

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強
第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

- Main : 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析
Sub : 2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

プロジェクト名	: 御岳(おんたけ)発電所余水に伴う危害防止への取組み
国、地域	: 日本、長野県
プロジェクトの実施機関	: 関西電力株式会社
プロジェクトの実施期間	: 2010年～2014年（予定）
更新と増強の誘因	: (D)安全性向上の必要性 (E)第三者要因に対する必要性
キーワード	: 余水放流、リスク評価、トリップ回数

要旨

水力発電所のトリップは突発的に発生し、それに伴う余水路出口からの放流は付近の河川流況に急激な変化を与えることから、入川者等第三者への影響が危惧される。従来から公共の安全を確保するために、余水放流による潜在リスクの低減に取り組んできたが、設備周辺の環境変化（入川箇所、人数の変化）等を踏まえて、改めて余水放流のリスク評価を行った。

御岳発電所では放流による河川への影響が特に大きく、対策実施の優先順位が高いと判断されたことから、出口部への減勢工設置の検討を行った。限られた社有地内で、減勢効果が高く、より安全な放流が可能となる減勢工を設置する必要があることから、既往の同種設備を参考に基本設計を行い、水理模型実験を実施して最適形状を決定した。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

御岳発電所は、最大出力 66MW のダム水路式発電所である。発電所の位置、諸元は図 1、表 1 のとおりである。

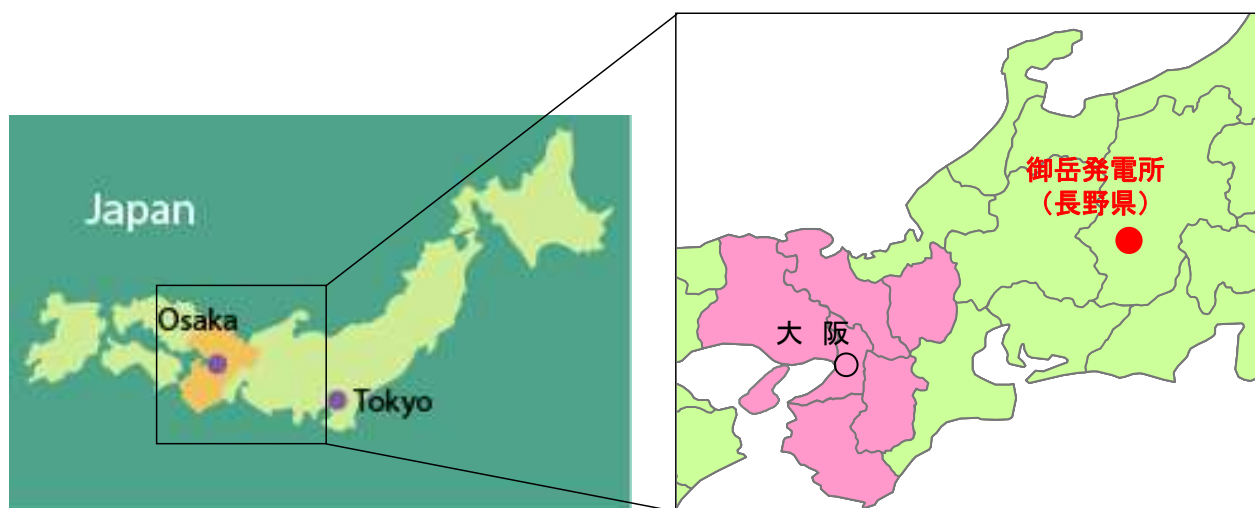


図 1 御岳発電所位置図

表1 御岳発電所諸元

項 目		諸 元
発電所	発電所名	御岳発電所（1945年 運転開始）
	最大出力	66,000 kW
	最大使用水量	34.400 m ³ /s
	有効落差	229.000 m
ダム	ダム名	王滝川ダム
	河川名	木曾川水系 王滝川
	流域面積	114.22 k m ²
	タイプ	重力式可動せき型コンクリート造
	高さ	18.200 m
	堤頂長	80.000 m
	堤体積	10,150 m ³
貯水池	総貯水容量	589,200 m ³ （建設時）
	有効貯水容量	209,400 m ³ （建設時）
	利用水深	1.600 m

御岳発電所については、特に危険度が高く優先的に対策が必要と判断した発電所の一つであり、余水路出口の改良（減勢工の設置）を行うこととした。図2に御岳発電所設備配置を、図3に余水放流状況を示す。

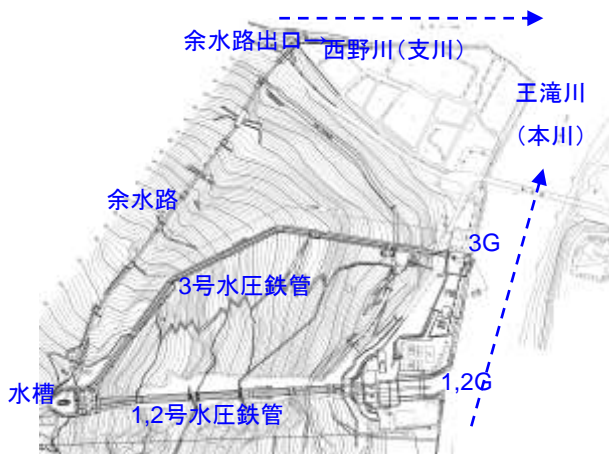


図2 御岳発電所 設備配置図



図3 余水放流状況

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因及び具体的なドライバー

① 状態、性能、リスクの影響度等

(E)―(a) 第三者要因に対する必要性 - 持続的な運用（出力減を伴うこともある）

設備周辺の環境変化（入川箇所、人数の変化）等を踏まえて、改めて余水放流のリスク評価を行った結果、危険度ランクが高い発電所の一つと考えられた。

② 価値（機能）の向上

(D)一(a) 安全性向上の必要性・安全性の向上

余水路出口に減勢工を設置することにより、余水放流時の流速が現状と比較して相当低減される見込みであり、設備の安全性向上が期待される。期待される減勢効果は水理模型実験で確認した。

③ 市場における必要性

(該当なし)

2.2 経緯

- 1945 1号機運転開始
- 1948 2号機運転開始
- 1954 3号機運転開始
- 2005.04 系統運用電力（融通電力）廃止に伴うトリップ回数の増加
- 2006.01 余水放流の実態調査およびリスク評価開始
- 2010.11 余水路改良工事の実施を決定
- 2011.08 減勢工の基本設計完了
- 2012.03 水理模型実験完了（減勢工形状の決定）
- 2012.07 工事詳細検討完了
- 2013.03 工事着工予定
- 2014.03 工事竣工予定

2.3 内容（詳細）

1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析

○要対策発電所の抽出

余水路からの放流の影響を「トリップの起こり易さ」と「被害の大きさ」を指標としたリスクマトリクスから評価し、余水路改良（減勢工）の優先度が高い発電所を抽出した。

詳細を以下に示す。

a. 対策フロー

対策が必要な発電所の抽出におけるフローを図4に示す。

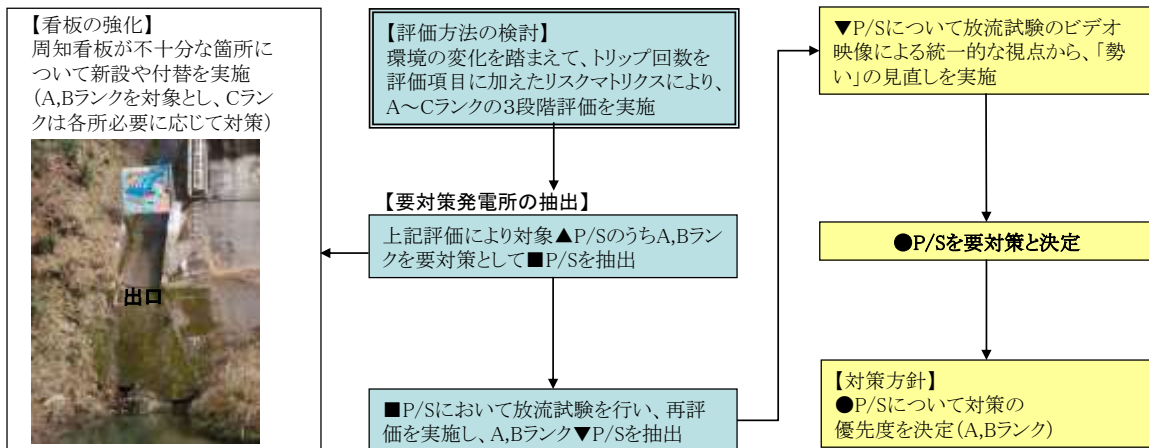


図4 対策フロー

b. リスク表

リスクマトリクスを図5に、各リスクの点数を図6に示す。

新規評価項目		既往評価項目	点数評価		
① 余水放流の影響	余水放流（トリップ）回数：a1	新規	トリップの起こり易さ（α）		
	余水放流の勢い（強さ） 【試験結果】：b3	余水路からの放流量：b1 (3) 減勢工の機能（効果）：b2 (3)	河川内事故	被害の大きさ（β×γ+σ）	
	河川内に立ち入る人数：c1	(6)			γ：立入の影響 (c1×[1-(d1×d2+e1)])
	トリップ検知の有無と所要時間：d1×d2	(2)			
	余水放流の警告看板の有無：e1	(4) (7)			
	地元苦情の有無：f1	※	その他	σ：その他の影響（f1）	
② 水位変動の影響	余水放流（トリップ）回数：a1	新規	トリップの起こり易さ（α）		
	河川水位の上昇量：b1	(8)	河川内事故	被害の大きさ（β×γ）	
	河川内に立ち入る人数：c1	(6)			γ：立入の影響 (c1×c2×[1-(d1×d2+e1)])
	河川増水範囲（減水区間）の距離：c2	(1) (5)			
	トリップ検知の有無と所要時間：d1×d2	(2)			
	水位上昇区域の警告看板の有無：e1	(4) (7)			

※地元事情がある場合+5点

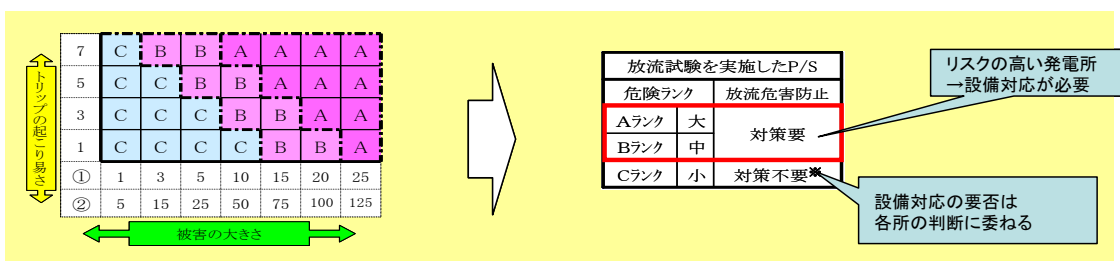


図5 リスクマトリクス

	トリップの起こり易さ	被害の大きさ		
	α：放流回数の影響	[β：余水放流の影響] × [γ：立入りの影響] + [δ：その他の影響]		
巻き込まれる	α = a1 a1:トリップ回数	β = b3 b3:放流の勢い	γ = c1 × [1 - (d1 × d2 + e1)] c1:立入りの影響	δ = f1 f1:その他の影響
	※1 10ヵ年平均 or (10ヵ年MAX)	5.0 大(鉄砲水) 2.5 中(流れ強い) 0 小(流れ弱い)	5 5人(50人以上) 3 2~4(11~49人) 1 1人(10人) ※日MAX(年間累計) d1:トリップ検知 d2:放流までの所要時間 e1:警告看板	5 地元苦情あり 0 地元苦情なし
により流される。	同上	β = b1 b1:水位上昇	γ = c1 × c2 × [1 - (d1 × d2 + e1)] c2:水位上昇範囲	c1:立入りの影響 d1:トリップ検知 d2:放流までの所要時間 e1:警報看板 上表に同じ。
		5 h ≥ 100cm 3 30 < h < 100cm 1 h < 30cm	5 L ≥ 100m 3 30 ≤ L < 100m 1 L < 30m	

図6 各リスクの点数

図5のリスクマトリクスによる机上評価において抽出されたA,Bランクの発電所については、全ての地点で実際に放流試験を行い、危険性を確認した。また、各地点で評価がばらつかないように、情報の一元化を行ったうえで、全ての試験映像を確認し、統一的な視点で評価を行い、対策が必要な地点と優先順位を決定した。

2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

○御岳発電所 余水路改良工事の計画

a. 余水路の概要

御岳発電所余水路は、水槽～河川まで 229.0m の落差があり、1/3.81～1/1.04 の勾配で、 $\phi 2.2\text{m}$ の鋼管内を最大 $34.4 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量が約 33m/s の高速射流で流下し、そのままの流速で河川に放流される。

御岳発電所は、検討対象となった発電所のなかでも、最も放流水の勢いが強く、対策実施の優先順位が高いと判断された地点であり、余水路出口の改良（減勢工の設置）の検討を行った。

減勢工の形状については、まず過去の同種改良工事の実績を参考に基本形状を設定し、水理模型実験により、減勢効果の確認と改良を加え、最適形状を決定した。

b. 減勢工の基本設計

御岳発電所余水路出口の減勢工については、周辺地形と用地の制約上、衝撃型を基本とすることとした。また流量が $34.4 \text{ m}^3/\text{s}$ と大きいことから、改良を加えて図 7 に示す配置形状とした。

減勢室は、用地形状にあわせた配置とし、余水路を流下した水は、第一減勢室で減勢された後、第二減勢室、放水庭を経て河川に合流する構造とした。

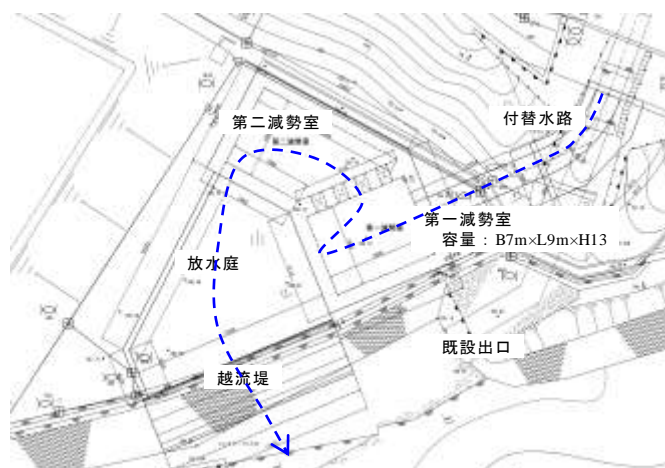


図 7 減勢工配置図

c. 水理模型実験について

基本設計で設定した余水路減勢工の形状については、水理模型実験により減勢効果の確認と改良を重ね、放流流速を最大限に低減できる最適形状を決定した。

模型はフルードの相似則に従い検討を行った。模型縮尺は、水理諸量の再現性、類似事例の実績を考慮し、模型縮尺 1/22 とした。模型再現範囲については、余水の河川合流後の影響を確認できるよう余水路出口から上流 50m、下流 200m とした。表-2 に主な再現諸元の模型換算値を、図-8 に模型再現範囲を示す。

表-2 主な諸元の模型換算値

項目	実物	模型 縮尺1/22	
河川	再現長 (m)	250	11.36
	河川幅 (m)	100	4.55
余水路	再現長 (m)	133.6	6.07
	再現高 (m)	68.48	3.11
	管径 (m)	2.2	0.1
	放流量 (m ³ /s)	34.4	0.0152
粗度係数 n	0.015	0.009	



図8 模型再現範囲

実験フローを図-9に示す。まず第二減勢室と放水庭の必要性を確認した後、各減勢室の必要容量の決定や図-10に示すように、河川から減勢工内への第三者侵入防止も考慮した越流堰やバップルブロックの形状についても各種実験を行い、最適形状を決定した。

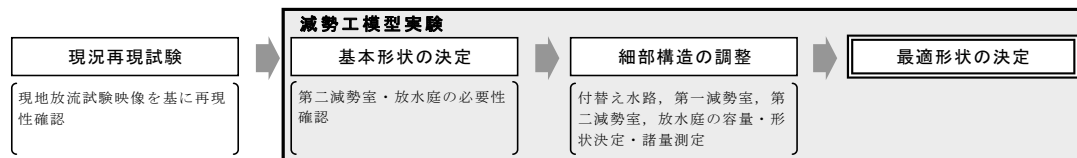


図9 実験フロー

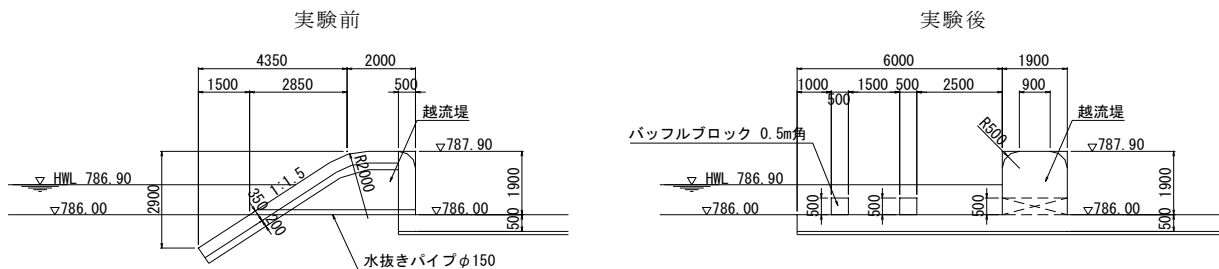


図10 越流堰形状

最適形状において、余水路出口と下流河川の流速を測定し、減勢効果を検証した。余水路出口での流速は現況の約 33m/s から平均流速 2.1m/s (最大 3.6m/s) となり従前の約 1/15 程度まで改善された。また、河川への合流後 50m 下流の地点でも現況では 10m/s を越える流速が発生していたが、2.6m/s 程度にまで改善された。図-11 に流速計測点と減勢工設置前後の流速の変化を示す。

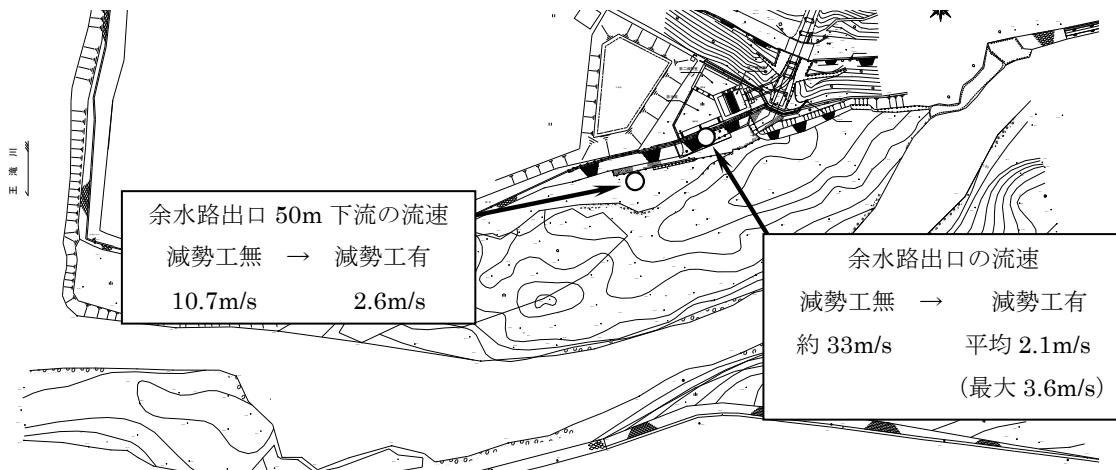


図 11 計測地点と流量変化

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

①対策が必要な地点の抽出

机上の評価で危険と判断された全ての地点において、現地での放流試験を行い、危険性を実際の設備で確認した。また、各所で放流の勢いの評価がばらつかないように、情報の一元化を行ったうえで全ての試験映像を確認し、統一的な視点で評価を行い、対策が必要な地点と優先順位を決定した。

②改良工事の計画

減勢工の形状は、水理模型実験による減勢効果の確認と改良を行い、限られた用地内に設置できる規模で、最大の減勢効果が得られる形状とし、改良工事コストを抑制することができた。

3.2 成功の理由

(平成 26 年 3 月に工事竣工予定であり、現地実証試験により改良工事の効果の確認を行う予定である。)

4. 他地点への適用にあたっての留意点

①対策地点の抽出と優先順位

机上検討だけでなく、実際に現地放流試験を実施し、当該地点の余水放流の危険性を確認したうえで、優先順位の決定及び対策工の検討を行う必要がある。また、危険性の評価に発電所ごとのばらつきが発生しないよう、映像等の活用による統一的な視点での評価が必要と考えられる。

②改良工事の設計

減勢工の設計にあたっては、当該地点の地形や放流形態の特徴を充分考慮するとともに、同種工事の事例を参考に基本形状と規模を設定し、最適形状を水理模型実験により決定する必要がある。

5. その他（モニタリング、事後評価等）

平成 26 年 3 月工事竣工予定であり、その後、現地実証試験により減勢工の効果、および水理模型実験の再現性を確認する予定である。

6. 参考情報

6.1 参考文献

- 1) 金子賢一：余水路改良の考え方と施工事例,財団法人新エネルギー財団,中小水力発電技術に関する実務研修会,p.217-250,2005
- 2) 峠義明,中村忍,山田守利：寝覚水力発電所水槽余水路クローズドタイプ衝撃型減勢工の採用,電力土木,No.300,p.111-113,2002
- 3) 前山昌三,有水浩,末岡善之：蟹寺発電所水槽余水路改良に伴う水理模型実験と実機による余水放流試験,電力土木,No.288,p.32-35,2000

6.2 問合せ先

会社名：関西電力株式会社

URL：<http://www.kepco.co.jp/>