

## IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電所の更新と増強

## 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-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

プロジェクト名	: 発電所設備診断/性能評価プロジェクト (Rhodhiss 水力発電所)
国、地域	: ノース・カロライナ州、USA
プロジェクトの実施機関	: DUKE エネルギー社 (発電所オーナー) MESA 社、HPPi 社、 オークリッジ国立研究所 (プロジェクト評価チーム)
プロジェクトの実施期間	: このプロジェクトは、状態、性能、機会(可能性)各々の評価 結果を示したもので、評価により確認された性能向上作業の 完了または実施予定はない。
更新と増強の誘因	: (A) 老朽化/故障頻発 (C) 発電機能向上の必要性
キーワード	: 状態評価、性能評価、HAPプロジェクト

## 要 旨

この事例研究は、Rhodhiss 水力発電所の状態、性能評価結果を示したものである。評価は、Mesa 社、HPPi 社及びオークリッジ国立研究所の水力専門家、エンジニアチームにより、2011年8月1日に行った現地調査に引き続きとりまとめられた。現地調査の生産性を高めるために事前評価データも集められた。現地での各機器の評価と運転要員からの聞き取り調査は、標準的な開発手法を用いた本格的な HAP 評価手法の完成のための更なるデータ収集とそれらの検証を可能にした。評価の結果、全体的に Rhodhiss 発電所は中程度の信頼水準で中程度の状態にあることが分かった。全体的には中度の状態であるが、老朽化している機器や発電設備に対処するため、いくつかの性能改善の可能性が示唆され、勧告が出された。

HAP 原計画を元に HAP の評価手法を用いて、今後、さらなる米国水力設備が評価される。そして、異なる設備、所有形態、地域、さらには全米水力全体におけるアセット状態の特徴や傾向を示し、状態の評点付けを行うために、最終的に全ての評価設備からの結果が集約される予定である。

## 1. プロジェクト地点の概要（改修前）

ここに示す事例研究は状態性能評価（手法）について説明するもので、Rhodhiss 水力発電所において、後述する活動と評価により検討されるべき改善の可能性を確認し、更なる調査を保証する増強策があるか、米国エネルギー省および発電所オーナーらの決断をサポートする概算見積も含んでいる。Rhodhiss 水力発電所はノース・カロライナ州 Catawba 川に位置する。設備は貯水池や付属設備と共に建設され、1925年に運用を開始し、現在は DUKE エネルギー社が所有し、運転している。発電所は、有効落差 59ft (約 18m) のフランシス水車 3 台を有する。元々の設備出力は各 8.5MW (合計 26MW) であったが、その後 2 号機が 10.7MW に容量アップされた。したがって、現在の合計出力は 28.2MW である。建設以来、様々な補修、改修等でプロジェクトが強化されてきている。

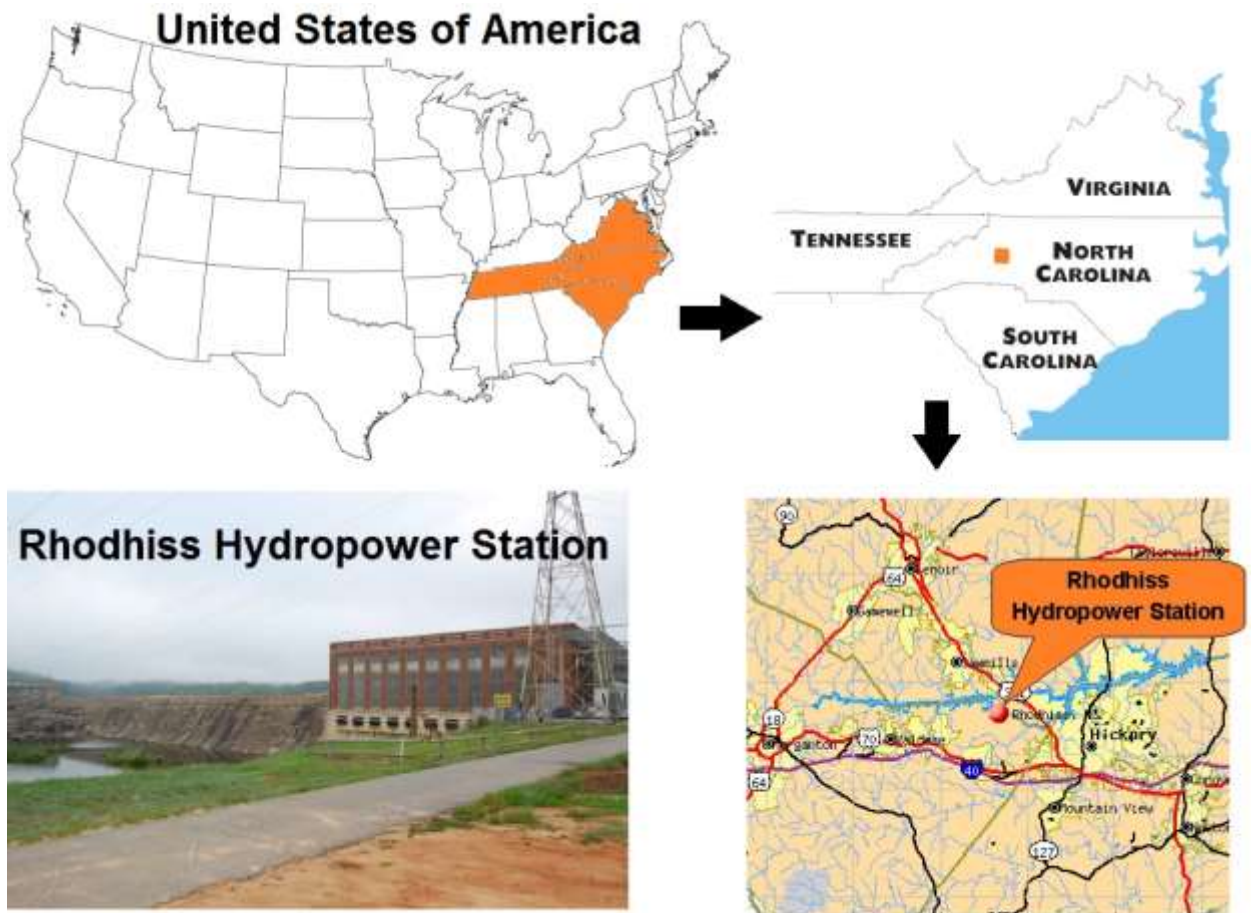


図 - 1 Rhodhiss 発電所の位置

## 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

この事例研究は、完成したプロジェクトではなく、(既設発電所の) 増強の可能性評価を示したものであるから、以下に示す誘因及び具体的なドライバーは、HAP 標準評価手法から得られた勧告に基づいている。

#### ① 状態、性能、リスクの影響度等

##### (A)-(a) 老朽化/故障頻発 - 効率向上

除塵スクリーンに溜まったごみは、1998 から 1999 年に撤去するまでは重大な問題であった。また、除塵装置監視システムは現在も設置されていない。1号機と3号機の水車ランナーは元々の鋳物製の機器のまま、一方2号機は2000年に複合型に交換されている。ダム下流での溶存酸素レベルに対処するため、Rhodhiss 発電所 1,2号機の水車タービンから真空破壊装置を通して気泡を供給している。気泡を水車に取り込むことから機器効率は低下するが、水車のステーベーン(stay vane)とスパイラルケーシング(spiral casing)及び3号機のウィケットゲート(wicket gate)は元々の機器で、更新することで効率アップが図れる。変圧器は86年間使用しており、基準を満たさない状態であることが分かった。機器は小型ではあるが、最適運転のための自動監視制御が設置されていなかった。

#### ② 価値(機能)の向上

##### (C)-(a) 発電機能向上の必要性 - 効率向上、増設、出力・アワー増

効率向上の可能性に取り組むことによって、発電量の増加により発電所の価値も上昇する。環境性能の改善もプロジェクトの価値を上昇させる要素の一つである。

- ③ 市場における必要性  
(該当なし)

## 2.2 経緯

この事例研究は、2011年8月1日に、Mesa社及びオークリッジ国立研究所の水力専門家、エンジニアチームにより実施されたHAP評価の結果を示したものである。現地調査の際に、1号機のみが運転状態であった。HAP評価は、ロディヒス発電所において設備、運用の改善の可能性について確認するために実施したものである。また現地調査により、予備評価情報の検証や最終HAP評価に必要な情報収集が可能となった。

状態評価は機械、電気、土木及び機器制御装置の全ての主要な機器、設備に関して実施され、土木構築設備の評価対象は除塵設備、取水口、水圧管路、漏水と放流に係る設備装置であった。機械設備の評価対象は水車ランナ、ガイドベーン、ステイベーン、ケーシング、ドラフト・ゲート、真空遮断器、発電機固定子&回転子、調速機に限定した。電気設備の評価対象は、発電機、励磁装置及び変圧器とし、機器制御装置の評価は制御室とプラント計測機器の外観検査とした。状態評価では全装置と各ユニットにそれぞれ個別にCIとDI評価点を付けた。CIとDI評価点は0から10の範囲で高い評点ほど、それぞれ優れた状態と高い信頼度を意味する。性能評価は、水文学と最適化手法に基づく作動・効率分析法により実施した。

## 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

Rhodhiss発電所の現地調査がHAP評価の一部として実施された。この評価結果は、異なる設備、所有形態、地域、さらには全米水力全体におけるアセット状態の特徴や傾向を示すため、また、状態の評点付けをするために最終的に他の設備の評価結果と共に集約される。増強策について更に調査する価値があるか米国エネルギー省や発電所オーナーらが決断するための概算見積も含んでいる。HAP評価手法により、Rhodhiss発電所で勧告された改善のための総資本費は約3百60万ドルである。

### 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

土木構築設備の信頼度はあまり高くないが、全体的に中程度の状態であることが分かった。水車と水車調速機は、非常に高い信頼度で「fair」～「good」の状態であることが分かった。発電機は「fair」な状態、励磁装置は1, 2号機が「good」、3号機が「fair」な状態であることが分かった。計測装置と自動運転システム機器は「fair」～「good」の状態であった。状態評価の結果において、評価の信頼性が全体的に低くなったのはO&Mの記録がなく、現地調査の際に物理的な制約があり、HAP評価手法の不明確な調査範囲が主な理由である。将来的にはHAP評価手法に改良が加えられ、信頼性の高い評価が可能となるであろう。

状態評価の結果に基づく勧告は、本書の4項に示す。プラント効率向上と最適化されたプラント運転による発電電力量増加のポテンシャルは、現在と同じ運用の場合2007-2011年の試算によれば平均約2.3%、高効率運転を考慮した水運用とした場合には、同じ期間で平均4.7%の改善が見込まれる。運転の最適化、運用の改善、水車発電機器の更新の組み合わせによる発電電力量増加のポテンシャルは、平均で約9.8%である。

## 3. プロジェクトの特徴

### 3.1 好事例要素

- 機器の状態やプラントの性能を完全に記録するため、水力専門家/エンジニアと設備オーナーが協働したこと
- 勧告すべき改善を特定するため、状態と性能評価を実施するための標準的手法を採用したこと

### 3.2 成功の理由

Rhodhiss 発電所の HAP 評価の成功は、主として、

- 1) 現地調査に先立って水力専門家/エンジニアによって適切に準備が行われたこと
- 2) 機械装置への適切なアクセシビリティを確保し、設備保全業務の詳細記録の保存し、現地調査中の効果的なコミュニケーションを図ったこと
- 3) 現地調査結果を踏まえたデータと評価点を使った標準的評価手法を使用したことである。

### 4. 他地点への適用にあたっての留意点

HAP 評価は完成したプロジェクトではなく、増強の可能性、潜在力を示すものであるから、評価勧告は将来の適用の要点を示すものである。勧告は以下に示す。

- 除塵器監視装置の設置
- 最新型の水車ランナと改良型給気方法の開発
- 1,3 号機の鋳鉄製ランナの更新
- 3 号機ゲートの塗装および形状補修
- ステイパーンの塗装および形状補修
- ドラフトチューブ改良の必要性評価
- 変圧器油の全酸価および油中ガス濃度監視
- 変圧器の乾燥と油の再利用
- 巻線力率測定の実施
- 変圧器 2 ブッシング力率評価
- 変圧器交換
- 3 号機コレクターリング保護
- 3 号機励磁装置交換
- 発電機効率曲線の見直し
- 制御システムの更新
- 3 号機の制御機器を 1,2 号機と適合したものに更新
- 今までの監視制御 iFIX システムへの SOE(Sequence of Events)の接続

### 5. その他（モニタリング、事後評価等）

(該当なし)

### 6. 参考情報

#### 6.1 参考文献

ORNL, Mesa Associates, and HPPi. Rhodhiss Hydropower Facility: Final Assessment Report, Hydropower Advancement Project, 2012.

#### 6.2 問合せ先

会社名: Oak Ridge National Laboratory

URL: <https://www.ornl.gov/>