



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）

カテゴリとキーポイント

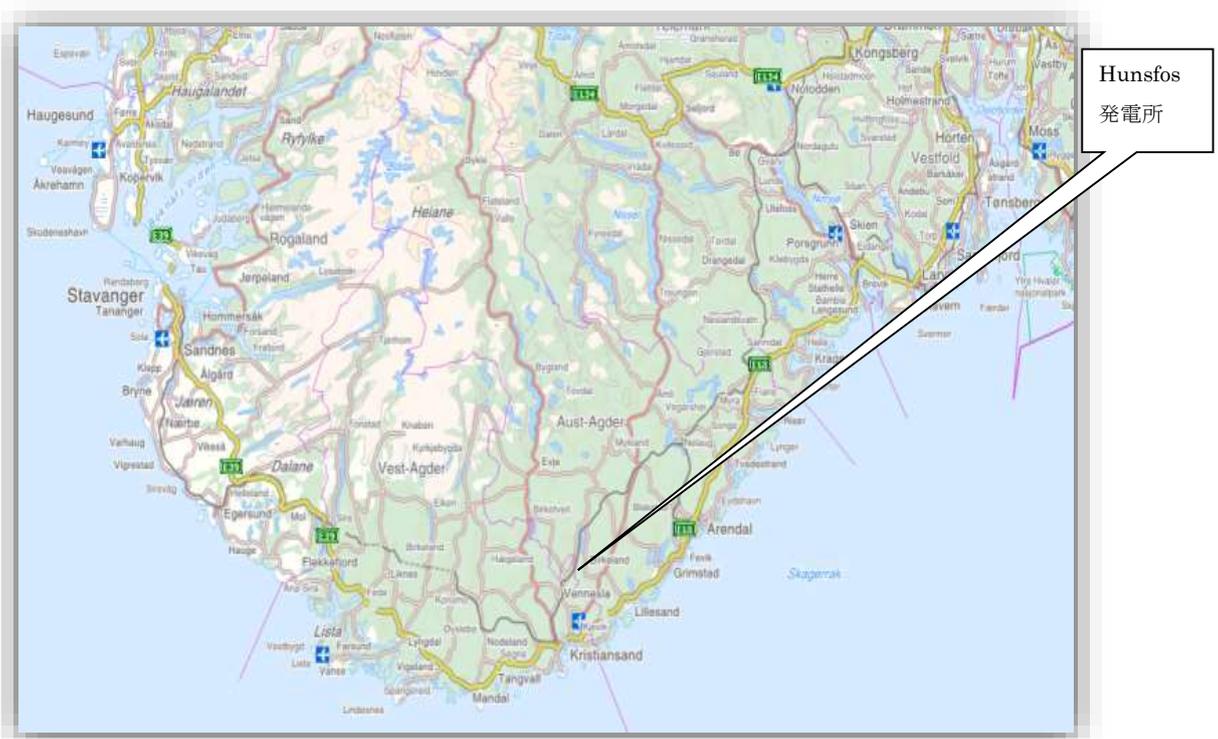
- Main : 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析
- Sub : 1-a) 国及び地方のエネルギー政策
 1-c) 水系一貫水資源管理
 1-f) 環境保全及び改善

- プロジェクト名 : Hunsfos East 水力発電所
 国名（州／県を含む） : Vest-Agder 郡、ノルウェー南部の Vennessla 地方自治体
 実施機関／団体 : Agder Energi Hydro Production
 実施期間 : 2001 年 新型発電所の計画立案
 2005 年 現場工事開始
 2008 年 Hunsfos East 新型発電所の通常運用開始準備完了
- 更新と増強の誘因 : (A)老朽化と故障の頻発による劣化(a,b)
 (B)環境劣化(b)
 (C)発電機能向上の必要性(a)
- キーワード : 流れ込み式水力発電所、容量増強、新しい再生可能エネルギー生産、新設発電所と既設発電所の並存

要旨

Otra 川水系の Hunsfos 滝は、20 世紀初めより水力発電のために開発されてきた。Hunsfos は、ノルウェー南岸にある Kristiansand 市から北へ約 20 キロ行った Vennessla 村に位置する。

Hunsfos には、川の中央に小さな島がある。この島には製紙施設がある。Hunsfos East が建設されるまでは、西側の河川に 15.5 MW (3 MW + 12.5 MW) の設備容量を備える発電所 (Hunsfos West 水力発電所) があった。



オタワ川にある Hunsfos の位置



IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
IMPLEMENTING AGREEMENT FOR
HYDROPOWER TECHNOLOGIES AND PROGRAMMES

Hunsfos West 水力発電所で 1926 年から稼動していた古い小型ユニット (3 MW) が消耗し、運転を継続する場合は総分解点検が必要であった。Hunsfos East 水力発電所が建設され、古いユニットは除去された。新しい Hunsfos East 水力発電所は、古いユニットを除去した場合に失われる設備容量も含めて設計された。

現在は、水力発電所が東側 (新型) と西側 (旧型) の両河川に建設されている。どちらも貯水池がない流れ込み式の発電所であり、共有の小さな貯水池を有している。Hunsfos East 発電所は川筋に位置しており、新たなダムと発電所の建設は非常に困難であった。

新設 Hunsfos East 発電所は、Hunsfos の生産と能力の増強を実現している。目標は、エネルギー生産における水資源の利用を増やすことであった。Hunsfos West は現在も稼動しているが、最初の 2 ユニット (3 MW) の 1 つは除去された。また、Otra 川のカスケード水力発電システムの改良にも寄与するものであった。

90 年代のノルウェーの電力市場の事情のために、水力発電所の拡張 (水力発電設備の更新と増強) は、21 世紀の初めまで採算性があると見込まれることはほとんどなかった。



Hunsfos East 発電所

Hunsfos East の計画立案は、2001 年に始まった。建設工事は 2005 年に始まり、2008 年に完成した。Hunsfos に二番目の発電所が建設されたことにより、河川の水の大半が発電のために利用されている。平均総発電量は現在約 145 GWh/年であり、Hunsfos East の建設による増加分は 65 GWh 程度である。2008 年に完成した時点での費用は、約 2 億 5,000 万ノルウェー・クローネ (2015 年 5 月の為替レートで約 3,500 万米ドル) であった。

1. プロジェクトの概要 (更新/増強前)

Hunsfos East プロジェクトの実施前、発電用に開発されていなかった Hunsfos の Otra 川には豊富な水量があった。

電力は当初、発電所近くの工業企業で使用された。工業は主に広大な森林資源に基づき、パルプと紙を生産していた。水力発電のほかに水が木材加工に直接使用された。この水の使用は 80 年代に終わった。これを受けて、Agder Energi が木材加工に使用されていた水を利用する 2 つ目の発電所を東側の河川に建設する可能性が生じた。

発電所は、従来、紙・パルプ製造と関連があった河川の西側に位置していた。水力発電所で



IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
IMPLEMENTING AGREEMENT FOR
HYDROPOWER TECHNOLOGIES AND PROGRAMMES

ある Hunsfos West は、製紙工場の所有者が製紙用に十分なエネルギーを確保するために、60年代初めに建設したものであった。製紙工場の所有者が、木材の粉砕を取り止める計画を持っていたことから、電力会社の Agder Energi は、これを発電量の拡大機会と捉え、80年代初めに発電所を買い取った。

Hunsfos East 発電所が建設されるまで、東側の河川は、河川の流量が Hunsfos West 発電所の能力を超えたときに、余水を「排水」するためだけに使用されていた。余水は取水池から水門のあるダムを通して送られる。東側の河川にあった古いダムは、新しい発電所に接続して建設された新しいダムに置き換えられている。

Hunsfos West 発電所には二つの設備があり、1926年操業の発電量 3 MW と 1964年操業の発電量 12.5 MW があった。最も古い 3 MW の設備はすでに老朽化していると考えられていた。この設備の改修は、高コストで発電能力が低いことから非現実的と結論付けられていた。大きいタービンや発電機を設置する適切な場所がなかったのである。

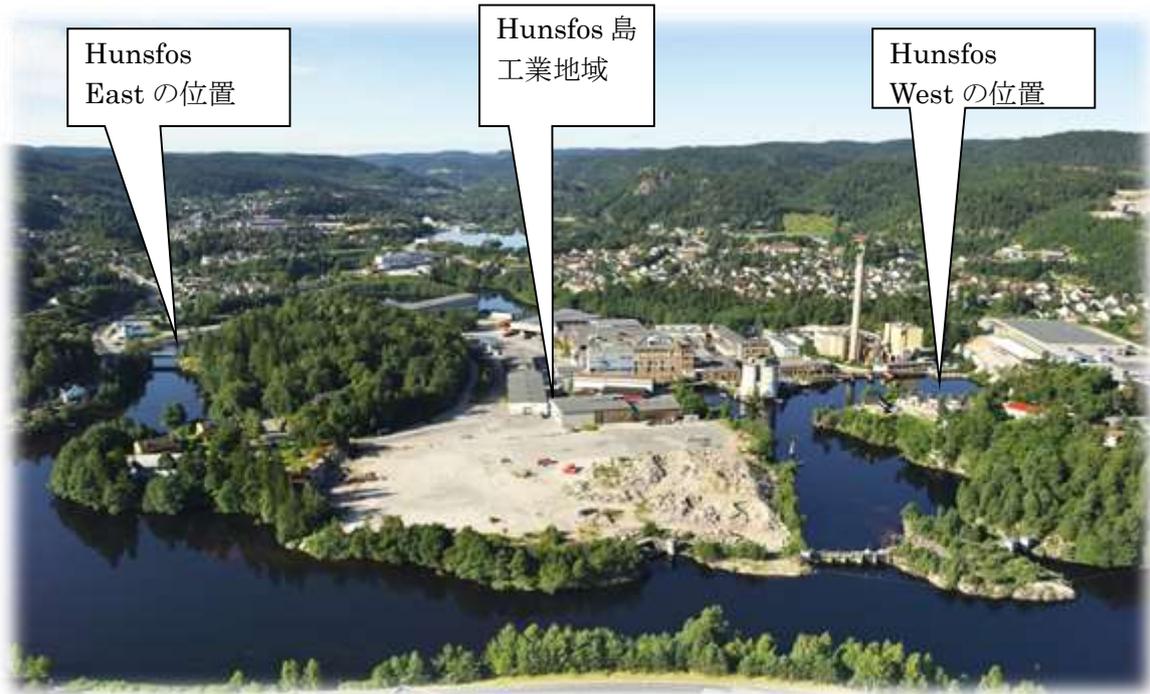
Hunsfos West の総流出量は約 130 m³/秒であり、河川の平均流量(150 m³/秒)を下回っていた。そのため、Hunsfos はカスケード・システムのネックとみなされることもあり、少なくとも上流と下流どちらかの発電所で流出量が増加した場合は障害となった。そのため、西側の発電所にある大型設備だけを残し、東側に補強として新たな発電所を建設することになった。

Hunsfos East 建設前の Hunsfos West 発電所

ユニット	能力(MW)	設計流量(m ³ /s)	発電電力量(GWh/年)	建設年
No.1	3.0			1926
No.2	12.5			1964
合計		130	80	

上流域に貯水池がある。流域（本流および支流）には、やや小規模のものも含め、合わせて 16 基の水力発電所がある。IvelandHHP (RoR) と同じ型式のものもあり、寿命および操業状態に関してはばらつきが大きい。一部の発電所は設備の近代化が必要である。また、増強（容量増大、水頭またはその他の測定基準の向上）も有益であることが多い。

Annex 11 の事例でもあげられている Iveland 発電所も、Hunsfos 上流の Otra 川に位置している。Iveland と Hunsfos の間には、Nomeland と Steinsfoss HPP の 2 基の発電所がある。設計流出量はそれぞれ 180 m³/秒と 245 m³/秒である。Iveland HHP の現在の流出量は、116 m³/秒である。215 m³/秒への増強が進められている。これら 3 箇所発電所は Anger Energi 社が所有している。



Hunsfos の発電所 2 基の位置

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 - 効率向上

ここでの不具合は、水源の利用率が不十分であることも意味する。設計流量と設備容量を増やして、利用率を向上させることができる。総容量は 12.5 MW 増加し、これによって追加平均発電量は 65 GWh となった。

(A)-(b) 老朽化／故障頻発 - 耐久性、安全性、信頼性向上

Hunsfos West 水力発電所の残りのユニットに加え、新しい発電所は、信頼できる安全な発電を数十年にわたって保証する。

(B)-(b) 環境劣化 - 河川環境の改善

100 年近くに及ぶこの区域での工業活動は汚染を引き起こした。しかしながら、水質は過去 10 年で改善していることから、Hunsfos East 水力発電所の建設が直接水質や環境に影響を与えていた訳ではなかったが、今後も改善状況の維持に貢献していく。

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

高性能化の可能性がある。Hunsfos East 発電所の建設により、Hunsfos（Hunsfos West および Hunsfos East）の容量が増強され、流量損失の減少につながり出力が増加した。

③ 市場における必要性

特定の市場要件はなかった。Hunsfos East 水力発電所は、ノルウェー・スウェーデン電力証書市場が実現する前に建設された。



2.2 経緯

2001年	計画立案
2004年12月	新発電所の建設許可取得
2005年2月	現場作業の開始
2007年11月	新設 Hunsfos ・イースト発電所のテスト準備完了
2007年12月	テスト中に案内羽根が破損
2008年10月	ガイドベーンの修理完了、発電所は通常運転に復帰

Agder Energi 社は 2004 年に新規 Hunsfos East 発電所の建設の許可を取得した。取締役会は同月に投資を決定し、同時に土木請負業者が着工準備を整えていた。

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

これらの検討は（ノルウェーの他の電力会社と同じく）Agder Energi でも続いており、Hunsfos でも同様である。総合的な計画および経済的・戦略的検討は、Hunsfos の東側の Otra 川に新しい発電所を建設するという決定につながった。検討と計算には、費用見積もり、予想発電収入、正味現在価値（NPV）などのパラメータが含まれた。故障確率は、ライフサイクルコストに関して考慮された。最終範囲は、これらの検討に基づいて決められた。

1-a) 国及び地方のエネルギー政策

ノルウェー政府は長年にわたり、改修（既存の水力発電所の更新および拡張）に伴って再生可能発電を増加させることを優先目標とすると表明してきた。そのような措置は、多くの場合、未開発地域に発電所を建設するよりも環境影響が小さい。

1-c) 水系一貫水資源管理

川には流れ込み式（RoR）水力発電所が 5 基並んでいる。そのため、発電所の水の損失の最小化、すなわち出力を増やすために、発電所の能力を最適化することが目標であった。

1-f) 環境保全及び改善

林業を中心とする約 100 年間の産業活動の結果、東側の川岸の土地の一部が汚染されていた。数千 m³ の土壌が取り除かれ、指定業者により有害廃棄物として処理された後、建設工事の開始が可能となった。

Otra 川は何年もの間、産業公害による高濃度の汚染河川であった。30 年ほど前、産業汚染から川を浄化するプロジェクトが始まった。水質は改善され、近年では釣り、特にサケに関しては、ノルウェーの最も適した川のひとつとなっている。滝は発電所の下流まで約 3 km 続いているため、サケは発電所から放水口に到達することができない。そのため、発電所はサケの母川回帰に影響を与えていない。

表 1 Hunsfos East 発電所諸元

項目	諸元
最大出力	15 MW
水頭	14 m
タービン型式	直径 4m の羽根車搭載カプラン
使用水量	120 m ³ /秒
「トンネル」長さ	100 m
「トンネル」型式	鉄筋コンクリート
「トンネル」断面積	80 m ²
ダムの高さ	13 m
ダムの長さ	40 m
ダム型式	鉄筋コンクリート



建設期間

岩盤掘削は 2005 年 2 月に既に始まっていた。要するに、初年度（2005 年）は主に、岩盤掘削と発電所でのコンクリート工事の開始にあてられた。ダム建設は 2006 年の春に始まり、すべてのコンクリート工事は 2006 年後半に概ね完了した。岩盤掘削と発電所およびダムの建設現場の整地は、2005 年に終わった。

タービン、発電機、開閉装置、制御装置などの技術装置の設置も、2006 年に始まった。発電所は、予定通り、2007 年 11 月にテスト準備を整えた。テスト中にガイドベーンが破損したが、これはタービンのサプライヤーによる計算ミスが原因であった。案内羽根の事故により、プロジェクトは 10 ヶ月遅れ、発電所は 2008 年 10 月になってから通常運転の状態に置かれた。2008 年の運転開始以降、発電所は問題なく稼働している。

建設中の主要課題は、流量の制御であった。最も重要な建設期間中に、Otra 川の全流量を西側の河川に誘導しなければならなかった。また、取水ダムを Hunsfos East の河床に直接建設する必要があった。建設工事計画はよく練られていたが、数期間にわたって発生した豪雨により、Otra 川の流量が西側の発電所の能力を超えて問題となった。

操業および生産

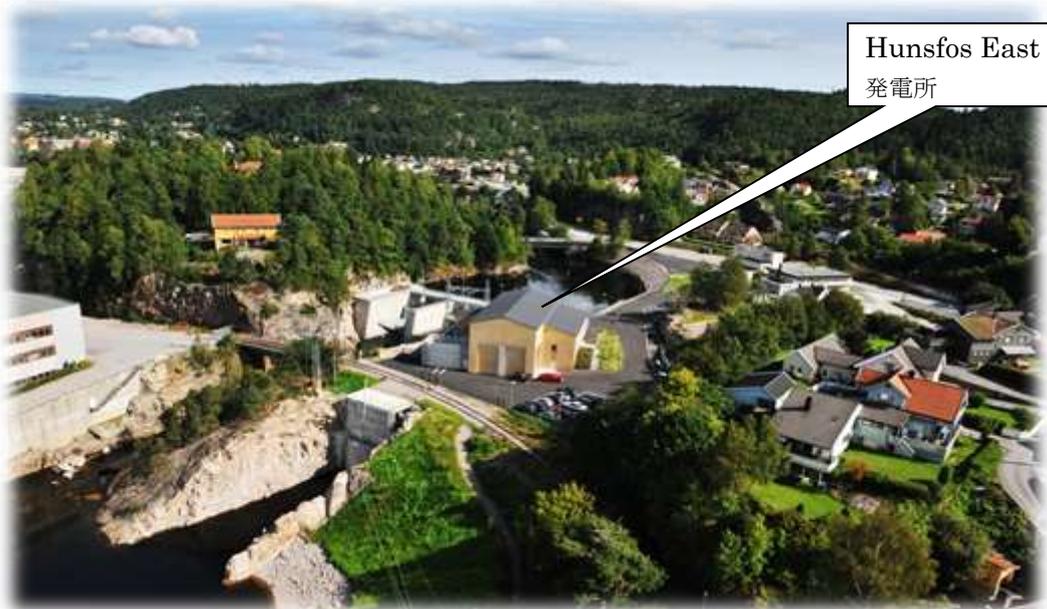
Hunsfos West の流出量は現在 110 m³/秒、Hunsfos East は 120m³/秒である。すなわち、合わせて 230 m³/秒であり、約 100 m³/秒の増加となる。Hunsfos East は主要発電所となる予定である。Hunsfos West は、水量が Hunsfos East の最大流出量を上回ったときに、稼働することになる。

Hunsfos East と Hunsfos West の年間平均発電量は、約 145 GWh となる予定である。これは以前の状況と比べ、65 GWh の増加となる。最小限の環境フットプリントによって、予想通りのコスト効率のよい発電量が、今後 50～100 年間確保されている。

Hunsfos の Otra 川の東側に発電所を建設することによって、Agder Energi 社は河川の流水を十分に利用することができる。以前は、紙・パルプ産業が木材を機械的に粉砕して紙を生産するために水を利用していた。この目的での水の利用が中止されたことから、電力会社が水力発電用に水を利用することに関心を持った。Hunsfos での平均流量は約 150 m³/秒である。Hunsfos West 水力発電所の設備容量は約 130 m³/秒である。新しい発電所を建設することにより、Hunsfos は Otra 川の水力システムのネックではなくなった。

Hunsfos East 発電所建設による変化

項目	建設前	建設後	合計
発電能力(MW)	15.5	27.5	12.0
設計流量(m ³ /s)	130	230	100
発電電力量(GWh/年)	80	145	65



Hunsfos East
発電所

Hunsfos East 発電所

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

ダムを水のない河床に建設しなければならなかったため、建設期間中の川の流量と水質の管理は、プロジェクトを実施する上で重要である。

Agder Energi 社は、ポートフォリオに多くの類似のプロジェクトを持っており、そのためこのプロジェクトから得た情報、特に施工中の河床と流量に関するものは、その他のプロジェクトにとって有益な情報である。

3.2 成功の理由

建設期間中の川の流量の管理は、建設プロセスに与える影響ならびに環境への影響のどちらにとっても、主要な成功要因である。

川はサケ釣りの主要河川であり、最も厳しい建設作業が河床へ直接行われることから、良質の水が要求された。川の水質の良さと魚に悪影響が及ばないことを確実に確保するために、沈砂池を下流の建設現場に設ける必要があった。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

上記 3.1 および 3.2 節に参考事項を記載

5. その他（モニタリング、事後評価など）

発電所のテスト中に、重大な故障が発生した。羽根車のガイドベーンのシャフトが適切に設計されていなかった。その結果、全面的シャットダウンのテスト中に、完全な機能停止に陥った。事故はガイドベーンだけではなく、発電機のシャフトにも損害を与えた。このような状況により、修理に 10 ヶ月を要した。これは、すべてタービン請負業者による小さな計算ミスが引き起こしたものであった。

6. 詳細情報

6.1 参考事項

なし

6.2 問い合わせ

会社名: Agder Energi Hydro Production AS

URL: www.ae.no