

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 : 2-a)電気機械装置の技術革新と適用拡大

Sub : 1-f) 環境保全及び改善

プロジェクト名 : 豊実発電所改修工事  
 国、地域 : 日本、新潟県  
 プロジェクトの実施機関 : 東北電力株式会社  
 プロジェクトの実施期間 : 2008年～2013年（予定）  
 更新と増強の誘因 : (A) 老朽化/故障頻発  
 キーワード : 老朽化, 台数変更, 出力増, 立軸バルブ水車

要旨

豊実発電所は運転開始から約 80 年が経過したダム式発電所であるが、水車・発電機本体ならびに発電所基礎コンクリートの劣化が著しいため、抜本的な改修が必要となった。

このため、最大使用水量を変更することなく、水車・発電機を 6 台から 2 台へ統合のうえ水車型をフランス水車から立軸バルブ水車へ変更する改修計画を立案し、現在、改修工事を実施中である。

本改修工事の実施により、最大出力を改修前の 56,400kW から 61,800 kW ～ 5,400 kW の出力増を図るとともに、発電所の耐久性・安全性・信頼性の向上、水車・発電機台数の削減による保守性の向上を図るものである。

また、台数変更ならびに立軸バルブ水車の採用による機器設置面積、本館面積の縮小化により改修工事費の低減を図っている。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

一級河川阿賀野川水系は、その豊富な流量を利用し古くから電源開発が行われてきており、只見川から阿賀野川に階段状に設けられた 11 のダム群に 16 の発電所があり、当社の水力発電所の約 4 割の出力を有する大電源地帯となっている。

このうち、阿賀野川水系阿賀野川中流部の新潟県東蒲原郡阿賀町に位置する豊実発電所は、最大使用水量 270m<sup>3</sup>/s、最大出力 56,400kW のダム式発電所で 1929 年に運転を開始した、只見川・阿賀野川の発電所群の中では 2 番目に古い発電所である。運転開始から約 80 年が経過したことにより、水車・発電機本体ならびに発電所基礎コンクリートの劣化が著しい状況であった。発電所の位置ならびに改修前の発電所諸元は図 1、表 1 のとおりである。

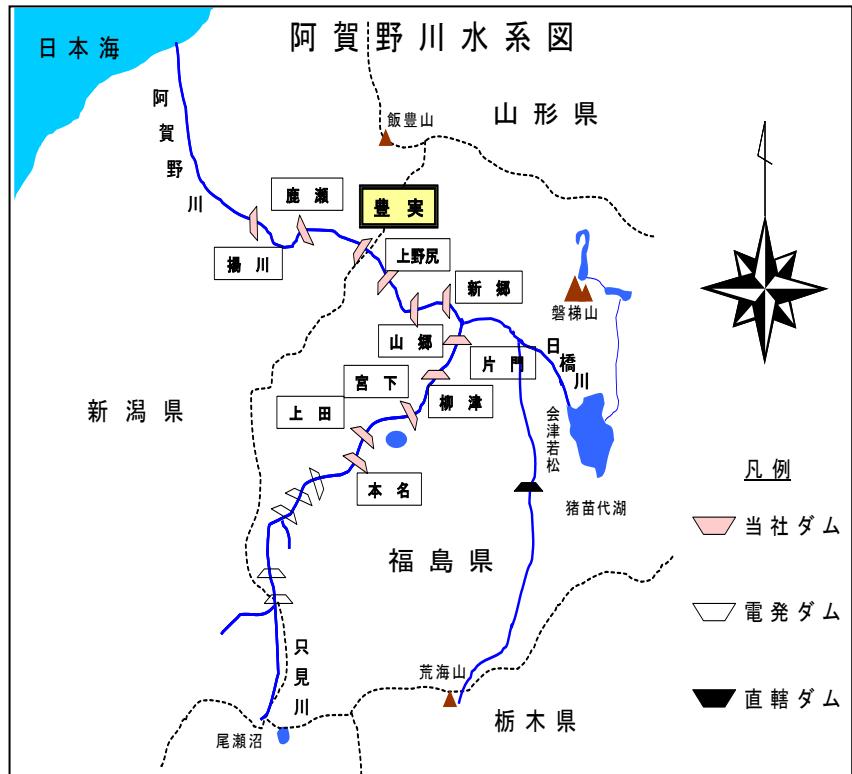


図1 発電所位置図

表1 豊実発電所諸元

項 目		諸元
諸元	発電所名	豊実発電所
	最大出力	56,400 kW
	最大使用水量	270.0 m <sup>3</sup> /s
	有効落差	25.55 m (最大使用水量時)
ダム	ダム名	豊実ダム
	河川名	阿賀野川水系阿賀野川
	流域面積	6,048 k m <sup>2</sup>
	タイプ	重力式コンクリートダム
	寸法	高さ 34.242m, 堤頂長 223.200m
取水口	型式	普通流入式 鉄筋コンクリート造り
	寸法	流入幅 27.300m (4.550×6 門), 延長 13.940m
水圧管路	構造	軟鋼製リベット接合
	条数	6 条
	寸法	内径 3.962m~3.505m, 延長 26.090m
発電所	水車型式	立軸フランシス水車
	水車・発電機台数	6 台
放水路	構造	鉄筋コンクリート造り
	条数	6 条
	寸法, 形状	馬蹄形, 幅 6.060m, 高さ 4.850m, 延長 66.290m

## 2. プロジェクト（更新/増強）の内容

### 2.1 誘因及び促進要因（具体的なドライバー）

#### ① 状態、性能、リスクの影響度等

##### (A)－(a) 老朽化/故障頻発

運転開始から約 80 年が経過し、水車や発電機などの部分的な改修では大幅な出力増加は見込めなかったが、水車型式、台数の見直しを含めた抜本的な改修により、出力増および電力量の増加が期待できた。

##### a. 水車

埋設部位であるケーシングやステーパーンの欠陥進展による強度不足が認められたことから早急な改修が必要と判断された。特に各号機のステーパーン余寿命評価については、最も短いものでは 10 年後には必要安全率を満たさない状況となるものと予想された。

##### b. 発電機

全般的に欠陥、腐食等の老朽化が進行している他、固定子枠の変形、鉄心の波打ち現象が認められ、今後の進行状況によっては発電機振動等が懸念された。

##### c. 補機他

発電機操作盤を含む各種制御盤、调速機の老朽化が著しく、取替部品の製造中止による調達困難から、全面改修の時期に達していた。

##### d. 発電所基礎

発電所基礎部のコンクリートについては、剥落、ひび割れ、漏水等の損傷が多く見られ、また、これら劣化部を中心に中性化が進行している状態であった。

これらの劣化が構造体としての発電機支持梁、スラブ、支持柱、地階側壁等に多く見られ、一部部材（発電機支持大梁、地階床版梁、支柱梁、各階スラブ等）においては、常時で許容応力を超過する部材があったことから、早急な改修が必要となった。

##### e. 建物

本館建物の耐震性に問題があるため、計画的な改修が必要であった。

#### ② 価値（機能）の向上

（該当なし）

#### ③ 市場における必要性

（該当なし）

### 2.2 経緯

1929.12 豊実発電所（既設）の運転開始

2001 豊実発電所改修工事本格検討開始

2008.8 豊実発電所改修工事着工

2008.11 豊実発電所改修工事本格開始（撤去工事の開始）

2013.7 試運転開始（予定）

2013.9 運転開始（予定）

## 2.3 内容（詳細）

### 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

#### a) 改修計画

改修計画の検討に当たっては、改修方法・規模について次の3ケースについて検討を行った。

- ①最大使用水量を変更せず、既設の設備構成のまま立軸フランシス水車6台にて改修
- ②最大使用水量を変更せず、立軸バルブ水車2台に水車・発電機を整理統合
- ③最大使用水量を変更（増加）したうえで、立軸バルブ水車2台に水車・発電機を整理統合

検討の結果、②の案が水車発電機の効率性、経済性ともに最も有利であるとの結論を得たものであり、改修計画の諸元を表2に、改修計画図を図2、図3に示す。

表2 豊実発電所改修計画諸元

項 目		現状	改修計画
諸元	発電所名	豊実発電所（変更なし）	
	最大出力	56,400 kW	<b>61,800 kW</b>
	最大使用水量	270.0 m <sup>3</sup> /s（変更なし）	
	有効落差	25.55 m（最大使用水量時）	<b>25.48 m</b> （最大使用水量時）
ダム	重力式コンクリートダム（変更なし）		
取水口	普通流入式 鉄筋コンクリート造り（変更なし）		
水圧管路	構造, 条数	軟鋼製リベット接合, 6条	なし
	発電所		
発電所	水車型式	立軸フランシス水車	<b>立軸バルブ水車</b>
	水車・発電機台数	6台	<b>2台</b>
放水路	構造	鉄筋コンクリート造り	<b>鉄筋コンクリート造り</b>
	条数	6条	<b>2条</b>
	寸法, 形状	馬蹄形, 幅 6.060m, 高さ 4.850m, 延長 66.290m	<b>円形 8.000m～矩形幅 8.000m～13.400m, 延長 1号 55,566m, 2号 55.483m</b>

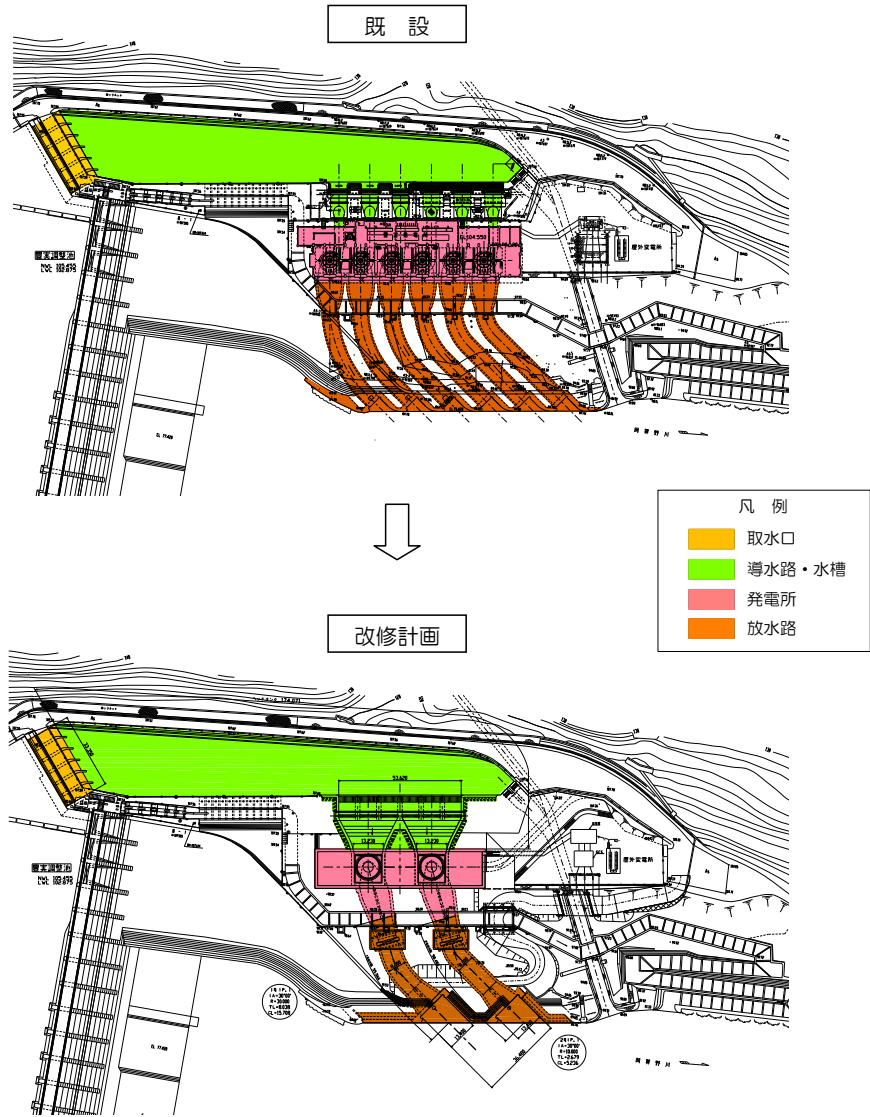


図 2 改修前後比較平面図

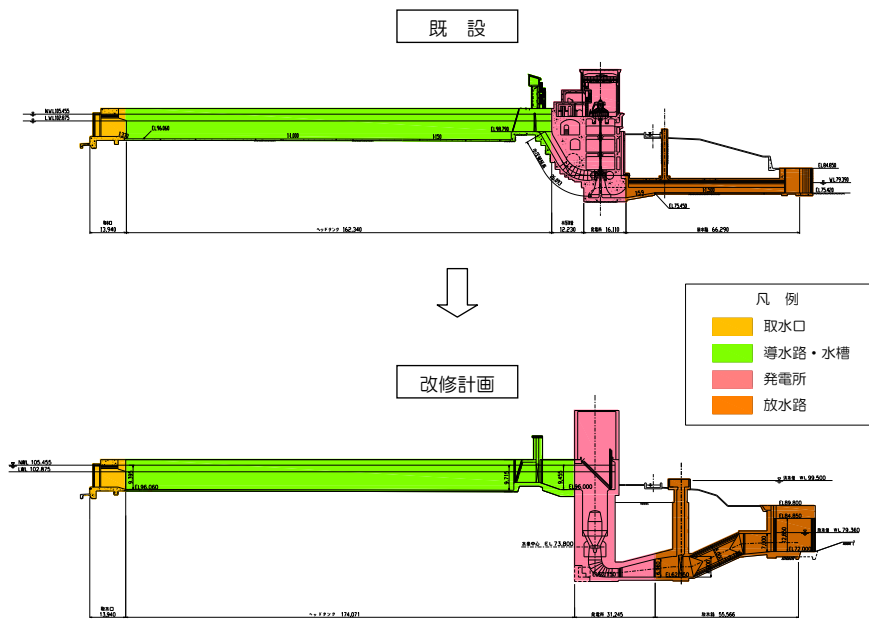


図 3 改修前後比較縦断図

## b) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

立軸バルブ水車は、最新の設計技術を取り入れた以下の特徴をもつ水車であり、平成14年に運開した当社の第二上野尻発電所（最大出力 13,500kW）以降、2例目の水車型式となる。立軸バルブ水車の水車発電機概略図を図4に示す。

- 取水路からケーシング、水車、発電機が垂直に配置されるため、発電所立坑面積が縮小でき、狭いスペースでも設置可能であるため、土木・建築コストの低減が図れる。また、他の水車型式と比較して発電所全体レイアウトの設計自由度が高い。
- 取水路の方向に関係なく、水車・発電機中心に対して吸出し管、放水路の方向を360°任意に選定できるため、立地条件の制約を受けにくい。
- 低落差で曲り吸出し管を使用するため損失が若干増加するものの、取水路からケーシングまでの上流側水路長を短縮できるため、取水による損失が低減される。
- 従来の立軸機の場合、ランナが最低部に位置するため、水車・発電機の分解・組立過程では、ランナが分解の最終過程となり、手入れを実施したのち、組立過程の最初に組立する必要があったが、ランナの横取り分解を可能とすることで据付やオーバーホール期間の短縮が可能である。

また、以下の先進的な技術を採用している。

### ○バルブ支持構造

立軸バルブ水車では、自重を含めて、横軸バルブより大きな軸方向荷重が作用し、これをバルブ水車のブラケットで支持することになる。一方、バルブブラケットのたわみは、その下流に設置されるガイドベーン等のギャップ、水車性能に影響を与える。そのため、解析モデルによる応力・変形の解析などを実施し、最適なバルブブラケットの構造を採用している。

### ○発電機の冷却技術

バルブ水車発電機では、水路内に配置されるバルブ内に発電機が設置されるため発電機の冷却にとって有利な環境にあり、補機の簡素化を目的とした種々の冷却技術が開発・採用されてきた。

本発電所では、固定子鉄心を直接円筒内壁に配置することにより、固定子鉄心で発生する熱を直接バルブの外の流水中に拡散させる他、回転子・固定子巻線のコイルエンド部で発生する熱については、回転子に設けたファンによる自己通風で循環させ、バルブ内の上部に設けたフィンを介して直接バルブの外の流水中に拡散させる方式等を採用している。

### ○水車の油レス化

水車の可動羽根の操作機構が配置されるランナボス内には、潤滑油を必要としないオイルレス軸受を採用するとともに、水車軸受にフェノール樹脂製の水潤滑軸受を採用し、保守性の向上と河川への油流出防止を図っている。

### ○空気吸込み渦防止対策

立軸バルブ水車は、取水路から立坑により直接取水するため、取水水位が低く立坑上部の水深が浅くなると空気吸込み渦が発生する。空気吸込み渦の発生を防止するため、数値解析ならびに取水路周辺の水理形状と相似な模型試験装置にて実験を行い、立坑上部に整流傾斜板を設置している。

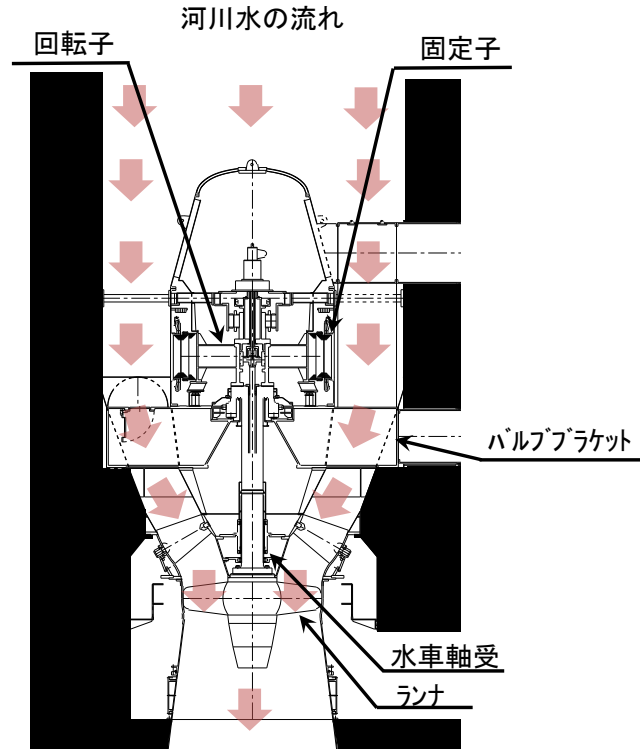


図4 水車発電機概略図

#### 1-f) 環境保全及び改善

工事の過程で発生する解体コンクリートの8割程度に相当する約2万m<sup>3</sup>を再生コンクリートとして再利用するなどして、環境面にも配慮している。

再生コンクリートは、既設の水車を撤去する際に生じる発電所基礎の空洞部の埋め戻しに使われており、産業廃棄物の発生を抑制した点においても評価される。

### 3. プロジェクトの特徴

#### 3.1 好事例要素

老朽化に伴う抜本的な改修時にあわせ、効率性、経済性に優れた立軸バルブ水車を採用することにより、出力増、発電所の耐久性・安全性・信頼性の向上、水車・発電機台数の削減による保守性の向上を図っている。

#### 3.2 成功の理由

本プロジェクトは現在進行中であるが、水車発電機や発電所基礎の老朽化を誘引とする設備改修計画の立案に際し、最大使用水量、水車・発電機台数および型式について、綿密な比較検討を行った結果、最適な計画を立案、実行することができたものである。

### 4. 他地点への適用にあたっての留意点

- 水車発電機の軸方向にかかる荷重をブラケットで支持する必要があるため、その剛性とたわみ等を検討する必要がある。
- 取水路形状、取水位などにより影響を受ける空気吸込み渦の発生防止対策が必要である。

### 5. その他（モニタリング、事後評価等）

なし

## 6. 参考情報

### 6.1 参考文献

- 1) 村里・小林・熊谷／立軸バルブ水車採用に伴う水理解析／電力土木№333／2007.7
- 2) 佐々木・村里・小林／豊実発電所改修計画の概要／電力土木№339／2009.1
- 3) 油井・村里・清水／豊実発電所放水口仮締切の設計と施工／電力土木№343／2009.9
- 4) 佐々木・小林・永井／豊実発電所改修工事のうち撤去工事の概要／電力土木№347／2010.5
- 5) 佐々木・永井／豊実発電所放水路トンネルの施工／電力土木№352／2011.3
- 6) 財団法人新エネルギー財団水力本部／中小水力発電技術に関する実務研修会第 87 回テキスト『豊実発電所の改修工事計画』／平成 21 年 10 月
- 7) 藁谷・多田・高橋／豊実発電所改修工事における解体コンクリートの有効利用／電力土木№356／2011.11

### 6.2 問合せ先

会社名：東北電力株式会社

URL：<http://www.tohoku-epco.co.jp/>