



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 : 1-b) 投資支援策（固定買取価格制度(FIT)、RPS 制度、補助金、資金補助、税の控除等）
- 1-c) 水系一貫水資源管理（総合開発計画、水利権等）
- 1-f) 環境保全及び改善
- 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	: Benmore 設備改修プロジェクト
国、地域	: 北オタゴ、Benmore 設備改修プロジェクト
プロジェクト実施機関	: Meridian Energy 社
プロジェクト実施期間	: 2007 年～2012 年
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 (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	: 発電所機器の更新・増強、系統接続点構成の改善
要旨	

Benmore 発電所は、Waitaki 発電所チェーンの重要な資産であり、Meridian 社のポートフォリオで供給されるエネルギーの約 17%を占める。さらに、発電所は、Aviemore その他の Waitaki 発電所の水文学的柔軟性を保証し、サウスアイランドとノースアイランドの HVDC リンク運営に不可欠な支援サービスを提供する。発電所性能が低下すると、エネルギー出力が減少するだけでなく、ノースアイランドにエネルギーを移転する能力も低下する。

Benmore 発電所は 1965 年に稼働を開始し、いくつかの基本運転系統が設計/動作寿命の終了に近づいていた。2003 年の工学的リスクレビューにおいて、重大なリスクと可能性が特定された。費用便益と Meridian 社の長期目標を考慮した上で、最適な作業範囲を推定して最低限の費用でリスクに対処するため、技術調査が実施された。作業範囲には、以下が含まれる。

- タービンランナーの交換
- 長期の強制停止の可能性を排除し、系統性能を向上させることを目的とした励磁系と自動電圧調整装置の部品交換
- 送電の制約を排除し、送電料金を引き下げ、基本スぺアの中期的ソリューションを提供することを目的としたグリッド入力注入の再構成
-

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

Benmore 発電所は Waitaki 川流域にあり 1965 年に運開した。発電所は単機出力 90MW の機器 6 台で構成され、北島(North Island)へ高圧直流送電(HVDC)を經由し供給するために建設された。ニュージーランド国内で、100%再生可能エネルギーを利用した発電設備の中で 2 番目に大きな発電所である。



Waitaki 川水力開発計画では図 1 及び表 1 に示すように 8 か所の水力発電所がある。

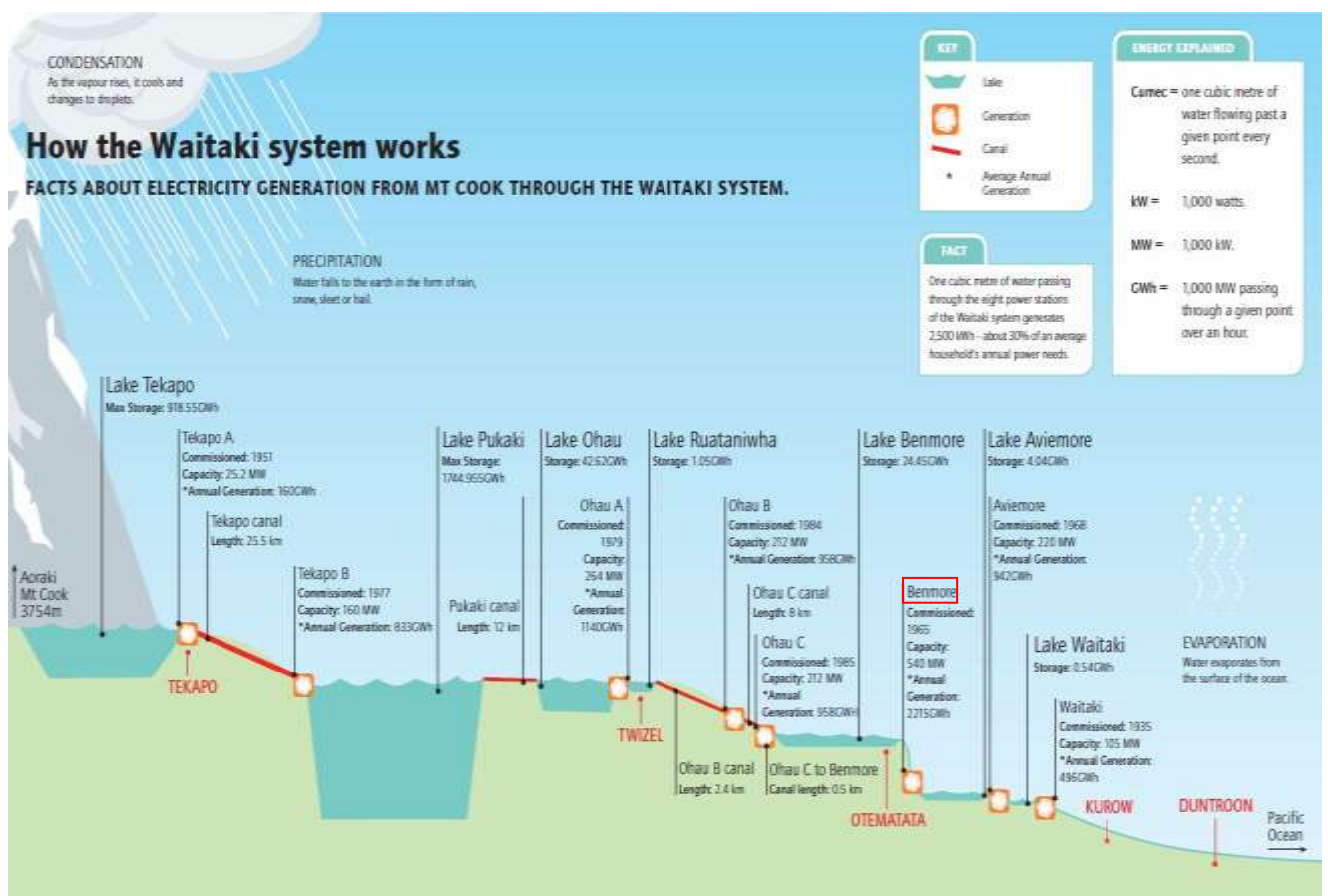


図-1 Waitaki 川水力開発

Benmore 水力発電所は、エネルギー出力に大きく貢献するだけでなく、下流の Aviemore および Waitaki 発電所に水文学的な柔軟性を提供（より柔軟な運転を可能に）し、高圧直流送電系統(HVDC)にとって重要な供給力となっている。調査が進み、Meridian Energy 社のアセット・マネジメントプロセスにおいて設備改修計画が必要とされ、以下の作業範囲となっている。

- 安全性と信頼性を改善するための補機類(local service equipment)近代化
- 3 台の 225MVA 系統連系変圧器の新設及び系統ないし系統接続点構成の変更
- 6 台の新水車ランナ、新励磁装置の設置と全発電機械部分のオーバーホール

表-1 Waitaki 川水系の水力設備

水力発電所名	発電容量	所有者
Waitaki	90 ¹ MW	Meridian Energy
Aviemore	220 MW	Meridian Energy
Benmore	540 MW	Meridian Energy
Ohau C	212 MW	Meridian Energy
Ohau B	212 MW	Meridian Energy
Ohau A	264 MW	Meridian Energy
Tekapo B	160 MW	Genesis
Tekapo A	25 MW	Genesis
Waitaki 水系の合計	1723 MW	

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因および具体的なドライバー

Benmore 発電所の「更新・増強」の主・副の誘因はいくつかある。3 例を示す。

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

既設水車ランナはキャビテーション壊食を受け、度重なるランナ補修は効率低下を来した。

② 価値（機能）の向上

(C)-(a) 発電機能向上の必要性—増設、出力・アワー増

新水車ランナ、励磁装置および機械類のオーバーホール

水車ランナ更新増強

既設水車ランナの効率試験の結果は、主に、キャビテーション補修が繰り返し実施されランナの断面形状が変化したことで、運開当時に比べて効率が 3%低下していることを示した。（図 2）

¹ Waitaki 発電所は 1998 年に 3 号機のガイドベーンが故障してから、発電出力が 105MW から制御可能な 90MW に減少している。



図 2 G1 水車の据え付け（1963 年）

CFD 分析およびモデル試験により、水車ランナー及びその他機器を交換することで、この低下した効率を少しずつ回復し、新たに増分を得る可能性が確認された。他の利点は、メンテナンス作業時間、修理停止時間の短縮およびキャビテーション補修コストの削減であった。作業は、新水車ランナ、新ガイドベーン、新励磁装置および AVR システムの据え付けおよび 6 台の各発電ユニットの全機械部分のオーバーホールが含まれた。

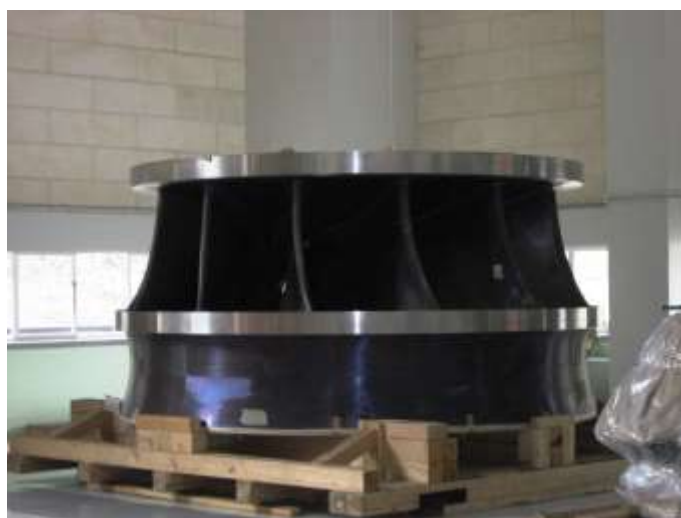


図 3 Benmore 発電所の新水車ランナ

(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）

系統接続点構成改善

既設 16kV 空気遮断器は緊急保護用として設置されていたが、寿命が近く信頼性も低下していた。これは発電所の運転に影響し、また、系統運用を担う Transpower 社の変圧器と関連機器へも重大な危険をもたらしていた。高圧直流送電線の片極（a HVDC Pole）を交換する Transpower 社の計画変更は、系統接続点構成の変更なしでは発電所の運転に制約を与えることになるだろう。そのため、3 台の新系統接続用変圧器（225MVA）の追加とそれに係る系統接続点構成の変更が（Benmore 発電所）更新工事に含まれた。

(D)-(a) 安全性向上の必要性—安全性の向上

安全性の向上

地元への電力供給は必須であり、他からの供給や切り離すこともできないことから、停電の大きなリスクがあった。機器は活線状態でメンテする必要があるため、このことが重大な安全衛生リスクをもたらした。改修工事には、安全と信頼性を向上するため、地元への電力供給機器類の全面的近代化も含まれた。

改修により、関連するプラントに重大な二次的損傷を与え、運転員および保守作業員にリスクを及ぼす破局的機器故障のリスクも軽減された。

③ 市場における必要性

（該当なし）

2.2 経緯

発電所の工学的リスクレビューにおいて、Benmore 発電所の基本運転系統が設計/動作寿命の終了に近づいていることが判明し、重大なリスクと可能性が特定された。その後の調査と残存寿命評価により、発電所の各部が以下の状態にあることが特定された。

- 重大な健康および安全上のリスクをもたらす。
- 元の設計性能パラメータの範囲内で動作しないという点で、障害が生じている。
- サポート可能な経済的耐用年数が終了に近づいているか、または今後数年以内に終了する。
- プラントと HVDC の稼働率が下がることにより、収益に重大な影響が生じる可能性がある。

最適な作業範囲および時期を引き出し、投資の利益を極大化し、Meridian の長期目標および戦略に合致させることを目的として、各種の改修オプションの技術的および商業的分析が実施された。ランナーと 16kV 回路遮断器の劣化状態、励磁系の老朽化とコンプライアンス維持、構内電力供給系統に関する健康および安全問題により、大規模プラント改修の必要性が高まった。範囲には、HVDC ポール 1 の計画的交換の結果として、発電所の出力が 540MW から 360MW に制限されないよう、発電所グリッド注入ポイントの再構成も含まれた。

投資対効果検討書が 2005 年 12 月に役員会に承認され、21 カ月間の計画、設計、契約交渉、調達業務に続き、2007 年 9 月に物理的工事が現場で開始され、2010 年に完了した。

2.3 内容（詳細）

Benmore 発電所の改修プロジェクトを実施するための作業では、以下の重大なリスクと経済的機会に対処した。

タービンランナー効率試験により、度重なるキャビテーション修理の結果としてランナー外形が変化したことで、稼動開始以降、タービン水力効率が大幅に低下していることが分かった。発電所効率を元の設計以上に向上させる機会も特定された。このような改善は、CFD 解析およびモデル試験を経て確認された。ランナーを交換することで、現在のキャビテーション修理による保守の障害が除去される。

16 kV 回路遮断器 (CB) およびグリッド注入—16 kV CB が耐用年数の終わりに近づいていた。強制停止の頻度が高まって深刻化し、プラント、職員、発電所の稼働率に重大な影響を及ぼしている。CB の劣化状態および信頼性低下は、Transpower が所有する系統連系、整流器用変圧器、関連機器にとっても重大なリスクとなっていた。さらに、Transpower は 2010 年までに HVDC のポール 1 を交換することを計画しており、既存のグリッド入力構成が変更されなければ、4 基のユニットへの発電所出力が制約を受ける可能性があった。

励磁および自動電圧調整—励磁系は経年化に伴う故障が発生し、ますます多くの保守作業が必要であった。機器はもはやサポートされていない 1950 年代の技術に基づいており、将来的に故障が起これば、予備部品や保守専門作業員が減っているため、長期的なユニット停止につながることを予想された。停止/始動の回数が増え、新たな市場の要求に基づき、劣化が加速することも予想された。電力品質の維持と電力ガバナンス規則 (EGR) の遵守が次第に難しくなり、電圧維持性能を改善し、最新機器との同期時間を短縮できる可能性があった。

機械改修—1990 年代後期、重要プラントの劣化状態に対処するため、2 号機、3 号機、6 号機が機械改修を受けた。残り 3 基は、発電所稼働率の目標レベルを維持し、ライフサイクル O&M コストを最小限に抑えるために改修された。

3.3kV および 415V ローカル電力供給—不可欠な供給の多様性と分離が進んでおらず、特に機器部品が耐用期間末期にさしかかっていたため、複数ユニットまたは発電所全体での強制停止のリスクが高くなった。

1-b) 投資支援策 (固定買取価格制度(FIT)、RPS 制度、補助金、資金補助、税の控除等)

ニュージーランドでは、再生可能エネルギーに関する投資インセンティブは特にない。ただし、新たな再生可能エネルギー市場が検討されている。Benmore 発電所改修のために実施されている作業では、以下のとおり、その市場における重要な将来の役割が与えられる。

- ノースアイランドへの HVDC リンクを強化する。
- 新しいランナーによる大規模で安定した運転範囲や、新しい励磁による電圧安定性と始動時間の改善を含め、系統の性能と柔軟性を向上させる。
- タービン効率向上を通じて発電エネルギーを増加させる。

1-c) 水系一貫水資源管理 (総合開発計画、水利権等)

Benmore 発電所は、Waitaki 川の水力発電所チェーンの中央に位置する。Benmore 湖での貯水と Benmore 発電所を通る発電用水流は、下流の Aviemore 発電所および Waitaki 発電所に水文学的柔軟性を提供する。

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

プロジェクトは、Meridian 社のアセットマネジメント計画プロセスの成果の一つとして認定された。リスク管理の枠組みを使用して、ポートフォリオを拡大する機会など、緩和を必要とするリスクがランク付けされたリストが作成された。次に、具体的なアセット・マネジメント目標を示す。

- 経年化した資産を交換したり、再構成して重要系統を分離および多様化したりして、保証されたプラント性能目標を維持または拡大するよう変更を加える
- Transpower が提案する HVDC 更新との将来的な互換性を保証するよう変更を加える
- Benmore 発電所の運転耐用期間をさらに 40 年延ばすよう支援する
- 保守要件と費用を拡大せず、経年化した資産の信頼性低下による収益への影響を最小限に抑えて、ライフサイクルコストを最小限に抑える

以下に、具体的なリスク管理目標を示す。

- 破局的機器故障のリスクを低減し、関連プラントの大規模な付帯的損害の可能性および運転員と保守作業員に対するその後のリスクを低下させる
- 部品を調達する間や機器の修理が必要な場合に、長期のプラント停止を避ける
- プラントが法規制要件に適合するよう徹底させる
- ポール 1 または相互接続整流器用変圧器の故障により、資産が取り残され発電が制限されないようにする
- プラントまたは局所の故障により、複数のユニットが停止した結果、HVDC が制限されないようにする

1-f) 環境保全及び改善

地元企業の支援

地元企業の支援は Meridian 社の持続可能性戦略の重要な要素であり、Meridian 社もまた地元企業によってもたらされる存立可能性、能力、革新に依存している。Meridian 社と幅広いパートナーとの密接な関係は、このような大規模資本プロジェクトを効率よく安全に設計し、実施する能力に欠かせない。プロジェクト予算の 40% 近くは外国から調達する主要機器（新しいタービンランナーと変圧器を含む）に割り当てられ、残りは主にニュージーランドの請負業者および設計コンサルタントとの約 60 件の契約に配分された。

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

技術革新はプロジェクト遂行を通して奨励され、請負業者との強い協調によって支援された。特に注目すべきことは、本質的に、時間、コスト、潜在的リスクを軽減するために、現場可動式組立据付け器具（現場組立式旋盤）を導入したことであった。

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

- **資産管理およびリスク管理：**プロジェクトは、Meridian Energy の戦略的資産管理計画プロセスの成果として特定された。リスク管理の枠組みを使用して、緩和する必要があるリスクと資産価値を拡大する機会を含む、ランク付けされたリストが作成された。
- **電力会社の提携：**このプロジェクトは、特に 1 基の HVDC ポールを撤去する決定が下された後、Meridian 社とグリッド所有者・運営者である Transpower が緊密に協力する機会となった。このために、Meridian 社は、Benmore 改修プロジェクトの一部としてグリッド注入ポイント更新に関する計画作業範囲をレビューし、新規および追加の資本プロジェクトである Benmore 最終（電気）構成プロジェクトを進める必要があった。

- 契約リスク管理** : Meridian 社は、過去の改修プロジェクトを通じて醸成された強固な業務関係を活用し、停止前検査に基づく作業スケジュールが正確に範囲設定され、価格付けされるよう、主要請負業者を早期段階で関与させた。これには通常の計画および交渉時間より時間がかかるが、作業実施時に費用、範囲、作業計画などに影響を及ぼすことなく、大きなメリットをもたらした。これは、このような作業につきものの高度な不確実性からすると重要な功績であった。

3.2 成功の理由

Benmore 発電所改修プロジェクトが成功した第一の理由は、先に述べた最適な方法を採用したことである。これによってプロジェクトは大成功を収め、大幅な物価上昇にもかかわらず予算を 10%以上削減し、安全面では 180,000 人・時間以上が無災害工事を続け、工期通りに完了した。重要なことは、新水車ランナは使用水量を増やさず、年間約 70GWh の発電電力量を増やせたことである(表 4)。

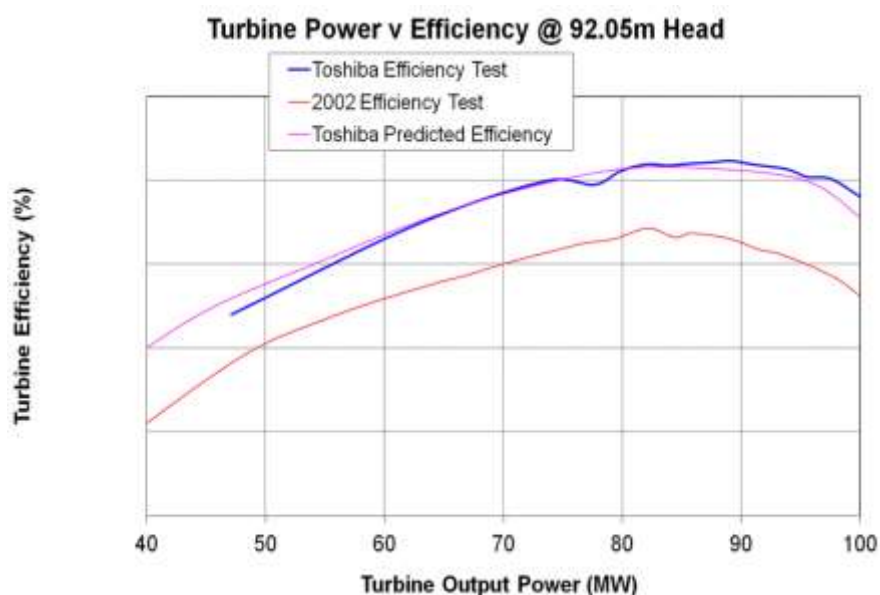


表 4 水車効率曲線図

4. 他地点へ適用にあたっての留意点

将来のプロジェクトを評価し実施する重要な段階として、過去のプロジェクトの教訓を活用することが Meridians 社の方針である。これには、技術、環境、社会、プロジェクト、契約管理のあらゆる面が含まれる。Benmore 発電所改修プロジェクトの全体的成功を受け、多くの適用ポイントが将来のプロジェクトに採用される見通しである。以下に最も重要なものを示す。

- 厳格な資産およびリスク管理プロセスを使用して、改修プロジェクトの範囲を特定し、定義する
- すべての改修イニシアチブの時期を最適化し、費用の重複と発電所稼働率への影響を避ける
- 支出とプラント性能低下の代償とのバランスを取り、最適な時間枠の範囲内で作業を予定する
- 資産改修の具体的要件を全体的な資産ポートフォリオ戦略に合わせて調整する
- 引き続き、Meridian 社作業員の改修工事に関する能力を育成する

5. その他（モニタリング、事後評価等）

状態、リスク、プラント性能等のすべてのプロジェクトパラメータは、アセット・マネジメントプロセスの一部として定期的に監視、蓄積、分析される。この情報は、現在の保守業務および将来の改修作業の基準として使用される。

6. 参考情報

6.1 参考文献

- 1) Hydro Power Engineering Exchange (HPEE) Conference, August 2014, Hobart, Tasmania
- 2) Electrical Engineers Association (EEA) Conference, June 2014, Auckland, New Zealand

6.2 問合せ先

会社名: Meridian Energy Ltd

URL: <https://www.meridianenergy.co.nz/>