

# 湯沢発電所建屋屋根崩落に関する報告について

平成28年1月22日  
東京電力株式会社

---

## 1. 事故の状況

### ■ 発生日時

- ・ 2015年1月10日 6時34分

### ■ 事故発生 of 電気工作物

- ・ 名称 : 湯沢発電所建屋
- ・ 設置場所: 湯沢発電所(新潟県南魚沼郡湯沢町)
- ・ 沿革 : 1922年(大正11年) 東京電燈株式会社にて建設  
1923年(大正12年)5月 運転開始  
1939年(昭和14年) 日本発送電株式会社へ移管  
1951年(昭和26年) 東京電力株式会社へ移管
- ・ 諸 元 : 【最大出力】15,600kW  
【最大使用水量】6.121m<sup>3</sup>/s 【使用電圧】66kV  
【制御方式】遠隔常時監視制御方式(無人発電所)

### 【当社の対応体制】

#### ■ 原因究明・対策検討委員会

- ・ 武部常務執行役を委員長として関係各部を横断する検討体制を構築  
メンバーに社外有識者を迎え、知見を取り入れ原因究明を実施  
(2015年1月15日～ : 計8回開催)

#### ■ 現地対策本部

- ・ 武部常務執行役を本部長として、陣頭指揮を執ること、地域や社会に与える影響に鑑みた対応を検討することを目的に設置  
(2015年1月16日～ : 計45回開催)

### 【経済産業省への報告】

- 2015年5月28日 電気事業法第106条の規定に基づく報告徴収に対し最終報告書を提出

# 1. 事故の状況 (事故発生前における運転状況、体制等を含む。)

## 【事故発生前における運転状況】

### ■ 運転状況

・2015年1月10日: 水車発電機4台のうち3台で運転(出力7,900kW)

### ■ 建屋点検状況

・信濃川電力所建物管理保全基本マニュアルに基づく定期点検(漏水、躯体破損有無等目視確認)を1回/年の頻度で実施。至近では2014年11月9日に行い、異常はなかった。

### ■ 除雪実施状況

・過去の実績や安全対策施設の設置高さなどから、信濃川電力所豪雪対応マニュアルに屋根の除雪目安を1.5m程度に定め確認していた。今回も2015年1月5日に1.3m程度の積雪を確認したことから、協力会社へ手配を行い、調整の結果、2015年1月14日から除雪を行う予定となっていた。

2003年11月撮影  
湯沢発電所 外形



2014年11月9日撮影 建屋点検時のトラス状況

# 1. 事故の状況 (トラブル発生概要)

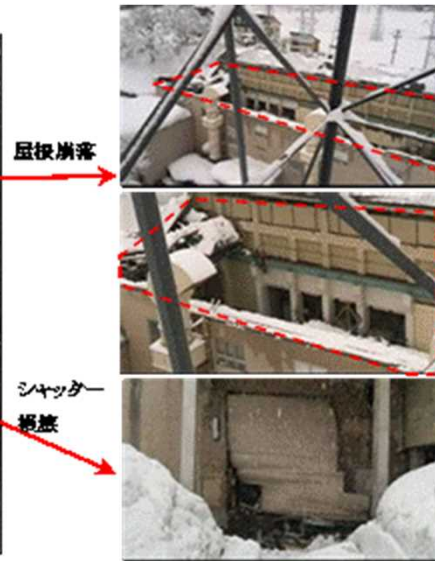
## 【トラブル発生概要】

- 湯沢発電所建屋屋根崩落(新潟県南魚沼郡湯沢町)・・・2015年1月10日 6時34分
  - ・6時34分 湯沢発電所にて構内回路の電氣的故障を検出、あわせて火災検知器が動作。
  - ・6時53分 取水口からの取水を停止
  - ・8時32分 当社社員により、建屋屋根の崩落を確認。人身事故の発生なし。
  - ・10時51分 湯沢発電所とつながる石打発電所沈砂池付近にて油の浮遊を確認。
  - ・14時30分 石打発電所沈砂池付近にオイルフェンスを設置。

湯沢発電所 外形



2003年11月 撮影



2015年1月10日 9時頃 撮影

■ 屋根崩落範囲

油流出状況とオイルフェンス設置



水路内を流れる浮油 (2015年1月10日 11時頃 撮影)

# 1. 事故の状況 (設備被害状況)

## 【設備被害状況】

- ・建屋屋根: 602m<sup>2</sup>崩落
- ・水車 : 1,2,3,4号機 導水路分岐管、流水遮へい装置、速度調整装置に破損あり
- ・発電機 : 破損なし
- ・変圧器 : No.1変圧器〔PCB含有:0.51mg/kg〕:

外観上異常なし, 油漏えいなし

↑ 法令によって管理対象となる濃度0.5mg/kg超過に該当

No.2変圧器〔PCB含有:0.48mg/kg〕: コンサベータ※傾斜, 配管フランジ破損, 低圧側碍子破損, 油漏えいあり

No.3変圧器〔PCB含有:0.44mg/kg〕: コンサベータ※脱落, 配管脱落, 油漏えいあり



※ 変圧器に充填されている絶縁油は周囲温度や通電により発生する熱によって体積変化を生じる。コンサベータとは、その体積変化を吸収する役割を担うもの。

## 【破損した設備からの油漏えい状況】→漏えい量4, 915L(漏えいは発電所構内で止めた)

- ・水車発電機軸受(潤滑油): 軸受～油冷却器を接続する循環配管、油冷却器から漏えいしたと想定
- ・制御用圧油装置(潤滑油): 圧油配管が破損し漏えいしたと想定
- ・入口弁圧油装置(潤滑油): 圧油配管が破損し漏えいしたと想定
- ・変圧器(絶縁油) : コンサベータと変圧器本体との接続部が破損し漏えいしたと想定

## 2. 他に与えた被害の状況及び当社の対応状況

### 【他に与えた被害の状況】

- ・今回の事故によって人身災害や供給支障は発生していない
- ・崩落した瓦礫等によって発電所構外への被害は発生していない
- ・公共用水域(周辺河川)への油流出は確認されていない

油漏えい、流出防止対応状況

対策事項	内容	実施結果	実施時期
石打発電所沈砂池付近で油の浮遊処理	オイルフェンス設置	設置完了	2015年1月10日
	河川パトロール実施	油なし確認	2015年1月10,11日
	油漏えい有無の現地監視	昼3時間毎、夜4時間毎実施	2015年1月10日～31日
湯沢発電所発電機フロア地下の放水路への油漏えい対策	放水路内に油受けと土のうにより仮設防油堤を設置	設置完了	2015年1月12日
	放水路内滞留の油の回収	回収実施済	2015年1月12日
	PCB含有検査	ごく微量(0.33mg/kg)のPCBを検出(回収実施済) 仮設防油堤により放水路内より外部への流出なし	2015年1月15日
	コンクリート壁設置による閉塞	設置完了	2015年1月30日～8月3日
漏えいした油の回収と流出防止対策の信頼性向上対策	仮設防油堤のごく微量のPCBを検出した油水を回収	回収実施済 (以降、放水路においてPCBは検出されていない)	2015年1月28日
	変圧器から充填絶縁油(ごく微量のPCB含む)を回収	撤去済(のべ14回実施)	変圧器現地解体完了 2015年6月30日
	油水分離装置の設置	撤去済	2015年4月16日～8月3日
	油水分離装置の設置	撤去済	2015年3月19日～8月3日
破損した油入機器の撤去	変圧器等の撤去	---	2015年7月13日完了

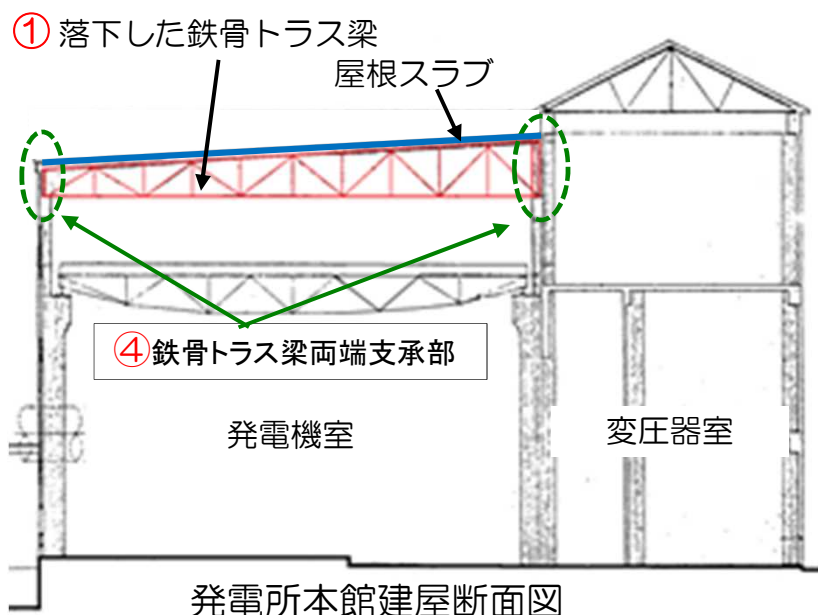
### 3. 事故原因分析 (除雪運用上の検証)

#### 【除雪運用の検証】

- 事故発生までの除雪計画の決定と決定後の対応状況→**規定通りに業務が行われていたか確認**
  - ・除雪計画は信濃川電力所豪雪対応マニュアルに基づき、過去の知見等を基に積雪状態を踏まえ除雪実施の判断をしていた。
- 除雪判断目安の根拠→**規定されている除雪判断目安の根拠の確認**
  - ・作業効率と作業安全に考慮し、積雪1.5m程度を目安に定めていた。
- 現行建築基準法と照し合わせた時の除雪判断目安の評価→**除雪判断目安の根拠は妥当か確認**
  - ・建築基準法に基づく新潟県の現行基準では、屋根設計に考慮する積雪荷重を積雪の単位荷重  $3\text{kg/cm}\cdot\text{m}^2$ 以上、積雪量を雪下ろしを行う屋根に対して200cmとしている。
  - ・当該建屋は、設計図書や構造計算書がなく、当初の設計に反映した最大荷重は不明である。いままでの除雪判断目安1.5m程度は、積雪量としては現行建築基準法の範囲内であったが、積雪の単位荷重への配慮はなかった。
- 2014年度冬期の気象状況ならびに雪質について→**積雪単位荷重の影響はあったのか確認**
  - ・屋根崩落までの間に降雨があり、密度の高い積雪状態に成りやすい環境であった。
  - ・湯沢発電所構内の積雪(230cm)から各層サンプルを採取し比重測定をしたところ、現行建築基準法で設計に考慮すべき積雪荷重(雪下ろしによる低減を考慮した値)  $600\text{kg/m}^2$ を上まわる  $750\text{kg/m}^2$ の結果であった。

過去の経験則に基づいた積雪深のみにより除雪判断を行うマニュアルとなっており、建屋の構造耐力を把握した上で積雪荷重を考慮した除雪実施基準となっていなかった。

### 3. 事故原因分析 (屋根崩落の状況調査)



#### 【屋根構造】

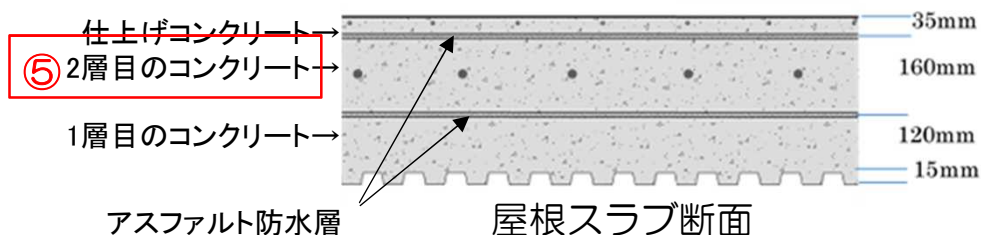
- ・屋根スラブは鉄骨トラス梁(以降「トラス梁」)の上に設置
- ・鉄骨トラス梁は22組で構成されていた

#### 【崩落状況の調査結果】

- ①トラス梁は22組全て落下
- ②トラス梁の構成材に大きな変形、破断等あり
- ③トラス梁の接合部(以降「ガセットプレート」)に複数破断、損傷あり
- ④トラス梁端部のアンカーボルトの差し込み状態から、両端支承部の固定が弱いことを確認
- ⑤屋根スラブの、1層目と2層目のコンクリートの間にアスファルト防水層がある特殊な構造であることを確認



② 崩落した鉄骨トラス梁(1組)の状況

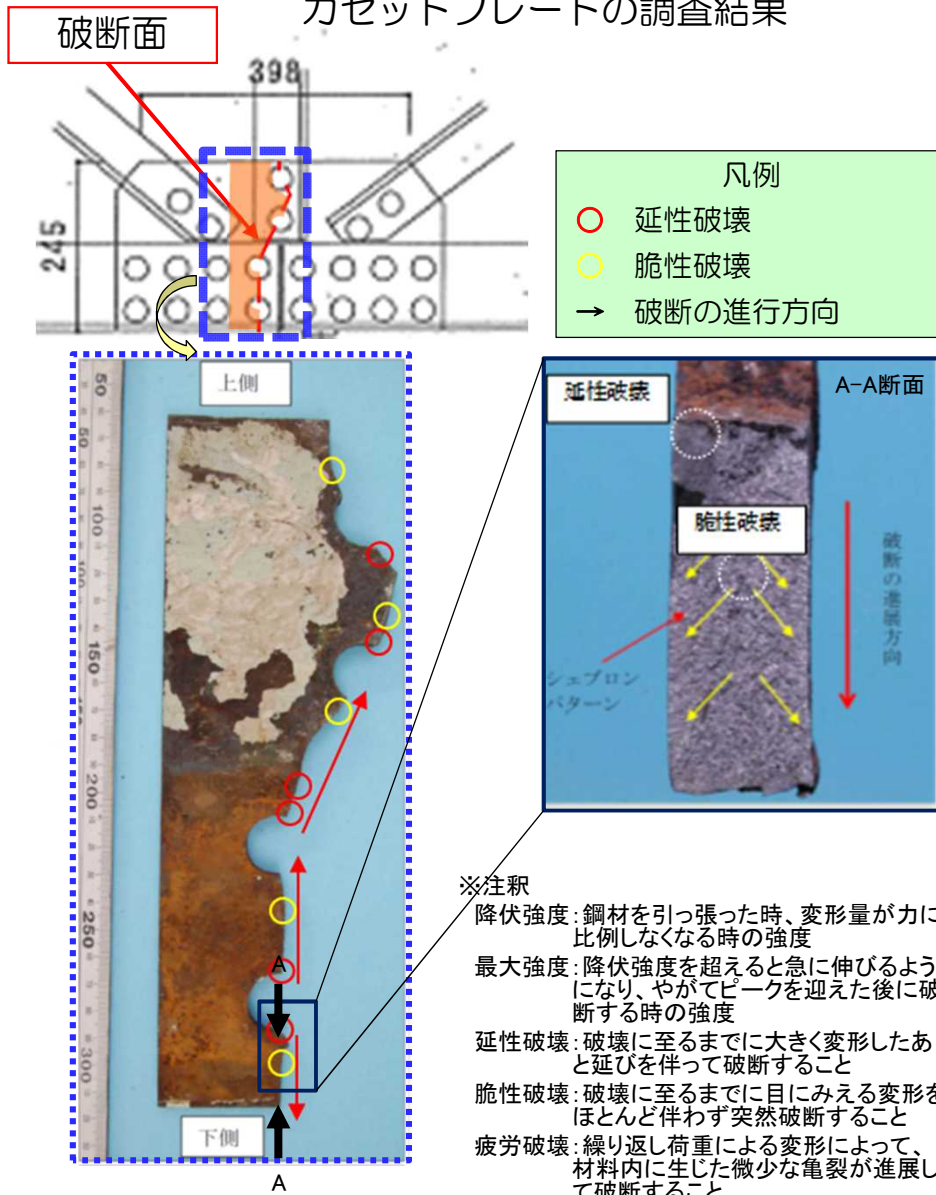


③ ガセットプレートの状況



### 3. 事故原因分析 (材料試験・耐力検討結果)

ガセットプレートの調査結果



#### 【トラス梁構成材の材料試験】

- ・崩落したトラス梁の各構成材より降伏強度、最大強度、伸び能力を確認
- いずれの試料においても一般的な鋼材の最低限の基準(降伏強度:  $235\text{N/mm}^2$ , 最大強度 $400\text{N/mm}^2$ , 伸び能力 $21.0\%$ 以上)を満たしており、また、成分分析結果から、崩落要因となり得る要素なし。
- ガセットプレートも同様の結果

#### 【ガセットプレート破断面調査】

- ・破断が認められたガセットプレートについて破面調査を実施
- 延性破壊、脆性破壊が認められ、疲労破壊は認められなかった。

#### 【トラス梁構成部の耐力】

- ・今冬の積雪荷重に対する各トラス梁の各構成部が負担する荷重(応力)を分析
- トラス梁中央部付近のガセットプレートにおいて、負担する荷重が部材の許容耐力(降伏強度)を超過(1.28倍)

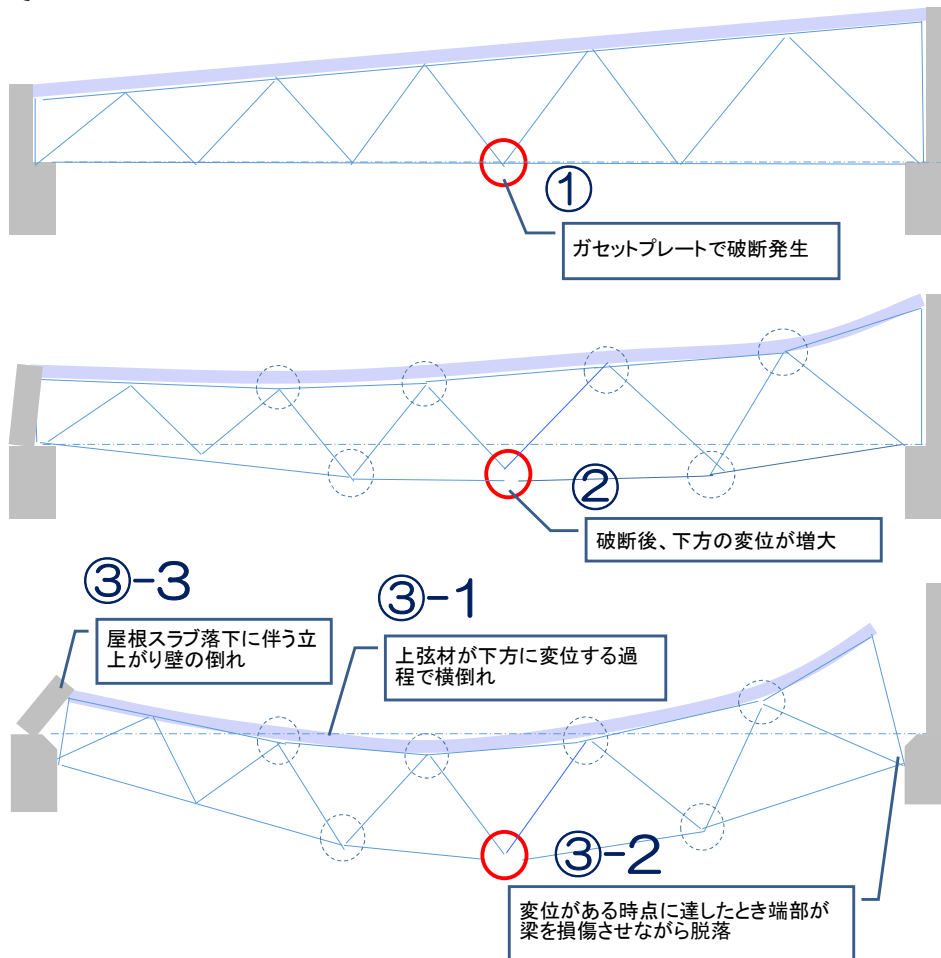
材料の経年劣化や、長年の繰り返し荷重による材料の疲労等は見受けられなかった。  
破断したガセットプレートには許容耐力を超える力がかかったことが想定され、破断面からは今冬の積雪により大きく変形した後に突然破断した形跡が確認された。

### 3. 事故原因分析 (崩落プロセス)

#### 【崩落プロセス】

・材料試験、数値解析、耐力検討結果から

（屋根の過大な積雪荷重により、トラス梁の中央部のガセットプレートが破断、トラス梁が屋根本体の重量と積雪荷重を負担しきれず崩落した。）



トラス梁崩落過程のイメージ図

- ① 建屋中央寄りの1つ、もしくは複数のトラス梁のガセットプレートが破断し、下方への変位が増大
- ② ガセットプレートが破断したトラス梁が支えていた荷重分を、他のトラス梁が分担するものの、同様にガセットプレートが破断し下方へ変位が増大
- ③ トラス梁の破壊が周辺に連鎖すると共に、トラス梁の変形によって、トラス梁端部が受け梁の上から脱落
- ④ トラス梁は相互接合されているため、短時間で全体に連鎖し全ての屋根が崩落

- 崩落トラス調査時に曲りが多く認められた箇所
- 破断が多く認められた箇所

#### 【結論】

- 積雪が100cmを超えた時期に降雨を観測するなど、稀な気象状況であり、密度の高い積雪状態に成りやすい環境であった
- 当社の除雪判断基準は、過去の経験則に基づいた積雪深のみによる除雪判断であり、建屋の構造耐力と積雪荷重を考慮した除雪実施基準となっていなかった
- トラス梁上の屋根スラブは30cmを超える厚みであり、相当の重量であった。スラブ中には防水層が複数存在すること、および各層のコンクリート比重が異なることから、新築後に2層目コンクリートスラブが追加的に施工された可能性が高く、この追加的に施工された2層目コンクリートスラブの重量が積雪量に対して不利に働いた  
(2層目コンクリートの施工記録は、当社の保全履歴からは確認されなかった。)
- ガセットプレートにおいて屋根本体の重量と積雪荷重により働く力が許容耐力を超える結果となり屋根崩落の起点となった可能性が高い
- コンクリート及び鉄骨については、現行の規格材と比較しても同程度の強度を有していた。また、破断面調査から屋根崩落の原因が構成部材の経年劣化によることを示す痕跡は認められなかった

上記より、屋根崩落に至った原因は、屋根を支えるトラス梁の許容耐力に対し、積雪荷重が上回ったことによる過荷重であると判断する

その背景には除雪判断基準が積雪荷重を考慮したものになっていなかったこと、追加施工された屋根スラブの重量が不利に働いたことがあげられる

### 【恒久対策】

#### ■ 施設対策

- (a) 多雪地域にある水力発電所の積雪に対する構造耐力の明確化・・・(2015年9月末までに実施)
  - ・積雪に対する構造耐力が不明な建屋について、屋根トラス梁の部材調査や試験体による強度調査から建屋の構造耐力を個別に算出し評価する。
- (b) 建屋補強・・・(2015年11月末までに実施)
  - ・構造耐力の算出結果を踏まえ、必要に応じて補強工事を実施。ガセットプレートの補強やトラス梁両端支承部の脱落防止対策などを実施。
- (c) 融雪装置設置・・・(2015年11月末までに実施)
  - ・除雪頻度が高く、除雪運用が困難と考えられる建屋について屋根屋上に融雪装置を設置。
  - ・なお新潟県内の水力発電所の中でも豪雪地域にある信濃川発電所、中津川第一発電所には融雪装置の設置を決定している。

#### ■ 運用対策

##### (a) 除雪業務運用見直し・標準化

[積雪重量計の設置]・・・(2015年10月末までに実施)

- ・地域毎に代表計測点を選定し、積雪重量計(新潟県自治体で活用実績のあるもの)を設置

[除雪実施基準の標準化]・・・(2015年10月末までに実施)

- ・建屋最寄りの観測所における過去実績から1日あたりの最大積雪増加量として、日積雪量(積雪差日合計)の最大値を抽出し、積雪荷重に換算(積雪比重を新雪 $0.2\text{g}/\text{cm}^3$ により算出)。換算した積雪荷重を設計積雪荷重から差し引いた値を除雪実施基準とする。

[除雪実施基準 = 設計積雪荷重( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) - 日積雪量最大値( $\text{cm}$ ) × 新雪比重( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) × 10]

##### (b) 除雪の実施

- ・除雪実施基準を超過しないよう、気象情報を参考に早期に実施手配を行う。
- ・万一、除雪手配が滞った場合には、当社社員による除雪を速やかに実施できるよう除雪機の配備ならびに計画的な操作訓練を実施していく。

### 【恒久対策】

#### ■ 施設対策

(a) 多雪地域にある水力発電所の積雪に対する構造耐力の明確化

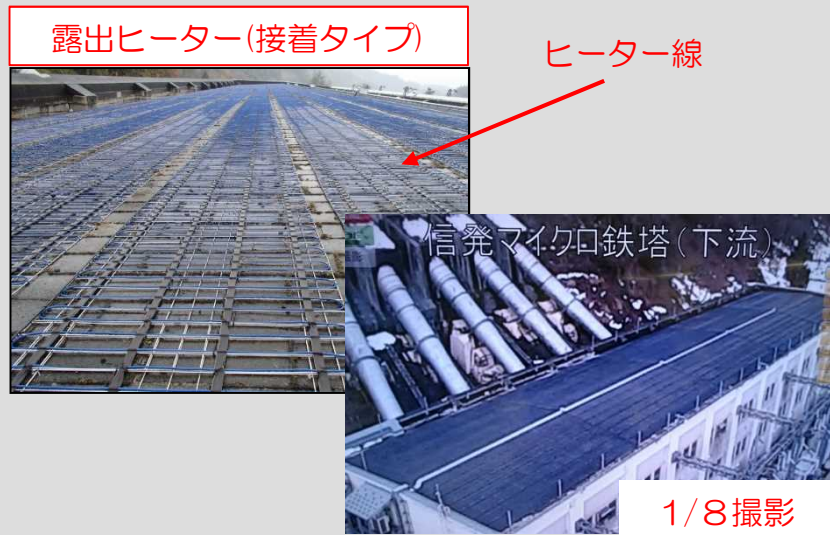
- ・22発電所の構造耐力算出完了。5発電所が耐力不足として抽出された。  
(群馬県:4発電所 今井、羽根尾、熊川第二、松谷 長野県:1発電所 沢渡)

(b) 建屋補強

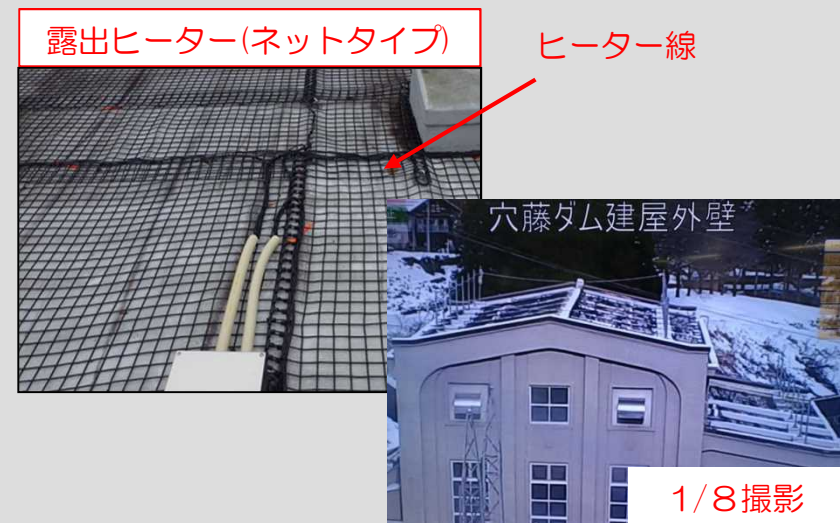
- ・耐力不足の5発電所の補強工事完了。

(c) 融雪装置設置

- ・水力発電所の中でも豪雪地域にある信濃川発電所、中津川第一発電所には融雪装置(露出ヒーター)を設置済み。



信濃川発電所融雪装置設置・融雪状況



中津川第一発電所融雪装置設置・融雪状況

## 4. 再発防止対策（恒久対策の紹介）

### 【恒久対策】

#### ■ 運用対策

##### (a) 除雪業務運用見直し・標準化

〔積雪重量計の設置〕・新潟地域では、中津川第一発電所に積雪重量計を設置。



積雪重量計設置状況（全景）



積雪重量計設置状況（近景）



積雪重量 表示部

〔除雪実施基準の標準化〕・除雪実施基準の標準化および明示完了。



除雪実施基準明示状況（全景）



除雪実施基準明示状況（近景）

### 【水力発電設備の保安の向上に向けた取り組み】

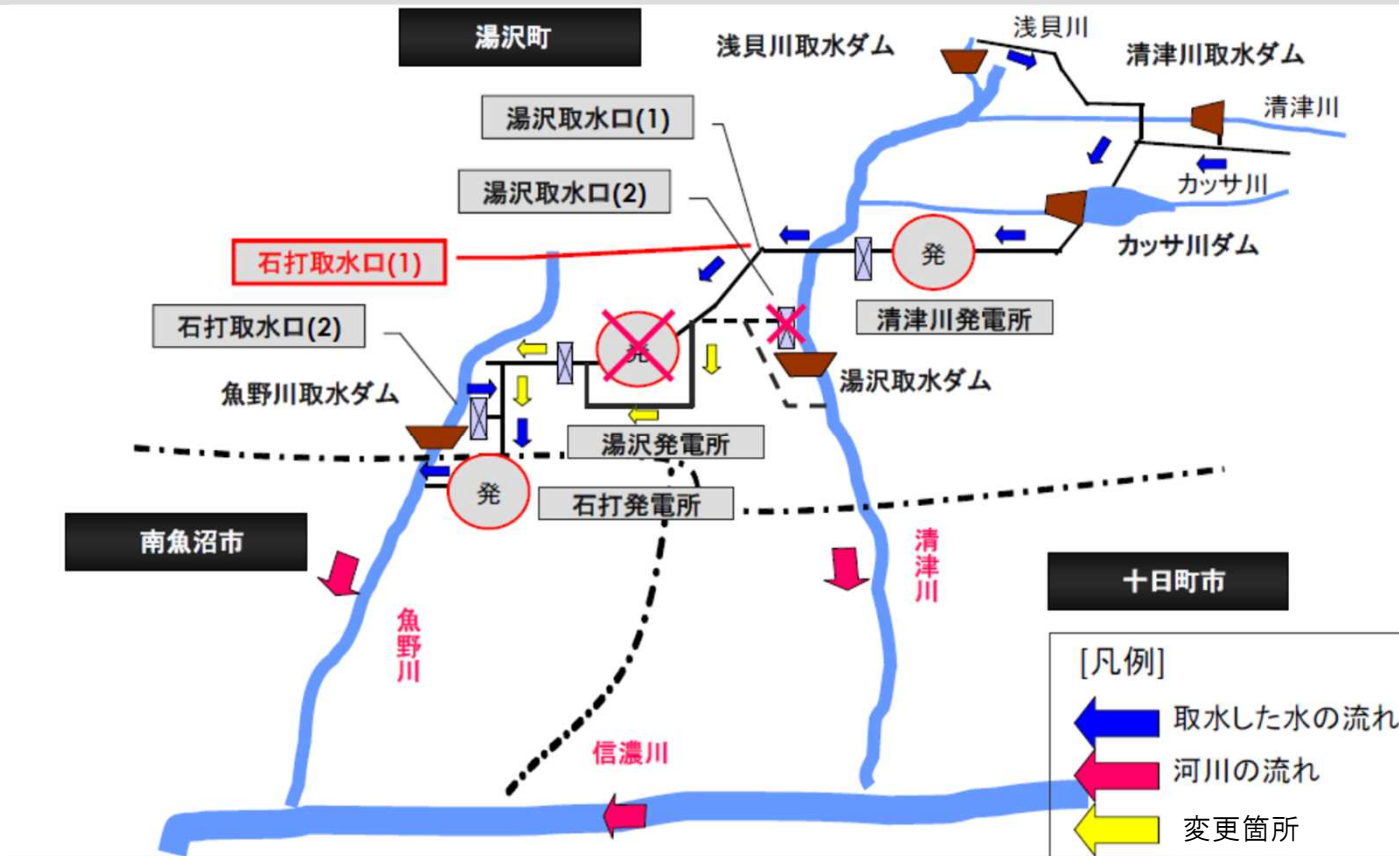
- ・経年電力設備の中長期的な保安を確保しつつ運転継続するため、自然災害や環境汚染リスクについて、その影響度・発生可能性を軸に評価し、設備対策や防災態勢の強化、リスク顕在化時の対応方策の強化に取り組んできた。
  - ・水力発電設備の保安を更に向上していくことを目的として、海外・国内のトラブル事例を収集・分析し、また有識者からの指導を頂いて、取り組みの充実させる。
- **トラブル事例の収集と要因分析**
    - ・海外・国内水力発電所における重大事故事例（計118例）を収集し、個々の事象の分類、要因について分析し、これまでの取り組みによって概ね対応してきていることを確認できた。
  - **保安向上に向けた取り組みの検討**
    - ・個々の要因を確認した際の気づきに加え、有識者からのご指導を得て、必要な対策を実施していく。
    - ・非常災害時の対応はもとより、トラブル発生時の被害を低減させるための関係機関との連携を含めた対応策を整理している。
- 今後も引き続き、保安向上に資する情報の収集に努め、適宜、有識者からの指導を頂きながら取り組みの充実を図っていく。

以上

## 5. 石打発電所水利使用許可申請

### 【石打発電所水利使用許可申請】

- ・平成27年2月6日 石打発電所取水口を清津川発電所放水口(湯沢取水口(1))へ変更申請
- ・平成27年4月9日 同上申請 許可
- ・平成27年5月1日～7月31日 湯沢発電所 余水路修繕工事
- ・平成27年7月2日 余水路一部使用承認
- ・平成27年7月5日～ 余水路通水開始



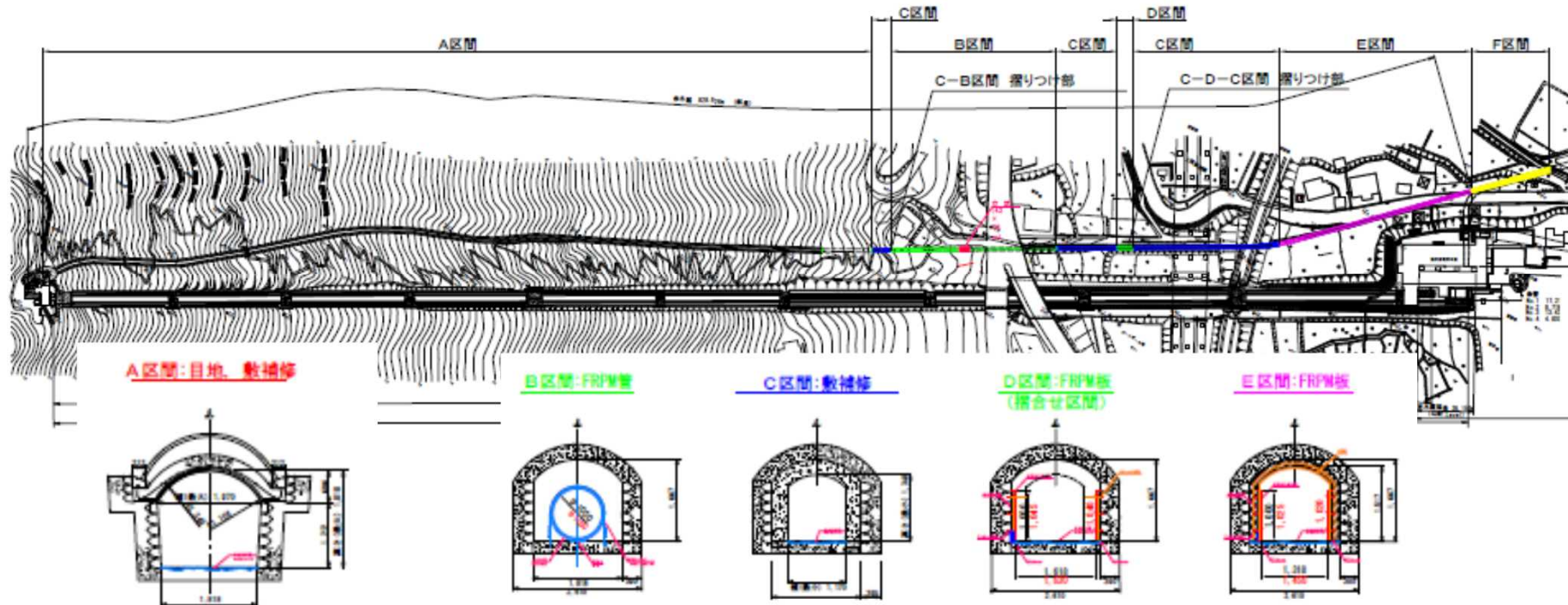


## 6. 湯沢発電所余水路修繕工事

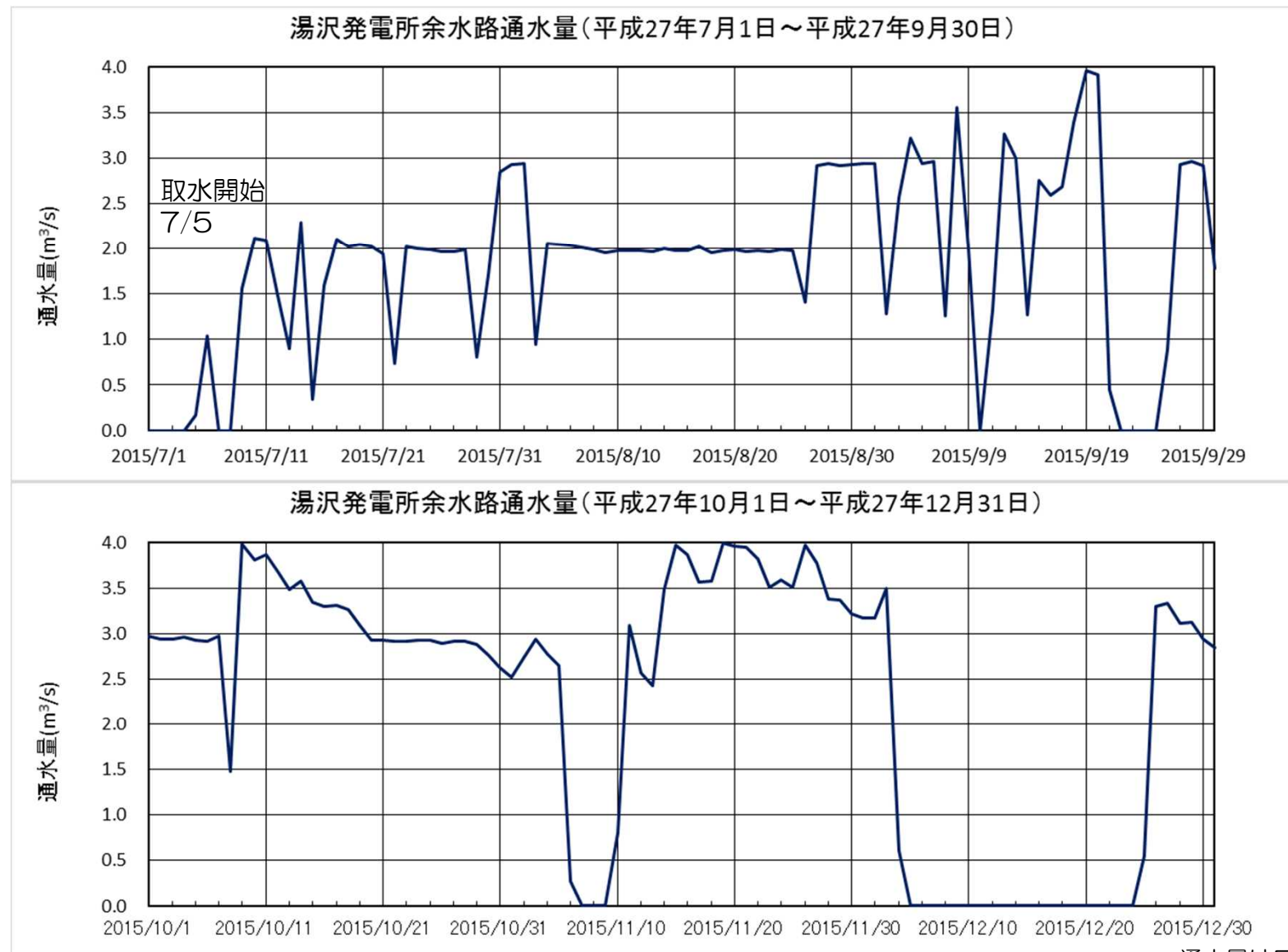
余水路敷補修、FRPM管敷設等の修繕工事を実施。

工期：平成27年5月1日～7月31日

余水路平面図 S-1/1,000



## 7. 湯沢発電所余水路通水実績



通水量は日平均流量

# 8. 湯沢発電所余水路通水予定

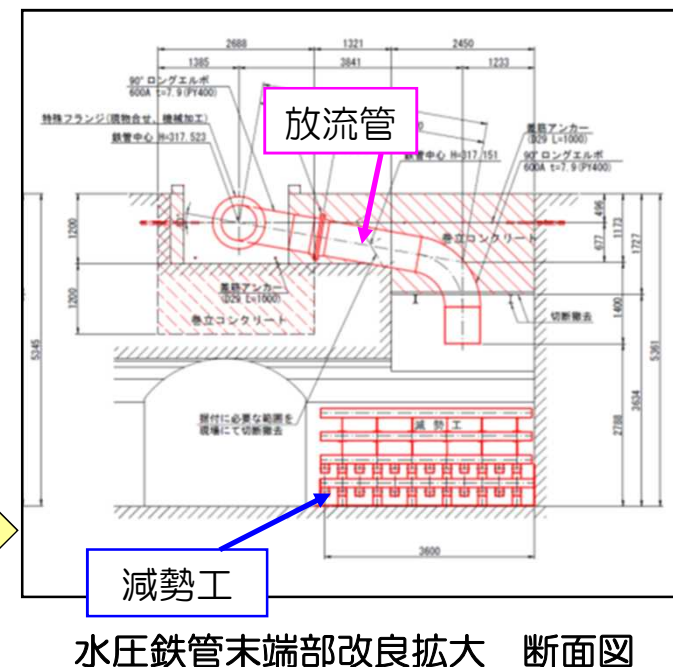
項目	1月																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	
[清津川発電所からの取水] ※魚野川の水と合わせ 石打発電所より放流																																
・2m <sup>3</sup> /s～4m <sup>3</sup> /s取水	← 12月25日22:00～1月26日4:00																								← 1月27日19:00～2月23日4:00							
[清津川発電所・魚野川 からの取水停止] ※石打発電所からの放流中止																																
石打発電所 停止																																

項目	2月																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	
[清津川発電所からの取水] ※魚野川の水と合わせ 石打発電所より放流																														
・2m <sup>3</sup> /s～4m <sup>3</sup> /s取水	← 1月27日19:00～2月23日4:00																								← 2月24日19:00～2月29日4:00					
[清津川発電所・魚野川 からの取水停止] ※石打発電所からの放流中止																														
石打発電所 停止																														

※清津川や魚野川の河川流況により、予定取水量を確保できず、石打(発電)を停止する場合があります。  
 ※送電線や変電設備への積雪に伴う除雪作業の為、清津川(発電)の取水や石打(発電)を停止する場合があります。

## 9. 湯沢発電所水圧鉄管末端部改良工事について

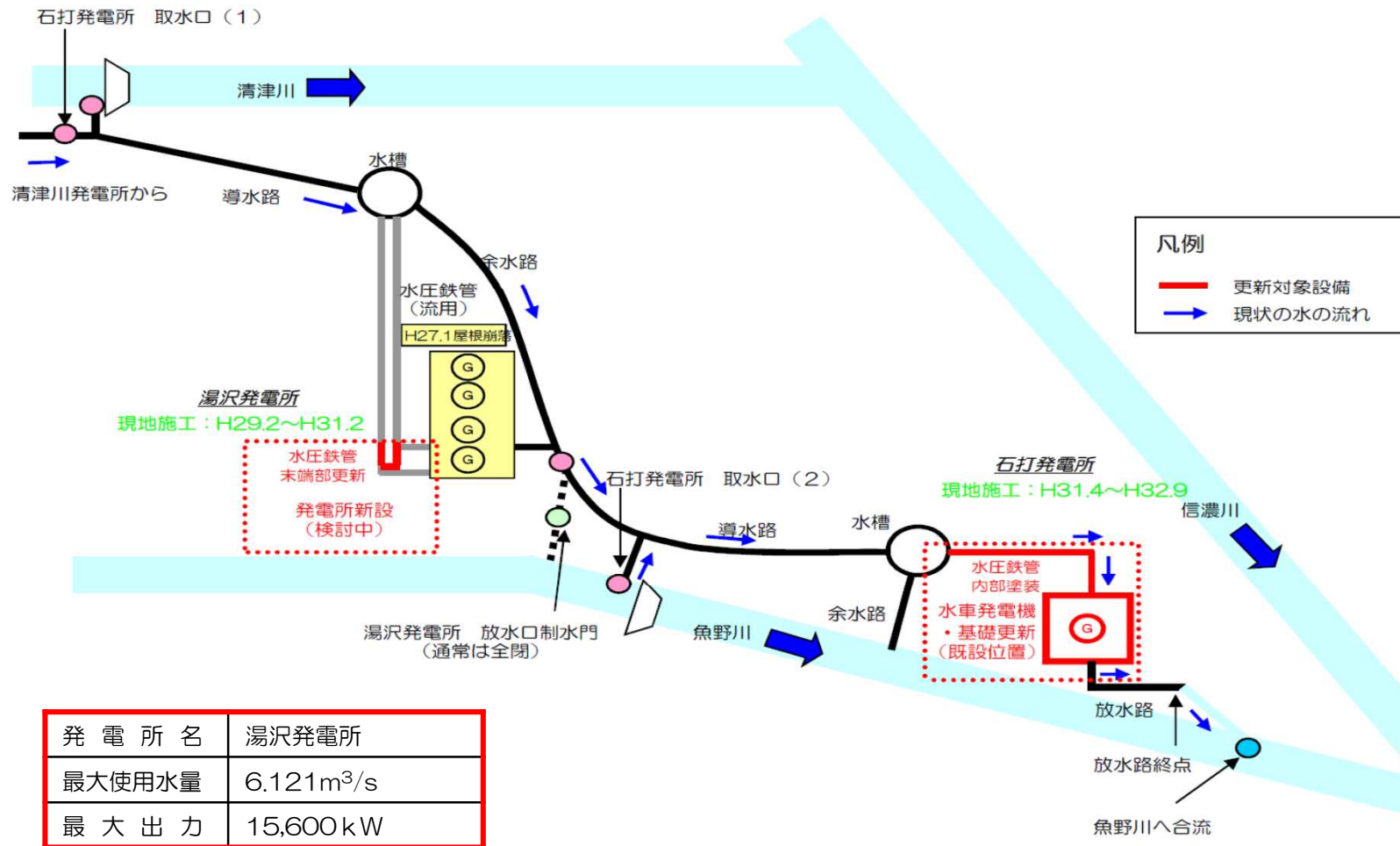
- 余水路は発電所停止時等に供する緊急用放流設備であり、定期的な点検や補修等を行いながら試験的に最大で約4m<sup>3</sup>/s通水しております。
- 更なる安全性の向上と安定的な通水のため既設水圧鉄管を活用した水運用を計画しております。
- 既設水圧鉄管に放流管を接続し、減勢工等を設置する工事を実施しております。



- 平成28年3月竣工予定であり、通水試験を経て運用を開始します。
- 湯沢発電所再建までの暫定的な運用です。

# 10. 湯沢発電所復旧について

湯沢発電所・石打発電所 水路概要図



発電所名	湯沢発電所
最大使用水量	6.121m <sup>3</sup> /s
最大出力	15,600kW

湯沢発電所の再建計画ならびに石打発電所の改造計画を検討しています。

発電所名	石打発電所
最大使用水量	13.500m <sup>3</sup> /s
最大出力	5,800kW

