

カーボンニュートラル賞

受賞名称

第9回カーボンニュートラル賞 北海道支部

カーボンニュートラル賞選考支部名称

第9回カーボンニュートラル賞選考委員会 北海道支部

業績の名称

札幌三建ビル 寒冷地におけるZEB建築の計画と検証

所在地

北海道札幌市北区北15条西2丁目1-1

応募に係わる建築設備士の関与

三建設機械株式会社 佐藤 英樹

武田 淳美

応募者又は応募機関

| | | | | | | |
|----------|----------------|----------------|------|--|--|--|
| 代表応募者・機関 | 三建設機械株式会社 | | | | | |
| 設計者 | 三建設機械株式会社 | | | | | |
| 施工者 | 三建設機械株式会社 | | | | | |
| 検証者 | 北海道大学 教授 長野 克則 | | | | | |
| 延床面積 | 1,596.48 | m ² | | | | |
| 階数 | 地上2階 | 地下-階 | 塔屋-階 | | | |
| 主用途 | 事務所 | | | | | |
| 竣工年月日 | 2018年10月 | | | | | |

支部選考委員長講評

本件は、築50年が経過し老朽化した事務所ビルの建て替えであり、一次エネルギー消費量の削減を主にしたZEB・ウェルネスオフィスとして建設された施設である。

建築計画では、外断熱の採用、日射追従型の外付けブラインドやシースルーエコボイドによる採光・自然換気計画、太陽光パネルの垂直設置による積雪や着氷のリスク回避と屋上の有効活用など建築手法と設備手法を総合的に計画し、省エネ効果が図られている。

空調熱源は、地中熱利用ヒートポンプシステムとし、ヒートポンプ単体のCOPは4~5、循環ポンプを含めたシステムCOPでは3~4と高効率に運転している。さらに冷房時はオープンループ還元井方式の地下水を利用したフリークーリングを採用し、熱交換器単体のCOPは30~40、システムCOPでは20~30程度と、非常に高効率に運転している。

空調システムは、顕熱処理として水式天井放射パネル、外気潜熱処理として顕熱交換器を組み合わせた潜熱処理システムを導入し、上下温度差も小さくPMVも±0前後と良好なオフィス環境を実現している。

また、照明設備へは、自動調光センサと画像センサを組み合わせ、昼光導入時の出力抑制と人検知による省エネを図っている。

2019年度の年間1次エネルギー消費量は、施設全体で、基準値1,420[MJ/m²・年]に対し、実績値は535[MJ/m²・年]となり、62%の削減、BELS評価対象の年間一次エネルギー消費量の実績値は、380[MJ/m²・年]（創エネ含まず）で、基準値から68%の省エネルギーとなっており、寒冷地の建物として高い省エネルギーを達成している。

本件の、設計段階におけるWEBプログラムでの評価は、BEIが0.33でZEB Readyの計画であったが、竣工翌年度の実績値は、BEI 0.26で設計値より高い省エネルギー実績を達成し、Nearly ZEBに近い高水準の結果となった。月別消費電力量・発電量からは、夏期における空調エネルギーが低く抑えられており、地下水熱や外気冷房が効果的に利用されている。さらに、施設の省エネ運用状況もホームページでライブ発信され、省エネの啓発へも貢献している。

本件で実証された建築計画・設備計画上の多様な要素技術を導入した施設における省エネルギー、CO₂排出量の削減手法の有効性は、寒冷地におけるZEBへの取組として、低炭素社会の実現に向けた地域のカーボンニュートラル化への今後の貢献が大きく期待できることから受賞に値すると評価する。

関与した建築設備士の言葉

寒冷地における天井水式放射空調による冷暖房と地中熱直接利用の組み合わせ、自然通風、昼光利用など、北海道の気候特性を有効に活用しながら、地球環境に優しいだけでなく執務者の知的生産性の向上にも配慮したZEB・ウェルネスオフィスへアプローチしました。竣工後1年間の1次エネルギー消費量(実績値)は、基準1次エネルギー消費量に対して74%削減し、Nearly ZEBに近い高水準の結果を達成することができました。全国のZEB事例の内、北海道はまだ数件程度ですが、厳しい自然との共存からZEBへの取り組みが難しいという先入観を払拭し、本事例が寒冷地におけるZEB・ウェルネスオフィスの一つのモデルとなり、カーボンニュートラルな社会づくりに貢献できれば幸いです。

今回の取組みにご尽力いただきましたステークホルダーの皆様に深く御礼申し上げます。

(佐藤 英樹 武田 淳美： 三建設機械株式会社)

一般社団法人建築設備技術者協会カーボンニュートラル賞運営委員会

業績の名称： 札幌三建ビル 寒冷地におけるZEB建築の計画と検証

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1/4

1. 取組の概要

本事例は、築50年が経過し老朽化した事務所ビルの建て替えであり、一次エネルギー消費量の削減を主にしたZEB・ウェルネスオフィスとして、今後の寒冷地における低カーボン建築のモデルとなることを目指したものである。南北に長い日本列島の中で最北端に位置する北海道におけるZEBへの有効な技術を検討し、計画・実施・検証を行った。北海道の豊かな自然と共生し、大地の恵みを最大限有效地活用しながら、高い省エネ性と快適性を実現した、最先端のZEB・ウェルネスオフィスへの取組を行い、未来のカーボンニュートラル社会の実現に繋がることを期待している。（別紙1 建物概要図参照）

2. 建物概要

| | |
|---------|------------------------|
| 建物名称 | 札幌三建ビル |
| 所在地 | 北海道札幌市北区 |
| 建築主 | (株)三建ビルディング |
| 用途 | 事務所 |
| 敷地面積 | 1,155.12m ² |
| 建築面積 | 972.05m ² |
| 延床面積 | 1,949.58m ² |
| 構造 | RC造 |
| 階数 | 地上2階 |
| 工期 | 2017年10月～2018年10月 |
| 設計・設計監理 | 三建設機工業(株)・(株)岩見田・設計 |
| 施工 | 三建設機工業(株) |
| 施工協力 | 〔建築〕岩田地崎建設(株) |



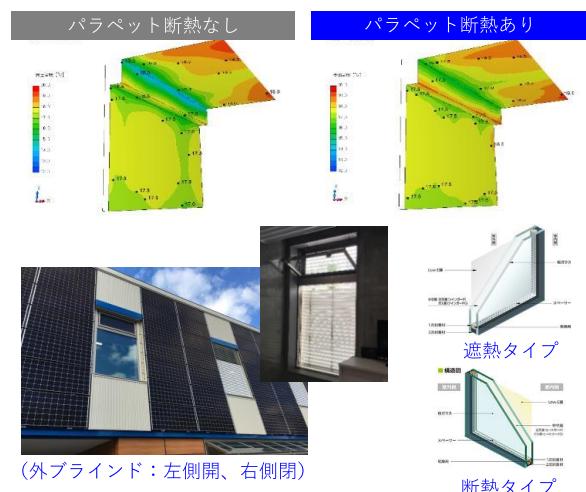
3. 省エネルギーへの取組・工夫

3.1 熱を逃がさない

寒さの厳しい北海道では、断熱を最大限強化することにより空調負荷そのものを減らすと共に、空調機容量を抑え、また空調停止時の温度低下を最小限にすることが省エネルギーへの第一歩となる。建物中央部にガラスで仕切られた開放的な吹抜階段（シースルーエコポイド）を設けることにより快適性とウェルネスに配慮しながら、断熱性能の強化し、BPI値は0.52となっている。

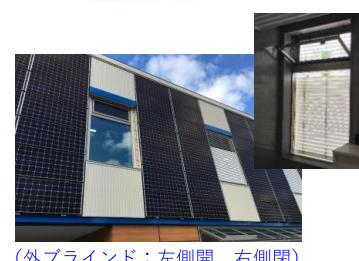
断熱

熱容量の大きいコンクリートの蓄熱効果を活かすため、建物外周を100mm厚の断熱材で覆う外断熱方式を採用している。ヒートブリッジとなりやすい構造をなるべく減らし、パラペット部分やピロティ駐車場の柱にも断熱を施している。シミュレーションによる検証によっても、パラペット部まで断熱を行うことにより室内側のヒートブリッジを改善することができていることが確認できる。ピロティ上部居室での足元の底冷え対策として、スラブ下は硬質ウレタン250mmを吹き付けている。



日射遮蔽・利用

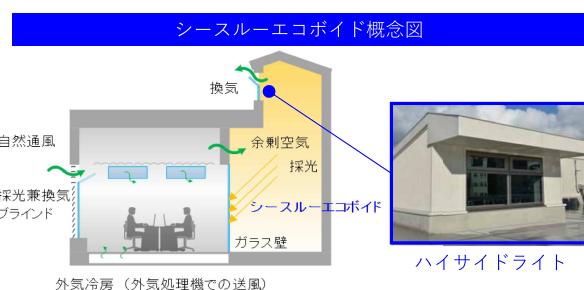
建物の断熱性能を高めるため、外壁の開口部は最小限とする計画とした。窓は16mmの空気層を持つLow-E複層ガラスと断熱サッシを標準としており、日射負荷の大きい東面には遮熱タイプ、その他では断熱タイプを採用し、方位による使い分けを行っている。窓外部には、太陽高度により自動的にフラップ角度を変更する日射追従型の外ブラインドを設置した。また、上部下部で異なるフラップ角度となっており、採光と日射遮蔽を両立している。



3.2 光と風を取り入れる

シースルーエコポイドによる採光・自然換気

エコポイドを事務室とガラス壁により区切ることにより「シースルーエコポイド」とし、事務室からの暖気の流出を防いだ。ハイサイドライトからは採光を取り入れ、開放感と穏やかな温熱環境の両立を図った。



通風

建物全体として南東からの卓越風の風を取り込みやすい配置とし、上下で開閉できる形状の窓を採用している。中間期だけでなく、夏期の朝夕でも外気を利用することが可能であり、空調電力の低減を図った。

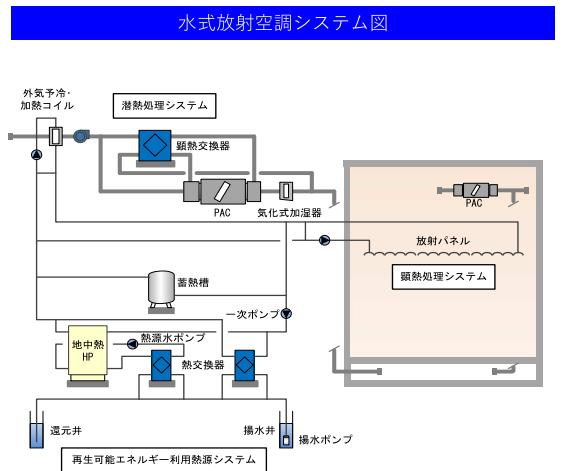
3.3 快適で省エネな空調システム

寒冷地においては暖房のエネルギー源やその快適性の確保が低カーボンを実現する上で重要となる。天井放射空調の導入により、快適性と省エネ性向上の両立を目指し、その効果の検証を行った。[放射空調の温熱源には地下水熱を熱源としたヒートポンプシステム](#)を採用し、寒冷地に多い灯油・ガスによる暖房から、電気による暖房へとエネルギー転換を行った。

水式放射空調システム

[2階の事務室エリア全体（約700m²）](#)に、天井水式放射空調システムを採用した。顕熱処理として水式天井放射パネル、外気潜熱処理として顕熱交換器を組み合わせた潜熱処理システムを導入し、潜熱顕熱分離空調としている。

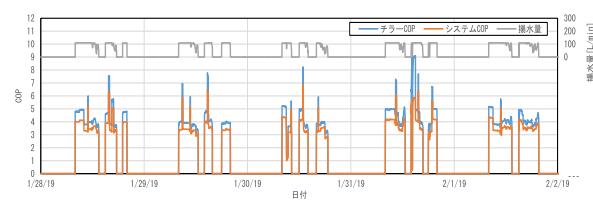
放射パネルへの送水は、温度むらに伴う局所的な不快感を無くすためにブリードイン方式とし、流量を確保している。天井放射パネルへの送水温度は31°C程度で、冬期ピーク負荷時において温熱的に快適となるようにパネル設置率を約63%としている。放射と対流を区別して室内環境を実用的に計算する方法を適用し、放射パネルの送水条件や配置を設計計画した。



水式放射空調システムのOT制御

天井放射空調は、天井の放射パネル面の温度をコントロールすることにより得られる放射効果を利用した空調であるため、制御については、放射効果による温冷感を加味する必要がある。放射空調の制御方法として、放射温度を快適感のファクターにいたるPMV制御が用いられる場合があるが、制御が複雑になることからコストも高くなる。そこで今回はMRT（平均放射温度）と空気温度から求められるOT（作用温度）を制御の目標値としたOT制御を行った。

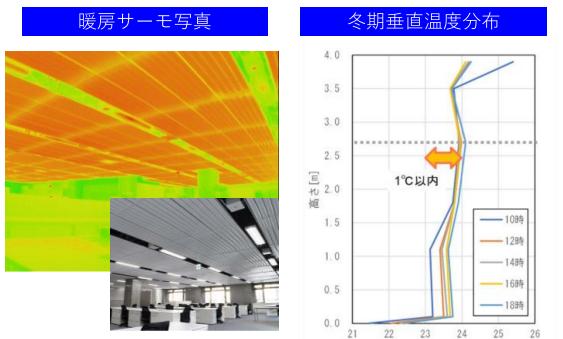
地下水熱ヒートポンプ放射暖房システムCOP



地下水熱ヒートポンプ放射暖房システム運転状況

近年日本においては、冷暖房の熱源として効率の高いヒートポンプ方式が導入されるケースが多いが、北海道においてはヒートポンプの熱源に空気を使用する空冷式では、厳しい冬の間に高効率で運転することが難しい。そこで、今回はヒートポンプの熱源に地下水熱を利用する水冷式とした。

竣工1年目の運転結果では、[地下水熱ヒートポンプ単体のCOPは4~5、循環ポンプを含めたシステムCOPでは3~4](#)と高効率に運転されていた。



放射空調システムの快適性検証

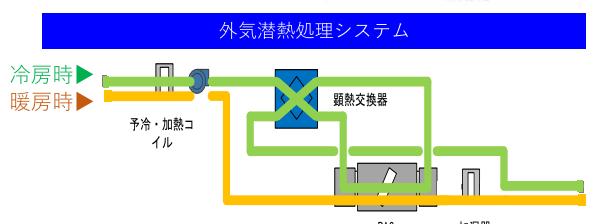
暖房運転時の測定結果では、天井面温度は約24°C～25°Cで推移していて、[室内温度は約23~24°C、上下温度差は1°C以内](#)であり、[良好な温熱環境](#)であった

(PMV指標においても±0前後であり、ニュートラルな温熱環境である)。暖房の立ち上がりについては、およそ2時間程度でパネルの温度が安定し、定常運転となっていた。

外気潜熱処理システム

外気潜熱処理は顕熱交換器を組み込んだシステムを導入している。

冷房時は、地下水の熱で予冷した外気を顕熱交換器によって外調機出口空気と熱交換している。これにより外気予冷空気はさらに除湿される一方で、外調機出口空気は電力を使わず再熱されるため、省エネで安定した外気潜熱処理が可能となっている。暖房時は、顕熱交換器はバイパスし、コイル及び外調機により加熱して室内に供給する。

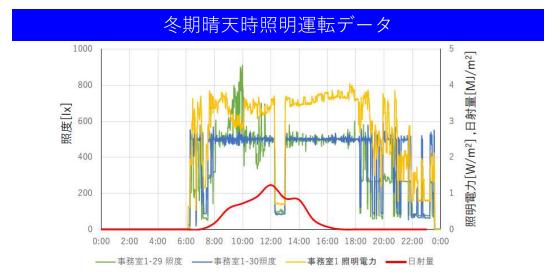


3.4 照明の制御

照明制御システム

照明は全館でLEDを採用しており、各場所に適したセンサによる照明制御を取り入れた。事務室では、タスクアンビエント方式を採用しており、アンビエントは500lxの設定とした上で、自動調光センサと画像センサを組み合わせ、星光導入時の出力抑制と人検知による省エネを図っている。

照明の消費電力は、[夏期は2.7~3.8W/m²（晴天時）、3.0~3.8W/m²（雨天時）](#)、[冬期は2.8~4.0W/m²（晴天時）、3.2~4.0W/m²（雨天時）](#)と、非常に少ない電力で運転できていた。



3.5 エネルギー管理とWEB発信

BEMS

中央監視設備のメインバスはLonWorks (LNS IP852)、フィールドバスはLonTalk、ModbusRTUによるオープンなシステムを導入している。オープンシステムのため、更新時や故障などの緊急時への対応がしやすくなる。

建物の詳細なエネルギー使用量を継続的に把握し、運用を適正化するために、計量の系統を共用系統、テナント2系統の3系統に分けるとともに、熱源、空調、換気、照明、衛生、昇降機、コンセント、融雪、発電で細分化し、詳細に計量・確認できる計画とし、今後のエネルギー分析を可能にしている。

また、エネルギー使用状況をホームページによりLIVE発信し、建物内外の利用者に見える化することで省エネ活動の推進を図っている。

エネルギー利用状況のWEB (LIVE) 配信

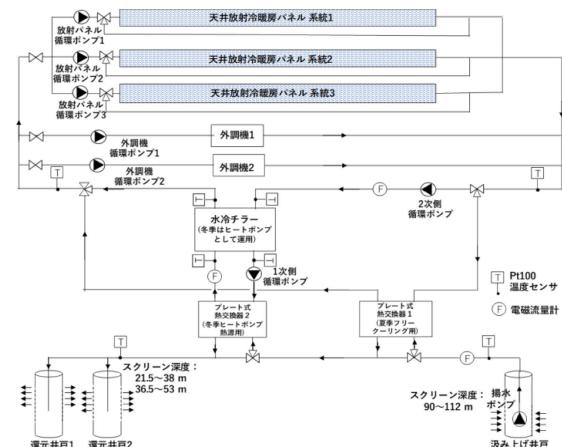


4. 再生可能エネルギーへの取組・工夫

4.1 地下水の熱源水直接利用

熱源設備

再生可能エネルギー利用の一つとして、札幌の豊富な地下水エネルギーを冷房に直接利用する計画とした。地中熱利用システムは、地中に採熱管を埋設して熱のみを汲み上げるクローズドループ方式が主流となっているが、本事例では地下水を直接揚水して熱利用を行うオープンループ還元井方式を採用した。揚水井は120mの深さがあり、汲み上げの水温は11~12°C程度である。揚水井に設置したポンプにより揚水し、熱交換器にて採熱した後、還元井から地下の帶水層へ戻している。冷房時は地下水との直接熱交換により生成した冷水を冷熱源として使用し、放射パネルによるフリークーリングでの冷房を図った。また、潜熱処理の一次予冷として利用している。



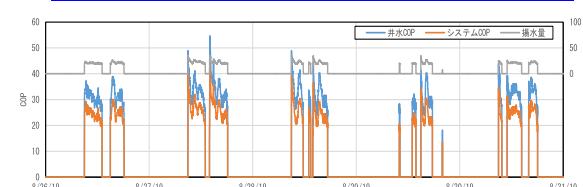
地下水エネルギー利用状況

夏期の運転測定からは、熱交換器単体のCOPは30~40、システムCOPでは20~30程度と、非常に高効率に運転できていた。地下水の往き（井水汲み上げ）温度は11.5°Cでほぼ一定であり、還り温度は17.5°C~19.0°C、往き還り温度差は6~8.5°Cで安定的に推移していた。井水の汲み上げ流量は20~30L/minであり、2階の事務室エリア全体の放射空調エリア約700m²を、非常に少ない地下水流量で冷房（頸熱）できていた。熱交換器2次側の空調熱源水については、冷水往き温度（熱交換器往き）は17~19°C、流量は最大135L/min、熱除去量は10~20kWで順調に運転されており、室温も23~25°C（PMVは-0.3程度）と快適な環境に維持されていた。

冬期のヒートポンプ利用への地下水利用状況は、地下水往き（井水汲み上げ）温度は夏期と同様の11.5°C一定で、毎日の地下水汲み上げ流量は60~110L/minであり、往き還り温度差は3.2~6.0°Cの範囲で安定的に推移していた。

地下水の利用熱量としては、年間の冷熱直接利用が26.9GJ/年、温熱利用が111.7GJ/年であり、豊富な自然エネルギーを年間を通じて活用することができていた。

夏期井水熱源COP



2019年度地下水利用熱量



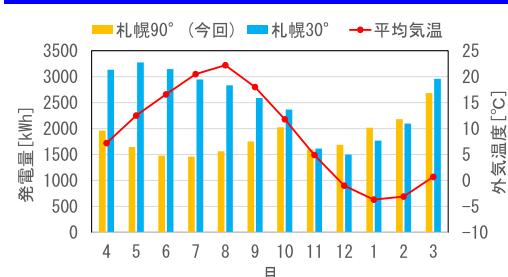
4.2 太陽光発電の垂直設置

垂直面太陽光発電

再生可能エネルギー利用として南側の外壁に合計27kW相当のパネルを設置している。年間の総発電量確保の点からは、傾斜角30°~40°程度に設置することが望ましいが、積雪や着氷のリスクと屋上の有効活用の観点から南面の外壁に設置している。垂直設置することにより、年間総発電量が減少するというデメリットがあるが、この建物の事務室系統の空調エネルギーの予測は、垂直設置した太陽光発電量と似た傾向となるため、発電した電気を効率よく使用でき自家消費率を上げられるというメリットがある。

太陽光発電は3系統に分けており、電力使用量に合わせてパワーコンディショナーで段階制御し、余剰電力の逆潮流を防止している。

設置角度による太陽光発電量の違い



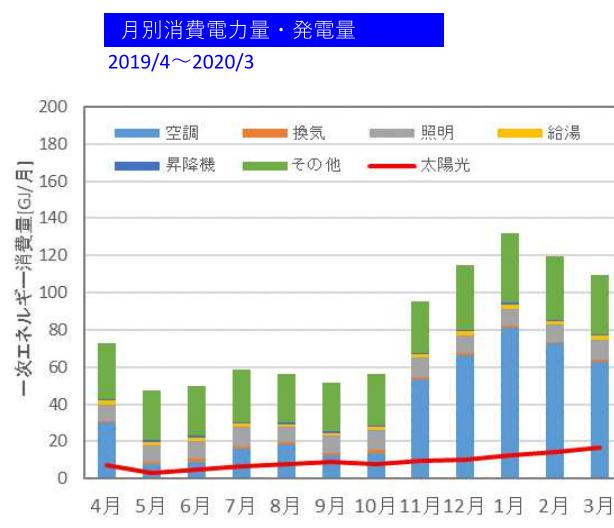
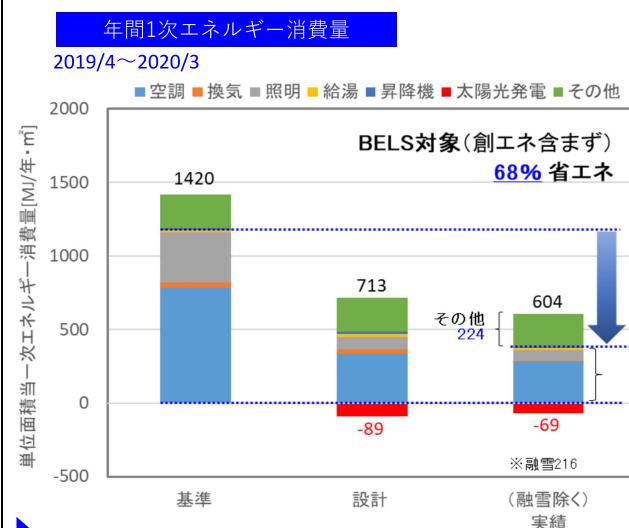
■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

5. エネルギー消費量実績とZEB評価

エネルギー消費実績

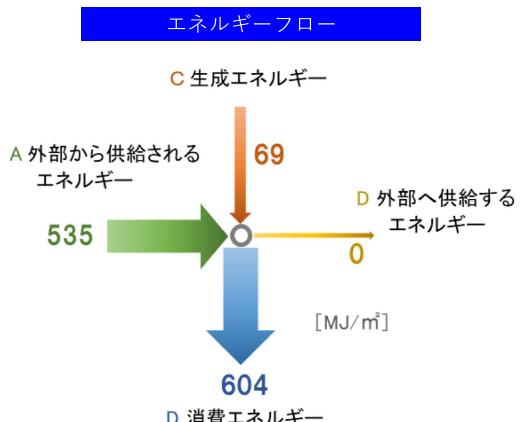
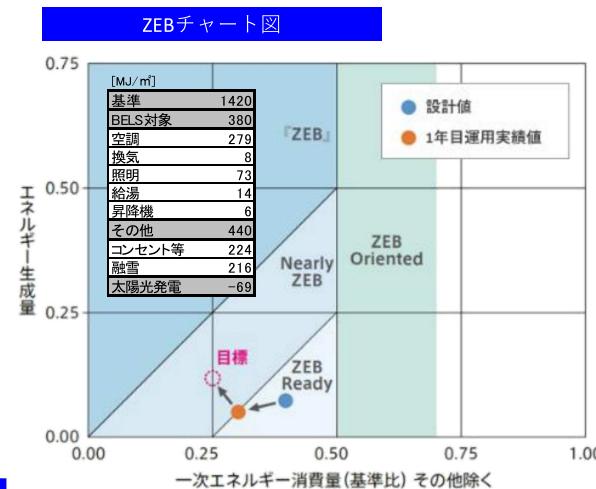
年間1次エネルギー消費量収支（単位面積当たり）は、施設全体（コンセント等その他利用分及び太陽光発電分を含む）で、基準値1,420[MJ/m²・年]に対し、実績値は535[MJ/m²・年]となり、62%の削減となった。（融雪にかかるエネルギーは除外とした。また、屋内駐車場の床面積は除外して計算した。）また、BELS評価対象の年間一次エネルギー消費量の実績値は、380[MJ/m²・年]（創エネ含まず）で、基準値から68%の省エネルギーとなっており、寒冷地の建物として高い省エネルギーを達成できていたことが分かる。コンセント等の他の一次エネルギー消費量は224[MJ/m²・年]、太陽光発電による発電量は69[MJ/m²・年]であった。

月別消費電力量・発電量のグラフからは、夏期における空調エネルギーが低く抑えられており、地下水熱や外気冷房が効果的に利用できていることが確認できた。



ZEB評価

設計段階におけるWEBプログラムでの評価は、コンセント・その他を除いたBELS対象の一次エネルギー消費量の基準値が1,899[GJ/年]、設計値が630[GJ/年]であり、BEIが0.33（創エネ含む）でZEB Readyの計画であった。竣工翌年度の実績値は、太陽光発電を含むBELS対象の一次エネルギー消費量が497[GJ/年]であり、BEI 0.26（創エネ含む）で設計値より高い省エネルギー実績を達成し、Nearly ZEBに近い高水準の結果となった。



6. まとめ

寒冷地における天井式放射空調による冷暖房と地中熱直接利用の組み合わせをはじめ、先進的・独創的な設備システムを構築し、気候特性を有効に活用しながら、北海道におけるZEB・ウェルネスオフィスへアプローチすることで高い省エネルギー性を達成することができた。寒冷地における取組のポイントに対し、実測データを元に検証し、更なる発展を図っている。今後も実測を通じて様々な検証を行い、最適運用のため運用改善を行い、「ZEB Ready」からワンランク上の「Nearly ZEB」を目指す。中小規模のオフィスビルは多くの件数があるが、老朽化が進み再生が課題となっているものも多い。2020年1月における建築物省エネルギー性能制度において、全国で284件あるZEB事例の内、北海道ではまだ数件である。厳しい自然との共存からZEBへの取組が難しいという先入観を払拭し、本事例が寒冷地におけるZEB・ウェルネスオフィスの一つのモデルとなることを示した。更なる運用改善と普及活動に努め、カーボンニュートラルな社会づくりに貢献していきたい。