

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

プロジェクト名 : 姫川第二水力発電所 土砂摩耗低減形状ガイドベーンの適用
 国、地域 : 日本、長野県
 プロジェクトの実施機関 : 中部電力株式会社
 プロジェクトの実施期間 : 2005年～2010年
 更新と増強の誘因 : (A) 老朽化／故障頻発
 キーワード : ガイドベーン、土砂摩耗低減、修理周期の延伸

要旨

姫川第二発電所は、流水中に含まれている土砂により、水車部品の摩耗が著しく、他の発電所と比較すると短い周期で水車部品の修理する必要がある。そこで、水車部品の一部であるガイドベーンの形状を変え、土砂摩耗の低減を図った。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

中部電力株式会社姫川第二水力発電所は、姫川水系の上流部、長野県北安曇郡小谷村に位置する最大出力14,400kWの水路式発電所である（表 1 および図 1 参照）。

表 1 発電所諸元

発電所	姫川第二水力発電所
水系・河川	姫川水系・姫川, 楠川, 松沢, 親沢川, 黒沢川
最大出力	14,400kW
最大使用水量	10.30m ³ /s
有効落差	164.55m
運転開始	1935年10月



図 1 位置図

水力発電所の水車においては、水中に含まれる土砂によりランナやガイドベーン（流量調整装置）等の部品が摩耗するため、定期的に肉盛り溶接修理等により原形復旧している。

図2に水車ガイドベーン周辺の土砂摩耗状況を記す。一般の発電所においては劣化状況に応じて平均15年周期程度で修理を実施しているが、土砂摩耗の著しい発電所においては4～6年程度の短い周期で修理を実施していることがあり、土砂摩耗の低減対策が望まれる。

そこで、流れ解析（CFD：Computational Fluid Dynamics）によって水車内における土砂を含む水の流動現象を解析することで、摩耗部品であるガイドベーンの土砂摩耗低減形状（図3参照）を開発し、姫川第二発電所に適用した。

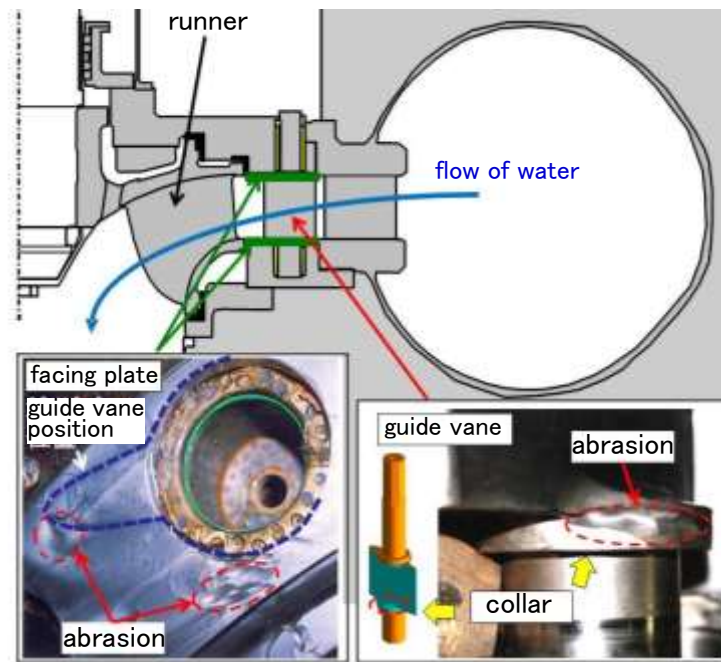


図2 水車ガイドベーンの土砂摩耗

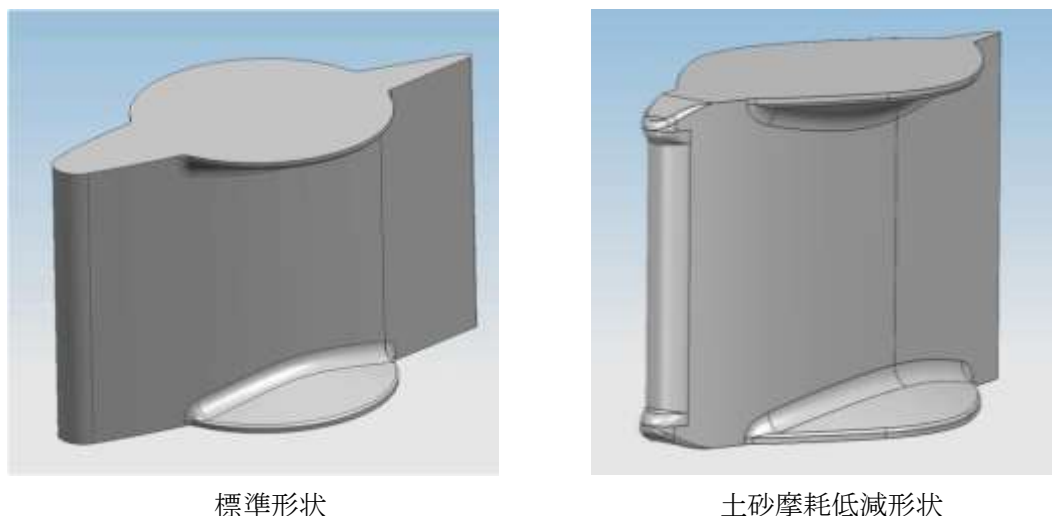


図3 ガイドベーン形状

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因と促進要因（具体的なドライバー）

① 状態、性能、リスクの影響度等

(A)-(b) 老朽化／故障頻発－耐久性向上

水力発電所の水車は、水中に含まれる土砂によりランナやガイドベーン（流量調整装置）等の部品が土砂摩耗し、その影響により水車性能が低下および修理インターバルが短期間となり、修理に伴う費用・溢水電力量が増加となっていた。

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

1935.10 姫川第二水力発電所の運転開始

2005.4 ～2006.3 解析技術の基礎研究

2006.4 ～2008.3 流れ解析による土砂摩耗抑制型ガイドベーン形状設計

2007.12～2010.3 姫川第二水力発電所にてフィールド試験、評価実施

2.3 内容（詳細）

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

①土砂摩耗評価手法の開発

水車の性能開発には流れ解析が利用され、ランナやガイドベーンの形状最適化による効率向上がなされてきた。従来の流れ解析では、水車内の水の流れのロスを低減できるように流路（部品）形状を最適化するものであったため、土砂摩耗の評価に適した流れ解析手法を確立した。

【開発内容】

- ・土砂摩耗個所（複雑形状）のメッシュ形成方法（図4参照）
- ・土砂摩耗に適した流れ解析手法および評価方法

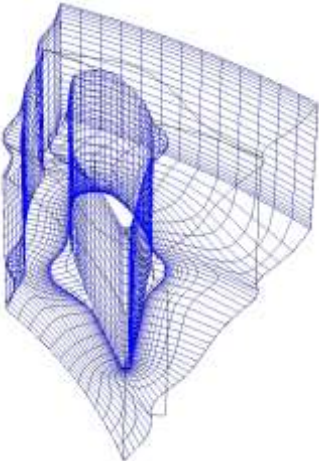
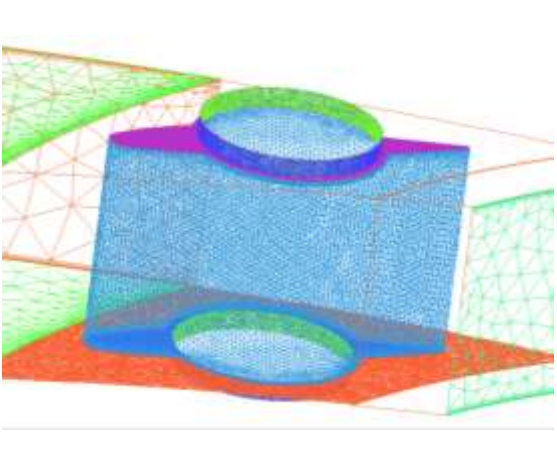
ヘキサメッシュ	テトラ+プリズムメッシュ
	
従来の流れ解析方法	複雑な形状の模擬が可能

図4 流れ解析方法比較

②流れ解析精度の評価

標準形状ガイドベーンにおける流れ解析を実施して、摩耗の発生メカニズムを解明するとともに、実機で発生しているガイドベーンおよびガイドベーンと隣接するシートライナの土砂摩耗の状況との比較により解析精度（図5参照）を確認した。

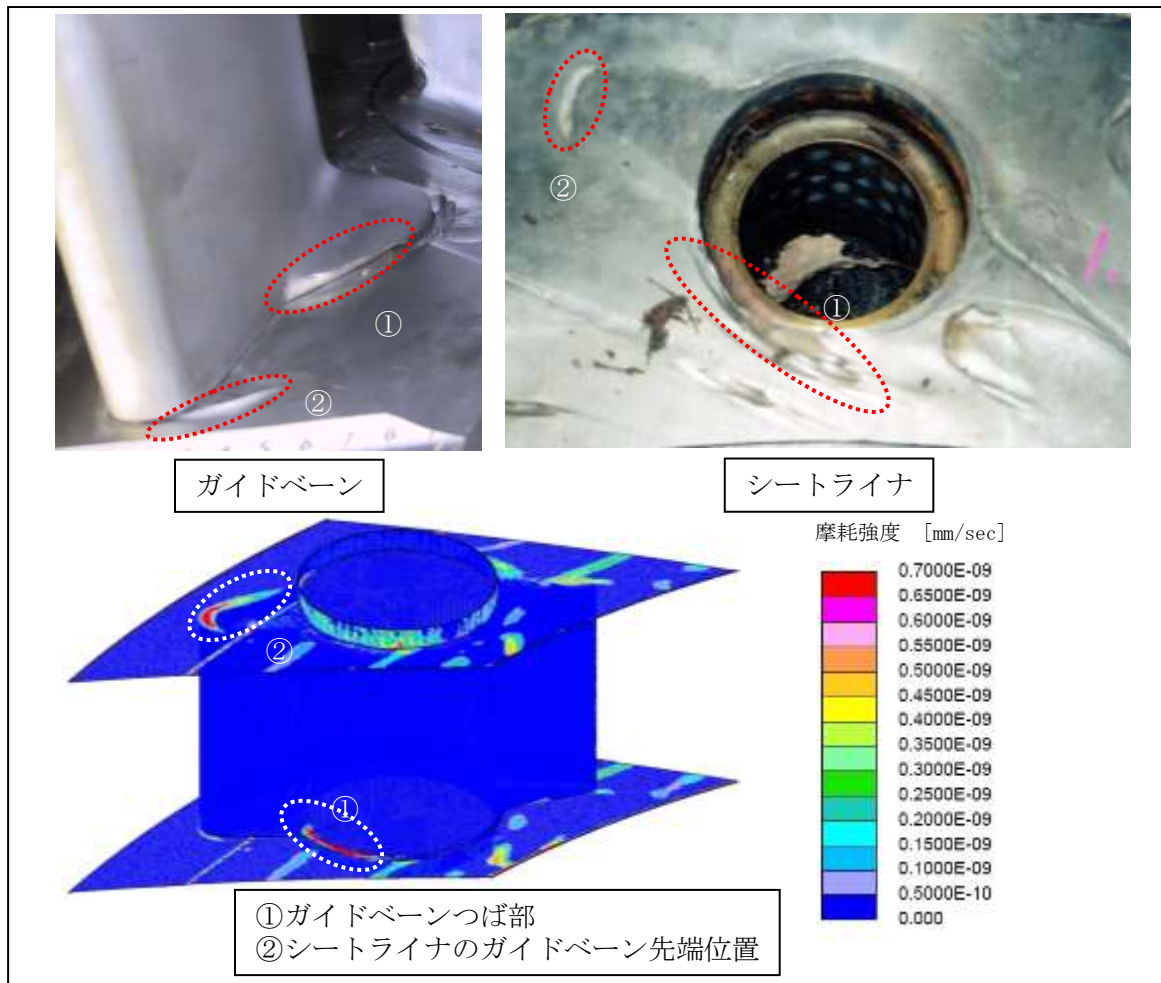


図5 土砂摩耗強度解析結果

③既存のガイドベーン形状変更による土砂摩耗低減対策

既存のガイドベーンに肉盛溶接を実施し、ガイドベーン先端部の傾斜化や、ガイドベーンつば部の楕円化の形状変更を行うことで、水中に含まれる土砂とガイドベーンおよびシートライナとの衝突角度を減じて、それぞれの摩耗を低減する構造とした（図6参照）。その結果、肉盛溶接による形状変更では、ガイドベーンつば部で1.2倍、シートライナ部で3.3倍の修理延伸が可能となった。

C F Dによる新形状
(溶接肉盛による形状変更)

実際のガイドベーン新形状
(溶接肉盛による形状変更)

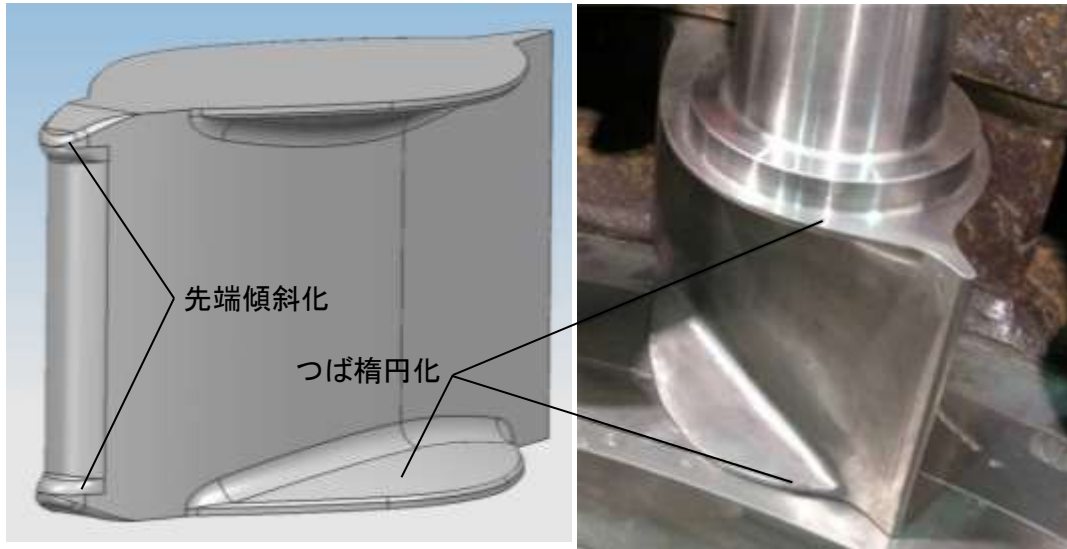


図6 土砂摩耗低減形状（溶接肉盛による形状変更）

④新製時のガイドベーン土砂摩耗低減形状の開発

ガイドベーン新製の場合においては、ガイドベーン軸を内側へ偏心させ高速流に曝される部位を小さくすることで、つば部内側の摩耗を低減させる形状とした（図7参照）。その結果、ガイドベーン新製による形状変更では、ガイドベーンつば部で2.4倍、シートライナ部で10倍もの長寿命化が期待でき、修理周期も現状の6年から2倍の12年に延伸することが可能となる（表2参照）。

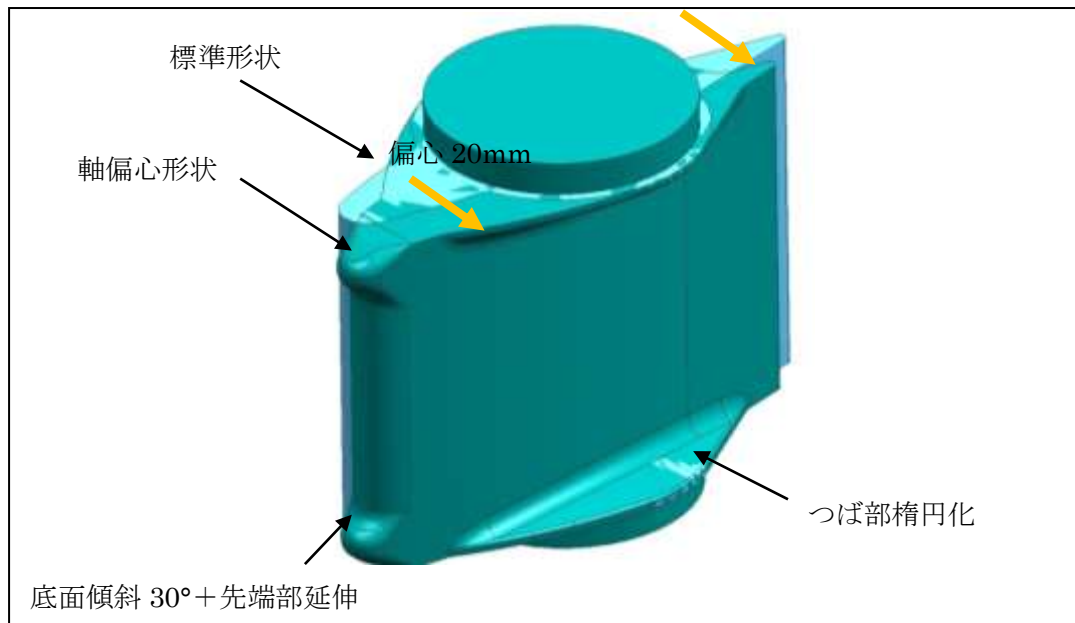


図7 土砂摩耗低減形状（新製による形状変更）

表 2 ガイドベーン形状変更による評価（流れ解析結果）

項 目	肉盛溶接による変更		新製による変更	
	ガイドベーン つば部	シートライナ 部	ガイドベーン つば部	シートライナ 部
土砂摩耗低減率	△ 17.0%	△ 69.5%	△ 58.5%	△ 90.3%
期待延伸寿命	1.2 倍	3.3 倍	2.4 倍	10 倍

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例としての要素（注目点）

- ・土砂含有水における流れ解析技術の向上
- ・ガイドベーン土砂摩耗低減形状の開発

3.2 成功の理由

土砂摩耗の発生を事前に防ぐ対策として、溶射などのコーティング処理、耐摩耗性の高い材料に変更する材質改善、形状変更による最適化設計がある。また土砂摩耗が発生した場合の対策としては肉盛溶接による修理がある。今回は、土砂摩耗対策の内、形状最適化設計に着目し、流れ解析手法を新たに開発した。また、解析精度を実機と比較してからフィールド試験を実施し、土砂摩耗を低減できるように形状最適化を図りながら実施したことで延命化を図ることができた。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

水車部品が著しい土砂摩耗により修理周期が短期間となっている場合、その地形の流況変化や水中に含まれる土砂形状等を事前に確認し、ランニングコストとして適正な修理方法を決定することが必要である。

5. その他（モニタリング、事後評価）

土砂摩耗低減形状（肉盛溶接による形状変更）と標準形状ガイドベーンとの摩耗量を比較するため、低減形状と標準形状を併用した実機によるフィールド試験を実施した。試験は2年間実施し、総ガイドベーン数20本に対し、低減形状ガイドベーン6本、標準形状ガイドベーン14本を図8に示す配置とした。

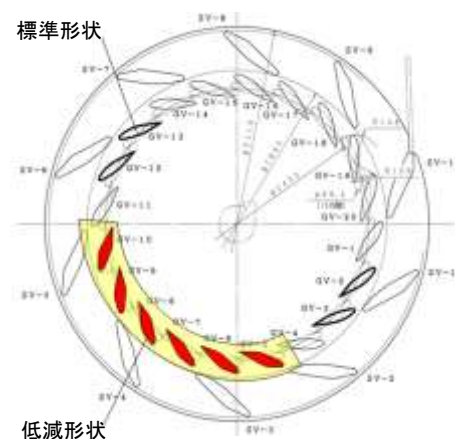
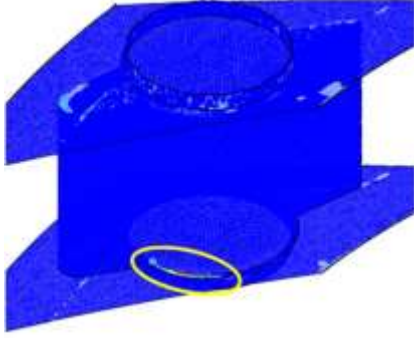
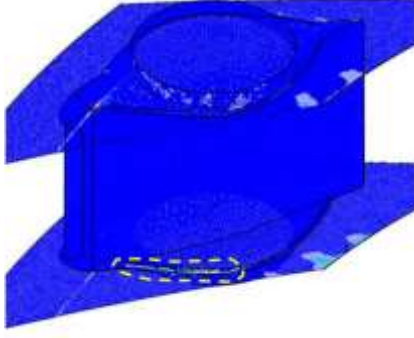


図 8 フィールド試験ガイドベーン配置図

フィールド試験結果、標準形状ガイドベーン、低減形状ガイドベーンの双方ともに目立った土砂摩耗はみられなかったが、ガイドベーンつば部における土砂による打痕で差が見られた。表3にフィールド試験の結果を示す。標準形状ガイドベーンは、打痕がガイドベーン付け根で高密度に集中していたのに対して、低減形状ガイドベーンでは、打痕がつば部全体に分散していた。打痕の位置は、流れ解析結果で摩耗強度が強く出た位置と類似している。この結果から低減形状ガイドベーンの摩耗進展の方が遅いことが確認できた。

表3 ガイドベーン形状変更によるフィールド試験結果

	流れ解析結果	フィールド試験結果
標準形状ガイドベーン		 打痕がガイドベーン付け根に高密度で集中していた。
低減形状ガイドベーン		 打痕がつば部全体に分散していた。

6. 参考情報

6-1 参考文献

水谷 進／水車ガイドベーンの土砂摩耗低減形状の開発／中部電力株式会社 技術開発ニュース No.141／2011.1

水力発電所水車の土砂摩耗低減対策について／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／2012.2

6-2 問合せ先

会社名：中部電力株式会社

URL: <http://www.chuden.co.jp/>