

VOITH FUJI

MAGAZINE FOR HYDROPOWER TECHNOLOGY

HyPower

#25 | Autumn 2014

ADAPTING PUMPED STORAGE TECHNOLOGY FOR THE FUTURE

MULTI-TALENTED

多機能な装置

FROM THE ARCHIVES

フォイトハイドロの揚水発電の歴史

GLOBAL EXPERTISE

フォイトハイドロのサービスを
世界のお客様へ

MULTI-PURPOSE, MULTI-TALENTED

多彩な用途に、多機能な装置を



揚水発電は、工業的に利用できる規模の大電力を、極めて高い効率で貯蔵できる唯一の技術として知られています。揚水発電が貯蔵する電力は世界全体の電力貯蔵量の実に99％に及んでいるのです。こうした規模や効率における長所だけではなく、風力や太陽光といった不安定なエネルギー源と違い、揚水発電は需要を超えた余剰エネルギーを貯蔵し、電力系統の安定化にも大きな役割を果たしています。

これらの揚水発電の利点をもとに、フォイトはお客様のニーズに合わせたソリューションのための技術開発を進めています。つまり、速効性と柔軟性です。たとえば、可逆式ポンプ水車や可変速システム技術の開発といった技術革新によって、電力需給の変化に応じた迅速かつ柔軟な運用が可能となりました。電力不足などの事態にも、揚水発電所からすぐに電力を供給することが出来るのです。

揚水発電技術は、これまで一世紀以上にわたって、世界中でエネルギー貯蔵手段として用いられてきました。実際、フォイトが1908年に完成させたブルンネンミュレ発電所は、ドイツで最初の揚水発電所となりました。今日では、ブルンネンミュレは、世界中のフォイトグループの水力発電技術を開発する研究拠点となっています。近年、世界各国の政策決定機関は、再生可能エネルギーへより一層関心を寄せています。

風力や太陽光などの不安定なエネルギーと、水力発電や揚水発電といった安定的なエネルギーを組み合わせると、産業規模で信頼できる安定した再生可能エネルギーを提供できるようになるでしょう。

今回のHyPowerでは、多目的で多機能な揚水発電について詳しくご紹介しています。

広報部長

ウーテ・ボーリンガー＝マイ

IMPRINT

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

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

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

In cooperation with:
Burda Creative Group GmbH
www.burdacreative.com

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。
hypower@voith.com



twitter

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

Photographs:

Cover: Rüdiger Nehmzow; p. 4-5: Fotolia/Anton Balazh (3); Dawin Meckel (2), p. 6: Adriano Gambarini/Duke Energy Brasil collection, p. 8-9: Rüdiger Nehmzow; p. 11: Dawin Meckel; p. 12-13: Illustration: Hokolo 3D (2); p. 15: Naturstromspeicher Ulm GmbH (2); p. 16-17: Dawin Meckel (3); p. 19: Telmo Banha; p. 20-21: Eskom Ingula; p. 22-23: Shutterstock/2265524729, Rather be Flying!; p. 26-27: EnBW; p. 32: Dawin Meckel; p. 37: Manitoba Hydro; p. 38-40: Antonio Carreiro (2); p. 41-42: Antonio Carreiro (6); p. 44-45: herbertnitsch.com (3); p. 46: Dawin Meckel; p. 47: Fotolia/Anton Balazh (3)

All other photos are from Voith Hydro.



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

- 2 IMPRINT
- 3 EDITORIAL
- 6 WHAT'S NEW
- 7 ON TOPIC
- 43 WORLD OF VOITH
- 44 GUEST PERSPECTIVE
- 46 COFFEE BREAK

AGENDA SETTING

- 8 PUMP FOR THE FUTURE
信頼と実績のテクノロジー、
揚水発電の大きな可能性

GREEN ENERGY MIX

- 15 WIND AND HYDRO:
JOINING FORCES
水力と風力をつなぐ革新的なプロジェクト

- 16 THE INVISIBLE POWER STATION
高効率、大容量な地下揚水発電所

- 18 A BOLD LEAP FORWARD
可変速技術が開く揚水発電所の
新しい可能性

- 20 A GLOBAL PROJECT
南アフリカにおける国際的な
揚水発電所プロジェクト

- 22 ADAPTING AND EVOLVING
アメリカの揚水発電所の耐用年数を伸ばす試み

FULL-LINE SUPPLIER

- 24 AMONG THE WORLD'S
LARGEST
中国の水カインフラ支援——
再生可能エネルギーへの転換を目指して

SUCCESSFUL PARTNERSHIPS

- 26 SAVING IFFEZHEIM
求められる発電所のスピードと完璧さ

- 28 SMALL HYDRO
MULTI-TALENTS
新旧小水力プロジェクトの品質と信頼性

FROM THE ARCHIVES

- 30 PIONEERING TECHNOLOGY
ドイツ初の揚水発電所

GLOBAL EXPERTISE

- 32 A BRIGHT FUTURE
上海フォイトの20年とその成果

- 35 KEEPING THE WHEELS
TURNING
カナダ全土で展開するフォイトの
サービスと近代化

- 38 POWERING LATIN AMERICA
南アメリカにおけるフォイトのビジョンと
リーダーシップ

- 41 LIVING THE PROJECT
従事し、経験する——
ブラジルの「現場」における一日



PROJECT DIRECTORY

- 47 AROUND THE WORLD
本号で紹介されたフォイトハイドロの
プロジェクト一覧



MODERNIZATION IN BRAZIL

ブラジルでの近代化事業

ブラジル—— ブラジルではフォイトによるシャバンテス水力発電所の1号機の改修が完了し、パラナパネマ川の水を利用した安定した電力供給がおこなわれています。

フォイトはさらにその発電所で1970年から稼働している3台の水車・発電機を改修する予定で、発電所の全発電容量は414MWに達します。デューク・エナジー社が管理するシャバンテス水力発電所は、水車・発電機および電気・機械設備を含む3台の発電設備一式の近代化改修工事を実施する予定です。

SOUTHEAST ASIAN PUMPED STORAGE

東南アジアの揚水発電

タイ—— タイのラムタコン発電所の増設工事が最近発注されましたが、これは、将来有望な揚水発電の市場が、成長へと踏み出した新たな一歩と言えるものです。

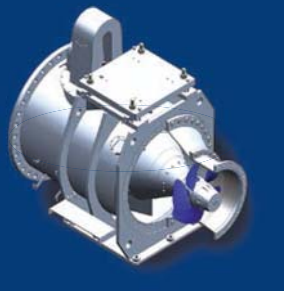
ラムタコンは、フォイトハイドロによる東南アジアで最初の揚水発電所設置事業ですが、水力発電の新興地域においてフォイトの存在感を大いにアピールするものです。タイ電力公社(EGAT)によって発注されたこのプロジェクトは、255MWの立軸ポンプ水車2台、発電電動機2基、自動制御システム、電気・機械設備一式の納入から、土木工事、据付工事に及びます。全ての工事が完了すると、ラムタコン揚水発電所の発電容量は現在の約2倍の1,000MWとなる予定です。

SMALL, SMART, EFFICIENT

小さく、賢く、効率的に

イタリア／日本—— マイクロチューブラ水車・発電機は、フォイトが提供するスマートで高効率な小水力分野の製品であり、発電機とともに既存の配管システムに最小限の工事で設置することができるコンパクトなシステムです。

マイクロチューブラ水車はベルト駆動式発電機や可動羽根式カプランにより水流を調節します。マイクロチューブラ水車の設置が見込まれる場所としては、工場、浄水場、下水処理場、灌漑用水路などが挙げられます。製品の標準化を進めることでコストと工期の削減を図り、設置時の作業や土木工事を最小限に抑えるようにしました。



小水力に格好のソリューションとしてのマイクロチューブラ

これらの努力により、フォイトの品質基準を変えることなく経済的にも「ミニ」な小水力ソリューションへの需要に応じることができました。マイクロチューブラ水車はS、M、Lの3サイズで、必要なヘッドとフローに合わせて直列や並列といった配置を自在に選択することができます。各水車の落差は2メートルから20メートル、出力は3kWから250kWの範囲で取り揃えています。日本の富士・フォイトハイドロが開発し、フォイトハイドロ・イタリアが地域の要望に合わせて採用したマイクロチューブラ水車は、既に市場の注目を集めています。

HIGH QUALITY AGAINST THE CLOCK

時間に対して高品質

インド—— インド最大の揚水発電所で軸受の交換が必要になったとき、発電所を運用するタタ電力は同国のノイダに拠点を置くフォイトハイドロを指名しました。ピーラ揚水発電所プロジェクトは現在更新計画中で、その200MVAの発電電動機に用いる新たな軸受の設計、性能改善、製作、納入、据付および現地試験をフォイトが担当しています。新しい軸受は11か月以内にお客様に納品される予定です。発電所は現在も大都市ムンバイに電力を供給しているため、45日以上停止することはできません。インド最大の総合電力会社であるタタ電力がフォイトを指名したのは、一世紀以上に及ぶ両社の協力関係を踏まえてのものです。両社の関係はフォイトが1911年にタタ電力のコポリ発電所に初めて4基の13MWの水力発電設備を納品して以来、続いています。

今週の水力発電写真

下記のQRコードをスキャンまたは twitter.com/Voith_Hydro にアクセスすると、Twitter上でフォイトハイドロの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。



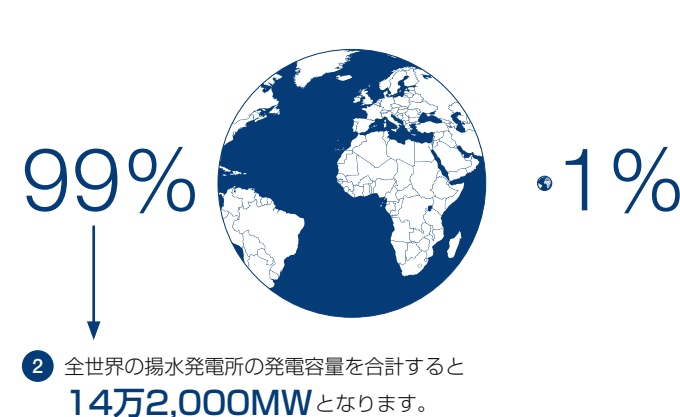
COMPARING STORAGE TECHNOLOGIES

蓄電技術を比較する

大きさ、経済性、耐用年数、そして環境性能。エネルギーシステムに揚水発電が占める役割の可能性を数字が物語っています。

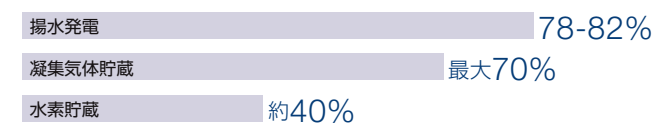
① シェア

世界の蓄電能力の99%を揚水発電が占めています。残りの1%は蓄電池や圧縮空気貯蔵、その他の貯蔵技術によるものです。



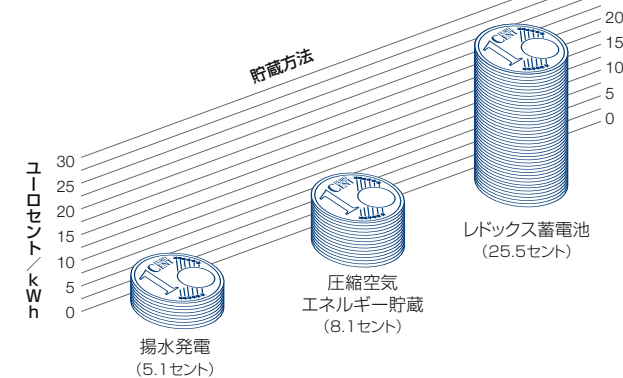
③ 高効率

揚水発電の効率は水素貯蔵の2倍です。



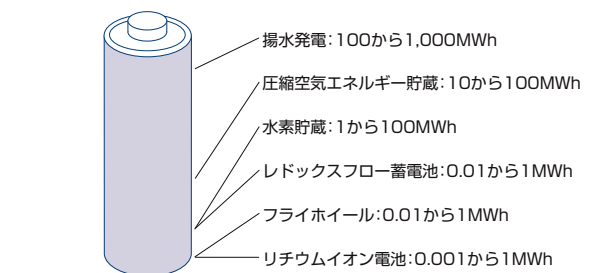
④ 費用効果

短期的な電気貯蔵の各種方法におけるkWhあたりの追加費用(2010年を参照)



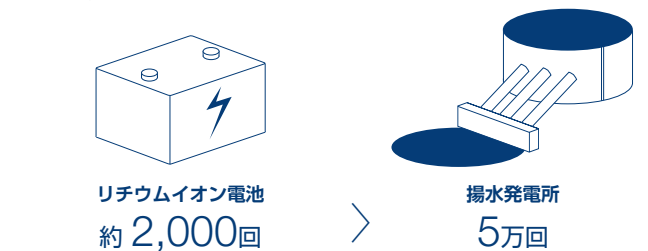
⑤ 大容量

他の形態のエネルギー貯蔵方法とは比較にならないほど大きい揚水発電の潜在的な発電容量。



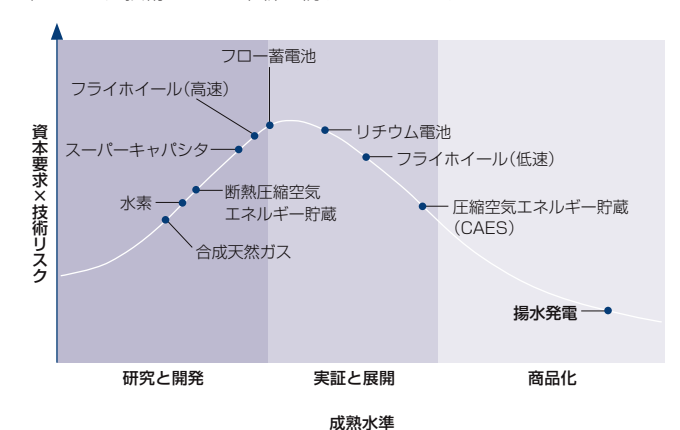
⑥ 強靱な耐久性

揚水発電所の耐用年数は他の多くのエネルギー貯蔵手段を遥かに上回っています。



⑦ 成熟した技術

多様な貯蔵技術の市場に対する即応性——揚水発電は既に商品化され、確立された技術であり、革新が続けられています。



出典：①② IEA analysis and EPRI (Electronic Power Research Institute), *Electrical Energy Storage Technology Options*, Report, EPRI 2010; own research ③⑤ and ⑥ SRU 2011, Büniger et al. 2009, Oertel 2008; supplemented by own data ④ DLR/Fraunhofer IWES/IFNE, *Long-term scenarios and strategies for the deployment of renewable energies in Germany in view of European and global developments* (BMU-Leitstudie), 2010, ⑦ Decourt, B., and R. Debarre, *Electricity storage Factbook*, Schlumberger Business Consulting Energy Institute, Paris, France and Paksoy, H., 2013; "Thermal Energy Storage Today" in *IEA Technology Roadmap Energy Storage*, p. 16., 2014.

PUMP FOR THE FUTURE

揚水発電の未来

揚水発電所は、短期的なエネルギー貯蔵だけでなく、迅速、柔軟、効率的に送電網をサポートしています。揚水発電所によって再生可能エネルギーが完全なものになるにつれて、揚水発電所の重要性は増してゆきます。

「これは私たちが前世紀に経験した最初のエネルギー転換とは異なりますが、電気供給システム自体に大きな影響を与えるものとしては最初のものです」と言うのは、フォイトハイドロの研究開発部長、クラウス・クルーガです。彼はドイツを例に、1960年から70年代に石炭から石油へ、そしてその後の30年間で原子力への転換が進められたと説明します。「これらの変化はどれもエネルギー源の変化に過ぎません。一方、送電網システムの構造は従来のまま変化しなかったのです」。

▷

▷ クルーガが言うように、従来は石炭や原子力が十分な量のエネルギーを継続的に生産していたため、電力供給の構図において、エネルギーを貯蔵するシステムは必ずしも重要なものではありませんでした。エネルギーは石炭、石油、ウラン、天然ガスといった天然資源を使用して貯蔵され、それらを用いた発電は需要の増減によって調節されてきました。クルーガの言葉を借りれば、従来の順序は「まず貯蔵し、次に発電する」だったのです。しかし、風力や太陽光などの再生可能エネルギーによる発電は、通常コントロールできない自然現象の結果として発生するため、需要とは全く無関係です。そのため、現在行われているエネルギー転換政策では、従来の順序から「まず発電し、次に貯蔵する」へと変化したのです。この点で揚水発電の果たす役割は大きく、再生可能エネルギーの供給不足を回避し、その電力を貯蔵・放出することで、化石燃料による発電の代わりにもなり得ます。

20世紀初頭から使われ続けている揚水発電所は、ピーク負荷時に電力を補うためのエネルギー貯蔵手段として用いられるものだと考えられてきました。しかし、世界各国で太陽光や風力の重要性が増すにつれ、送電網の安定を確保するためのフレキシブルでダイナミックな手段として、揚水発電所はその本領を発揮しつつあります。

風力と太陽光は、石炭や原子力と比べて環境への負荷は小さいものの、天候という不安定な要因に左右されるため、発電量を調整することができません。多く発電できる季節や時期もあれば、ほとんど発電できない時もあります。

「しかし、送電網に不可欠なのは、何よりも信頼できる供給能力なのです。仮に何GWもの巨大な発電容量を備えた太陽光発電設備があったとしても、常に確実に供給できる量はゼロに近いのです。陸上の風力発電所でもその値は1%程度に過ぎません」とクルーガは指摘します。たとえば、



「数年前までは、送電網へ電力を供給するまでに2分から3分を要しました。現在は最大出力でも60秒以内に稼働できます」。

イリ・クートニック
フォイトハイドロ 水車・発電機サポート技術部部長

2013年にドイツ東部で突発的に発生した濃霧は太陽光発電に影響を与え、8GWもの電力不足に陥りました。「このような事態に備え、代替手段が必要です。発電量が需要を超過した場合には電力を保存し、発電量が不足した場合は迅速かつ柔軟にその不足分を供給できるような仕組みがなければ、送電網は不安定となり、停電が発生しかねません」。

かつての揚水発電所は、明確な「運転」と「停止」のスケジュールに沿って、日に2回ポンプと水車を交互に稼働させることで送電網のバランスを取るよう運用されていました。しかし、インフラが整備され、柔軟な電力供給への需要が増大する

と、揚水発電所の技術も進歩を遂げました。「現在では、わが社のポンプは毎日、より短時間に7回から8回稼働します。装置はより高速かつ耐久性のあるものでなければなりません」と言うのは、フォイトハイドロで発電機の技術的サポートを統括するイリ・クートニック。彼は、タンデム揚水発電所を参照してこう述べます。「数年前までは、送電網へ電力を供給するまでに2分から3分を要しました。現在は最大出力でも60秒以内に供給できます」。

揚水発電の長所の中でもスピードは特に重要です。なぜなら、停電した状態から発電する、いわゆるブラックスタート



- 1 中国、泰安(Tai'An)。日本、中国、ドイツのフォイトの拠点がこの揚水発電所の設備を納入しています。(富士・フォイトハイドロが全体の技術的取りまとめを実施)
- 2 オーストリア、ライセック第二発電所。アルプスでのプロジェクトに用いる2台のランナの1台を検査中。

があるからです。クルーガはその理由をこう説明します。「水力発電所は、水門やバルブを開き、発電機ローターを磁化させるための僅かな電力さえあれば起動させることができます。停電時には、水力が素早く大量の電力を送電網に送り込み、化石燃料や原子力を利用する発電所を再起動させるのです」。

▷

GERMANY AND THE ENERGY TRANSITION

ドイツとエネルギー転換政策

ドイツ政府は2022年までに原子力発電を全廃し、2050年までに電力供給の80%を代替可能エネルギーで賄うという、野心的な目標を掲げています。

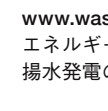
フォイトとアーヘン工科大学が共同で行った調査により、揚水発電を活用することで2050年までに新たに最大で5TWh時の再生可能エネルギーが利用できるようになるとの結果を得ました。しかし、ドイツエネルギー機構(DENA)のチーフ・エグゼクティブであるシュテファン・コーラー氏が指摘するように、この数字を実現するためには、やるべきことがあります。「現在の経済政策では、揚水発電に対する重要な投資は行われていません。揚水発電の利点に対する補償が適切ではないからです。効率的なエネルギー貯蔵に対して、もっとインセンティブがあるべきです」。

DENA、フォイトおよびその他の著名なパートナー企業は、「揚水発電所——エネルギー転換のパートナー」と題したプラットフォームを立ち上げ、さまざまな問題に対処しています。コーラー氏が説くように、投資としての揚水発電は、極めて息の長いプロジェクトです。その計画から建設には10年から20年を要し、さらに償却期間は60年にも及びます。こうしたことを考えると、ドイツが揚水発電の巨大な潜在力を実用化するには、早急な変化が必要です。その実現により、「再生可能エネルギーの利用を進める他国に対して我々は主導的な役割を担うことができるはずです」と、コーラー氏は指摘しています。

揚水発電についての詳しい情報は、オンラインにてご参照ください。



www.pumpspeicher.info
DENAプラットフォーム:揚水発電——
エネルギー転換におけるパートナー(ドイツ語のみ)



www.wasserkraft.info
エネルギー転換を通じて再生可能エネルギーを支援する
揚水発電の方式とその未来



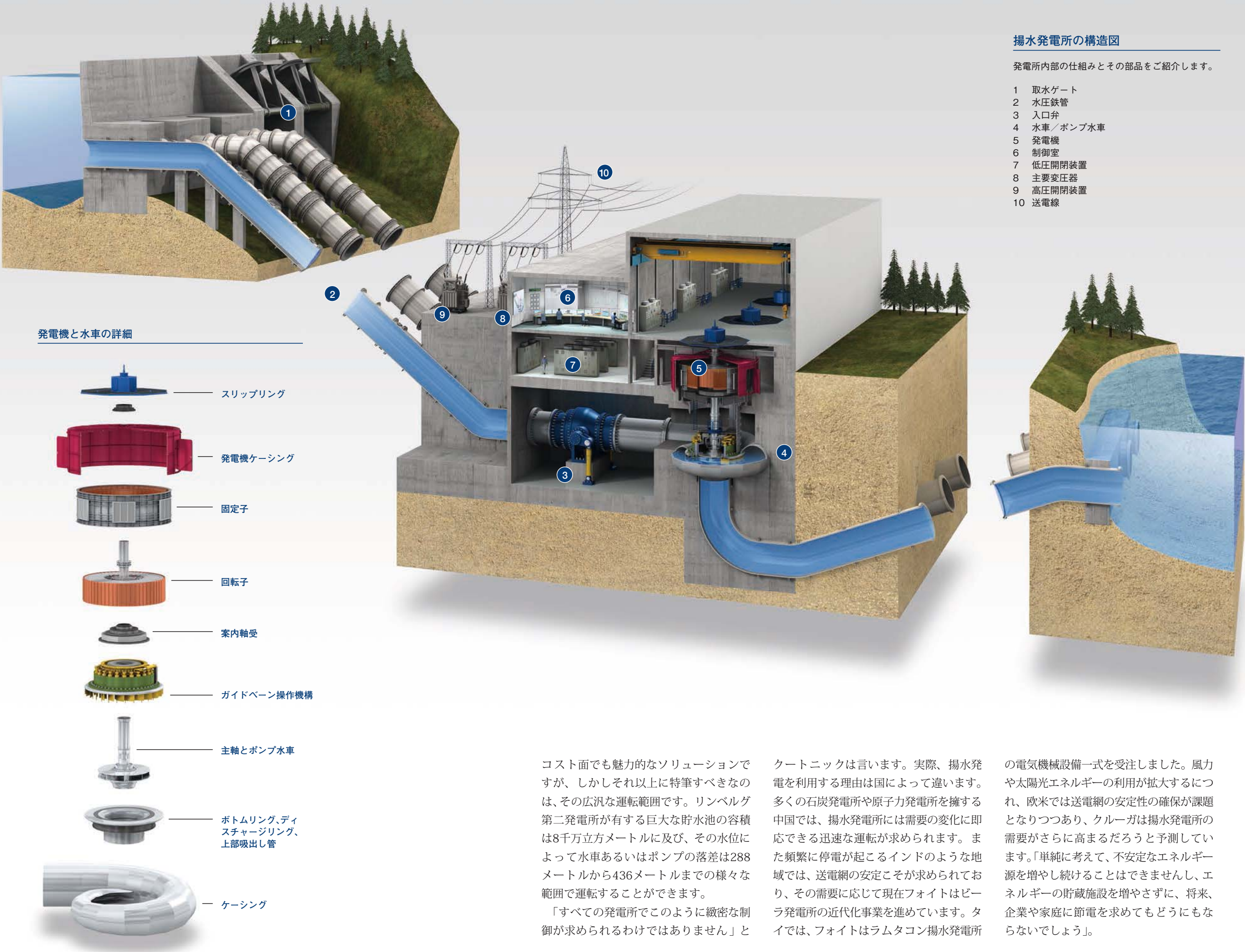
www.voith.com/psp
フォイトハイドロの揚水発電設備・サービスの概要



▷ 揚水発電の技術は既に完成していますが、その開発は現在も続いています。特に最近では可変速揚水の技術が進歩を遂げつつあります。不安定な風力発電が国の電力供給源の大きな割合を占めるポルトガルでは、現在、フォイトによりフラデス第二揚水発電所に2基の可変速機を設置する工事が、進行しています(18頁参照)。「従来のポンプ水車は一定の速度でしか運転できませんでしたが、新たに開発された巻線形誘導発電電動機は、ポンプ運転のスピードを変化させることができます。これにより送電網から得るエネルギーをより細かに制御することができ、運転の柔軟性や発電効率を高めることができるのです」とフォイトハイドロの発電機技術部門の副部長であるトーマス・ヒルディンガーは説明します。

オーストリアのコップス第二発電所には、フォイトの革新的な専門技術の一つの例があります。コップス第二発電所は、発電電動機、水車、そしてポンプを組み合わせたタンデム揚水発電所で、油圧式トルクコンバータによって水車とポンプの運転をわずか数秒で切り替えることが可能です。「流路を短絡し、両方を同時に運転させることもできます」とクートニックは説明します。「こうしてポンプのパワーを制御することで、発電機の回転速度が一定であっても、可変速機のように高い効率と柔軟性を実現できるのです」。具体的に数字を挙げると、コップス第二発電所はピーク時に数秒間で送電網に525MWのエネルギーを供給し、あるいは450MWの余剰エネルギーを送電網から受け取り貯蔵することができます。

一方、同じオーストリアのリンベルグ第二発電所では、極めて広い運転範囲を持つ可逆式の固定速ポンプ水車が用いられています。アルプス山中に設置されたこの発電所が有する2基の240MW可逆式ポンプ水車は、両方向に駆動できるため、ポンプと水車の機能を自在に切り替えることが可能です。スペースが削減できるため、



揚水発電所の構造図

発電所内部の仕組みとその部品をご紹介します。

- 1 取水ゲート
- 2 水圧鉄管
- 3 入口弁
- 4 水車／ポンプ水車
- 5 発電機
- 6 制御室
- 7 低圧開閉装置
- 8 主要変圧器
- 9 高圧開閉装置
- 10 送電線

コスト面でも魅力的なソリューションですが、しかしそれ以上に特筆すべきなのは、その広汎な運転範囲です。リンベルグ第二発電所が有する巨大な貯水池の容積は8千万立方メートルに及び、その水位によって水車あるいはポンプの落差は288メートルから436メートルまでの様々な範囲で運転することができます。

「すべての発電所でこのように緻密な制御が求められるわけではありません」と

クートニックは言います。実際、揚水発電を利用する理由は国によって違います。多くの石炭発電所や原子力発電所を擁する中国では、揚水発電所には需要の変化に即応できる迅速な運転が求められます。また頻繁に停電が起こるインドのような地域では、送電網の安定こそが求められており、その需要に応じて現在フォイトはビーラ発電所の近代化事業を進めています。タイでは、フォイトはラムタコン揚水発電所

の電気機械設備一式を受注しました。風力や太陽光エネルギーの利用が拡大するにつれ、欧米では送電網の安定性の確保が課題となりつつあり、クルーガは揚水発電所の需要がさらに高まるだろうと予測しています。「単純に考えて、不安定なエネルギーを増やし続けることはできませんし、エネルギーの貯蔵施設を増やさずに、将来、企業や家庭に節電を求めてもどうにもならないでしょう」。

ON PUMPED STORAGE

揚水発電について

揚水発電所の可能性について—— ハイケ・ベルクマンに聞く



フォイトハイドロ・ハイデンハイムの取締役であるハイケ・ベルクマンは、長年にわたりエネルギー産業に関わってきました。その経験から、再生可能エネルギーを主体としたエネルギーシステムへの転換を実現する上で、多機能な揚水発電所の貢献が不可欠であると確信しています。

今後エネルギーシステムの転換が進むにつれ、揚水発電所がどのような役割を果たすと考えますか？

現在、世界の多くの地域で再生可能エネルギーへの転換が進められており、風力や太陽光の利用が拡大しています。出力が不安定なこれらの再生可能エネルギーの割合が増すほど、より多くの揚水発電所が必要となります。揚水発電所は電力を貯蔵でき、安定的かつ柔軟な出力を確保できる多機能なシステムです。こうした機能を利用し、風力や太陽光などによる発電量が需要を超過した場合に、その超過分を貯蔵することで、再生可能エネルギーの無駄を防ぐことができます。たとえ全ての火力発電所が停止しても、揚水発電所はエネルギーの超過分を取り込むことができます。そして数時間後には、貯蔵した電力を必要に応じたタイミングで瞬時に送電網へ放出し、需要を満たします。これにより、風力発電所や太陽光発電所は出力超過を心配することなく稼働し、電力供給の安定にもつながります。

火力発電と比べ、揚水発電にはどのくらいのコストがかかるのでしょうか。

化石燃料を用いる発電所と揚水発電所はそもそも追及する目的が異なり、また揚水発電の費用は燃料消費に伴って発生するものではないため、直接的な比較は困難ですが、平均すると揚水発電では1kWにつき1,350ユーロのコストが発生します。一方、石炭火力発電所の投資費用は1kWにつき1,300ユーロです。しかし、忘れてはならないのは耐用年数の差です。揚水発電所の耐用年数は60年から80年、あるいはそれ以上であるのに対し、従来の火力発電所は30年から40年にすぎません。このことを考慮すると、火力発電所の投資費用は揚水発電所の2倍として比較すべきでしょう。

電力の貯蔵手段として、電池という選択肢についてはいかがでしょう。

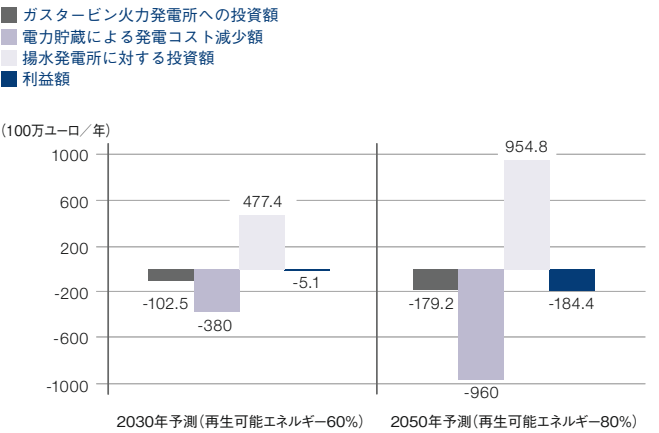
現在のところ電池は揚水発電よりも高価です。そして、将来においても価格は変わらないでしょう。リチウムイオン電池の場合、kWhあたり少なくとも600ユーロのコストがかかるのに対して、揚水発電所では最大でもkWhあたり50ユーロに過ぎず、立地によってはこれより更に低くなります。また、充電できる回数についても、電池は揚水発電よりも遥かに少ないのです。

フォイトハイドロはアーヘン工科大学の研究に参加し、ドイツのエネルギー転換に対する揚水発電所の貢献を調査しました。どのような結果が得られたのか、簡単にお伺いできますか。

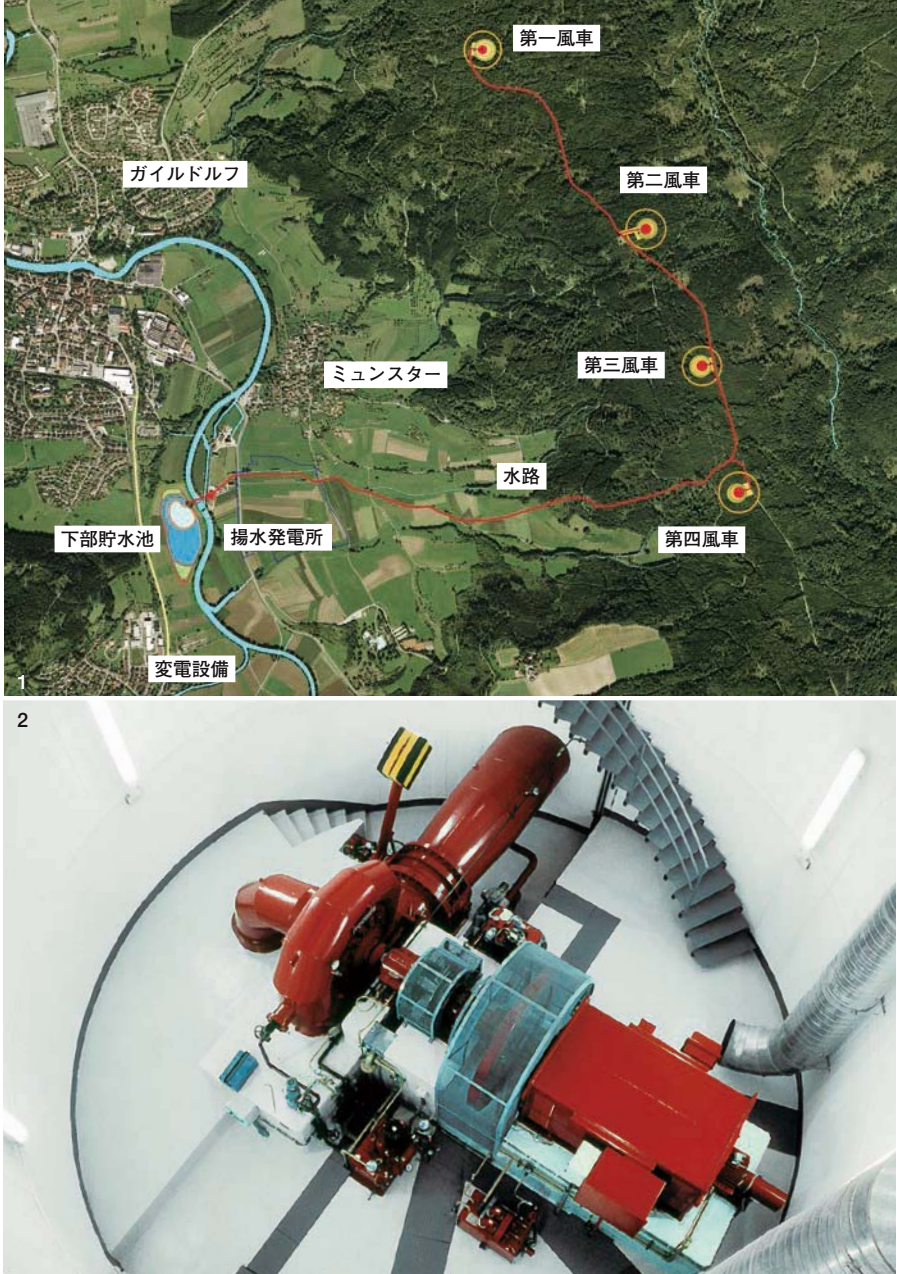
研究の結果、揚水発電所がドイツのエネルギー転換政策、すなわち再生可能エネルギーシステムを再生可能な発電手段への転換において、不可欠な役割を果たすことがわかりました。研究によると、2030年以降、ドイツでは揚水発電所と連携することで、風力と太陽光から生じる余剰電力の70％を利用することが可能になるとしています。この推定に基づき、揚水発電によって利用が可能となる余剰電力を計算すると、その値は2030年までに6TWh、2050年までには17.6TWhに達します。揚水発電の利用は効率的であるだけでなく、再生可能エネルギーの無駄を防止するという点で、コスト面でも合理的なのです。

今後、エネルギーシステムの柔軟性を確保する役割を揚水発電が担うにつれ、現在その役割にあるガスタービン火力発電所の削減が可能になります。これにより燃料コストは減少し、稼働中の既存の発電所はより効率的に利用され、さらには、電気料金も安定するでしょう。

発電コストの減少額(100万ユーロ／年)



出典: Institute of Power Systems and Power Economics, RWTH Aachen University: Supporting the Energy Transition in Germany through Pumped Storage: Potential for Improvement of Economic Viability and Supply Reliability.



1 ガイルドルフ発電所では、揚水発電と風車とを直接接続しています。

2 揚水発電所内部

詳しい情報については下記サイトをご覧ください。
(ドイツ語のみ)
www.naturstromspeicher.de

ナー氏は、揚水・風力デュアルシステムは風車のハブが高い位置にあるため、通常の風力発電機より20％ほど高い出力を得られると述べます。再生エネルギーは出力が変動しやすいため、柔軟で効率的なエネルギー貯蔵システムに対する関心は近年、さらに高まりつつあります。

再生可能エネルギーを利用する上で最も大きな課題は自然であり、機器を設置するためのスペースの確保であるとシェヒナー氏は述べます。限られたスペースを有効に利用するためのアイデアが必要とされ、貯水池を風力発電設備の中に組み込む構想が生まれました。また、エネルギー産業において環境への負荷も無視できない課題です。シェヒナー氏は、次の技術的なステップは、柔軟なポリエチレン製の素材を用いた水路を設置することだと言います。「森には自然にできた道とインフラがあります」と彼は説明します。「従来のパイプはそうした森の中を貫いて敷設されたため、木々を伐採しなければなりませんでした。柔軟なパイプを用い木々の間をぬうように設置すれば、環境への影響を最小限に抑えられます」。

シェヒナー氏が望むのは、ガイルドルフでの取り組みが、再生可能エネルギーへのより多様かつ柔軟なアプローチにつながることです。設置が容易で、制御しやすく、柔軟性の高い小規模発電所と、発電量を最大化して高い費用対効果を達成する大規模発電所。どのようなタイプの発電所を設置するかは、地理学的な知見に基づいて決定されます。その選択肢の多様性を広げることで、水力発電業界は再生エネルギーの発電量を増やし、効率を高めていくことができるだろうと、シェヒナー氏は述べました。

WIND AND HYDRO: JOINING FORCES

風と水、二つの力をつなぐ

再生可能エネルギーの技術革新により、必要な場所での揚水発電の稼働が可能になりました。

ドイツ、バーデン・ヴュルテンベルク州に建設される発電所では、初めてのプロジェクトとして揚水発電と風力発電が一緒に運用されています。

自然エネルギーの貯蔵を専門とするナチュアシュトロムシュバイヒャー社の極めて革新的なガイルドルフ・パイロットプロジェクトにおいて、フォイトも設備を納入する予定です。このプロジェクトは現

在工事中ですが、風力発電と揚水発電を、新しい方法で結合させようとしています。ガイルドルフの揚水発電所には、天然の下部貯水池と、4か所の小さな上部貯水池があり、それぞれの上部貯水池に隣接して風力発電機が設置されています。完成すると、風車のハブの高さは178m、その発電容量は一台あたり5MWに及びます。同社の取締役であるアレクサンダー・シェヒ

THE INVISIBLE POWER STATION

見えない発電所

新たに建設されたライセック第二発電所は、アルプス山中で「環境に優しい電池」としての役割を担っています。

オーストリア南部の、まるで絵画のような眺望のメルタル渓谷。アルプスの地中深くでは、250名もの熟練した技術者たちが、日夜作業に勤しんでいます。掘削された地下トンネルとその先の地下空間には、水力発電所の最先端の機械設備が設置され、幅25m、奥行き58m、高さ43mに及ぶ広大な地下空間では、投光器の下で技術者たちが機械設備の据付を行っています。一見すると、軍隊の掩蔽壕^{えんたいごう}か、スパイ映画の悪役が根城にする地下要塞のように見えますが、ここはヨーロッパで最も近代的で、大きな出力を誇る水力発電施設なのです。フォイトから派遣された技術者たちは、現在、ここで215MWの可逆ポンプ水車2台の据付作業を行っています。

メルタルにおける水力発電の歴史は長く、1948年から61年かけライセック・クロイツェック発電所が建設され、1978年にマルタ発電所が完成しました。いずれも独自の貯水池、発電機、水路システムを備えていました。今年のライセック第二発電所の完成によって、オーストリアの発電業者であるフェルブンド社はこれら



1 ガイドベーン操作機構の据付作業

2 地下室内で次の工程について話し合うフォイトのエンジニアたち

3 ライセック=マルタ系統に接続されたロッタウ発電所とロッタウ貯水池



下記URLにてライセックの動画を
ご覧になれます。(ドイツ語のみ)
[www.verbund.com/pp/de/
pumpspeicherkraftwerk/reisseck-2](http://www.verbund.com/pp/de/pumpspeicherkraftwerk/reisseck-2)

の二つの発電所を21世紀の設備として接続しました。「新発電所は、これまで2か所の独立した発電所を一つに結び付けるものです」と本事業の責任者であるフォイトハイドロのマルティン・ヌスミュラーは説明します。「新しい貯水池やダムを建設する必要はありません。また、既存の水路も一部流用できます。二つの設備をつなげる労力はごく僅かですが、全体の発電容量は40%も増加する見込みです」。

新設備の出力を最大化するため、フェルブンド社は、最も効率の高い水車を設置しなくてはなりませんでした。「フォイトハイドロが受注できた理由の一つは、模型試験のデモンストレーションにおいて、際立った効率を示すことができたからです」とヌスミュラーは言います。「水車はランナ^{ランナ}のエネルギー密度が高いほど高効率になります。つまり、ランナが小さければ、極めて高い出力を期待できるわけです」。渦巻ケーシングはステンレス鋼製のガイドリング方式とし、ステアリングは一体鍛造構造が採用されております。これらはフォイトハイドロのザンクトペルテン工場で組み立てられ、コンパクトな形態のユ

ニットとして出荷されました。「これまで培ってきた知識と教訓が、本プロジェクトで大いに役立ちました。フォイトがここ数年間にオーストリアで多数の揚水発電所建設に携わった経験の賜物です」。

再生可能エネルギーへの転換は、今やヨーロッパ全体の課題です。しかしそれは、太陽光発電設備や風車を増設すれば実現するという単純な話ではありません。太陽光や風力は出力が一定しないため、それらの自然エネルギーだけに頼れば、電力供給は極めて不安定となります。ライセック第二発電所のような揚水発電施設は、この問題に対する有力な解答の一つなのです。「この発電所は、電力供給の調整という視点から、需要のピーク時にはエネルギーを供給する一方で、需要変動に応じて風力や太陽光発電所からの余剰電力を取り込む役割も果たします」とヌスミュラーは言います。2台の水車はいずれも可逆式で、ポンプとしても水車としても利用できるため、電力供給が過剰となればポンプとして電力を貯蔵し、需要が増えれば水車として電力を供給することができ

るのです。需給の変化に対応するため、システムには素早い応答速度が求められます。「このため、送電網の負荷変動にどれだけ早く応答できるかは重要なパラメーターです。この発電所では、風力発電所約200か所分に相当するエネルギーをほぼ瞬時に貯蔵・放出できます」。こうして電力供給の安定性を確保することは、オーストリアだけでなく、近隣の諸国の電力利用者にとても利益となります。

ライセック第二発電所は2015年から送電網と接続されて稼働を開始し、それに伴い地下空間は封鎖され、建設機材は全て撤去される予定です。新たな貯水池やダムを造ることもなく、ライセック=マルタ系統をヨーロッパで最も強力な水力発電施設の一つへと変えた「見えない発電所」の痕跡は、一本の道路だけなのです。

オーストリアの水力発電

オーストリアの全再生可能エネルギーのうち、水力は約63%を占めています。



A BOLD LEAP FORWARD

力強い前進

ポルトガルのフラデス第二発電所でフォイトは確立された技術に新たな強みを加えました。

既に一世紀以上にわたり、揚水発電所はエネルギー・ネットワークの中核として活躍してきました。近年、再生エネルギーへの転換が求められるにつれ、その補助的役割は一層重要性を増しています。揚水発電の効率や性能の改善は絶えず行われてきましたが、基本的な技術にはほとんど変化がありませんでした。しかし、その技術が、今まさに変わろうとしています。ポルトガル北西部のフラデス第二発電所で、フォイトハイドロの技術者たちが設置工事に当たっているのは、2台の可変速可逆ポンプ水車で、各390MWの出力

を有します。この2台のユニットは単独で稼働するのではなく、カバード、ラバガオ、オーメンの三つの川に設置された8か所の発電所のカスケードシステムに加わることでとなります。

フラデス第二発電所はこの種の設備としてはヨーロッパで三番目のもので、2015年に送電網に接続され稼働を開始すると、ヨーロッパで最大の可変速揚水発電所となります。可変速の時代が始まるようとしているのです。

「この発電所で特に重要な要素は、DFIM（二重給電誘導発電機）と呼ばれる、特別

な非同期型発電電動機です」と、フォイトハイドロ・ハイデンハイムでプロジェクト・マネージャーのヴィーラント・マッテルンは説明します。「回転速度が系統周波数50Hzに固定されていた従来の同期機と異なり、DFIM機では回転速度が系統周波数と無縁であり、回転速度を調整することができます」。この新しいシステムには二つの長所があります。一つは、系統が有効電力や無効電力の調整を必要とする際に、迅速かつ柔軟な応答が可能だということです。従来の設備の場合、揚水運転時にはオンとオフの2通りのモードしか選択できませんでしたが、新システムでは与えられた速度範囲において自由に制御できるため、系統の要求に応じた入力調整が可能になります。この利点は入札過程で大きな決定要因となり、今後は他の市場でもさらに重要となるでしょう。第二に可変速機は、従来の固定速機と比べて、電圧降下時の安定性に優れているため系統停電のリスクを低減し、仮に停電が発生しても迅速に再起動できるため、電力の安定供給にさらに貢献するという点が挙げられます。

この規模の可変速発電電動機を製作することは、それ自体が技術的な挑戦で、特に回転子は一から設計する必要がありました。その経緯をマッテルンはこう説明します。「フラデスの回転子は、同期発電電動機の磁極を回転子リムに取り付ける突極型ではなく、通常は固定子に用いられるような三相巻線型を採用したのです。しかし、静止した固定子とは違って、回転子は375rpmもの速さで回転するため、

巻線は極めて大きな遠心力に晒されることになります」。これに加えて、従来の同期機の回転子と比べ、フラデスの回転子には大容量周波数変換器から極めて高い電圧と電流が加えられます。その変換器は固定速の場合と比べて実に25倍の容量となり、当然重く大きなものとなります。「こうした内容はすべて回転子の設計に大きく影響し、このプロジェクトのために完全に新しい製品開発が行われたのです」。同時にフォイトハイドロは新たな電気保護システムも開発しました。「新しい変換器は、これまでのモデルより遥かに高速です」とフォイトハイドロ・エンジニアリングセンターの副社長であるトーマス・ヒルディンガーは言います。「それゆえに保護

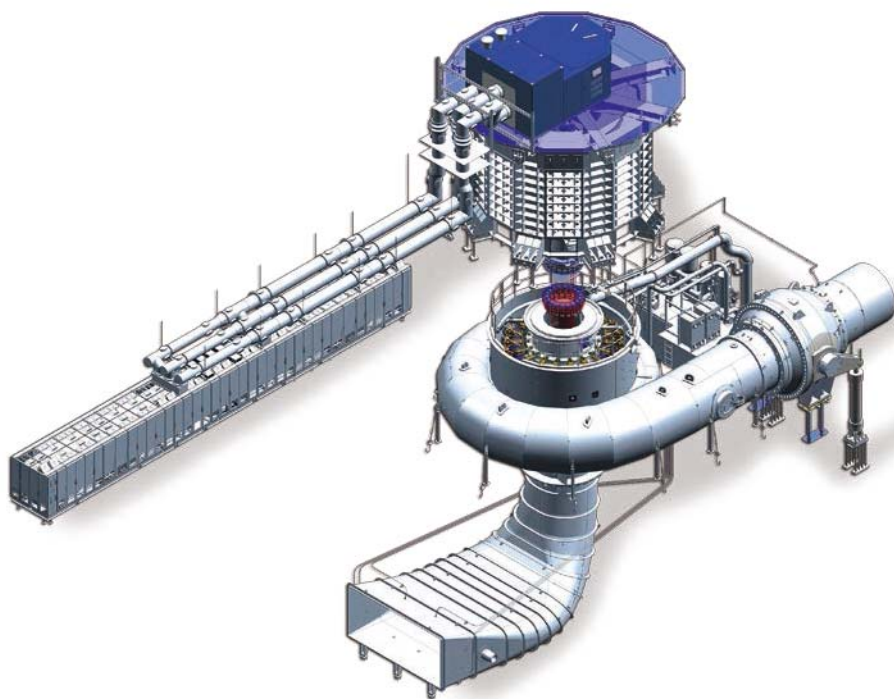
システムについても、従来と比べてより高度な要求を満たすものを開発する必要がありました」。

こうした技術的革新の結果は、さらなる電力供給の信頼性と安定に寄与する発電所に結びつきます。性能の改善を図る中で得られた変化は一見小さなものでも、実は大きな影響をもたらしています。フォイトのパワーユニットサポート技術部部長、イリ・クートニックによれば、「たとえば5%の電圧降下が発生した場合、従来の固定速機が安定を保持できる時間は約150ミリ秒(1ミリ秒=1000分の1秒)です。150ミリ秒の後、発電機は送電網から切り離されます。並列しなおすには再び

同期させる必要がありますが、それには約1分間を要します。一方、フラデス第二発電所の場合、電圧降下後に安定性を保持できる時間は600ミリ秒です」。これは大きな進歩には見えないかもしれませんが、重要な意味があるのです。ヒルディンガーはこう説明します。「その差は、極端な事態を想定すれば、通常の運転を継続できるか、あるいは広汎な地域での停電を引き起こしてしまうかの分かれ道になるのです」。

ポルトガルの水力発電

ポルトガルの再生可能エネルギーのうち、42%近くが水力発電によって賄われています。



柔軟な運用を可能とする可変速機——フラデス第二発電所の3Dモデル



組立室にて積層作業の開始を待つ回転子ハブと新たに開発された半自動式鉄心積みプラットフォーム



A GLOBAL PROJECT

あるグローバル・プロジェクト

アフリカ最大の揚水発電所で、国際的な共同事業が進められています。

世界中のフォイトの専門家たちが団結すると、すばらしい成果が得られます。その一例を、南アフリカ東部、レディスミスという町に近い、壮大な風景が広がるクワズルナタル州の地に見ることができ、ます。灼熱の太陽が照り付ける地表に、半ば埋もれた巨大な姿を見せているのは、完成すればアフリカ大陸で最大となるイングラ揚水発電所です。この大規模プロジェクトが計画されたのは1980年代でした。フォイトハイドロ・ハイデンハイムのプロジェクト・マネージャー、マルクス・ミュラーはこう語ります。「最終的な立地がイングラに決定するまで、約20か所の候補地が検討されました」。それから30年が経ち、プロジェクトがほぼ完成に近づいた

今、イングラ揚水発電所は1,368MWもの電力を生み出します。富士・フォイトハイドロの副プロジェクト・マネージャー、平田晶久は、この揚水発電所は「南アフリカ全土への安定した電力供給に極めて大きな役割を担うことになる」と言います。

ドイツのミュラーと日本の平田の貢献は、このプロジェクトの国際性と協力の重要性を表しています。実際、イングラ揚水発電所におけるフォイトの役割は広範囲にわたります。ドイツのハイデンハイム、アメリカのヨーク、ブラジルのサンパウロ、そして中国の上海。これら世界の四都市の拠点から、それぞれの資源を結集し、プロジェクトを成功に導いたのです。

たとえば、ハイデンハイムのフォイトハイドロは、4台のポンプ水車、入口弁、SCADAシステム、その他電気機械付属設備の納入といった中核となる業務を担当しました。「これらの設備は、世界中のフォイト支社へ発注されました」とミュラーは言います。このようなことからミュラーはこのプロジェクトを「まさにグローバル・プロジェクト」と呼ぶのです。

平田が所属する日本の富士・フォイトハイドロもこのプロジェクトを支える重要なパートナーです。富士・フォイトハイドロは、フォイトハイドロのグローバルネットワークの一員として、373MVA発電電動機4台の納入を担当しました。平田によると「これまで納入した中でも最大規

- 1 上空から見るイングラ揚水発電所の周辺には美しい自然が広がります
- 2 発電所建設には世界各地のフォイトの拠点が力を合わせました

模のもの」でした。イングラのプロジェクト以前から、ミュラーと平田はフォイトハイドロのマネジメント研修プログラムに参加して以来の知り合いです。この研修で彼らが学んだことは、現在のプロジェクトに生かされ、これからも活用されることでしょう。こうした研修もまた、グローバルに展開するフォイトの組織と理念を表しています。

もうひとつの参加企業、フォイトの関連会社でドイツのバイロイトに拠点を置くフォイトペーパーは、暖房、換気および空調システムの納入を2011年に受注しました。

この種の揚水発電所は、技術的には新しいものではありませんが、夜間の余剰

電力や、風力や太陽光など再生可能エネルギーから作られた余剰電力を上部のベッドフォード調整池に貯留し、送電網がエネルギーを必要とする際には水を下池のブラームヘック調整池へと放流して発電します。この確立された技術により、イングラ揚水発電所は南アフリカ東部における安定した電力供給に大きく貢献することでしょう。

イングラはすばらしい自然環境に囲まれています。発電所の計画と建設に際しても、このことは常に念頭に置かれました。自然と美しい山並みへの影響を最小限のものにするため、大部分の設備を地下に設置することとなったのです。

発電設備だけでなく、様々な設備の大半についても地下に設置することが極めて重要だとミュラーは言います。「地上に発電所を建設した場合と比較すると、環境負荷は同じではありません」。その一方で、こうした巨大なプロジェクトが環境に及ぼす全般的な負荷の大きさを認識しているミュラーは、法的な環境規制への適合チェックに関しバードライフ・サウスアフリカをはじめとするさまざまな野生生物保護団体や環境保護従事者と共同でおこなったことに満足しています。

計画と準備に30年以上をかけ、イングラ発電所はようやく完成へと近づきました。世界各地、さまざまな分野で働くフォイトの専門家たちを結集して建設されたこの揚水発電所は、急速に拡大する南アフリカのエネルギー需要に対して、大きく貢献しようとしています。

南アフリカの水力発電

南アフリカでは、再生可能エネルギーによる発電容量のほぼ70%を水力発電が担っています。

ADAPTING AND EVOLVING

順応と発展

アメリカで長年可動してきた揚水発電所に、
更なる寿命をプレゼント。

誕生日の記念として、より長い寿命を贈ることは最高のプレゼントではないでしょうか。来年、発電所の稼働50周年を祝うアメリカン・エレクトリック・パワーズ(AEP)のスミスマウンテン揚水発電所に、フォイトはそんな贈り物を届けました。AEPの子会社であるアパラチアン・パワーが経営するスミスマウンテン揚水発電所は、戦略的に重要な発電所として、バージニア州ロアノーク川に建設され、1964年に完工した二つの貯水池とダムは、1966年には満水時に2万5千エーカーの水面と、それを

囲む600マイルの湖岸とを生み出しました。地域に電力を供給するとともに、住民や観光客が立ち寄る憩いの場所となってきました。

長く、そして多岐に利用

スミスマウンテン揚水発電所は、もともとアメリカで急増した原子力発電の電力調整機能として開発された最初の揚水発電所でした。原子力発電所が電力調整を必要とする理由は、フォイトハイドロ・ヨーク(VHY)の営業部長グレッグ・スナイダーによると、安全性を最優先とするため、電力需要に合わせた負荷調整運転が禁止されているからということです。元来、揚水発電はそのような電力調整に対応するための施設であり、スミスマウンテン揚水発電所も例外ではありませんでした。今日、スミスマウンテン揚水発電所はAEPの原子力、火力発電のような従来の発電所の電力調整だけでなく、太陽光や風力など再生可能エネルギーの電力調整の役割も

担い、その利用価値を高める目的にも利用されています。

フォイトは、アメリカにおける揚水発電所の発展に重要な役割を果たしてきました。フォイトが関わった事業には、フォイトが直接携わったものもあれば、アリス=チャルマーズ社、S.モーガン社、ウェスティングハウス社といった会社や、シーメンスとの合併企業により携わったものもあります。フォイトはこうした実績からアメリカの水力市場の実態や、OEMのノウハウ、専門知識を培ってきました。

運転開始から半世紀を経たスミスマウンテン揚水発電所は、3台のポンプ水車と2基の旧式の水車・発電機を備えており、アメリカ内で他の水力発電所にもよく見られる水車・発電機と揚水設備の組み合わせです。この発電所の寿命を伸ばすプロジェクトとして、VHYは発電機の改修工事を実施しました。このうち、発電機2基の固定子巻線の巻き替え工事をカナダのフォイトハイドロ・ミシソガが担当しました。さらに直近では、この発電所で最大容量になる3号機の回転子リム再焼き嵌め作業をVHYにて実施しました。

信頼と徹底

「一つ一つの事業を成し遂げてゆく中で、フォイト、発電所所有者、管理運用者との間に大きな信頼と尊敬とが構築され、成功へと導いてくれました」とスナイダーは語ります。フォイトの幅広い専門知識と、顧客の満足を追及しようとする姿勢が、AEPに受け入れられたのです。

AEPでエネルギーメンテナンスを監督するジム・スラッシャー氏は、「フォイトの対応は我々の期待以上のもので、初期の運転試験で発生した問題を解決し、契約以上の成果を挙げてくれました」とその時の体験を熱く語りました。

「2号機の回転子磁極取り付け部に、深刻なクラックが発見された時でも、フォイトはその対策と費用について包み隠さず説明した上で、我々が運転再開を最優先で考えていることをフォイトの担当チームや下請け業者にも周知徹底してくれました。スミスマウンテン揚水発電所でのフォイトの仕事ぶりを見れば、その品質が高

く評価されている理由も納得できます」。

一方、3基のポンプ水車ユニットはどうだったのでしょうか。スラッシャー氏は得意げにこう答えます。「ポンプ水車ユニットは3基とも元のまま、一度も更新されていません」。これはスミスマウンテン揚水発電所の稼働年数を考えると、極めて異例なことと言えます。「いつ更新が必要になるかと聞かれれば、その必要が生じた時だと答えるでしょう。現在のところ、問題は一切生じていないので更新は必要ないのですが」と彼は言います。そして、3基のポンプ水車は全て、現在フォイトの子会社であるアリス=チャルマーズ社が製造したものです。まさしく、「時がその品質の高さを証明した」のです。

アメリカの水力発電

アメリカは水力発電の発電容量で世界第3位、南北アメリカではブラジルに次いで第2位の水力発電大国です。





洪屏プロジェクトチームと
発電所に最初に設置された
分岐管

AMONG THE WORLD'S LARGEST

世界最大の狭間で

再生可能エネルギーの拡大を目指す中国にも、フォイトの水力発電設備は納入されています。

中国は再生可能エネルギーの利用を飛躍的に増大させる計画を掲げており、具体的には2020年までに中国の全エネルギー生産の20%を再生可能エネルギーで賄うというもので、この計画の中で揚水発電は中核的な役割を担っています。国際エネルギー機関によれば、2020年までに確保されるべき揚水発電所の発電容量は、中国全土で合計54GWに及ぶとさ

れますが、現在、中国で設置されている揚水発電所の発電容量は19GWに過ぎません。この再生可能エネルギー目標を実現させるための一歩として、上海から南西750kmの地にある江西省洪屏(Hong Ping)に新しい揚水発電所が建設されており、フォイトはその設備の納入を請け負っています。洪屏発電所の発電量は、建設の第一段

階を終える2015年に1,200MW、さらに全基が稼働すると2,400MWとなることが計画されており、これは揚水発電所で世界最大規模となります。洪屏発電所はその規模から見ても大きな挑戦となります。水車効率と安定した運用のバランスを取り、顧客の要求を満足させなければなりません。そこで、コンピュータ解析と模型を用いたモデルテス

トを行いながら最善の方策を探し、機器設計と形状を具体化しました。

モデルテストは2013年7月に滞りなく完了し、この事業の大きな進歩となりました。数値流体力学を駆使したコンピュータによる最適化計算は100回以上行われ、契約時に保証した性能を上回る効率が得られました。フォイトのエンジニアリングセンターでポンプ水車の開発に携わり、洪屏のモデル開発にも参加した水力設計技師、ダニエル・アンツィガーは、次のように語ります。「大規模な可変速揚水発電機を用いたポルトガルのフラデス第二発電所(18頁参照)等の事業と同様に、洪屏の事業でわが社が成し遂げた新素材開発や新技術設計は、揚水発電分野で確固たる地位を築き世界をリードすることでしょう」。

フォイトは洪屏のプロジェクトにおいて中国最大の電力事業者である国家电网公司から揚水発電ユニット4基の納入を任されています。各ユニットは同期型発電機、可逆式フランシスポンプ水車、調速制御装置、入口弁、励磁装置、自動制御装置その他の周辺機器を備え、その単機発電容量は300MWに及びます。

洪屏事業に納入する発電ユニット開発の過程では、水車や発電機の設計の最適化など、多くの技術的な進展が得られました。こうした新技術は、新たな顧客から揚水発電機を受注する道を開くことでしょう。

洪屏事業の発注元である国家电网公司は、まず水車起動時の安定性を可能な限り

高めることを要求しましたが、これについてはランナ形状のカスタム設計を行うことで対応したとアンツィガーは言います。またその一方で、貯水量から可能な限り多くの電力を得られるように、極めて高い水車効率も求められました。「通常、起動時の安定性を高めることは、効率を犠牲にすることと表裏一体です。しかし今回のお客様は、この二つを同時に要求したのです。これに応えるため、わが社は精密な測定機器と最短の設計プロセスで対応し、測定の結果を反映して設計を修正するループを繰り返すことによって、設計を最適化していきまし」とアンツィガーは語ります。またこの他に、ポンプと水車の運転モードについても、両者をバランスさせる最適解を達成しました。

フォイトは発電機に対しても最適化を行い、軸でのガイド軸受摺動面部の軸振れ量を0.03mmから0.015mmに改善しました。この改善は、2本の軸をボルトで結合させて組み立てる従来のやり方を廃し、一体成型によるシャフトを設計することによって実現したと、フォイトハイドロ・上海の副社長であるヘリオ・モイノは説明します。モイノは最高製造責任者として、洪屏に納入した部品を含め、製造と品質活動を統括しています。

さらにフォイトは、発電機回転部についても、新素材と新エアガイド構造を導入した設計を行いました。新たに取り入れた発電機回転部の通風設計では、従来のファンによる強制通風ではなくリム通風を取り入れることで、発電機の冷却効率の改

善を達成しています。フォイトハイドロ・上海で洪屏のプロジェクト・マネージャーであるバン・ジピンは、事業の進行にともなって生じた問題を解決するこの二つの新設計を「誇りに思う」と言います。「揚水発電所の建設は非常に複雑な事業ですが、さらに新しい設計や素材を用いた構造を管理することはより大きな挑戦になります。ドイツと中国の従業員が一つのチームとして共に働き、製造、購入、そしてプロジェクトの管理に当たり、この課題に取り組んだことに特に感銘を受けました」。

洪屏で発生する技術的な問題に対処するため、フォイトは早くからプロジェクト会議や専門家を集めた検討会議を開き、横断的なアプローチによる解決を図ってきました。世界各国の多様な部署から上海へと呼び集められた専門家たちは、水車、発電機、自動制御、発電所のバランス、調達、製造、現地サービス、資材輸送、共同作業などの各部門に分かれて知恵を出し合いました。

こうして生み出された技術革新は、洪屏の事業を成功に導き、フォイトは経済成長の巨大なエンジンの一つであるこの国で、電力供給の安定化と、クリーンなエネルギーの拡大において、大きな役割を果たすことができました。

中国の水力発電

世界最大の水力発電市場を有する中国では、一国で世界の水力発電容量の約四分の一を占めています。



1

1 ライン川に築かれたイフェッツハイム堰の外観

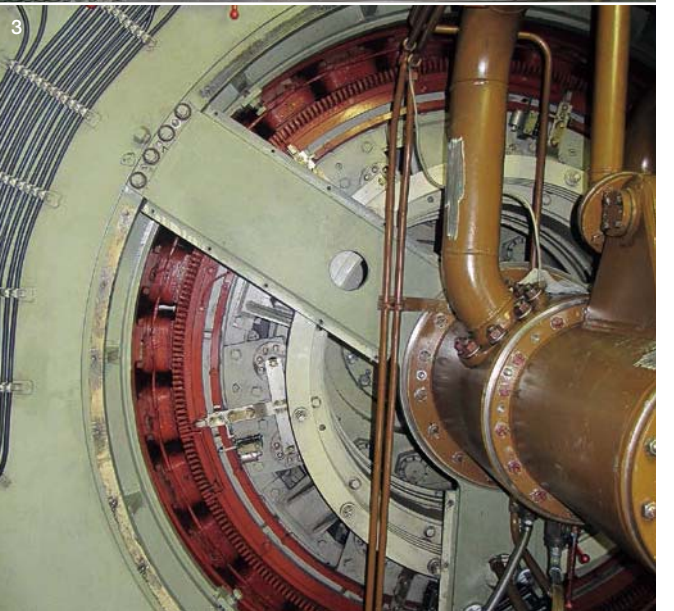
2 フォイトの工場で行われているディスチャージング

3 フォイトによる点検中の機器内部

2



3



SAVING IFFEZHEIM イフェッツハイムを救え

フォイトハイドロは、問題に直面している発電所に対し、損傷の防止や迅速な修理に関する的確なソリューションを提供します。

イフェッツハイム堰は、フランスのアルザス地方、ドイツとフランスとの国境をなすライン川に1970年代後半に建設され、河川の水量調節と発電の二つの役割を担っています。発電設備は4台で、それぞれが28.3MWの容量を持ち、1976年、フォイトは4台の水車設備を納入しました。今日、イフェッツハイムは、このタイプの水力発電所としては国内最大規模です。

2013年10月、この発電所の技師たちは、4台のうち1台のランナボス内に大量の水が漏れていることに気づきました。「まさに

突然の出来事でした」。フォイトハイドロ・ハイデンハイムの営業部長、アロイス・ターグリーバーは言います。「ランナ水密シールの一つの小さな損傷がランナ内への大量の侵水を引き起こしたのです」。お客様とフォイトの間で対策会議を行い、損傷を受けたランナの固定部品を修理するための工事が昨年開始されました。

イフェッツハイム発電所での工事の作業条件は、非常に厳しいものでした。発電所の構造のために搬入出寸法が制限されました。一方で、個々の部品寸法がとて大きく、ディスチャージングだけでも直径5.9mにも及びました。さらに、多くの機械部品にはアスベストを含んだ防食用塗料が使われていたため、安全性への懸念もありました。「私たちはお客様との良好で密接な関係を築き、その上で最高の安全基準を設定しています」とターグリーバーは言います。最も難しいのは、ランナまわりの多くの部品が分解されるまで、実際の工事範囲が判明しないということでした。「問題が生じているとは推測していませんでしたが、今後40年間の安定した運転を保証するために、私たちはベアリングを分解し、通常どおり非破壊試験を行いました。ところがこの検査

の結果、スラスト軸受とディスチャージングのみならず、主軸自体にも腐食が発見されたのです」とターグリーバーは説明しました。したがって、主軸は表面修理のため取り外されることになりました。主軸は30トンを超える一体品で、分解はまさに至難の業です。「私たちは足場と荷重に耐える引出し治具を構築し、シャフトを取り外しました。現場はまるで鉄骨の森のようでしたよ」とターグリーバーは振り返ります。

フォイトハイドロ専門家チームの迅速かつ柔軟な支援によって、補修工事は、2015年3月の運転再開に向けて順調に進んでいます。今後起こり得る損傷および発電所の停止を防ぐことや、短期間で発電所設備の全容量を復旧させることで、イフェッツハイムは、フォイト改修事業における、すぐれた成功事例となるでしょう。

ドイツの水力発電

ドイツは水力を含む再生可能エネルギーによる発電を、2020年までに電力供給の35%とする目標を設定しています。

SMALL HYDRO MULTI-TALENTS

多様な小水力

革新的なソリューションと信頼性への定評によって、ケスラーは小水力のマーケットリーダーとなりました。

フォイトの子会社であるケスラーは、小水力事業においてその品質を高く評価されています。ここではケスラーの高品質の秘訣を探る例として、最近実施したアフターサービス(AMB)事業と新設事業の二つの事例を紹介します。一つはドイツ、ホッホシュタットでの水車とベルト駆動装置の更新事業、もう一つはオーストリア、トレーポラッハにおける水力発電所の新設事業です。

きめ細かなアフターサービスによる顧客満足の確保は、ケスラーの業務の中核となる理念であり、ホッホシュタットの更新はその好例です。1985年、ケスラーはホッホシュタットにおいて、小水力発電の設立に主導的な役割を担いました。そして、30年ににわたり発揮し続けた性能の高さが、ケスラーが2014年に再び、バルブ水車とベルト駆動装置の更新事業で指名されたことからもうかがえます。

「発電所の心臓部は、銅製の4枚羽根ランナです」とケスラーのアフターサービス部を率いるクルト・シープは言います。「しかし、この部品が摩耗していたために、発電所が往時の効率を達成することはもはや不可能となっていました」。ケスラーに与えられた工期は短く、1月に作業を開始して、4月半ばには据付けを終えて稼働を再開するというものでしたが、ケスラーの技術者陣は、羽根外周を溶接補修し、ディスチャージリング流水面を修正加工

しました。さらには、ガイドベーン補修において、メンテナンスフリーのガイドベンプッシュを適用し、加えて、水車軸受を新製しました。これらの効果により「発電所の出力は著しく向上しました」とシープは述べました。

長い年月の間使い続けられた設備は、顧客企業理念でもある持続性からみて、運用者の懸念材料であったとシープは説明します。「作業は完了しました。今後30年間、更新の必要はありません」。これは地域のエネルギー供給、特にホッホシュタットの町にとってはすばらしい知らせでした。

風光明媚の地として知られ、名高いナスフェルトのスキー場には毎年数多くの人が訪れるトレーポラッハは、気候や地形の点で、小水力発電にとって理想的な立地条件を備えていると、ケスラーの企画販売部長カール・ウィーダーは言います。



1



2

- 1 トレーポラッハに建設された小水力発電所の動力源であるオセリツェン川の急流
- 2 新たな輝きを見せるケスラーが補修したホッホシュタットの4枚の羽根ランナ

美しい自然の中にいると、環境に関心ではいられなくなります。ウィンタースポーツの名所の中にあって「発電所は、エネルギーを大量に消費するスキー施設を持つ地域に貢献しています」とウィーダーは言います。実際、運用者であるクラブトヴェルクスゲゼルシャフトトレーポラッハ社の計算によると、トレーポラッハ水力発電所は「二酸化炭素排出量6,811トン分、または放射性廃棄物11.9kg分の削減に貢献し環境を保護」しています。

ケスラーに対する高い評価は、80年にわたって小水力事業の成功を積み重ねた歴史の上に築かれたものであり、ホッホシュタット更新やトレーポラッハ新設の事業はそのことを如実に示しています。小水力発電への需要が高まる中、フォイトハイドロは今後もこの分野のさらなる強化に努めてゆきます。

それは、極めて豊富な降水量と、オセリツェン川の急流です。

与えられた自然環境に対し、設備を最適化するためにケスラーの設計者は最良の技術的組合せを考案しました。ケスラーが開発した二つの水車モデルPV6i/1080/330と発電機PV4c/650/160

は、最新のものではありませんが、「直列して設置されたのはこのプロジェクトが初めて」だと、ウィーダーは言います。これにより、16.5GWh、およそ4,700世帯の需要を満たして余りある、環境に優しいエネルギーを得ることができました。山々の眺望を眺め、肌で感じることのできる

PIONEERING TECHNOLOGY

技術を開拓する

一世紀以上前、ハイデンハイムにあるフォイトハイドロのブルンネンミューレ研究開発センターとともに、ドイツで最初の揚水発電設備が設置されました。

発明やアイデアは、それが日の目を見て初めて、先駆的で革新的なものだと認知されると言われています。それは多くの場合、進取の精神や先見性、それに現実的・実践的な必要性が組み合わさることによって生み出されます。このことは、フォイトハイドロの本社があるハイデンハイムに建設された、ドイツ最初の揚水発電所にも当てはまります。建設に当たったフリードリヒ・フォイトは、後に効率的なエネルギー貯蔵に不可欠となった揚水発電所の技術を実用化する上で、決定的な役割を果たしたのです。それから一世紀を経て、今日、揚水発電は、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを大量にかつ効率的に貯蔵し、柔軟に放出することで、電力供給の高信頼性と電力システムの安定性を確保するために不可欠な手段となりました。しかし、フリードリヒ・フォイトは、彼が作っていた設備が百年後にそうした理由で重要になるとは、夢にも思わなかったでしょう。

設備の建設にあたって重要視されたのは、それが実用的な利益をすぐにもたらすという点でした。このように差し迫った必要性があるときに、団結して技術的なソリューションを生み出すのは、今も受け継がれるフォイトの企業文化です。設備の目的は、ちょうど前年に購入したブルンネンミューレの水車小屋を、高圧水車の開発試験を行う研究所として利用するために、必要な電力と高圧水源とを供給するというものでした。この建設は、12台のフランシス水車をナイアガラフォールズ水力発電所に納入する契約を新たに締結したことで、拍車がかかりました。ナイアガラの水車は、高い性能と回転速度とを得るために、可能な限り高精度で設計される必要があったからです。

こうして1908年夏、ブルンネンミューレから100mほど高い位置にある、ハイデンハイムのシュロスベルクに貯水池が造成されました。この貯水池は、近くの湧

ブルンネンミューレ貯水池	
直径	36m
深さ	8m
容積	8,000m ³

き水を水源とし、多段式の遠心分離ポンプによって充水する仕組みになっていました。ポンプに必要とされる電力は、約15km離れたヘルマリンゲンにあるフォイトの水力発電・試験施設から、やはりフォイトにより敷設された高圧送電線を通じて供給されました。その原理は単純かつ独創的であり、今日用いられる揚水発電所のそれと変わりません。ポンプは夜間や休日に生じる安価な余剰電力を利用して駆動され、水を貯水池へと送ります。その水を日中にはブルンネンミューレへ向けて放流し、発電用の水車を動かして、試験施設が必要とする水と水圧を供給します。これらの設備がまさしく揚水発電所として用いられたその日、ブルンネンミューレはフォイトハイドロの最初の試験施設となりました。それはフォイトの歴史の極めて重要な一歩でした。上海、ヨーク、ノイダ、サンパウロ、ヴァステラスなど、世界各地に研究開発拠点を所有するようになった現在でも、ブルンネンミューレはフォイトの技術開発の心臓部であり続けています。

なお、このドイツ初の揚水発電所の貯水池や、水車、発電機、ポンプといった各種の設備は、現在もその姿をとどめており、歴史的遺構として登録されています。遺構の由来を説明する案内板には、次のように記され、フォイトの業績を伝えています。

「(ハイデンハイムのある)ヴェルテンベルク州の揚水発電施設の中でも、とりわけこの最初の施設は、揚水発電技術の開発に先駆的な役割を果たした」。

1908年当時のフォイトは、揚水発電施設の稼働原理が一世紀以上後の世界でもその重要性を失わないことを予測できなかったかもしれません。しかし今日、揚水発電技術はコスト効率、貯蔵効率、貯蔵規模など多くの面で電力貯蔵の最適ソリューションとして認識されています。さらには、出力変動の大きな再生エネルギーを用いた電力供給が世界的に増大するに伴い、揚水発電所は新たな、そしてこれまで以上に大きな価値を認められつつあります。



- 1 深さ8mの貯水池の建設が進行中
- 2 完成し、満水状態の貯水池は、ハイデンハイム周辺の丘の上にある

上海工場にて
製作中の水車

A BRIGHT FUTURE

輝く未来

創立20周年を迎えたフォイトハイドロ・上海は、
水力発電の有望な未来を見据えています。

フォイトハイドロ・上海が今年11月に創立20周年を迎えることを記念し、中国での水力発電や再生可能エネルギーの開発に先駆的な役割を果たしてきたフォイトの軌跡を振り返ってみます。その歴史は、1910年、雲南省石龍壩(Shilongba)に建設された中国最初の水力発電所に水車を納入したことから始まります。

その後一世紀以上にわたる中国との協力関係において、フォイトはこの国での記念碑的な事業に常に最高品質の機器とサービスを提供してきました。たとえば、1967年の河北省崗南(Gangnan)では中国最初の揚水発電所の建設プロジェクトに携わり、1983年の雲南省魯布革(Lubuge)では、海外の事業者に開放された中国最初の水力発電事業に、世界銀行からの融資を受けて参加しました。

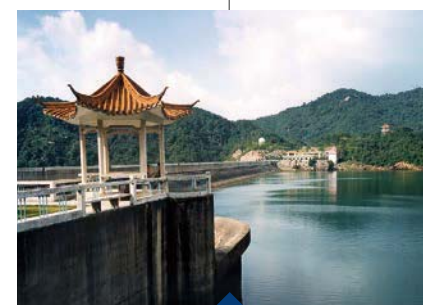
1994年に上海電力会社との提携によりフォイトハイドロ・上海が設立されると、中国での事業は急激に進展しました。フォイトハイドロ・上海は中国の水力市場に特化した設計、エンジニアリング、製造方法を取り入れることで、中国での事業活動を拡大し、三峡ダムをはじめ数多くの大規模なプロジェクトに参加するメジャー・サプライヤーとしての地位を確立してきました。従業員は600人を数え、その99%が現地の中国人によって占められるフォイトハイドロ・上海は、フォイトハイドロが世界各地に有する事業所の中でも第二の規模を持つ製造拠点へと成長しました。ローカライゼーションこそが成功の鍵だと、フォイトハイドロ・上海の代表取締役、マーティン・アンドレは言います。「当社のローカライゼーションの取り



福源伊始 二十载风华卓行
Together, Moving Forward for a Reliable Future

1910

中国最初の水力発電所、石龍壩(Shilongba)の建設に際し、フォイトが水車と発電機を納入。



1994

フォイト、シーメンスおよび上海電力会社の合併企業として、上海福伊特水電設備有限公司(SHEC)を設立。

世界最大級の揚水発電所、広州(Guangzhou)第二発電所に300MWのポンプ水車と発電電動機4台を納入。



2004

三峡ダムに700MW水車・発電機6台の初号機を出荷。同ダムは世界最大の水力発電所で、水車・発電機も同種のものとしては当時世界最大。

2007

中国で最も高落差の超大型水車となった錦屏(Jinping)第二発電所に610MWフランスス水車8台を受注。

組みは、設計、エンジニアリング、製造、プロジェクト管理から現地サービスに至るあらゆる事業分野に及んでいます。地理的、文化的にも近いことは、中国や東南アジアの市場で競争力を獲得する上で有利に働きました。

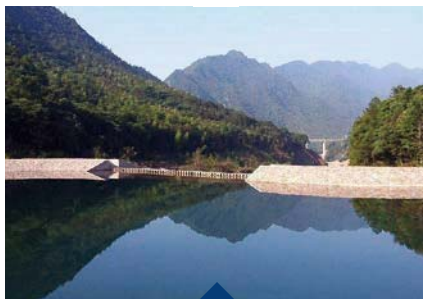
また、フォイトハイドロ・上海は、世界中の拠点から卓越した人材を集めたフォイトハイドロ国際エンジニアリングセンターの上海支社と技術的な専門知識やノウハウのやりとりを行っています。上海支社では、体系的な研修制度と人材開発コースを提供しており、従業員に世界的なジョブ・ローテーションの機会を与えています。

国際化への取り組みの一環として、フォイトハイドロ・上海は、新たな市場へ向けた製品を開発しています。中国市場において入口弁の製造に強く、地元でシステムエンジニアリングをおこなっているフォイトハイドロ・上海は、アジアやアフリカの市場にも販路を拡大し、さらなる国際的なプロジェクトにも装置を納入しています。この戦略が成功を収めたのは、中国国内の水力発電市場での好調な業績と、本社からの強力な支援の賜物だと、同社のマーケティング最高責任者兼副社長であるタン・シュー(Tang Xu)は言います。「当社のチームは勤勉で忠誠心があり、何よりもこれまでのプロジェクトで培った水力発電技術の豊富な経験があります」。

フルライン・サプライヤーとしてフォイトハイドロ・上海は、業界でも優位を保っています。また熟練した技術によるエンジニアリング、高品質の製造能力の点でも信頼できるグローバル・サプライヤーとし

2008

溪洛渡 (Xiluodu) ダム向けの水車・発電機3台を受注。
同ダムは世界3位の規模を持つ水力発電所で、
フォイトの歴史上最大容量の水車・発電機。



2012

洪屏 (Hong Ping) 揚水発電
所への300MWのポンプ水
車・発電電動機と関連設備
を受注 (24頁参照)。

2014

パキスタンのタルベラ発
電所拡張工事に対して
470MWのフランシス水
車と発電機3台、自動制
御システム、周辺機器と
電気機械設備を納入。
また東南アジアで複数
の案件を受注。

▷ て評価されています。フォイトハイドロ
はその世界中に広がるグループ内で、設
計、製造、品質とプロジェクト遂行などの
基準を厳格に適用し、協力しています。定
期的に開催されるプロジェクト会議では、
フォイトハイドロのネットワークから世
界中の専門家が集められ、プロジェクトが
最適な成果を挙げられるよう協力します。

中国とそこに住む人々にとって、水力
発電の恩恵は電力供給だけではありませ
ん。フォイトも参画した三峡ダム事業で
は、揚子江の流量調節が可能となり、洪水
の制御が容易になりました。かつて10年
に一度の頻度で大規模な洪水に見舞われ
てきた錦江周辺の平野部では、ダムの完成
によりそのリスクは僅か100年に一度へ

と劇的に減少し、人々の命と生活とが守ら
れることになりました。

中国は既に総発電容量280GWに及ぶ水
力発電所を建設しましたが、これは地球上
の水力発電容量の25%に相当し、他の国々
を大きく引き離すシェアとなっています。
さらに中国には、400GWから500GWと
推定される巨大な包蔵水力があります。
中国政府の5か年計画は再生可能エネル
ギーの重要性を強調しており、2020年ま
でに二酸化炭素排出量の45%を削減する
としています。この目標を達成する上で、
最も強力な再生可能エネルギーである水
力発電の開発が鍵となるはずだと、アンド
レは結びます。

揚子江に建設された世界最大の水力発電所、三峡ダム



改良された原型機——フォイトが修復したボワントデュボアの1920年代の製品

KEEPING THE WHEELS TURNING 輪を回し続ける

アフターサービスと近代化改修によって、フォイトは長い歴史を持つ
カナダの発電所から最大限の性能を引き出します。

水力発電量世界第4位のカナダは、電力供給の大部分を水力で賄
う数少ない国の一つでもあります。約500か所の水力発電所に合
計1,500基の水車・発電機があり、設置からの平均年数は既に約60
年に達しています。こうした市場の成熟に伴い、設備の老朽化に
よるアフターサービスや近代化改修のニーズが高まっています。

カナダ全土への事業展開を達成してから既に10年以上が経ち、
フォイトハイドロはそのアフターサービス(AMB)について揺る
ぎない評価を獲得しています。フォイトハイドロ・カナダの本社
はケベック州プロサールにあり、エンジニアリング、カスタマーサー
ビス、事業開発、プロジェクト管理、大規模水力、小規模水力、オート
メーション、アフターサービス事業の各部門から構成されていま
す。アフターサービスを担当するフォイト・カナダ水力サービ
スセンターは、高品質なパターンコイルの生産拠点でもあるオン

タリオ州ミシソガ工場に置かれています。また、ケベック州グラ
ンビーには、水力発電機器とコンサルティングを専門とする子会
社ボルテックス・ハイドロがあり、水車補機システム分野におい
てフォイトの一翼を担っています。

マニトバ州ボワントデュボアに設置された流込み式水力発電
所の事例では、フォイトのアフターサービスが必要とされました。
1926年に完成したこの発電所は、ウィニペグ川で稼働している
発電所の中では最古のものです。運営しているマニトバハイド
ロ社は2010年にフォイトとの間でかかった費用を実費精算する
契約を交わし、フォイトは5基の水車・発電機に対するアフター
サービス業務を引き受けました。水車・発電機の中には設置から
ほぼ100年を経たものもあり、老朽化した設備からは、工事が進
行するにつれて、さまざまな想定外の事態が生じました。想定と ▷



- 1 GMシュラム発電所の貯水池
- 2 GMシュラム発電所に設置される新しい上部カバー
- 3 マニトバ州、ボワントデュボアのダム

▷ 異なる状態が発見された場合は、本事業のために特別に用意された問題報告用のレポート上に丁寧に文書化され、フォイトが提案する見積とともに報告されました。工事には技術面での革新も必要でした。フォイトの技術者は高度なスキャンング技術を用いてデータ点の3Dクラウドを作成。上流ランナクラウン、ランナバンド、ランナーブレードなどを正確にモデル化して、1920年代当時の各部の姿を正確に復元しました。

ハイドロとマニトバハイドロの緊密な業務関係をさらに強固なものにしました」とカミングは言います。「これまでに対応したことのない事態にオープンに向き合って解決策を見つけるのは、お客様とフォイトのいずれにとっても最善の方法です」。マニトバハイドロはボワントデュボアでの事業をフォイトと協同して進める一方、改修作業を現在待っている状態の、同発電所の第12、13、14号機に対するアフターサービスの委託を近年延長しました。

「水車・発電機の一部は長期にわたって稼働していませんでした」と、ミシソガのアフターサービスセンターに所属するニール・カミングは言います。「採算性のあるソリューションを提示することで、停止していた機器が命を取り戻すことは、私たちにとっても大きな喜びなのです」。

ボワントデュボアの近代化事業はプロジェクト進行のもう一つの重要な側面、「適材適所」に光を当てました。マニトバハイドロの要求が明らかになった際、フォイトは、フォイト従業員と地元の職員との混成チームを作ることを提案しました。フォイトの現場監督が率いるこのチームには、水車改修の実践経験を得るために、二人のマニトバハイドロの技師も加わりました。「枠に捉われない発想をするためです。お客様の立場で考えることは、フォイト

フォイトでアフターサービスを担当するミシェル・セコールは自分の仕事を、「業務の中でもエキサイティングな側面」と言います。セコールは最近、フォイトハイドロ・カナダのアフターサービス部門の部長に就任しました。「私たちは応答性の高いサービスを構築しようとしています。お客様のメンテナンスや改善のご要望に迅速に応えること、できるだけ容易に私たちのサービスが手に入るようにすることを目指しています」。また、セコールは「ビッグデータ」をメンテナンスサポートの向上に利用する方法を模索しています。彼の意図は、蓄積される発電所の運転データによって、たとえばある部品の摩耗率と、その出力に対する影響などを正確に予測するような、信頼性を中心としたメンテナンス部署(RCM)をカナダに設置することです。

新時代へ向かう近代化改修事業

サービス事業の重要性が増す一方で、カナダでは数十年間稼働を続けてきた多くの水力発電所が、次々に近代化改修工事の時期を迎えています。こうした改修工事は、一般的に効率向上や出力増大、信頼性の向上、維持費の削減などを意図した新たな設計を取り入れています。特にカナダで多くのプロジェクトを成功に導いてきたフォイトハイドロは、その豊富な経験に基づいてこの分野で最適なソリューションを提供できるのです。技術の進歩は、性能や出力、信頼性の飛躍的な向上を可能にします。フォイトにおいて通常3%以上の水車効率の増加を達成し、15%から25%の出力増も珍しくありません。たとえば、フォイトハイドロ・カナダで事業開発部長を務めるピエール・セグアンによると、ハイドロケベック社がケベック州サンモーリス川に有するラトルク発電所では、フォイトの改修により3基の発電機からの出力が50%以上増加しました。「当社がお客様との良好な提携関係を維持しているのは、改修事業が成功を収めた何よりの証拠です」。ウェスティングハウスの発電機や、アリスチャルマーズの水車・発電機など、有名なメーカーによって開発された技術をフォイトは現在所有しています。こうした点からフォイトは、アフターサービスや改修といった課題に取り組むときも、それがどのような

プロジェクトであれ、幅広い視野に立った独自の知見と知識とを提示することができるのです。

想定外のことを想定するということも重要です。たとえば、ブリティッシュコロンビア州のGMシュラム発電所(写真1、2参照)の改修工事では、長年にわたる溶接補修によって、水車ランナの効率が損なわれていることが判明しました。そこで最新の流力設計を取り入れたランナを導入し、効率を大幅に向上させるとともに、信頼性の改善と、メンテナンス費用の削減を実現させました。初期費用、低価格なメンテナンス費用と高い将来収益の比較といった投資意思決定を助けることも、重要でやりがいのある業務だとフォイトハイドロ・カナダで提案業務部門を率いるローレント・プロータは言います。「近代化改修によって、設計寿命は今後50年から80年に及ぶことになります。しかし初期投資額の回収にかかる期間は10年足らずで、最も早い場合には5年しかかかりません」とプロータは言います。プロータによれば、世界第4位の水力発電量があるカナダでは、水力発電について熟知したバイヤーが要求する品質水準も極めて高く、信頼性があり寿命も長い最新のソリューションと設備が求められます。それらの要求に応えるフォイトハイドロの品質は、その企業価値に反映されています。



フォイトハイドロのサービスの詳細については、voith.com/hyservice をご覧ください。

カナダの水力発電

カナダでは再生可能エネルギーの全発電容量のうち、90%近くが水力発電により賄われています。



POWERING LATIN AMERICA

ラテンアメリカを起動する

フォイトハイドロ・ラテンアメリカの社長兼CEOマルコス・ブルメルと、マーケティング最高責任者アルフレード・デマトスに話を伺いました。

新たにフォイトハイドロ・ラテンアメリカのCEO、CMOに就任したお二人の企業目標をお聞かせください。

ブルメル：会社の忠実な僕として、日々の業務を改善し、お客様にとって最高のソリューションを提供するために、できることを全て実行する。私はCEOの役割をそう理解しています。さまざまな目標やイニシアティブがあっても、目指すゴールはただ一つ、お客様とフォイトハイドロの両者にとって最善の選択を行うということです。その実現のために私は三つの目標を設定しています。一つ目は、当社が全組織を挙げて顧客志向、つまり顧客第一主義を徹底すること。二つ目は、当社がスリムで身軽な、効率的な企業であり続けること。そして三つ目は、最適な職場環境のもとで、ベストな人材を集めることです。

デマトス：この精神で当社は各地域での存在感を高めていきたいと考えています。このために各地域のネットワークを強化し、事業所を拡充して地域の人材を活用し、市場のニーズや規制、プロセスに対する理解を深めていきたいと思います。もちろん地域へ密着することは、決してフォイトのグローバルスタンダードから遠ざかるわけではありません。技術的なリーダーシップ、高品質、最適なソリューションといったフォイトの原則は地球の上いたるところで適用できるからです。

ラテンアメリカでのこうした地域密着への取り組みについて教えてください。

デマトス：第一に、当社は既に地域市場に溶け込んでいます。各地域で経験を積み、また伝統もあります。今年にはフォイトがブラジルに進出して50周年であると同時に、ラテンアメリカにおいての50年でもあるのです。最近の数年間では当社はコロンビア、ペルー、エクアドル、チリにオフィスを開設しました。次のステップはメキシコとアルゼンチンです。

このような計画のもとで、マナウスの拠点はどのような役割を担うことになりますか。

ブルメル：最近建設されたマナウスの工場は、私が水力発電の次なるフロンティアと呼ぶ地域に隣接しています。この地域での水力発電の潜在容量は90GW近くあり、現在まで開発されているのはそのうちのたった14%にすぎません。マナウスはまたラテンアメリカ北部の国々への生産拠点でもあります。

地域密着の取り組み以外に特に推進したい事業セグメントはありますか。

デマトス：目標の一つとして掲げているのは、サービス事業の推進拡大、特に統合的なサービスと資産管理です。この分野で経験豊富な当社が、水力発電所へ包括的なサービスソリューションを提供できることをお客様に知っていただきたいと思います。

います。当社が提供するサービスをさらに改善し、より迅速にお客様の要望に応えられるように、業務プロセスの合理化を図ってゆきます。

ブルメル：統合的なサービスと密接につながっているのは、オートメーションの分野です。当社はオートメーションについても卓越したソリューションを提供しており、市場シェアを大きく拡大しつつあります。新規の受注の他にも、旧式の水力発電所には当社のハイコン(HyCon)自動制御システムを導入して施設のデジタル化を実施し、また既存の水力発電所の近代化事業においてはガバナと励磁制御装置を設置して自動化を進めています。

デマトス：ブルメルが指摘した通り、オートメーションは、市場に適応し、新しい製品とサービスを導入し、既存の製品やサービスは更新してゆくという、当社が日常的に推進しているイノベーションの好例です。フォイトの中でも最高の設備を誇る当社のオートメーション研究所では、お客様ごとにカスタマイズしたソリューションの開発にあたっていますが、それは今後地球規模で利用されるようになるでしょう。

フォイトハイドロの製品やサービスは、ラテンアメリカで広く認知されているのでしょうか。

ブルメル：近年、当社はフルライン・サブライヤーとしての体制を整え、オートメー

ション、バランスオブプラント(BOP)、統合サービスから建設に至る完全なパッケージを提供していることを多くのお客様はご存知です。こうしたアプローチは、特に大型、超大型プロジェクトの市場のトレンドとも関連しています。端的に言えば「水から電線まで」、つまり取水口の設置から送電網への接続までを一貫した技術で行い、お客様をサポートしています。何でも揃う「デパート」を体験していただき、窓口の数を減らせば、お客様にとってはリスクの軽減にもつながります。

ラテンアメリカの水力市場やお客様の特徴は何でしょう。

デマトス：何よりもまず、ラテンアメリカの市場は国ごとに異なることを認識しなければなりません。これは当社の地域アプローチの理由の一つでもあります。ブラジルの大規模水力発電市場は、200MWから時に8000MWに及ぶ極めて大規模なプロジェクトが特徴的で、こうしたプロジェクトは通常政府によって、巨大な電力会社や当社の顧客である投資ファンドと連携した特別目的事業体に対する入札がおこなわれています。国有企業もまたコンソーシアムの一部として重要な役割を果たしています。

ブラジル以外のラテンアメリカ市場についてはどうですか。

デマトス：水力事業は80MWから150MWの規模のものが一般的ですが、契約方式は市場により異なります。たとえば、チリでは民間企業との契約が多く、ペルーやコロンビアはセミプライベートの市場で、国有企業と民間企業が揃って公共事業に応札します。

ブルメル：当社の顧客構成は複雑なため、彼らの多様なニーズに対し、柔軟に 대응してゆく必要があります。たとえば、ブラジルでのプロジェクトはMWhあたりの単価で最も低い価格を提示した企業が落札します。デザイン・トゥ・コストという別の方法もあります。お客様と土木工事業者、そしてフォイトハイドロのそれぞれが知恵を出し合い、最善のソリューションを探索し、プロジェクトの効率を最適化できるよう素早く実行に移すというものです。当社の強力な技術的ノウハウが可能にしたこの手法は、現在、トレンドとなりつつあります。

国際的な資金調達の重要性は増えていますか。

ブルメル：資金調達は今後もますます重要となるでしょうし、さまざまな局面が考えられます。たとえば、ラテンアメリカでのプロジェクトが中国資本によって行

Marcos Blumer
マルコス・ブルメル

フォイトハイドロ・ラテンアメリカの社長兼CEO。企業とは、CEOが最下層に、お客様が一番上に位置する「上下さかさまの議会」と考えている。フォイト勤務25年。長年にわたり製紙部門で勤務したのち、2010年からフォイトハイドロに最高生産責任者として加わり、サンパウロやマナウスの生産設備の管理を担当。子供の頃に水力発電に関心を寄せ、ブラジルにて大学の工学部在学中、ドイツ人技術者のプレゼンテーションを体験し、フォイトへの入社を決心した。

われたり、ブラジル企業がアフリカでの事業に投資したりと、この国際的な資金調達のトレンドには、私たちも参加しなくてはなりません。当社には、グローバル市場における存在感と協力関係がありますので、資金調達への備えも問題ありません。よって当社はこの地域で培った専門知識を、世界中のお客様に提供することができるのです。

デマトス：この場合、キーマンagement(重要得意先管理)が役立つでしょう。フォイトハイドロはまさにグローバルカンパニーですので、グローバルに活動するお客様に対して双方向のサービスを提供するため、他の市場で活動する事業単位との連携を強化していきたいと考えています。ラテンアメリカのお客様とその海外事業とを連携することで、たとえばヨーロッパの電力がアメリカ大陸で使用されるようになるかもしれません。

ラテンアメリカ市場に話を戻しますが、この地域の発展についてどのように予測していますか。

ブルメル：一般的に言ってラテンアメリカは現在も、そしてこれからも、その豊富な水資源を背景に、水力発電の有望な市場であり続けるでしょう。ブラジル以外の国々の市場シェアが増大していますが、これはもちろんブラジルの市場が縮小しているからではありません。周辺国の水力発電量が飛躍的に拡大しているのです。コロンビア、ペルー、ベネズエラ、そしてアルゼンチンも、豊富な水資源を保有しており、将来性のある市場だと言えます。**デマトス：**大規模水力、小規模水力の新規水車・発電機だけでなく、当社は統合サービスや近代化改修事業などのサービス事業にも重点を置いています。当社はこの

Alfredo de Matos
アルフレード・デマトス

フォイトハイドロ・ラテンアメリカのマーケティング最高責任者(CMO)。BtoB業界で22年間、主にエネルギー分野で経験を積む。五大大陸で事業に携わったのち、2013年、フォイトハイドロに入社。「勝つこと、そして導くこと」をモットーにフォイトをさらに前進させることを目指している。「勝つこと」は、長期の顧客関係を勝ち取ること、そして「導くこと」には、水力発電市場をこれからの150年間も先導してゆく、という決意が込められている。



▷ 市場に並々ならぬ期待を寄せています。ラテンアメリカの水力発電所は老朽化が進んでおり、多くは建設から既に25年以上が経過していますが、発電所を所有する事業者は、発電量を増やす方法を探すことに余念がありません。オートメーションや施設管理に近代的なハイコン技術を取り入れ、発電所の設備を更新する大きな需要があります。こうしたサービスや近代化改修は常に顧客ごとのカスタマイズを必要としますが、フォイトハイドロには、それに対する豊富な経験があります。パソフンド(Passo Fundo)やAESアグアベルメーリャ(Agua Vermelha)をはじめ、当社の改修事業の成功例はラテンアメリカ全土で見ることがます。

ブルメル：一方で、市場環境は競争が激化しつつあります。特に小水力では海外勢の市場参入に加えて、政府によって風力やバイオマスなどと競合するような規制があるのも問題です。送電網の安定性に貢献することや、耐久性といった利点を無視して、単純にMWhあたりのコストだけで比較すれば、小水力は不利にならざるを得ません。この点でラテンアメリカには、しっかりとした法制度が必要です。特に一部の国々については、法規制をよりシンプルで信頼に足るものへ変えてゆくことが望まれます。

デマトス：ここまでの発言からお分かりいただけるように、私はフォイトハイドロが提供できる多様なソリューションに対して大いに自信を持っています。個々の部品からターンキー・ソリューションまで、あるいは最新のオートメーションから、ビッグデータを用いた発電所の効率化のような将来のトレンドを幅広く提供できるフルライン・サプライヤーとして、常に変化し続ける市場のニーズに答えていける会社であると示したいのです。そのためには幅広い経験と伝統、業界をリードする技術力とノウハウなど、当社の強みに集中する必要があります。

法制度についての指摘がありましたが、現状は水力発電にとって望ましい状態でしょうか。それとも改善の余地がありますか。

デマトス：ラテンアメリカ全体において明確なエネルギー政策と長期的な指針を提示することは極めて重要なのですが、現状では不確定要素があまりに多いのです。また、認可手続きや環境ライセンス取得については、ルールをより明確にし、審査過程の効率化が望まれます。具体的な話になりますが、改修事業への投資に対するインセンティブを与える施策も重要でしょう。政府の一押しがあれば、送電網にギガワットの電力を容易に送ることもできるのです。

ブルメル：規制を明確にし、審査過程を改善すれば、ベロモンテ(Belo Monte)のような大型事業の受注は増えてゆくでしょう。水力発電が社会と経済にもたらす恩恵は計りしれません。水力発電により地域が発展すれば、人々の生活水準は貧困層から中流層へ引き上げられ、教育や医療を享受できるようになり、より良い未来を手に入れることができるでしょう。

水力発電やフォイトハイドロに対する個人的な思い入れはありますか。

デマトス：水力発電について私が好きな点は、技術としての複雑さ、ソリューションの多様性と柔軟性、製品の一つ一つがカスタマイズされていること、そして大規模な再生可能エネルギーである点などです。私にとってフォイトは、明確な企業理念、先達から継承された豊かな伝統と歴史、そして何よりお客様の満足という目標に向けて一心に働く従業員たち、という特長がある企業です。

ブルメル：私にとって水力は、わくわくするような情熱を感じる世界です。ずっと昔に開発された技術が、今でもクリーンで安定したエネルギーとして発展し続けていることはすばらしいことです。フォイトの従業員は自分のことを社名に由来する「フォイティアン」と呼ぶことがありますが、そのような企業はそう多くはありません。会社の基本理念、価値観、そして文化が、創業以来150年間にわたりフォイトの力の源泉であり続けたのだと思います。そしてそれらは、私たちを未来へと導いてくれることでしょう。



6:00



9:00



11:00



14:00

6:00 アグアベルメーリャへの出勤前に、妻のアンドレイア、息子のガブリエルとともに朝食のひとつを楽しむエリック。

9:00 何よりもチームとのコミュニケーションを大切にするエリックは、「何か質問がある人間は必ずいます。私はそれを聴くためにここにいるのです」と言う。

11:00 アグアベルメーリャの機器の近代化について、チームメンバーの相談にのる。

14:00 ヘルメット姿で、発電所の安全性についてチームメンバーと話し合う。

LIVING THE PROJECT

プロジェクトに生きる

フォイトハイドロの現場監督としてアグアベルメーリャ発電所のプロジェクトに携わるエンジニア——その視点からプロジェクトに従事するフォイト社員の「現場」を覗いてみましょう。

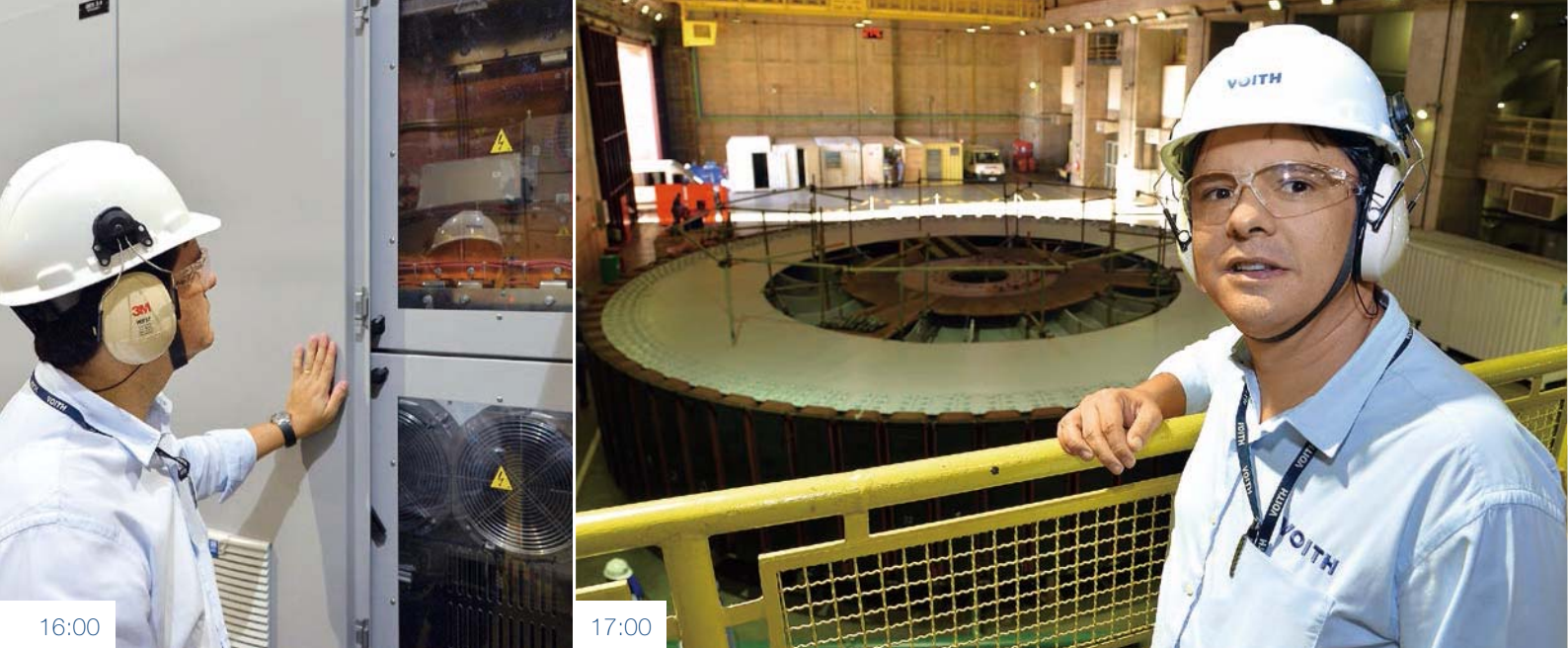
朝6時。エリックは妻のアンドレイア、息子のガブリエルとともに朝食をとりまです。世界中のフォイトハイドロの拠点で日々繰り返される日常が、ここでも幕を開けようとしています。

エリックは長年「フォイティアン」として、フォイトハイドロのプロジェクトにおいて現場チームの調整に当たってきました。フォイトで一連の業務を担当し、最近ではフェルナンドポリスにほど近い、アグアベルメーリャ発電所の現場監督を務めています。「フェルナンドポリスの人たちは親切で礼儀正しく、ここでの暮らしは

申し分ありません」という妻のアンドレイアは、プロジェクトに従事する夫と共に、息子のガブリエル、飼い犬のマックスとこの町で暮らしています。しかし、すべてが順調だったというわけではありません。人口2億人、国土面積850万平方kmのブラジルは広大で多様です。エリックと彼の家族は彼の担当した多くの水力発電プロジェクトの現場において多様な人々、気候、環境を経験してきました。その中でも「カナブラバ、ケブラケイショ、ジュミリウム、コルンバ第4、フルナス、バグアリ、そしてサンアントニオ発電所は特に印象深いプロジェクトでした」とエリックは

言います。

現在、彼の家族は9か月間の予定でブラジル南東部のフェルナンドポリスに暮らしています。アグアベルメーリャ発電所はサンパウロ州とミナスジェライス州の境を流れるグランデ川にあり、1978年に稼働を開始した発電所の6基の水車・発電機の出力は、合計で1,396MWもあります。この巨大な発電所の現場で、エリックはフィールドサービスコーディネーターとして働いています。かつてはフォイトの顧客だったエリックは、「フィールドサービスファミリー」と親しみを込めて呼ばれるチームに2002年に出会いフォイトに▷



16:00

17:00

16:00 発電所内のフォイトのオートメーションパネルを点検。
17:00 アグアベルメーリャ水力発電所のパワーハウス内のエリック。

▷ 入社しました。

エリックはフォイトで契約エンジニアとして働き始めました。こうして彼は、技術と人生について多くの経験を積むことになったのです。「カナブラバのプロジェクトで、フォイトの設備の稼働開始に初めて立ち会ったときには、胸が高鳴りました」。エリックによると、そのチームは少人数で優れたチームワークを発揮しました。「困難な仕事であるほど最高の思い出を残すものです」と彼は言います。

アグアベルメーリャに出勤したエリックは、仕事に取り掛かります。フォイトの巨大なロゴが左側に大きく掲げられたエリックの職場は、170人の従業員とサプライヤーが多様なシフトのもとで設計、品質管理、労働安全、現場監督、技術的サービスといったさまざまな職種に従事しています。また、発電機、水車、水力機械部品、関連する電気機械BOPなどの近代化改修に取り組んでいます。

「洪水のなかの丸太」というポルトガルの諺があります。この諺は、通り過ぎる人々と話をするために始終立ち止まっただけにいるという意味ですが、それはここでのエリックの仕事を表すのにぴったりの言葉です。フォイトの現場監督として、彼は部下の模範であると同時に、信頼される人物です。「現場作業チームは、彼らの言葉に耳を傾ける人間がいることを

知る必要があります。そうして初めて彼らは、喜んでフィードバックを返してくれるようになるのです。そのために私は毎日現場を歩き回るようにしています。何かを言いたい人、質問したい人は常にいます。それを聴くために私はここにいるのです」。しかし、この役職に就いた当初のエリックは、同僚の一部からは必ずしも歓迎されてはいませんでした。「白髪も生えていない若僧がコーディネーターを務めるなんて、と思われていたに違いありません」と彼は冗談めかして言いますが、状況はすぐに変まりました。いまや彼は白髪だけではなく、チームからの信頼と称賛を得ています。「顧客との関係も、同僚との関係も、その基本は信頼にあります。そして、フォイトにおいて信頼とは、絶対に犠牲にしてはならないものです。私はいつも、信頼はお客様が受け取る成果次第だと言っています。私たちが日々目標に向かって力を尽くすことで、フォイトの職務は遂行されます」。

エリックは広くフォイトの顧客戦略の観点から自分の仕事を捉えています。「私たちは、お客様の一番目の選択肢でありたいと考えています。現場の業務では、もちろんプロジェクトのゴールに向けて全力を注ぎますが、それと同時にフォイトの社名への信頼に応えられる最終成果としての製品を納品する責任があります。お客様の要望を正しく理解し、迅速な建設プロセス、

容易な運用や保守を実現するソリューションなど商品開発の機会を逃さないよう私たちは常に注意をはらっています」。

「現場で働くことは、まさにプロジェクトともに生きることです。技術的知識や対人関係も、問題を解決するソリューションのためのものです」とエリックは言います。「現場を経験すると、全てを事前に備えようとすれば、プロジェクトは決して始められないということがわかります。私たちはプロジェクトの全てを知り尽くすことはできません。吸収すべきことがあまりにも多いのです。それは人生にとってかけがえのない経験です」。

夕暮れ時の午後6時、エリックは現場の「家族」に別れを告げます。「私たちはチームとして、お客様とフォイトの両方が勝者になるように働いています。私たちはお客様の期待を理解し、実現すること、さらにはプロジェクトが可能な限り最高の利益をもたらすと保証する責任も負っています。そのために私たちは協力し合いプロジェクトに当たらなければなりません。プロジェクトの成功は共有されるべき栄誉なのです」とエリックは締めくくります。

こうした考えから、同僚に呼び止められたエリックはサービス事業について「もうちょっと」と自分に言い訳しながら話し合うのです。



FROM SCREEN TO FABRIC

スクリーンから布へ

フォイトペーパーのエンジニアたちは、コンピュータ・シミュレーションを用いて、製紙産業で利用される新しい乾燥布の高効率化の開発に取り組んでいます。紙の製造過程において、濡れた紙を乾燥させる乾燥工程ではこれらの布の性能に依存しています。

フォイトペーパーのエンジニアたちはコンピュータ上でのシミュレーションにより乾燥工程を研究し、その結果EvaporiteとEvaporiteHighという二つの高性能な乾燥布を開発しました。これらは従来のものより耐久性に優れ、通気性が高いため、より効果的に乾燥させることができます。布表面の小孔は微粒子が入り込むため通気性を悪化させる原因となりますが、繊維の交差を最小限に抑え小孔を減少させたことで高い通気性を確保しました。

フォイトペーパーのCleanWeaveシリーズの新ラインナップとして発売された初期型の乾燥布は、もともと包装紙の生産のために開発されたものでした。CleanWeaveの技術は実際に使用され、従来の乾燥布と比べて乾燥および機械効率を大幅に改善させることが実際に証明されています。さらなるラインナップの拡大を目指し、あらゆる紙の種類に対応できる乾燥布の開発が進められています。



WORLD OF VOITH

A COOL SOLUTION

クール・ソリューション

フォイト・インダストリアル・サービスは、ドイツの自動車メーカーの上海を拠点とする支店に対し技術サービスの提供を行ってきました。このお客様の上海工場では、ポンプ、コンプレッサーステーション、エアコンなどを変えることで、経費および二酸化炭素排出量を大幅に削減することができました。また、稼働中の工場設備に用いる冷却水を、エネルギー価格の安い夜間に冷却して貯蔵しておくという論理的かつ革新的なアプローチも実施し、大幅な節約につながりました。さらに、工場設備に対する周波数変換制御を、電力需要のピーク時とオフピーク時によって変化させることで、電力とエネルギーの割り当てを最適化させました。工場のエネルギー消費に関するデータは可視化され、この情報を利用して、フォイトはさらに最適なエネルギー効率を実現させ、その結果、年間2,843.6トンの石炭と20万ユーロの電気代の節約につながりました。

QUICK, RELIABLE, EFFICIENT

迅速、確実、効率的

フォイトターボは部門の壁を越えて、水力発電所の設備を提供しています。スコットランドのフォイヤーズ揚水発電所では、スコットランドの送電網の負荷変動に瞬時に対応しかつ系統の安定性確保のため、設置するポンプ水車2台の性能として、30秒以内に最高出力を発揮できる迅速性が求められました。送電網の負荷変動に瞬時に対応し、スコットランドの電力供給を安定させるためです。2台のポンプ水車は、操作モードの変化に機敏に対応して流量を制御できるよう、極めて短い応答時間で開閉できる球形弁を採用しています。この球形弁は2基の油圧シリンダにより制御され変動するエネルギー需要に対応しています。油圧シリンダを駆動するのは、フォイトターボH+L Hydraulicが開発した油圧パワーパックで、油圧を用いることで迅速性と、何よりも信頼性を確保しています。油圧パワーパックは重要な機

能を持つ機器に不具合が発生した場合は、別の機器がその機能を受け継ぎ、システムの停止を回避することができるよう重複機能を有する設計となっているため、極めて高い活用性があります。また、油圧パワーパックはエネルギー効率が高く、わずかな設置スペースと、低い冷却容量しか必要としません。このため事業者に対して低い運転コストにより利益を提供しています。



PUSHING THE LIMITS

限界を押し上げる

フリーダイバーのヘルベルト・ニッチ氏。酸素タンクを使わず、驚くべき深さへ潜水します。

深く息を吸って、息を止めてみてください。そのまま呼吸をせずに9分間我慢することができるでしょうか。ほとんどの人間にとっては、それほど長い間息を止めていることは不可能です。しかし、ヘルベルト・ニッチ氏にとっては、それは全く実現可能なことなのです。9分間（正確に言えば、9分と4秒）が、彼の無呼吸時間の記録です。つまり彼は一度の吸気でこれだけの間、水中で過ごすことができるのです。

しかし、この「息を飲むような」記録は、ニッチ氏が達成した他の偉業に比べれば、ずっと小さな事に見えるかも知れません。10年以上にわたってフリーダイビングの競技に参加してきたニッチ氏は、8種のフリーダイビングの種目において、実に30以上の世界記録を保持しているのです。

フリーダイビングはスポーツであり、一種の芸術なのかもしれません。呼吸のための装置を用いずに深い青の世界に入り、最後に吸い込んだ空気だけを頼りに、長時間にわたって潜水を続けます。

しかし、それは単に大きく息を吸って、水面下に潜るだけではありません。「全身の筋肉をリラックスさせ、極めて落ち着いた、ほとんど眠っているような状態に体を持ってゆきます」。ニッチ氏は潜水前の準備についてこう説明します。「呼吸については、できるだけ多くの空気を肺に取り込むために、パッキングという技術を用います。これは喉頭蓋をピストンのように動かし、より多くの空気を肺に送り込む手法です」。この技術を用いてニッチは、10リットルの肺活量を、何と15リットルまで



1



2

- 1 サポーターが見守る海面から、ガイドワイヤにつかまり、「青の世界」へと降りてゆくヘルベルト・ニッチ氏
- 2 フリーダイビングでは十分な準備がなにより大切

「肉体を駆り立てて、超えられないはずの限界を超えてゆく。人間の精神は偉大です」

ヘルベルト・ニッチ氏
フリーダイバー

増やすことができます。一般の成人男性の平均的な肺活量が6リットルであることを考えればこれは驚くべき数字です。これと共に横隔膜と肺を広げる特別な鍛錬も行い、肺を柔軟にして、より多くの空気を肺に溜め込むことができるようにします。そして水中の水圧で肺の中の空気を圧縮します。こうして、信じられないほど長時間に及ぶ潜水が可能となるのです。

ニッチ氏は、マリンスポーツで輝かしい栄冠を手にはしていますが、なんと海のないオーストリアで生まれ育ち、潜水の技術を独学で身につけたというのには驚かされます。「ただ自分の置かれた状況に合ったやり方を選んだだけです」とニッチ氏は言います。「恵まれたフリーダイバーたちは、毎日のように海で練習に打ち込むことができます。私は彼らとは違ったより効率的な方法を取り入れるべきだと考えたのです。そこで、呼吸を止める訓練を自宅のソファの上で行い、心臓や筋肉の機能を高めるトレーニングと組み合わせました」。試合では、ニッチ氏は海の中で「魚のように泳ぎ、フリーダイビングを楽しむ」こと

ができる境地に到達していました。

2010年以来、ニッチ氏は「無制限」というフリーダイビングの種目だけに取り組んでいます。無制限潜水では、ダイバーは重りとなる板を使って、一呼吸で可能な限り深くまで沈み、空気の入った風船の助けを借りて再び水面へと浮上します。ニッチ氏はこの無制限の種目における現在の世界記録保持者であり、214mという途方もない数字によって「地球上で最も深くまで潜った人間」と呼ばれています。彼がひたすら無制限潜水に取り組むのは、成し遂げたい究極の目標があるからです。それは1,000フィート（304.8メートル）の深さへの潜水です。

2012年6月14日、目標への挑戦を続けていたニッチ氏は、もう少しで海面に戻ることができなくなるところでした。深海でのブラックアウトにより、Ⅱ型DCSと呼ばれる減圧症の激しい症状に襲われたのです。その日、ニッチ氏の潜水深度は253.2m（830.8フィート）にまで達していました。しかしながらこの事故によって彼は潜水を放棄せざるを得ず、残念ながらこの日の

記録は公式の記録とはなりませんでした。しかし彼の世界記録、214mは今もなお他の追従を許していません。この後、懸命に体調を回復させたニッチ氏は、再びフリーダイビングの世界に復帰し、こう言いました。「やっと本当の世界に戻って来た気がする」。1,000フィートという目標に対して彼が掲げるのは、「決して諦めない」アプローチ、つまり、再挑戦です。

水中深くに沈んでゆくとき、彼の肺は酸素を求め、全身はその欲求に本能的に従おうとします。しかしニッチ氏はこれをコントロールし、ただ潜ることに全エネルギーを向かわせます。「私はその瞬間、重要なことにのみ全神経を集中させ、他のことは一切考えないようにします。体の全感覚をシャットアウトして、エネルギーを必要な唯一の方向に差し向けるのです」。

このように、自分の体の機能をコントロールすることは、ニッチ氏の第二の本能とも言えます。この非凡な能力がなければ、フリーダイビングであるような結果を残すことは不可能だったでしょう。こうした彼の精神は、彼自身の肉体だけでなく、その外にある環境にも向けられるようです。ニッチ氏は誇り高い海洋保護論者で、環境保護団体・シーシェパードの顧問を務めています。この環境に対する強い意識は、海のないオーストリアで過ごす彼の日常生活においても変わりません。「車は処分してしまいました。私の暮らすウィーンでは、どこへ行くにも自転車です。現在取り組んでいるのは、内燃機関を使わずに風力と太陽光だけで推進する外洋ヨットの設計です」。

それは、自分の限界を認めることを拒む男の、もう一つの挑戦です。「フリーダイビングは私に、可能だと信じ続ければ、不可能は可能になるのだと教えてくれました。人間の肉体が成し得ることは偉大です。そして、肉体を駆り立てて、超えられないはずの限界を超えてゆく人間の精神もまた偉大なのです」。



下記URLにて、フリーダイバー、ヘルベルト・ニッチ氏についての詳細な情報と動画をご覧ください。
www.herbertnitsch.com

BALANCED ENERGY

エネルギーのバランス

機敏に、柔軟に、そして力強く――

フォイトハイドロのCEO、ローランド・ミュンヒ博士が語る「揚水発電の力と潜在力」

ミュンヒ博士は、停電したエレベーターの中に閉じ込められた経験はありますか。

世界中にあるフォイトの拠点を訪れるために頻繁に世界中を旅しているので、停電に出くわした経験は幾度かありますが、幸いにエレベーターの中ではありませんでした。いずれにせよ、興味深い指摘です。停電は、発電量と消費量が一定でなく、特に一般的にピーク時の需要が恒常的にはカバーできていない国々において、近年ますます頻繁に起こるようになっていきます。こうした停電に対して、水力発電、特に揚水発電は、電力システムを安定化し、需要のピーク時に対応できるため、これらの問題の解決に役立つのです。

どのように水力発電が電力システムを安定化させ、停電を回避するのでしょうか。

水力は、再生可能エネルギーとしては唯一、ベースロード要求を満たすことができます。そのため、安定的で信頼できる電力供給を実現する上でカギとなる役割を果たします。特に揚水発電の貢献は重要です。揚水発電は、柔軟に、かつ短時間で大規模な量の電力を供給し、ピーク時の需要を補うことができるからです。また、揚水発電は信頼性の高い電力供給の手助けとして多様なアンシラリーサービスを系統に提供できるでしょう。このことは、風力や太陽光発電といった、変動しやすい再生可能エネルギーの依存度が高い系統において特に重要となります。

揚水発電のアンシラリーサービスについて、詳しく説明していただけますか。

アンシラリーサービスとは、発電所から電力消費者への送電を支援し、送電システムの安定した運用を維持するためのサービスを言います。たとえば、電力システムの周波数をバランスさせる機能や、電圧を調整する機能が挙げられます。揚水発電所は、送電網の周波数を維持するためにバランスされたあらゆるタイプのエネルギーを供給することができます。また、電力システムの電圧を適切な水準に保つため、負荷に応じて柔軟に無効電力を供給するといった運用に際しても、他の追従を許さない発電手段となります。さらには外部からの電力供給なしで起動するブラックスタートも可能です。つまり、停電によって系統からの電力が遮断された際にも、単独で再起動を行い、電力供給を再開できるということです。もし私が停電によってエレベーターの中に閉じ込められたとしても、揚水発電によってエレベーターがほどなく動き出すことが期待できるでしょう。

それでは、揚水発電は再生エネルギーの利用拡大に大きな役割を果たすと考えますか。

揚水発電は、これまで以上に電力システムの安定化に貢献できる必要不可欠な技術であると言えます。揚水発電は、単に系統への電力供給の役割だけでなく、揚水発電所の基本的な機能として、再生可能エネルギーにより余剰電力として蓄え、需要に応じて系統に電力を供給することが容易に行えるといった効率的なエネルギーの貯蔵が行えます。以上のことから揚水発電技術は長期にわたって大規模に電力を貯蔵し、しかもその貯蔵した電力を短時間で利用できる貯蔵手段としては、採算性のある唯一の手段と言えます。しかも80％以上に及ぶ高い効率水準をも備えているのです。

新しい揚水発電所の設置については、十分な潜在力があると見ていますか。

もちろんです。潜在的に実現できそうな地点は世界中に存在します。ドイツ政府が掲げている「(再生エネルギーへの)エネルギー転換政策」に関しフォイトで行った調査によれば、ドイツだけでも、計画中の全揚水発電所の発電容量は合計8,000MWにも及び、容量は現在の2倍に増大することになります。中国には具体的な拡張計画と莫大な潜在力があります。ここでも私たちは、2030年までに発電容量が現在の倍になる可能性があると考えています。この他にもアメリカ、東南アジア、南アフリカ、ポルトガルといった国々でフォイトは揚水発電所の新規建設や既存設備の更新を行っています。200基を超える揚水発電所のプロジェクトを手掛けてきた長年の経験と、幅広い技術ポートフォリオによって、私たちは揚水発電の拡大と未来の発展のキープレイヤーであり続けたいと思います。そうすれば、誰かがエレベーターの中に閉じ込められることもなくなるでしょう。



PROJECT DIRECTORY

HyPower本号と「フォイトの製品 (Voith's scope of supply)」で取り上げたプロジェクト一覧



南北アメリカ



- 12 アグアベルメルリャ(ブラジル)
総発電容量1,396MWの水車・発電機6基の近代化改修工事。発電機および水車と関連する電気機械系統のオーバーホール、その他の多数の部品の更新。
- 13 シャバンデス(ブラジル)
総発電容量414MWの水車・発電機、その他関連する電気改修工事。水車、発電機、機械系統を含む。



アジア太平洋地域



- 9 ラムタコン(タイ)
2台の255MWポンプ水車、発電電動機、自動制御システム、電気機械BOP設備の納入。
- 10 ポワントデュボア(カナダ)
75MW発電設備の水車数基の維持管理および修理を請け負うサービス契約。
- 11 スミスマウンテン(アメリカ合衆国)
巻線の巻き直し作業、固定子巻線の納入および回転子リムの縮小などを含む、発電機の改修。



ヨーロッパおよびアフリカ



- 1 イフェッツハイム(ドイツ)
維持管理と修理に係るサービス契約。28.3MWハルプ水車4台のうち1台については、固定部品を一新。
- 2 ホツホシュタット(ドイツ)
バルプ水車のオーバーホールに係るアフターサービス契約。羽根の補修溶接、ランナ室の標準化、水門のオーバーホールおよび主水車ガイドベアリングの交換など。
- 3 ライセック第二(オーストリア)
215MW可逆式ポンプ水車2台およびガバの納入。
- 4 トレーボラツハ(オーストリア)
小水力水車2台の納入。タンデム配置による合計出力7.9MW。
- 5 フラデス第二(ポルトガル)
390MW可変速可逆ポンプ水車および非同期型発電電動機2基を含む、電気機械設備一式の納入。

- 6 イングラ(南アフリカ)
4基の342MWポンプ水車、発電電動機、自動制御システム、電気機械BOP設備の納入。
- 7 洪屏(Hong Ping)(中国)
300MWの揚水発電ユニット一式を4基納入。可逆フランシスポンプ水車、発電電動機、ガバナ、水弁、励磁装置、自動制御装置およびその他の周辺機器を含む。
- 8 ビーラ(インド)
200MVAモーター発電機に係るサービス事業。設計から更新、製造、納品、据付、稼働までをカバーする。

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