

付録 A2

好事例報告書集 (Good Practice Reports)

PART2: NO01 – ZA01

目次

NO01 Ljøsåa, ノルウェー	86
NO02 Jorda, ノルウェー	92
NO03 Storfallet and Veslefallet, ノルウェー	97
PH01 Ambangal, フィリピン	104
PT01 Canedo, ポルトガル	112
UK01 Eigg, 英国	119
UK02 Torrs, 英国	128
UK03 Aberthney Trust, 英国	135
US01 Humpback Creek and Power Creek, 米国	142
US02 Delta Creek, 米国	152
ZA01 Brandkop 導水管, 南アフリカ	160

N001

発電所名 : Ljosåa 水力発電所

国（州／県） : ノルウェー

所有者

所有者名 : Småkraft AS 社

所有者形態 : 発電事業者

市場形態 : 売電／国際電力取引所

運転開始年 : 2008 年 8 月（新設）

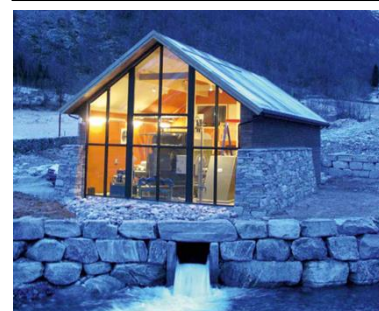
プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、適正な利潤の確保

経済的便益 : 税収効果、雇用創出効果

社会的側面 : 地域環境：地域インフラ整備、河川環境保全
地域社会：地域活性化、地域余暇機会の創出

キーワード : 個人所有水資源による小水力開発、専門開発業者によるビジネスモデル、
地方土地所有者と専門開発業者との連携、過疎地域農家の発電事業収入、
効率的な計画と建設



要 旨

Ljosåa 発電所はノルウェー北西部の Øksendalen 溪谷（Møre and Romsdal 郡 Sunndal 市）に位置する出力 2.4MW の流れ込み式水力発電所（2008 年 8 月完成）である。Øksendalen 地区の土地所有者は、同地区内の水力資源の有効利用について検討した上で、小規模水力開発の技術・投資に精通した専門業者の協力を得て、小水力発電所建設の可能性を調査した。この結果に基づき、ノルウェー最大の電力会社 Statkraft 社傘下の Småkraft 社は、2004 年に土地所有者との間で水利権および土地利用のリース契約を締結した後、発電所を建設し、現在、発電所の運転と保守を行っている。

Ljosåa 発電所の特徴は、立地に必要な水利権および発電設備を設置するすべての土地の権利を個人が有するという事実と、高山に囲まれた農村地域に位置するコンパクトな高落差小水力発電所であるということである。建設費用は想定された予算内にとどまり、完成後の発電収益は土地所有者と共有される。本プロジェクトは、過疎化が懸念される農山村地区において、小規模なコミュニティや個人と専門業者が協力して小水力発電所を開発し、地域経済の発展を図る良い例である。

1. プロジェクトの概要

(1) 背景

ノルウェーにおけるエネルギー法（1991 年）により、グリッドおよび電力市場は自由化され、これにより小水力発電は、農村部における経済発展や定住に持続的な貢献ができるという理解が広まった。これによりノルウェーでは、2000 年頃より小規模水力発電の新しい時代が始まった。2002 年には政府から、計画から運用までのプロセスをより体系的かつ効率的に行い、環境への影響を最小限に抑えることで小水力発電所の数を増やすことが表明された。さらに、水資源エネルギー局（NVE）は、石油エネルギー省からの指示により、小規模水力開発を強化するための国家計画を実施するために活動を開始した。

Ljosåa 川の水力発電構想は、1999 年に現地の土地所有者である Turid 氏および Svein Stave 氏によって考案され、前記のような背景により、Ljosåa 川の水力発電所の実現の好機がおとずれた。唯一の土地所有者であり権利保有者である Turid Stave は、2004 年に Småkraft 社と水力発電所の計画、資金調達、建設、運転等に係る包括的な委託契約を行った。

(2) 発電所

Ljosåa 発電所は、Ljosåa 川の 374m（取水位：447 m. a. s. l、放水位：73 m. a. s. l）の落差を利用し、発電後は Usma 川へ放流する。流域面積は 5.7km² である。発電事業に係るライセンスは 2006 年 11 月に付与され、発電所は 2008 年 8 月に完成した。建設期間は 15 ヶ月であった。発電所の施工は順調であり、ほぼ予算通りに建設された。

発電所の年間平均発電量は計画時には 7GWh と推定されたが、2009～2016 年では約 4.7GWh/年であった。これは、計画時点では Usma 川や Ljosåa 川の流量測定データがなく、他の流域での測定値に基づいて Ljosåa 発電所流域での流量が推定されたことに起因するものであり、Ljosåa 発電所における 2009～2016 年の発電実績の計画値からの乖離は、信頼性のある流量データが発電計画に不可欠であることを示している。

取水ダム（長さ約 20m、高さ 4m、写真 1 参照）は、冬期においても氷結による取水の支障が生じないように設計された。取水ダムには、水圧鉄管のみ口の前の取水ゲート、取水ゲート下流側の吸気孔、除塵スクリーンおよび排砂ゲートが設備されている。また別途、河川維持流量放流設備が設けられている。



写真-1 取水設備

水圧鉄管は埋設形式であり、全長約 1.5km である。

上流部は、直径 630mm の PE パイプライン（ポリエチレン）で、下流部は鋳鉄製で直径 600mm である。水圧鉄管は、既存の林道 1.3km の下と、それから分岐した急な丘陵地帯にある取水設備地点までの約 1km の新設道路下に敷設された。建設後も、この新設道路は整備保守に使用されている。

発電所の状況および諸元を、それぞれ写真 2 および表 1 に示す。最大設計流量は 0.81m³/s、発電機容量は 2.77 MVA であり、発電した電力（0.7kV）は最大 22kV に昇圧され、発電所から 40m 離れた既設送電線に接続されている。水車は、約 2.4MW の出力容量を持つ立軸 4 射ペルトン水車である。発電所建屋は木とガラスでできており（写真-2 参照）、建設コスト節減のために最小限のスペースとしている。放水路は河川まで約 5m 長で、大きな石で囲われている。



写真-2 発電所建屋

表-1 発電所諸元

項 目		諸 元
水系・河川名		Ljøsåa 川, Usma 川の支流
流域面積 (km ²)		5.7
年間平均流量 (m ³ /s)		0.463
年間平均流出量 (mill. m ³)		14.6
比流量 (l/s/km ²)		81.2
設置容量 (MW)		2.4
発電機容量 (MVA)		2.8
最大流量 (m ³ /s)		0.81
最小流量 (m ³ /s)		0.05
河 川 維 持 流 量 (m ³ /s)	5 月～9 月	0.066
	10 月～4 月	0.030
総落差 (m)		374
建設費用 (MNOK/MUSD)		20.6/2.5
予想年間平均発電量 (GWh)		7.1
2009-2016 の年間平均発電量 (GWh)		4.7
発電所形式	発電所形式	流れ込み式
	主要設備	ダム (堰) (長さ約 20m、高さ 4m) 取水口 (取水ゲート, 排砂ゲート) 維持流量放流設備 水圧鉄管 (埋設形式, 1.5 km) 地上式発電所 電気機械設備 (立軸 4 射ペルトン水車) 放水路 既設送電系統までの送電線 (40m)
系統連系		有
水の用途		発電、河川維持放流

2. プロジェクトの経済性

Ljøsåa 発電所建設当時は、小水力発電所建設に適用できる補助制度はなかった。2012 年 1 月に再生可能エネルギーを支援するノルウェー・スウェーデン共通電力証書市場が設立されたが、Ljøsåa 発電所はそれ以前の建設・運転開始であったためにこの市場へは参入できなかった。その後、2015 年 6 月に、2004 年 1 月以降に運転開始した発電所でもこの電力証書市場への適用が認められることになり、Ljøsåa 発電所は 2016 年 6 月に電力証書適用が認められた。電力証書市場への認証期間は通常 15 年間であるが、Ljøsåa 発電所の場合、共通市場が開設された 2012 年 1 月までの運転期間が差し引かれ、証明書市場への参入は 2029 年 2 月までとなった。

このシステムの適用により、発電事業者は小売事業者や特定のユーザーによる電力証書購入費用を売電価格に含めることができる。Ljosåa 発電所は、この電力証書市場とは無関係に計画・建設されており、この市場がなくても利益を上げることができるものであったが、電力証書市場への参入により売電収益に付加価値がつくこととなった。

3. プロジェクトの経済的便益

Ljosåa 発電所の計画、建設、運用の各段階で、Småkraft 社の収入以外に地域へのいくつかの便益がある。運用段階における税収は地方自治体にとって重要であり、特に固定資産税が大きい。税収は自治体の経済に貢献し、公共サービスの実施を助ける。水利権のリース期間中の土地所有者の収入も課税対象となる。水利権や土地の権利のリースは土地所有者の重要な収入源となるが、その大部分は地域内でもたらされ、地域への累積効果が期待される。その他、建設期間中の地元雇用、運用期間中の点検業務などがある。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

発電所建設に伴い、既設林道の終点から取水設備までの新設道路建設により、レクリエーションのための山岳地帯へのアクセスが容易となった。

また、Ljosåa 水力発電所は、発電所建設許認可申請・審査の中で、地元環境を保全する持続可能な水力発電プロジェクトであると評価されている

4.2 地域社会への貢献

Ljosåa 発電所は土地所有者にとって貴重である。小水力発電所は次世代に亘って安定的な収入を確保することができるので、若い世代の地域への定住性を増大させることができ、さらに、既存の農耕地・山林などの継続的な保全・整備を行うことができる。

ノルウェーの多くの農山村地区では、地域の人口流出・過疎化が課題となっており、地域エネルギーを活用した小水力発電の開発は、この過疎化の防止に貢献している。

更に、水力発電所からの税収を得ている Sunndal 自治体は、地域社会のための施策を実施する財源を確保することができる。

5. 成功の理由

(1) 水力開発専門業者と土地・水利権所有者との共同事業

地方に賦存する水力エネルギーの水利権および土地所有者個人あるいは小規模コミュニティと水力発電の計画・設計・建設・運営に関する専門業者との共同事業により、財務的リスクを回避した地域エネルギー開発を行い、地方自治体の財政に貢献すると共に、次世代への売電収入を確固なものとして、地域人口流出・過疎化防止にも貢献している。

(2) 地元政治家・自治体の後押し

地元の政治家や自治体は、この小水力発電所建設を積極的に支援した。

6. 第三者のコメント

建設期間中や運転開始後の新聞報道がいくつかある。レポートは、地区の有望かつ積極的な開発としてのプロジェクトを強調している。

7. 参考文献

[1] License application. Småkraft AS, 11182005

[2] License granted. NVE, 11092006

[3] Detailed plans for Ljosåa power plant.

Multiconsult (consultant), 04252007

これ等の参考文献はノルウェー語であり、他の文献も同様である。

NO02

発電所名 : Jorda 水力発電所

国（州／県） : ノルウェー

所有者

所有者名 : Jorda Kraft AS

所有者形態 : 発電事業者

市場形態 : 売電／国際電力取引所

運転開始年 : 2012 年 7 月（新設）

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、
適正な利潤の確保

経済的便益 : 税収効果

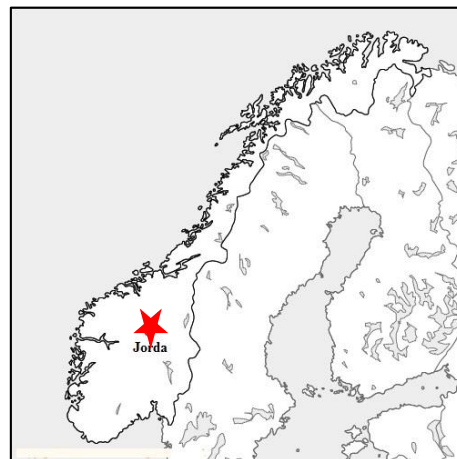
社会的側面 : 地域環境：河川環境保全、
地域社会：地域活性化

キーワード : 個人所有水資源による小水力開発、専門開発業者によるビジネスモデル、地方土地所有者と専門開発業者との連携、過疎地域農家の発電事業収入、効率的な計画と建設

要 旨

Jorda 水力発電所は、オスロ首都圏の北約 280km にある南東ノルウェー部の北部地区（Oppland 郡 Nord-Fron 地区）の主要渓谷 Gudbrandsdalen の側方に位置する出力 2.4MW の流れ込み式水力発電所（2012 年 7 月完成）である。近年、農業と林業の経済発展は困難な状況にあり、農村地帯の過疎化は多くの場所でその兆候が認められる。小規模水力発電の開発は、Nord-Fron 地区の土地所有者の所得を増やし、彼らが農業を続けることによって同地区の経済発展に大きく貢献できる可能性がある。Jorda 川の水力資源の活用に関する検討結果に基づき、10～12 名の土地・水利権所有者は、小水力開発に実績のある Norsk Grønnkraft（NGK）と 40 年間の水利権をリースする契約を結び、NGK は、発電所の計画と建設を行った。その後、NGK 社が株式の 51%、12 名の土地・水利権所有者が株式の 49%を所有する非公開の有限会社 Jorda Kraft 社を設立し、発電所の運用と保守を行っている。

Jorda 発電所の特徴は、立地に必要な水利権および発電設備を設置するすべての土地の権利を 12 名の所有者が一体となって所有していること、土地所有者と小水力開発専門会社 NGK が協力して開発したこと、農村地域に位置するコンパクトな高落差水力発電所であるということである。農山村地帯での小水力開発は、地域開発には有益であるが、投資にはリスク、不確実性が



伴う。本プロジェクトでは、小水力発電の専門開発会社 NGK との契約に基づく発電所計画・建設および運転保守により、土地・水利権所有者のリスクを軽減することができた。

1. プロジェクトの概要

(1) 背景

ノルウェーにおけるエネルギー法（1991 年）により、グリッドおよび電力市場は自由化され、これにより小水力発電は、農村部における経済発展や定住に持続的な貢献ができるという理解が広まった。これによりノルウェーでは、2000 年頃より小規模水力発電の新しい時代が始まった。2002 年には政府から、計画から運用までのプロセスをより体系的かつ効率的に行い、環境への影響を最小限に抑えることで小水力発電所の数を増やすことが表明された。さらに、水資源エネルギー局（NVE）は、石油エネルギー省からの指示により、小規模水力開発を強化するための国家計画を実施するために活動を開始した。

Jorda 川の水力発電構想は、土地所有者と水利権保有者によって考案され、前記の NVE の調査により、Jorda 川の発電所も数多くの小水力開発候補地点の一つに挙げられた。

(2) 発電所の特徴

Jorda 水力発電所は、Jorda 川の総落差 335m（取水位：778 m. a. s. l、放水位：443 m. a. s. l）を利用し、発電所のすぐ下流の Veikleåa 川へ放流する。流域面積は 34.2 km² である。Veikleåa 川やその支流 Jorda 川の流量測定データはなく、他の流域での測定値に基づいてこの流域流量が推定された。信頼性の高い流量データは、発電電力量予測に不可欠であるが、その予測は経験豊富な水文技術者によって詳細検討が行われた。



写真-1 取水ダム

NGK 社は、2008 年 4 月に発電事業に係る許認可を申請し、2008 年 11 月に NVE が承認した。

この発電所の建設期間は 20 ヶ月で、2012 年 7 月に完成した。土木請負会社の倒産や厳しい地形条件などにより竣工時期は遅れたものの、建設費はほぼ予算通りだった。発電所の年間平均発電量は約 7.7GWh である。

取水ダム（高さ約 3.5m、写真-1 参照）は、冬季においても氷結による取水の支障が生じないように設計された。また、ダムのすぐ下流に河川維持放流設備が設けられている。

水圧鉄管は埋設形式であり、全長約 2.4km である。上流 627m は直径 700mm の GPR パイプライン（ガラス繊維強化プラスチック）で、下流 1,772m は直径 600mm の铸铁管である（写真-2、3 参照）。



写真-2 GRP 水圧鉄管敷設工事



写真-3 埋設された水圧鉄管

水車は、最大設計流量 $0.9\text{m}^3/\text{s}$ 、最大出力約 2.4MW の立軸 6 射ペルトン水車である。発電機容量は約 3MVA で、発電した電力 (0.7kV) は最大 22kV に昇圧され、発電所から 1.1km 離れた既設送電線に接続されている。

発電所建屋はコンクリート製で、発電所から川までの放水路は、コンクリート製暗渠が設けられている。



写真-4 水車ケーシング (建設中)



写真-5 水車ランナ



写真-6 発電機 (奥) および油圧装置 (手前)



写真-7 発電所外観

表-1 発電所諸元

項 目		諸 元
水系・河川名		Jorda 川, Veikleåa 川の支流
流域面積 (km ²)		34. 2
年間平均流量 (m ³ /s)		0. 46
比流量 (l/s/km ²)		13. 4
設置容量 (MW)		2. 4
発電機容量 (MVA)		3. 0
最大流量 (m ³ /s)		0. 9
最小流量 (m ³ /s)		0. 05
河川維持放流量 (通年) (m ³ /s)		0. 03
総落差 (m)		335
年間平均発電量 (GWh)		7. 7
発電所形式	発電所形式	流れ込み式
	設計 (構成)	ダム (堰) 取水口 上水槽 水圧鉄管 地上発電所 電気機械設備 放水路 既設送電系統へ接続
系統連系		有
水の用途		発電、河川維持放流

2. プロジェクトの経済性

プロジェクトの経済性は、基本的には建設費、発電電力量、維持管理費などを総合的に考慮した発電所設計の最適化により確保されている。

再生可能エネルギーを支援するノルウェー・スウェーデン電力証書市場は 2012 年 1 月 1 日から設立された。NGK は Jorda 発電所を 2012 年 9 月に電力証書市場に認可申請し、ノルウェー水資源エネルギー局 (NVE) は 2012 年 10 月に承認した。電力証書市場への認証期間は 15 年間であり、Jorda 発電所が電力証書市場に参入できる最終日は 2027 年 10 月となる。

電力証書は小売事業者および特定のユーザーに販売でき、売電収入に貴重な付加価値を与える。電力証書市場の設立は、Jorda 水力発電所への投資決定のための必須の条件であった。

3. プロジェクトの経済的便益

Jorda 発電所の計画、建設、運用の各段階で、NGK の収入以外に地域へのいくつかの便益がある。運用段階における税収は地方自治体にとって重要であり、特に固定資産税が大きい。税収は自治体の経済に貢献し、公共サービスの実施を助ける。水利権のリース期間中の土地

所有者の収入も課税対象となる。水利権や土地の権利のリースは土地所有者の重要な収入源となる。その他、建設期間中の地元雇用、運用期間中の点検業務などがある。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

地域の景観や、歴史的・文化的事物の保全は重要である。これらは、水資源法に基づく NVE の許認可プロセスにおける環境影響評価によって確認される。ただし、小規模発電所、あるいは大規模発電所であっても環境影響が小さいと考えられるプロジェクトについては、水資源法に基づく許認可申請は免除される。Jorda 水力発電所はこのケースに該当し、NGK は 2008 年 4 月に免除を申請した。この場合は地方自治体がプロジェクトの許認可を引き継ぎ、NVE は自治体による環境影響評価とコメントを基に免除の妥当性を判断する。NVE は 2008 年 11 月に免除を承認した。

Jorda 水力発電所はこのような許認可申請・審査を経て、地域環境に適合するプロジェクトであることが認められている。

4.2 地域社会への貢献

Jorda 水力発電所は土地・水利権所有者達にとって貴重である。小水力発電所は、次世代に亘って安定的な収入を確保することができるので、若い世代の地域への定住性を増大させることができ、さらに、現在の農耕地の景観を引き続き保全することができる。

ノルウェーの多くの農山村地区では、地域の人口流出・過疎化が課題となっており、地域エネルギーを活用した小水力発電の開発は、この過疎化の防止に貢献している。

更に、水力発電所からの税収を得ている Nord-Fron 自治体は、地域社会のための施策を実施する財源を確保することができる。

5. 成功の理由

(1) 水力開発専門業者と土地・水利権所有者との共同事業

地方に賦存する水力エネルギーの水利権および土地所有者達と、水力発電計画・設計・建設・運営に関する専門業者との土地・水利権リース契約および共同事業により、財務的リスクを回避した地域エネルギー開発を行い、地方自治体の財政に貢献すると共に、次世代への売電収入を確固なものとして、地域人口流出・過疎化防止にも貢献している。

(2) 地元政治家・自治体の後押し

地元の政治家や自治体は、この小水力発電所建設を積極的に支援した。

6. 第三者のコメント

環境アセスメントなどの公聴会を通じての発電所建設に対するコメントは、肯定的であった。

7. 参考文献

[1]Application. Exemption. Norsk Grønnkraft, 04142008

[2]Permission granted. NVE, 11242008

これ等の参考文献はノルウェー語であり、他の文献も同様である。

NO03

発電所名 : Storfallet および Veslefallet 水力発電所

国名(州/県) : ノルウェー

所有者

所有者名 : Kiar Mykleby Company
所有者形態 : 発電事業者/土地所有者
市場形態 : 売電 (卸電力取引市場)



運転開始年 : Storfallet 発電所 1990 年 (更新)
Veslefallet 発電所 2010 年 (新設)

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、
適正な利潤の確保
経済波及効果 : 税収効果、雇用創出効果
社会的側面 : 地域環境: 河川環境保護、
地域社会: 地域活性化



キーワード : 土地所有者による小規模水力開発、家族経営の民間企業、
発電事業による従来の農業収入に追加された地方土地所有者の収益

要 旨

Storfallet と Veslefallet の両水力発電所は、オスロ首都圏の北約200kmのOsterladen 溪谷のSokkunda 川に位置する。Storfallet 発電所は1916年に建設され、1990年に更新された。上流のMyklebysjøen 貯水池 および近辺の流域から取水し、最大出力は2.7MWである。Veslefallet 発電所はStorfallet 発電所の直下流に位置し、最大出力は5.0MWである。2つの発電所は地元の土地所有者が個人で設立した家族経営の企業 (Kiar Mykleby¹⁾) によって開発された。発電した電気は北欧卸取引市場で売電されている。ノルウェーとスウェーデン共同の再生可能エネルギーに対する電力証書市場での販売は、本プロジェクトの経済性向上に寄与している。この地域の主要な産業は農業と林業であるが、いずれも衰退傾向にあり、過疎化の原因にもなっている。一方、同地域には未利用水力資源が豊富にあることから、小水力発電の開発は、土地所有者に従来の農業収入に加えて安定した売電収入をもたらす、地域への資金の循環を通じて地域経済の振興に貢献している。Storfallet 水力発電所の上流部では、この土地所有者による新規の小水力開発も計画されていて、その発電所建設許可は2014年に受けており、2017年秋ごろに運開する予定である。

¹⁾ Kiar Mykleby 社は森林面積225km²を所有・管理しており、森林栽培や農産物栽培を行うとともに、機械装置会社と発電所を運営している。KiarMykleby はまた、狩猟や釣りのライセンス付き小屋の貸し出しも行っている。

1. プロジェクトの概要

Storfallet 発電所と Veslefallet 発電所は、北東ノルウェーの Østerdalen 地区（Hedmark 郡の Stor-Elvdal 市）にある。Stor-Elvdal 市の面積は 2,166km²あり、そのうち約 1000km²が森林高地となっている。人口は 1965 年の約 4,000 人から 2015 年には約 2,600 人までに減少している。

近年、従来の農業や林業の経済発展は困難であり、田舎の過疎化は Østerdalen 地区だけでなく、他の多くの地区でも脅威となっている。小水力発電の開発は、Østerdalen 地区（ノルウェーの他の農村地区に於いても同じように）の経済発展に貢献する可能性の 1 つである。Kier Mykleby 社は、ノルウェーで最長の Glomma 川の支流である Søkkunda 川沿の既設 Storfallet 水力発電所（1916 年に建設）を 1990 年に設備更新・出力増強を行った。

既設 Storfallet 発電所の設置容量は 700kW で、フランシス水車発電機 2 台が設置されていた。流量を 1.5m³ / s から 4.5m³ / s に増加させることにより、新しい Storfallet 発電所の設備容量を 2,700kW に増大した（写真-1 参照）。

取水口から既設のサージタンクまでのトンネル（長さ:84m）を修復し、水圧鉄管（φ1,400mm × 135m L）を更新した（図-1 参照）。発電所は既設 22kV 送電線に接続されていて、年間平均発電電力量は約 9GWh である。

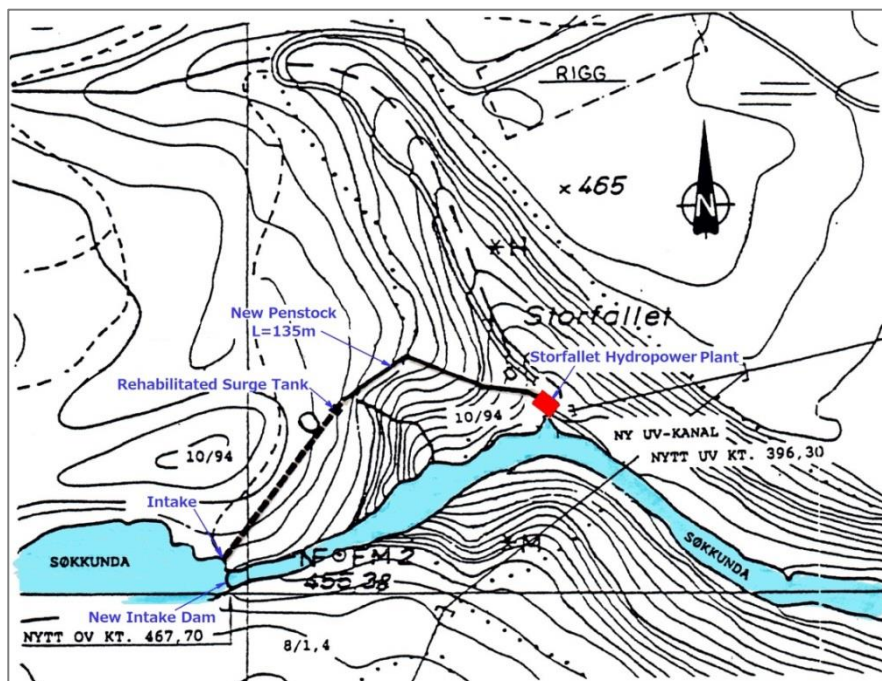


図-1 Storfallet 小水力発電所の概要⁵⁾

表-1 Storfallet 発電所諸元

項 目	諸 元
設備容量 (MW)	2.7
最大使用流量 (m ³ /s)	4.5
総落差 (m)	71.4
発電形式	流れ込み式
水車形式	フランシス水車 x 2 台
導水路	トンネル: 断面積 4 m ² x 84 m 長さ 水圧鉄管: Φ1,400 mm x 135 m 長さ



取水ダム



発電所建屋



水車発電機



放水路

写真-1 Storfallett 小水力発電所

Søkkunda 川の新規水力発電所開発の可能性は、以前にノルウェー水資源エネルギー庁(NVE)が行った包蔵水力調査で有望であることが分かっていた。最初の発電所建設検討はKiær Mykleby 社によって行われた。1991年に公布されたエネルギー法は、グリッドと電力市場へのアクセスを市場開放し、小水力発電は、農村地域における経済発展などに持続的な貢献を果たすであろうという一般的な理解であった。2000年頃から、ノルウェーで小規模水力発電の新しい時代が始まり、ノルウェー政府は2002年に小規模水力発電所の数を増やすという目標を掲げた。この目標は、計画から運転開始までのプロセスを、より体系的かつ効率的にして、環境への影響を最小限に抑えることであった。

Søkkunda 川で有望な水力ポテンシャルを検討した結果、Kiær Mykleby 社は、Storfallett 水力発電所の放水口から取水して導水し、Veslefallett 小水力発電所を新たに設置することとした。Veslefallett 発電所は、支流 Søkkunda 川から本川 Glomma 川に流れ込む落差133m (396 m. a. s. l. と 263 m. a. s. l. との標高差)を利用している。発電所建設申請は2007年8月にNVEに提出され、2008年8月にその許認可が付与された。2009年4月に建設が開始され、2010年4月に運転開始された。年平均発電電力量は約16.5GWhである。Veslefallett 小水力発電所の開発は、既設 Storfallett 水力発電所の設備容量2.7 MW から、新規 Veslefallett 小水力発電所の容量5MW と合わせて計7.7 MW に増加させ、年間発電電力量を9 GWh から25 GWh に増大させた。

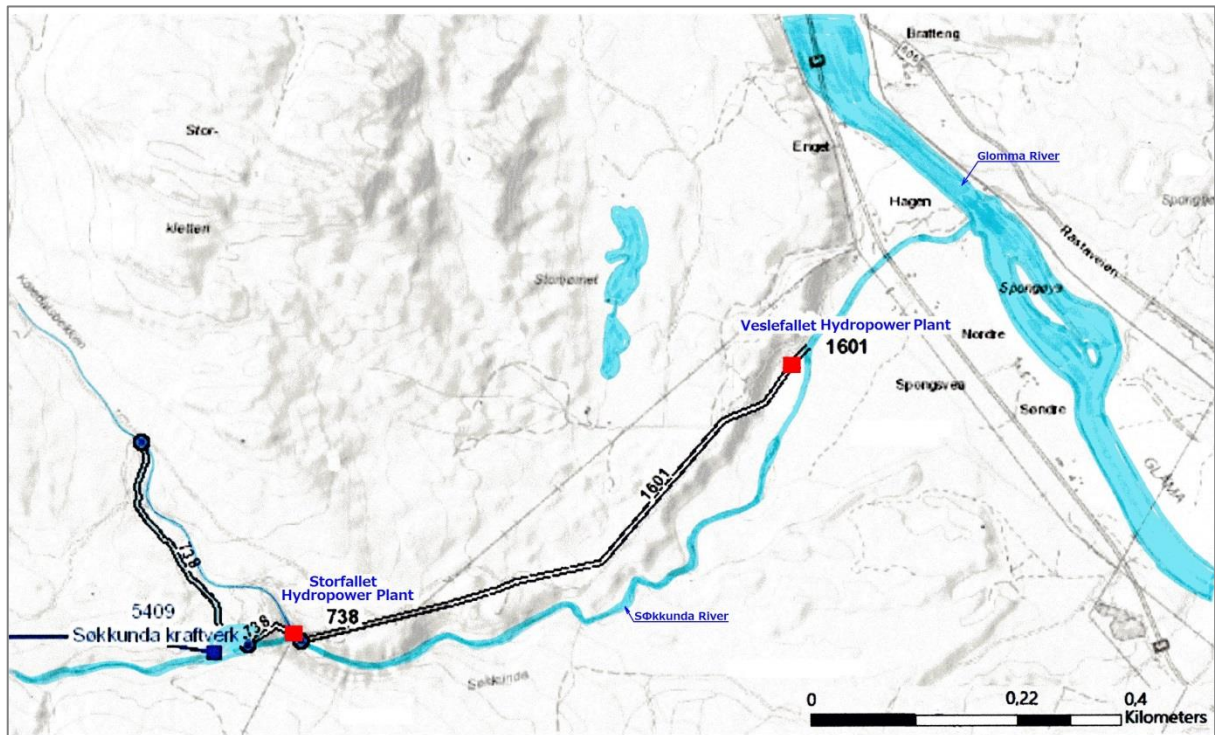


図-2 Veslefallett 水力発電所の概要^[6]

Søkunda は、Glomma 川の代表的な支流であるが、同地区の他の河川と大差はない。平均流出量 ($l/s / km^2$) は、NVE が開発した NVE-Atlas で見積もられた。NVE-Atlas は、NVE が開発した地理情報システム (Geographic Information System : GIS) ベースのマップで、NVE の Web ページ (www.nve.no) で利用することができる。流量変動は、近くの測水所での測水量と流域面積比換算で推定された。また、Veslefallett 発電所の流域面積と流出量は、Storfallett 発電所と非常に類似している (98%相当)。Storfallett 発電所は長年運転されているので、その流出量と発電電力量は、Veslefallett 発電所の流量変動の推測に役立っている。

取水ダムは重力式コンクリートダムで、長さ 25m、高さ 4~5m である (写真-2 参照)。ダムの頂部は、Storfallett 発電所の放水庭水位と同じ水位レベルの 396.0 m. a. s. l である。ダム頂部は洪水流出できる形状をしている。取水池の水位は 396 m. a. s. l ~ 394 m. a. s. l 間で調整され、 $8,000m^3$ の調整容積を有している。さらに、両発電所同時運転時に、Storfallett 発電所用取水池からあふれた水量は、この Veslefallett 発電所取水池 (Storfallett 発電所放水庭) へ流れ込むようになっている。

取水設備は、トンネル取水方式であり、ダム構造物と一体となっている。この取水設備には、粗目の格子棚とストップログ、また、ダムの底部にはスライドゲート式の排出ゲートが設けられている。河川維持放流のために、バルブを備えたパイプ (Cast-in tube) が備えられている。



写真-2 取水堰
(Storfallett 発電所放水庭)

導水路はトンネルと水圧鉄管で構成されており、断面積 16m^2 、取入口からの長さ 655m のトンネルが設けられ、トンネルの下流側にはサージチャンバが設けられている。チャンバーには除塵スクリーンと水圧鉄管閉塞用ローラーゲートが装備されている。トンネルから発電所までは、直径 $1.4\sim 1.6\text{m}$ 、長さ $1,810\text{m}$ の埋設型水圧鉄管が設けられている（図-2 参照）。

発電所は標高 263 m. a. s. l の氾濫平野にあり、総面積約 460m^2 の倉庫兼発電所建屋で、地元の納屋風木造建築構造物としている（写真-3 参照）。建屋内には、最大流量 $2.2\text{m}^3/\text{s}$ 、最大出力 2.5MW のフランシス水車発電機（発電機容量 2.7MVA ）2 台が据え付けられており、他に、制御室、高電圧室、変圧器室および作業所が設けられている（写真-3 参照）。容量 5.4MVA の変圧器は、 $0.69/22\text{kV}$ の電圧比を有し、発電した電気は、長さ 500m の裸線 (open wire line) を介して既設の 22kV 送電線に接続されている。



発電所建屋

水車発電機

放水路

写真-3 Veslefallet 小水力発電所

表-2 Veslefallet 発電所諸元

項 目		諸 元
水系・河川名		Søkkunda 川, Glomma 川の支流
流域面積 (km^2)		102
年平均流出量 (m^3/s)		2.9
比 流 量 ($\text{l/s}/\text{km}^2$)		28
設備容量 (MW)		5.0 (2.5 x 2)
発電機容量 (MVA)		5.4
最大使用水量 (m^3/s)		4.4 (2.2 x 2)
最小流量 (m^3/s)		0.2
河川維持放流量 (m^3/s)	5月1日～9月30日)	0.55
	10月1日～4月30日	0
総落差 (m)		133
建設費用 (MNOK/MUSD)		50/6
年間平均発電電力量 (GWh)		16.5
発電形式		流れ込み式
構 成		ダム、取水設備、導水路（トンネル、水圧鉄管）、発電所建屋、水車発電機器、放水路、既設送電線接続設備
系統連系		有
水の用途		発電用 および河川維持流量

2. プロジェクトの経済性

Veslefallet 発電所建設当時は、小水力発電所建設に適用できる補助制度はなかった。2012 年 1 月に再生可能エネルギーを支援するノルウェー・スウェーデン共通電力証書市場が設立されたが、Veslefallet 発電所はそれ以前の建設・運転開始であったためにこの市場へは参入できなかった。その後、2015 年 6 月に、2004 年 1 月以降に運転開始した発電所でもこの電力証書市場への適用が認められることになり、Veslefallet 発電所は 2016 年 1 月に電力証書適用が認められた。電力証書市場への認証期間は通常 15 年間であるが、Veslefallet 発電所の場合、共通市場が開設された 2012 年 1 月までの運転期間が差し引かれ、証明書市場への参入は 2029 年 5 月 21 日までとなった。

電力証書市場は、再生可能エネルギーの支援システムであり、発電事業者は、実際に発電した電力量データに基づいて当局から電力証書を受け取る。電力供給業者は、顧客に供給した電力量に応じて電力証書を購入することが義務付けられているが、その費用は最終的には消費者へ請求される。電力証書は、特定の電気ユーザーまたはブローカー等に直接販売することもできる。

Veslefallet 水力発電所は、この電力証書市場とは無関係に計画・建設されており、この市場がなくても利益を上げることができるものであったが、電力スポット市場では長期にわたり買い取り価格が安かったので、電力証書市場への参入により売電収益に付加価値がつくこととなった。発電事業者は、電力スポット市場価格と電力証書費の両方を得ることができる。2つの市場における kWh の価格は、ノルディックおよびノルウェーの欧州市場（電力スポット市場）での電力取引量およびスウェーデン・ノルウェー共通電力証書市場の取引量によって左右される。概ね、収益の 2/3 は電力スポット市場からであるが、価格は大幅に変化するので長期収入を予測することは困難である。

3. プロジェクトの経済的便益

ノルウェーの多くの地区では、農村部の過疎化が課題であり、小水力発電の開発は、この傾向を減らすことができる補足収入源となっている。また、発電会社の収入以外にも、計画・建設・運用の各段階でいくつかの有益な効果がある。

発電所の所得税および固定資産税は地方自治体にとって大きな財源であり、その地域の経済に貢献し、公共サービスを充実させることができる。発電所建設時には、地元・地域・国の業者の雇用機会もあり、その経済的効果が更に高まった。

年間平均発電電力量がわずか 9GWh であることから、Kiær Mykleby 社の発電所は電力市場では小規模であり、その専属雇用者も少ない。Veslefallet 水力発電所の実現は、発電所の運転状況および電力市場状況をみると、水力発電会社として会社経営の強みを一層改善している。

Veslefallet 発電所に加えて、新たに Søkkunda 小水力発電所建設が Storfallet 発電所の上流に計画されている。落差は、242m (710 m.a.s.l と 468 m.a.s.l との標高差) で、5MW ペルトン水車発電機 2 台を備えた設備容量 10MW の発電所である。年間平均発電電力量は約 25GWh を予定しており、発電所建設許認可は 2014 年 7 月に付与され、現在建設中であり、2017 年 11 月に運転開始する予定である。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域社会への貢献

発電所建設には、地元の景観や地域の歴史的・文化的特徴に配慮することが重要であり、発電所建設許認可申請時に、これら関連書類を付属書類として添付して NVE へ提出する。(NVE は石油・エネルギー省 (OED) の管轄下であり、水資源法によって最大 10MW の水力発電所の許可機

関を委任されている。) NVE は、許認可申請書、公聴会開催とそのコメントの受付、現地調査時の公開会合などを考慮して許認可を下す。許認可条項は、許認可申請書に対してより強力な義務、必要な緩和策、プロジェクトの縮小などの変更を行うこともある。

Kiær Mykleby 社は、河川維持放流を行わないものとして許認可申請書を提示したが、NVE は、河川環境を十分に保全するために、5月1日から9月30日までの期間は河川維持放流を行う義務を課した。

4.2 地域社会への貢献

Kiær Mykleby 社にとって、Veslefallet 発電所からの収入は、他の源泉からの収入に加えて重要な収入源である。小水力発電所は、次世代に亘って安定的な収入を確保することができるので、若い世代の地域への定住性の増大、職業を確保することができる。

人口過疎はノルウェーの多くの農村で課題となっているが、小規模水力発電の開発はこの過疎化の防止に貢献している。

5. 成功の理由

(1) 土地所有者による積極的な地域エネルギー開発

地元の土地所有者によって設立された家族経営会社は、昔から地方の河川の潜在価値を利用して森林や農業製品を耕作し、小規模水力発電所を運営している。小水力発電所の運営は家族経営の会社にとって安定した収入を得ることができるため、小規模水力発電所の計画と管理の経験を活かして、旧水力発電所の設備更新および新水力発電所の開発を行っている。その結果として、これらの小水力発電所は地方自治体の財政に貢献すると共に、次世代への売電収入を確固なものとして、地域人口流出・過疎化防止にも貢献している。

(2) 地元の政治家・自治体の後押し

地元の自治体や政治家は、この小水力発電所建設を積極的に支援した。

6. 第三者のコメント

建設期間中や運転開始後の新聞報道がいくつかある。これらの記事は、本プロジェクトが地区にとって有望で有益な開発であることを強調している。

7. 参考文献

[1] License application. Kiær Mykleby, 08212007

[2] License granted. NVE, 08122008

[3] Detail Plan. Ulvig Kiær Kraft AS, 12152008

[4] Approval of Detail Plan. NVE, 01192009

[5] Upgrading and Expansion of Hydropower Plants. NVE Publication No.16, 1991

[6] NVE Map services, <https://www.nve.no/map-services/>

これ等の文献はノルウェー語。

PH01

発電所名 : Ambangal 水力発電所

国名（州／県） : フィリピン／イフガオ州

所有者

所有者名 : イフガオ州

所有者形態 : 発電事業者／地方自治体

市場形態 : 全量売電（長期購入契約）



運転開始年 : 2010 年

プロジェクト評価

経済性 : 維持管理費の確保，適正な利潤の確保

経済的便益 : 雇用創出効果，地域産業振興効果

社会的側面 : 地域環境：地域景観・文化の維持，自然公園（世界遺産）の保護
地域社会：地域の活性化，地域開発の促進，
環境・エネルギー教育、人材育成



キーワード : e8 (GSEP)，世界遺産，フィリピン・コルディリエラ棚田群，
棚田保全基金，合意形成，住民説明会

要旨

G8 など主要国の電力会社でつくる国際的な NPO「e8」のメンバーである東京電力(株)は、開発途上国における持続可能なエネルギー開発の一環として、ユネスコの「危機にさらされている世界遺産」に登録されていたフィリピン／イフガオ州の棚田群の保全と地域住民の生活向上および地域の活性化を図ることを目的とした小水力発電プロジェクトを実施した。

e8 は、2010 年に出力 200kW の Ambangal 水力発電所をイフガオ州に建設し、州政府に寄贈した。発電した電気は地元配電組合に売電され、売電収益は発電所の運転維持管理と棚田の保全基金に充てられている。このため州政府には初期投資の負担がなく、発電所の運転と棚田の保全により、地域の活性化を図るという事業の経済性は確保されている。発電所建設に際しては、丁寧な住民説明会を行って合意形成を図り、棚田に影響を与えないレイアウトや埋設水圧管路設置など自然環境に配慮した設備設計を行うとともに、地元伝統技術の利用や地元住民による人力施工を行うなど、地域住民参加型とした点に特徴がある。竣工後は、州政府が発電所運転維持管理、棚田保全活動と基金管理を円滑に行えるように、e8 メンバーが協力して、運転員研修および棚田保全活動管理体制の構築を行っている。

1. プロジェクトの概要

フィリピンのルソン島北部にあるイフガオ州の「フィリピン・コルディリエラ棚田群¹⁾」(写真-1)は、標高 1,000m 以上の山地に広がり、2,000 年の歴史を持つとされる。1995 年にユネスコが世界遺産に指定したが、人口の都市流出による耕作放棄や資金不足等による保全活動の不備により荒廃が進み、2001 年に「危機に瀕した世界遺産のリスト」に登録された。しかし、州政府を中心に、国内外の様々な支援を得て棚田の修復・保全や伝統的知識の継承などが進められ、2012 年に危機遺産リストからの削除を果たしている。



写真-1 コルディリエラ棚田群

本プロジェクトは、再生可能エネルギーの利用促進を通じて、この棚田の修復・保全とともに、地域エネルギーの持続的開発、地域住民の生活向上および地域の活性化を図るために、非営利組織 e8²⁾ (現 GSEP) の一員である東京電力(株)により計画・提案され、フィリピン政府およびイフガオ州政府との合意の下に 2008 年より実施された。

(1) プロジェクトの目標

- 1) 世界遺産の棚田保全に貢献する
- 2) 地域主導のエネルギー開発と地域活性化のモデルケースを目指す
- 3) 持続可能な小水力発電の開発を推進する
 - 地域の人々による地域のための公益事業として水力発電開発を推進する
 - e8 による水力発電の建設、運営維持管理の技術・ノウハウを移転する

e8 がイフガオ州のアンバンガル川に建設した出力 200kW の水力発電所(表-1・2, 図-1, 写真-2~8)は、建設完了後の 2010 年 1 月にフィリピン政府エネルギー省に寄贈されて運転を開始し、2011 年 12 月にイフガオ州政府に移管された。発電した電気は同州の配電事業者(IFugao ELeetric COoperative: IFELCO)に売電され、売電収入は発電設備の維持管理と棚田の保全に充てられている。同発電所は、州政府に正式雇用された地元住民が組織する管理組合によって運転・維持管理が行われ、運転要員は e8 による研修、訓練を受けている。また、売電収入の一部を棚田保全基金として運用するための規定・ガイドラインを州政府と e8 が共同で整備し、州政府内のイフガオ文化遺産事務所 (Ifugao Cultural Heritage Office: ICHO) が基金の運営・管理を行っている(図-2)。

¹⁾ 2000 年もの歳月をかけて人びとが創り上げてきた棚田群は、その美しさから『天国への階段』とも呼ばれ、人と自然との共同作品とも言える文化的景観が評価され、1995 年世界遺産に登録された。しかし、2001 年、棚田の荒廃、管理計画の不備などの理由により危機遺産リストに登録された。

2012 年ユネスコは、イフガオ州政府がアンバンガル水力発電所の運営により、長期的、安定的に棚田保全基金を創出する仕組みを作ったことを含め、棚田は個人の所有物であるがコミュニティが組織だって保全するよう啓発活動を継続して行っていること、保全状態が以前よりよくなっていることを評価し、危機リストから除外した。

²⁾ e8 (現 GSEP: Global Sustainable Electricity Partnership) は、1992 年 4 月に当時の G8 参加国の主要な電力会社が集まり、地球温暖化問題など環境と開発に関する国際的な議論に参加するために非営利組織として創設され、現在 12 カ国 14 社が加盟している。

発電所建設に際しては計画の初期段階からのべ20回以上の住民説明会を開催して、プロジェクトサポートの合意形成を図った。また、棚田に影響を与えないレイアウトや埋設水圧管路設置など自然環境に配慮した設備設計を行うとともに、地元伝統技術の利用や地元住民による人力施工を行うなど、地域住民参加型としての特徴を有している。

表-1 発電諸元

項 目	諸 元
水系・河川名	Ambangal 川
最大出力	200 kW
最大使用水量	0.425 m ³ /s
有効落差	63.5 m
発電所形式	流れ込み式 水路式
系統連系	有

表-2 設備諸元

項 目	諸 元
取水ダム	フローティング型 H:1.2m×L:20m
導水路	W:0.6m×H:0.8m×L:1,600m
ヘッドタンク	W:2m×L:6.5m
水圧管路	PVC 管(埋設) φ0.5m×L:290m
発電所	W:3.35m×L:7.4m×H:2.5m
水 車	インライン型フランシス水車
発電機	同期発電機
送電線	3 相 13.2kVA L:1.8km



図-2 設備レイアウトと棚田との関係



写真-2 取水ダム



写真-3 導水路



写真-4 ヘッドタンク

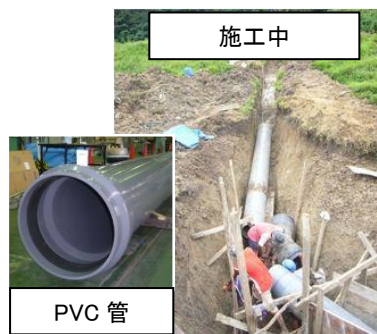


写真-5 水圧管路



写真-6 発電所建屋



写真-7 水車・発電機



写真-8 発電機制御盤



図-2 アンバンガル小水力発電プロジェクトのコンセプト

2. プロジェクトの経済性

(1) 売電収入による維持管理費および棚田保全基金の確保

本プロジェクトでは、発電所の建設費は e8 メンバーの東京電力㈱が負担し、国際協力として事業者のイフガオ州政府に寄贈されているため、事業者には初期投資の負担がなく、発電所の売電収入による運転・維持管理費と棚田保全基金の確保が経済性の目標となる。

本発電所の平均年間発電電力量は 1,200MWh であり、地元配電組合（IFELCO）へ売電することにより、発電所の運転維持管理費および棚田保全基金を年間約 3 百万ペソ（67,000USD³⁾）確保している。これにより、発電所は円滑に運転され、運転開始から既に 47 の棚田保全プロジェクトが実施された。なお、水車・発電機にはインライン型フランス水車・発電機が採用され、維持管理の簡素化が図られている。

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 地元住民による建設工事および発電所の運転維持管理による雇用創出

当該建設工事は地元住民の参加（最大 180 人）により実施されており、短期間の雇用創出および地元住民の所得向上につながっている（写真-9）。また、発電所の運転・維持管理については、地元住民から選抜され、e8 による教育・トレーニング（机上&OJT）を受けた運転員によって行われており、運転員 6 人、事務員 1 人の雇用が創出されている（写真-10）。



写真-9 住民参加による発電所建設工事



写真-10 運転員の教育・トレーニング

(2) 新規プロジェクトへの発展

アンバンガル水力発電所の運営により棚田保全に当てられる基金は、イフガオ州政府が棚田保全マスタープランに必要とする総額の 1 割程度と少額であることから、イフガオ州での未開発水資源が豊富であることに着目して、JICA は、2012 年より無償資金協力事業として棚田保全基金拡充のための小水力プロジェクト（発電出力：820kW、2015 年 7 月竣工）を実施した。本プロジェクトは、このようなフィリピンにおける小水力発電による持続的な地域開発の取り組みのモデルケースとなりつつある。

³⁾ 1US\$ = Php44.03 = ¥118.24

(3) イフガオ州外部への好影響

アンバンガル水力発電所が地域主導で円滑に運転されていることから、近隣州からの視察が増加している。これにより、イフガオ州政府においては地域主導型小水力開発のパイオニアとしての自覚を高めるとともに、他州においても、同様の小水力発電開発を実施しようとする意欲の向上に繋がり、それに伴う経済的便益も期待される。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

(1) 棚田保全プロジェクトへの貢献

売電収入により棚田保全基金が確保され、イフガオ州政府管理のもとに下記の活動に活用されている。また、棚田が保全されることにより世界遺産としての景観がよみがえり、観光的価値も高めている。

- 1) 荒廃した棚田の修復
- 2) 地域の灌漑システムの修復
- 3) 棚田に従事する農業者の生計向上支援
- 4) 植林プロジェクト
- 5) 文化の向上に寄与
- 6) 害虫駆除・土壌改良

(2) 自然景観への配慮

水圧管路は埋設管として敷設し、発電所建屋および運転員の休憩場所などは周辺に馴染むような外観として、ユネスコ世界遺産としての棚田の景観を損なわないような配慮がなされている。

4.2 地域社会への貢献

(1) 地域の活性化

棚田保全基金により、農閑期の副業（機織り、木工、鍛冶等）の支援による生計支援を行うことで農家の収入安定と若年層の農業後継者育成を生み出し、村からの人口流出の削減と地域振興に寄与している。

(2) 地域伝統文化の継承

伝統農法（石積や畦の作り方等）を再現し、これを若い世代へ伝承することにより、よりよい状態に棚田が保全されるとともに、水稻行事のひとつであるライスフェスティバル等も開催されることにより、地域のコミュニケーションや絆が形成されている。

(3) 人材育成

本プロジェクトでは、発電所の円滑な運転と持続的な棚田保全活動を行うために、e8メンバーとフィリピン政府・イフガオ州政府の技術者・管理者が意見交換を行い、棚田保全基金の運用、管理に関する規定・ガイドラインを整備し、州政府職員のマネジメント能力強化を図った。また、発電所の運転要員 6 名は地元住民から選抜され、机上・OJTによる教育・トレーニングが行われている。その結果、土木設備の補修・改善は運転要員自らの判断で実施できるようになり、また、棚田保全基金による保全活動プロジェクトの実施数も年々増加するなど、成果が現れている。

(4) 地域産業への貢献

3月～5月の乾期に河川流量が少なくなった場合には、地域の主要産業である農業のために灌漑用水を優先し、発電所は運転を停止させている。なお、この停止期間を利用して、発電機器の保守・点検等を行なわれる。

5. 成功の理由

(1) プロジェクトの経済性

発電所は国際協力として寄贈されたため、事業者のイフガオ州政府には初期投資の負担はなく、売電収入により発電所の運転・維持管理と棚田保全基金の運用を行うという事業の経済性は確保されている。なお、発電所の円滑な運転・維持管理のために、e8メンバーによる運転要員の教育・訓練が行われている。

(2) プロジェクトの経済的便益

本プロジェクトの目標の一つである地域の人々による公益事業として水力発電開発を推進するため、発電所の建設工事や運転・維持管理に地元住民が参加したことで所得の向上、雇用創出などの経済効果が見られる。また、本プロジェクトの成功を受けて、JICAによる新規プロジェクトの実施や、他の州における小水力開発の意欲の向上などの波及効果も見られる。

(3) 地域環境・社会への貢献

最大の目的である世界遺産の棚田の保全については、売電収入によって棚田保全基金が確保され、イフガオ州政府がe8メンバーの協力を得て基金を適切に運用・管理し、保全活動プロジェクトの実施実績を年々増やしてきており、着実に棚田の保全が進んでいる。本プロジェクトの目標の一つである地域主導のエネルギー開発と地域活性化のモデルケースを目指すため、発電所建設にあたっては、計画初期段階から地域住民説明会の開催等により住民の合意形成を図るとともに（写真-11）、棚田に影響を与えないレイアウトや埋設水圧管路設置など自然環境に配慮した設計を行った。竣工後は、イフガオ州政府が発電所の運用・管理、棚田保全の資金管理などを行えるように、e8チームが協力して、運転員の研修・管理体制の構築や、棚田基金の運用方法の改善が行われている。



写真-11 地域住民説明会

6. 第三者のコメント

- (1) 電気新聞（2010年1月18日）：荒廃が進む「天国への階段」東京電力援助の小水力発電完成 売電収益で棚田保全基金

- (2) 共同通信 (2010 年 1 月 22 日) : 水力発電の収益で棚田保全 東電 比ルソン島の世界遺産
- (3) 国際開発ジャーナル (No.647) : 企業の国際貢献／東京電力のフィリピン棚田保全プロジェクト, 2010 年 10 月
- (4) Renewable Energy Futures for UNESCO Sites (RENFORUS)
Success stories on sustainable and renewable energies in UNESCO Sites:
<http://195.76.147.227/renforus/site/?p=2712>
- (5) GSEP website: <http://www.globalelectricity.org/en/index.jsp?p=121&f=236>

7. 参考文献

- [1] The Philippine Ifugao-Ambangal Mini-hydro Project (e8 publication):
<http://www.globalelectricity.org/upload/File/Project%20Communciations/IFUGAO%20publication%20FINAL.pdf>
- [2] GSEP website: <http://www.globalelectricity.org/en/index.jsp?p=121&f=236>

PT01

発電所名 : Canedo 小水力発電所

国名（州／県） : ポルトガル（Vila Real, Trás-os-Montes）

所有者

所有者名 : HDR.-Hidroeléctrica lda,
a subsidiary company of the RP Global Group

所有者形態 : 発電会社

市場形態 : 全量売電（グリーン電力料金）



運転開始年 : 2008 年 12 月

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、
適正な利潤の確保

経済的便益 : 税収効果（地方協同組合・市への寄付）、
雇用創出効果、地域産業振興効果

社会的側面 : 地域環境：地域インフラ整備
地域社会：地域開発の促進（年ごとの地方かんがい用水路の修理・整備）



キーワード : Canedo ダム、伝統的冬季かんがい法（rega de lima）、RP Global Portugal（RPG）、優良小水力発電所（Best Small Hydro Plant）、鱒の養殖、貯水池最適運用、景観保全

要旨

Canedo 水力発電所は、ポルトガル北部 Beça 川流域に開発された出力 10MW 水力発電所である。この発電所は Trás-os-Montes 地域の Boticas 市および Ribeira de Pena 市にまたがって 5.5km の範囲に設置されている。Beça 川はかんがい用水として利用されるばかりでなく、豊かな鱒の繁殖地域として有名であり、発電所取水口の上流には養殖場がある。発電所建屋は村に隣接し、風光明媚な場所にある。発電所はダム、低圧管路、サージタンク、水圧鉄管および発電所建屋で構成されている。Beça 川の鱒養殖コミュニティの重要性を考えると、ダム運用水位変化があっても、鱒養殖場に支障を来さないよう、年間を通じて継続的に通水できるような魚道設計がなされている。この地域には冬季に”levadas”と称されている長い開水路を通して水を搬送し、霜災害を防ぐ”Rega de lima”という伝統的冬季かんがい方法があるが、このかんがい方式に要する水量を確保するためのダム自動制御システムを有している。ダムの最大貯水量は、昼間の高い電気料金で発電出来るように、夜間はその流量が最少となるように調整されている。主な地域社会への貢献として、ダム建設に伴う道路や橋などのインフラ整備、景観保全に配慮した発電所建屋の設計などが挙げられる。

1. プロジェクトの概要

Canedo プロジェクトは 1990 年代初期にスタートし、予備調査が 1992 年に始まったが、ダム上流側の魚養殖場と河川水棲生物保護のために 2002 年に中断された。新たに系統だった技術的・経済的フィージビリティ・スタディおよび環境影響調査が実施され、その報告が 2003 年に行われた。これらは開示され、地元のかんがい組合からいくつかの懸念の指摘があった。その後、用水路の水量測定・調査、数回にわたる組合と住民への説明会を行って、このプロジェクトを実施することのメリットを示すことが出来た。2006 年 8 月にプロジェクト遂行に関する地元住民の合意を得て、2008 年に建設許可を含むコンセッション契約が結ばれた。

Beça 川は、北部イベリアで最も重要な河川である Douro 川の支流 Tamega 川の支流である。流域は主に森林や牧草地で占められており、114.5km²の流域面積を有している。河川は約 3%の傾斜勾配を有しており、プロジェクトはこの勾配を利用している。平均年間降雨量は 1,350mm で平均 2.95m³/s の流出量が得られる。(図 - 1 参照)

プロジェクトは、ダム、低圧管路、サージタンク、水圧鉄管および発電所建屋で構成され、有効落差 226m、水車流量 5.4m³/s で 10MW の設備容量を有している。表 - 1 に発電所の諸元を示す。運転開始後、平均 29GWh の発電を行い電力系統へ送電している。Canedo 発電所は河川敷に隣接しており、発電所建屋は、周辺環境との調和や見学者の来所のしやすさのために、徹底した建築上の検討が行われた。

図-2および3にダム平面図および発電所取水口断面図を、図-4 および写真-1 に魚道断面図および魚道の写真を示す。

ダム流量自動制御装置は、かんがい用水を同時に確保する機能を備えている。魚道は、Beça 川の鱒養殖場の重要性を考慮し、年間を通して貯水水位に対応して継続的に満足できるレベルに保持するように設計されている。

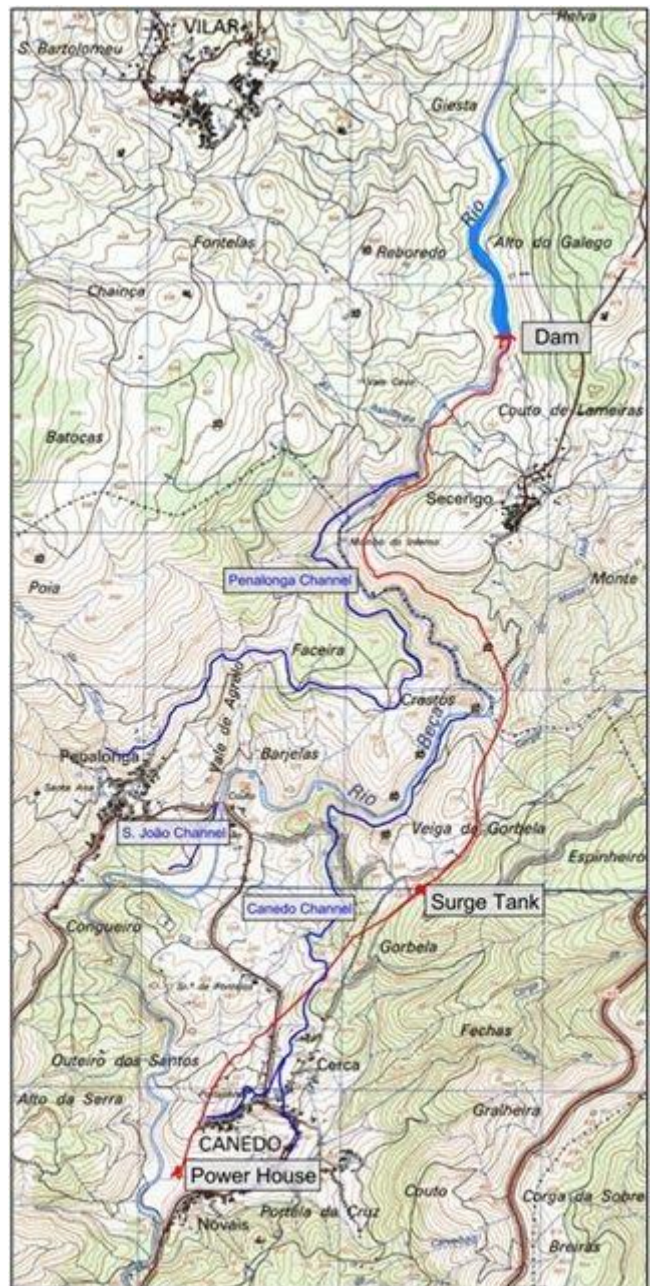


図-1 プロジェクト計画概要

表-1 発電所諸元

項目	諸元
水系・河川名	Beça 川
最大出力	10,000 kW
最大使用水量	5.38 m ³ /s
有効落差	226.44 m
水車型式	横軸フランシス水車
発電型式	貯水池式/ダム水路式
水圧鉄管	Φ 1,800mm Flowtite プラス チック管: 3.7km Φ 1,400mm 鋼管: 1.9km
系統連系	有

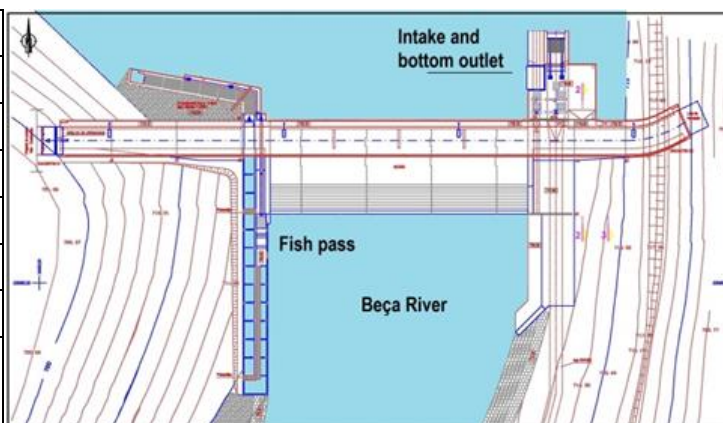


図-2 ダム平面図

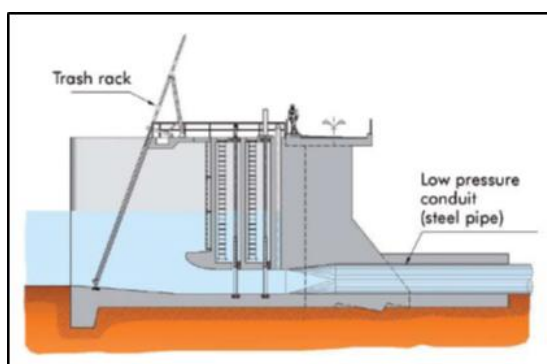


図-3 取水口断面図

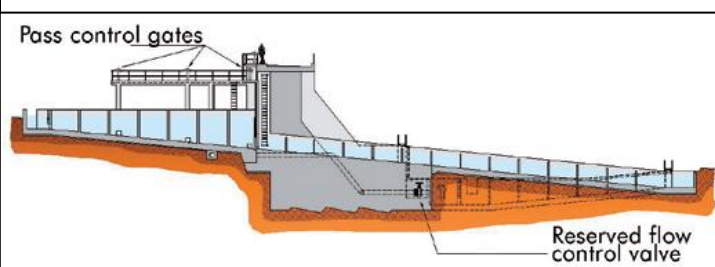


図-4 魚道縦断面図



写真-1 魚道

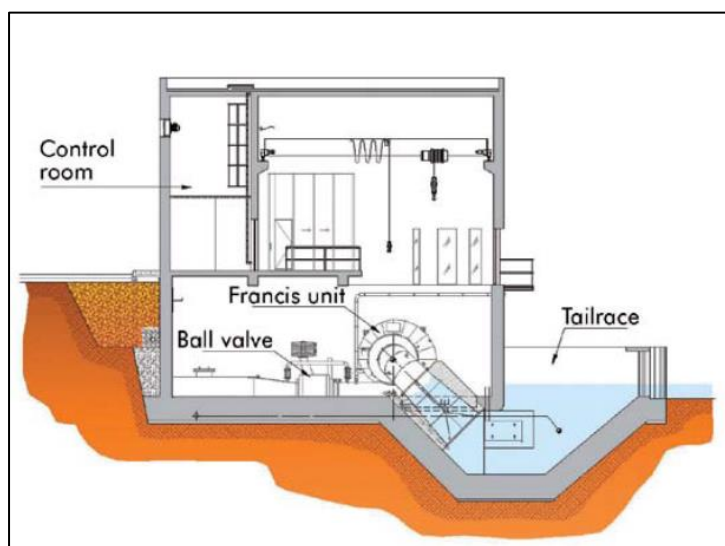


図-5 発電所内機器配置



写真-2 発電所内部

(注)図面および写真の出典: www.waterpowermagazine.com

2. プロジェクトの経済性

(1) 複数の工区割の契約による経済性向上

発電所建設は、ひとつの大企業と契約するターンキーベースではなく、いくつかのロットに分け、複数の契約により管理を行った。その結果、地元の小企業からより多くの競争力のある価格を得ることができ、経済性の向上が図られた。なお、初期投資額は€31,090,070 で、補助金などは受けておらず、22 年間の銀行ローンによる借入金である。

(2) 貯水池の最適運用による高い売電収入の確保

ダム最大貯水量は、収益増加を狙って、昼間の高い電気料金の時に発電出来るように最適化された。午前中にはダム貯水量が最大となるようにして昼間に発電し、夕方には最低水位となるような運用を行っている。

2010 年～2014 年の 5 年間のデータ（表-2 参照）によると、年間収入は€3,052,260 であり、年間の運転・維持管理費用は€226,740 であるため、EBITDA¹⁾（イービットダー）は€2,825,520 となる。したがって、単純計算による投資回収期間は 11 年である。

表-2 5 年間の発電電力量と収益(2010～2014 年)

初期投資額 (x1,000€)	発電電力量 (GWh)	2014 年の 平均電力料金 (€/MWh)	全収入 (x1,000€/年)	運転・維持 管理費用 (x1,000€/年)	EBITDA (x1,000€/年)
31,090.07	31.51	92.17	3,052.26	226.74	2,825.52

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 税収効果および地域への寄付金

プロジェクトの実施により、地域へは固定資産税・水使用税・法人税が納付されている。また、親会社である RP Global 社は新規公共施設のための市財政に貢献している。（表 3 参照）

表-3 税収入 (単位：€/年)

年	2010	2011	2012	2013	2014
固定資産税	26.58	126.58	339.68	315.66	276.84
水使用税	---	5,436.59	2,470.13	1,938.11	4,904.45
法人税	249,627.00	0.00	0.00	77,022.88	180,594.76
寄付金	0.00	1,000.00	0.00	1,000.00	2,000.00
合計	249,653.58	6,563.17	2,809.81	80,276.65	187,776.05

(2) 雇用創出効果

発電所建設において、土木工事の主要部分の作業については、現地の労働力により行ったため、地域経済に貢献している。

また、地元業者は、アクセス道路の修復、雑草の除去や用水路の修復として年間保守作業の一部を行っており、現在、これらの費用は€17,000/年に達している。

(3) 建設中における地域への経済効果

発電所建設において、外部からの労働力についても、現地のホテルやレストランなどを

¹⁾ 金利、税、有形固定資産の減価償却費、無形固定資産の償却費を引く前の利益

優先的に使用しているため、地域経済に貢献している。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

1) ダム流量自動制御装置によるかんがい放流量の保障

本地域は「levadas」と呼ばれる長い開水路を介してかんがい用水が搬送され、霜に対する保護を行う「rega de lima」と呼ばれる伝統的冬季かんがい方法がある。2003年にRP Global社は、かんがいユーザーの需要を分析し、最適化するために「levadas」の複雑なシステムの詳細分析・検討を実施した。ダム流量自動制御装置は、このかんがい利用に対応するために必要なかんがい放流量を保証した。

2) ダム建設に伴う地域インフラの整備

地元住民の移動は、新しい道路やVilarとCodecosoの両村にまたがるダム上の橋によって改善された。建設前にはこれらの二つの村の間の移動距離は9.3kmだったが、現在は3.1kmとなった。橋と新しい道路は、地元住民および地方自治体との間で交わされた契約および寄付の一部であった。これらの建設費用約500T€はRPG Group社によって負担された。

3) 河川環境保全

魚道は、Beça川におけるマスの繁殖環境の重要性を考え、あらゆるダム水位に対応して年間を通じて常に適切な水位で運用できるように設計された。この保護対策の方法は、下流側の全ての種、生息地や生態特性の保存が可能となるような維持放流の検討とあわせて行われた。水力発電所設置にあたっては、3年ごとに、発電所の上流側および下流側の河川の水質を測定し、その持続可能性を実証することが求められている。

4) 景観保全

RP Group社は、設計段階で村落への美的な視覚的影響を与える発電所建屋の大きさと周辺への景観に関する建築デザインコンペを、オーストリアの建築家の支援を受けて、北ポルトガルにあるCoimbra建築・芸術大学内のシニア学生間で実施した。提案された案を検討した後、最も興味深いアイデア、すなわち、立方体の形状、大きな窓、人々が建物の内部を観察することができる外部歩道を含む案が採択された。写真-3に発電所建屋外観を示す。この案の特長は、発電所の健全性および安全に関するガイドラインの範囲内で、すべての人々に発電所を公開することを目指し、文字通りの透明性によってより良く発電所による利益が理解できるように、発電所を身近なものとすることを目指すものである。



写真-3 発電所建屋^[2]

5) 管路の地中埋設化

ダムの貯留水は、釣りなどのレクリエーション、家畜や野生動物のための飲み水確保、森林火災防火用水として機能するなど、他の重要な利点を提供している。水圧鉄管などすべてのパイプラインは溝内に設置して完全に土壌で覆った。この方法は既存の伝統的

文化の保全や動植物の保全に役立っている。さらに、管路は火事や物理的損傷を受けにくい。

4.2 地域社会への貢献

1) 灌漑システム改善による地域の活性化

この地域は、農村から都市部への人口移動が多く、経済的に落ち込んだ内陸部地域である。そのため、住民は高齢者が多く、主に農作業や家畜飼育業に依存している。本発電所によるかんがいシステム改善は、農業・家畜飼育業衰退の歯止めになるものと期待されている。

2) 地域インフラ整備による地域の活性化

発電所建設は、この地域の景観と、驚くべきことに地域特有の料理(Gastronomy²⁾)を一層有名にした。2009年には、この地域は有名な年中行事「Portugal lés a lés (ポルトガルの靴ひも)」であるオートバイツアーの開催地に含まれた。これは、何百ものモーターサイクルの愛好家が、発電所建設によって整備・改善された交通インフラを利用することを意味した。

また、プロジェクトの建設中には、地元の既存道路の約 8km が改善され、また新しい道路 6km も建設された。それは発電所建設のために必要であったためであるが、一方、農業や森林消防においてアクセスが困難なことに対する地域住民のニーズにもかかっていた。

地域社会への補償として、€600,000 が提供され、地元当局によって適宜選択された道路整備、上下水道設備など地方インフラ整備改善などの建設プロジェクトのために使用され、10 ヶ月の建設期間中に実行された。

5. 成功の理由

開発当初から完成まで、現場でチームを編成してプロジェクトに関連するすべての問題を明確にするよう、地元住民や自治体担当局との対話を行った。

かんがい用水路の問題解決のための対策について、地元住民や自治体担当局との説明会を数多く行っている。また、中央政府が許可する次の 35 年間の水利権に関しては、当初から地域住民をパートナーとすることにしている。

6. 第三者のコメント

(1) 最初の年は地方プレスによって数多くレポートされた。

(2) その次の年には森林火災の話が全国テレビで放映された。ひどい森林火災と戦うために、ダム貯水池中央部から水をタンクに貯めヘリコプターで消火するシーンが放映された。

(3) IWP&DC's Best Small Hydro Project' award (Oct. 2009): International Water Power & Dam Construction

²⁾ Gastronomy : 大西洋の食材が多いにもかかわらず、ポルトガル料理は地中海の食材を多く受けている。ポルトガル料理はシーフードが有名。ポルトガルの植民地時代の影響は、多種多様なスパイス類である。これらのスパイスには、piri piri (小さく、火のような唐辛子) と黒コショウ、シナモン、バニラ、サフランが含まれる。オリーブオイルはポルトガル料理のベースのひとつで、料理や味付けの両方に使用されている。ベイリーフやパセリなどのハーブと同様、ニンニクが多く使われている。

7. 参考文献

- [1] International Water Power & Dam Construction (July 2009): Best of the best in small hydro
- [2] International Water Power & Dam Construction (December 2009): Canedo hydro plant – an award-winning design
- [3] RP Global : <http://www.rp-global.com/>

UK01

発電所名 : Eigg 水力発電所

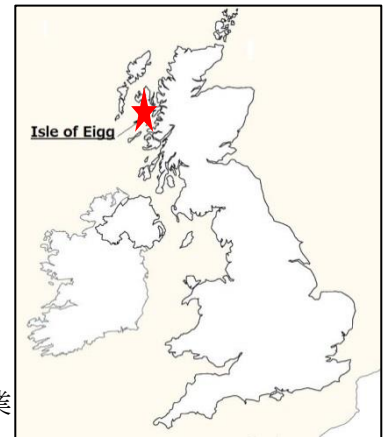
国名 (州/県) : イギリス (スコットランド/エッグ島)

所有者

所有者名 : Eigg Electric Ltd.
(The Isle of Eigg Heritage Trust の子会社)

所有者形態 : 地域ユーティリティ/地域が所有する民間企業

市場形態 : 地域ユーティリティ



運転開始年 : 2008 年 2 月

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、適正な利潤の確保

経済的便益 : 観光資源効果、地域産業振興効果

社会的側面 : 地域環境 : 地域インフラ整備、自然公園の保護
地域社会 : 地域の活性化、地域開発の促進、環境/エネルギー教育
地域ブランド向上



キーワード : 再生可能エネルギーハイブリッドシステム、自給自足システム、エッグ島遺産トラスト (The Isle of Eigg Heritage Trust)、英国国立科学技術芸術基金 (NESTA)、離島電源、マイクログリッド、需要側制御

要旨

英国スコットランド西海岸沖に位置する常住人口が 100 人に満たないエッグ島は、本土から約 25km 離れ、本土の基幹電力系統網には接続されていないため、住民は個別にディーゼル発電やマイクロ水力発電などの自家用発電設備に依存していた。エッグ島住民、スコットランド政府、環境 NGO をメンバーとする慈善団体のエッグ島遺産トラスト (The Isle of Eigg Heritage Trust (EHT))¹⁾は、1997 年に島の土地所有権を獲得し、インフラ整備の一環として島の電力自給システムを構築し、2008 年から運用を開始した。このシステムは、電源として水力発電、太陽光発電、風力発電、予備のディーゼル発電と蓄電池、および負荷管理装置と地中配電線網で構成され、EHT の子会社の Eigg Electric 社によって運用されている。水力発電設備は 100kW の流れ込み式発電所および 6kW のピコ発電設備 2 基から成り、島全体の年間の発電電力量の 70%

¹⁾ スコットランドの慈善団体で保証・登録された有限会社。Eigg Resident's Association, The Highland Council および Scottish Wildlife の 3 メンバーで構成される。会社設立後、エッグ島の電化につき F/S を委託して島の電化を図った。

以上を占める最も重要な電源となっている。過負荷防止のため需要側には電力使用の上限が設けられているが、住民はその必要性を理解し同意し、島内の安定した電気の供給に貢献している。また、本プロジェクトの経済性は、建設費における基金等の活用、運転管理費における FIT や再生可能電力購入義務証書の適用およびプリペイド料金システムの導入などによって確保されている。

1. プロジェクトの概要

Inner Hebrides 諸島群の一部であるエッグ島は、スコットランドの西海岸の沖、Skye 島の南、本土の海岸から約 25km に位置する。最寄りの本土の港は Mallaig である。島の広さは約 45km² で常住人口は 100 人に満たない。常設住宅戸数は 50 戸にみたく約 20 の商業ビルと 6 戸のコミュニティ施設がある。図-1 に、Eigg 島における発電所位置と電力系統配置を示す。2008 年に電化プロジェクトが導入される前には、島は配電設備を持っておらず、多くの住民は個々のディーゼル発電機を使用し、数戸はマイクロ水力発電設備に依存していた。

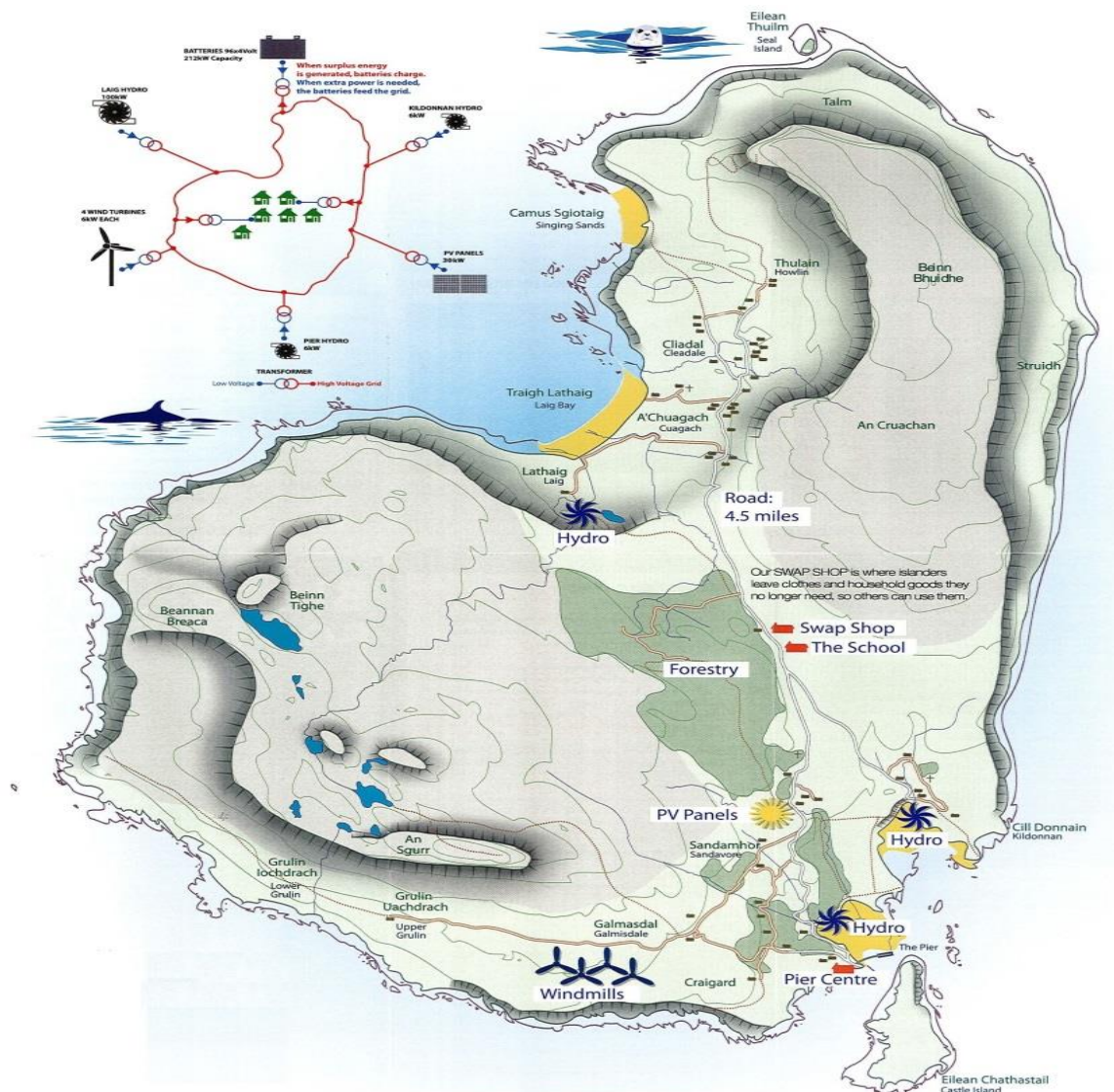


図-1 発電所位置と島の電力グリッド

電気を得るため、バッテリーとインバータの組み合わせユニットを使用していた。電気料金は使用している発電機の容量、使用時間とその燃料費により異なるが、ほとんどの住民は、2003 年時点でディーゼル発電機運転費用として平均的に年間 £ 500 費やしていた。エッグ島はスコットランド本土から遠隔にあり、本土の電力系統へ接続することは経済性に合わないことが明らかであった。本土の電力系統へ接続する費用は約 2 百万～4.5 百万ポンドが必要であると見積もられ、この費用を捻出することは困難であることからこの計画案は放棄された。

現在、すべての電気が地元で発電されるため、エッグ島はエネルギー自給自足のモデルである。システムは、50kWp 太陽光発電設備、3 水力発電設備（合計出力 112 kW）、24kW ウィンドファームと電力の継続的供給を確保するために予備のディーゼル発電とバッテリーで構成されている（各設備は写真-1 参照、プロジェクトの各システム諸元は表-1 参照）。更に、負荷管理装置が、再生可能エネルギーの最適化使用を行うために、太陽光・バッテリー・予備ディーゼル発電設備管理棟の中に設置されている。この太陽光、風力および水力からの電気は、長さ 16km の地下高圧配電線網に接続して送電され、50 戸の住宅、6 ケ所のビルと 20 の店へと接続配電され、再生可能エネルギーからの電力は全電力需要量の 98% 相当である。過負荷を防止するために、住宅の電力使用は 5kW 迄、商業用施設は 10kW 迄という上限が設けられている（図-2、写真-2, 3 参照）。システムは最大 225kW の需要を供給することができるが、負荷の多様性と需要（負荷）管理装置により、システムの負荷は十分に低い値になるように制御されている。

本システムは、2008 年 2 月 1 日に運開した。エッグ島遺産トラスト (The Isle of Eigg Heritage Trust) の子会社であるエッグ電力会社 (Eigg Electric Ltd.) は、島の電力供給と配電の管理を行っている。このシステムは限られた発電しかできないのでエッグ島の住民は、住宅用電源は常時最大 5kW まで、商業用は 10kW を上限とすることに同意した。また、降雨量が少ないとか風が弱いなど再生可能エネルギーによる発電量が少ない場合には、「表示灯 (Traffic Light)」システムにより、住民に対して電力使用量を最小限にするように表示がされる。表示灯が点灯した際には、各消費者は最大 20% の需要を減らす。このようにして、誰もが常に電気を得ることができるようなシステムとなっている。



写真-1 システム構成

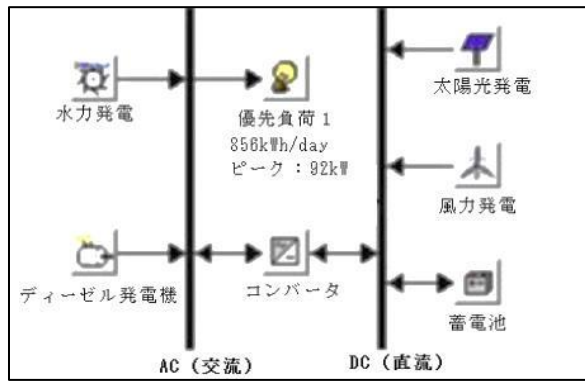


図-2 システム構成図

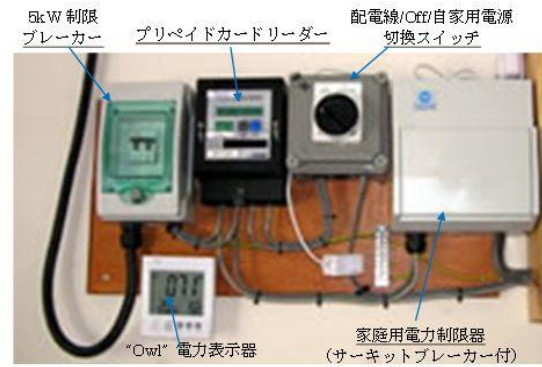


写真-2 ホームメーター



写真-3 屋外配開装置

表-1 プロジェクト諸元^[3]

システム	項目	要項
太陽光発電	出力	50kWp
	モジュール	60 x BP Solar BP31655PV
	インバータ	(2 x SMA Sunny Boy SB-3000) 21kWp
		126 x BP Solar BP4180 180Wp PV (3 x SMC-7000HV) 22.5kWp 90 x REC Solar REC 250PE 250Wp PV (3 x SMC-7000HV)
風力発電	形式	kW6 Kingspan
	出力	4 x 6kW
	インバータ	6 x SMA Windy Boy WB-6000A
水力発電	形式	Gilkes Single Jet Turgo
	出力	100kW, 6kW, 6kW
ディーゼル発電	出力	2 x 80kW Thistle Generator P80P1
蓄電装置	形式	Rolls Surrette 4KS25 PS
	設置数	4 clusters 24 batteries each
	インバータ	12 x Sunny Island SI-5048 5 kW
制御装置		Multicluster Box



写真- 4 Laig farm 発電所



写真-5 ピコ発電設

2. プロジェクトの経済性

(1) 補助金などの多数の資金供給源確保

事業費は 2008 年当時£166 万であった。投資は島にとって大きな課題であり、表-2 に示すように、補助金などの多数の資金供給源が確保された。

欧州連合内の地域開発を行うことを目的とした欧州地域開発基金 (ERDF) の適用、スコットランドのコミュニティ再生可能エネルギー開発プロジェクトのための助成金 Scottish

Community and Householder Renewables Initiative (SCHRI)、スコットランドの高地と島嶼地域全体の持続的な経済成長を開発支援する島嶼部開発公社 (HIE) の助成金などを受けることができた。

表- 2 プロジェクトの資金源^[5]

資金源	金額 (£)	割合 (%)
ヨーロッパ地域開発基金 (ERDF)	764, 000	46%
Scottish Community and Householder Renewables Initiative (SCHRI)	196, 127	12%
Highlands and Islands Enterprise, Lochaber (HIE)	313, 000	18. 9%
Big Lottery Fund	250, 000	15%
Island Trust and residents	92, 761	6%
Energy Savings Trust	33, 940	2%
Highland Council	15, 000	0. 1%
合 計	1, 664, 828	100%

(2) オフグリッド・固定価格買取制度および再生可能電力購入義務証書

エッグ電力会社のランニングコストは、オフグリッド・フィードインタリフ (Off-grid FIT)²⁾、再生可能電力購入義務証書 (ROCs)³⁾ 及び住民や企業からの地方税からの収益で補われている。

(3) 運転保守費用を考慮したプリペイド料金システムの導入

電気料金は、プリペイドカード挿入で電力供給が開始されるホームメーターを設置して徴収し、その料金はエッグ電力会社がコミュニティに対して十分な責務を果たすに必要なレベルに設定されている。島の電気料金は本土の電気料金と比較して高いが、これらは交換部品のための費用および運転保守費用をカバーできるように設定されている。

(4) 建設費削減のための電力制限システム（電気使用キャップ制度）

増大する電力需要のための設備投資を抑えるために、エッグ島の電力使用者は、家庭用 5kW、業務用 10kW を電気へのアクセス上限とすることに同意している。

(5) ハイブリッドによる自然エネルギーの有効利用

図-3、4 は、2009 年度から 2015 年度の島の電力消費量とディーゼル発電と再生可能エネルギー利用発電の電力構成を示す。島内の全電力需要の 70～90%は再生可能エネルギー利用発電で供給されていること、また、ディーゼル発電に依存する期間は限定的であることがわかる。

²⁾ オフグリッド FIT は、固定価格買取制度価格 (FIT) のように、家庭や企業に再生可能技術の利用を促進するために発電量単位当たりの固定支払いを行う。電力・ガス規制庁 (Ofgem) の認定を受けることで、発電されたすべての電気が買取対象 (generation tariff) となる。

³⁾ 「再生可能エネルギー証書制度」 (ROCs) は、発電された電気が再生可能エネルギー利用であることを証明する「グリーン証書」であり、発電事業者へ発行される。ROC は他の事業者との間で売買でき、事業者はこの RO の責務を果たしていることを表示することに使用している。ROCs は現在、北アイルランドを除く地域で 50kW 以上の発電設備に適用されている。プロジェクトは助成金を受け取っているが、助成金を受けた再生可能エネルギープロジェクトについては FIT もしくは ROC の形での援助を認めないという英国での規制変更が行われる前に、プロジェクトが運転開始したために FIT と ROC を受けている。

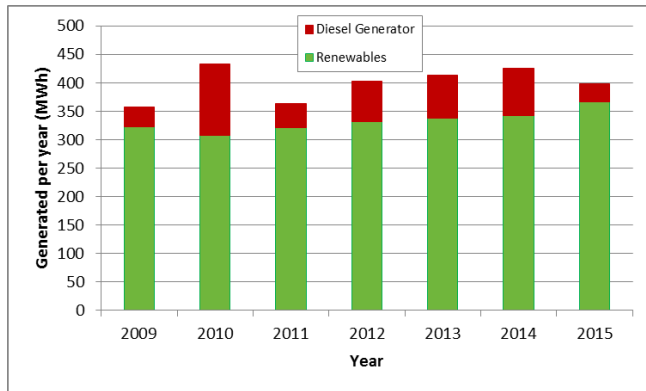


図-3 電力消費量／発電電力量
(2008 年 11 月～2016 年 7 月) [6]

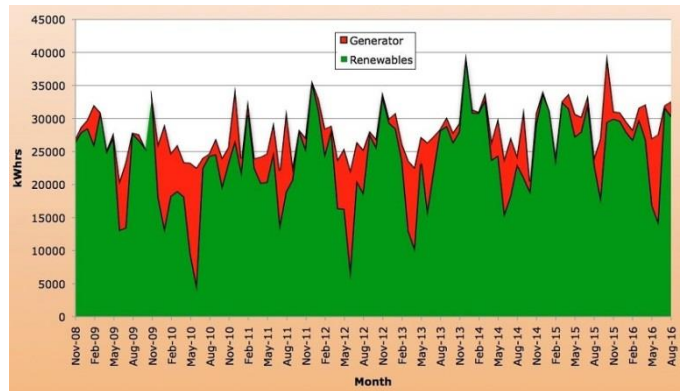


図-4 月毎の電力消費量とその発電電力量の構成
(2008 年 11 月～2016 年 8 月) [6]

図-5 は 2015 年度の電力消費量と各種発電設備の発電量の構成を示す。再生可能エネルギー利用発電の中で、小水力発電による発電量が全発電量の 50～90%を占めていることがわかる。

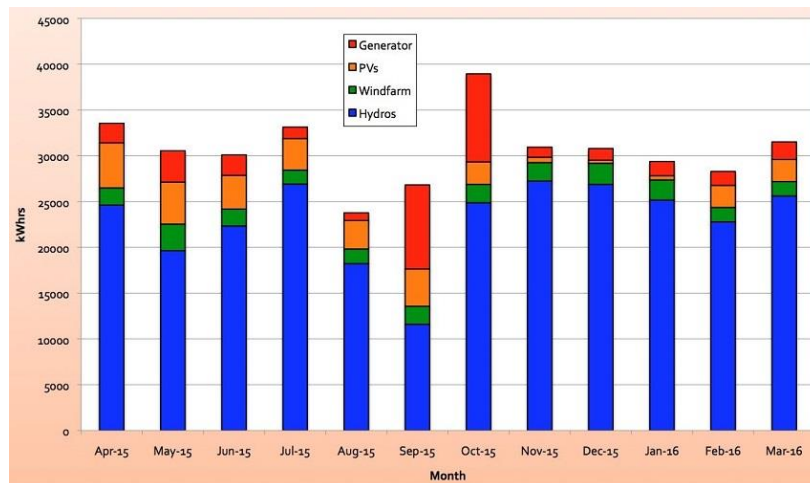


図-5 2015 年度の月毎の電力消費量と発電電力量の構成 [6]

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 地域インフラ整備

1997 年 6 月、島民は Eigg 島の所有権を取得した後、島民は新しい栈橋を建設、自分の家の修復、村ホールや学校の改修、訪問者のための喫茶店や宿泊施設を改装、更に島の電力自給システムを構築して Laig farm 小水力発電所、太陽光発電設備などの建設を行っている。

(2) 島への来訪者の増加

自然遺産である Eigg 島とその再生可能エネルギーグリッドは全世界に興味を抱かせた。学術関係者や開発関連組織の人々がフェリーでこの島を訪れている。最近、アラスカ、ピトケアン諸島（南太平洋上の英国海外領土）、ナイジェリア、ジャマイカからの訪問客が来ている。

また、恵まれた自然環境の中でのサークル研修、観光客なども増加傾向にある。

(4 月～9 月頃には約 10,000 人程度の来島者あり。)

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

1) 再生可能エネルギーを活用した CO₂ 削減

島内の電力の約 90%が再生可能なエネルギー源により供給され、島の二酸化炭素排出量は大幅に減少している。島の世帯当たりの CO₂ 排出量は、英国のほかの地域よりも 20% 低いことが報告されている。

2) 自然・社会環境保全

送配電線網は地中配線として、自然遺産である島内の景観を崩さないように配慮している。

4.2 地域社会への貢献

1) 再生可能エネルギー利用電化による近代的な生活様式の確保

エッグ島のオフグリッド電化システムは、近代的な生活様式に必要な電気供給に役立っている。島民は供給に心配することなく、24 時間電気を使用することができる。また、観光客を誘致するための民宿などの整備にも寄与している。

2) 島民による発電設備の運用

このシステムは島民各自が有する設備として共同で運用しており、島内居住者の結束を強めている。

3) 島の過疎化防止

人口は、過去数年間増加してきており、島から出た若者たちが帰島して家を建てたり新しいビジネスを起こしている。これは、再生可能エネルギー・グリッドシステムによる 24 時間電力供給によるものである。

5. 成功の理由

(1) プロジェクトの経済性

スコットランドでは再生可能エネルギー開発や島嶼開発などに対する様々な補助金や基金が設立されており、慈善団体である EHT が主導した本プロジェクトは、これらの補助金や基金から建設資金を確保することができた。さらに、欧州連合内の開発途上地域などを対象にした欧州地域開発基金(ERDP)の適用が認められたことも、初期投資負担の軽減に大きく寄与している。また、電力使用の上限設定やプリペイド料金システムの必要性を住民が理解し同意したことにより、設備費を抑制し運転管理費を確保することができた。

(2) 再生可能エネルギー発電による電力自給システムの確立

離島や遠隔地などのオフグリッド地域において、ほぼ全ての電力需要を再生可能エネルギー発電で賄う電力自給システムを確立した例は、実証試験などを除けば非常に少ない。このため、本プロジェクトはその先駆性が国内外から注目され、英国国立科学・技術・芸術基金(NESTA)のビッグ・グリーン・チャレンジ賞および権威ある英国金賞(Ashden 賞)を受賞するとともに、開発機関や学術機関などからの来訪者や観光客が増え、島のコミュニティに経済波及効果をもたらしている。

6. 第三者のコメント

- (1) 2008 年 9 月、エッグ島は英国国立科学・技術・芸術基金 (NESTA) が主催するビッグ・グリーン・チャレンジ⁴⁾に参加し、10 ファイナリストの中のひとつとして、また既に自分たちがそれまでうまく運用してきているプロジェクトに加えて、種々のチャレンジを 2008 年 9 月からの 1 年間で実行した。島を“持続可能” (原文では Green) とするためのチャレンジとして、太陽熱温水パネルや島で生産される代替燃料の使用、区域内の家庭用断熱材の使用、輸送システムやローカル食材などが取り上げられた。この中で 2009 年 5 月には、個人やコミュニティが気候変動に取り組むために何ができるかについての講演、ワークショップ、音楽、演劇やアドバイスなどが含まれている「Giant's Footstep Family Festival」を開催した。
- (2) 2010 年 1 月、エッグ島は英国／国立科学・技術・芸術基金 (NESTA) のビッグ・グリーン・チャレンジで 3 共同受賞者のひとつとして発表され、賞金£300,000 を勝ち取った。また、2010 年 7 月には権威ある英国金賞 (Ashden 賞⁵⁾) を受賞した。

7. 参考文献

- [1] Island Power Eigg Electric : Community Power/Friends of the Earth Scotland
- [2] “Best Practice Case Study : Islands going green, Isle of Eigg, Scotland, UK”
www.rets-project.eu
- [3] Analysis of off-grid electricity system at Isle of Eigg (Scotland): Lessons for developing countries/Renewable Energy (journal homepage:
www.elsevier.com/locate/renene)
- [4] BBC NEWS/Eigg powers on with energy scheme
- [5] The Scottish Government/Community Renewable Energy Toolkit
Case study 17 : Electrification of Eigg, Isle of Eigg - PV, Hydro & Wind turbines
<http://www.gov.scot/Publications/2009/03/20155542/37>
- [6] Eigg Electric Ltd. : http://isleofeigg.net/green_eigg.html
- [7] Isle of Eigg, Inner Hebrides, Scotland/Wind & Sun Ltd.
(<http://www.windandsun.co.uk/case-studies/islands-mini-grids/isle-of-eigg,-inner-hebrides,-scotland.aspx#.WGtdQLm7rIU>)

⁴⁾ 英国国立科学・技術・芸術基金 (National Endowment for Science, Technology and the Arts: NESTA) は、科学・技術・芸術の 3 分野における個人および団体による先駆的なプロジェクトや人材育成を支える助成機関として 1998 年に設立された。

支援対象のキーワードは「イノベーション (革新性)」で、未来の英国社会に貢献する革新的な才能を発掘すべく、草分け的な経営企画、ユニークな発明、国民の健康や科学技術に関する理解を増進するプロジェクト、文化芸術から生まれる革新的なビジネスモデルなどに対して「投資 (investments)」と呼ぶ財政支援を行っている。

⁵⁾ Ashden とは、毎年 Ashden 賞を授与することでヨーロッパの一部と発展途上国の地方の持続可能なエネルギー・ソリューションの推進を図っている。賞は、組織や、社会的、経済的、環境上の利点を持つ地方の持続可能なエネルギースキームを提供する企業に与えられている。賞は、英国および国際的な賞を含むそれぞれの異なるカテゴリーに提供されている。

UK02

発電所名 : Torrs 水力発電所

国名（州／県） : ハイピーク、ダービーシャー州、英国

所有者

所有者名 : Torrs Hydro New Mills Ltd.
(コミュニティ企業)

所有者形態 : 発電事業者／産業共済組合 (IPS)

市場形態 : 需要家との売電契約

運転開始年 : 2008 年 9 月

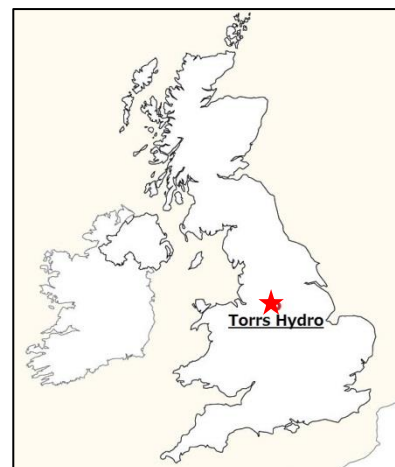
プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保

経済的便益 : 観光資源効果、その他（利益の還元）

社会的側面 : 地域環境：河川環境保全、地域景観／文化
の維持、自然公園の保護
地域社会：地域の活性化、環境／エネルギー教育、地域ブランド向上

キーワード : 産業共済組合 (IPS)、 アルキメデス・スク
リュウ水車、魚道、再生可能エネルギー協同組合 (REScoop)



要旨

Torrs ハイドロは、ダービーシャー州のニューミルズ中心部にある。これを運用する Torrs ハイドロ社は、小規模再生可能エネルギー協同組合 (REScoop) として 2007 年に設立され、地域社会の利益のための産業共済組合 (IPS¹⁾) として組み込まれている。これは、英国における地域が保有する最初の小水力発電所である。投資者となる地域のメンバーと Torrs ハイドロ社が共有する目的は、ニューミルズ地域での環境的持続可能性を促進し、地域環境に貢献する事業について啓発し、住民に地域のための財政支援の機会を提供することである。これらの目標のため、彼らは他のコミュニティプロジェクトや環境問題に関する教育プログラムのために、水力発電所からの収入を交付金とするシステムを開発した。発電所は 63kW 容量で、年間約 240,000kWh の電力を発電できる。発電された電気は、近くの生協マーケットに供給され、電力消費量の 60～70%を供給し、生協が閉店されている夜間には、余剰電力を送配電網に売電している。Torrs ハイドロは、一般に公開されており、本発電所と同じような計画を検討している団体、学校からの見学会や個別の見学者のために発電所公開日を設けている。

¹⁾ IPS (Industrial and Provident Society) は、協同組合として、またはコミュニティの利益のために産業、ビジネスや貿易を行う組織。活動はコミュニティの利益のため、利益はメンバーへ配分されない。IPS は 2014 年、Community Benefit Societies 令で Community benefit societies (BenComs) と改称された。

1. プロジェクトの概要

Torrs ハイドロ発電所は、New Mills の Goyt 川と Sett 川の合流点に設けられている。発電所は 1790 年に建設された織物工場敷地内水車小屋（1912 年の火災で焼失）で使用していた堰を利用して建設された。発電所機器配置を写真-1、発電所諸元を表-1 に示す。

新設水車発電機は、元の水車が設置されていたほぼ同じ場所に設置された。元の水車の設置のために使用されている石などは、新設水車の周りに再度使用されている。

63kW のアルキメデス・スクリュー水車は、年間 240,000kWh の発電を目標としている。Torrs ハイドロ社は、発電所建設計画が環境に対し持続可能であることを確実にするため、環境庁と十分な協議を行った結果、回遊魚の遡上下ができる魚道を設置した。



写真-1 Torrs ハイドロの機器構成^[2]

1-Goyt 川; 2-Sett 川; 3-Torr 堰; 4-上部導水路; 5-発電所; 6-魚道; 7-水車; 8-放水路; 9-跳躍鮭彫刻; 10-Torr Mill 遺跡; 11-Torr 橋

表-1 発電所諸元

項 目	諸 元
水系・河川名	Goyt 川および Sett 川
最大出力	63 kW
最大使用流量	3.0 (m ³ /s)
有効落差	3.0 (m)
水車形式	φ 2.6m アルキメデス・スクリュー水車
発電機形式	三相誘導発電機
発電所形式	流れ込み式
系統連系	有

発電設備として、長さ 9m、重量 10ton のアルキメデス・スクリュー水車が適用されている(写真-2 参照)。現地での機器据付けが主な懸案事項であった。現地は、過去の事業活動の痕跡を残す古い Torrs 水車のあった歴史的場所であり、このため考古学者が建設に関わった。建設にあたっては Gristone と呼ばれる 3 メートルの砂岩基礎を除去作業開始する前に、考古学的発掘の期間を設けた。発電所建屋および魚道を建設した後、スクリュー水車は歴史的 Union Road Bridge の上から吊降ろされた(写真 3 参照)。

Torrs ハイドロ社の目的は、New Mills 地域に環境の持続可能性を促進すること、地域環境への貢献についての教育、および人々がコミュニティに財政貢献するための機会を提供することである。これらの目標を念頭に置いて、彼らは他のコミュニティプロジェクトや環境問題に関する教育プログラムのために、水力発電プロジェクトからの収入を交付金とするシステムを開発した。



写真-2 水車および魚道



写真-3 Union Road 橋からの水車吊り下げ搬入^[2]

2. プロジェクトの経済性

(1) プロジェクト費用と資金源

Torrs ハイドロ社は、産業・共済組合 (IPS) であることから、この発電設備運用による収益は、地域の再生および New Mills 地区の環境の持続性促進のために使用することと位置づけることができ、全国的なファイナンススキームを使用して建設資金を集めることができた。IPS は、協同組合として、地域社会の利益のために、産業、ビジネスなどを行うが、各組合員の買った株式の金額に関わらず、一人一票の原則に基づき民主的に組織されている。出資者は約 231 名であり、出資者数の 2/3 は New Mills と近隣からで全資金の 1/3 を占め、残りの 1/3 の出資者は地域外からであり、全資金の 2/3 を占めている。表-2 にプロジェクト費用とその資金源構成を示す。

表-2 プロジェクト費用と資金源構成

資 金 源	金額割合 (%)
Torrs ハイドロ共同組合株 (231 名)	37.9
交付金 : - The East Midlands Development Agency - The Co-operative Fund - The Sustainable Development Fund of the Peak District National Park	40.9
Co-operative 銀行からの融資 (10 年ローン)	21.2
建設費総額 : £ 330,000	100

(2) 発電電力量と収支

図 - 1 に、2008 年 9 月に発電所運転開始してから 2014 年までの各年 (1 月～12 月) 毎の年間発電電力量の推移を示す。2011 年はこの地区の洪水のため、発電電力量は減少した。また、図-2 に、運転開始後 7 年間の各月毎の平均、最良、最悪年および 2014 年の発電電力量の推移を示す。6 月～8 月はこの地域の乾季に相当して降雨量も少ないことから、発電電力量もそれに伴って少なくなっている。

本発電所は、2015 年 4 月 8 日、運転開始してからの発電量総計 1,000,000kWh を達成した。

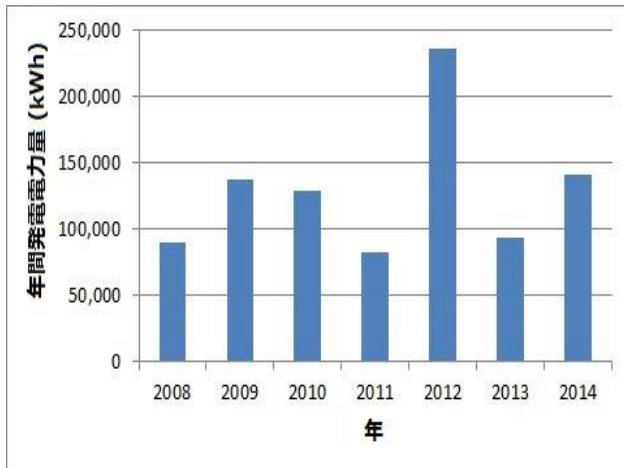


図-1 2008 年～2014 年の年間発電電力量^[5]

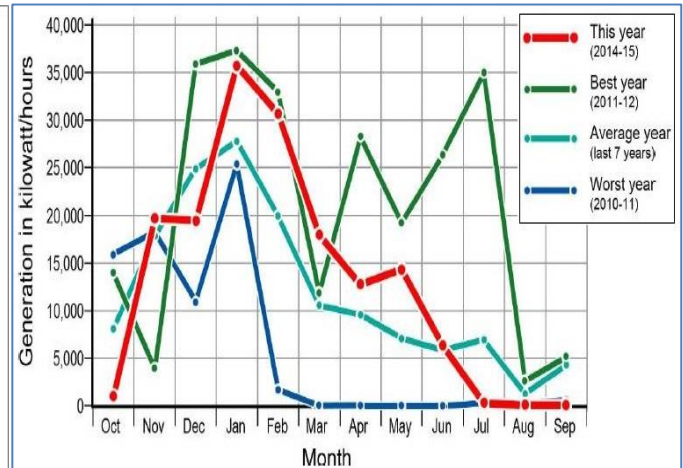


図-2 月毎の発電電力量^[3]

図-3 に、2008 年度（10 月～翌年 9 月迄）から 2014 年度までの発電収支を示す。運転開始から 3 ケ年は収益を出すことはできなかったが、2012 年度には発電量が増大したことで初めて収益を得ることができた。

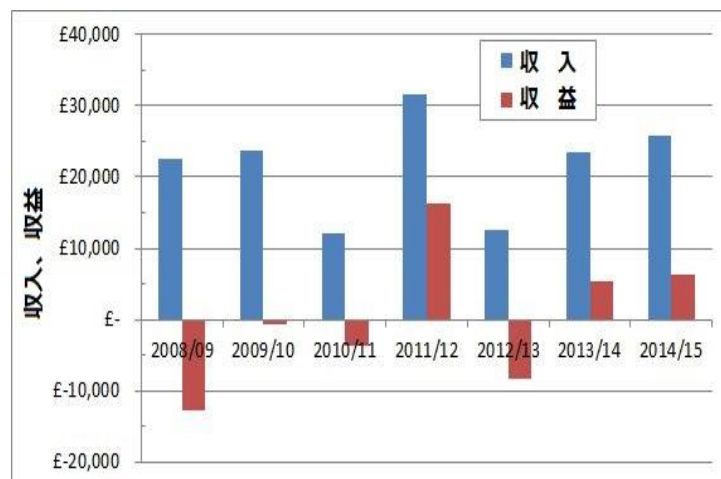


図-3 2008 年度～2014 年度の発電収支^[7]

(3) 地元生協スーパーマーケットとの電力供給・購買契約による経済性確保

生活協同組合銀行は、融資を準備すること、交付金を集めること、そして地元の生協スーパーマーケットとの電力供給・購入に同意することで Torrs ハイドロ発電所の収入源確保に役立っている。

(4) 運転・保守費用

売電収益にて市税、水使用料、運転・保守費用を賄っている。Torrs 発電所はボランティアによって全面的に運用されている。発電設備は、ボランティアグループによって毎日点検されているので、維持費は非常に安いものとなっている。ボランティアメンバーは発電所の管理経験を積み重ねており、発電設備の稼働時間を長くすることに役立っている。



写真-4 地元生協スーパーマーケット

(5) 再生可能義務証明書 (ROC)

このプロジェクトは英国の FIT が開始される前に開発されたため、取引可能な再生可能義務証明書の売買が可能である。

(6) 地域株主への配当

発電収益はまず銀行融資返済に使用され、その後、少額ではあるが、地域株主へ配当金が支給されている。他のコミュニティのプロジェクトへの助成金あるいは教育プログラムへの助成金は、協同組合の年次総会で決めている。

融資ローンは 2018 年末までに返済の予定であったが、この予定より 2 年早い 2016 年末に完済できた。今後は、機器・土木構造物の改修費用を考慮しなければならない。

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 発電所見学者の増加

Torrs ハイドロと同じような計画を立てている人々がサイトや地元の町を訪問してきている。このサイトの定期的なフェアやフェスティバルがこれを後押ししている。

(2) 地元での建設資材調達

スルースゲートが地元業者で製作・設置されるなど、建設総費用の約 60%は地元で消費された。

(3) 小水力発電事業の他の地域への普及

このマイクロ水力発電プロジェクトで開発された実施方法は、他の地区での同様のプロジェクト事業を確立することに役立っている。



Torrs ハイドロ発電所と同じ Goyt 川の下流、約 8km にある Otterspool 堰に設置された出力 60kW のマンチェスターでの最初のコミュニティー発電所。2012 年に運転開始。

写真-5 Stockport ハイドロ発電所^[6]

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境

1) 回遊魚の保護

Torrs ハイドロ社は環境庁、全国の河川の保護者と非常に密接に連携している。社は回遊魚のための上流側のアクセスが可能となるように魚道をこのスキームに取り入れ、その資金を供給した。

2) 地域開発および景観の保護

この地域は、旧ミル工場跡地で荒廃していたが、発電所の開発と共に、川沿いのウォ



写真-6 発電所前の広場公園

ーキングやサイクリングコース、公園の広場の整備が行われた。

3) 地域環境保全

新設水車発電機は、元の水車が設置されていたピットとほぼ同じ場所に設置され、旧ミル工場の水車ピットに使用されていた石などは、新設水車の周りに再度使用されている。環境庁は、伐採木を利用した「魚の跳躍」の彫刻を作り、公園内に設置してエリアの造園に協力している。

4) 他の水利用者への配慮

発電に利用する流量は、堰上流側の水利用者のために、堰の水位を一定に保つように制御されている。

4.2 地域社会

1) 地域文化の維持

- 地元の町議会は計画当初から参画し、そして、町議会運営の遺産センターは Torrs ハイドロ発電所のための情報提供や、イベント開催を行っている。

- 地元の企業やグループは、プロジェクトに対する地元の人々の熱意に応えるため、プロジェクト支援を行った。

- コミュニティの利益：

今後、発電所からの利益の大半は、以下のような地域助成プログラムに資金提供される予定である：

- ・ニューミルズ・ソーラー学校プロジェクト
- ・ニューミルズ遺産センター
- ・ニューミルズ・ワンワールドフェスティバル
- ・ニューミルズ・フェスティバル
- ・環境教育
- ・木のセントジョージのパレードで木を提供
- ・ニューミルズ学校で学生が行う数々のアートプロジェクトの主催 など

2) 環境およびエネルギー教育

本発電所は小学生から大学生に至るまでの教材として、また、環境庁の研修施設としても使用されている。また発電所の傍にある堰はダービーシャー消防団の訓練にも使用されている。

5. 成功の理由

英国における社会的企業は、企業や出資者の利益の追求ではなく、地域社会や環境のために利益を再投資することを基本的な目的としている。Torrs ハイドロ社とその出資者は、New Mills 地域の環境的持続可能性を促進し、地域環境に便益をもたらす事業について啓発し、住民に地域のための財政支援の機会を提供するという明確な目的を共有して本プロジェクトを実施した。これにより、水力発電所建設への投資や、利益を地域社会に還元する交付金の設立・運用に対する出資者の理解と協力が得られた。また、主たる電力供給先である地元の生協スーパーマーケットが本プロジェクトに賛同し、系統電力と同じ価格で Torrs ハイドロ社との長期電力購入契約に応じたことも、プロジェクトの収入を安定化させることに大きく貢献している。

6. 第三者のコメント

多数の新聞／テレビ等のメディア報道により、英国でコミュニティが有する最初のハイドロプロジェクトとして紹介されている。

7. 参考文献

- [1] Best practices Report, REScoop 20-20-20
- [2] toorshydro NEW MILLS, homepage (<http://torrshydro.org/Torrshydro/>)
- [3] Torrs Hydro Annual Report 2014/15(<http://torrshydro.org/>)
- [4] Case Study: Torrs Hydro, Sustainable Funding Project, National Council for Voluntary Organisations
- [5] Torrs Hydro New Mills 社(<http://torrshydro.org/>)
- [6] New Mills Torrs Hydro Electric Scheme
(<http://www.shawfarmholidays.co.uk/new-mills-hydro.htm>)
- [7] Income and Profit/Loss for each fiscal year from 2008 to 2014
(<http://www.torrshydro.org/TheProject/Community-Ownership.html>)

UK03

発電所名 : Abernethy Trust 水力発電所

国名（州／県） : 英国（スコットランド／Ardgour）

所有者

所有者名 : Abernethy Trust 屋外アドベンチャーセンター

所有者形態 : 自家用発電設備保有者／非営利慈善団体

市場形態 : 余剰電力売電(FIT)

運転開始年 : 2010 年 6 月

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、
適正な利潤の確保

経済的便益 : 雇用創出効果

社会的側面 : 地域環境：地域インフラ整備
地域社会：地域開発の促進、地域交流の促進

キーワード : メーカーとの財務的パートナーシップ、機器長期リース、バリューエンジニアリング、FIT、青少年の野外活動プログラム、慈善事業

要旨

Abernethy Trust 小水力発電所は、スコットランドの西海岸の Loch Linnhen 入り江の岸边にある Ardgour に位置する出力 89kW の流れ込み式水力発電所（2010 年 6 月完成）で、青少年の屋外活動に特化した非営利慈善団体である Abernethy Trust 屋外アドベンチャーセンターが所有し、すべてのトレーニングセンター内施設およびスタッフの住居に配電している。余剰電力は、FIT 制度を活用して近くの送配電線網に接続され、売電利益を得ると共に、電気ボイラーで施設への給湯を行ってセンター内のアメニティ向上や環境保全のための CO2 排出削減、および慈善事業内容の充実に貢献している。事業者とメーカーとの機器長期リースおよび融資パッケージを受ける「ファイナンシャル・パートナーシップ」締結は、メーカーに機器の稼働率を高める努力を促し、設備所有者との緊密な協調関係を生み出している。



1. プロジェクト概要

Abernethy Trust 小水力発電所は、スコットランドの西海岸の Loch Linnhe 入り江／Ardgour に位置している。Abernethy Trust 小水力発電所の流域面積は約 1.6km² で、年間平均降雨量は 2,376mm である。発電用水は、1.3m 高さのセルフクリーニング式”Coanda”スクリーンを備えた堰から取水される。このスクリーンは、流量 96(ltrs/s)の取水ができる。取水された水は、全長 850m の水圧鉄管で発電所まで導水され、水車総落差 126.4m を形成している。流域を更に広げるために、本川の支流からも取水しており、これら “Coanda” スクリーンからの水は上水槽を通して水圧鉄管へ導水されている。水圧鉄管全長にわたり、流水方向が変わる箇所にはコンクリートスラストブロックが設けられている。(写真-1, 2 参照)



写真-1 取水堰



写真-2 支流取水堰

発電所は、Abernethy Trust 屋外アドベンチャーセンター本館から約 200m 離れた場所に、コンクリート基礎の上に建てられており、波鋼板屋根付き建屋構造でその広さは約 25m² (約 5mx5m) である。この建屋の中に、水車、発電機、入口弁、発電機制御盤が据え付けられており、415V / 11kV トランスと開閉器は発電所より約 50m 離れた電柱上に設けられている。Gilkes 社製の一射型ターゴインパルス水車 (ランナ径: 265mm) と 4 極の誘導発電機は直結して設置され、水車発電機の最大出力は 89kW である。水車は、英国の FIT 制度適用を考慮した 100kW 市場に適合するような標準化および VE¹⁾を行って、製造コストを低減するように再開発されたものである。新しい機器の特徴は、機器据付け面積を減らし、従来の別置きアクチュエータ用油圧ユニットを水車ケーシング上に取り付ける一体型構造としたことである。デフレクターは発電機起動・停止時の制御に用いられる。アクチュエータは、電子油圧システムで常時正確な制御ができ、油圧喪失の場合は自動的に水車を停止する “フェイル・セーフ” 方式となっている。(写真-3 参照)

¹⁾ VE(Value Engineering)とは、製品やサービスの「価値」を、それが果たすべき「機能」とそのためにかける「コスト」との関係で把握し、システム化された手順によって「価値」の向上を図る手法。



写真-3 発電所内機器

表-1 に、Abernethy Trust 小水力発電所の諸元を示す。

表 1 発電所諸元

項 目	諸 元
水系・河川名	Burn 川支流
最大出力	89 kW
最大使用水量	0.096 m ³ /s
有効落差	120.0 m
水車型式	横軸一射ターゴインパルス水車
発電機型式	三相誘導発電機
発電所形式	流れ込み式／水路式
水圧管路	Φ280mm x 850m
系統連系	有
他目的施設の利用	無

2. プロジェクトの経済性

本発電所の設備容量は当初 49kW で計画していたが、余剰電力を電力会社のグリッドに接続して売電できる FIT を活用できること、および、プロジェクトがすでにかんりの公的助成金を集めることができたことから、水車メーカー(GILKES)と長期的な機器リースを含む「ファイナンス・パートナーシップ」を結んで、設備容量を増加させた案を再検討して、89kW の設備とした。表-2 に発電所建設費用の内訳を示す。

表-2 建設コストと助成金^[2]

資 金 源	金 額 (£)	備 考
CARES 助成金 ¹⁾	£ 100, 000	(全建設費用に対する割合 33. 6%)
他の基金・寄付金	£ 119, 000	高地・島嶼部開発公社 (Highlands and Islands Enterprise ²⁾) : £ 37, 000 Leader ³⁾ (基金) : £ 25, 000 Abernethy Trust : £ 50, 000 Local community 寄付金 : £ 7, 000
自己資金	£ 101, 000	GILKES とのファイナンス・パートナーシップ
建設費用 (合計)	£ 320, 000	

(注) 1) プロジェクトは、スコットランド・コミュニティ・ハウスホルダー再生可能エネルギーイニシアチブ(SCHRI)の期間中に承認されたが、発電規模とプロジェクトの工程上、コミュニティ・再生可能エネルギースキーム (CARES) プログラム期間中に完了した。

・ Scottish Community and Householder Renewables Initiative (SCHRI):

SCHRI は、スコットランド政府が資金を提供し、コミュニティベースや各世帯での再生可能エネルギー開発、再生可能エネルギー関連技術に対する意識向上、再生可能エネルギー関連産業の支援を行った。この支援制度は 2003 年 3 月に 3 年間の予定で開始されたが、2004 年に追加予算をつけて 2008 年 3 月迄実施された。

・ Scottish Government Community And Renewable Energy Scheme (CARES):

CARES ローン資金は、コミュニティの深い関心と利益をもたらす再生可能エネルギープロジェクトの事前計画の承認段階でのハイリスクに対して融資を提供する目的で、スコットランド政府は 2011 年 2 月 15 日、この新方式を発表した。プログラムは、スコットランド政府の代理として Local Energy Scotland が運営・管理している。

2) 島嶼部開発公社(HIE)はスコットランドの北部および西部地域のスコットランド政府の経済・社会開発公社であり、その役割は高地と島嶼地域全体の持続的な経済成長を開発することである。HIE は経済と社会開発を統合するユニークな任務を有しており、スコットランド地域全体の半分以上をしめる Shetland から Argyll、Outer Hebrides から Moraychiku にわたる様々な地域で活動している。この目的を達成するため、将来の投資の基盤を造り、成長志望、かつ、特に脆弱な地域におけるコミュニティ強化という独特な役割を果たす大小ビジネスを支援している。

3) LEADER : 過疎地域経済開発活動の間のリンク

LEADER は地方開発計略を実施することで過疎地域開発のためのサポートを提供する。地方のコミュニティとビジネス・ネットワークへ知識と技術の支援を行い、地域開発に取り組むための工夫と連携を促している。

(1) FIT に合わせた発電規模・機器開発

開発地点の水力ポテンシャルを考慮し、余剰電力を FIT で売電できるような発電規模となるようにメーカーと協議し、かつ、従来の発電機器をよりコンパクトな設備機器とする開発を行って水車発電機室の面積を小さくして設備費を削減している。

(2) 発電機器のリース契約

機器のリース契約において、リース料金は発電量にリンクし、設備が発電していない場合はリース料金は発生しないという仕組みを構築し、これにより発電設備の故障などによる稼働率低下を回避した。これは、平均年のリース料金減少よりも、事業者の財務リスクを低減することに貢献している。このような融資を含む「パートナーシップ・アプローチ」は、設備を如何に効率的に運転させる状態に保つかという点でメーカーにとって刺激となるとともに、利益を共有する事業者とメーカーとの間の緊密なパートナーシップの形成に役立っている。

(3) 発電電力量および運転保守費用

小水力発電所の運用により、アドベンチャーセンター内での年間の電力節約量は約

344,000(kWh)相当となり、慈善事業財政の一助となっている。

発電所運転保守費用は、平均収入の約5%程度である。

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 地元農家の重機類活用

発電所建設における地盤整備や機材搬入には、地元農家の労力と重機類（掘削や吊上げ）が活用された。

(2) 新規小水力発電所建設

本プロジェクトの成功にを受け、新たに Abernethy Trust #2 水力発電所（出力 50kW）が建設され 2013 年に運転を開始した。さらに現在、同発電所を出力 100kW に増強する計画が進められている。

(3) サービスセンターの開設

事業者とメーカー（Gilkes 社）との間に発電所機器の O&M サービス契約を結び、また、近隣の小水力発電設備についても同様に事業者との間の O&M サービス契約を結んでいるので、メーカーは Abernethy 発電所近くにサービスセンターを新たに開設した。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

1) 景観に調和した発電設備

取水設備および発電所建屋は周辺環境に馴染むように設計されている。スコットランド環境保全局(SEPA)は水利権取得を含め発電所建設のすべてを承認している（写真-4 参照）。

2) 余剰電力による給湯設備

化石燃料を用いた暖房設備の代わりに、余剰電力を使用した電気ボイラーを設置してトレーニングセンター内へ給湯することで、光熱費削減と共に CO2 排出削減を図っている（写真-5 参照）。



写真-4 Abernethy Trust 発電所



写真-5 給湯用電気ボイラ

4.2 地域社会への貢献

1) 地域における慈善事業の推進

Ardgour 地域で経済的に恵まれない青少年たちの健全な野外活動を教育指導する慈善事業を行っている Abernethy Trust 屋外アドベンチャーセンターにとって、施設が必要とする電気代をカバーできると共に、余剰電力の売電収入を得ることができ、慈善事業の内容を充実させることができる。慈善事業の実施により、地域における人の交流が活発になり、地域活性化の効果が期待できる。



写真 6 野外スポーツ活動^[3]

2) マイクロ水力発電所のモデル

事業者は地元住民や他の地点で水力開発を計画している人たちにこの施設を公開することで、水力開発の環境的持続可能性の理解促進に貢献している。

3) 配電系統の安定化

発電所は基幹系統より離れた場所にあるため、基幹系統への連系（余剰電力の売電）により、地元配電網の安定化に寄与している。

5. 成功の理由

(1) プロジェクトの経済性

プロジェクトは、Abernethy Trust（慈善事業）に収入をもたらし、その財務の長期的な安定性に寄与している。プロジェクトは建設中には種々の技術的問題などが発生したが、メーカーの技術協力、事業者とメーカーとの機器長期リースおよび融資パッケージを受ける「ファイナンシャル・パートナーシップ」の両方でプロジェクトを成功させることができた。

(2) 水力発電所建設に対する地域社会の理解

Abernethy Trust の野外における青少年教育プログラムが実施されることは、地域社会にとっても社会福祉的な意義があること、また人的交流の活発化により地域活性化の効果が期待されることから、プログラムの推進に役立つ水力発電の導入は、地域社会の理解が得られやすかったと考えられる。

(3) 新たな水力開発への波及効果

本発電所をマイクロ水力発電所のモデルとして公開することで、他の地区からの見学者が多く訪れて、新たなマイクロ水力発電所建設計画が検討されており、新たな水力開発への波及効果は大きい。この Abernethy Trust 屋外アドベンチャーセンターも、#2 Abernethy Trust 水力発電所を建設し、更にこの発電所の出力増強を、現在計画中である。

(4) 地元住民の協力

地元住民との協議・理解を得てこのプロジェクトは進められており、建設時には地元農民

の協力を得て、彼らの有する機材の活用および労力を得ることができ、建設費の削減を図ると共に、地元住民の雇用機会を創出することができた。

6. 第三者のコメント

多数の雑誌／Web site 報道により、この Abernethy Trust とマイクロ水力発電所が紹介されている。

7. 参考文献

- [1] GILKES Homepage (<http://www.gilkes.com/case-studies/Abernethy-UK>)
- [2] Abernethy Trust Hydro and Electrification Scheme(The Scottish Government' s Community and Renewable Energy Scheme (CARES)).
- [3] Abernethy Trust Home Page: <http://www.abernethy.org.uk/>

US01

発電所名 : Humpback Creek および Power Creek 水力発電所

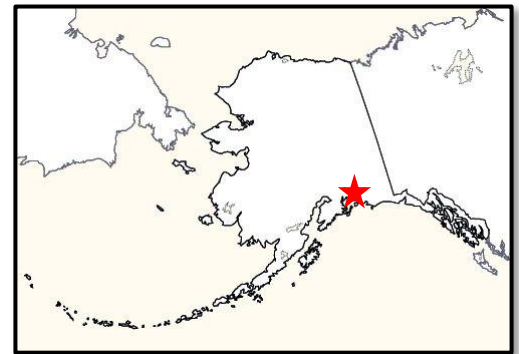
国名（州／県） : アメリカ（アラスカ州／Cordova）

所有者

所有者名 : Cordova Electric Cooperative Inc.

所有者形態 : 地域電気公益事業者／電気協同組合

市場形態 : 地域電気公益事業



運転開始年 : Power Creek : 2002 年
Humpback Creek : 2011 年 7 月（再開）

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、適正な利潤の確保

経済的便益 : 税収、雇用創出、地域産業振興効果、発電所建設中の経済活動

社会的側面 : 地域環境: インフラ整備、河川環境保全、地域景観／文化の継承
地域社会: 地域の活性化、地域開発の促進、環境／エネルギー教育、地域余暇機会創出、地域ブランド向上、先住民族移住地の未電化地域の電化



キーワード : 遠隔地のオフグリッドコミュニティ、イーヤク先住民部落、電気協同組合、環境に配慮したプロジェクト (Low-impact project)、堆砂のフラッシング、マイクログリッド、企業誘致

要旨

米国アラスカ州コルドバ市はアラスカ基幹電力系統網や道路網から外れた遠隔地にあるため、同市の電気協同組合が運営するディーゼル発電と水力発電を電源とするローカルグリッドにより市内と周辺地域に電気が供給されている。本水力発電所は、2002 年に運転開始した 3MW の Power Creek と、2011 年に水害から復旧し運転再開した 1.25MW の Humpback Creek の 2 ヶ所からなり、コルドバ市電力需要の約 77% を供給している。これら発電所は、コルドバ電気協同組合により運用されている。本プロジェクトの経済性は、建設費における公的補助金や米国協同組合銀行からの融資により確保されている。主な経済的便益として、コルドバ港への水

産加工企業の誘致による地域産業・雇用の創出、主な地域社会への貢献として、イーヤク先住民コミュニティにおける省エネや再生可能エネルギー開発への協力などが挙げられる。

1. プロジェクトの概要

コルドバ市はプリンス・ウィリアム湾の南東の端の Copper 河口にある小さな市で、アラスカの他の市からの連絡道路もなく、市民は 2 ヶ所の流れ込み式水力発電所および数台のディーゼル発電機からの電気に依存している。コルドバ電気協同組合(CEC)は、コルドバ市内と数社の水産加工工場へ電力を供給している。

Humpback Creek 水力発電所はコルドバの北 11km のイーヤク自治体の一部に位置しており、発電所出力は 1.25MW である。この発電所の機器は 1909 年に設置されたが、その後、石炭、石油炊きボイラーおよびディーゼル発電機の設置によって放棄されてしまった。1991 年、協同組合は 11.5 百万ドルの費用をかけて新 1.25MW 発電所を再建した。この設備は 2006 年まで順調に運転されていたが、この年の 8 月と 10 月の二度にわたる嵐(降雨量 1,500mm/72 時間)によって甚大な被害を受けた。この発電所再建のために米連邦緊急事態管理庁は再生可能エネルギー助成金 5.3 百万ドル、アラスカ州政府は 8 百万ドルを供与、協同組合は残り 8.6 百万ドルの資金を調達し、発電所の再建が行われた。水圧鉄管は、取水設備から 34.4m の長さは径 1,370mm の HDPE を、その後、径を 1,070mm に小さくした肉厚 9.5mm、長さ 457m の水圧鉄管を発電所まで敷設した。発電所建屋内には有効落差 53.4m、500kW フランシス水車 2 台と 250kW ターゴインパルス水車 1 台が据付けられている(写真-1、写真-2 参照)。発電後は、コンクリート製放水路によりベニザケの産卵場の上流側の Humpback Creek に再放水される。



写真-1 250kW ターゴ水車発電機



写真-2 500kW フランシス水車発電機

Power Creek 水力発電所はコルドバの東 11km のイーヤク自治体地域内にあり、発電所出力は 6MW である。1998 年に建設開始し 2002 年に運転開始した。取水ダムは起伏ゴム堰で上水槽は約 0.07ha の面積を有する。この上水槽の水位・水深は、発電所出力設定および河川の流量変動に応じて起伏堰の高さが調整される。河川流量が発電所最大出力もしくは発電出力より多い場合には、この取水堰を越流する。導水管は 180m 長さの上流側埋設管、2.7m 径の馬蹄形トンネル内に設置された長さ約 900m のパイプ、長さ約 55m の水管橋およびこの水管橋地点から発電所まで長さ約 670m の 4 区分で構成されている。この発電所で分岐管が設けられ出力 3,124kW、有効落差 85.3m の 2 台の水車へ導水されている。水車型式は Gilkes 製 2 射ターゴ

インパルス水車で、3,500KVA、400min⁻¹、力率 0.8 の発電機が設けられている。水車からの水は、長さ約 18m、幅 9m、深さ 1.5m の開水路で Power Creek へ戻されている。発電所からイーヤク変電所まで約 11.2km の送電線が設けられ、州の基幹系統へは接続されておらず、コルドバ電気協同組合 (CEC) のローカルグリッドに接続されている。発電所からイーヤク湖間の約 3.7km は、Power Creek 道路の下に埋設されており、残りの 7.5km は風が強いこと、周辺の地形が急峻であること、また、既設道路にトレンチを設けることは高価でかつ架空線設置は困難なことから、イーヤク湖内水中ケーブルを設置した。

両発電所の取水堰地点へのアクセス道路を建設したことにより、建設費が大幅に削減され、また、建設後はレクリエーション用歩道、ハイキングコースとして使用されている。

Humpback Creek および Power Creek 発電所の関連設備写真および位置図を図-1 に、発電所諸元を表-1 に示す。

表-1 発電所諸元

項 目	諸 元	
プロジェクト名	Humpback Creek	Power Creek
水系・河川名	Humpback Creek	Power Creek
流域面積	約 8km ²	約 40km ²
最大出力	1.25 MW	6 MW
最大使用流量	3.54 m ³ /s	9.06 m ³ /s
有効落差	53.4 m	85.3
発電形式	流れ込み式、水路式	
系統連系	有 (マイクログリッド)	
他目的施設の利用	無 (発電専用)	
水車型式	500kW フランシス水車 x 2 台 250kW ターゴ水車 x1 台	ターゴ水車 x 2 台
発電機型式	500KVA 同期発電機 x 2 台 250KVA 同期発電機 x 1 台	3000KVA 三相同期発電機 x 2 台
取水設備	手動式スクリーン	
水圧鉄管	Φ1,370mm x Φ1,068mm x 1,430m	Φ2,130mm x 914m Φ1,930mm x 914m
送電設備	12.47kV x 10.3km (5.9km:埋設、4.4km:水中)	24.9KV x 11.2.km (3.7km:埋設、7.5km:水中)



Humpback Creek 発電所取水設備



Humpback Creek 発電所建屋



Humpback Creek 発電所内の
水車発電機



Power Creek 発電所取水設備



Power Creek 発電所建屋



Power Creek 発電所内の
水車発電機



送電線の埋設工事中



海中送電線点検

図1 Humpback Creek および Power Creek 発電所の位置図

2. プロジェクトの経済性

(1) 建設費および助成金

表-2 に Humpback Creek 発電所、表-3 に Power Creek 発電所の建設費用とその資金源構成を示す。

Humpback Creek 発電所の再建費用は、米連邦緊急事態管理庁（FEMA）およびアラスカ州再生可能エネルギー基金からの助成金を受け、また、CoBank（アメリカ協同組合銀行）から融資を受けてその資金を調達した。

表-2 Humpback Creek 発電所の再建設費用および資金源構成（2011 年）

資 金 源	金 額(US\$)
助成金：	
－ 米連邦緊急事態管理庁 (US Federal Emergency Management Agency (FEMA))	5.3 百万
－ アラスカ州再生可能エネルギー基金 ¹⁾ (The State of Alaska renewable energy grant fund)	8.0 百万
CoBank からの融資（CEC 借入金）	8.6 百万
総 額	21.9 百万

Power Creek 発電所は、イーヤク自治体とイーヤク先住民村によって設立されたインディアン管理局（BIA:Bureau of Indian Affairs）資金とアラスカ州政府からの資金それぞれ 50%を調達した。Cordova 電気協同組合（CEC）は CoBank から建設ローンを借りたが 5 年間で返済した。アラスカ州政府はまたコルドバ電気協同組合（CEC）へ百万ドルのプロジェクト設計と許認可費用を補助した。

表-3 Power Creek 発電所の建設費用および資金源構成（2002 年）

資 金 源	金 額(US\$)
助成金：インディアン管理局 ²⁾ (BIA: Bureau of Indian Affairs)	12.0 百万
CoBank からの融資（CEC 借入金）（注 1）	12.0 百万
プロジェクト設計と許認可費用（無利子）	1.0 百万
総 額	25.0 百万

（注 1）アラスカ州政府からの助成金で返済

(2) 発電電力量の推移

図-2 に水力発電とディーゼル発電との発電電力量の比率および Power Creek および Humpback Creek 両水力発電所の設備利用率の年推移を示す。両水力発電所の設備利用率増加に伴い、ディーゼル発電の比率が低下している。

¹⁾ アラスカ州再生可能エネルギー基金(REF:Renewable Energy Fund)：

アラスカ再生可能エネルギー基金（REF）はエネルギーのコストを削減・安定させるために全州のコミュニティを支援することでアラスカ住民へメリットを提供する。プログラムは、アラスカ州の利益のため、費用効果の高い熱や電力用再生可能エネルギーを生成するように設計されている。プログラムはまた、雇用を創出し、ローカルエネルギー資源を使用し、地域経済にお金を保持する。

REF は、2008 年にアラスカ州議会によって設立され、2012 年に 10 年延長された。REF はアラスカエネルギー庁（AEA）によって管理され、アラスカ州での審査・競合選抜された再生可能エネルギープロジェクト開発のための公的資金を提供している。

²⁾ アメリカ合衆国インディアン管理局（BIA）は米国内務省の米国連邦政府機関。IA は、約 190 万人のアメリカインディアンおよびアラスカの原住民に助成金などのサービスを提供している。

図-3 に 2012 年の月毎の各発電設備発電量を示す。夏季の 6 月から 8 月には雪解け水などが多く、両水力発電所から多くの発電電力量を得ることができるが、冬季にはこの流量が激減して、電力需要はディーゼル発電に依存している。

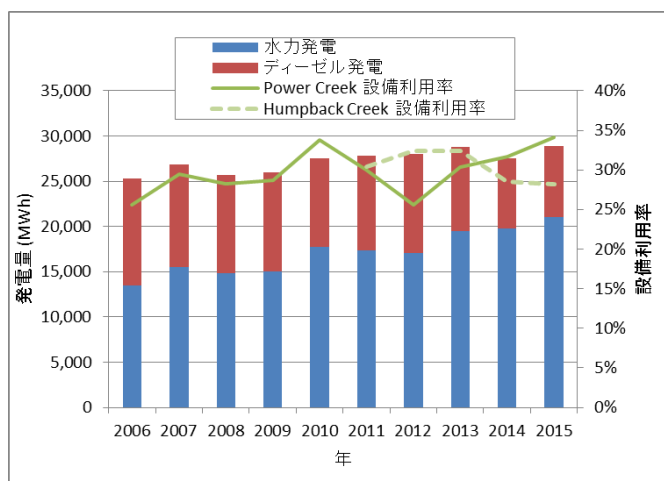


図-2 発電電力の構成と
各水力発電所の設備利用率^[1]

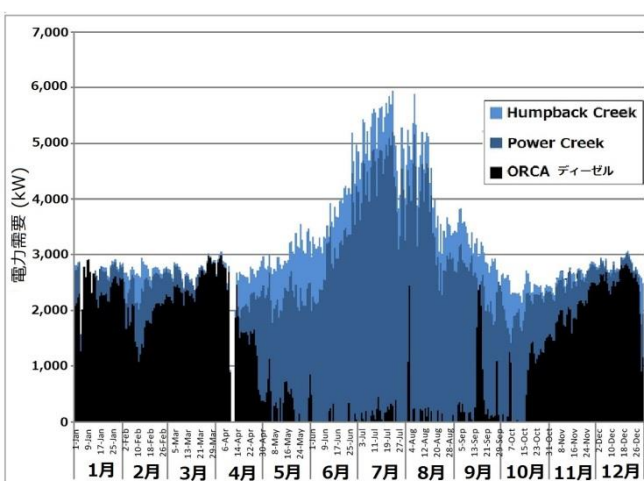


図-3 月毎の各発電設備発電量(2012 年)^[1]

(3) 電力需要の推移

図-4 に、2001 年～2012 年間のコルドバ市の電力需要分野別電力消費量を示す。コルドバには水産加工工場が誘致されており、その電力需要が増加する傾向にある。

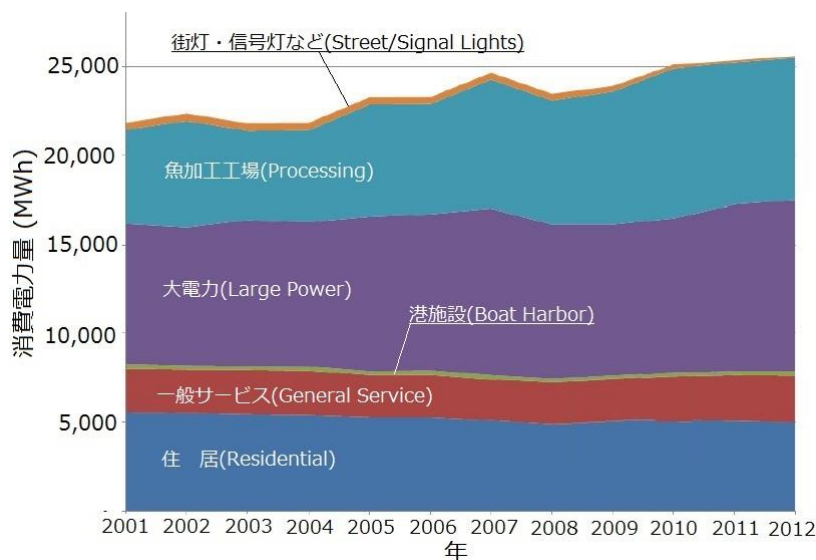


図-4 コルドバ市の電力需要分野別電力消費量^[1]

(4) ディーゼル発電の代替

Power Creek プロジェクト運転開始後 13 年間で 30 百万ドル以上のディーゼル燃料を節約でき、初期投資額を完全に償還することができた。Humpback Creek 発電所は 2012 年に運転再開し、ほぼ 3 百万ドルのディーゼル燃料を節約、この燃料費節約だけで 2027 年までに初期投資額を返済できると予想されている。(アラスカエネルギー庁(AEA)の Renewable Energy Fund Status Report 2015 によると、2011 年 7 月～2014 年までの発

電量：10,880MWh、ディーゼル燃料節約換算値：US\$3,050,000 と報告されている。）
更に、両水力発電所は、ディーゼル発電以上に O&M 費用を著しく削減できる。

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 水産加工業者の誘致

コルドバ港は、水産加工プロセスにおいてディーゼルオイルを使用した機器に依存していないことから、水産加工業にとって魅力的な港となっている。製菓用の魚油を製造している一製造業者は、この利点を得るためにその製造工場をメキシコからコルドバへ移設した。商業的釣り船業はコルドバにとって主要な産業である。コルドバの全世帯の半数は、少なくとも 1 人は商業的釣り船や水産加工業に従事している。協同組合の献身的な努力は、コルドバを米国の中でも資金を稼ぐことができる優秀な漁港の一つとして変身させることができた。

- (2) コルドバ電気協同組合は Pacific Rim³⁾ 社などエネルギー効率改善・省エネを積極的に行っている会社との戦略的パートナーシップ形成を強化している。



写真-3 Cordova 港^[1]

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

1) 魚類の保護

Power Creek はサケの産卵の主な河川である。魚の生息地を保全するために、コルドバ電気協同組合とホワイトウォーター（カヤック競技会）の両者のコミットメントに基づき、産卵が行われている河川の下流域に土壌や河床材料が過剰に移流しないように、費用約 2 百万ドルを充てた。対策は、建設中にはジオテキスタイルを二重に布設した仮排水路の設置、後に、リップラップの高圧洗浄を行った。工事終了後、河川は元の流れの状態に復帰された。

2) 起伏堰の定期的操作による堆砂防止

Power Creek 発電所取水ダム用ゴム起伏堰は、定期的に倒伏させて堰の上流側の土砂堆積をフラッシングし、下流への土砂供給を維持している。（写真-4 参照）



堰止めた状態

倒伏中

倒伏後の排砂中

写真-4 起伏堰による排砂

³⁾ 耐腐食性、断熱性などに優れた船舶用配管材料供給メーカー。

4.2 地域社会への貢献

1) ローカルエネルギーの有効活用

コルドバ地区は先住民イーヤク村⁴⁾の近辺にあり、村民は熱源と電源をローカルエネルギーと輸入ディーゼルオイルに依存せざるを得ない。村民は将来のエネルギー料金安定と部族メンバーと地域の存続のためにローカルエネルギー開発を望んでいる。

2) 先住民との共生

コルドバ電気協同組合(CEC)は互いに有益な再生可能エネルギープロジェクト開発のために、イーヤク先住民との同意を確立し、コミュニティと周辺環境のための多大の努力を行っている。

例えば、

- ・ CEC はこれまでにイーヤク村民と一緒に有益な再生可能エネルギー開発を行う同意書を交わすと共に、街灯を省エネ型の LED ランプに変えとか、各メンバーへ多くのコンパクト型蛍光灯を配るなどの活動を行ってきた。
- ・ CEC はまた風力発電プロジェクトの可能性を探るための第一段階として村に風速計を取り付けるとか、地方の高校用に廃油ボイラーを購入することも行っている。

3) コルドバ電気共同組合(CEC)グリッド内の水力発電最大化

CEC は、2014 年に ACEP (Alaska Center for Energy and Power) に委託およびサンディア国立研究所の協力により、発電構成の最適化検討を行っている。その時点では、水力発電容量の一部は周波数調整のために使用されており、発電需要のピークに対応できないだけではなくオフピーク時においても全出力を需要供給として運転することができなかった。このため、取水地点では多くの流量が無効放流となっていた。検討は、水力利用最大化と代替の周波数調整機能の導入を目的として、エネルギー貯蔵および需要追従技術がもたらす効果について行われた。ここではエネルギーバランスモデル (EBM、エネルギー省 (DOE) が開発したエネルギー貯蔵プログラム) が用いられた。今後、検討結果に基づき、導入すべき技術の規模が 2017 年春に決定される予定となっている。

4) 新水力発電所と給水設備のフィジビリティ・スターディ

CEC とコルドバ市は、現在、Crater Lake 発電所と給水設備プロジェクトを共同開発する計画を行っている。このプロジェクトのフィジビリティ・スターディは 2016 年 1 月末に完成している。プロジェクトは、既設の Crater 湖を上水槽として $5\text{ft}^3/\text{s}$ ($0.142\text{m}^3/\text{s}$) の水量で 825kW の発電を行うと共にコルドバ市に給水を行うものである。プロジェクトの主要な構成要素は、既設 Crater 湖出口に高さ 25ft (7.62m) の堰堤を設けて、約 3,800ft (約 1,160m) の導水管を設置し、下流側に発電所および浄水場を設けることである。

5) 公共教育と啓発

CEC は、イーヤク先住民村(NVE)を含むコルドバ再生可能エネルギーワークグループ(CREW)プログラムにおいて、多くの戦略的パートナーシップを構築している。CREW では会合

⁴⁾ 先住民イーヤク村

- アラスカ州コルドバに居住する州公認の部族村
- 選挙で選ばれた 5 名の部族評議会メンバーで統治されている
- 社会福祉厚生、経済開発、職業訓練、環境・資源管理などを提
- 525 名の部族メンバー

は一般に公開され、地域の風力発電追加が予定されている。(写真-5、6 参照)



写真-5 省エネ教育^[5]



写真-6 エネルギー教育^[5]

5. 成功の理由

(1) 遠隔地でのエネルギーセキュリティ

コルドバ市はアラスカ州の基幹電力系統網や道路網から離れているため、ディーゼル発電と水力発電を電源とするローカルグリッドに依存している。ディーゼル燃料は地域外から購入しているため、地域のエネルギーセキュリティと経済性を高めるには、ディーゼルの割合を減らし水力の割合を高めていく必要がある。Humpback Creek 水力発電所が2006年の水害で停止し2011年に再開するまでは、水力の割合は50～60%でディーゼルの低減があまり進まなかったが、2016年には水力の割合は約77.2%まで高められた。このように、コルドバ市ではエネルギーセキュリティにおける水力発電の重要性が明確に認識されている。

(2) 協同組合のリーダーシップおよび先住民との共生

コルドバ地域は水力、風力、潮力などの自然エネルギー源を有しており、将来的にはこれらの自然エネルギーで地区の全てのエネルギー需要を満たすことが構想されている。こうしたビジョンに基づき、電気協同組合が積極的にイーヤク先住民集落との共生関係を構築したことは、水力発電を中心とする地域の電力供給システムの持続可能性を高めている。

6. 第三者のコメント

多数の新聞／雑誌などのメディア報道により、この Cordova 電気協同組合の活動などが紹介されている。

7. 参考文献

- [1]Home page of Cordova Electric Cooperative, (<http://cordovaelectric.com/>)
- [2]Cordova Electric Cooperative Inc.: Alaska' s Renewable Energy Trailblazers/US Business Executive
- [3]Technical Report No.12-06, Distribution of Resident Dolly Varden in Power Creek, Cordova, 2005-2007/April 2012 Alaska Department of Fish and Game Division of Habitat

- [4] Replacing Diesel Fuel With Hydroelectric Generation, Hydro Review / September 2002
- [5] A Case Study in Community Green Power/Renewable Energy Marketing Conference November 16 2011

US02

発電所名 : Delta Creek 水力発電所

国名（州／県） : アメリカ（アラスカ州／King cove）

所有者

所有者名 : King Cove 市

所有者形態 : 公営の電気公益事業者／地方自治体

市場形態 : 公営の電気公益事業

運転開始年 : 1994 年 12 月

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収、維持管理費の確保、適正な利潤の確保

経済的便益 : 雇用創出効果、地域産業振興効果

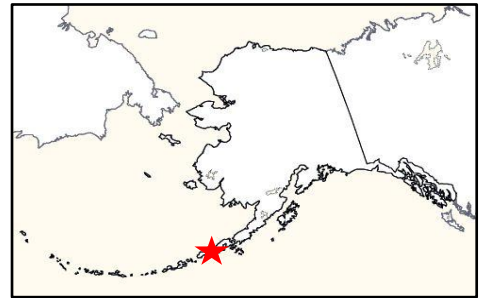
社会的側面 : 地域環境：地域インフラ整備

地域社会：地域の活性化、地域開発の促進

キーワード : アリューシャン列島、Power Cost Equalization、
Title 26 of the Energy Policy Act、ディーゼル発電代替、オフグリッド地域、マイクログリッド、Agdaagux 部族、排熱利用

要旨

Delta Creek 発電所は、米国アラスカ州のアリューシャン列島に位置する King Cove 市にある 800kW の流込み式小水力発電所（1994 年完成）である。King Cove 市は基幹電力系統網や道路網から外れた遠隔地にあるため、同市の公営企業が運営するディーゼル発電と水力発電を電源とするローカルグリッドにより市内に電気を供給している。Delta Creek 発電所は、King Cove 市の電力需要の 60%以上を供給している。本プロジェクトの経済性は、建設費における公的補助金の活用などにより確保されている。また、ディーゼル燃料価格の変動に依存しない家庭用電気料金の安定化がなされている。この地域の更なる再生可能エネルギー開発が進められており、近々、375kW 小水力発電所が運転開始する予定である。



1. プロジェクトの概要

King cove 市は、アラスカ半島の先端から最東端のアリューシャン列島に伸びるアリューシャン東部自治区である。この地域は、片側は太平洋に、他の一方はベーリング海に隣接している（写真-1 参照）。King cove 市は約 900 の居住者のコミュニティであり、大半は Aleuts 先住民である。村は 205 世帯と大きな魚加工会社を含む商業や政府施設のクラスターで形成されている。King Cove 市は遠隔地にあるので、割高なディーゼル発電に大きく依存している。市は、総容量約 2.7MW のディーゼル発電設備を持っているが、このディーゼル発電への依存を減らすために、800kW の Delta Creek 水力発電を開発した。この発電所は、1994 年 12 月に運転開始し、King cove 電力需要の約 60%を供給している。



写真-1 King cove 市全景^[3]

Delta Creek 水力発電所は Delta Cree 支流二ヶ所の水源から取水している。主水源は Glacier Creek からの氷河水で、もう一つの水源は雪解け水および雨水を貯めた Clear Creek からの流水であり、発電流量が必要な場合にのみ取水している。二ヶ所の支流からの取水は総落差 90m、最大出力時有効落差 73.8m である。取水設備は高さ 3m、長さ 30m の堰と径 800mm の取水口で構成され、豊水期に Glacier Creek から低い位置にある Clear Creek への逆流を防ぐためのチェック弁が設けられている。発電所は二射式ターゴ水車発電機が備えられ、速度調整を行う調速機とデフレクタが設けられている。需要側の負荷変動に伴う回転変動を抑えるために 4 トンのフライホイールが取り付けられている。発電した電力は既設の King Cove 変電所へ道に沿って 9km、12.5kV、三相、60Hz の送電線により接続されている。表-1 に Delta Creek 水力発電所の諸元を示す。

表 1 発電所諸元

項 目	諸 元
水系・河川名	Glacier Creek & Clear Creek
最大出力	800 kW
最大使用流量	1.41 m ³ /s
有効落差	73.8 m
水車形式	横軸二射ターゴ水車
発電機形式	同期発電機
発電形式	流れ込み式、水路式
系統連系	有（マイクログリッド）
水圧鉄管	Φ800mm x 730m 長さ
他目的施設の利用	無（発電専用）



Clear Creek 取水設備

Glacier Creek取水設備

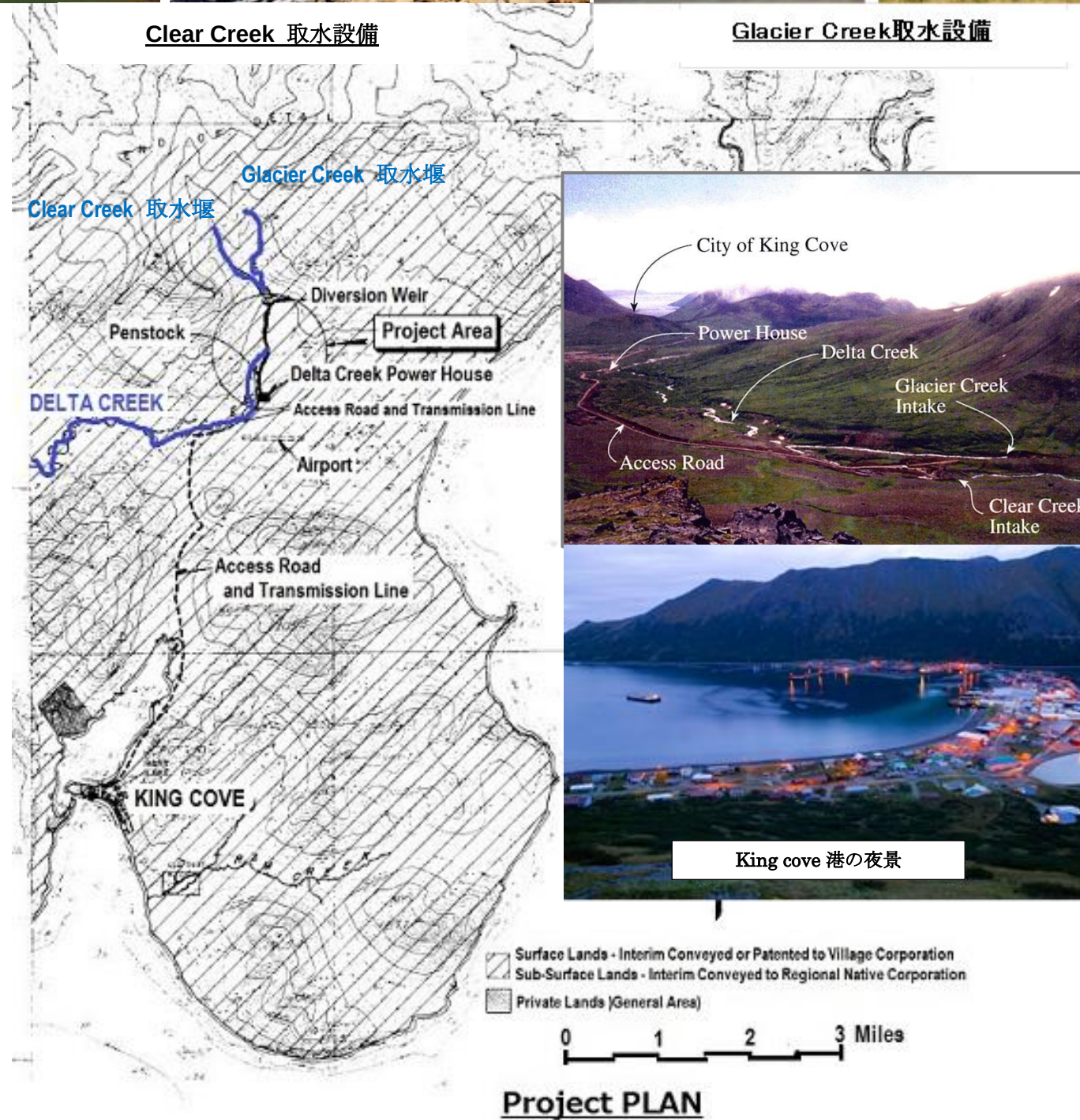
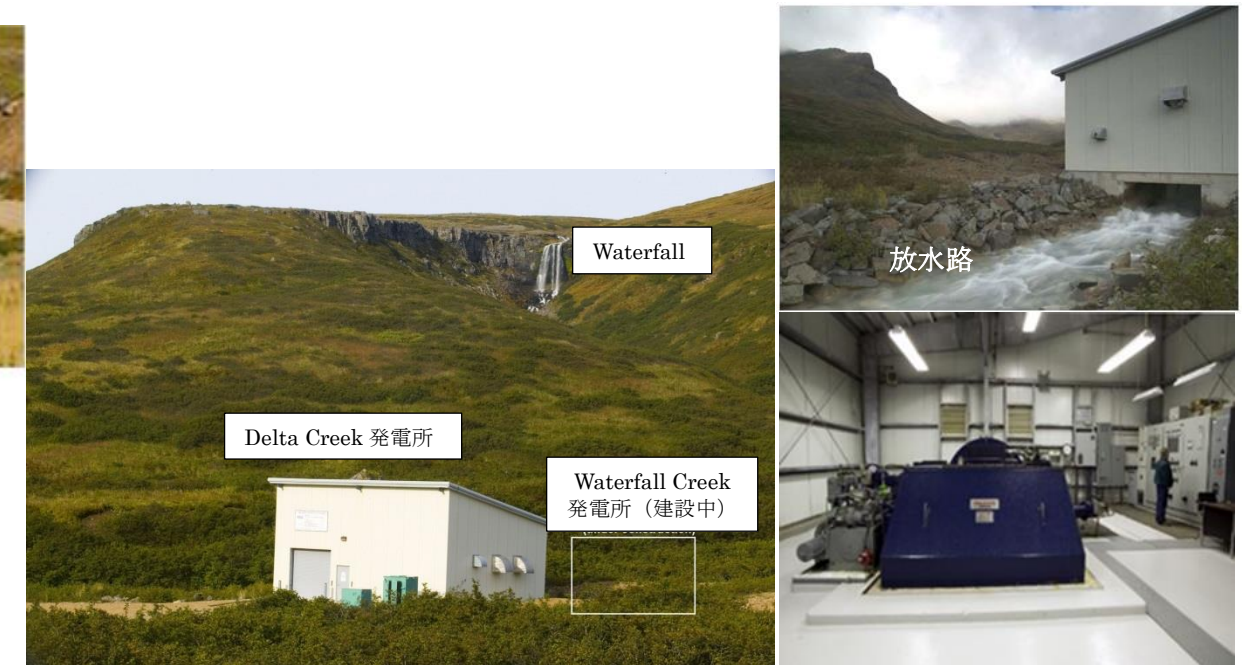


図-1 Delta Creek 小水力発電所の概要



Delta Creek 水力発電所



図-2 新設 Waterfall Creek 小水力発電所の概要(2016 年 8 月現在、建設中)

King cove 市は King cove 電力会社を所有・運営している。市の電力は 800kW の設備容量をもつ Delta Creek 水力発電所と 2,700kW 設備容量 (1,050kWx1 台、650kWx1 台、500kW x 2 台) のディーゼル発電所により供給されている。表-2 に King cove 市の負荷、各発電所の発電電力量、年間ディーゼル燃料消費量などを示す。写真-2 および写真-3 にディーゼル発電設備機器および燃料貯油タンク概要を示す。

表-2 King cove 市／発電所毎の発電量(2013 年)^[3]

平均負荷	486 kW
ピーク負荷	904 kW
水力発電所発電電力量	3,019,175 kWh／年
ディーゼル発電所発電電力量	2,198,000 kWh／年
年間ディーゼル油消費量	571,921Liter／年
ディーゼル発電機効率	3.84 kWh／Liter
水力発電によるディーゼル油の削減量	785,389 Liter／年



写真-2 ディーゼル発電所^[3]

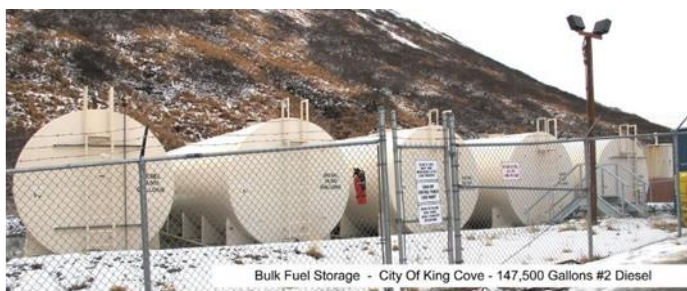


写真-3 ディーゼル燃料貯油タンク^[3]

King cove 市の電力の大半は、Delta Creek 水力発電所から供給され、残りはディーゼル発電から供給されている。図-3 は、過去の 5 年間の電源別発電量比率を示している。図-4 に 2009 年～2013 年の 4 年間のディーゼル発電と水力発電との発電割合を、図-5 に各年の月毎の Delta Creek 小水力発電所の発電量を示す。図-5 に示すように、水力発電所の発電量は夏の終わりにピークとなり、冬季には最少となることがわかる。市の電力消費量は冬の間に最大となるので、水力発電所の発電量は、地域の電力需要とは反転している。過去 4 年間の水力発電所の平均稼働率は 35%程度である。

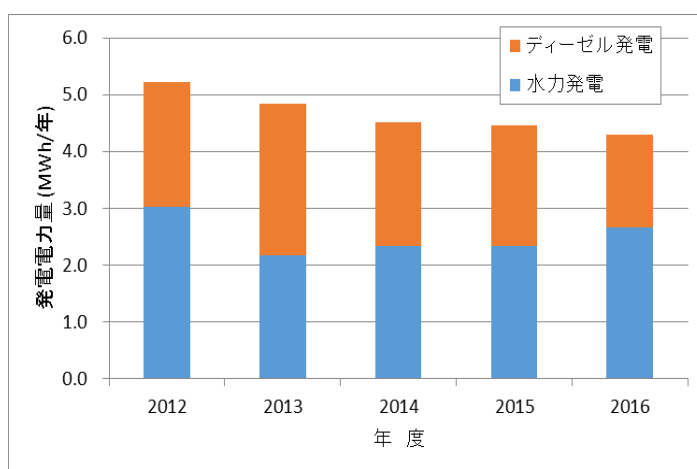


図-3 電源別発電量(2012 年度～2016 年度)

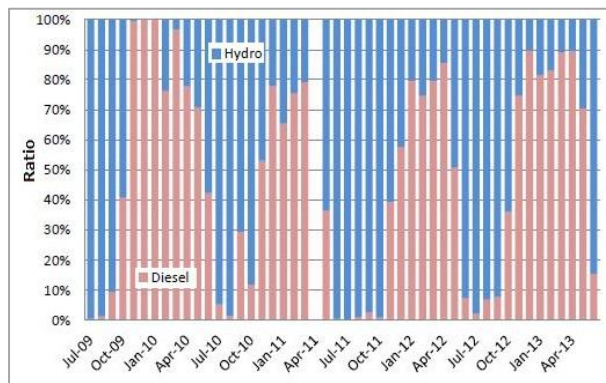


図-4 ディーゼル発電と水力発電との割合
(2010～2013 年度)^[3]

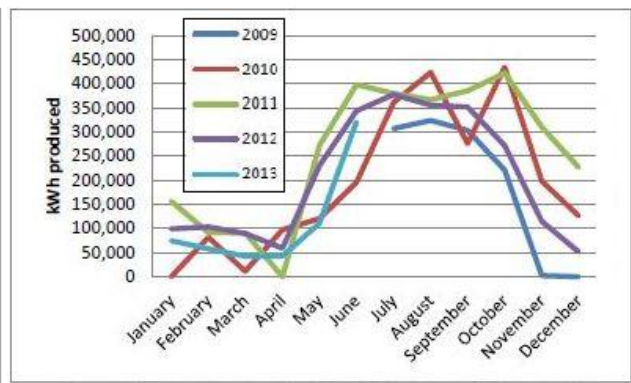


図-5 Delta Creek 小水力発電所の発電量
(2010～2013 年度)^[3]

King cove 市はディーゼルおよび水力発電プラントの制御を改善するため、水力発電所用ダンプ負荷として電気ボイラーを設置した。この電気ボイラーで発生した廃熱は、地元の学校、診療所および12戸の住宅での暖房に利用されている。これは、水力発電とディーゼル発電を統合することで、水力発電資源のポテンシャルを最大限に活用することを可能にしている。

2. プロジェクトの経済性

(1) 政府からの助成金

膨大な水文調査、地質調査、負荷需要調査とフィージビリティ・スタディは、1993年の米国エネルギー省からKing cove 市にあるAgdaagux部族¹⁾協議会への「Title 26助成金²⁾」を含む複数の補助金および他の米国政府の補助金の確保につながった。これらを表-3に示す。Agdaagux部族評議会は主たる助成金申請者であり、King cove 市はその助言などをするパートナーとしての役割を行った。

表-3 建設資金

資金源	提供者	金額割合	備考
補助金	State/Alaska Energy Authority	45%	市への補助金
	State/Department of Administration	9%	Hickel Administration match of Aleutians East Borough/City of King Cove/State of Alaska funds
	U.S. Department of Energy	4.5%	部族協議会を経由して
	Aleutians East Borough	4.5%	
	City of King Cove	4.5%	市のパーマネント・ファンドからの金
融 資	Farmers Home Administration	32.5%	25年間／利率5.5% (注1)
建設費総計：US\$5.6million		100%	

(注1)2014年に the State of Alaska Municipal Bond Bank へ借入先を変更。現在は利率:4.3%、返済期間:7年

1) 連邦政府が認めた King Cove 周辺の部族

2) 「インディアンエネルギー資源」と題された1992年エネルギー政策法のTitle 26は、インディアン居留地のエネルギー資源の開発のためのプログラムを設立したものの。Title 26は、アメリカのインディアン居留地において、雇用促進と経済発展と部族のエネルギー自給の推進を目的としている。

(2) ディーゼル発電の代替

現在、ディーゼル燃料の代わりに水力発電を使用して節約して燃料代を節約している。実際、毎年燃料の節約は、市が Delta Creek 水力発電施設を建設するために借りた残債 \$75 万に関する年次債務返済額以上になっている。

(3) 運転・保守費用

現在の電気料金収益で運転保守費用を賄うと共に、一寸した修理や部品取替え資金などを蓄えることができています。

3. プロジェクトの経済的便益

(1) 他地域よりも安価な電気料金

図-6 に見られるように、King cove 市は、アラスカ州の電力料金均等化 (PCE) プログラム³⁾に参加している 160 以上のコミュニティの中で、この PCE 適用前では電力料金の最も低い、単一サイトである。

家庭用の電気料金はディーゼル燃料にリンクして変動するが、図-7 にみられるように King Cove 市の場合は異なっている。ディーゼル燃料費用は 2 倍ほど変化しているが、家庭用電気料金はさほど変化していない。これらより Delta Creek 水力資源の開発は、電力の低コストの主な理由として挙げることができる。

(2) 新規水力発電所の開発

King cove 市は次の水力発電所 Waterfall Creek 水力発電所を

2015 年 8 月に建設開始し、2017 年 4 月ごろに発電開始する予定としている。この Waterfall Creek 水力発電所を建設することによって、2018 年までに King cove 市の年間電力需要量の約 80%を両小水力発電所で供給する予定である。Waterfall Creek 水力発電所の概要を図-2 に示す。

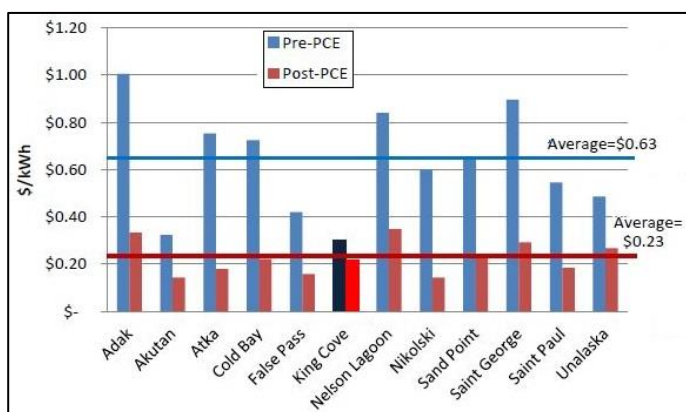


図-6 2013 年度地域毎の電気料金^[3]



図-7 ディーゼル燃料費と家庭用電力料金との関係 (King Cove 市 FY2010～FY2013)^[3]

³⁾ 電力均等化プログラム(PCE)は 1984 年 10 月から実施されている。この PCE プログラムは、アンカレッジ、フェアバンクス、ジュノーでの平均電力料金 (12.83¢/kWh、2007 年 7 月現在) よりも 3～5 倍高い電気料金を支払っているアラスカの過疎地域に住むコミュニティや住民に経済援助を行うものである。PCE プログラムは過疎地住民の援助を行うと共に都市部で主要なエネルギープロジェクトを建設するためにも州のファンドが使用されている。

Waterfall Creek 発電所（建設中）の諸元：

発電形式：流れ込み式

水車形式：ペルトン水車、最大出力：375kW、有効落差：500ft (152.4m)

予想発電量：1,000MWh/year

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

Delta Creek 発電所建設時には、取水堰を設けることで河川環境および生息物への影響はなかった。Waterfall Creek 発電所新設にあたり、河川環境に影響を与えることが分かり、河川維持放流を行うように配慮するとされている。

4.2 地域社会への貢献

余剰の水力エネルギーを用いた電気ボイラーによる熱回収システムは、毎年、ディーゼル燃料の4万ガロン相当を回収している。その廃熱は地元の学校、診療所および12戸の住宅で使用されている。

5. 成功の理由

(1) 遠隔地でのエネルギーセキュリティ

King Cove 市はアラスカ州の基幹電力系統網や道路網から離れているため、ディーゼル発電と水力発電を電源とするローカルグリッドに依存している。ディーゼル燃料は海外から輸入しているため、地域のエネルギーセキュリティを高めるには、ディーゼルの割合を減らし水力の割合を高めていく必要がある。実際、アラスカ州の160以上の遠隔地コミュニティの中で、水力発電を導入している King Cove 市の電気料金は最も安価であり、ディーゼル燃料価格の変動による電気料金への影響も小さい。このように、King Cove 市ではエネルギーセキュリティにおける水力発電の重要性が明確に認識され、水力発電導入の同気付けとなっている。

(2) プロジェクトの経済性

電力系統の整備が遅れているアラスカ州では、基幹系統から離れた遠隔地のエネルギー自給を支援している。また、米国政府は、先住民のコミュニティにおける雇用促進、経済発展およびエネルギー自給の推進を支援している。Delta Creek 発電所の建設では、これらの補助金を活用し、初期投資の負担を軽減することができた。

6. 第三者のコメント

(1) Delta Creek 水力発電所は、新聞／雑誌などのメディア報道により、数多く紹介されている。

(2) Delta Creek 発電所の計画設計エンジニアリングを行った HDR Engineering Inc. は、1995年に Engineering Excellence Awards を受けている。

7. 参考文献

- [1]Hydro-power for a Remote Alaskan Community, CADDET Technical Brochure No.37
- [2]King Cove Hydroelectric Project/1995 Engineering Excellence Awards, HDR Engineering, Inc.
- [3]Aleutian & Pribilof Islands Regional Energy Plan Phase 1 Resource Inventory (Draft), 2013

ZA01

発電所名 : Brandkop 導水管小水力発電所

国名（州／県）：南アフリカ

所有者

所有者名 : Bloemwater 社
所有者形態 : 自家用発電設備保有者／水道事業者
市場形態 : 自家用発電



運転開始年 : 2015 年 3 月

プロジェクト評価

経済性 : 初期投資の回収，維持管理費の確保，
適正な利潤の確保
経済的便益 : 税収効果，地方産業振興効果
社会的側面 : 地域環境：地域インフラ整備
地域社会：環境教育，地域開発促進



キーワード : 導水管小水力発電、給水設備、導水管内余剰圧の利用、低開発コスト、環境影響の小さいプロジェクト

要旨

Caledon-Bloemfontein 導水設備は、Bloemfontein 地区への水道水供給として、De Hoek 調整池から 105km 離れた Brandkop 調整池へ重力にて送水するものであり、減圧弁にて圧力調整されている。Brandkop 小水力発電所は、導水管内余剰圧を利用した発電設備であり、水調査会（WRC）と Pretoria 大学が協力して設計・施工し、Bloemwater 本社ビルに電力を供給している。導水管の余剰圧利用発電は、既設導水設備を利用して設置できるため、土木工事費を削減できると共に周辺へ与える影響も少なく、比較的小さな資本投資、かつ、短期間での施工ができるので投資回収がよい。他地域の水道事業における導水管発電計画の促進や、事業所からの GHG 排出削減、環境影響が小さい水力開発、周辺の電力不足地域への余剰電力の無償供給（計画中）などの効果がある。

1. プロジェクト概要

Caledon-Bloemfontein 水道給水設備は、水利・林業局（Department of Water Affairs and Forestry: DWAF）が所有し、1960 年後半に運用が開始された。給水設備の設備容量は 141,000m³/day(1.632m³/s)である。Welbedacht ダムを除き、資産は 1991 年に Bloemwater へ移管されて設備運用が行われている。

図-1 に Caledon-Bloemfontein 導水管システムの概要を示す。Caledon-Bloemfontein 導水管は、Caledon 川にある Welbedacht ダムから Bloemfontein へ導水している。Welbedacht ダムにおいて処理された水は、高揚程ポンプ場で 6.7km 離れた De Hoek 調整池 (22,700m³) へ揚水して送水されている。この調整池から ϕ 1,168mm の PC (Pre-stressed concrete) 管で 47km 離れた Uitkijk 調整池 (9,100m³) へ、更に 58.8km 離れた Brandkop 調整池 (136,000m³) へと重力送水されている (図-1 参照)。導水管内余剰圧は Uitkijk 調整池および Brandkop 調整池の減圧弁でそれぞれ圧力調整されて調整池に放流されている。

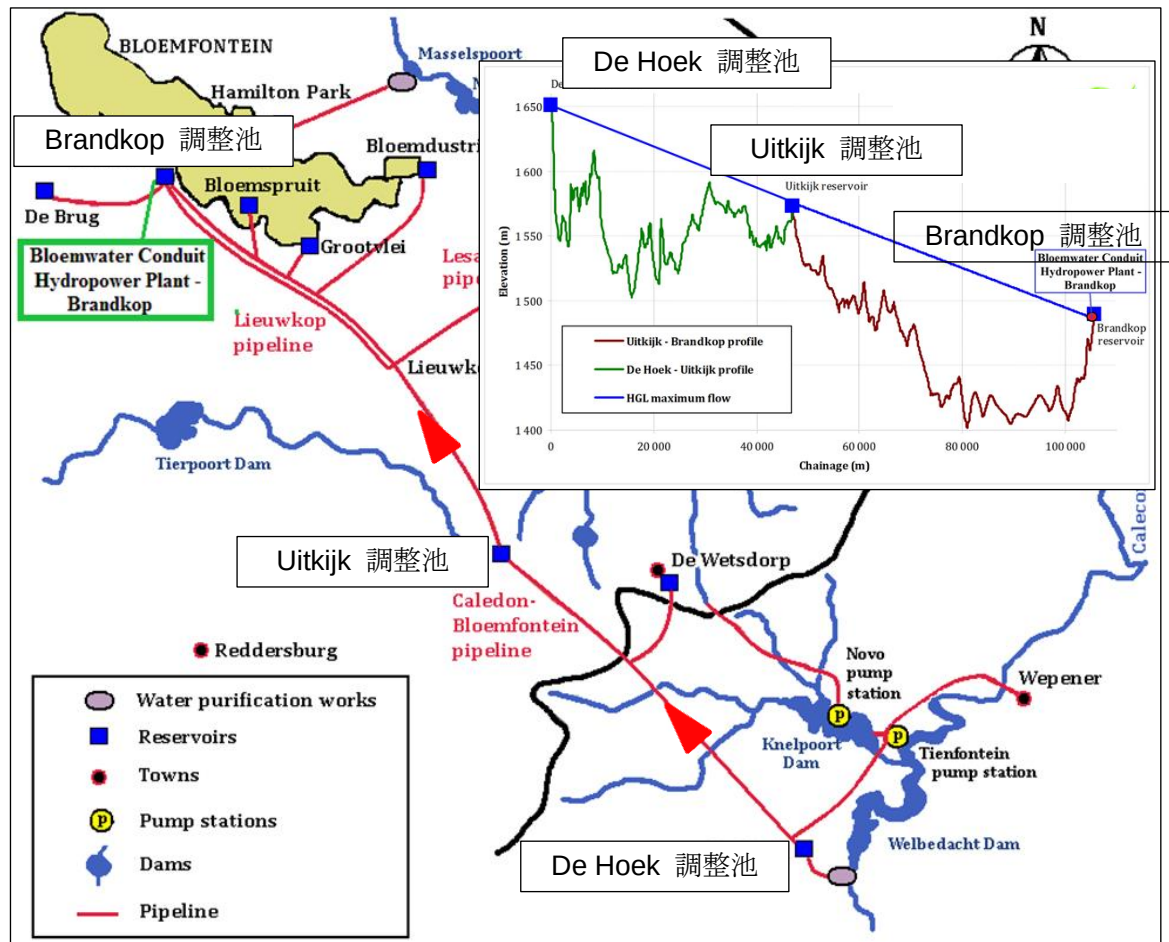


図-1 Caledon-Bloemfontein 導水管システムの概要

表-1 発電所諸元

項 目	諸 元
水系・河川名	Caledon 川
最大出力	96 kW
最大使用水量	0.35 m ³ /s
有効落差	40 m
水車型式	クロスフロー水車
発電形式	導水管余剰圧利用発電
系統連系	無



図-2 発電所位置図

Bloemwater 社は、Brandkop 調整池に隣接する本社事務所の電力需要量を賄うため、導水管内水力ポテンシャル評価のために圧力（落差）と流量を測定し、また、適正な水車出力を決めるための事務所内電力需要データを測定した。その結果、Bloemwater 本社事務所内のピーク電力および調整池内電気設備の電力需要に応じて、導水管内の余剰圧を利用した最大使用水量 $0.35\text{m}^3/\text{s}$ 、有効落差 40m 、最大出力 96kW 、理論年間発電電力量 $837,500\text{kWh}$ の発電を行う発電所を建設した。（図-2 参照）

平均圧力（落差）変動範囲と固定流量 $0.35\text{m}^3/\text{s}$ の仕様に基づき、 96kW の IREM ECOWATT 製 TBS 4-0.5 型クロスフロー水車および同期発電機を選定した。導水管内の流量は $0\sim 1.5\text{m}^3/\text{s}$ と変化するが、これは図-3 に示すように導水管の末端では流量変化に伴い、水車有効落差が変動することとなる。小水力発電所は、落差 40m 時に最大流量 $0.35\text{m}^3/\text{s}$ を流せるように設計されている。

もし導水管内流量が $0.2\text{m}^3/\text{s}$ となった時は、有効落差は 78m と高くなるが、水車設計落差である 40m 迄、減圧弁で圧力調整され、この時に最大出力が得られる。この最大出力は、導水管内圧力が 40m となる流量約 $1.1\text{m}^3/\text{s}$ 相当まで一定に保た

れる。導水管内の流量がさらに増えると圧力および発電機出力が減少するが、水車からの流量は $0.35\text{m}^3/\text{s}$ が維持される。電子制御盤（ダミーロードガバナ）（9 x RMP12000/B、全容量 108kW ）が設けられていて、電圧および周波数が一定となるように制御されている。

水車と発電機は Brandkop 調整池に隣接した水車室に設置され、Caledon-Bloemfontein 間全導水量の平均 30%の水量が、この水車発電機を通して調整池へと放流されている。

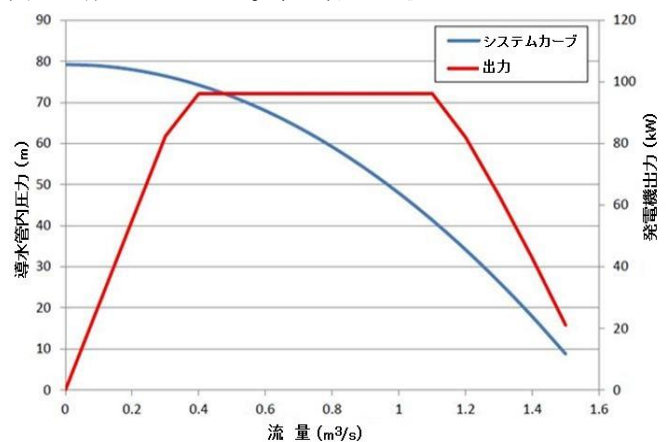


図-3 システム特性曲線

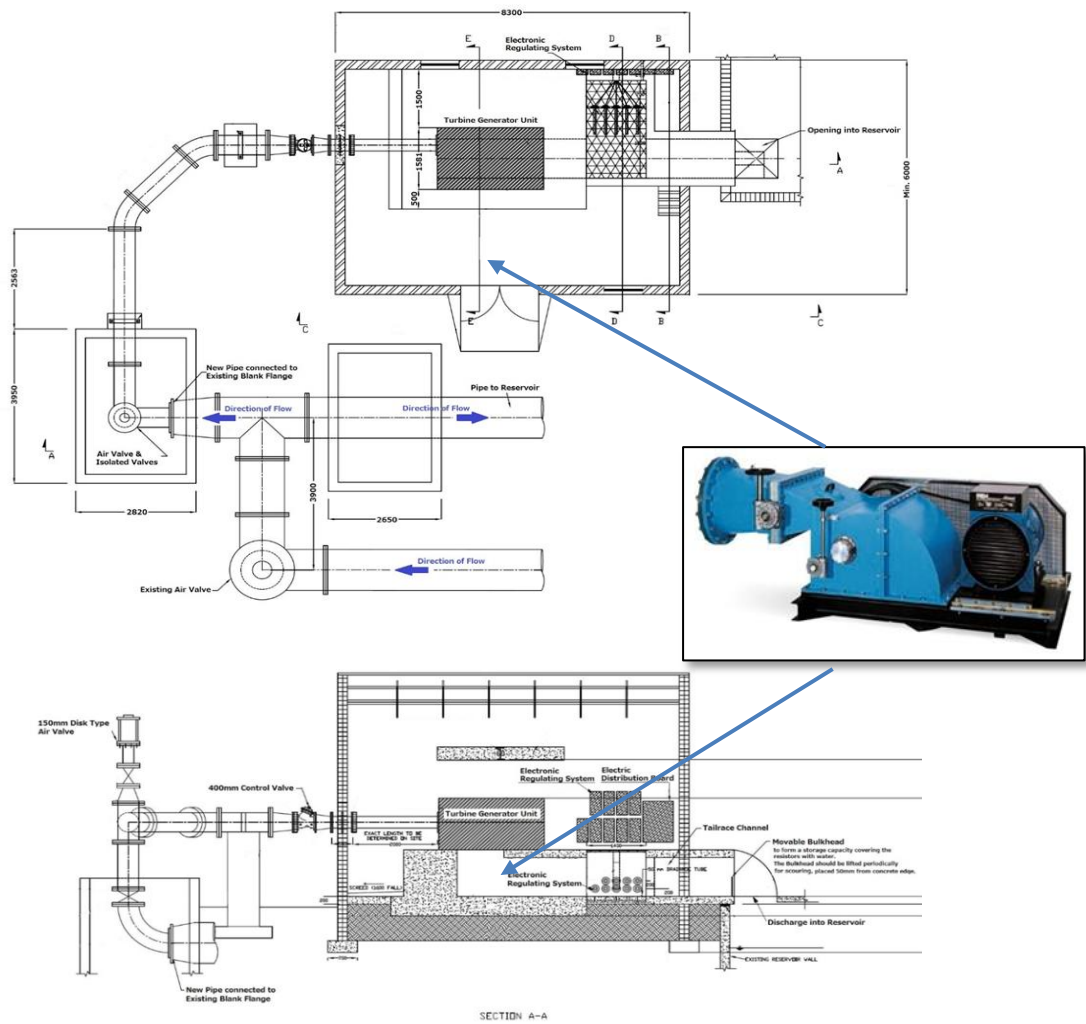


図-4 発電所機器配置図



写真-1 水圧管・発電所建屋



写真-2 水車・発電機



写真-3 発電機制御盤

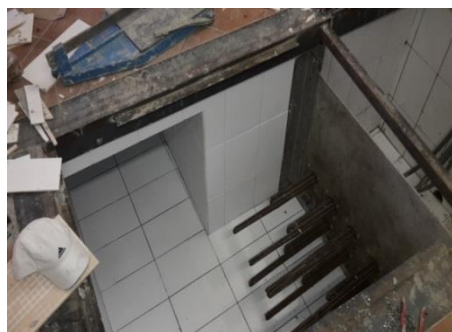


写真-4 ダミーロードガバナ用抵抗器

2. プロジェクトの経済性

特別な補助金や料金を除外して、この導水管内余剰圧利用発電設備の実現性を検討するため、フィージビリティ・スタディを実施した。機器設計寿命（40 年）、電気料金の予想上昇率（8%）と Bloemwater での投資の割引率（7%）を前提条件として、いくつかのケーススタディを行った。また、過去 72 ヶ月間（約 6 年間）の Bloemwater 本社での電気料金支出も参考にした。その結果、プロジェクトの総費用は ZAR3,800,000 (ZAR39,600 /kW) (€ 281,500 (€2,930/kW))で、投資回収期間は約 7 年と見積もられた。

この設備の成功と短期間での資本回収は、他の類似の導水設備で潜在的な余剰圧を有する地点での次の新計画の開発について、Bloemwater 社に自信を与えている。

3. プロジェクトの経済的便益

本プロジェクトは、南アフリカにおける導水管余剰圧利用の小水力発電導入への実証的ケースである。すでに、Rand Water, Mossel Bay, Lepelle Water, Amatola Water, Bloemwater, eThekweni 市, Tshwane 市, Johannesburg Water, Cape Town 市, Eskom, Midvaal 市役所などで、計 38.6MW（金額換算で ZAR220 万/年相当）の潜在的な水力ポテンシャルを有する導水管小水力発電サイトが特定・検討・建設され、発電が行われている。

さらに、鉱山地区を除く全ての大都市地区では、推定 59.8 MW の発電設備を追加することができ、これは建設時の一時的な雇用のみならず運転保守のための直接雇用の機会を提供している。

エネルギー使用を最適化し、電力供給と需要のバランスをとることを目的とする様々な取り組みがエネルギー供給事業者（ESKOM）により行われており、このプロジェクトは、発電規模は小さいものの、これらの取り組みに役立っている。

4. プロジェクトの社会的側面

4.1 地域環境への貢献

導水管余剰圧利用の小水力発電は、最小限の土木工事で出来ることから、社会環境・自然環境への影響がなく、施工リードタイムも短いという利点がある。導水管余剰圧利用の小水力発電は、給配水インフラ整備の需要がある限り、余剰水力エネルギーを発電に利用できる。既存の水インフラにおける導水管内の余剰圧を流用（'piggy backs'）することで、環境への影響を最小限にすることができる。発電時には熱放出とか有害ガス放出などの環境を汚染することはなく、Bloemwater の二酸化炭素排出量を減少させることに貢献している。

4.2 地域社会への貢献

1) 環境/エネルギー教育

本水力発電所により、実用化された水力発電技術とその可能性が示され、住民・消費者に対して、水力発電への理解をより深いものとするとともに、気候変動の緩和（ゼロ CO₂ 発電、植林、省エネなど）の教育モデルとしての役割も果たしている。本システムは、省エネルギーの取り組みにも貢献している。

2) 地域開発の促進

本水力発電所は、常に最大出力 96kW で運転されることはなく、一日のピーク需要時間帯にのみ最大出力運転が行われる。オフピーク時と週末には、発電最大出力の 30%程度

が Bloemwater 本社で使用されるのみであり、余剰電力が発生することから、近くの電力不足地域へ無料で電気を供給する計画が現在進められている。

5. 成功の理由

(1) 導水システム特性の把握

導水管内余剰圧を利用した小水力発電システムを設置する場合には、本来の導水設備としての機能を阻害しないような発電設備とする必要があり、導水管システムの水供給能力とその特性、水需要側の変動特性および電気需要との調整を図った統合システムとする必要がある。Bloemwater 社は、導水管内の余剰圧を利用した小水力発電に投資し、Pretoria 大学と協力して新技術を適用した発電設備の実現およびその発電に関する知識の普及を図るなど、同様のプロジェクトへの発展に貢献している。更に、他のプロジェクトにおいて類似のスキームを実現することで、発電所の建設や維持管理に伴う雇用機会をも提供している。

(2) 地域環境・社会への貢献

導水管余剰圧利用の小水力発電は、自然環境・社会環境に与える影響が少なく、公衆に対して、水力発電設備への理解をより深いものとする教育モデルとしての役割も果たしている。

6. 第三者のコメント

(1) OFM – the Sound of your Life: Bloemwater 導水管発電所運転開始

水・衛生省(The Ministry of Water and Sanitation)の Nomvula Mokonyane 大臣は、南アフリカは導水管水力発電所を実施することで、現在南アフリカが直面しているエネルギー不足を緩和するのに主要なプレーヤーとなると述べている。

(http://www.ofm.co.za/article/Local-News/162487/Bloemwater-Conduit-Hydropower-Plant-to-be-launched?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter)

(2) The Weekly Free State: あなた自身の電気を発電 (Generate your own electricity)

水・衛生省の Nomvula Mokonyane 大臣は、自由州 (the Free State) 内の小さい自治体は、限られた財政のため国立電力会社 Eskom への電気代支払いに苦勞しているが、費用削減と地域社会へのサービスの提供を維持するために、導水管小水力発電を行うことを検討すべきであると示唆している。

(<http://theweekly.co.za/?p=12985>)

(3) Water Research Commission: Bloemfontein の Bloemwater 導水管小水力発電所運開

水・衛生省の Nomvula Mokonyane 大臣は、Brandkop 調整池での Bloemwater 導水管小水力発電設備について、研究チームの科学技術の成果を祝福している。

(www.wrc.org.za/News/Pages/TheLaunchofBloemwaterConduitHydropowerPlantinBloemfontein.aspx)

(4) Community Renewable Energy Award (2014)

(<http://mg.co.za/article/2014-06-27-00-a-conduit-to-hydroelectric-energy>)

7. 参考文献

- [1] Van Vuuren SJ, Van Dijk M, Loots I, Barta B and Scharfetter BG (2014): “Conduit hydropower development guide” (WRC Report no. TT 597/14), Water Research Commission
http://www.wrc.org.za/Pages/DisplayItem.aspx?ItemID=10971&FromURL=%2fPages%2fKH_AdvancedSearch.aspx%3fdt%3d%26ms%3d%26d%3dConduit+Hydropower+development+guide%26start%3d1
- [2] Van Vuuren SJ, Van Dijk M and Loots I (2014): “Conduit hydropower pilot plants” (WRC Report no. TT 596/14), Water Research Commission
http://www.wrc.org.za/Pages/DisplayItem.aspx?ItemID=10970&FromURL=%2fPages%2fKH_AdvancedSearch.aspx%3fdt%3d%26ms%3d%26d%3dConduit+Hydropower+pilot+plants%26start%3d1
- [3] The Power of Hydro: Bloemwater Conduit Hydropower Plant Project video (YouTube)
<https://www.youtube.com/watch?v=um4aIk53hrs>
- [4] Marco van Dijk (2014) “Conduit hydropower: An alternative sustainable renewable energy source”, University of Pretoria
http://www.up.ac.za/media/shared/404/ZP_Files/Innovate%2009/Articles/conduit-hydropower_van-dijkweb.zp40154.pdf
- [5] Bloemwater 社 : www.bloemwater.co.za/