第６１次海外電設視察団報告書

2016 年 10 月 3 日（月）～10 月 10 日（月）

～カナダ（BC 州）のクリーンテクノロジー革命の実情について～

目 次

page

はじめに ……1
Ⅰ．行程・団編成・訪問国の概要 ……2
Ⅱ．バンフ市のグリーンビルディング施設の視察 ……5
Ⅲ．BC Hydro 社
　- ステイブ・フォールズ水力発電所の視察 ……12
Ⅳ．サステナビリティオフィス
　ーブリティッシュ・コロンビア大学（UBC）の視察 ….20
まとめ ……25

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

2016年１２月１３日

はじめに

2016 年 10 月 3 日（月）から 10 月 10 日（月）までの 8 日間、「カナダのクリーンテクノロジー革命の実情」を調査するため、バンクーバーとバンフに第 61 次海外電設視察団を派遣した。

当協会の国際交流の窓口である経営企画委員会・国際交流専門委員会（2015 年 12 月・2016 年 3 月の 2 回）において視察先の選定が進められ、2016 年 6 月から参加者の募集を開始し 7 月 31 日に募集を締め切った。最終的には、当協会の磯部正人 副会長（経営企画委員長）を団長とする総勢 20 名の視察団となった。

視察先の選定を進める直前のことだが、2015 年 11 月にパリとその近郊で同時多発テロが起きた。また、欧米とロシアの国家間の対立など、欧米の情勢は不安定な状況であり、国際交流専門委員会では海外諸国のテロや治安情勢の情報収集に努めるとともに、外務省の「海外安全情報」も注視しながら、安全な地域を優先して視察内容の選定を行った。

視察先の検討を始めた頃、パリ郊外で「第 21 回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）」が開催され、2020 年で失効する京都議定書以降の新たな枠組みである「パリ協定」が採択された。世界の気温上昇を産業革命前から 2 度未満に抑えることを目標とし、国際社会全体で温暖化対策に取組むことになったのである。また、各国は自主的に目標を設定し温室効果ガス削減に取組むとともに、実効性を持たせるため 5 年ごとに目標を見直すことを規定した。我が国は世界全体の CO2 排出量の 3.8%、世界で 5 番目の量を排出しており、2030 年度に 2013 年比で温室効果ガスを 26%削減する約束草案を提出している。なかでも、我々の暮らしに関係する家庭部門 CO2 については約 40%の削減目標を掲げている。

このような地球温暖化を巡る情勢を踏まえ、豊富な天然資源、高機能で持続可能かつコスト効率の高いビジネス環境を要し、クリーンテクノロジー分野のソリューションにおいて積極的に取組んでいるカナダのブリティッシュ・コロンビア（BC）州を視察することに決定したのである。

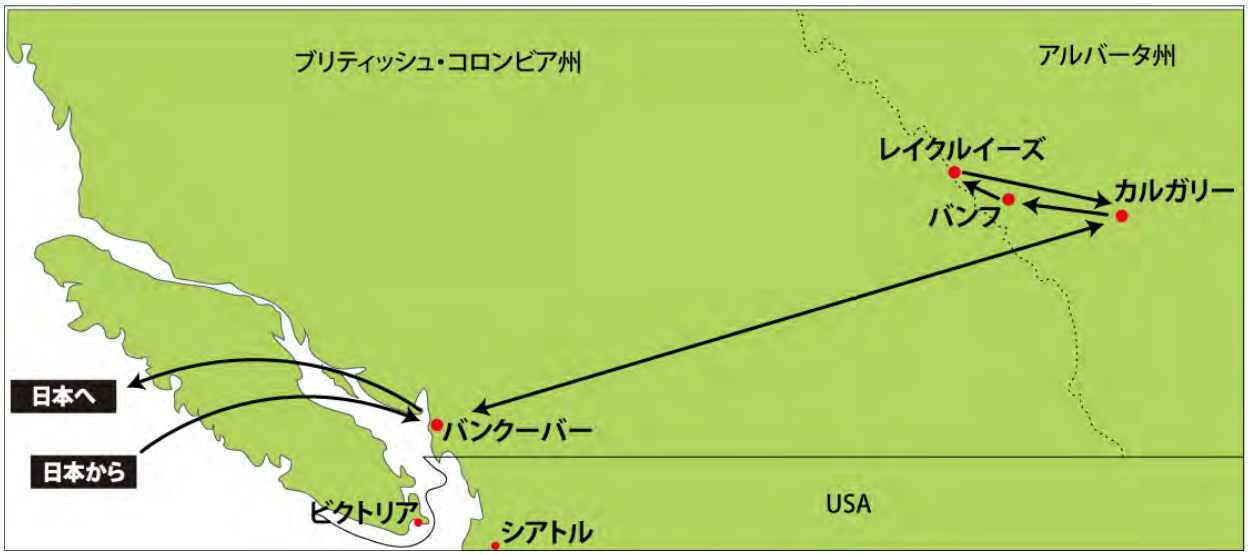
本報告書は、BC 州の電力の 9 割以上を供給している BC Hydro 社や高効率の建築物などを視察し、日本で活かせることはないかを探った詳細の報告である。

Ⅰ．行程・団編成・訪問国の概要

１．行程

月　日	滞在、移動	視察先
10 月 3 日 （月）	東京（羽田）　発→ バンクーバー →カルガリー→バンフ	
10 月 4 日 （火）	バンフ滞在	・バンフ市のグリーンビルディング施設（The Fenlands Banff Recreation Centre ＆ Banff Town Hall）の視察
10 月 5 日 （水）	バンフ→レイクルイーズ	
10 月 6 日 （木）	レイクルイーズ→カルガリー →バンクーバー	
10 月 7 日 （金）	バンクーバー滞在	・BC Hydro 社 ステイブ・フォールズ水力発電所の視察 ・サステナビリティオフィス ブリティッシュ・コロンビア大学（UBC）の視察
10 月 8 日 （土）	バンクーバー滞在	
10 月 9 日 （日）	バンクーバー発→東京（羽田）	
10 月 10 日 （月）	東京（羽田）着	

［ルートマップ］



２. 団編成

氏　名	会社名	所属・役職等
団長　磯部　正人	住友電設㈱	代表取締役会長 （電設協　副会長・経営企画委員長）

〔取材・報告書作成班〕（☆は班長）

◎第１班（バンフ市のグリーンビルディング施設の視察）

☆　水川　文弘	八千代電設工業㈱	電設事業部電気部次長兼電気第 4 課長
國津　一洋	高柳電設工業㈱	代表取締役社長
佐藤　孝文	㈱中北電機	常務取締役
深谷　寅行	大坪電気㈱	執行役員リニューアル事業部副事業部長
森　　博明	三和電気土木工事㈱	代表取締役社長
山﨑　義行	㈱開進堂	代表取締役社長

◎第２班（BC Hydro 社　-ステイブ・フォールズ水力発電所の視察）

☆　小林　　仁	㈱関電工	営業統轄本部エンジニアリング部副部長 リニューアル推進グループリーダー
白川　尚樹	㈱白川電機製作所	代表取締役社長
笹川　謙三	北陸電気工事㈱	事業開発推進部長
田代　泰司	新生テクノス㈱	理事東京支店副支店長
深田　眞男	㈱中北電機	専務取締役
山口　　裕	㈱電成社	代表取締役社長

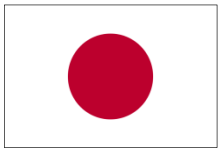
◎第３班（サステナビリティオフィス　-ブリティッシュ・コロンビア大学（UBC）の視察）

☆　山田　章博	㈱トーエネック	エネルギー事業部事業第一グループ担当課長
大江　武志	八千代電設工業㈱	執行役員東京支店長
中村　利恵	品川商工㈱	代表取締役社長
西　　勝	㈱ミライト	執行役員ソリューション事業本部エンジニアリング＆サービス本部副本部長
野口　浩一	因幡電機産業㈱	電設東日本事業部第一営業部長
松岡　　徹	旭電業㈱	代表取締役社長

◎事務局

髙張　健太郎	(一社)日本電設工業協会	調査･技術課参事

３．訪問国の概要

		カナダ	日　本
			
面　　積		998.4 万 km² （第 2 位）※日本の約 27 倍	37.8 万 km² （第 62 位）
人　　口 〔2016 年 5 月〕		約 3,616 万人 （第 36 位）	1 億 2,694 万人 （第 10 位）
人口密度		3.4 人/km²	340.8 人/km²
首　　都		オタワ	東京都
主 要 言 語		英語・フランス語	日本語
政 体・議 会		立憲君主制、二院制	立憲君主制・二院制
主 要 産 業		金融・保険・不動産などのサービス業、製造業、建設業、鉱業	製造業、IT 産業、エネルギー産業、自動車、機械、航空宇宙、素形材、鉄鋼などの製造業、IT 産業
宗　　教		キリスト教（約 80%）	神道、仏教が主
平均気温（月別）	最高	バンクーバー　（8 月）　21.9℃ バンフ　（7 月）　21.9℃	東京　（8 月）　30.8℃
	最低	バンクーバー　（1 月）　0.5℃ バンフ　（1 月）　- 14.1℃	東京　（1 月）　0.9℃
電　　圧 周 波 数		110V～120V 60Hz	100V 50 Hz・60 Hz
通　　貨		カナダドル	円
		（1 カナダドル＝81 円）11/16 現在	
GDP ［2015 年］		1 兆 5,505 億米ドル （第 10 位）	4 兆 1,232 億ドル （第 3 位）
経済成長率 （実質） 〔2015 年〕		1.2%	0.47%

Ⅱ．バンフ市のグリーンビルディング施設の視察

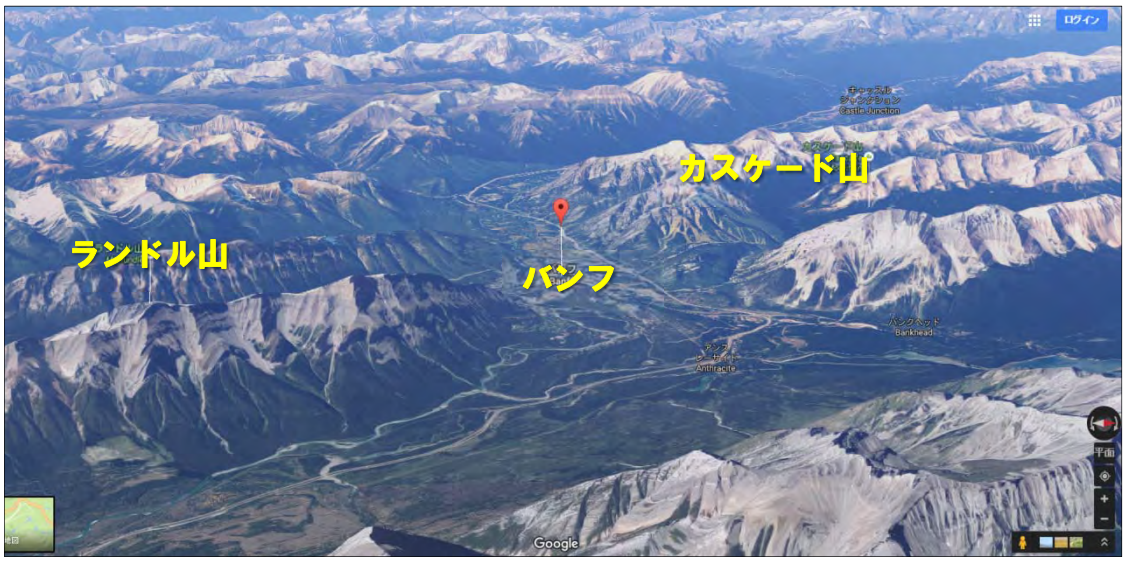
日　時	2016 年 10 月 4 日（火）　9 時 00 分～11 時 00 分
場　所	・The Fenlands Banff Recreation Centre 100 Mt. Norquay Road Box 1260, Banff, Alberta, Canada ・Banff Town Hall Town of Banff 110 Bear Street Box 1260 Banff, Alberta, Canada
対応者	・The Fenlands Banff Recreation Centre Mr. Dan Peters（The Fenlands – Foreman Town of Banff） ・Banff Town Hall Ms. Lisa Lee（Executive Assistant Mayor's Office Town of Banff）

（1）概要

バンフは、カナダのアルバータ州に属し、人口 8,200 人程度の市である。バンフ国立公園内※1 に位置する同市は標高 1,383m、カナディアン・ロッキー山脈観光の中心地である。夏季の登山、冬季のスキー等で賑わうリゾート地であり、また温泉保養地としても人気の高い場所とされている。

同市は、サスカチュワン川の支流の 1 つであるボウ川を挟み、カナディアン・ロッキーの山々に囲まれた盆地となっていることから、冬でも 30cm 程度の積雪のようである。この盆地は、その昔、氷河が山脈を大きく削り取って出来たとされている。

温暖化の影響で、昨年は－20 度以下の日は 1 週間程度だったようであるが、寒くなる年は平均気温－30℃から－40℃程度と想像を絶する寒さになるようである。



【図 1　Google Earth で見るバンフ市】

同市の建築物の政策は、持続可能な建築物の適用と開発においてリーダーシップを発揮することを公約で示しており、新築の建築基準は、環境性能評価システム（LEED※2）のシル

バー認定又はそれ以上を満たす必要がある。

今回の視察では、LEED のシルバー認定を受けた「The Fenlands Banff Recreation Centre」と、「Banff Town Hall」及び同市の取組みについて視察をした。

※1　バンフ国立公園は、カナダで最初に設立された国立公園であり、近隣の国立公園と共に世界遺産に登録されている。

※2　LEED（Leadership in Energy & Environmental Design）とは、環境配慮された優れた建築物を作るため先導的な取り組みを評価するグリーンビルディングの国際的な認証プログラム（環境性能評価認証システム）であり、米国グリーンビルディング協会が開発及び運営を行っている。プラチナ・ゴールド・シルバー・認証の 4 つのレベルが決められる。現在では、世界 150 カ国以上の国々で採用されている。

（日本の建築物は、プラチナ認定 47 件、ゴールド認定 14 件、シルバー認定 8 件、認定 13 件の 82 件が認定されている（2015 年現在））

(2) 視察内容

1)「The Fenlands Banff Recreation Centre (BRC)」

BRC は、カスケードマウンテン（高さ 2,998m）と近くの森を見渡せる位置にあるバンフ市内唯一のスケート施設であり、2 つのホッケー場と 1 つのカーリング場で構成されている。同施設は、ホッケーやスケートだけでなく、コンコース（多目的室）では結婚式場としても利用されている。

【写真 1　The Fenlands Banff Recreation Centre 外観】

1960 年に設立された BRC は、当時の骨格を利用し、2010 年にグリーンビルディング施設にリニューアルされた。

リニューアルにあたっては、カナダの国技にもなっているアイスホッケーの使用できない期間が無いよう 2 期に分けられ、2010 年の 1 期目では増築を主体とし、翌年の 2 期目は元の施設のリニューアルが施された。工期は約 26 ヶ月を要し、総工費は 26.8 ミリオンカナダドル（日本円で約 21.4 億円※1）で建設された。

BRC が環境性能評価システム（LEED）のシルバーを認定した所以は、建材を再利用し、自然光を 90%取り入れるデザイン性と、余剰熱の再利用をしているからである。

①リサイクル建材

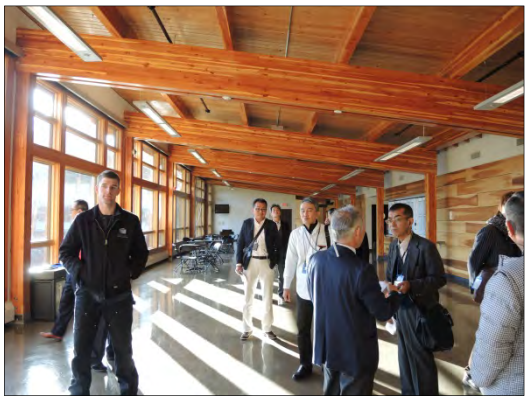
建材は主として松や杉が採用され、隣町のキャンモアの廃校となった建材のリサイクルが 50%、地元で生産された建材が 21%、その他 29%で構成されている。リサイクル建材は、建物の内側のみに使用しているとのことであった。

②自然光を取り入れるデザイン性

建物の 90%から自然光が入る設計により、年間約 10 万カナダドル（日本円で約 8 百万円※1）の電気使用料の削減になっているということであった。

※1　1 カナダドル＝80 円として計算

【写真 2　リサイクル建材で構成された
ホワイエ天井】



【写真 3　自然光を多く取り入れた
コンコース】

③余剰熱を再利用するシステム

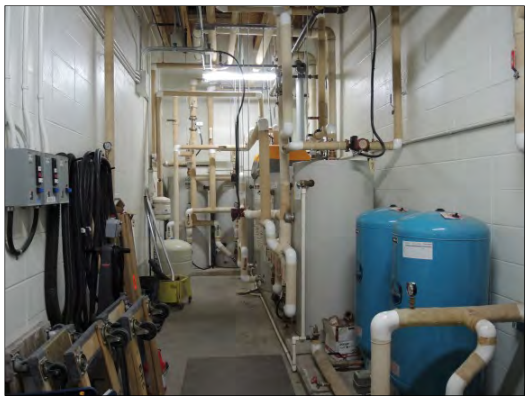
スケートリンクの氷を張るために出た余剰熱は「D super Heater」というシステムを介し、施設の暖房等に利用している。空調の冷媒は、自然環境に配慮しアンモニアを採用している。

【写真 4　　refrigeration room】

【写真 5　溶けた氷水を集積する装置】

④その他のエコ事業

雨水やリンク上で溶けた氷水を集積し、グレイウォーターとしてトイレの水等に再利用している。また、駐車場には自動制御された LED 照明が設置されていた。



【写真 6　グレイウォーターの
循環システム】

【写真 7　駐車場の LED 照明】

⑤管理・運営

施設全体の照明・空調及びアイスリンクの温度・湿度設定等の制御は一元管理するシステムを採用している。また、携帯用の端末からも操作することが可能であるという説明が付け加えられた。

【写真 8　携帯用端末から操作
する Mr. Dan Peters】

【写真 9　磯部団長と Mr. Dan Peters】

【写真 10　BRC 前で集合写真】

⑥質疑応答

Q1：バンフ市と本センターとの環境に関する協議の仕組みはどのようになっているか？ 　また、住民参加型の議論は実施しているのか？ A1：本センターの会議室で市民と本センター関係者が集まって定期的に協議することもあるが、本センターに関する問題点があれば受付ける部署がある。 国立公園内に位置する本センターのため、環境問題に関して市の動きが悪い時には、直接、国立公園の方に言えるようになっている。市民は環境問題に敏感である。
Q2：ソーラーパネルは設置しているのか？ A2：設置していないが計画はある。 　バンフ市はソーラーパネルの普及率が低い。その理由として、アルバータ州は天然ガスが多く採取でき安いため、ソーラーパネルのインセンティブがないことが挙げられる。 オンタリオ州では普及し始めている。
Q3：原子力発電の数は？ A3：カナダ全土で 19 基あり、そのほとんどがオンタリオ州である。
Q4：停電対策はどのようにしているのか？ A4：現在は特に対策をしていない。本施設は 2013 年までは避難場所として指定されるなど停電対策として発電機を入れていた。しかし、同年、洪水があり、発電機に水が入り壊れてしまった。再度、発電機を入れることも検討したが、停電したとしても、アイスホッケーが出来なくなる程度しか影響がないので停電対策は取っていない。 Banff Town Hall には発電機を入れている。
Q5：窓が多く光を多く採り入れているが、断熱対策はどのようにしているのか？ A5：カナダ国内全てに言えることだが、窓はすべて二重構造になっている。

2)「Banff Town Hall（バンフ市庁舎）」

2015 年に 110 周年を迎えた Banff Town の市庁舎を訪れた。

本市庁舎の屋根にはバンフ市では数少ないソーラーパネルを 2015 年から設置しており、カナダ国内では初めての試みであった。以降、同市では、公園のトイレの屋根、ウルフストリートにあるトイレの屋根、コミュニティスクールの屋根にソーラーパネルを設置している。

【写真 11　Banff Town Hall の外観】

本市庁舎に設置されたソーラーパネルの年間出力は、約 1.7 万 kWh（一般家庭の 3 軒分に相当）である。ホール内のロビーに設置されたディスプレーパネルには、発電量を秒刻みで表示するとともに、市民からの要望でホームページでも公開している。

その他、省エネ設備として、市議会堂の天井には、埋込式 LED 照明が設置されていた。

【写真 12　ホール口にあるディスプレーパネル】

【写真 13　天井の LED 照明】

①ソーラーパネル設置の市民への訴求方法

ソーラーパネル設置の市民への訴求は、Town of Banff のホームページ上で市民に呼び掛けをしている。また、2015 年にカナダ国内で初めてソーラーパネル設置の為のインセンティブプログラムを設定したが、市の予算があるため抽選で決定することとし、申込者数 47 件、当選者 16 件であった。

【インセンティブプログラムを利用してソーラーパネルを設置した例】

・自己負担にて 4KW のソーラーパネル設置　13,650 カナダドル（日本円で約 109 万円※1）

・年間で 550 カナダドル（日本円で 4.4 万円）の節約

・市からの補助金（7 年間補助が受けられる）1,400 カナダドル×7 年＝9,800 カナダドル（日本円で約 78.4 万円）

・7 年間で算出すると、

（550 カナダドル＋1,400 カナダドル）×7 年＝13,650 カナダドルとなり、7 年間で元が取れる計算となる。

＊ソーラーパネル 5 枚で毎時 1KW 出力

※1　1 カナダドル＝80 円として計算

(3) 一般的所感

バンフ国立公園内に位置する 2 か所のグリーンビルディング施設は、バンフ市の方針に則り、リサイクル建材や自然光を 90%取り入れたデザイン、余剰熱の再利用など、自然の恩恵をフルに活用していることが窺えた。

しかし、「The Fenlands Banff Recreation Centre」内部の照明は、一般の蛍光灯が使用されており、まだまだエコ事業への取り組みを推進する必要があるように思えた。

「Banff Town Hall」でのソーラーパネル設置についても、日本で設置されている家庭用のソーラーパネル相当であり、ソーラーパネル設置の為のインセンティブプログラムへの申込者が 47 名しかいなかったことは市民の関心度が低いように感じられた。バンフ市は温泉や天然ガスが湧出しているということなので、そのような産物を有効活用した新たなエコ事業に挑戦しても良いのではないかと思った。

【写真 14　カーリングストーンに触れる団員（想像以上に重たかった・・）】

【写真 15　ホッケーリンクを背景に集合写真】

(4) 参考資料及びホームページ

①The Fenlands Banff Recreation Centre ホームページ
https://www.banff.ca/thefenlands

②Town of Banff ホームページ
https://easyview.auroravision.net/easyview/index.html?entityId=1761504&lang=ja

③Town of Banff の Green Buildings & Facilities ホームページ
http://banff.ca/index.aspx?NID=803

④LEED（米国グリーンビルディング評議会）のホームページ（世界各国での LEED の普及状況）
http://www.usgbc.org/advocacy/country-market-brief

⑤(一社)グリーンビルディングジャパン　ホームページ
http://www.gbj.or.jp/

⑥Building plans and LEED scorecards
http://planning.ubc.ca/vancouver/projects-consultations/completed-projects-consultations

Ⅲ．BC Hydro 社　- ステイブ・フォールズ水力発電所の視察
～ BC HYDRO - The PowerHouse at Stave Falls ～

日　時	2016 年 10 月 7 日（金）10 時 00 分～12 時 00 分
場　所	31338 Dewdney Trunk Road,Mission,BC,V4S 1C4
対応者	MS. Pauls Kathy（Tour Guide,Stave Falls Visitor Centre）

（1）背景と概要

①カナダの電力事情

カナダは世界有数のエネルギー資源国であり、石油、天然ガス、石炭、ウランに加えて水力資源も豊富である。

電力需要は 1990 年から 2013 年までの 24 年間に 4,330 億 kWh から 5,375 億 kWh へと約 24%増大した。一方、発電は 1990 年から 2013 年までの 24 年間に 4,820 億 kWh から 6,204 億 kWh へと約 28%増大しており、2013 年の発電電力量の内訳は、水力が 63%と最も重要な電源となっており、続いて火力 22%、原子力 13%、その他 2%となっている。

カナダは水力資源に恵まれ、歴史的に水力を中心とした電源開発が行われたことから、1950 年代には水力発電の比率が 95%に達した。

また、カナダは隣国米国との電力輸出も盛んであり、米国との国際連系線は電圧 23 万 V 以上のものが 24 回線あり、2013 年の電力輸出は 671 億 kWh となっている。

今回視察した BC 州（ブリティッシュ・コロンビア州）は、カナダ西部の太平洋とロッキー山脈に挟まれた所に位置し、10 ある州のうちの一つの州である。面積は日本の 2.5 倍であるが、人口は日本の 1/30 であり、人口密度は低い地域である。

BC 州の平均的な電力単価は 10.29￠/kWh と安価であり、近年値上がり傾向にあるオーストラリアの 41.4￠/kWh と比較すると約 1/4 である。これは、BC 州の電力の 92%は水力発電が占めているのに対して、オーストラリアは化石燃料が 76%を占めているからである。

②BC HYDRO 社（BC ハイドロ社）の概要

電気事業は基本的に州単位で組織・運営されている。電気事業者（2013 年）の構成は、発電設備容量では州・地方自治体営 70%、私営 22%、産業自家発 7%となっており、多くの州では、州営電気事業者が発送配電一貫で事業運営を行っている。

その一つが、BC 州のハイドロ社であり、1962 年に民営から公営に変わっており、BC 州の 95%の電力を賄っている、BC 州の大手電力会社である。

ちなみにハイドロとは水力のことであるが、BC 州では電力の意味となっている。BC ハイドロ社の電源容量は約 1.1 万 MW であり、31 の稼働中の水力発電設備を保有している。また、送電網の距離は約 7.7 万 km の長さになり、290 ヶ所以上のサブステーション（変電所）に 334,000 個の変圧器を設置している。

なお、余剰電力は隣接するアルバータ州やアメリカのカルフォルニア州に送電している。

(2) The PowerHouse at Stave Falls の視察

フレーザーバレー地区ミッションに位置し、カナダ国定史跡に指定された 1912 年建設の BC ハイドロ社の旧式水力発電所が保存されており、現在はビジターセンターになっている。

ビジターセンターは BC 州の 90%以上を占める水力発電の仕組みや電気について遊びながら学べる紹介施設である。

ちなみに Stave（ステイブ）の由来は「樽板」を意味する言葉で、昔、樽を作る会社：ハドソンベイ社がこの辺りで板の材料を取っており、ソリッドなウッドブロックを縦に組上げ成型したシェルを Stave と呼んでいる。

【写真 16　ビジターセンター外観】

【写真 17　The PowerHouse at Stave Falls 入口の看板】

①The PowerHouse at Stave Falls の概要

ア．水力発電所の歴史

ステイブ・フォールズ水力発電所は、先住民がイギリス人から技術を学び 1905 年に建設が開始され、1928 年に完成した。水力発電は水量と落差によって生まれる自然の恵み（エネルギー）であり、この発電所の建設によって周辺に村が生まれた。

初号機は 1912 年～2000 年まで約 90 年間稼働しており、現在は同じ水系を利用した新設の水力発電所が隣で稼働している。

新設発電所は 1999 年から運転開始し旧発電所は 2000 年に運転停止。1 年間は新設発電所の試運転調整もあり旧発電所と併用運転していた。

【写真 18　The PowerHouse at Stave Falls 建設当時】

【写真 19　発電所周辺の集落】

イ．パワーハウスの概要

水車形式は横軸フランシス水車で 1 号機～4 号機は約 100 年前に製造された水車であるが、現在のフランシス水車とケーシングの形状が大きく異なる。

現在のフランシス水車のケーシングは 5 号機のケーシングに近い形（かたつむり状）が一般的である。

フランシス水車とは、水の圧力と速度をランナーと呼ばれる羽根車に作用させる構造の水車で、広い範囲（10m～300m 程度）の落差に使用できる。日本の水力発電所の約 70%がこの水車である。

【写真 20　The Power at Stave Falls 外観】

【写真 21　水圧管とダム外壁】

ステイブ・フォールズ水力発電所は 30m の落差があり、発電機ユニットは 5 台：1 号機～4 号機のフランシス水車は ESCHER WYSS＆CIE ZURICH 社製であり、5 号機はアリスチャーマー社製である。また、発電機は GENERAL ELECTRIC（GE）社製である。

【写真 22　1 号機～4 号機外観】

【写真 23　5 号機外観】

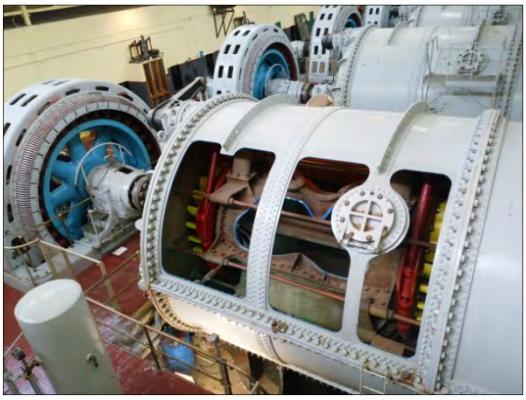
発電出力は 1 号機～4 号機：各 10MW、5 号機：12.5MW の合計 52.5MW であり、5 号機は発電効率を上げるため、水圧管を分岐させた方式を採用している。

この水力発電所で当時の BC 州の電力需要の 5%（22,000 軒分）を賄っていた。現在の電力需要と比較すると 1%程度である。

電圧は 4,200V/基から昇圧し 6 万 V で送電していた。

系統への同期は手動で同期を取り並列していたと説明があった。現在では自動同期投入が主流であるが、旧発電所は 2000 年までコントロールボードを使用したマニュアル運転であった。

【写真 24　コントロールボード外観】



【写真 25　1 号機カットモデル】

ウ．メンテナンス

1 号機～4 号機は水圧管にバルブが無く、メンテナンス時はダムの水門を閉鎖する必要があり、全ての発電機を停止していた。しかし、5 号機はこれまでの経験より水圧管にバタフライバルブを設置することで発電機単体でのメンテナンスが可能になった。

最初の運転員は MR.ノーブル氏であり、メンテナンス工具は全て手作りであった。また、可動式クレーンは 1910 年に設置された機械の中で現在も唯一稼働しており、施設内のランプ交換用として活躍している。

【写真 26　メンテナンス用工具】

【写真 27　可動式クレーン外観】

エ．隣接する新設水力発電所

現在はステイブ・フォールズ水力発電所の横に新しい水力発電所（Stave Falls Dam And PowerHouse）が 1999 年から稼働しており、約 55,000 軒に電力を供給している。これはステイブ・フォールズ水力発電所と比較して同じ水量で 2 倍の発電能力がある。なお、ステイブ・フォールズ水力発電所は 2000 年に運転を停止している。

新設の水力発電所は横軸フランシス水車からプロペラ（カプラン）水車に変更されており、ブレード（水車翼）が可変できるので効率の良い運転が可能である。

発電出力：45MW/基×2 基　　合計 90MW

【写真 28　新設水力発電所：右側】

【写真 29　プロペラ（カプラン）水車の模型】

オ．電力の歴史展示室

1912 年に製造された電気自動車が展示されており、時速は 30km～50km で 1 回の充電で 80km の走行が可能であった。バッテリーはニッケル電池である。また、1920 年代には電気調理器を使用した料理教室を開いていた様子である。

【写真 30　1912 年製　電気自動車】

【写真 31　1920 年代　電気調理器】

②今後の水力発電所の建設計画

カナダの水力発電設備容量は 2014 年時点で約 7,760 万 KW であるが、年平均約 0.7%の割合で増加して 2025 年には約 8,480 万 KW となり、カナダ全体の発電容量の約 50%を占めると予測されている。

BC 州も現在は人口増加に伴う電力需要拡大に備えるため、新たな水力発電所建設とクリーンエネルギーの開発に力を入れている。

特に水力発電所においては、現在建設中のいくつかの大規模な水力発電所（縦軸フランシス水車）の建設による設備容量の増加や既設水力発電所の増出力が見込まれている。

カナダには現在、連邦政府による再生可能エネルギーの導入目標はなく、各州が自主的に策定している。カナダ国内の発電量に占める再生可能エネルギー（水力を除く）は、2013年で約2.2%と低いものの、近年は特に風力発電の導入量が増加している。BC州は新規発電設備の10%を自主目標に設定している。

【写真32　下流部に建設中の大規模水力発電所外観】

③スマートメータの導入

BC ハイドロ社は、電力のリアルタイムの使用状況が分かれば、自分の家の電力パターンのデータが取れ、節電意識が高まると考えている。

しかし、3年前の2013年から設置を開始しているが普及率は100%になっていない。理由はスマートメータから出る電磁波の健康被害を訴え導入に反対する人がいるためであり、アナログメーターの契約者には検針員の人件費が追加されている。

また、セキュリティ面でも不安が残っており、サイバー攻撃の危険性という実態もある。

【写真33　スマートメータ外観（アイトロン C2SOD）】

(3) 質疑応答

Q1：ダムの寿命は何年か？ A1：約100年。
Q2：人口の増加による電力需要の対策はしているのか？ A2：省エネ対策や節電対策を実施中。また、新設の水力発電所を建設中。
Q3：クリーンエネルギーで一番は何か？ A3：水力発電が一番と考える。

Q4：BC ハイドロ社の発電能力はどれぐらいか？ A4：年間 4.3 万～5.6 万 GWh の電力を発電している。
Q5：余剰電力及び不足電力の対応はどのようにしているのか？ A5：必要な分だけ発電し、不足分は隣接するアルバータ州から購入している。
Q6：電力需要の状況はどのようになっているのか？ A6：朝と夕に電力需要がピークになる。
Q7：BC ハイドロ社の契約者数は何人か？ A7：約 400 万人の顧客に信頼できるパワー（電力）を提供している。
Q8：平均的な家庭の年間電力消費量はどれぐらいか？ A8：約 1.1 万 kWh。

(4) 一般的所感

施設内のビジタールームで視聴した映像の中で、雨が山に降り、滝（水力発電）となり、また雨となる。この水の循環によって電力ができる。これこそが本当のクリーンエネルギーであると説明していた。これは視察のテーマである「カナダのクリーンテクノロジー革命の実情」と合致すると思えた。

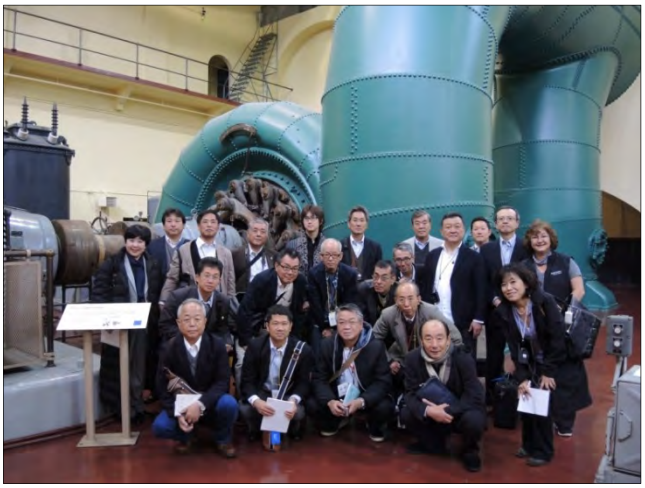
BC 州が栄えるためには電力は重要な要素であり、BC 州約 400 万人の生活を支えている。まさに電力が未来のドアを開けたと言える。

国土の広さや環境面に違いはあるが、日本は全電力に対する水力発電の割合が 8.5%と低く、今後も増設は難しいため、継続的に再生可能エネルギーの普及率向上の重要性を感じた。

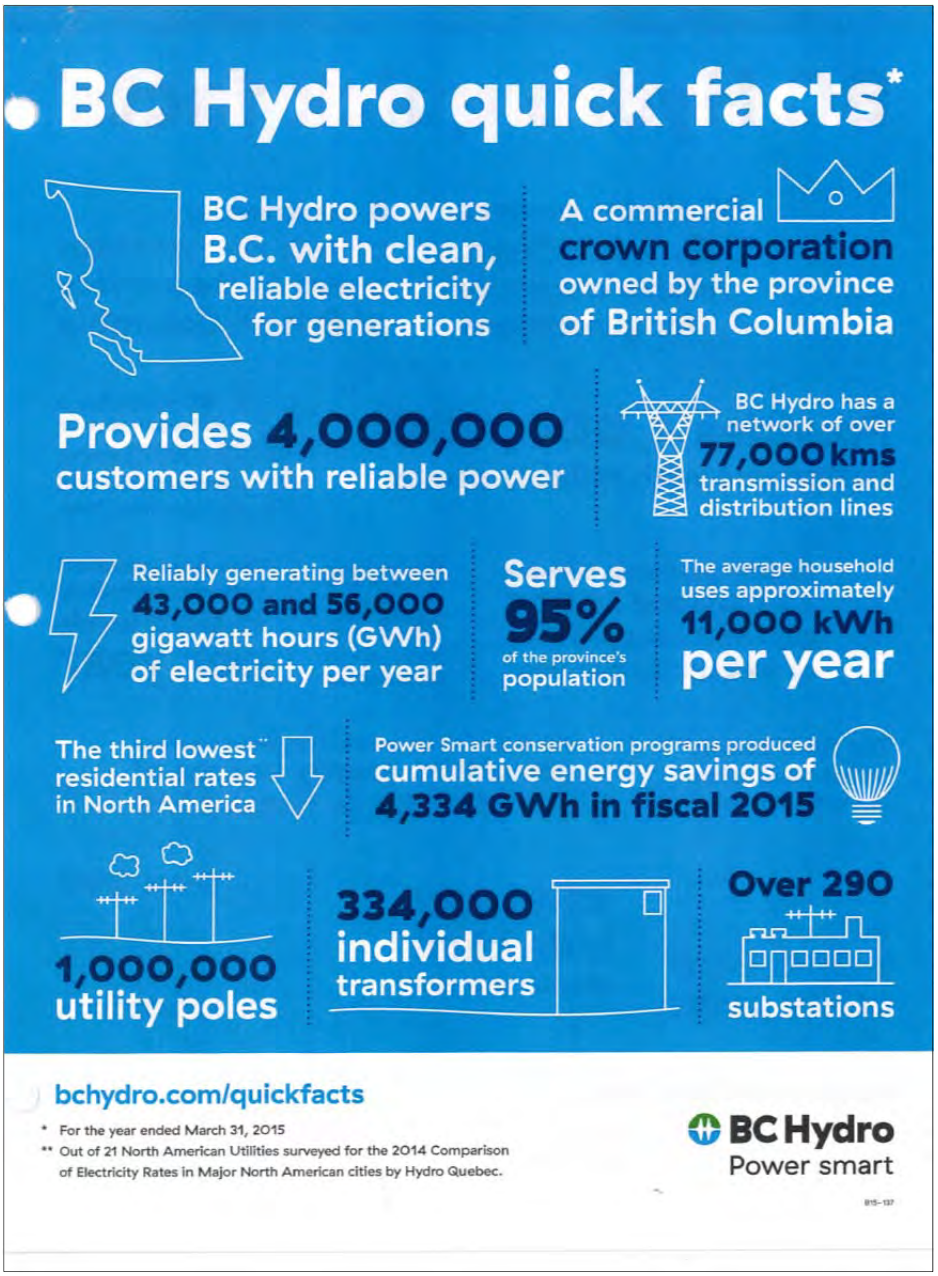
(5) 参考資料及びホームページ

①BC Hydro Quick Facts（P19 参照）
②Whats clean？whats affordable？（P19 参照）
③Ms. Pauls Kathy（Tour Guide, Stave Falls Visitor Centre）からの質疑回答書
④電気事業連合会　海外電力関連　カナダの電気事業
https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_jigyo/canada/index.html
⑤BC Hydro Power Smart
https://www.bchydro.com/index.html

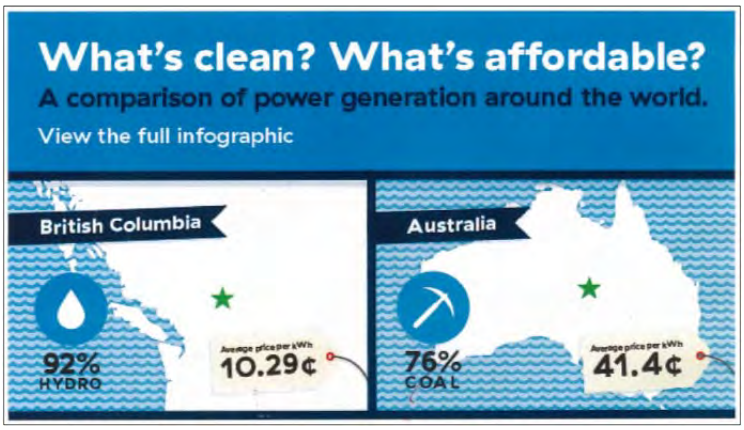
【写真 34　磯部団長と Ms. Pauls Kathy】



【写真 35　The PowerHouse at Stave Falls にて集合写真】



【図 2　参考資料：
BC Hydro Quick Facts】



【図 3　参考資料：
What's clean？what's affordable？】

Ⅳ. サステナビリティオフィス　－ブリティッシュ・コロンビア大学（UBC）の視察

～ Campus Sustainability Office －The University of British Columbia(UBC) ～

日　時	2016 年 10 月 7 日（金）　14 時 00 分～16 時 00 分
場　所	Earth Sciences Building 2178-2207 Main Mall Vancouver, BC V6T 1Z4
対応者	Mr. Gavin Pattman(Green Building Tour Coordinator)

（1）概要

UBC は、約 400 ヘクタールの敷地に約 5 万人が学ぶ総合大学である。キャンパス内には、環境効率を高める様々な取り組みがなされた建物がいくつも建設されている。特に今回視察した建物は、省エネと環境負荷の認証制度である LEED※1 のプラチナ認証を取得している。その取り組みとして UBC では、地球的規模で環境悪化が進展する中で資源の有効な利用と活用を促進している。また、建設された建物には、試行的に持続可能な発展を目指すための様々な設備を積極的に取入れている。

※1　LEED（Leadership in Energy & Environmental Design）の説明は 6 ページ参照

(2) Centre for Interactive Research on Sustainability (CIRS)　視察

①　CIRS は 2011 年に総工費 24 ミリオンカナダドル（日本円で約 19.2 億円※1）で建設された 4 階建ての木造建築物で 2013 年には LEED のプラチナ認証を取得している。

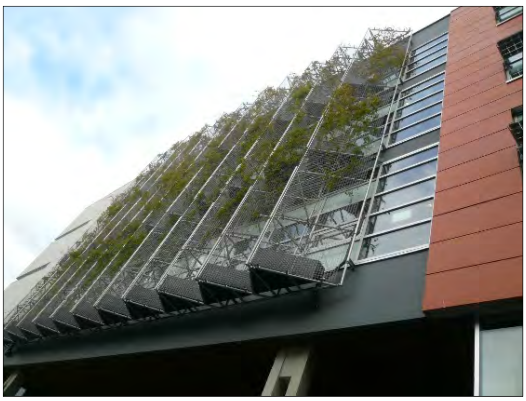
建設時に 500t の CO2 を排出しているが、使用する木が育つ過程で二酸化炭素を環境から吸収するため、建設時の発生量を上回る 600t の CO2 の削減を実現している。

また、使用している集成材（グルーラム）は、鉄と同等の圧縮強度をもつが重量は 1/3 程度で、しかも柔軟性を持っているため耐震強度向上に一役買っている。

外壁については植物緑化を行なっているため、夏場は葉が太陽光を遮って室温の上昇を抑制し、冬場は葉が落ち採光量が増えることで光熱費用の削減に寄与している。

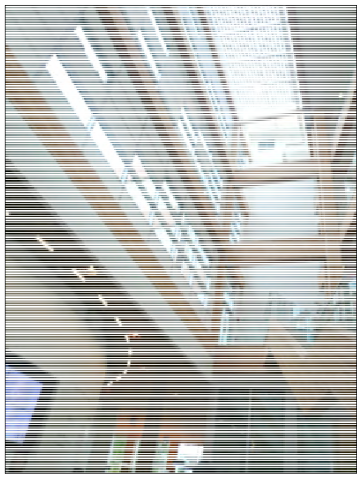
※1　1 カナダドル＝80 円として計算

【写真 36　建物外観】



【写真 37　壁面緑化された外壁】

② 建物の内部は吹き抜け構造にして自然の空気を循環させている。また、各所の二酸化炭素量と温度を計測して窓を自動開閉する構造となっている。加えて建物外から自然光を積極的に採り込むと共に、照度センサで LED 照明器具を自動点灯させている。床材は、古タイヤや廃プラスチックを原材料としており環境と共に防音にも役立てている。



【写真 38　建物内採光と LED 照明】

③ 外壁のガラス窓の上部には、太陽光セルをガラス板に挟み込んだ太陽光パネルが設置されている。太陽光発電の電力で建物全体の 5 - 10%の電力を賄う一方で、建物への採光を制限してコンピュータの画面のグレア（まぶしさ）を低減している。

屋上には、庭園（Living Roof）を設けて、この地域の環境に適した植物をメンテナンスフリーで育てている。

【写真 39　外壁の太陽光パネル】

【写真 40　屋上の緑化（Living Roof）】

④ 雨水は、浄化設備で処理して飲料水として再利用している。浄化設備は 1 万リットル／日の処理能力があり、トイレの下水についても同様に再利用している。しかし、残念ながら視察当日は、浄化設備が調整中で運転状況を見ることは出来なかった。

⑤ 学生についても環境への意識は高く、ゴミを確実に 4 つに分別していた。なお、学内の分別調査では分別率が 86%とかなり高い値であった。

【写真 41　学内のごみ分別 BOX】

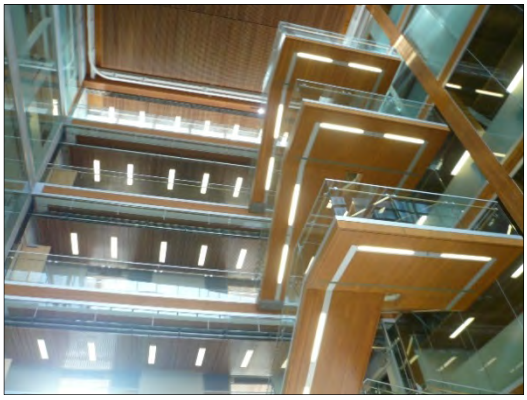
【写 42　学内新聞記事でもリサイクルを呼びかけ】

(3) Earth Sciences Building (ESB)　視察

① ESB は 2011 年に総工費 58.7 ミリオンカナダドル（日本円で約 46.9 億円※1）で建設された 5 階建てのコンクリートと木材の複合構成された地球化学の研究棟である。この建物も LEED のゴールド認証を取得している。ドイツで設計された強化スチールと木材で支持された片持ち式階段が印象的である。

※1　1 カナダドル＝80 円として計算

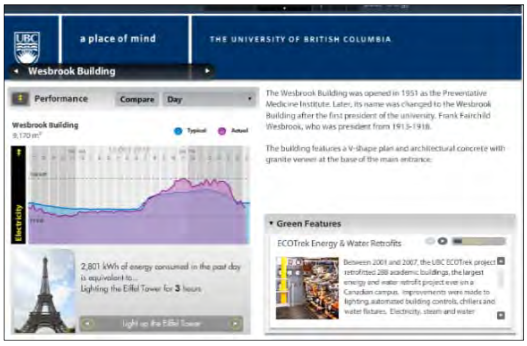
【写真 43　建物外観】



【写真 44　片持ち式階段と LED 照明】

CIRS 同様に吹抜けの立体空間を利用し、自然光を十分に取り入れた構造になっており、自然の熱エネルギーを利用することで光熱費削減がなされている。建物の構造材には木材を積極的に取り入れ、かつ CLT（Cross Laminated Timber）も使用して強度の確保や防音効果を高めている。なお、学内の建物の電力使用量は Web 公開しており、いつでも確認できる。

【写真 45　室内採光】



【写真 46　電力監視画面】

(4) 質疑応答

Q1）雨水浄化設備は飲み水として使用する場合、基準はクリアしているのか？ A1）PH 等の国内基準値をクリアした飲料水として提供さている。
Q2）ソーラーエネルギーの利用は、それぞれの建物ごとに異なっているか？　または、統一的に実施しているのか？ A2）建物によってソーラーエネルギーの利用は異なっている。統一的には実施していない。
Q3）地下熱利用は大学の敷地全体で行われているのか、建物毎に行われているのか？ A3）地熱を利用している建物は少ない。
Q4）最新の持続可能性の取組テーマにはどのようなものがあるか？ A4）世界一高い木造建築を計画しており、18 階の木造建物の建設を予定している。
Q5）持続可能性の実践面で、この大学の事例が世界に広がった具体例はあるか？ A5）ごみの分別収集については、バンクーバー市内へ広がった。
Q6）LEED 認証の取得時や取得後のカナダ国内での税制や補助金等の優遇処置はあるか。 A6）州政府からの補助金制度がある。
Q7）LEED 認証を取得時に苦労された点をご教示頂きたい。 A7）LEED 認証の基準は、年毎に基準が厳しくなり取得まで 2 年もの歳月を必要とした。

(5) 一般的所感

今回見学した建物は、LEED 認証の最高プラチナ認証を取得している建物である。プラチナ認証は、カナダで LEED 認定された建物の中でも取得率 4 パーセント程度の優秀な建物である。現在、UBC 内の新築物件は、全て LEED のゴールド認証以上の取得を目指しており、そのため、木材を使用したカーボンオフセットを積極的に取り入れていることが印象的であった。

また、日本には LEED と同様の認証制度として、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）や BELS（建築物省エネルギー性能表示制度）などもあるが、今後は日本国内でも LEED 認証数が増えていくと思われる。従って日本電設工業協会でも LEED 認証に関する情報収集や調査研究を進めていく必要性を感じた。

【LEED 認証評価レベル】

獲得ポイント	評価認証	
40- 49 Points	CERTIFIED	標準認証
50- 59 Points	SILVER	シルバー
60- 79 Points	GOLD	ゴールド
80-110 Points	**PLATINUM**	**プラチナ**

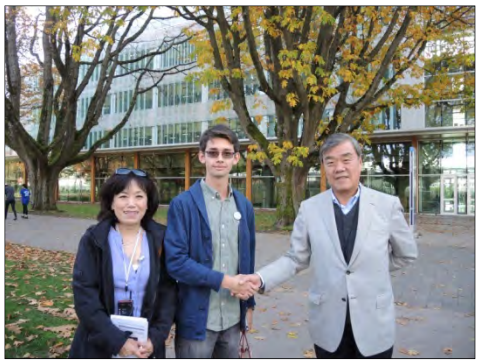
(6) 参考ホームページ

①U.S. Green Building Council (USGBC)

http://www.usgbc.org/

②Energy usage monitoring for UBC

https://my.pulseenergy.com/ubc/dashboard



【写真 47　磯部団長と Mr. Gavin Pattman】

【写真 48　UBC の中庭で集合写真】

【写真 49　CIRS 前にて 3 班集合写真】

まとめ

約 1 万年前から成長を続け、氷の厚さが約 300m とも言われているコロンビア大氷原・アサバスカ氷河やカナディアン・ロッキーを目の当たりにし、自然の偉大さ、人間の無力さを強く感じた。しかし、その偉大な自然は近年、悲鳴を上げており、アサバスカ氷河は年間で約 3m のペースで後退を続けていると言われている。原因は「温暖化」である。我が国においても平均気温の上昇、暴風、台風等による被害、農作物や生態系への影響等が観測されている。

11 月 7 日からモロッコで開催された COP22 では、温暖化防止の国際条約「パリ協定」の詳細ルールづくりを 2018 年までに作成することが合意されるなど、国際協調が不可欠であることが確認された。一方、CO2 を大量に排出する火力発電を国内外で強力に推進していることを理由に、国際的な環境 NGO グループから不名誉とされる「本日の化石賞」に我が国が選定され、国際社会から厳しい目が注がれている。

我が国は 2011 年の東日本大震災以降、LNG を中心とした火力発電の割合が増えており（86%・2015 年)、期待される新エネルギー関係の比率は 3.2%ほどである。エネルギー自給率は 4%とエネルギー資源の大部分を輸入に頼っている。

一方、今回視察したカナダは、天然資源が豊富でエネルギー自給率は 150%とエネルギー輸出国側の立場である。また、総発電量の約 60%は水力発電が占めており、原子力発電の約 15%と併せると 75%がクリーン電力で構成されている（2015 年)。このように資源に恵まれたカナダと我が国とでは、発電に対する考え方や取組み内容に大きな違いを感じた。

我が国は、2030 年度に 2013 年度比 26.0%の削減に向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入や徹底した省エネルギーの推進に積極的に取組んでいかなければならない。特に、電設業界は、エネルギー効率や省エネルギー性能の高い設備・機器の導入促進、BEMS や FEMS などのエネルギー管理の実施・促進など、低炭素社会の実現に向けて具体的な行動がとれるポジションにおり、その期待は大きい。優れた技術を活かせる政府の積極的な政策に期待するとともに、それぞれの企業のさらなる努力と個々人の意識向上を図ることが、低炭素社会の実現へ向けた第一歩であると感じた。

最後に、今回の視察団は年齢、業種、担当業務など幅広い多くの方に参加いただいているのが特徴的であるが、磯部団長を中心として有意義に所期の目標を達成することができた。バンフ市からカルガリー空港までの道中、乗車しているバスが事故にあうハプニングがあったが、幸い怪我人も出ることなく、概ね、予定通りに進めることができ、また、各団員が楽しい雰囲気で視察できた。

それぞれの方が、今後とも色々なところでお会いすると思うが、この思い出とご縁をいつまでも大切にしていただきたいと思う。団員の皆様の益々のご活躍、ご発展をお祈りする。

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/