

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-e) 低炭素社会にける電力系統安定化のためのプロジェクト
- Sub : 1-a) 国と州のエネルギー政策
1-f) 環境保全および改善
2-a) 電気機械（E/M）機器の技術革新および導入拡大
2-c) 技術革新、導入拡大、土木・建設工事に使用する新素材

プロジェクト名	: FMHL+拡張プロジェクト
国、地域	: スイス・ヴォー州
プロジェクトの実施機関	: Alpiq Suisse SA
プロジェクトの実施期間	: 2011 年～2016 年
更新と増強の誘因	: (A) 老朽化／故障頻発 (d) 保守性の向上環境劣化 (C) 発電能力向上の必要性 (a) 効率向上、増設、出力・アワー増 (b) 発電用途の変更、機能付加
キーワード	: 揚水貯蔵、拡張プロジェクト、容量拡張、エネルギーバランス調整

要旨

FMHL+プロジェクトは、2 基の 3 重ポンプタービンユニットを使用する 240MW 揚水貯蔵装置を追加することであり、スイスの Veytaux 発電所に 1970 年代初期に建設された 240MW 揚水貯蔵施設を拡張することで行われる。

新しい地下発電所は、基本的に既存の導水路と放水路で接続することにより、標高約 1,255 m で約 5,200 万 m³ の容量を持つ上流のオングラン貯水湖と標高約 372m の下流のレマン湖（ジュネーブ湖）の既存の水路に統合される。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

スイス西部に立地し、1971 年に運転開始され FMHL によって運営される既存のオングラン・レマン揚水貯蔵機構は、Veytaux 第 1 地下発電所でオングラン貯水湖（標高 1,255 m、5,200 万 m³）とレマン湖（標高 372 m、890 億 m³）の間の最大水頭 878 m を利用する。オングラン貯水湖は、それぞれ高さ 125 m と 90 m のツインアーチダムで構成される。

既存の発電所は、総発電設備容量 240 MW の 4 基の水平軸ポンプタービンユニットを含む。オフピーク期にレマン湖の水が最高速度 24 m³/秒で揚水され、高需要期に排水量 32 m³/秒でタービン回転される。既存の発電所とレマン湖は、長さ 200 m の地下直線開水路で接続される。



ツインアーチダムを備えるオングラン貯水湖と長さ 140m の既存の Veytaux 第 1 地下発電所



既存のダム、水路、発電所の配置と位置

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

① 状態、性能、リスクの影響度等

それぞれ 60 MW の 4 基の水平 3 重ユニットから構成される既存の発電所は、1970 年代初期の技術を備えている。

ユニットの緊密な監視と保守によってプラントの利用可能率は高く維持されているが、拡張プロジェクトにより新規の発電所の試運転後、Veytaux 第 1 の既存の発電所のユニットが予備として使用され、発電所の全体的な利用可能率が向上する見通しである。

② 価値（機能）の向上

新規ユニットは、環境にほとんど影響を及ぼすことなく、既存の水路を限定的に改良することにより、新しい空洞に実装される。

2 基の 120 MW ユニットから供給される追加調整電力は、ポンプモード（水力短絡）で調整される電力容量を含め、電力網に提供される補助サービスの形で付加価値をもたらす。

③ 市場における必要性

（該当なし）

2.2 経緯

以下に、プロジェクトの主要日程を示す。

2007 年以降：フィージビリティ調査

2009 年：基本設計調査

2010 年：入札プロセス

2011 年～2012 年：契約締結および設計調査

2012 年～2015 年：現場土木工事および電気機械製造段階

2015 年～2016 年：主要電気機械工事の架設および試運転

フィージビリティ段階

2007 年に最初の予備設計試験が開始され、計画上では既存の 240 MW 電力容量に 180 MW 程度の増加が技術的および経済的に実現可能であることが分かった。

2008 年 7 月から、EDF と ALPIQ は、多基準解析に基づく予備調査に着手した。その目的は、技術的に使用可能なあらゆるタイプのユニットの関係性、適切な発電所構成を特定し、特定のプロジェクト条件に基づいて最適なソリューションの経済的解析を実行することであった。

考慮された主な制約は、既存の水路の適応制限、機械のサイズ、新しい地下空洞建設に必要な環境、プラントの全体的な運転柔軟性メリットであった。オーナーとの協議を経て、最も精度の高い方法で各構成を評価するため、保守性や送電網に提供されるサービスなどの追加条件も定義された。

基本設計段階

2009 年、技術者とオーナーの代表者によって基本設計調査が実施された。これには、最終機器仕様を最適化することを目的とした予備寸法設計による機器選定、サブ構成面、従属オプション、望ましいベアリング配置、軸シールタイプなどの評価、他の主な設計問題の検討が含まれた。この段階は、入札段階の前に水力発電装置供給業者の技術的な情報とフィードバックを取り込むよう構成された。2010 年中に、補助発電所装置や入口球形弁を含め、2 基の 3 重ユニットに関する詳細な技術仕様が作成された。

この 3 重ユニット配置は、他のポンプ貯蔵装置に関する現在の世界的な経験からすると、他では前例がないサイズであり、独特の機械構成となっている。

入札段階および契約締結

2010 年末に入札および評価段階が実施され、2011 年初めに主な油圧機械式機器ロット、土木工事、導水路の最終契約締結が行われた。

2.3 内容（詳細）

1-a) 国および地方のエネルギー政策

1-f) 環境保全及び改善

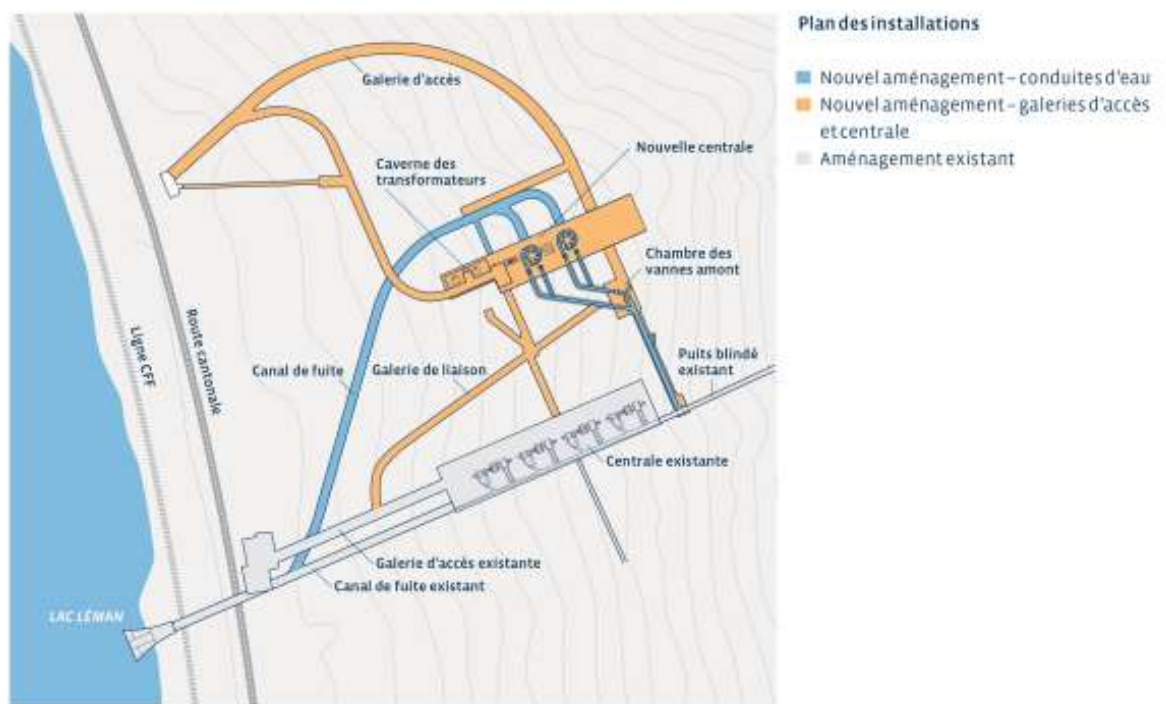
1-e) 低炭素社会における電力系統安定化のためのプロジェクト

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

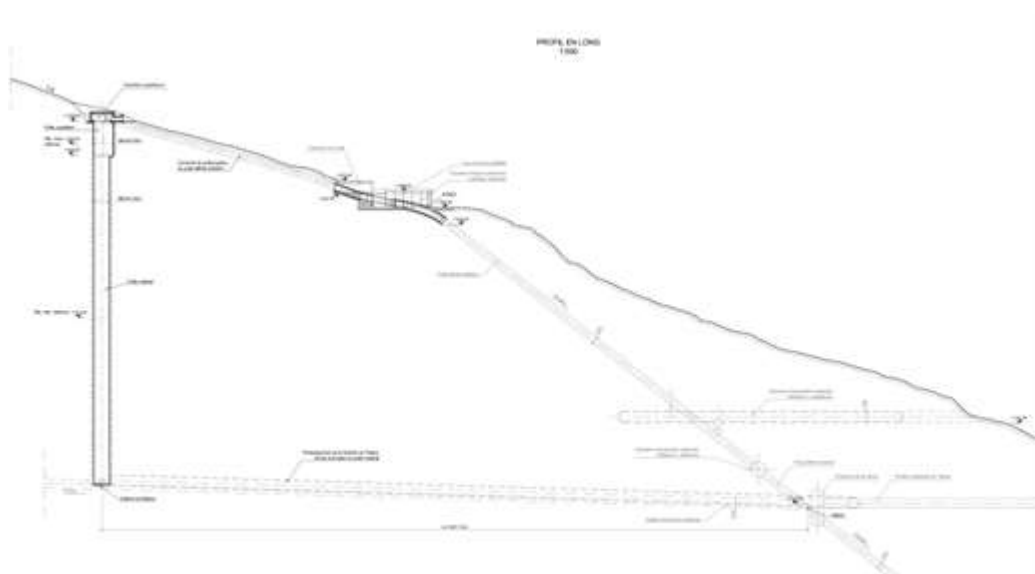
FMHL+拡張プロジェクトの目的は、Veytaux の既存地下空洞の隣に新規地下空洞を建設することにより、現在のプラント能力を 2 倍に高め、水力「短絡」モードに設計された特別機能により、タービンおよびポンプモードの両方で調整エネルギーを調達することである。それぞれ 120 MW の 2 組の水力軸ポンプ/タービンが追加設置される。

柔軟性の向上および発電ピーク電力により、スイス西部に電力を供給し、主に新規再生可能エネルギーを欧州およびスイスに拡大することでエネルギーのバランス調整に関して高まっている要求を満たす上で、発電所が重要な役割を果たすことができる。



既存の Veytaux 第 I（灰色）および将来の FMHL+発電所の一般配置図
（青色は新規水路、オレンジ色は新規通路および空洞）

既存の長さ 8 km の導水路トンネルと長さ 1.4 km の圧力立坑は、それぞれ 57 m³/秒および 43 m³/秒の新規発電および揚水を行う十分な能力を備える。しかし、改良方式の過渡計算では、既存のサージタンクの容量が質量振動に関して不十分であることが判明した。そのため、既存の立坑の南東の圧力立坑の上流端に、長さ約 170 m、内径 7.2 m の新規調圧立坑が建設される予定である。長さ 28.5 m、内径 2.2 m のトンネルによって導水路トンネルに接続される。



新規の上流水路配置の断面図

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

プロジェクトの主な特殊性は、新規発電所が稼働中の既存発電所の隣に建設され、水路が両方の発電所の将来的な運転に合わせて修正されるということである。

稼働する既存水路の近くでの土木工事

現場工事開始の3年前に、既存発電所近くの通路で掘削・爆破試験が実施され、予定される現場工事に伴って予想される振動が判定された。この試験期間中、既存発電所の監視システムにより、プロジェクト技術者は振動制限を修正することができた。

あらゆる予防策と適応対策により、新規導水路の掘削工事を稼働する既設導水路の手前6 mまで実施することができた。最後の6 mは発電の停止中に掘削された。

このような非常に特殊な掘削工事の要件を満たすため、プロジェクト技術者、地質学者、工事を担当する会社、発電所事業者の日常業務および連絡が必要であった。

既存の圧力立坑への接続

最後の6 mが掘削され、既存の直径2.7 mの圧力立坑が切断され、新しいT字路の溶接の準備が行われた。T字路は重量55tであり、15tのエルボーを遮断壁で閉じて完成した。



既存の圧力立坑のT字路

主な技術的課題はT字路の取扱い、現場での配置および適応、現場での溶接であった。

新規サージタンクの接続

その一方で、新規サージタンクの油圧接続が行われ、新規サージタンク底部から既存水路に接続され、サージタンクの既存の上部貯水池の圧力立坑が延長された。

この接続では、既存の水路が既存の鋼製ライナー内で鋼鉄によって内張りされ、2.2m の鋼管が通路に敷設された。



水路への接続（左）および既存の上部貯水池の圧力立坑の延長（右）

共通下流水路の増深

スイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）で実施された物理モデル試験により、新規発電所の将来的な運転には、共通放水路の増深が必要であることが分かった。発電所の同時期の停止中に、共通放水路の1mの増深が実施された。



共通放水路の増深

油圧機械および電気機械設備

採用されたユニット配置は、以下の FMHL+発電所の断面図のとおり、上から順に発電電動機、ペルトンタービン、メカニカルカップラ、揚水ポンプを含め、標準的な3重垂直ユニット配置に基づいている。

3.2 成功の理由

FS 調査の初期から現在の現場工事までオーナーと技術者が緊密に協力することで、高レベルの技術および契約プロジェクト管理が保証された。

供給業者は、プロジェクトの制約を確実に理解するため、初期段階からプロジェクトに関与した。このことから、プロジェクトの最初期に最適な技術ソリューションを開発することができた。

現在の現場活動も、全関係者の緊密な協力を得ている。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

最新の3重ユニットは、プロジェクトの制約に合わせて採用された機械設計にすぎないため、そのような通常と異なる電気機械設備配置と土木的な側面を最適化するために特別な注意が払われた。同様の制約を受ける他のいくつかのプロジェクトには、FMHL+の設計および実装経験が一助をもたらすと考えられる。

既存発電所と水路を含む土木工事に特有の制約があり、都市部と観光地区に立地するプロジェクトだったことは、同様の仕様を含む他の拡張プロジェクトに一助をもたらす特定ソリューションの開発にもつながった。

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

- [1] Pingoud.P, "Considérations sur le choix des solutions d'équipement de la Centrale de Veytaux de la chute Hongrin-Léman", Schweizerische Bauzeitung, Volume 85, 1967 (フランス語)
- [2] Pingoud.P, Jaunin.R, "Problèmes survenus lors de la mise au point des pompes d'accumulation de la Centrale de Veytaux", Bulletin technique de la Suisse romande, Volume 99, 1973 (フランス語)
- [3] Lucas.J, Wickenhäuser.M, Kriewitz.C.R, Lais.A, "Lufttransport im unterwasserkanal des Pumpspeicherwerks FMHL+", Wasserbau Symposium 2012 Graz, Thema A : Forschung und Lehre (ドイツ語)
- [4] De Cesare.G, Candolfi.S, Wickenhäuser.M, Micoulet.G, "Flow and waves in a common tailrace channel of two pumped-storage plants—physical and numerical simulations" Simhydro 2012 Nice, Session 12: 3D flows in the near field of structure.
- [5] Lippold.F, Hellstern.N, "Hongrin-Léman hydroelectric pumped storage plant, Veytaux II powerhouse – Developing a new generation of multistage pump", Hydro 2012 Bilbao, Session 9B, Pumped storage : case studies.
- [6] Laurier.P, Herbivo.S, Micoulet.G, Thackray.P "Hydromechanical equipment of the FMHL+ extension project of the Hongrin-Léman powerplant, Switzerland", Hydro 2013 Innsbruck, Session 20B
- [7] Micoulet.G, Herbivo.S, Burnier.JM, "FMHL+ extension project of the existing Hongrin-Léman power plant - ongoing works and interaction challenges", SHF Enhancing hydropower plant facilities Session D, Grenoble April 2014

- [8] Nicolet Christophe, Taulan Jean-Pierre, Burnier Jean-Michel, Bourrilhon Monique, Micoulet Gaël, Jaccard Alain – "Transient Analysis of Hongrin-Léman Pumped-Storage Power Plant for New Surge Tank Design." SHF Enhancing hydropower plant facilities, Grenoble April 2014

6.2 問合せ先

会社名: Alpiq Suisse SA

URL: <http://www.alpiq.ch/fr/index.jsp>