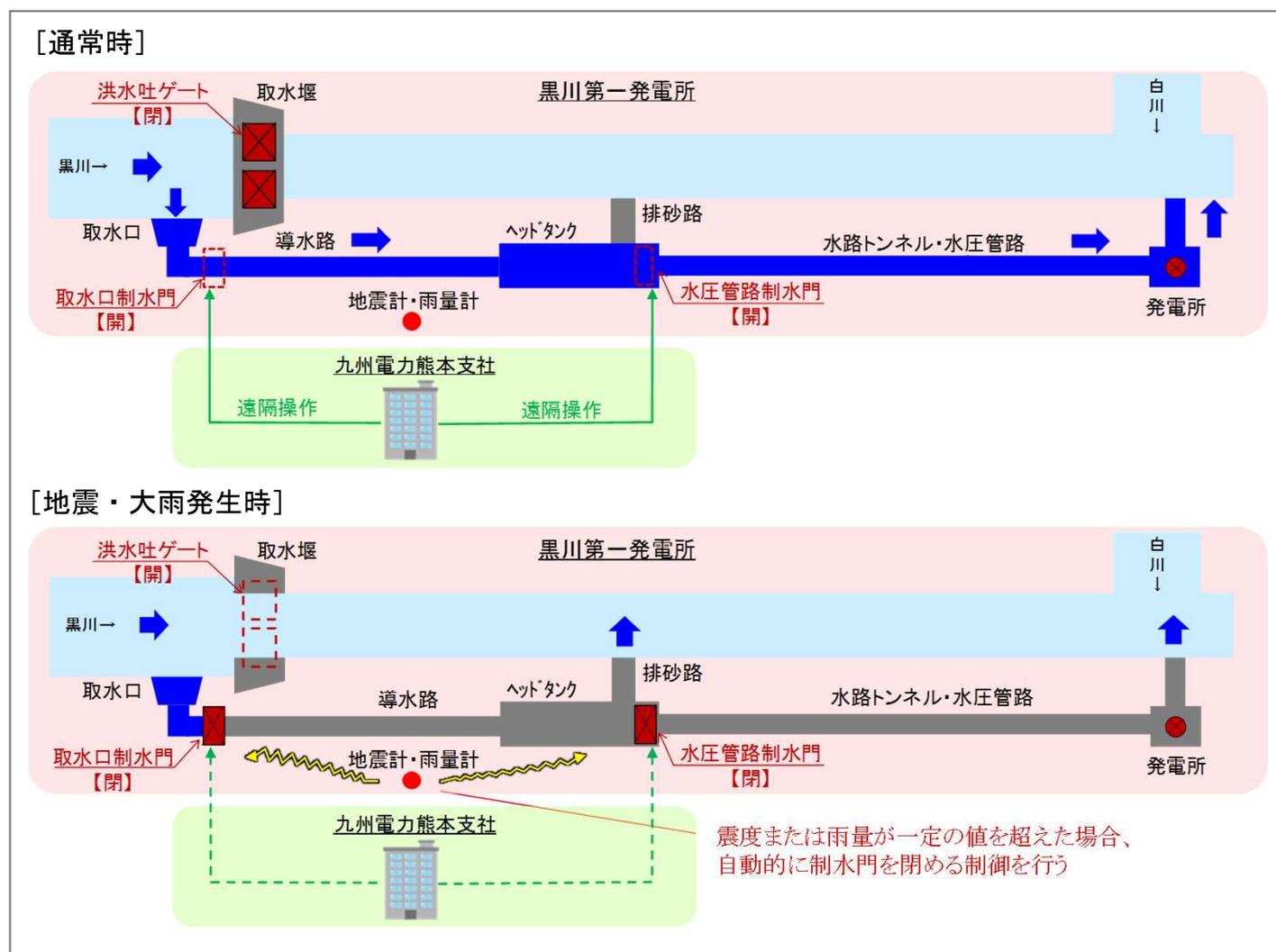


図3-11 取水口・水圧管路制水門の自動制御システムと設備損壊時の排水ルートのイメージ

(3) 危機情報等の迅速な収集とわかりやすい情報発信

- ・ 現地の情報を迅速に正しく収集できる手段（監視カメラ等）の強化が必要
- ・ 更に、設備損壊によって地域住民への影響が想定される場合は、その情報が住民に確実に届くよう緊急時の関係機関との連携強化が必要(図3-12)

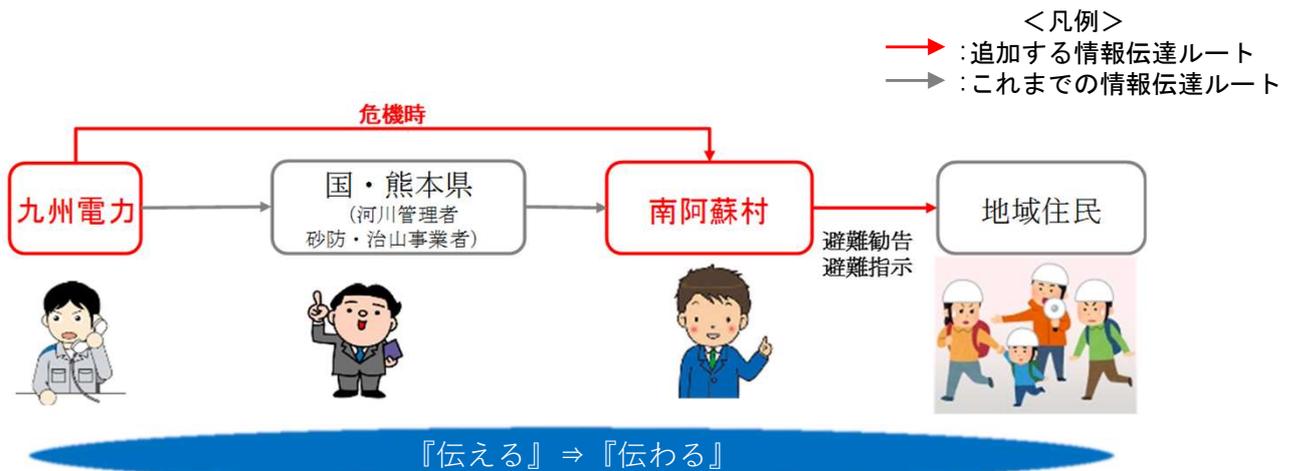


図3-12 緊急時の情報伝達の一例

(4) 平時のリスクコミュニケーション

- ・ 緊急時の情報伝達が機能するよう日頃から関係機関と連携した地域とのリスクコミュニケーションが必要(図3-13)

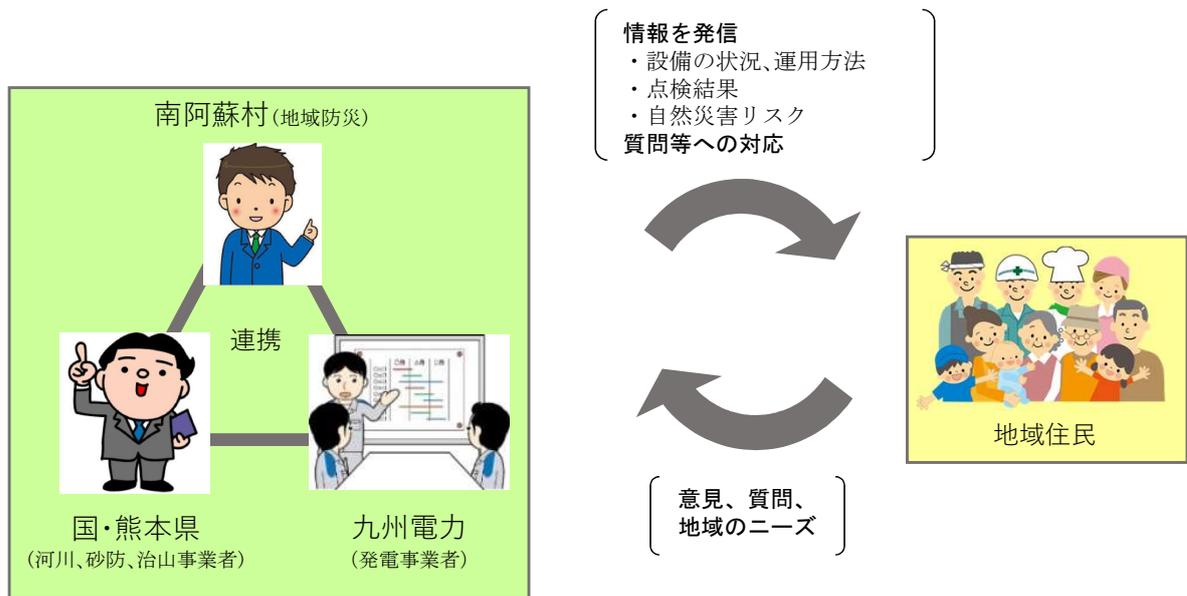


図3-13 リスクコミュニケーションの一例

(5) 維持管理の強化

- ・ ソフト対策の重要な役割を担う制水門等については、確実に機能するように動作点検内容の強化や、重要部品の定期的な交換（予防保全）等が必要

4 廃止設備の長期安全対策

- ・ 廃止となる設備については、これまでの調査結果およびこれまでに実施した安全対策を踏まえると、現時点において周辺に悪影響を及ぼさないための追加対策は不要
- ・ ただし、長期的な影響を考慮した安全対策が必要(表4-1)

表4-1 廃止設備の想定される悪影響と長期安全対策

廃止設備	想定される悪影響	長期安全対策
導水路	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水路の劣化により水路が損壊することで、地山が不安定化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート等充填によるトンネル坑口付近、損壊箇所および開きよの補強
ヘッドタンク	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートの劣化により上部斜面が不安定化 ・ 下部斜面が風化、浸食されヘッドタンクが不安定化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 周辺斜面の表面保護工(図4-1) ・ コンクリート等充填による補強
水圧管路(上部)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定台が地震により不安定化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水圧鉄管の撤去 ・ 落石が多数発生しているため、固定台を有効活用した落石対策が必要

現 状



今後の対策イメージ



図4-1 ヘッドタンク周辺斜面の表面保護工のイメージ

5 工事中の安全・環境対策

- ・ 工事に伴う第三者への影響を低減するため、車両通行ルールの策定、騒音・振動対策等が必要
- ・ また、沈砂池から分水している灌漑用水については、工事による影響を低減する対策が必要

6 まとめ

- 既設備の損壊状況や崩壊斜面等の自然災害リスクを踏まえたハード対策と設備が万一損壊した場合でも地域住民への影響を低減するソフト対策を組み合わせることにより(表6-1)、万一熊本地震相当の自然災害が発生したとしても地域住民に影響を与えない安心・安全な黒川第一発電所の復旧は可能と評価
- なお、今後の調査や施工の際に新しい知見が得られた場合は、対策を実施することが必要

[ハード対策] 表6-1 黒川第一発電所を復旧するために必要な対策のまとめ

設 備	評価結果	対応策
取水堰	・熊本地震で損壊がなかったため現位置での復旧は可能	・既設備を流用
導水路	・熊本地震で損壊がなかったため現位置での復旧は可能	・既設備を流用 (道路直下を横断する箇所は、導水路を補強し、設備損壊による影響を低減する)
ヘッドタンク	・周辺斜面の崩壊により設備が損壊しているため現位置での復旧は不可 ・集落への水の流出を避けることができる平坦な箇所に設置することが必要	・平坦かつ熊本地震で損壊がなかった現在の沈砂池の位置に新設
水路トンネル	・既設導水路は、熊本地震で設備が複数損壊しているため、現位置での復旧は不可 ・斜面崩壊等のリスクを回避すること及び副断層と交差する箇所は、断層のずれに追従できる構造とすることが必要	・ヘッドタンクから水圧管路を結ぶトンネルを可能な限り山の地下深い位置に新設 ・副断層と交差する箇所は断層用鋼管等の採用を検討
水圧管路	・熊本地震で損壊がなかったため、現位置での復旧は可能 ・なお、水圧管路下部は土砂災害特別警戒区域に該当しない	・現在の水圧管路下部のルートに新設
発電所	・熊本地震で損壊がなかったため、現位置での復旧は可能 ・発電所の一部が土砂災害特別警戒区域に該当するが、万一損壊しても周辺に集落等が存在しないため影響はない	・現在の発電所の位置に新設

[ソフト対策]

項 目	要求事項	対応策
水流出の抑制	・万一設備が損壊しても発電用水が地域住民の周辺へ流出しない対策が必要	・震度が一定の値を超えた場合、取水口・水圧管路制水門を自動的に閉めるシステムを構築 ・万一発電用水が流出した場合に備えて、設備内の水を安全に流せるルートを確保
危機情報等の迅速な収集と分かりやすい情報発信	・現地の情報を迅速に正しく収集できる手段を強化し、設備損壊が発生した場合でも現地の状況を把握できる対策が必要 ・収集した情報が確実に地域住民に届く対策が必要	・監視カメラ等の情報収集手段の強化 ・設備損壊によって地域住民への影響が想定される場合は、その情報が住民に確実に届くよう、緊急時の関係機関との連携を強化
平時のリスクコミュニケーション	・緊急時の情報伝達が機能するためにリスクコミュニケーションが必要	・日ごろから関係機関や地域住民に対して、設備の状況等の情報発信や質問等への対応を実施
維持管理の強化	・ソフト対策の重要な役割を担う制水門等については、管理の強化が必要	・緊急時に確実に作動するように動作点検内容の強化や重要部品の定期的な交換(予防保全)を実施

7 おわりに

- ・ 本委員会では、黒川第一発電所が安心・安全な設備として復旧可能か否かを設備対策（ハード対策）及び運用対策（ソフト対策）等の面から評価し、その結果を報告書としてとりまとめた。
- ・ 2016年に発生した熊本地震では、黒川第一発電所だけでなく大規模な斜面崩落の多発により、道路、鉄道、灌漑水路等の社会インフラに大きな被害が発生した。
- ・ また、西日本豪雨のように、自然災害は激甚化する傾向にあり、社会資本全体としての在り方が問われている。
- ・ 水力発電も例外ではなく、今後激甚化が予想される自然災害に対して関係機関と連携し、対応策を検討する姿勢が発電事業者には求められる。
- ・ 本委員会で得られた知見が、黒川第一発電所だけでなく他の水力発電所にも展開され、地域にとっての「安心・安全」につながれば幸いである。

〔黒川第一発電所の復旧可能性に関する評価委員会 委員〕

役 職	氏 名	専 門
熊本大学 大学院 先端科学研究部 教授 くまもと水循環・減災研究教育センター長	柿本 竜治	地域防災
熊本大学 名誉教授	北園 芳人	防災・地盤工学
熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 特任准教授	鳥井 真之	地質学(火山地質)
九州大学 大学院 工学研究院 附属アジア防災研究センター 教授	三谷 泰浩	岩盤工学
電力中央研究所 地球工学研究所 副研究参事	西内 達雄	構造工学
九州電力株式会社 熊本支社 技術部長	松野 隆	—
九州電力株式会社 熊本支社 技術部 課長 (黒川第一発電所 ダム水路主任技術者)	飯干 信幸	—