

VOITH FUJI

MAGAZINE FOR HYDROPOWER TECHNOLOGY

HyPower

#26 | Spring 2015



WHY HYDROPOWER BRINGS MORE THAN JUST CLEAN ENERGY

EMPOWERING

水がもたらす活力

GLOBAL EXPERTISE

北インドの辺境地における価値あるインフラ

FULL-LINE SUPPLIER

小水力が中南米に与える影響

IMPRINT

Published by:
Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG
Alexanderstr. 11
89522 Heidenheim, Germany
www.voith.com

Responsible:
Ute Böhringer-Mai
Editor-in-chief: Lukas Nemela
Tel: +49 7321 37 0
Fax: +49 7321 37-7828
E-mail: info.voithhydro@voith.com

Publisher:
C3 Creative Code and Content GmbH,
Heiligegeistkirchplatz 1, 10178 Berlin, Germany
www.c3.co
Shareholders of C3 Creative Code and Content GmbH are the Burda Gesellschaft mit beschränkter Haftung (limited liability company), Offenburg, and the KB Holding GmbH, Berlin, with 50% each.
Sole shareholder of the Burda Gesellschaft mit beschränkter Haftung is the Hubert Burda Media Holding Kommanditgesellschaft (limited partnership), Offenburg. Shareholders of KB Holding GmbH are Lukas Kircher (managing director, Berlin) and Rainer Burkhardt (managing director, Berlin) with 50% each.

日本語版発行会社:
富士・フォイトハイドロ株式会社
〒210-9530
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
Tel: 044-329-2061
Fax: 044-329-2036

著作権について:
本出版物のいかなる部分についても、本誌編集者が書面により明示した許諾なく複製・再作成・または頒布することを禁じます。また本出版物の内容のいかなる部分についても、いかなる形態によっても他の作品の全体または一部に利用することを禁じます。

✉ フィードバック:本誌へのコメントや質問は
こちらにお寄せください。 hyppower@voith.com

**Photographs:**

Cover: shutterstock/ixpert; p. 6 Caio Coronel/Itaipu Binacional; p. 8-9 Laif/Peter Bialobrzdeski; p. 11 age fotostock/LOOK-foto; p.12 Laif/Wen Zhenxiao; p. 14-16 Micha Wolfson (2); p. 17 Marius Hoefinger; p. 18-19 Illustration: Hokolo 3D; p. 23-25 interfoto/Danita Delimont, Manitoba Hydro (2); p. 26-27 Antonio Carreiro (2) Foto Divulgação, HMV Ingenieros Ltda.; p. 28-29 Caio Coronel/Itaipu Binacional; p. 34: Dawin Meckel, Antonio Carreiro (1); p. 35-37: dpa Picture Alliance (2), all mauritius-images, action press; p. 44-45 Brook Christopher, Scott Christopher, Tessa Traeger; p. 46 Hayman Studio; p. 47 Illustration: Hokolo 3D

All other photos are from Voith Hydro.

HYDRO: POWERFUL AND BENEFICIAL

水力のパワーとメリット



急激な人口増加、経済と社会の発展の動向、さらには気候変動。こうした動きの中で、信頼できる再生可能エネルギー源の確保が求められています。そしてその最高のソリューションの一つが、100年以上前から信頼され、高い効率と経済性が検証されている水力発電なのです。

水力発電技術は、今なおこの業界にその名を残すわずか数名の技術者と発明家によって、19世紀半ばに世に送り出され、全世界へと広がってゆきました。今日、水力発電は世界中のいたるところで、クリーンで安定した電力を安価に供給しています。水力は電力源としてはすでに確立された技術の一つですが、同時に最も革新的な技術でもあり、成長する世界をさらに支えてゆくために、常に新しい技術を生み出しています。

また、水力発電所は、多くの機能を備えています。たとえば、ダムは洪水を防ぐために用いられる一方で、河川の水量を調節し、水上航行を改善します。また周辺地域には、改良された灌漑システムや安全な飲用水の供給といったメリットをもたらします。さらに、揚水発電所は、電力を貯蔵することで送電網の安定に貢献します。風力や太陽光といった発電量が安定しない再生可能エネルギー源が増大する状況において、より一層重要な役割を担っています。

しかし、水力発電が地域にもたらす最大のメリットは、社会的・経済的なものかもしれません。信頼できる電力供給は、遠隔地や開発途上の地域に住む人々の生活を大いに改善し、また道路や病院、学校の建設、新たな雇用機会の創出といった二次的なメリットも生み出しています。教育と健康、そして社会的あるいは職業的な人材開発の機会、よりよい未来を築くために不可欠な要素であり、水力発電所はその前提条件の整備に貢献しています。

こうした水力発電の貢献は時として見過ごされがちです。今回のHyPowerでは、主にこれら水力発電のパワーとメリットについて詳細にご紹介したいと思います。

HyPower最新号をどうぞお楽しみください。

広報部長

ウーテ・ボーリンガー＝マイ

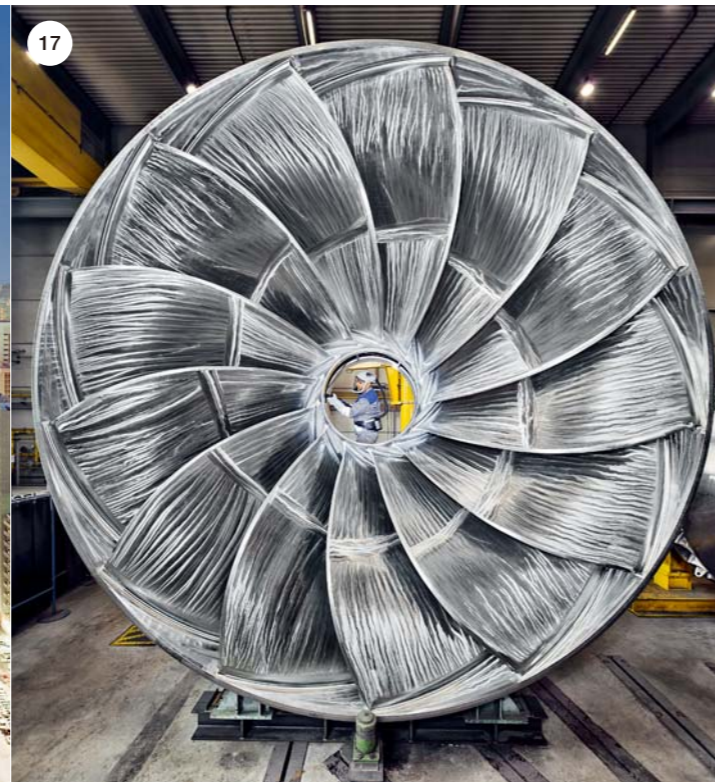


twitter

当社twitter:
https://twitter.com/voith_hydro



8



17



31



35



フォイトのさらに詳しい情報は、他の出版物でもご確認ください。



REGULARS

- 3 EDITORIAL
- 6 WHAT'S NEW
- 7 ON TOPIC
- 41 WORLD OF VOITH
- 42 FROM THE ARCHIVES
- 44 GUEST PERSPECTIVE
- 46 5 QUESTIONS FOR ...

AGENDA SETTING

8 ENERGY AND MUCH MORE
水力の多様なメリット—
クリーン・エネルギーから社会の発展まで

14 POSITIVE OUTLOOK
学校から病院、道路まで—
フォイトハイドロCEO、ローランド・ミュンヒ
博士が語る水力の利点、その現在と未来

17 AWARD-WINNING
フォイトが最優秀年間PRイメージ賞を受賞

FULL-LINE SUPPLIER

18 COMPREHENSIVE EXPERTISE
発電機、水車、自動制御システム—
あらゆるカテゴリーに対応するフォイト
製品

20 MORE RELIABLE
THAN EVER

スコットランドで再認識される
揚水発電所の利点

SUCCESSFUL PARTNERSHIPS

23 BALANCING THE PARAMETERS
極寒のカナダにおける入札と
設計の革新的手法

26 SMALL HYDRO, BIG IMPACT
ラテンアメリカにおける
小水力のメリット

GREEN ENERGY MIX

28 CLEARER WATERS
ダムと温室効果ガスの
関係性への新しい見解

31 ON REFLECTION

中国・糯扎渡ダムの静謐の美

32 SAVING TIME, SECURING
QUALITY

絶え間ないプロセスの改善がお客様と
環境にもたらす大きな利益

GLOBAL EXPERTISE

35 UNRIVALED
記録を更新し続ける三峡ダム

38 IN THE LAND OF GODS
地元住民が語る北インド、
カルチャム・ワングトゥ発電所の恩恵

DIRECTORY

47 HYDROPOWER POTENTIAL
図で見る世界の包蔵水力と大陸ごとの
未開発・既開発の発電容量



LIKE SWISS CLOCKWORK

スイスの精密時計のように

ウェールズ—— ウェールズのドルガルログ発電所は、RWEイノジー社が所有する英国最大の水力発電所です。フォイトハイドロは、この発電所に新たな命を吹き込むお手伝いをしてきました。100年以上にもわたり電力を生み出してきたこの発電所では、最近、大規模な改修工事が行われました。パイプラインにも全面的なリニューアルが施され、4号機はフォイトグループ内で小水力を専門とするケスラー社が改修工事を担当し、ケスラー社CEOのヨーゼフ・ランブルが「スイス製時計のように」精巧だと形容する新たなランナが取り付けられました。現場の設置条件に対応するため、ランナはフォイトのグローバル研究開発センターでCFD流れ解析により設計されました。狭い発電所内部への設置は容易ではなく、機器を完全にフィットさせるため、組立手順はまず3Dモデルを用いて検討されました。現地試験も無事に完了し、10MWの水車ランナはウェールズの送電網の電力需要ピークを支えています。



RECORD-BREAKER さらなる記録更新

ブラジル—— 今年1月、ラテンアメリカのフォイトハイドロが製造したランナのなかで最大のランナが、ペロモンテ水力発電所へ出荷されました。重さ320トン、8.5m×5mのランナを搭載した12軸のトレーラーがマナウスにあるフォイトの工場を出発し、さらにランナは、はしけに積み替えられ890km下流のペロモンテ水力発電所へと運ばれました。フォイトの新たな拠点、マナウスは、計画中や建設中の水力開発プロジェクトの中間に位置するということから建設されました。「距離が近いことで、柔軟で素早い対応が可能となります。当社のお客様にも、購入から設備の維持管理まで多くのメリットをもたらします」とフォイトハイドロ・ラテンアメリカの社長兼CEO、マルコス・ブルメルは説明します。シンゲー川にあるペロモンテ水力発電所は2019年の運転開始が予定されており、設備容量は11,233MWとなる見込みです。このプロジェクトでフォイトは、フランシス水車4台、発電機4台、付属電気・機械設備、自動制御システム一式、エンジニアリングを提供しています。

CELEBRATING PAST AND FUTURE

過去と未来を祝して

カナダ—— オンタリオに拠点を置くフォイトハイドロ・ミシソガは今年4月、創立25周年を祝う2日間の特別シンポジウムを開催し、カナダの水力業界の未来に関する様々なトピックスを取り上げるとともに、専門技術研修や施設内見学なども併せて実施しました。コイルの製造及び改修、サービスを取り扱う中核拠点として設立されたミシソガ工場は、様々な取引先や世界各地のフォイトハイドロの拠点と連携して業務を行い、2009年に完全に近代化された先端設備と、高度な専門知識や技術を有するスタッフたちで構成される国際的なチームを擁しています。



BALANCING THE GRID

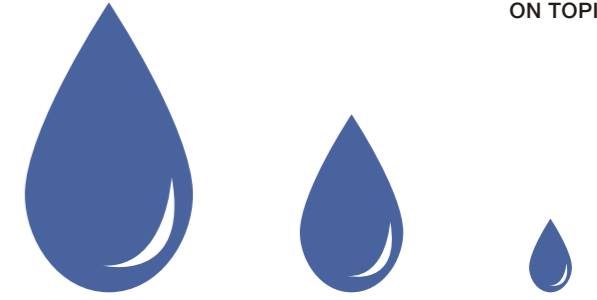
送電網のバランス

ルクセンブルク—— フォイトハイドロ・ハイデンハイムは、ルクセンブルクにあるヴィアンデン揚水発電所の4台の発電電動機を改修しました。この改修工事は、柔軟性が極めて高い主機が安全で安定した運転を続けるために行われました。運転モードの素早い切り替えや短時間で発電量を増大させることができるため、ヴィアンデンのような揚水発電所は、エネルギーを蓄えるだけでなく、変動する需給をバランスさせ、再生可能エネルギーの送電網への統合に大きな役割を果たしています。なお、この改修には点検や交換が容易な新しい回転子ボールの構造も採用されています。

WORLD OF WATER

水の世界

食品から衛生利用まで、水は単に喉を潤す以上に必要なものです。地球上で最も重要なこの資源は、全世界の何百万もの人々にとって、依然として希少なものでもあります。



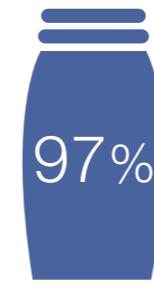
アメリカ合衆国:380リットル ヨーロッパ:190リットル アフリカ:19リットル

② 偏った消費

- ・サハラ以南のアフリカ地域の住民は、一日に7~19リットルの水しか使用することができません。
- ・ヨーロッパでは、一人一日平均約190リットルの水を使用します。
- ・アメリカでは、一人一日約380リットルの水を使用します。

① ほとんどが塩水

地球上の水の97%は塩水で、淡水は3%にすぎません。しかも、この淡水のおよそ3分の2は氷河や極地の氷として存在するため、利用することができません。



③ 水を求めて

アジアとアフリカの人々は水を得るために平均して一日3.7マイル(約2.6km)歩かなければなりません。国連の試算によれば、サハラ以南のアフリカ地域だけでも水を集めるために年間400億時間が費やされています。これは、フランス一国の年間総労働時間に等しい値です。

④ 基盤を失う

783,000,000

世界の総人口約73億人のうち、7億8300万人もの人々が、清潔な水を利用できず、実に25億人もの人々が、適切な公衆衛生を利用することができません。



⑤ 水が占める割合

トマト:95%
人間:53~75%
薪:50%
再生プラスチック製カップ:50%

6 liters

⑥ 洗い流す

水洗トイレは1回の利用につき平均で6リットルの清潔な水を消費します。

⑦ 意外に多い?

私たちが口にするあらゆる食品や飲み物を生産するには水が必要です。

リンゴ1個 70 リットル

ビーフステーキ150g

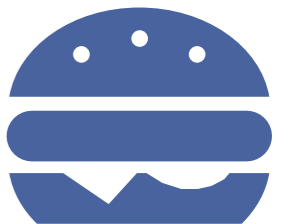
2,025 リットル

パン1枚 40 リットル

ハンバーガー1個

2,400 リットル

コーヒー1杯 140 リットル



出典: ① US National Oceanic and Atmospheric Administration ② ⑥ US Environmental Protection Agency ③ United Nations Development Programme: Resources Guide on Gender and Climate Change (2009) ④ UN-Water ⑤ German Federal Agency for Civic Education: Fluter magazine ⑦ UN-Water; Water Footprint Network

ENERGY AND MUCH MORE

エネルギーだけでなく

水力発電は、信頼性の高い再生可能エネルギー源としてだけでなく、世界各地でさまざまな社会経済的メリットをもたらしています。

電力需要の増大を象徴するかのようになり、わずか数十年足らずで小さな漁村からグローバル金融都市へと成長を遂げたアブダビの街は、毎年拡大を続けています。

世界の人口は、今後9年間で、73億人から80億人まで増加すると見込まれています。これに伴い、電力需要も大幅に増加することが予測される一方で、人類は温室効果ガスの排出減少に取り組んでいます。しかしながら、先進国、新興国を問わず、世界のほとんどの国ではエネルギーを化石燃料に大きく依存しているため、経済成長と二酸化炭素の排出量は本質的にリンクしています。これを解決する「夢のソリューション」は、無尽蔵で、燃料コストや温室効果ガスの排出が極めて低く、高い信頼性と柔軟性を併せ持つ電力源です。そしてこのような電力源は、決して夢物語ではありません。

30年前、「環境と開発に関する世界委員会」は、採算が合い、環境に優しく、社会的な責任も果たす形で運用される水力発電こそ、持続可能な開発を可能にする最良のコンセプトであると指摘しました。持続可能な開発とは、「すなわち、将来の世代の欲求を



「米国エネルギー省の試算によれば、水力によってアメリカ国内でさらに最大300GW発電できる可能性があります。」

リサ・マコウスキー氏
米国上院議員 エネルギー・天然資源委員会委員長

▷ 満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」のことであり、委員会では述べています。

現在、ブラジル、モザンビーク、ネパール、ノルウェーなど、世界30か国以上では、電力の80%以上を水力によって賄っています。また、化石燃料に恵まれた国でも、水力は重要な役割を担っています。たとえば、アメリカ合衆国では、水力発電のシェアは総発電量の7%に及び、再生可能エネルギー全体の半分以上を占めています。再生可能エネルギー全体の発電量は急速に拡大しており、1991年から2011年の20年間でほぼ倍増しましたが、その中で水力は依然としてシェアのトップを占め、全世界の発電量の16%を供給しています。

水力だけが持つ特徴

水力発電は再生可能エネルギーの中でもユニークな存在です。水力発電の主要なエネルギー源である水は、無料で安定的に入手でき、日々価格変動に晒される国際市場での取引対象にはなりません。このことは他の多くの再生可能エネルギーと同様、水力発電の大きな利点です。一方で、他の再生可能エネルギーとは異なり、水力発電は費用対効果と効率性、柔軟性、信頼性を兼ね備えた唯一の発電手段でもあるのです。太陽光や風力を利用する発電所は、水力発電所と同等に建設費用がかかりますが、稼働率が低いため、発電量は相対的に少なくならざるを得ません。エネルギー変換システムとしての効率性は、風力では35%、太陽光

地球規模で水力発電が成長する可能性

ベルリンにあるライプニッツ研究所の淡水生態学および内陸漁業の研究者によると、水力発電所の開発は東南アジア、南アメリカおよびアフリカといった新興国や発展途上国に集中しているとのこと。バルカン半島やアナトリア半島、コーカサス地方も将来ダム建設が集中する地域に加わるとみられます。

少なくとも3,700基の1MW超の発電能力を有する大規模なダムが、現在計画中もしくは建設中です。これにより世界全体の水力発電の容量は、現在の約1,000GWから、今後10年から20年の間に70%増加し、1,700GWに及び見込まれます。建設中または計画中の水力発電所のうち発電容量の40%以上は、低所得または中低所得層の国々に設置されています。

現在のところ水力発電に利用されていない既存のダムの改良工事には、さらなる可能性が秘められています。米国だけでも、水力発電に利用されているダムは全体の20%にも満たず、8万ものダムが発電設備の設置を待っているのです。これらのダムの潜在的な発電容量は70GWと見積もられています。

では15%、旧来の火力発電所でも50%以下であることと比べると、良好な稼働状態での水力発電所の場合、85%から95%にもなります。最近の研究では、プロジェクトの全稼働期間のコストを考慮すると、あらゆる電力源の中で水力発電が最も低コストの発電手段であることがわかりました。世界銀行の水セクターを統括するマイク・ファン・ギンネケン氏が指摘するように、「水力は多くの発展途上国において、最も低コストな電力供給手段であり、『気候変動に関する政府間パネル』によれば標準コストの平均値は1kWhあたり0.03ドルから0.05ドルである。さらに、水力は現在利用できる再生可能エネルギーの中では最も大規模に運用できる発電手段であり、低価格で利用できるため、ガスや石炭を利用した発電手段と比較しても、コスト面で競合可能な発電手段でもある」のです。

エネルギー安全保障

水力は、特に多くの先進国で関心が高まっているエネルギー安全保障にも対応しています。化石燃料資源は産出地の偏りが大きく、多くの国では燃料の大部分を輸入に依存していますが、国際的なエネルギー価格の変動と、その購入対価として支払われる外貨の為替変動のために、多くの国において石油の輸入は大規模な経済危機を起こす懸念要因にもなっています。

これは既に水力発電源の開発が進んでいる国の経済にとっても同じです。



無料で、容易に確保でき、価格変動の恐れもない——水は信頼できる優れたエネルギー源です。

米アラスカ州上院議員で、上院エネルギー・天然資源委員会の委員長でもあるリサ・マコウスキー氏は、アラスカが水力発電の大きな潜在力に目を向けることを確信し、「水力はすでにアラスカ州の総発電量の24%を占めており、発電所が立地可能な場所が200か所あり、300MWのプロジェクトが複数検討されるといった一定の進展を見せています。2025年までに再生可能エネルギーで電力の半分を賄うという国家目標を達成するため、水力は十分に活用されることとなるでしょう」と述べています。



「設備の寿命が長く、燃料コストもゼロ。私たちの家庭や職場にクリーンで安価な電力を届けます。」

リンダ・チャーチ・チョッチ氏
全米水力協会執行役員

究極の柔軟性

水力は送電網にとって理想的なバックストップの役割も果たします。現在の水力発電設備は、停止状態から最大出力へわずか数分間で立上げられるという、他の発電手段にはない機能を備えています。この柔軟性を利用して、他の再生可能エネルギーによる発電量の変動を平準化することができます。これこそが水力が注目されている理由に他ならないと、SINTEFエネルギー研究所のシニア研究員で、ノルウェーのCEDREN研究所のディレクターでもあるアトル・ハービー氏は指摘します。

「風力発電は天候パターンの変化次第で一週間の間に出力が大きく変動します。また、季節によって一定の天候パターンが続いてしまうと、多数の設備に影響を及ぼしてしまいます。これに対し水力は、電力を貯蔵でき、必要な時にいつでも放出する機能を持った唯一の再生可能エネルギーなのです」。全米水力協会の執行役員であるリンダ・チャーチ・チョッチ氏はこの点に同意しています。「わが国がよりクリーンで安価なエネルギー源を求めるとつれ、水力はわが国の未来にとってさらに重要な発電手段となるでしょう。設備寿命が長く、稼働や維持補修は低コストで、燃料費を必要としない水力発電所は、全国の家庭や事業所にクリーンで安価な電力を供給します。この産業が既に何百何千もの雇用を創出してきたことは言うまでもありません。」



中国の三峡ダムはクリーンなエネルギーを供給するだけでなく、生活を脅かす洪水の制御や、水上交通の改善を実現しました。

▷ 生活を変える力

水力発電所は発展途上国に計り知れない、そして幅広いメリットをもたらします。マイク・ファン・ギンネケン氏は、水力発電所は発展途上国の貧困を減少させ、繁栄を促進し、行き渡らせると言います。また、一部の水力発電プロジェクトと連携して水を貯蔵することにより、水と食料の安全保障や気候変動による影響に対して重要な役割を果たすことができると指摘しています。

たとえば、北インドのカルチャム・ワングトウでは、2011年に水力発電所が完成した際に、新しい学校や病院、そして地元村民のための工業訓練学校などが建設されました(詳細は38ページを参照)。また、南西アフリカのアンゴラにあるカンバンベ発電所は、最近改修工事を終え、地域の送電網に安定した電力を供給するとともに、建設中に利用された住居を近隣の住民に開放しています。さらに、イタイブ発電所がブラジルとパラグアイの地元自治体に納める使用料によって、地元的生活基盤は劇的に改善しました。近隣のフォス・ド・イグアスは現在、ブラジルの大都市の中で最も優れたバス交通網と教育システムを備えた都市と評価されています。

コスタリカでは、水力発電所の建設企業に対し、プロジェクトを実施した地域の経済開発を支援する開発ファンドを提供することが義務付けられています。またブラジルでは、水力発電を行う企業が支払う水の利用料のうち45%がダム湖の建設に伴い土地を失った地元自治体へ、45%は州や地域政府へと納められます。

水力発電所は単に発電を行うだけの施設ではありません。そのインフラは、貯水池をはじめとして幅広く経済的、社会的な役割を担っています。水上交通網の整備、洪水の制御、さらに季節に応じた灌漑用水の提供、干ばつ時の清潔な真水の供給、釣りや娯楽の場の提供など、地元の社会および経済的發展に貢献しています。

これらは水力発電プロジェクトが、地域社会全体に恩恵をもたらす一方で、発電所建設が人々へ直接もたらす影響を緩和する役割も果たしていることを証明しています。



「水力発電は発展途上国で電力を供給する最も低コストのソリューションです。」

マイク・ファン・ギンネケン氏
世界銀行、水セクター統括

水力発電は……



……再生可能です。

流水を利用して発電を行うため、資源が枯渇することはありません。水力はまさに再生可能エネルギーです。



……可能にします。

ダムの貯水池は、エネルギー需要の変動に迅速に応じることができる、他にはない柔軟な運転が可能です。こうして風力や太陽光といった再生可能エネルギーの変動を調整すれば、送電網の安定を確保することができます。



……安価です。

効率が極めて高く、運転や維持保全に要する費用は低く、耐用年数は平均で50年から100年に及ぶため、水力発電所は長期の投資対象として高い費用対効果が望めます。また、可燃性の燃料や天然ガスとは異なり、河川の水は市場での価格変動リスクにも晒されません。



……信頼できます。

常に利用できる水力発電は、低炭素のベースロード電力にもなります。



……経済や社会の発展に役立ちます。

水力発電のプロジェクトは、クリーンなエネルギーだけでなく、遠隔地に道路や橋といったインフラを整備します。また、河川では水上航行が容易となり、さらに学校や病院といった施設の整備をもたらします。



……クリーンです。

水力発電所は、そのライフサイクル全体で極めて少量の温室効果ガスしか排出しません。化石燃料を用いる発電施設からの排出を相殺し、地球温暖化の抑制に貢献します。また、水力発電所は有毒な副産物も生成しません。



……多機能です。

水力発電所はさまざまな形態やサイズで運用されています。巨大な水力発電施設は公共の送電網に組み込まれ、小水力発電所は個々の事業所や家庭の電力を支えるというように、必要に応じたエネルギー供給を行います。



……命を守ります。

ダムは洪水の被害に晒されやすい地域を守るのに役立ち、貯水池は灌漑や飲料に用いる水を貯蔵する有用な手段となります。



……娯楽を提供します。

貯水池は水上スポーツやツーリズム、釣りなどに利用でき、住民たちに娯楽を提供することで、地域の収入増大にもつながります。

MORE THAN JUST CLEAN ENERGY

クリーンエネルギーというだけではなく

水力発電所の開発は、プロジェクトに付随する学校、道路、病院といった恩恵を、世界中の開発途上の地域にもたらしています。

フォイトハイドロCEO
ローランド・ミュンヒ博士

博士は、CEOとしてお客様との打ち合わせや各地のプロジェクトの視察などで世界中を飛び回っていらっしゃいますが、これまでで最も印象に残っていることは何ですか。

私はエンジニアですから、わが社の水車や発電機の規模、特にそのエネルギー出力や電力密度が、印象に残ります。わが社が製造した最大の水車は実に百万を超える人々の電力を賄いますし、小水力の発電設備でも最大で1万人程度のエネルギーは供給できます。水力プロジェクトの建設現場では時に数千人に及ぶ従業員が働いていますが、こうしたことにも心を打たれます。

これらのプロジェクトでは、相当なインフラの整備が必要な場合もあります。地元の住民はこうしたインフラの恩恵を、建設が終わった後も享受できるのですか。

はい、特に開発が進んでいない地域や遠隔地ではそうです。新設されるインフラは輸送手段や道路網、さらに労働者にとって必要な宿泊および飲食施設、学校、病院、そして、下水処理施設などがあります。稼働を開始した発電所を訪ねてみると、こうした社会的な設備が地域住民に評価され、生活水準の向上に役立てられていることが見て取れます。このように水力発電は、地域の開発に貢献し、生活水準を向上させ、教育の機会を提供しています。

大規模な水力プロジェクトには、今でも反対運動が起こりますが、これは開発により従来の生活様式が破壊されるという懸念によるものですか。この点についてどうお考えですか。

先進国では、人々の生活状況を昔のままにしておくべきだと多くの人が主張しています。これは途上国の人々を、教育、医療その他の近代的なインフラを享受できない状態に留め置くことを意味します。学校に行くことができない



ミュンヒ博士は水力発電には多くのメリットがあり、特に発展途上の地域に進歩をもたらすと語ります。

子供に未来はないでしょう。教育は開発のカギです。高度に発展した世界に住む私たちには、発展途上国の子供たちに対して恵まれない将来を強いる権利はありません。水力が経済発展に貢献し、インフラ整備も支えていることは、世界銀行も認めることです。

水力発電がもたらした地域の経済発展の実例を挙げていただけますか。

好例のひとつとしてインドのカルチャム・ワングトゥウがあります。私自身もこの目で肯定的な結果を見る機会がありました。子供たちは今では学校に通うことができ、これにより多くのチャンスが開けました。私たちは顧客とも協力し、アンゴラのカンバンベ発電所のような商務スタッフの訓練スキームを地元で作っています。こうしたプロジェクトや人材訓練の経験を数多く積んできた企業として、今後も世界中にこうしたプロジェクトを広げてゆくつもりです。

構造のみを考えても、水力発電所は多目的施設でもあります。そこには、どのような利点があるのでしょうか。

水力発電所の重要な役割の一つは洪水防止です。揚子江の洪水によって、過去に数百万人が犠牲となりましたが、三峡ダムが建設され、洪水の脅威を制御することが可能になりました。他にも

地域の農業の灌漑への利用や、安全な飲料水の確保といった利点があります。こうして、たとえばアフリカでは、干ばつの時期を切り抜けることができるのです。航路が改善された河川やダム湖は、地域の観光資源として利用することも可能です。

水力発電所が開発途上国の遠隔地にもたらす利点としては、他にどのようなものがありますか。

水力発電は安定性と信頼性が極めて高く、分散型電源には理想的な発電形態です。特にインドやアフリカ、東南アジア、さらにはポルトガルの遠隔地では、水力発電所を恒久的な電源やバックアップ用の施設として導入することで、多数のディーゼル発電機を撤去することができました。ディーゼル発電機を用いたエネルギーは、コストが高く、燃料調達が難しい場合も多く、何よりも発電の際に環境を著しく汚染するのです。

では、これらの国々では、水力はより良い、環境にも優しい代替発電手段となったわけですね。

はい、その通りです。時にはそれを体感することもあります。先日、アフリカのとある素敵なレストランに行ったときのことで、私は料理の味をなかなか楽しめませんでした。なぜなら、舌の上にはディーゼルの煤煙の味がこびりついていましたし、もちろん、背後からはディーゼル発電機の騒音が聞こえてくる



- 1 水力の未来とフォイトの幅広い製品ラインナップについて語るミュンヒ博士(中央)。
- 2 ジェイ・ジヨティ・スクールは、インドのカルチャム・ワングトウ発電所がもたらした恩恵の一つです。
- 3 学校以外にも、周辺の村の命を支える医療施設も建設されました。

▷ のです。風力や太陽光などと比較しても、昼夜を問わず電力を供給するベースロード電源に利用できる水力は好ましい発電手段です。そして長い目で見れば、水力は極めて経済的な資源であり、可燃性の燃料に頼らずに競争力のある価格でエネルギーを供給します。

水力発電市場は、発展途上国で拡大傾向にあると言えますか。

はい、確実にそう言えます。近年は市場の分布が急速に発展途上国へ移行しつつあり、その状況を私たちは目の当たりにしています。2014年の市場は全体として昨年より拡大しましたが、その要因は主に発展途上国でのプロジェクトによるものです。パキスタンのタルベラ、アンゴラのカンバンベなどがその実例です。アフリカには水力発電の巨大な開発ポテンシャルがありますし、ラオスのナムヒンボウン発電所やネパールのラスワガディ発電所など、最近興味深いプロジェクトを受注しています。もちろん、中国も忘れてはなりません。中国は新設プロジェクトに関して世界で最大のマーケットの一つです。

これらの市場では、どのような技術が重要となるのでしょうか。

わが社の製品ラインナップ全体で対応してゆくことになるでしょう。急速な経済成長を遂げている国々では、増大するエネルギー需要に応じるために大規模な水力発電所を必要としています。わが社はどんな要望にも対応できるメーカーとして、あらゆる規模の水力発電所の水車、発電機、自動制御技術、その他必要な電氣的、機械的の設備に及ぶ完全な製品ラインナップを提供しています。その中には、わが社が開発した小水力の技術で、既存のダムを経済性と環境負荷を改善させるストリームダイバーなども含まれます。このように、世界各地のお客様のさまざまな要求への対応が可能となっているのです。

「風力や太陽光エネルギーと比較しても、ベースロード電力として利用できる水力は望ましい発電手段です。」

ローランド・ミュンヒ博士
フォイトハイドロCEO

新規プロジェクト市場の今後の発展に対しては、何を期待されますか。

私たちは、現在の傾向が続くことを希望しています。中国には今も膨大な潜在的市場があり、たとえば、複数の巨大プロジェクトが三峡集団で進行中です。インドでも水力発電は大きく成長すると見ており、インドの新政府が開発支援に乗り出すことを期待しています。また、東南アジアや中央アジアの山岳地帯も成長市場として重要です。フォイトハイドロは以前から中国、インド、日本に拠点を設立していますし、このほどマレーシアに新たな営業オフィスを開設しました。このようにわが社は、この地域でのチャンスを最大限に生かし、お客様に近づいていきたいと考えています。

では、将来への見通しは明るいと思われますか。

私たちは水力発電の未来は明るいと思っています。もちろん、時には試練に立ち向かわなければならないこともあるでしょう。たとえば、ドイツのエネルギー転換政策では、風力と太陽光が強力に推進され、ドイツとその周辺の国々では水力への投資が激減しました。また、安価なシェールガスによって、特にアメリカでは水力への投資が減少しています。しかし、世界全体で見れば、今後も水力は確実に繁栄していくでしょう。

AWARD-WINNING

受賞の栄誉

フォイトは最優秀年間PRイメージ賞を受賞しました。それは、まさしくテクノロジーの美学なのです。

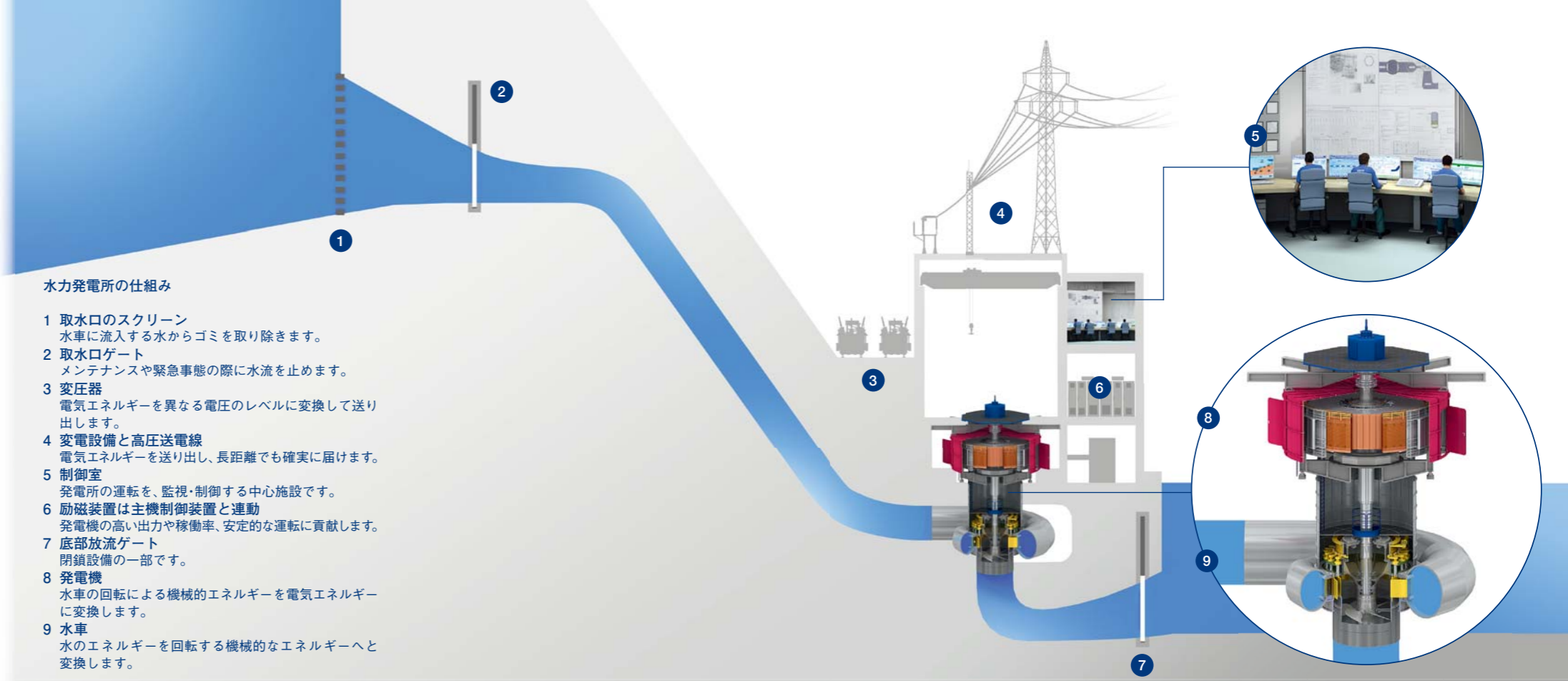


「比類のない美しさ、純粹の美学」。フォイト製フランス水車用ランナの写真是こう評価されました。この写真は、ドイツ、スイス、オーストリアの企業が応募した1,700枚以上の写真から「年間最優秀PRイメージ」に選ばれました。写真のランナは、シベリアのブラーツク水力発電所に出力と効率アップのために導入される予定です。年間3万ギガワット時の発電量のブラーツクは、世界でも最大級の水力発電所のひとつです。

COMPREHENSIVE EXPERTISE

総合的な専門知識

発電機や水車から個別設計の自動制御システムまで、フォイトの製品ラインナップは規模の大小を問わず、水力発電所のライフサイクル全般をカバーします。



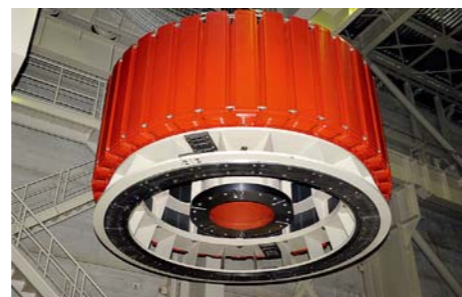
水力発電所の仕組み

- 1 取水口のスクリーン
水車に流入する水からゴミを取り除きます。
- 2 取水口ゲート
メンテナンスや緊急事態の際に水流を止めます。
- 3 変圧器
電気エネルギーを異なる電圧のレベルに変換して送り出します。
- 4 変電設備と高圧送電線
電気エネルギーを送り出し、長距離でも確実に届けます。
- 5 制御室
発電所の運転を、監視・制御する中心施設です。
- 6 励磁装置は主機制御装置と連動
発電機の高い出力や稼働率、安定的な運転に貢献します。
- 7 底部放流ゲート
閉鎖設備の一部です。
- 8 発電機
水車の回転による機械的エネルギーを電気エネルギーに変換します。
- 9 水車
水のエネルギーを回転する機械的なエネルギーへと変換します。



従来型の発電機

フォイトは空冷・水冷式、横軸・立軸機、低速・高速機の全てを製造しています。
出力:最大1,100MVA 電圧:最大25kV



バルブ型発電機

バルブ水車用の低速機。一般に横軸設置され、空冷式ですが、バルブ外周の河川水を利用した水冷式のものもあります。
出力:最大100MVA 電圧:最大13.8kV



フランシス水車

幅広い落差と、流量に対応しています。
出力:最大1,000MW 落差:最大800m
ランナ径:最大11m



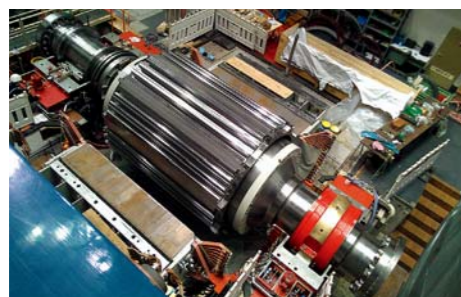
カプラン水車

一般的に大流量で低落差の地点に適しています。立軸あるいは小水力では横軸でも設置可能です。
出力:最大350MW 落差:最大90m
ランナ径:最大12m



自動制御システム

発電所の頭脳として機能します。完全な運転と切れ目のない稼働を確保するため、フォイトではテラーメイドのソリューションを開発しています。



発電電動機

一般に高速機、空冷または水冷式で、双方向回転が可能なポンプ水車またはターナリ・セット(ポンプおよび水車専用機のセット)に用いられます。
出力:約530MVA 電圧:最大23kV



非同期発電機

空冷式で、一般に立軸設置され、発電電動機としても利用されます。台数は多くありませんが可変速揚水発電で適用されます。
出力:最大500MVA 電圧:最大22kV



ペルトン水車

高落差に適しています。水の流量が変動する場合でも高い効率を達成します。
出力:最大500MW 落差:最大2,000m
ランナ径:最大6.5m



バルブ水車

比較的安価な建設費で、大流量での高い全負荷効率を実現します。
出力:最大100MW 落差:最大30m
ランナ径:最大10m



水車ガバナ、発電機励磁装置、制御および保護システム、モニタリング、分析、診断装置など統合されたシステムにより安全な運用 および故障の早期発見をサポートします。



MORE RELIABLE THAN EVER

さらなる信頼を求めて

スコットランドのフォイヤーズ揚水発電所では、改修作業により、応答時間が短くなり、信頼性も向上しました。

「フォイヤーズ揚水発電のプロジェクトが始動したのは前世紀ではなく、さらにその前の世紀でした」と述べるジョン・マクドナルド氏は、エネルギー企業SSEが擁する hidro・ジェネレーション社の社長です。彼の説明によると、当初はアルミニウム精錬のためのダムでしたが、1974年に始まった改修工事を経て生まれ変わりました。さらに近年フォイトによって行われた特筆すべき工事によって、21世紀へと続く、長く継続する未来が与えられました。

フォイヤーズ発電所では2014年まで、創建時以来の入口弁が使用されていました。しかし定期検査の結果、これらの部品の状態が良くないことがわかり、交換が必要となりました。マクドナルド氏は、「揚水発電所と入口弁はもともと昼夜のエネルギー需要をバランスさせることを想定していましたが、時間が経つとともに用途は変わってゆきました」と説明します。発電所設備の更新が必要になると、弁の信頼性を向上させ、効率を上げ、極めて短い応答時間で素早く稼働させるために、SSEはフォイトの専門家に水力発電所に関する

サービスについて問い合わせました。年間1万回にも及ぶ運転モードの切り替え（たとえば発電とスピニングの切り替え）など、発電所は高い効率を実現する最新鋭の入口弁を要求しました。フォイトハイドロのプロジェクト・マネージャーであるカルシュテン・フレックは、スコットランドのネス湖南岸でこの作業に携わりました。「これは顧客にとって極めて重要なプロジェクトであり、厳しい工程と品質保証が課せられていました」と彼は言います。「発電所が停止すれば、それだけ収入が減少するからです」。

大きさの問題

プロジェクトの実施には、設計や輸送に関して多くの困難が伴いました。入口弁のサイズと重量だけ考えても、入口弁を輸送し、古い物を撤去し、新たな入口弁を取り付ける作業は容易ではありません。「私たちは発電所内で天井クレーンを取替えました」とマクドナルド氏は説明します。「なぜなら、そうしない限り、入口弁のサイズから見て、その場で入口弁を分解して再び組立てなければなりません。それには、

1 フォイヤーズ発電所はスコットランドの有名なネス湖の美しい湖岸に立地しています。
2 100トンを超す入口弁の輸送は容易ではありません。

時間と費用がかかり過ぎます」。フォイトのエキスパートはさらに既存のフランジを切断して、入口弁の上に極めて精密な位置取りで新しいフランジを溶接しなければなりません。「これは大変な作業です」とマクドナルド氏は言います。

フレックもこれに同意し、制限された特殊な条件下で多くの作業がなされた点をさらに付け加えます。「古い入口弁の直径は約3.5m、重さは約100トンにもなります。これを取り外した上で、

類似したサイズと重量の新たな入口弁を据え付けることは、与えられた日程を考えると、極めて困難な作業でした」。

作業が首尾よく成功したのは、フォイトとSSEの見事な合同作業の証だとフレックは言います。「私たちの関係は極めて良好で、互いに協力的な環境のもとで仕事をすることができました」。そうしてこのプロジェクトは「新しくかつ信頼性の高い」ソリューションを実現することができたのです。工事は2014年10月に無事▶



輸送と据付に先立ち、2台の入口弁のうち1台に仕上げの作業を施します。

▷ 完了しました。「現在は、まだ試験運転中です。しかし決定的なのは性能です。3か月近い工事期間にわたって発電所を停止させたため、私たちは年間の収益の4分の1を失いました。しかし、発電所は予定通りに復帰し、それ以来良好な性能を発揮しています」とマクドナルド氏は言います。

応答時間の短縮

結果として、フォイヤーズ発電所は重要なエネルギーの保存と供給ができるようになりました。2基の新しい入口弁は、150MWの安定したエネルギーの国内送電網への供給を支え、再生可能エネルギーの出力変動をもたらすように乱に素早く対応することができます。マクドナルド氏は、この「短い応答時間で動作する」入口弁の性能を称賛し、入口弁が「かつてないほど高い信頼性を得た」ことも喜んでいきます。

改修作業も首尾よく完了した今、カルシュテン・フレックは、山々と名高いネス湖に囲まれた、恵まれた環境のことを改めて思い返します。「多少荒涼とした場所だと思える人もいるかもしれませんが、私にとっては素晴らしい仕事場でした。スコットランドの風景は、これからも私のお気に入りであり続けるでしょう」。

揚水発電技術——その多彩なメリット

フォイヤーズをはじめとする揚水発電は、産業規模での電力を貯蔵することができる唯一の技術として知られていますが、他にも下記図版のような利点があります。それらの利点とは、エネルギー貯蔵、送電網の安定、需要ピーク時の電力供給、再生可能エネルギーの融合、ネットワークリザーブ、柔軟性、費用効率、素早い応答時間、高い効率、負荷バランス、電圧調整、確立された技術、長い設備寿命、停電からのブラックスタート能力です。

Energy storage
Grid stability Peak-load energy supply
Integration of renewables
Network reserve
Flexibility
Cost-efficient Fast reaction times
High efficiency Load-balancing
Voltage regulation
Proven technology
Long lifetime
Black start capability

BALANCING THE PARAMETERS

パラメーターの均衡

凍てつく寒さと革新的な入札・設計プロセスによって、カナダのキーヤスク発電所には独特の機能が付加されました。



カナダのマニトバ州では、695MWの新たな水力発電所の建設プロジェクトが、マニトバ・ハイドロ社とマニトバ州の先住4民族により設立されたキーヤスク水力発電合資会社(KHLP)により進められています。サプライヤーは、最善のソリューションを提示するためにプロジェクトの定義付けの段階から参加し、クライアントは発電所設備をフォイトに発注することを決めました。設備は固定羽根式プロペラ水車に最適化されたもので、落差僅か18mのネルソン川の水を動力として発電を行います。フォイトはユニットの供給、製造、輸送および据付を担当します。

プロジェクトの初期からサプライヤーが関与したことで、キーヤスクの開発プロジェクトは、設備の効率を高めつつコストを抑える契約や設計を、全く新しい方法で行う見本となりました。キーヤスク発電所を担当するフォイトハイドロのプロポーザル・マネージャー、ローレント・ブロータによると、KHLPとプロジェクト・マネージャーがキーヤスク建設に関する契約を締結した際、▷

マニトバでは気温変化が激しく、マイナス40度に達することもあり、運転条件は厳しいものとなっています。

▷ マニトバ・ハイドロ社は設備設計と仕様について、入札が予定される各社とともにプロジェクトを精査し、早期にフィードバックを求めることを決定しました。

2年間の提案期間中、マニトバ・ハイドロ社は入札が予定される業者を招き、発電所を最適化するためのさまざまなソリューションを提出させました。「各社はユニットの諸元についてさまざまなパラメーターを用い、自らの提案の3Dモデルを持ち寄りました」とプロータは言います。

フォイトハイドロのチームは、各部の寸法や特長の最適な組合せを洗い出す作業に取りかかりました。利用されるコンクリート1立方メートルあたりの金額や、掘り出される岩1立方メートルあたりの金額など、多種多様な単位を用いてさまざまな設計を吟味し、最終的にはユニットごとに生産されるエネルギーの費用を計算したと、プロータは説明します。「効率を上げるにはサイズを大きくすればよいのですが、一定以上のサイズではコストがあまりにも高くなります。つまり、パラメーター間の取引なのです。数か月の間、私たちはクライアントにとって最高のソリューションを見つけ出す作業に取り組みました」。

コンサルタントと設計を協議したのちに入札プロセスを実施するのではなく、顧客が将来契約するかも知れない業者に対して発電所の設計パラメーターを検討する機会を与えたのは過去にない試みだったと、フォイトハイドロのキーヤスク・プロジェクト・マネージャーだったダニー・モリンは言います。「このプロジェクトは多数のフェーズからなる巨大で複雑なものですが、その全体の費用はもちろんのこと、実質的にコストを抑えるような最善の設計、調達、コンクリート使用を保証することができました」。こうした手法は今後、同種のプロジェクトで特に中規模なもののお手本として踏襲されるようになるかもしれないと、モリンは付け加えます。この方式でプロジェクトにアプローチすることは、関連するすべての当事者間で協力的な機運を高める効果もあります。「私たちは自分たちが受け持つ一部分だけでなく、常にプロジェクト全体の実行を考えているのです」。

極端な気候への対処

キーヤスクは、フォイトハイドロが第一級の水力ソリューションを幅広く取り揃えており、さまざまな条件や要求に対応できることを示す見本となりました。プロペラ式のユニットを利用するという設計上の決定もその一例ですが、これは大きな挑戦でもあります。このプロジェクトでは、世界規模のサプライチェーンを管理し、直径13.5mを超える発電機ローターや極めて大きく



完成したキーヤスク発電所は695MWの供給能力があり、年間平均4,400ギガワット時の電力を生産することになります。

重い部品を、気温がマイナス40度に達する極寒の遠隔地へと送り届けることが求められます。

もう一つの課題は、輸送と建設の日程管理です。7つのユニットの建設に際し、フォイトハイドロに要求された作業時間は、各ユニットにつきわずか2か月だったと、モリンは言います。「発電所内部の作業準備と部品の組立を行う作業室は、極めて限られた空間でした。そのため私たちは計画に問題がないかどうか、何度もスケジュールを見直さなければなりませんでした」。こうしたタイトな制約の一部は、最適な設計を追求したフォイトハイドロが自ら課したものだだったと、彼は付け加えます。「もちろん建設チームはできるだけ大きな作業スペースを要求しましたが、そうするとお客様に余分なコンクリートを使わせてしまうということになります」。

つまり、多くのユニットがさまざまな段階で進めている現場内外作業の工事手順をどうやって最適化させていくかについては、慎重な計画が求められるのです。「私たちは建設現場に一度に置くことができるローターの数をチェックするとともに、最小限の空間の利用法や、作業時間をどのように最大限活用するかといった点について毎日分析しました」とモリンは言います。

プロジェクトは現在のところ日程通り順調に進行しており、最初のユニットは2019年初頭に移動し、最後のユニットは2020年春に営業運転を開始する予定です。

水力発電所の設置費用内訳

水力発電所の設備一式を新規に建設する場合、電気機器設備の費用の割合は一般に総費用の10%から20%の間に収まることをご存じですか。これを上回る場合も下回る場合も共にあり得ますが、実際の割合は、発電所の立地、既存のダムやインフラの有無、発電所や機器のサイズやタイプによって決まります。アフリカで新規に建設された大規模な水力発電所や、アルプスの地下発電所では、多くの新規インフラが必要となるため、機器設備のコストが占める割合はヨーロッパやアメリカでのダムの改修工事と比べてずっと低くなります。

SMALL HYDRO, BIG IMPACT

小水力でも大きな影響力を

小水力発電所が持つ多くの利点が中南米各国の政府や公的・私的セクターのお客様に認識され始めています。

「電力が使えるようになると、すべてが一変します」。フォイトハイドロ・ラテンアメリカのリカルド・ボロンテリオ営業部長はそう断言します。「このような遠隔地に何か所か住んで来て、エネルギーがもたらす変化を目の当たりにしてきました。手頃な価格のエネルギーがあれば、エアコン、コンピュータ、インターネットも使用できます。これまでは不可能だった場所に病院を建設し、学校で照明も使用できます。地元の人々が自ら事業を始めることも出来るのです。エネルギーのないところに発展はありません」。

ボロンテリオがこう語るコロンビアのアンティオキア県では、現在、出力44.4MWのサン・ミゲル小水力発電所の建設が進められています。HMVインヘニエロス社によって建設が進められるこのプロジェクトでは、フォイトはフランシス水車2基、発電機、圧力保護弁、调速制御装置、電圧調整装置、自動化システムの納入を担当しています。既に建設の段階で、このプロジェクトは地域の人々に雇用を創出しましたが、今後発電が開始されれば、この発電所はコロンビアの送電網を

通じて、より幅広い変化を地域にもたらすでしょう。

フォイトハイドロ・ラテンアメリカの小水力マネージャー、ルイス・フォンテスは、小水力という手段には膨大な開発ポテンシャルがあり、そのことを中南米各国の政府やお客様も認識しつつあると言います。「南米大陸全土の水力市場には巨大な可能性があります」。地域全体で化石燃料による発電からの脱却が意識される中で、北の熱帯雨林からアンデスの氷河まで、ラテンアメリカには水力にとって理想的な条件が揃っています。つまり、経済効果、信頼性、低コストや環境負荷を考えると、小水力を利用するメリットは大きいのです。「中南米各国ではエネルギーの電源構成が変わりつつあります。コロンビアはその良い例で、政府が固定価格買取制度や免税措置、迅速な認可プロセスを実施し、再生可能エネルギーへの転換を推進しています」。

変化の兆し

この地域の小水力への大きな関心は、これまでブラジル以外の国から寄せられま

「利用しないと無駄になってしまう水を使用する小水力は、ダムが必要ない完全に自流式プロジェクトなのです。」

リカルド・ボロンテリオ
フォイトハイドロ・ラテンアメリカ



- 1 ブラジルのサント・アントニオ・ド・ジャリ発電所はスマートで効率的なクリーン・エネルギーの供給源です。
- 2 コロンビアのサンミゲル・プロジェクトにおける、取水口とバンカー構造の建設。

これまでフォイトハイドロが扱ったケースでは、プロジェクトの開始から稼働までに3年しかかからなかったものもあります。

エネルギーへの税制優遇措置を伴う高買取価格も、小水力の魅力の一部です。「しかも、小水力はほとんど環境に負荷をかけません。利用しないと無駄になってしまう水を使用する小水力は、ダムの必要がない、完全に自流式プロジェクトなのです」とボロンテリオは説明します。

政府とエネルギー業界は、水力の中でも、特に小水力発電所のメリットを見直しつつあります。「お客様の水力への回帰が始まっています。現時点で、水力は正に安価で、効率的で、技術的に確立された環境に優しい唯一のエネルギー源なのです」。

小水力の選択において、フォイトハイドロは、計画から建設後数十年を経た補修まで可能な、他社にはないパートナーとして位置づけられています。「お客様はこの分野での経験がそれほど多くありません。一方で、わが社は、発電可能性の調査、最適な発電所設計、電気機器の選択、さらには収益といったさまざまな面のお客様をサポートすることができるのです」とフォンテスは言います。「わが社は開発前の段階から運用やメンテナンスに至るまで一貫してサポートします。目指しているのは、完全なソリューションの提供、つまりプロジェクト全体を提供し、支援することなのです」。

した。つまり、ブラジルでは、より確立した市場、化石燃料による発電、太陽光と風力へより大きな興味が向けられているため、小水力はこれまでは必ずしも第一の選択肢ではありませんでした。

しかしながら、状況は変化し始めています。2014年12月、フォイトによる試運転を終えたサント・アントニオ・ド・ジャリ小水力発電所が稼働を開始しました。発電所があるジャリ川周辺は、開発が遅れている地域であり、クリーンなエネルギー

を必要としています。発電所は既存の450MWの水力発電所の下流に設置され、二次流れで3.5MWのカプランS型水車を稼働させるもので、化石燃料発電の替わりとして利用されています。

それは変化の兆しに他なりません。大規模な水力発電所の近くに小水力を設置し、未利用の水流を利用して発電を行うと、既存のインフラを利用できるため、資材輸送の面で効率的になります。また、小水力は工期も短く費用も比較的安価です。

CLEARER WATERS

より澄んだ水を目指して

ダムと温室効果ガス排出について議論が進むなか、新しい見解が生まれようとしています。

権威ある科学論文誌として知られる『ネイチャー』は、2006年11月に「熱帯地域の巨大なダムから温室効果ガスのメタンが大量に放出されている恐れ」という驚くべき見出しを掲載しました。見出しに続いて論文は次のように指摘します。「最近判明した事実から、憂慮すべき結論が導かれた。つまり、水力発電所が環境に及ぼす影響は、化石燃料を用いた場合を上回ることが少なくないということだ」。

過去に発表されたダムの温室効果ガス排出に関する多くの研究と同様、この報告もブラジルのバルビナ・ダムから得られた知見に基づいています。澱んだ水を湛えたこの巨大なダムは、1980年代に建設され、多量の温室効果ガスを排出したとされます。しかし、ブラジルとパラグアイの国境にある近隣のイタイプ発電所は、同じく1980年代に作られた大規模な発電所ですが、その温室効果ガス排出量は他のあらゆる発電手段よりも低く、風力の排出量の中央値すら下回ります。

「過去に建設されたダムでは、酸素を消費する状態に陥り、結果として炭素から二酸化炭素でなくメタンを生成してしまうことがありました。しかし、今も同じ方法で建設が続いているわけではありません」と、フォイトハイδροのサステナビリティ担当、ユルゲン・ショール博士は言います。「つまり、バルビナのダムは例外であり、一般的なものではないのです」。

複雑な構図

『ネイチャー』誌に論文が掲載されてから8年が過ぎ、その間、各発電手段が地球温暖化に及ぼす影響を正確に算出する数多くの研究がおこなわれました。2014年には、国連が設立した機関である「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が、発電手段別にライフサイクル全体での温室効果ガス排出量を発表しました。それによると、化石燃料を用いた場合の温室効果ガス排出量は、再生可能エネルギーを使用した場合を大きく上回ることがわかりました。

石炭より40%も「クリーン」な天然ガスですら、水力の20倍の温室効果ガスを排出します。

しかし、排出量の中央値を単純に比較するよりも、現実には遥かに複雑だとSINTEFエネルギー研究所のシニア研究員で、ノルウェーのCEDREN研究所のディレクターでもあるアトル・ハービー氏は指摘します。ダムから排出される温室効果ガスについての疑念には誤解と偏見があり、特にメタンに関して甚だしいとハービー氏は考えています。重要なのは、ダムが余分に生み出す正味の排出量であるはずだと彼は言います。ダムが建設された結果、河川の流域から排出される温室効果ガスがどれだけ変化したのかを計量するには、建設前後の排出量で検討する必要があります。このダム建設前後の排出量の差こそが、影響を与えた河川流域からの正味の

温室効果ガスの排出量なのです。「自然や排出の水準に影響を与える要因は多数あります」とハービー氏は言います。「ダムの中でも、主に熱帯に限定されますが、二酸化炭素をメタンに変化させるものがあります。しかし、そこから全体のデータを推定し、全ての水力発電所に適用するのは、完全に誤りです」。

実際には、ダムの中には炭素が沈み、流れが遅いため、沈殿物によりそのまま炭素が永遠に閉じ込められることもあります。ひとつのダムの中でも、条件は異なります。これらの多様な変数が相互に及ぼす影響を十分に理解し、正味の排出量の正確な値を算出するのは、科学者にとって簡単な仕事ではありません。

もう一つの難題は、多様な機能を持つダムに対して適用される温室効果ガス排出比率を決定することです。たとえば、中国の揚子江に建設された三峡ダム(35頁参照)では、下流での洪水の頻度が10年に一度から100年に一度へと減少し、水上交通や水の供給も改善されました。三峡ダムは世界最大の水力発電所であると同時に、他にも多くの社会的、経済的な役割を果たしています。ダムの責任とされる温室効果ガスの排出量についても、そうした役割を考慮した上で、意味のある

「排出の性質やレベルは、多くの要因に影響されます。」

アトル・ハービー氏
SINTEFエネルギー研究所

ライフサイクル・アセスメントを実施するべきでしょう。

リスクアセスメント

水力設備協会(HEA)のメンバーとして、フォイトはユネスコと国際水力発電協会が共同で行っている温室効果ガス研究プロジェクトを支援しています。同プロジェクトでは2011年に「淡水ダムの測定指針」を、2013年には「温室効果ガスのリスク診断指標」をそれぞれ策定しました。現在、このプロジェクトでは、リスク診断指標を次の3つの目的に沿って策定する作業を進めています。まず、ダムの影響をより正確に定義し、気候への潜在的な影響についてよりよい報告を行うこと。高濃度の温室効果ガスを排出しやすいと見られる場所で、予防のための行動を早期に取れるよう、温室効果ガス排出の正味量の定量的な推定を行うこと。そして、ダムが提供する

さまざまなサービスに対し、正味の温室効果ガス排出を割り当てるアプローチを示すことです。

地球温暖化に関するあらゆる議論と同じように、淡水ダムが排出する温室効果ガスについては、学界のコンセンサスは曖昧で、議論の進展には時間がかかります。測定の方法論にも未解決の問題があります。温暖化に関しては、目標に重点を置いた環境対策として、温暖化防止のために採択された京都議定書の「地球温暖化係数」の方が適切であると考えられています。

ユルゲン・ショール博士は、「フォイトとしては、現段階ではあまりに緻密なモデルや、地球規模の数値には関心を持っていません。私たちが求めているのは、排出量が比較的高くなるリスクをプロジェクトごとに推定するのに利用できるシンプルで信頼できるモデルなのです。今のところ完璧なモデルは誰も提示できていませんが、考慮すべき多くの課題を完全に網羅することで、私たちは着実に正しい方向へ歩みを進めています」と述べています。

ダムと温室効果ガスの関係とは

淡水のダムが建設されると、水没した植物は分解され、光合成によって本来取り込まれるべき二酸化炭素がそのまま放出されます。また、ダムには河川から運ばれる有機物が堆積し、その有機物が分解され温室効果ガスが発生します。しかし、これはダムが建設されなかったとしても他の場所で発生していたはずのものです。温室効果ガスの発生には、ダムの形態、水深、土壌の種類、気候、ダムが建設されてからの年月などが影響します。二酸化炭素(CO₂)は大気中に放出される温室効果ガスの80%を占めますが、ダムが自然界のレベルを大きく変えるわけではありません。一方、100年間で考えると、CO₂の25倍も温室効果があるメタン(CH₄)は、最もダムと関係のある温室効果ガスです。一定の条件下では、一部のダムで酸素のない環境が生じ、そこでメタンが発生、放出されます。



イタイプダムの温室効果ガスの排出量は、その規模に反して他のあらゆる発電手段を下回ります。



ON REFLECTION

ダムのある風景

糯扎渡(Nuo Zha Du)、中国南西部
フォイトハイドロは、2013年に設置された650MWフランシス水車6基のうち3基を納入しました。水車の落差187m、ランナ径は7.3mです。

今週の水力発電所

下記QRコードをスキャンして、twitter.com/Voith_Hydroにアクセスすると、最新ニュースをご覧いただけます。毎週金曜日には当社の水力発電施設の写真をお届けしています。



「わが社にとって、全てのお客様は等しく大切です」とレオナルド・ヌッツィは言います。「全てのプロジェクトにおいて、最高の品質を迅速にお届けできるよう取り組んでいます」。ヌッツィはフォイトハイδρο・サンパウロ工場の製造部長であり、オペレーションズ・エクセレンス(以下OPEX)を担当しています。OPEXは特に製造プロセスにおける継続的な改善に重点をおいたフォイトの全社活動です。OPEXが目指すのは、フォイトの製品・サービスと同様に最良のプロセスを構築することでお客様の利益をさらに高めることにあります。「効率的なプロセスは時間を短縮します。時間は私たちの事業、そしてお客様にとって重要なものです」とヌッツィは説明します。発電所の稼働が早ければ早いほどエネルギーが早く生み出され、お客様のキャッシュフローも加速するからです。

OPEXの第一歩である、製造プロセスの各部分の分析は既に完了し、現在は分析した結果への対応策が実行されています。生産プロセスの各段階において、効率の低いものや不要なものは、最適化されるか削除され、業務手順の合理化が進められることとなります。

最適化の一例が、「ワンピースフロー生産ライン」です。このコンセプトはフォイトハイドロのサンパウロ工場において最初に適用され、続いて米国のヨーク工場、オーストリアのザンクトベルテンに適用されました。他の拠点でも間もなく適用される予定です。サンパウロ工場での発電機用ポールの製造ラインは、このコンセプトが持つ大きな潜在力(7つの製造工程での待ち時間を削減し、突発的なトラブルに迅速に対応ができる)を示しました。製品は以前のような並列型の作業場ではなく、直列型の作業場でライン生産されるようになりました。作業員は途中で製品を切り替えることなく、ひとつの製品の製作が完了するまで完全に集中することができます。これにより全てのお客様により高い品質の製品を提供できるようになりました。

また、問題解決の方法も改善されました。



生産設備は製造現場の全ての指導員とヌッツィのコンピューターに接続されたプログラムによって常に監視されます。「もし問題が発生したり、ラインが止まったりすれば、私たちはこれをオンラインで確認し、ただちに問題を解決するためのステップに移ります」と彼は言います。「まず生産を一旦停止し、問題を修正した後、他の工程での更なる遅れの原因にならないよう迅速に生産を再開します」。

これらの改善によりポールの製造リードタイムはほぼ50%まで短縮しました。ポールは発電機の主要部品の一つですがありませんが、この「ワンピースフロー生産ライン」のコンセプトを他の部品にも

「私たちは既にスピーディーで効率的ですが、より一層の改善を目指しています。常に理想的な工場を実現したいと考えているからです。」

ワード・ブンシュ博士
フォイトハイドロ国際プロジェクト副社長

適用すれば、さらに時間を短縮することができます。「私たちの工場は、既にスピーディーで効率的ですが、より一層の改善を目指しています。私たちは、常に理想的な工場を実現したいと考えています」とフォイトハイドロの国際プロジェクト副社長のワード・ブンシュ博士はこの活動の原動力について説明します。理想的な工場とは、4つの基本原則、すなわち、安定したプロセス、流れ、タイミング、そしてお客様のことを考えて運営される工場のことです。

「ワンピースフロー生産ライン」において時間は重要な要素です。各プロセスの時間が測定され、あらかじめ一定の時間が与えられます。ブンシュが説明するように、「全ての生産プロセスを個々の工程に分割し、生産の過剰や不足を防ぎ易くする為に各工程の長さが均等になるように設定しました。また、前の工程が終わらなければ、次の工程へと進むことはできません」。さらに、従業員は高い柔軟性を持つよう教育され、ひとつの作業場から他の作業場へローテーションします。こうすることで、ひとつの工程が終われば、従業員は次の工程を完了させるために

同僚をサポートすることができるのです。

最適なプロセスの確立に非常に重要なのは従業員の意識改革とオープンなコミュニケーションです。工場では作業員から製造マネージャー、製造部長まで、関係する全員が意思疎通を行い、自分の持ち場だけでなく全プロセスについて考えることが求められます。工場のフロアミーティングは毎日シフト開始前に行われ、作業員たちが上司とともに小さなグループ単位で集まり、当日のタイムスケジュール、品質についての課題、発生しそうな問題などについて話し合います。ここで重要な点は常に、同じ問題点が繰り返されないように、適切に改善されているかを確認す

ることです。ヌッツィは、このミーティングが重要な役割を果たすと考えています。「問題に即座に対応する為にはどんな異常でも知っておきたいからです」。

このフロアミーティングは既にその有効性を実証しています。たとえば、発電機のテープ巻きを担当する一人の作業員が不具合を見つけたものの、何が原因なのかわからなかったとします。この作業員から報告を受けた上司は、テープに不純物が含まれていたことが不具合の原因だったことに気付いたのです。「このように工程全体に対する責任感を持つことで、深刻な問題の発生を防ぐことができるのです」とブンシュ博士は言います。さらに、博士は、常にコミュニケーションと高いレベルの透明性、事実と数字に基づいた議論が継続的な改善をもたらすOPEXの重要な要素であると指摘します。

データがもたらす正確さ

フォイトハイドロ・サンパウロには発電機ポール製造工場に隣接して鋳造工場があります。フォイトハイドロの重要な工場の一つである鋳造工場がOPEX活動の

- 1 「ワンピースフロー生産ライン」は製造プロセスのスピードアップと、製品品質の向上につながります。
- 2 フォイトハイドロのサンパウロ工場にて、OPEXの同僚とディスカッションを行うレオナルド・ヌッツィ(右端)。
- 3 オープンで透明性があるコミュニケーション、同期化された工程、そして明確に可視化された業務が、OPEXを成功させるカギとなる要素です。

▷ 対象となるのは自然の流れでした。「工場フロアマネジメント」の原理はここでも実施され、統計的なプロセス管理により温度から粒子サイズに至る80セット以上の性能データを測定しました。「たとえば鋳造用の砂は、正しい品質の製品を製造するために、一貫して同じサイズに揃えられている必要があります」とヌッツィは説明します。現状把握と見える化はOPEXの柱となる構成要素です。より正確なデータを提供することで、従業員たちは製造工程の各要素に対する、より深い理解を得ることができます。また、各要素を管理水準に設定することで厳しい目標をも達成することができるのです。OPEXは鋳造プロセス全体の改善と鋳造品の品質向上をもたらしました。

同時に、プロセス品質は、鋳造工場のサステナビリティにも強く影響します。たとえば鋳造砂は、品質を保ちながら廃棄物を減らすためにリサイクルや再加工を経て、繰り返して使われます。給排水系統を閉鎖循環システムにして新しい水の消費量の削減を助け、一方で絶縁の改善や異なる生産エリアのエネルギー消費を一括管理することで電力消費の削減にも成功しています。

ヌッツィと彼のチームは、サンパウロで行われた改善と、その製品に反映されている成果を誇りに思っています。「これらは私たち自身、つまりフォイトの製品なのです」とヌッツィは笑顔を見せます。OPEXはまだ始まったばかりですが、この活動は今後フォイトハイドロの全世界の拠点で実行され、適用されます。つまり、改善とは継続的なプロセスなのです。



OPEXはブラジル、サンパウロにおいて既に多くの改善をもたらしました。

OPTIMIZING OPERATIONS

運用の最適化



OPEXの世界的総括

フォイトハイドロ最高執行責任者
ウーヴェ・ヴェーンハルト

OPEX活動の主な目的は何ですか。

OPEXは、主に製造に重点を置いた、継続的な改善活動プログラムです。その目的は、わが社の製品やサービスと同様に、製造工程にも最高の品質を確保することにあります。まず、製造にかかわる全従業員が、継続的な改善へ向けた意識改革を行います。作業の方法を標準化することで、改善や節約につながる可能性を明確にして、認識するのです。全従業員は活動のために組織化され、アイデアを出し合うことが求められます。

お客様にはどのようなメリットがありますか。

OPEXは製造の内部的なプロセスに重点を置いていますが、この改善を継続的に続けることで、サービスの水準を向上させることも可能です。たとえば、工場において部品をより速く加工すると、納品スケジュールが改善され、結果として水力発電所の稼働を早めることができます。お客様にとって、まさにメリットになるのです。

OPEXプログラムの実施による変化の具体例をあげただけですか。

好例として、総合設備効率(OEE)があげられます。OEEを向上させると、予期せぬ操業停止が減少し、部品加工にかかる時間が削減されます。昨年度、世界中の工場内の全ての大型機械で50%ものOEE向上に成功しました。さらに製造工程を合理化する「ワンピースフロー生産ライン(記事参照)」のおかげで、リードタイムは40%以上も短縮されました。

OPEXの現状と、今後の展開について教えてください。

OPEXの取り組みは今年で2年目となります。OPEXの専門家の指導や、明確な目標とKPI(主要評価指標)、全拠点で達成するための全体計画など、基礎となる活動は適切に行われ、製造における継続的な改善のサイクルは、着々と進行しています。今年さらにはアセスメントを実行し、これを基に異なる地域間での包括的なベンチマークを行い、さらなる改善のためにお互いを手本に刺激しあってゆきたいと考えています。



UNRIVALED

比類なきダム

着工から20年たった今でも、三峡ダムは記録を次々と塗り替え続けています。

三峡ダムでは最近、この世界最大の水力発電所の建設開始20周年を祝いました。建設以来、三峡ダムは多くの記録を塗り替えてきました。20周年を祝うにあたり、三峡集団会社は、2014年の発電量が98.8テラワット時に達し、単一の水力発電所が一年間に生み出した電力としては、世界最大を記録したことを発表しました。そのプロジェクト規模の大きさのため、このダムには無数のサプライヤーが関与しています。フォイトはGEとジエームスのコンソーシアムでこのプロジェクトを落札し、6基の水車発電ユニットと周辺機器、各設備容量700MWの納入と、現場での

技術指導とを担当しました。ドイツ、中国、そしてブラジルのフォイトハイドロの拠点が参加し、プロジェクト管理とモデル試験、フランス水車とその発電機、励磁装置及び周辺機器の製造を主導しました。トーマス・アシェンブレナー博士は、現在フォイトハイドロのブルンネンミュレ研究開発センターで、水力レイアウト部門を率いていますが、三峡ダムの建設は、技術と輸送計画の両面でフォイトにとって挑戦であり、その後のプロジェクトに役立つ教訓をもたらしたと語ります。「三峡ダムのプロジェクトによって、効率と信頼性についての新たな標準が確立され、フラ

ンス水車の設計において、我々の水力学の専門技能は確実に前進しました」と博士は言います。「三峡ダムは、中国における一連の大規模プロジェクトの中で、わが社が最初に担当したものでした。中国での事業遂行や顧客とのコミュニケーションなど、三峡ダムで培った経験と知識は、現在、わが社のかけがえのない財産となっています」。

洪水から人々を守る

発電性能以外にも、過去20年間で、ダムはさまざまな評判を呼んできました。全長660kmのダムの建設によって、沈殿物の深さや、下流での魚の個体数が影響を受けてきましたが、物流システムの最適化、環境面の課題に対するモニタリング、研究、設備に対し多くの努力が重ねられました。また、近隣住民及び、揚子江沿岸に住む1,400万人余りの住民は、これまで何度も数千人の命と、数百万人の家を奪ってきた洪水の脅威から守られた安全な生活を送っています。ダムによる水位制御のおかげで、乾季には既に▷



- 1 ダムは灌漑を改善し、洪水の被害から耕作地を守っています。
- 2 かつて浅く、流れが速かった揚子江は、現在では航行が容易になり、人や貨物の移動に重用されています。
- 3 世界最大の閘門システムのおかげで、船舶はダムを越えて航行することができます。



▷ 幾度も干ばつが回避されました。以前は浅く流れが速かった揚子江は、現在ではダムのおかげで深く、穏やかな流れとなり、毎日何千もの船が容易に航行できるようになりました。ダムは旅客と貨物のどちらにも費用対効果に優れた内陸部の長距離移動手段として、地域経済に大きなメリットをもたらしてきました。「ダムの建設場所を訪れるたびに、新しいビルを見つけますよ」とアシエンプレナー博士は言います。ダムには船舶通行用の世界最大の閘門システムがあり、今年は3,000トンの船が牽引できる特別なシップリフトが完成し、性能が強化される予定です。こうして船舶の航行はよりスムーズになり、さらなる目覚ましい発展がプロジェクトの歴史に刻まれることでしょう。

ご存知ですか？

2%

三峡ダムは中国全体の電力使用量の約2%を発電しています。

1.8 million

ダムを訪れる観光客は年間で平均180万人。祝日には、一日最大20万人が訪れます。

660 km

ダムは全長660km。ロサンゼルス・サンフランシスコ間、あるいはベルリン・アムステルダム間の距離に匹敵します。

22,500 MW

このダムの発電量2万2500MWは、現代の原子力発電所10基分に相当します。

中国の三峡ダムプロジェクトを振り返る 成功に向けた協力

着工から20年経ちますが、中国がクリーンな電力供給を確保する上で、三峡ダムはどれくらい重要な役割を果たしているのでしょうか。

三峡ダムは設備容量の点で世界最大の発電所です。2014年の発電量は988億kW時でしたが、これは単一の発電所が一年間に発電した量としては世界最大です。最初の発電機ユニットが稼働を開始した2003年から2013年末まで、三峡ダムは合計で7119億7千万kW時の電力を生み出しました。これは石炭4億トンを節約し、二酸化炭素排出量では8億トン、二酸化硫黄では800万トン以上の排出を防いだことになり、中国の環境に対する貢献ははかりしれません。

水力発電以外に、どのようなメリットが地域にもたらされましたか。

プロジェクトの骨子は揚子江の制御と、流域の発展です。それは世界の水力工学と水力発電工学において、最も包括的な実用上の課題でした。科学的な戦略によって、発電だけではなく、洪水の制御、水運、水資源の供給、エネルギー節約と排出削減、環境保護といった多岐にわたる莫大なメリットをもたらすことができます。また、このプロジェクトは、国内の送電網との相互接続を促進し、中国の中央部および東部、広東省などのひっ迫した電力需給状況の効果的改善も実現しました。

人命を守るという点で、三峡ダムにおける洪水の制御は重要な側面ですが、何が改善されましたか。

洪水の制御はこのプロジェクトの最重要課題です。過去の記録では、大規模な洪水が平均して10年に一度発生しています。1931年と1954年の大洪水では、数千平方kmの耕地が被害を受け、数万人が命を落としました。しかし、現在では状況は一変しています。洪水は、「10年に一度」から「100年に一度」のレベルにまでコントロールできるようになりました。ダムは、揚子江中下流域に住む1500万人を保護することに役立ち、広大な耕作地への浸水を防いでいます。

ダムによって揚子江は船舶の航行が容易になりましたが、それによってどのようなメリットがもたらされましたか。

今では何万トンもの貨物が上海から重慶へ直接運ばれ、輸送コストは3分の2に削減されました。2014年には、閘門の通行量は1億2000万トン近くとなり、三峡ダムの記録を更新しました。雇用創出もダムがもたらしたメリットで、重慶ではダム周辺地域の8万人を含む、15万人もの人々が水上輸送に従事しています。

三峡ダムは中国の経済発展にどのように貢献しましたか。

既にお話したように、洪水の制御、発電、水運といったメリットは、経済発展に大きく貢献しています。ダム周辺地域のインフラは常に改善を続け、都市開発が進み、住民の収入と生活水準は大幅に向上しました。1996年から2013年までの間に、ダム周辺地域の1人当たりの年間収入は都市部で毎年平均12.7%、農村部では18.8%上昇しています。雇用構造は徐々に第三次産業を中心としたものへと発展しており、経済構造は農業中心から多種多様な産業へと移行しています。

中国の電力構成において、水力はどのような役割を現在担っていますか。また、将来の見通しはどのように見えますか。

現在の中国のエネルギー供給は石炭がメインで、資源不足と環境汚染によって成長が制限されています。エネルギー構造を調整し、石炭の一次消費比率を削減することが、極めて重要です。また、中国には膨大な水力資源があります。技術的に利用可能とされる包蔵水力2兆4700億kW時が全て開発された場合、石炭約10億トン分の電力を毎年代替することができます。中国における水力発電所の設備容量と発電量は今後も急速な成長を続けるでしょう。実際に中国は、化石燃料以外でのエネルギー生産を2020年までに15%まで上昇させることを約束しています。これを実現するため、水力のさらなる開発に力が注がれることでしょう。



IN THE LAND OF GODS

神々の土地で

カルチャム・ワングトゥ水力発電所が北インドの農村部にもたらした多くの恩恵について、地元住民にお話をうかがってみました。

ザンスカール高原、大ヒマラヤ山脈、ダウラダー山脈に囲まれたインド北部のヒマーチャル・プラデーシュ州。その一部であるキナウル地方は、しばしば「神々の土地」と称されます。古代、この地域の人々はキナウル人と呼ばれ、神と人の中間に位置する人々と信じられてきました。多くの古代寺院や僧院が点在するこの地域は辺境の地であり、インフラの開発も進んでいませんでした。インドの他の地域と比べて、道路や橋、学校や病院といった施設の整備が遅れ、デリー、ベンガル、ムンバイの活発な経済成長の恩恵もこの地域には届いていません。

しかし、状況は変わりつつあります。2011年に契約が交わされたカルチャム・ワングトゥ水力発電プロジェクトは、再生可能エネルギーをインド北部に安定的に供給するだけでなく、地元のインフラも改善しつつあります。この地域とヒマーチャル・プラデーシュ州の州都シムラを繋ぐ190kmの幹線道路が広げられ、5本の橋が新たに建設され、プロジェクト用の重い資材も輸送できるように他の橋も改修、強化されました。さらに、プロジェクトのディベロッパーであるジェイピーが、25kmの道路を建設しました。

ジェイピーは大規模な植林もおこない、数万本の樹木がこの地域に植えられたほか、飲料水や灌漑設備も改良の対象となりました。こうした全ての取り組みによって、大きく、そしてなによりも持続的な発展がこの地域にもたらされたのです。

生活環境の改善

カルチャム・ワングトゥ水力発電プロジェクトによって、キナウル地域は、社会的にも教育の面でも向上しました。プロジェクト周辺地域の社会状況を改善するため、学校とベッド数40床を備えた病院が建設されました。病院では優秀な医者や60余名のスタッフが入院治療に対応しており、他にも病院と連携して多くの診療所が外来患者の診療を行っています。

地域の人々はこうした発展を歓迎しています。近所のラムニ村に住むシル・ネギさんは、最近、事故で骨折した脚の治療を受けました。「病院では衛生的な環境ですぐに治療が受けられる上に、治療費も高くありません。病院に着いて、ただちに治療を受けることができました」。病院のチーフドクターであるスマン・ダール医師は、「このような申し分のない環境で、地域の人々のた

- 1 寺院が点在するキナウル地方の山並み。
- 2 4基のフランス水車と発電機を備えた総出力1000MWのカルチャム・ワングトゥダム。
- 3 5歳になる孫娘をジェイ・ジョティ・スクールに通わせているジープ・チャンドさん。
- 4 病院は貴重な雇用機会と医療ケアを地域にもたらします。

めに働くことができ幸せです」と言います。

プロジェクトにより運営されるジェイ・ジョティ・スクールでは、キナウル地域の40余りの村から集まった、貧しく恵まれない子供たちに、質の高い教育を提供しています。対象は高等学校水準までで、約400名の生徒たちが23名の常勤の先生たちのもとで学んでいます。この学校に5歳になる孫娘を通わせているジープ・チャンドさんは、学校が「素晴らしい教育設備をととても手頃な値段で提供しているので、この村をはじめこの地域の人々は感謝しています」と語ります。隣接するサラハン村のシェーラ・デヴィさんもまた、心からチャンドさんに同意しています。

ジェイビー産業研修センターは、キナウルにおける就業機会と技能の向上のために開設されました。



▷ 未来のための研修

雇用の機会を手にするための技能向上を目的としたジェイビー産業研修センターが、地域住民のためにウルニ村に開設されました。電気技師の訓練を受けるために20km離れたカカスタールから通うチャンドラシェカールさんは、「この地域で訓練や技能開発を提供してくれる施設は、ここだけです。来年、研修を終えたら、いい仕事に就きたいと思います」と語ります。

2014年12月までに、発電所は既に151億3500万単位の電力を生み出し、18億1200万単位の電力をヒマーチャル・プラデーシュ州に無料で供給しています。こうして、州にもたらされた収益は60億ルピー(9700万ドル)におよび、今後さらに多くの利益をもたらすことが見込まれています。

「この地域で訓練や技能開発を提供してくれる施設は、ここだけです。来年、研修を終えたら、いい仕事に就きたいと思います。」

チャンドラシェカール
カカスタール村出身、電気技師研修生

カルチャム・ワングトゥ水力発電プロジェクト

カルチャム村とワングトゥ村の中間に位置するダムと発電所は、サトレジ川から分岐した水流を引き込んで発電する自流式で、電力貯蔵は昼間のみ可能です。プロジェクトはジェイビーグループ傘下のジェイビー・カルチャム水力有限会社によって開発されました。

電気機器関連の仕事はフォイトが率いるコンソーシアムが受注しました。フォイトは4基の227.8MVA同期発電機、バスダクト、SCADA、冷却水システム、およびその他の電気付帯設備などを担当し、42か月間という記録的に短い納期で引き渡しました。プロジェクトで最初の発電ユニットは2011年5月に設置され、すぐに他のユニットが続き、4基目のユニットはスケジュールを65日も前倒して2011年9月に取り付けられました。この成功はしっかりとしたプロジェクト管理、関連会社との優れたコラボレーション、土木建設会社との緊密な連携の賜物です。

このプロジェクトでは、45kmのトンネル建設や、80万立方メートル以上のコンクリート、そして全体で480万5288立方メートルの地下掘削工事が必要でした。最盛期には約1万5千人もの作業員が、山地の不安定な天候下にある現場で作業に従事しました。

WORLD OF VOITH

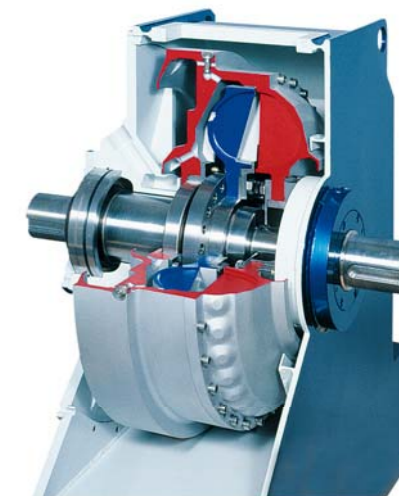
フォイトの世界

フォイトグループの各部門から最新のニュースをお届けします。

QUICK TURNAROUND

短期間の再生

フォイト・インダストリアルサービスは、再生事業市場で競争力を拡大し続けています。エネルギー石油化学部門では、国際的な規模で工場の補修整備事業を展開しており、製油所や化学工場の停止期間を最短に抑えた補修整備を行っています。2014年末に、フォイトはフィンランドの製油所およびスウェーデンのヨーテボリSt1製油所のプロジェクトを受注しました。さらに、アンゴラでは初めての海上補修事業を完成させました。それは港に停泊する英国のエネルギー企業BPが所有する原油運搬船、FPSOグレーター・プルトニオのメンテナンスと修理を行う作業であり、フォイトがアフリカで契約した最初のプロジェクトでしたが、フォイトの専門家たちによって契約納期の4日前に作業が完了しました。



PROVEN PERFORMER

証明された性能

フォイトターボは、最近、1000台目の流体継手TPKL型を製造しました。4台のうち1台は中国の大同炭鉱集団会社に納入され、過酷な条件下で利用される6.4MWベルトコンベアとともに使用される予定です。長さ3km以上におよぶ地下ベルトコンベアは、4台の1600kWモーターで駆動され、1時間に4000トンの石炭を運搬できるよう設計されており、地上へ向けて14度の傾斜で石炭を運びます。大同グループは中国で最大の石炭企業の一つで、中国全土で多数の石炭鉱山を運営しています。フォイト製の流体継手は多くの石炭鉱山でベルトコンベアやステージローダー、あるいは破砕機など多岐にわたって使用されています。

IN CONTROL 制御する

フォイト・ペーパーは、新しい店舗用空調システムをドイツのチーズメーカー、バイエルンランド社に納入しました。衛生基準と空気中の不純物に対する制限が極めて厳しい牛乳加工セクターでは、換気や冷蔵技術に対する基準は等しく厳密です。フォイトの新しいシステムは、室内の衛生環境を確実に制御します。工場長のエーリッヒ・シャラー氏は、これまでのところシステムの性能に満足していると言います。「システムのコンセプトと品質は、実際に使ってみて自ずと

証明されました。そして、当社の製品の品質保証にも大いに役立っています」。



MILESTONES IN PAST HYDROPOWER DEVELOPMENTS

水力技術開発——これまでの歩み——

水力技術開発の初期段階から、フォイトは先導的な役割を果たしてきました。

18世紀

近代的な水力技術の歴史は、18世紀半ば頃から始まりましたが、水力は実に何千年も前から利用されてきました。医者で科学者のヨハン・アンドレアス・セグナーは、ニュートンの運動法則に基づきより効率的な立形ランナを発明し、その水車は近代的水車の先駆けのひとつとなりました。

1832年/1835年

水車の開発は、19世紀に大きな進歩を遂げました。その頂点ともいえる発明は、フランス人ブノワ・フルネーロンによる水車です。この発明は1832年に特許を得て、1835年にドイツのシュバルツバルトにて初めて商業運転を開始しました。その水車は既存の水車の5倍以上もの効率を発揮しましたが、技術者や科学者はさらなる向上を目指しました。

1849年

次の大きな転機は、ジェームズ・B・フランシスによってもたらされます。彼は何年にもわたって様々なタイプの水車を試験し、1849年に発表した最初のフランシス水車は、渦巻き型で稼働翼などを備えた革新的な設計で、現在でも世界中の水力発電所に設置される水車形式の原型となりました。

1866年

ヴェルナー・フォン・ジーメンスが発明した発電機によって、水から電力を生み出すことが可能となりました。

1870年-1879年

1870年、フォイトは水力発電業界に参入します。高まるエネルギーへの需要や、フォイトがそれまで行ってきた製紙機器事業が水力発電と多くの類似点があったことも参入の理由でした。

フォイトは1870年に最初の水車を世に出し、わずか3年後にはジェームズ・フランシスの発明を元にフランシス水車を世に送り出しました。この開発はすぐに実を結び、1879年にフォイトは最初の水車ガバナを製造します。

1880年

革新的精神、緻密な検証、そして偶然も重なり、レスター・A・ペルトンがペルトン水車の発明に成功しました。ペルトン水車は現在でも高落差で利用される一般的な水車形式です。

1901年-1910年

工業化の急激な進展に伴ってエネルギー需要は高まり、1901年にはフォイトは1000台目のフランシス水車を納入しました。水力発電はグローバルビジネスとなり、1903年、最初の大規模発電所の1つであるナイアガラ水力発電所への当時世界最大の水車の納入を受注します。1910年には、フォイトの輸出市場である

中国の最初の水力発電所となる石龍ダム(Shi Long)に水車を納入します。

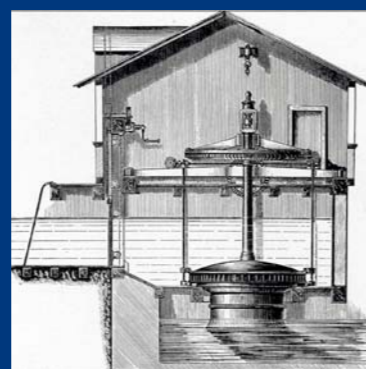
1908年

水力発電技術確立したフォイトは、エネルギー貯蔵のために水力発電を使用する最先端企業となりました。1908年、ドイツで最初の揚水発電所がハイデンハイムのブルンネンミュレ実験施設に設置されました。

1912年-1922年

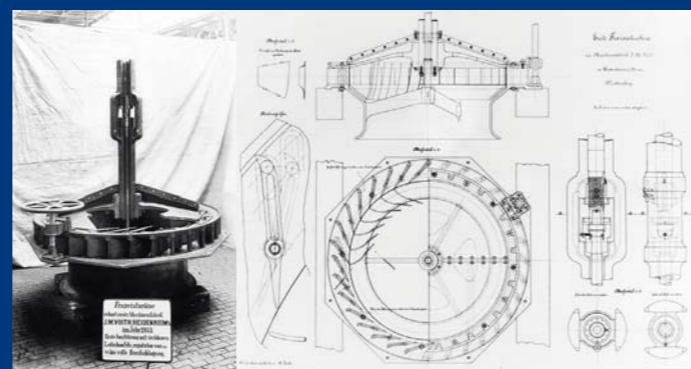
1912年には、現在広く利用されている様々なタイプの水車が発明され、特許登録されました。オーストリア人のヴィクトル・カプランは、既存のフランシス水車を用いて実験し、特に低落差に適した水車を自ら開発しました。フォイトはこの発明の重要性を認識し、カプランとともに設計を改良して効率の向上に努めました。この最初のカプラン水車は1922年に納入されました。

1870年



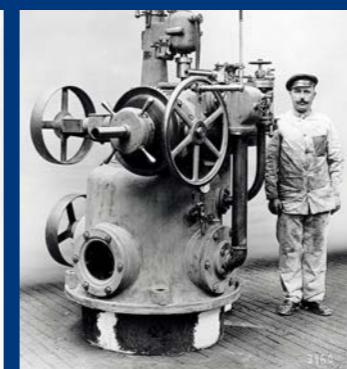
フォイトが世に送り出した最初の水車、100馬力ハンセル・ヨヴァル水車

1873年



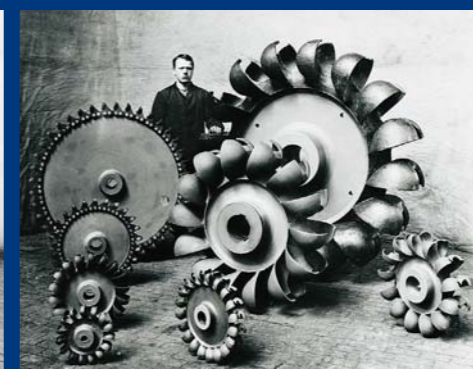
フォイト製第1号フランシス水車と図面

1879年



フォイト初の水車ガバナ

1880年



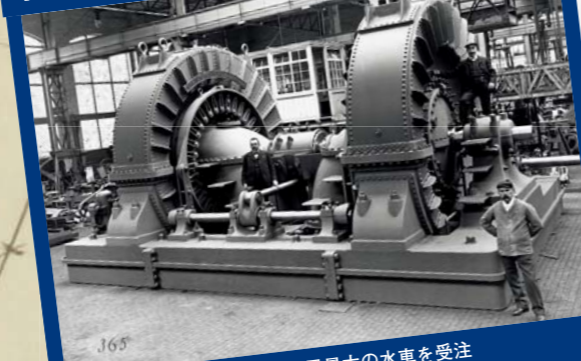
様々なペルトンランナ

1901年



第1000番目のフォイト製フランシス水車

1903年



ナイアガラ水力発電所向け世界最大の水車を受注

1908年



ドイツ初となるハイデンハイムの揚水発電所

1910年



中国最初の水力発電所、石龍ダム(Shi Long)に水車を納入

1922年



最初のカプラン水車納入

THE WATER WARRIOR

水の戦士

社会活動家のメアリー・ジョーダン、世界的な水危機に対し、アートを通じて警鐘を鳴らしています。



メアリー・ジョーダンは芸術家にして映画製作者、そして情熱的な人権活動家です。「路上の言葉 (Word Above the Street)」を設立し、プロジェクトのクリエイティブ・ディレクターを務めています。



1 マンハッタン空を背景にしたアメリカ人芸術家マリリン・ミンターの作品

2 クローズアップされたイギリス人写真家テッサ・トレジャーの作品

映画製作者であり、パフォーマンスアーティストにして社会活動家でもあるメアリー・ジョーダンは、自らを「反逆者」と呼び、世間の常識から離れた視点に立ち、人々の良心を問い直してきました。カナダに生まれた彼女は、芸術と社会人類学を学び、18歳の時に北アフリカでおこなわれている女性の割礼を扱った初めての映画を製作しました。それ以来、ミャンマー、アフリカ、インドネシア、インドといった国々の人権を扱ったドキュメンタリーを製作し、2005年には『フィルムメーカー』誌によって、25人の独立系新人映画製作者の1人に選ばれました。

最近、ジョーダンは、自身が住むニューヨーク市で行われた『ウォーター・タンク・プロジェクト』で、世界規模の水危機に対して世間の関心を集めることに挑戦しました。このプロジェクトには50名以上の現代アーティストが参加し、水をテーマとするアートで市内の給水塔を覆いました。ニューヨークの建物を使ったパブリック・アートとしては、2005年にクリスト&ジャン・クロードがセントラルパークにオレンジ色の門を設置した作品、『ゲーツ』以来の大規模なものでした。

「視覚情報が重視されるニューヨークでは、アートは社会的なメッセージを届ける上で有効な手段なのです」とジョーダンは言います。参加者にはコンセプチュアル・アートのジョン・バルデサリ、ネオ・ポップのジェフ・クーンズ、エド・ルーシャ、イラン人のステンシルアーティスト、アイシー、ソットらがいます。

感謝を表現

このプロジェクトは、2007年にエチオピアのハマー族のドキュメンタリーを撮影していたジョーダンが、自ら水系感染症に侵され

「突然、給水塔はひとつのアイコンであり、私たちに水を運ぶ小さな空の神殿であることに気づいたのです。」

メアリー・ジョーダン
社会活動家

たことを契機としています。ジョーダンは診療を受けるため、泥の小屋の中に寝かされ、ハマー族の女性の看病を受けました。回復した彼女がお金や贈り物を渡そうとしたところ、ハマー族の人々はそれを断り、この水の問題を世界に伝えて欲しいと頼んだのです。

エチオピアでは清潔な水を手に入れるのが容易ではなく、干ばつにも苦しめられています。ジョーダンはやがて、魚の乱獲、水床の後退に伴う海水面の上昇など、世界的な課題と水との繋がりに気づき、映画の製作を考えました。ある日、ニューヨークのビルの屋上にある1万5千もの樽型の給水塔が目にとまりました。「給水塔はひとつのアイコンであり、私たちに水を運ぶ小さな空の神殿である給水塔を芸術作品で包めば美しいだろうということに気づいたのです。」

2010年、18か月の準備期間を経て、ジョーダンはウォーター・タンク・プロジェクトを実現するためのNPO法人「路上の言葉 (Word Above the Street)」を設立。さらに、自身のネットワークをリンクさせました。「アーティストたちはこのアイデアを気に入ってくれました。だって、給水塔を見たら誰だって何かやりたくなるでしょう」とジョーダンは言います。このプロジェクトにはブース・フェリス財団、フォード財団、ロックフェラー・ニュー

ヨーク市文化振興財団、アグネス・ガンドAG財団などが資金を提供し、スウォッチ、ドイツ銀行、そしてハーストなどがスポンサーに名を連ねました。そして、仕事の大半を占めたのは、作品向きの給水塔を選定する「タンキング」という作業でした。

人々の視線を上に向け、作品を見てもらうことも課題のひとつでした。ジョーダンは作品の地図を表示するアプリを開発し、広告代理店は看板をデザインし、路上にはチョークで給水塔の目印を描きました。

プロジェクトは2014年8月に始まり、給水塔は今でもアートに包まれています。「水危機の課題が解決されるまでこの活動を続けたい」と彼女は言います。さらにジョーダンは、インドネシアや中東など世界の他の地域でもプロジェクトを展開することを計画しています。

このキャンペーンには、停滞した時期もありました。「世界をより良くするために、施しを乞うべきではありません」と彼女は言います。「しかし、子供たちが水を原因とする感染症で22秒に1人のペースで亡くなっています。目的のために小さなことは気にしないことにしました。」

その間、ジョーダンのパートナーで、「水への波」(Waves for Water)を運営するジョン・ローズは、ハマー族が利用する水道を設置する基金を彼女とともに立ち上げました。「私たちは隠れた戦士です。かけがえのない生命の源である水を守るためにできることは全てやります」。

ウォーター・タンク・プロジェクトについての詳細および各作品の場所を示した地図をご覧になりたい方は thewatertankproject.org を参照ください。



FIVE QUESTIONS FOR ...

ボブ・ガロへの5つの質問

ボブ・ガロ
アメリカ合衆国、フォイトハイドロ・ヨーク新CEO

1 水力の魅力とは何ですか。

魅力的な面はたくさんあります。多くの水力発電所は、豊かな自然の恵みを巧みに利用した工学の成果だということに感動します。また、水力発電所は稼働の際にほとんど二酸化炭素を排出しません。水力は、素早く発電を始動、停止するなど柔軟で独自の能力があり、太陽光や風力による送電が途切れても、代替として使用することができます。

2 水力に関する最初の思い出は何ですか。

10歳の頃、家族旅行でナイアガラの滝をアメリカとカナダの両側から見に行きました。生まれて初めて外国を訪れ、そして水力発電について学びました。ナイアガラの光景は美しく、すばらしいものでした。今にして思うと、20世紀初頭、そこに水車を納入した業者が正にフォイトだったのです。

3 フォイトハイドロ・ヨークの新CEOとして、どのような目標を掲げていますか。

優秀な人材を擁し、難しい市場状況に直面している現在も好調な業績を維持している企業の一員となれたことは幸運でした。私の目標は、顧客に最高のソリューションを提供するため、わが社のアフターサービスと改修事業をさらに強化していくことです。その対象は全ての部品やブランド、そしてあらゆる地域に及びます。また、さらにわが社の製品ラインナップとプロセス

を充実させ、今まで以上に有益な製品とサービスをお客様に提供していきたいと考えています。

4 フォイトで働くことで、なにか特別なことがありますか。

私は、企業買収に伴い1999年にフォイト・ペーパーに入社しましたが、すぐにフォイトが極めて特別な職場であることがわかりました。高い実績をあげると、すぐに他の部署または他の職種、あるいは他の国で、新たな挑戦の機会を見出すことができるからです。そして今、水力発電の分野での新しいキャリアに胸を躍らせています。

5 米国の水力発電産業の現在の課題や成長の展望を教えてください。

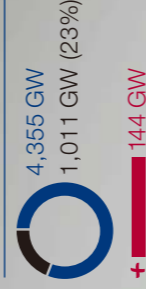
水力発電所に投資し、その建設を行う際に、お客様はたいてい長期間にわたる困難な認可プロセスに直面します。しかも、現在米国では風力や太陽光発電の業界を強力に助成しており、これらの発電手段を最優先で稼働させています。しかしながら水力発電は、独特の柔軟性で送電網を安定化させる機能があるため、送電網の負荷を均衡させる重要な役割を担うことができるのです。

ボブ・ガロは2015年始めにフォイトハイドロ・ヨークのCEOに就任。ガロは15年以上前にフォイトグループに加わり、フォイト・ペーパー部門でさまざまな管理職を歴任。工業化学の学士号を持ち、製造、エンジニアリング、研究開発、現場サービス、営業といった様々な職種を経験している。

HYDROPOWER POTENTIAL

世界の包蔵水力

全世界合計



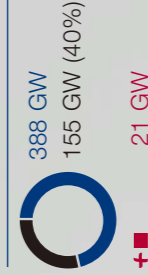
アジア太平洋



ヨーロッパ (旧ソ連地域を含む)



北アメリカ



南アメリカ



アフリカ



■ 技術的・経済的に利用可能な包蔵水力合計*
 ■ うち開発済みの出力*
 ■ 開発済みの揚水発電所の出力
 * 揚水発電を除く

Published by:

Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG
Alexanderstr. 11
89522 Heidenheim, Germany
Tel: +49-7321 37-0
Fax: +49 7321 37-7828
www.voith.com



A Voith and Siemens Company

VOITH
Engineered Reliability