第６３次海外電設視察団報告書

2018年9月１5日（土）～9月２3日（日）

～オーストリア・スイス 最新の電気設備の実情について～

目 次

page

はじめに……1

Ⅰ．行程・団編成・訪問国の概要 ……2

Ⅱ．アスペルン スマートシティプロジェクトの視察 ……5

Ⅲ．フローニアス社の視察 ……11

Ⅳ．リポ・パークの視察 ……15

Ⅴ．グリムゼル水力発電所の視察 ……18

まとめ……23

一般社団法人 日本電設工業協会
Japan Electrical Construction Association

2018年１１月

はじめに

当協会の海外電設視察団は、事業計画の中で「会員等交流事業」として位置づけられており、諸外国の業界団体との交流及び電気設備工事業の実情など、時宜にあったテーマの視察をし、その実態を会員企業へ情報提供するとともに、会員間の相互交流を図ることを目的に毎年派遣しております。

近年、温暖化対策に関する国際的な枠組み「パリ協定」において目標として掲げられた「脱炭素化」に向け、世界では技術間競争が激化しています。日本では、本年 2018 年 6 月に国会で「改正省エネ法」が成立し、更に 7 月には 2050 年を見据えた新たなエネルギー政策の方向性を示す「第 5 次エネルギー基本計画」が策定され、再エネの電源構成比率が 2016 年現在の 15%から 2030 年には 22～24%への目標が示されました。一方、欧州では欧州委員会において 2030 年までの再エネ普及目標が 27%に引き上げられるなどの動きに注目し、今回、第 63 次海外電設視察団では、オーストリアとスイスへの視察団を派遣し、それらの関連する取り組み事案を視察することに致しました。

本報告書では、今回視察いたしました欧州における最新のスマートシティ建設プロジェクトや再生可能エネルギー等を活用した商業施設、製造企業の設備、そして再生可能エネルギーの主力となる水力発電所の施設等の視察結果をまとめ、報告書として作成いたしました。

Ⅰ．行程・団編成・訪問国の概要

1．行程

月　日	滞在、移動	視察先
9 月 15 日 （土）	東京（成田）発 → ウィーン空港着	移動（ OS052 便：約 12 時間 ）
9 月 16 日 （日）	ウィーン滞在	ウィーン市内視察
9 月 17 日 （月）	ウィーン滞在 ウィーン発→リンツ着	視察①　アスペルン市スマートシティプロジェクト 移動（特急列車レイルジェット：約 1 時間）
9 月 18 日 （火）	リンツ滞在	自主視察 視察②フローニアス社
9 月 19 日 （水）	リンツ滞在 リンツ発→ウィーン着 ウィーン発→チューリッヒ着	リンツ市内視察 移動（専用バス：2 時間 30 分） 移動（OS565 便：1 時間 25 分）
9 月 20 日 （木）	チューリッヒ滞在	視察③　リポ・パーク チューリッヒ市内視察
9 月 21 日 （金）	チューリッヒ滞在	視察④　グリムゼル水力発電所 ルツェルン市内視察
9 月 22 日 （土）	チューリッヒ発	移動（LX160 便　：　約 12 時間）
9 月 23 日 （日）	東京（成田）着	帰国

［ルートマップ］

２. 団編成　　（　参加人員計：　24 名　）

氏　名	会社名	所属・役職等
団長　高橋　健一	㈱関電工	取締役副社長執行役員

◎第１班（アスペルン市スマートシティプロジェクトの視察）　　（☆は班長）

☆ 瀬尾　真二	㈱ミライト	第二ソリューション事業本部副本部長
國津　一洋	高柳電設工業㈱	代表取締役
田中　寛幸	㈱トーエネック	配電本部配電統括部業務グループ長
平田　勝久	八千代電設工業㈱	営業部次長
山谷　亜津志	因幡電機産業㈱	電設西日本事業部中部営業部長

◎第２班（フローニアス社の視察）

☆ 柴田　典顕	㈱九電工	技術本部副本部長
入江　高史	八千代電設工業㈱	交通事業部交通システム部長
島　啓介	ジェフコム㈱	代表取締役社長
白川　尚樹	㈱白川電機製作所	代表取締役社長
松岡　伸明	旭電業㈱	常務取締役
渡邉　健二	㈱中北電機	第一営業部部長

◎第３班（リポ・パークの視察）

☆ 福元　直樹	ネグロス電工㈱	営業企画部参与
内田　昌宏	因幡電機産業㈱	電設東日本事業部第３営業部部長
大竹　栄勝	㈱中北電機	郡山営業所所長　兼　福島営業所所長
関野　義男	東海電設㈱	代表取締役社長
中村　利恵	品川商工㈱	代表取締役社長
山﨑　輝夫	東海電設㈱	取締役会長

◎第４班（グリムゼル水力発電所の視察）

☆ 長沼　博	㈱ユアテック	執行役員営業本部電気設備部長
惠畑　末雄	大坪電気㈱	取締役技術統括本部副本部長
榊　忠	ミツワ電機㈱	特機第二営業部部長
山口　裕	㈱電成社	代表取締役
吉村　光司	㈱八洲電業社	代表取締役

◎事務局

西　康二	(一社)日本電設工業協会	事務局長

※　今回は、**㈱日本旅行様**により渡航手配一式、通訳、添乗等の協力を頂きました。

３．訪問国の概要

	オーストリア共和国 Republic of Austria	スイス連邦 Swiss Confederation	日　本 Japan
面　　積	8 万 3,882 km2	4 万 1,285 km²	37 万 8,000km²
人　　口 〔2017 年〕	880 万人	848 万人	1 億 2,686 万人
首　　都	ウィーン	ベルン	東京都
主 要 言 語	ドイツ語	ドイツ語（64.1%）、フランス語（22.7%）、イタリア語（8.4%）他 （2015 年）	日本語
政 体・議 会	共和制	連邦共和制	立憲君主制・二院制

製造業エンジニア （中堅技術者） （月額）	4,746（ドル）	7,824（ドル）	3,395（ドル）
電気料金 一般用 （1kWh 当たり）	月額基本料：11（ドル） （0.18）	月額基本料：6.24（ドル） （0.25）	月額基本料：2.49（ドル） （0.17）
名目 GDP ［2017 年］ 一人当たりの名目 GDP	416.8（10 億ドル） 47,290（ドル）	678.6（10 億ドル） 80,591（ドル）	4,872.1（10 億ドル） 38,440（ドル）
対米ドル為替レート （通貨）	0.89（ユーロ）	0.98（スイス・フラン）	112.17（円）

※　JERTO　ビジネス情報とジェトロの支援サービス　より

Ⅱ． アスペルン スマートシティ・プロジェクトの視察

日 時	2018 年 9 月 17 日（月）9:00～12:00
場 所	SeestadtstraBe 27/2/Top 19, 1220Vienna, Austria
対応者	Oliver.juli 他

（1） 概 要

スマートシティ・ウイーンのエネルギー分野のマスタープランでは、2035 年までに CO2 排出量を 1990 年比 35%、2050 年までに同 80%削減する目標を掲げている。そのためには、モビリティのほかに住宅・オフィス分野の省エネも必要とされるがウイーンは歴史的建造物が多いことから、規制によって改修や建て替えが難しく、建築物の省エネをいかに進めるかが課題になっているという。これに対し同市が推進しているのが、近郊に低炭素型の新都市を造成する計画である。代表が、アスペルンで建設が進む新都市開発プロジェクト。

【新都市開発の完成予想図】

【アスペルンの建設現場】

住宅だけでなく、オフィス向けビルも建設して、サービス業や商業施設、産業施設、研究開発機関、教育機関を誘致し、雇用を確保する。目標は人口と同レベルの２万人の雇用を生み出すこと。住むだけでなく、同じ場所に雇用の場をつくることで通勤時間を少なくし、住民の QOL（生活の質）を上げることを目標としている。住民の QOL を高めるために、散歩や憩いの場となる緑地帯も豊富に設け、どの住居からも歩いて 5 分で緑地帯にアクセスできるようにデザインしている。

アスペルン地区では現在、建設作業が急ピッチで進められており、2015 年には 4000 ㎡のショッピング街が完成してスーパーマーケットやレストランや、カフェなどの商業施設が入居し、2016 年には 2600 戸の住居と 200 人が働けるオフィスビルが完成した。

(2) 視察内容

1)アスペルンの街並み視察

アスペルンはウイーン市街地から北東に十数 km ほどの、ドナウ川沿いに位置する。240ha の土地を開拓し、2028 年までに 8500 世帯が入る住宅施設を建設し、2 万人の住民が住む計画である。同地区は、ウイーン市の地下鉄 U2 路線の終点に位置し、終点の Seestadt 駅までウイーン市街地から 27 分で到着するため、都心へのアクセスにも優れている。将来的には、同駅周辺を再開発して、パークアンドライドや自転車レンタルなどの施設を充実させる予定。

【スマートシティ全景】

【レンタル自転車】

進行中の本計画は居住地を中心に建設が先行しており、既に約 2600 戸の住居が供給されている。分譲と賃貸の比率は 2028 年の完成時に分譲 20%、賃貸 20%、公的支援賃貸 60%となる予定。

入居者は現状、若い世代が多く一世帯 3～4 人の核家族の入居者が多い。駅に近い住居には駐車場の整備が無く、駅から遠い住居には地下に整備した駐車場がある。駅周辺には自転車のレンタルがあり、居住者の足として活躍している。

【街並み】

【建設中の木造24階建てビル】

建設が急ピッチで進められているが、スマートティ内は建造物がない緑地エリアを約 50%確保するなど環境への配慮が伺え、現在建設中のビルの中には木造建築で世界最高となる 24 階建のビルはホテル・事務所として使用される予定で 2019 年の完成を目指している。

2）地下水熱交換システムの視察

【地下水熱交換システム①】

SCDA（Smart Cities Demo Aspern）プロジェクトは、3 段階で進められる計画である。第 1 段階では、ビルや住居などの施設と電力網を通信ネットワークで結ぶ。第 2 段階では、導入した通信ネットワークを使って、低圧の配電網内に導入された再エネの変動を複数の蓄電池や蓄エネ装置を使って最適に抑える実証を行う。これにより、再エネ活用でどの程度まで CO2 削減に貢献するかを確かめる。最終段階である第 3 段階では、需要家を通信ネットワークやインタフェースで結んで積極的にエネルギー管理に参加してもらい、需要家の省エネや経済的メリットの追求と共に、系統網の安定化に役立てることを狙う。

【地下水熱交換システム②】

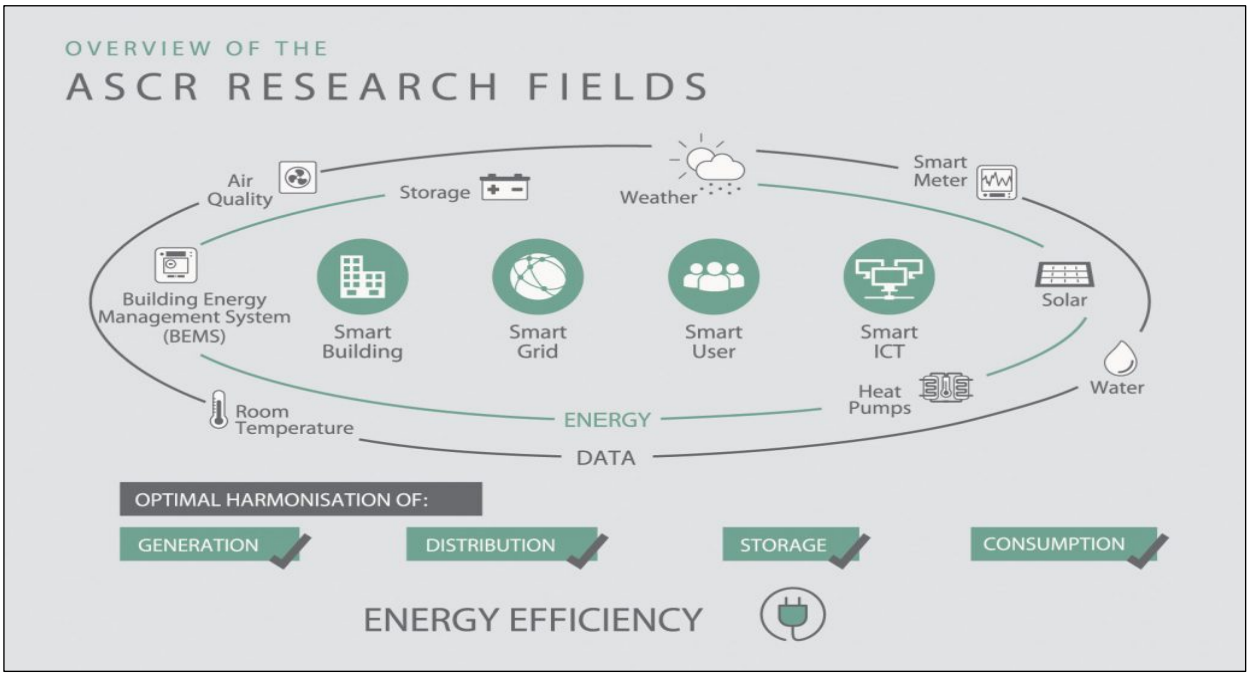
【地下水熱交換システム③】

スマートシティを建設中のアスペルンは涼しい季候と潤沢な地下水に恵まれており、1 時間に地下水 12m^3 を汲み上げ熱交換による冷暖房設備を取り入れている。

【中心部にある人工湖】

使用する地下水は、地下水全体量に対して極めて微量であり、その水量を汲み上げることによる地盤沈下の心配はないとのことである。使用後は高性能フィルターを介して地下に戻されることから水質汚染の心配はなく、常に環境に配慮した仕組みになっている。地下水の温度は 1 年を通して 12℃（±1.2℃）と安定しており熱交換器により効率良く 58℃まで引き上げられる。また、他設備として地熱発電・太陽光発電・排気ガスの熱利用も取り入れている。

3)シーメンス社からのスマートシティ概要説明



【シーメンス社による説明概念図】

アスペルン　プロジェクトでは、エネルギー面では太陽光などの自家発電と蓄電池を利用して地産地消を進めるマイクログリッド型のエネルギーシステムを構想している。同システムの導入に当たってウイーン市は、エネルギー事業者の Wien Energie、通信事業者の Wiener Netze、Siemems、オーストリア技術研究所(AIT:Austrian Institue of Technology)と共同で、ASCR(Aspern Smart City Research)という研究会社を 800 万ユーロの資金を投じて設立した。

ASCR が検討するマイクログリッド型エネルギーシステムは、「SCDA(Smart Cities Demo Aspern)」に取り入れられ、ウイーンのスマートシティ化の重要な要素に位置づけられている。同エネルギーシステムを技術面で主導するのがシーメンスである。域内で発電した再エネ電源を最大限活用すると共に、広域の電力網とも連携し、欧州の電力市場と取引を行うことで、再エネ電力の経済的メリットを最大化する検討を進める。

シーメンス社とウィーン市を中心とした ASCR により運営される都市計画であり 4000 万ユーロを投じスマートシティ都市の実現を目指している。

予算の内訳はインフラに 1000 万ユーロ、ネットワークに 500 万ユーロ、研究に 2500 万ユーロの予算配分がされており、国(オーストリア)から 600 万ユーロの援助を受けている。シーメンス社は、建築や建築物などの運営には関わりを持たない。

【ジオラマによる説明】

(3) 質疑応答

Q1	オーストリアの居住空間は、平均(一般的に)㎡ぐらいですか？また、5万円程度の家賃で低所得者が入居可能とありますが、オーストリアで 50 ㎡前後の良質な住宅の家賃は、平均いくらぐらいですか？
A1	居住空間は平均的に 50 ㎡～100 ㎡。家賃は 50 ㎡で約 50,000 円である。(平均的に1㎡ 7.6 ユーロ)
Q2	アスペルン スマートシティ計画は、国が主体となって取組んでいるのでしょうか。また、アスペルン地区を選んだ理由はなんでしょうか。スマートシティ計画は世界各地でありますが、目標となっている都市はありますか？
A2	計画の主体はウイーン市。計画地は牧草地であったこととウイーン市中心部までのアクセスに優れていたためにアスペルン地区を選定。本計画はヨーロッパ最大の計画である。
Q3	アスペルン地区における都市構築構想(2 万人の居住者と 2 万人の雇用創出規模)に係る建設総コストはどの程度の規模になりますか。建設に係る総コストの負担は、EU ならびに国などの行政機関についてどの程度あるのでしょうか。また、既にアスペルン地区に居住している人たちの負担増とはならないのですか。
A3	総コストは約 50 億ユーロ(約 6500 億円)、EU の負担はなくウイーン市と建築主の負担となる。
Q4	スマートシティの都市建設に関し、2028 年までトータル 18 年間に及ぶ壮大な規模となりますが、建設に係る労働力は充足しているのでしょうか。2010 年から 20017 年までがフェーズ 1 としていますが、目標どおり進捗しているのでしょうか。また、都市建設を進めるにあたり、特にご苦労されていることはありますか。
A4	労働力の不足はなく目標どおり進捗している。住民の協力と理解を得ることが特に苦労する点であり重点を置いて建設を進めている。
Q5	2 万人の住民計画となっていますが、移住してくる方達はどのような地域(海外含む)から来るのでしょうか。また、年代別な特徴や、人工増加によるメリットはありますか。
A5	幅広い年代が入居しているが若い世代の入居が目立つ。オーストリアには毎年多くの移民者もいるため今後も増加が考えられる。
Q6	主たる雇用を創出する業種は何になるのでしょうか。また、雇用はスマートシティ内に居住する人に限定なのでしょうか。現在の住民人口および就労人口はどれ位でしょうか、また、計画どおり進んでいるのでしょうか。雇用創出に関し、国外からの企業誘致構想はあるのですか。
A6	特定の企業誘致は考えていない。ウイーンの住宅不足を考えれば住居のニーズ拡大が想定される。

(4) 一般的所感

アスペルン スマートシティは、非常にきれいな町並みと生活のしやすさを想像できる都市計画ではあるが、現実の再エネの進捗度合いを見るとまだまだ道半ばであり今後の進捗を注視したい。

日本においても同様に実施したい都市計画ではあるが、土地の問題、費用負担の問題と解決しなくてはならない要素が多くあり、国が主体的に構想を打ち出さない限り実現は難しいと考える。

今回特に感じたのは、ウイーン市街地から公共交通機関の延伸による利便性の追求や市省政の積極的支援など、スマートシティ構想の実現に向けたリーダーシップが感じられる。日本にこのような構想が実現できれば、持続可能な再エネ・省エネ社会の構築がなお一層早く訪れるのではないかと考える。

(5) 参考資料及びホームページ

・日経BP総研 http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/tk/PPP/080200047/020500009/

・Aspern Smart City Research https://www.ascr.at/en/about-ascr/

【アスペルン スマートシティでの集合写真】

Ⅲ. フローニアス（Fronius）社の視察

日　時	2018 年 9 月 18 日(火)13:00～15:30
場　所	Froniusplatz 1 4600Wels, Austria
対応者	Corporate presentation:Michael Perfahl (Corporate Communications) IoT & welding:Susanne Unterholzer (Corporate Communications) Production tour : Anita Beck (Strategic Product Mgmt. Perfect welding)

(1) 背景と概要

欧州の心臓部に位置する小国オーストリア。非常に安定したエネルギー供給と低い産業用電力料金、社会政治の安定性と低い犯罪率、EU で 2 番目に裕福な国。高い教育レベルと高い労働意欲で革新的な中小企業が世界のリーダーとして存在している。

オーストリアの主要産業は機械、金属加工、観光である。溶接技術に関して先進的な技術を開発してきたこの会社が発展してきたのは必然のことであったといえる。

2009 年には欧州文化首都に選ばれた、オーストリア第 3 の都市リンツ(Linz)は人口約 20 万人の州都で現在同国最大の工業都市だが、かつてはモーツァルトや文学者シュティフターなど、各方面の著名人が作品を残した文化都市でもある。町にはドナウ川が流れ、ドナウ川クルーズの拠点にもなっている。スイーツ好きにはお勧めのリンツァートルテ発祥の地としても知られている。

(2) フローニアス社

1945 年に設立された、産業用ロボット溶接技術、太陽光発電技術、蓄電技術の世界的開発メーカーである。ヨーロッパを中心に、北米、南米、アジアに進出。日本を含め、世界 28 カ所に拠点を構えている。全従業員 4550 人で 100%国内生産で 89%を輸出している。ロボティクスから海洋工学まで、あらゆる分野での顧客のニーズに応える溶接技術を開発している。

溶接技術に関しては、1979 年インバータ溶接機、1998 年フルデジタル溶接機を開発し、フルデジの開発は世界初であった。2001 年レーザハイブリッド、2005 年 CMT、2006 年デルタスポットとそれぞれ世界に先駆けて開発。この間、一貫して世界の溶接技術開発で先進的役割を担ってきている。同社の特徴であり魅力は、徹底した開発指向で全従業員の 13%強が研究開発業務に従事しているというから驚く。もう一つの同社の特徴は徹底した高い品質管理。部品の内製化率が 70%というからこれも珍しい。

太陽光発電技術に関しては、メインのパワーコンディショナは 30 年近い歴史がある。容量は最大でも 27kW の小型で、住宅から中規模発電所までの設備を対象としているようである。販売台数ではヨーロッパで第二位というから、いかに住宅用に力を入れているかが推察される。

蓄電技術に関しては 2.4 kW の蓄電装置が中心機種というから、これも住宅向けということができる。また、ポータブル溶接機用のものも制作している。

(3) 質疑応答

Q1）産業用ロボット溶接の用途、また、一番使用されている業種は何か。 A1）航空宇宙産業、建設機械、自動車、鉄道車両、プラント関連、橋梁、造船、圧力容器、現地補修、大型のパイプ・バルブの内面肉盛り等の多くの用途に使用されている。一番多いものは自動車関連である。
Q2）産業用ロボット溶接分野における御社のシェア率はどれくらいか。 また、世界 28 ケ所の拠点では実際に溶接機などを製造・生産しているのか。 A2）世界でのシェア率は約 10%、生産は本国のみ。
Q3）産業用ロボット溶接技術における現状の課題と将来展望はどのようなものですか。また、AI 化が溶接技術に及ぼす影響はどのようなものが考えられるか。 A3）操作者の技能による品質のバラツキが散見されるので溶接データの収集が強力な武器になる。これらのデータを分析して効率よく製品に活かし顧客との結びつきを強固にする。 将来的には AI 化により 100%の再現性をもつ品質の確保、自動センシング、多機能化、自走式化、周辺機器を含めたスマート化がある。
Q4）ロボット技術は他社と提携しているのか。 A4）全て内製化を目指しているが、現実にはロボット技術は多くの企業や大学などと協力している。
Q5）ロボット化が難しい溶接とはどんなものか。また、溶接技術で一番難しいのはどのようなところか。 A5）溶接部の材質のデータが不明な場合。 鉄、アルミ、ステンレス、チタン等の溶接は可能だが、一番難しいものは合金である。それは材質の物理的データが必要だからである。
Q6）溶接技術の進歩や自動化が進めば高度の熟練工が不要となってくるのか。 A6）100%自動化は不可能、最後は熟練技能者の技が必要になるため溶接工という職種は無くならない。

(4) 一般的所感

フローニアス社を訪問して最初に感じたのは、とてもモダンなデザインの建物だなということである。デスクワークは通常は廊下からも見えるように開放的で、例えるならGoogleに代表されるようなIT企業のオフィスに印象が似ている。竣工年が 2007 年ということを聞いて、とても 10 年以上経った建物とは思えないほどである。改めて当時の設計者の先進性に感心するばかりであるし、実際に丁寧に使用されている印象を受ける。

工場内は世界共通で撮影禁止であったため写真はないが、自動化はそれ程進んでおらず、手作業もそれなりにあり、マイペースで仕事を進めているという感じであった。制服もなく、休憩スペース、社員食堂の充実度を考慮すると職場環境としては大変恵まれているように感じた。

太陽光発電技術や蓄電池技術分野の開発も手掛けていたが、メインは溶接機に関係する開発、生産でありプレゼンもそれに重点を置いてあった。溶接技術に関しては、AIを利用してインテリジェント化を進める中で、溶接プロセスデータの作成、保管、及び可視化を可能にすることで、作業者の技術に起因する品質のバラツキを無くす方面の開発に力を入れていた。IoT を利用した技術開発に関してはこれから取り組んでいきたい分野のようであった。

電設視察ということで、ある程度技術的な質疑応答があるために事前に質疑をまとめ翻訳して先方に渡しているとは思うが、通訳者が技術分野の通訳経験不足であったようで、専門用語等への対応が出来ず、十分な意見交換が取れない場面もあり、他の三ヶ所の視察が充実していただけに残念であったが、この反省を今後の視察の際に活かして頂きたい。

(5) 参考資料及びホームページ

・フローニアス社ホームページ

https://www3.fronius.com/

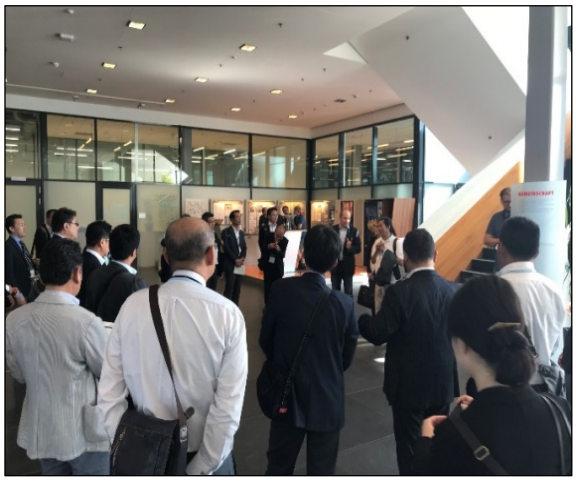
・愛知産業株式会社(フローニアス社日本代理店)ホームページ

http://www.aichi-sangyo.co.jp/products/fronius/index.html

・ビジネス拠点オーストリア

https://investinaustria.at/ja/downloads/broschueren/business-location-austria.pdf

【プレゼン風景】



【視察終了時の挨拶風景】

【自社製 1.5MW 太陽光発電システム】

【正面外観風景】

【 Mr. Michael Perfahl 氏との記念撮影 】

Ⅳ.　リポ・パークの視察

日　時	2018 年　9 月 20 日（木）　10 時 00 分～12 時 00 分
場　所	スイス　シャウハウゼン市
対応者	２名　建築会: Methabau Plan AG のマネージャー クラブチーム:FC Schaffhausen のマネージャー

（1）概　要

サッカースタジアム「ＬＩＰＯ　Park　Schaffhausen」でショッピングセンターやフィットネスセンターも入った複合建築で 2017 年のヨーロッパソーラー賞を受賞した施設である。太陽光発電を搭載したサッカースタジアムは、世界中にも存在している。東西南北の屋根材として、透光型太陽光発電パネル使用した再生可能エネルギー型スタジアムでソーラーモジュールがスイスのメガソール社製を使用している。建設期間は、18 ヶ月という速さで完成しました。ＢＩＭを採用して壁などを工場で製作して現地で組み立てる作業として短期間に工事を完了させた。

総工費は CHF 60 Million(日本円で約 70 億円)。

（2）視察内容

太陽光発電でスタジアムや商業施設の暖房や給水などにも使用し、暖房エネルギーを分散させてグランドの床暖房や壁パネルへの暖房なども活用しているとのこと。

この太陽光発電は、シャウハウゼン市の電力会社 Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen(EKS) AG が運営しており、この施設全体の電力消費量の 150%をカバーできるプラスエナジーハウスであり、発電能力は 1.3MW（ピーク)、余剰電力は一般送電線へ送り出している。また、自家発電設備も備えたものであった。

【サッカースタジアムの全景】

【グラウンド内】

スタンドは、フーリガン対策用のネットが張ってあり、敗戦チームの選手が控室の棚や椅子などの設備を壊さないように頑丈に作ってあるなど工夫もされている。

照明の明るさや廊下の幅などはすべて国際サッカー連盟（ＦＩＦＡ）の規定に基づいて行われており、観客収容は、約 8,400 人のサッカースタジアムであった。

【スタジアム屋根部分のパネル設置状況】

【自家発電設備】

（３）質疑応答

Q1）太陽光パネルの製造メーカーは？ A1）スイス　メガソール㈱ Megasol ＧＡＳＯＬ社 （モジュールは中国で生産している）
Q2）パネルの日々のメンテナンスはどのようにしていますか？ A2）年一回。３日～５日かけて清掃。 昇降装置を使い水で花粉などの汚れを洗い流している。

【スタジアムと複合施設全景】

（４）一般的所感

屋根自体を太陽光パネル（モジュール）に使用している斬新さがあり、ヨーロッパは特にサッカーをこよなく愛する国々も多く、到る所にサッカー　場などの施設がある。その頂点となるスタジアムに再生可能エネルギーのひとつである太陽光発電設備がうまく融合していると感じた。

このスタジアムを本拠地としているＦＣＳ（ＦＣシャフハウゼン）は、スイスでは、チャレンジリーグ（２部）に所属しており、1896 年創立と歴史の古いクラブチームでる。現在ドイツ代表を率いている監督ヨハヒム・レーヴも昔在籍していたようであった。今年のロシアW杯もあったなかで日本代表も合宿地の一つがスイスであった。同じ年にスイスでのスタジアムの視察が出来たことは非常に興味深いものであった。

日本国内のサッカースタジアムでも太陽光発電を導入しているところとして市立吹田スタジアム（ガンバ大阪）や味の素スタジアム（ＦＣ東京）などがある。スタジアムを訪れた観客に発電量や使用電力量を管内モニターなどで「見せる化」しているなど太陽光発電を導入することで、大量に使われるエネルギーを少しでも削減することで環境に配慮した取り組みでは、日本もスイスと同じであると感じた。

【観客席での集合写真】

(5) 参考資料及びホームページ

・2017 年度　ヨーロッパソーラープライス　受賞者概要
https://www.eurosolar.de/en/images/EVENTS/ESP/ESP_2017/ESP17_Winner_Brochure_web1.pdf

・電力会社法人 Kanton of Schaffhausen (EKS)広報ビデオ LIPO Park,Switzerland
https://www.youtube.com/watch?v=46MT1FvSK88

Ⅳ．グリムゼル水力発電所（Grimselstrom electrical power plants and dams　power plants　）の視察

日　時	2018 年 9 月 21 日(金)10:30～12:30
場　所	スイス　ベルン州　グリムゼル峠地区
対応者	Gian Marco Maier 氏（Grimsel Hydro 社　vice director）

（1）概　要

スイスの電力事情

スイスは現在、電力供給では豊富な水力資源を利用し水力発電が約 60%、全発電量に占める水力発電の割合が世界でも非常に高い国である。また、スイスは欧州域内の 20 ヶ国からなる UCTE(Union for the C-ordinationof Transmission of Electricity)という発送電協連盟に加入しており、系統大容量送電線で隣接国と接続し、電力融通が可能であり自由に電力を取り引きできるという環境にある。

視察先ＫＷＯ発電会社の概要　（Kraftwerke　Oberhasli　ＡＧ）

ＫＷＯは、スイスの大手水力発電会社の一つであり 1925 年に設立し、13 の発電所、8 つの貯水池（１つは自然湖)、160 キロメートルのトンネル、数百キロメートルのパイプライン、道路、ケーブルカーなどを建設し、現在最大出力 1,370 MW の発電施設を保有している。

（2）視察内容

今回視察先となったグリムゼル水力発電所２は、ベルン州地域において９つ発電所と８つの貯蔵湖により運営され、すべてを合わせると毎年 2,100～2,300 ギガワット時（GWh）の発電量を有しており、その中の１つの発電所である。この発電所は、標高 1,720mにあり、あたりの積雪は約 8mと日本の豪雪地帯の２倍近くであり、想像ができないようなものでる。移動は専用バス二台でトンネル経由発電所まで行き降車し、地中の発電所構内へと向い施設入口付近で全体概要の説明を受け、そのあと発電設備の視察となった。

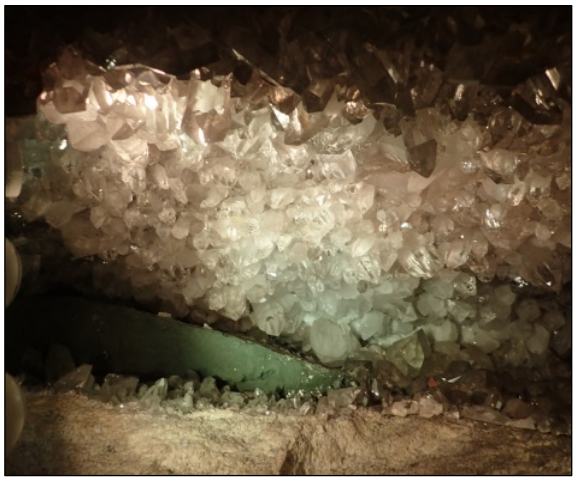
この施設には､年間 3 万人の視察者が訪れるそうで､施設説明には熟練のガイドにより行われ、視察中においても安全には厳格に配慮され、視察者の怪我など無いように、列など乱すとドイツ語で注意する場面もあった。

【発電所構内への入坑部分写真】

【発電所周辺の写真】

グリムゼル発電所２は、年間 600 GWh の発電量であり、４つの発電機（87MW x 4 基=348MW）はそれぞれ一つのポンプと一つのタービンで構成され、それらはオーベラール貯水池とグリムゼル貯水池との水により稼動しており、その発電設備の各部品もすべて大きくメガワットクラスを感じ、また水流調整の弁も流速が早いものと遅いものでは構造自体からの違いを理解が出来た視察であった。　一方自然景観を考え露出配管なるべく避け岩盤に中に布設しており、いろいろな工夫で作られた発電所でもあった。

また、今回の視察途中において発電所構内の通路部分に、建設時の掘削作業中に発見された世界で一番大きな規模とされる水晶の鉱脈（9m）がそのままの形で保存されており、それらを間近で見ることが出来き、アルペンの地下で形成された自然現象にも興味を覚えた。（添付写真）



【発電所構内に保存展示されている水晶】

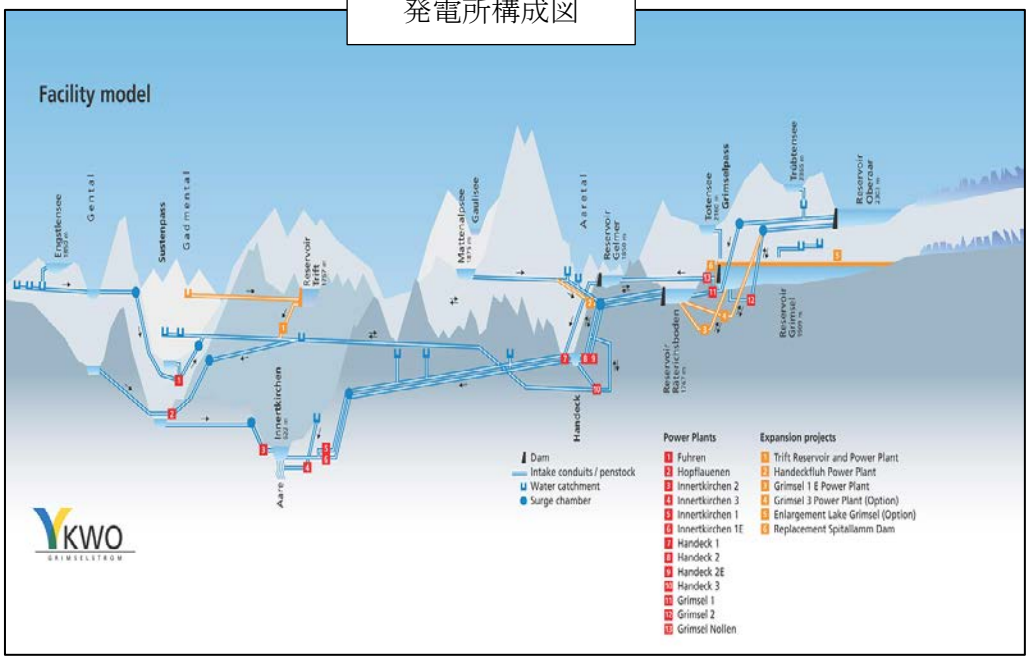
＜アルプスのエネルギー貯蔵＞

貯水池はエネルギー貯蔵であり、湖に貯蔵された水はいつでも電気エネルギーに変換することができ、緊急時ボタンをＯＮするだけで発電可能としており、そして供給の安全性に大きく貢献を果たしており、このアルプスは融解水および雨水により、夏に貯水池に集められ、長い間の発電を可能としており電力の安定供給を図り、他の再生可能エネルギー（風力・太陽光等）による電力発電のギャップもこの貯水池がカバーする役割をも果たしている。

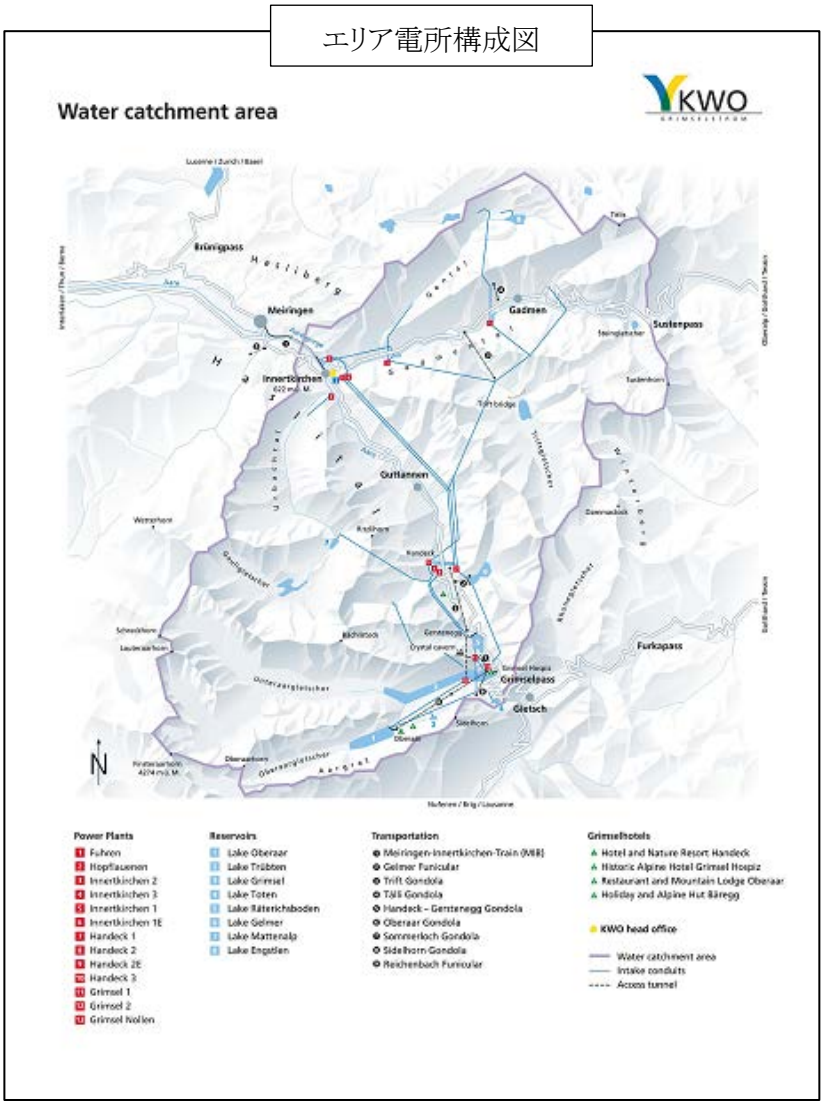
【稼動中の発電機】

ＫＷＯは、大きな複数の貯水池をこのアルプスのグリムゼル地区に有し、全体では正味容量合計１億 9,500 万立方メートルの水を活用し発電することで前述の大切な役割を果たしている。

発電所構成図



エリア電所構成図



（３）質疑応答

Q1）水力発電でダムを持つ貯水式とダムを持たない流込式とのメリット・デメリットはどのようなものか？ A1）貯水式は、渇水期や電力消費の多い夏・冬に十分な水量を確保するため、豊水期や電力消費の少ない時期にダムへ大量の水を貯めておく運用方法である。季節間の消費量の調整に対応するため、巨大な設備になることが、多く周辺の環境などへの影響が大きくなるのがデメリットと言えるかもしれないが、判断は難しい。メリットは、主にピークの時間帯に水を多く流して発電量を増やすことができることではないか。 流れ込式は、川の流れをせき止めることなく、そのまま発電に利用する方法である。 川の水量に左右され発電量はほとんどコントロールできないことと、大きなエネルギーを取り出しにくいため、比較的小規模なものが多くなることがデメリットと思われるが、判断は難しい。メリットは、構造的には安価で環境への負荷も小さく済むこと。
Q2）スイスも日本と似ている地形（山地）であるが、水力発電が多いと思うが、全体の何%か？ A2）約 60%程度。
Q3）夏は、雪解けなどで水量が多いと思いますが、冬は、水量も減り、ダムも凍った場合の発電供給は、どのように行われているのか？ A3）発電所は複数あるため、その中で調整して発電しており、特に支障はない。
Q4）スイスも「原発」に頼らず他エネルー開発を実施することになっているが、今後、水力発電を増やす予定があるのか？ A4）水力発電は、増すように計画をしている。
Q5）世界温暖化など季節の変動が多い近年で、電力供給が悪化したことがあったのか？その時の対策はどのように行われたか？ A5）基本的には、電力供給が悪化したことはない。
Q6）水力発電所は、ベース電力より、ピーク対応や調整電力が、一般とおもうが当発電所は、ギガワットクラスなので、国全体のベース電力となっているのか？ A6）ピーク調整もあるが、ベース電力になっている。
Q7）貯水位の変動は、地震などの影響で、変位は無いものか？ A7）地震は全くないわけではないが、ほとんど影響はない。
Q8）水圧管が重要と思うが、材質など特に接続部はどのようなものを使用しているか？特注管または、通常市販品であるのか？ A8）接続部については、溶接して行っている。熟練されたマイスターが行っているため今まで大きなトラブルはない。100 気圧に耐えられる構造である。
Q9）機械などのメンテナンスですが、年計画で、停止するタービンやモーターを決めてフル運転せずに可能なのか？また、一基当たりの交換作業や点検は、どれくらいかかるのか？ A9）メンテナンスは、計画的に行っている。一基当たりの作業は2～3か月程度土曜日や日曜日などを使いまた夜間電力使用量が少ない時に行っている。通常の定期巡視で不具合あれば、都度見直ししているので、大きな作業は少なくしている。 参考に一つのダムを建設するには、規模もあるが約10年必要とされる。（日本でも同じ感じである。）

Q10）複数の水力発電所を連係していると思うが、負荷バランス調整をどのようにしているのか？また余剰電力はどれくらい見込んでいるのか？

A10）負荷については、時間ごと週ごとに要求されるようになっており、それに合わせて供給をしている。また余剰電力については、10%から15%程度見込んでいる。

質疑応答もあまり時間がない中であったが、活発に行われ、説明者など通訳を通じ、理解できるようになった。水力発電の規模が大きいことや、日本国内では見られない状況、機器の仕様などみんな興味深く熱心に見学し、知識の向上となった。

（４）一般的所感

水力発電所は自然環境に大きく左右される傾向と考えられるが、スイスでは、恵まれた自然にあり豊富な水量を確保できている。そのため、水力発電には国も参画してこの発電所を一緒に運営しており、通常、電力供給には、予測つかないところもあるが、連絡網や管理が整備され理想の供給体制を確保している。

今回訪問したＫＷＯでは、発電事業として多くの施設を広いエリアに保有し、その運用管理では常駐者を配置せず、現場修繕やその他必要時に乗り込み対応しており、通常は中央での運用管理を行っている。そしてメンテナンス作業では、アウトソーシングはせず、数か月かけてすべてそこに勤務する社員が行なっており、このためすべてに精通している技術者が多く、他国から水力発電の研修に多くの人が訪れ学んでいるとのことであった。説明者も、建設から関係し、機械の部品まで熟知しており、その辺は日本との違った感じを受けたが、一方、技術継承から見ればすばらしいことであり、今後若手育成において我々日本の電設業界でも参考としたい。

【グリムゼル水力発電所２視察　集合写真】

（５）参考資料及びホームページ

Kraftwerke Oberhasli AG（ＫＷＯ会社）

参考ＵＲＬ　：https://www.grimselstrom.ch/home-en-US/

まとめ

今、日本をはじめ世界各国では、エネルギー問題に対し、再生可能エネルギーの普及促進が加速しており、同時に可変性である太陽光や風力などの電力供給の不安定さなどに対し、どのように克服するかが大きな課題となっております。

今回の視察では、欧州で進められているＩＣＴやＩｏＴの活用によってエネルギー分野だけでなく交通・行政・教育・経済・生活分野も含め、人々の「ＱＯＬ：生活の質の向上」と「経済発展」を目指した最新のスマートシティ開発プロジェクトの事例や工場を視察できたことで、将来へのヒントが得られたかと思います。今後当協会の会員各社のビジネスに生かされることを期待するところであります。

また、グリムゼル水力発電所見学したことで再生可能エネルギーの多くは気象条件に左右されるのに比べて、渇水のリスクをのぞけば、水力発電は発電量の調整可能な安定供給性にすぐれた再生可能エネルギーであることを再認識した視察でもありました。

余談となりますが、視察中に長期にわたり現地駐在されている通訳担当者よりドイツ語圏（ドイツ・スイス・オーストリア等）では長い伝統をもつ『見習い制度』をルーツとした、日本の小・中学校に当たる 9 年間の義務教育を終えた後、3 人に 2 人は高校に進学せず職業教育の道に進み、週の 3～4 日を企業で給料をもらいながら働き、1～2 日は州立の職業学校に通うという実技と理論を並行して学ぶという二本立ての職業訓練教育のもとで、若い担い手が育ち、高い技術・技能を確保しているとの話をお聞きし、技術面でのハードに目が向きがちですが、ソフト面での育成制度の整備も重要であると認識いたしました。

最後に、今回参加された団員各位におかれましては、今回の視察を通じ、新たなビジネスにつなげて頂ければと願うところであります。

以　上

一般社団法人 日本電設工業協会

〒107-8381　東京都港区元赤坂 1-7-8
TEL：03-5413-2161（代表）　FAX：03-5413-2166
URL：http://jeca.or.jp/