

真空断熱技術の建築物導入後の実測による性能検証

Verification of vacuum insulation technology by actual measurement after building introduction

学生会員 ○小室 綺夏(北海道大学) 正会員 葛 隆生(北海道大学)
学生会員 鎌田 泰地(北海道大学) 非会員 伊藤 治彦(株式会社 有我工業所)

Kirina KOMURO*1 Takao KATSURA*1 Taichi KAMATA*1 Haruhiko ITO*2

*1 Hokkaido University *2 ARIGA GROUP SAPPORO Head office

Abstract

The purpose of this study is the performance evaluation of the vacuum insulation glazing installed in an office building aiming at ZEB and the vacuum insulation panel installed into a house in cold region. First, measurements of vacuum insulation glazing were conducted in 2018 and 2019 in winter regarding to heat flux on the window surface and analyzed the results. The overall heat transfer of the vacuum glazing was 0.62-0.64 W/m²K in 2018, and was 0.55-0.61 W/m²K in 2019. It was confirmed that the vacuum insulation glazing maintained the performance equivalent to the specification and greatly contributed to ZEB. Next, the VIPs were installed into a house and the performance of VIPs and the house were verified. The heat loss coefficient of the building was 0.74 W/m²K and it was found that the installing of VIP ensured high heat insulation.

はじめに

民生部門のエネルギー消費量の増加や二酸化炭素の排出量増加に伴い、2017年4月以降、延床面積2000m²以上の新築非住宅建築物は省エネルギーの適合義務化が始まり、省エネルギー基準を適合した建築物よりさらに進んだ環境建築の一つとして「ZEB」が注目されており、日本でも建物のZEB化はこれらの問題を解決するための対策の一つとして掲げられている。また、住宅においても家庭部門における最終エネルギー消費量は全体の15%を占めておる。さらに、東日本大震災後の電力需要の逼迫やエネルギー価格の不安定化などを受け、家庭部門における省エネルギーの重要性が再認識されている。そこで本研究ではまず、平成30年1月に竣工した寒冷地でのZEBを実現した事務所ビルを対象建物として特に寒冷地のZEB化に貢献すると考えられる、真空断熱ガラスの性能評価を行った。さらに、令和元年12月に竣工した寒冷地におけるZEHを対象建物として、壁面全面に適用した真空断熱材について性能評価を行った。

1. 真空断熱ガラスの性能評価

1.1. 建物概要

図2に建物およびZEB化技術概要を示す。対象建物は寒冷地北海道のオフィスビルとして北海道では設計時に初めてZEBを達成した建物である。本建物の敷地面積は606m²、建築面積203.3m²、延床面積643.9m²、の鉄骨造地上4階建である。

対象建物は、エネルギー消費の多い北海道でZEBを実現するにあたり、高い断熱性と様々な省エネルギー技術を有している。主な特徴としては、外皮断熱やLow-E真空ガラスの導入によって外皮性能の向上を図るほか、高効率設備やBEMSの導入、冷暖房システムでは地中熱や井水熱の再生エネルギーを利用、さらに、太陽光発電設備を導入していることが挙げられる。

1.2. 真空断熱ガラスの概要

建物のZEB化における省エネ性に関して、真空断熱ガラスの性能について評価した。真空断熱ガラスは熱貫流率0.68[W/m²K]、日射取得率0.5の高性能な真空トリプルガラスを採用している。図1に真空断熱ガラスの仕様を示す。本ガラスは真空層と、さらに断熱性能を高めるためのクリプトンガス層が設けられている。

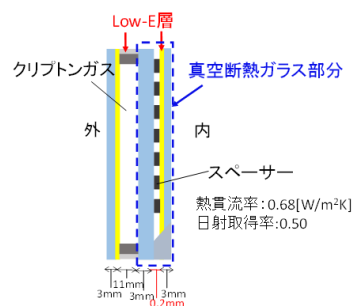


図1 真空断熱ガラスの仕様

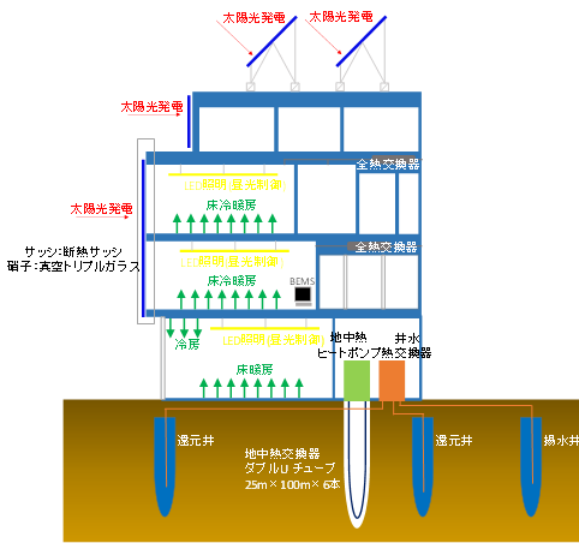


図2 建物およびZEB化技術概要

1.3. 熱流の測定

実測は、2019年2月8日から3月8日までと2019年の12月10日から2020年1月7日まで行われた。実測場所は2Fと3Fのオフィススペースとする。南向きの窓面に熱流計を図3のように設置し、熱損失、熱取得を測定した。



図3 熱流計を用いた熱損失と熱取得の測定

1.4. 結果および考察

窓面からの熱損失、熱取得の実測データをもとに省エネ性について評価を行った。代表日として熱損失の測定を2019/2/18-19(2F), 2019/3/18-19(3F), 2019/12/10-11(3F), 熱取得の測定を2019/2/28(2F), 3/8(3F), 2019/12/13(3F)の結果をまとめた。

夜間の熱流束と室内温度、外気温度の測定結果を図4に示す。また、この結果より熱貫流率を計算した。2018年度冬期の結果では熱貫流率の平均値は2Fが0.64 W/m²K, 3Fが0.62 W/m²Kとなり、仕様と同等の高い断熱性能を維持できていることが確認できた。2019年度冬期の結果では熱貫流率は0.55 - 0.61 W/m²Kの間で推移しており、断熱性能の低下(真空の漏れ)などは見られていないことが確認できた。ま

た、2019年度冬期においては窓面の熱流束の測定に加え、サッシの熱流束についても測定を行った。結果を図5に示す。熱流束と室内温度・外気温度から算出したサッシの熱貫流率の平均値は2.47[W/m²K]となった。

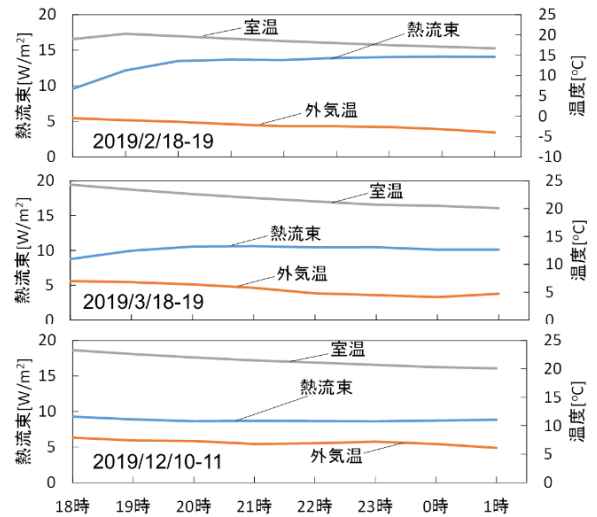


図4 窓ガラスの熱流束と室内温度・外気温度

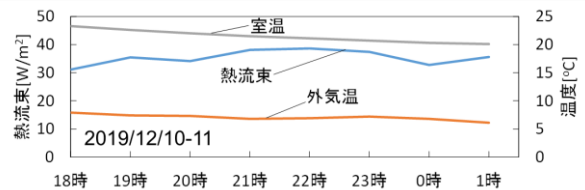


図5 サッシの熱流束と室内温度・外気温度

次に昼間の実測から、熱流束の値と日射取得量(計算値)の値を比較した。2018年度冬期の結果および2019年度冬期の結果を図6に示す。日射取得量(計算値)の式は以下に示す。

$$H_{in} = H \times \alpha \times \eta \dots\dots(1)$$

H_{in} : 日射取得量(計算値)[W/m²]
 H : 斜面全日射量[W/m²],
 α : 吸収率(=0.9), η : 日射取得率(=0.5)

斜面日射量は水平面全天日射量の実測値より計算を行った。実測と計算の結果を比較すると、2F, 3Fともに80%以上の整合性が得られた。以上のことから、熱流計を用いて計測することで日射取得量を推定できることを確認した。

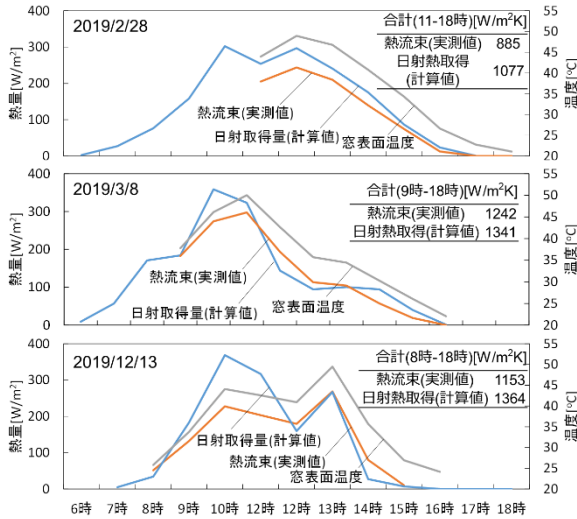


図 6 熱流束・日射取得(計算値)の比較

最後に、日射量から冬期の窓面の日射熱取得量を計算し、窓ガラスおよびサッシの熱損失量と窓ガラスからの日射熱取得量を月ごとに比較した。今回は窓ガラスの熱貫流率を $0.64 [W/m^2K]$ 、サッシの熱貫流率を $2.38 [W/m^2K]$ として、熱損失量を計算した。2018 年度冬期間の結果を図 7 に示す。また、対象建物の窓面積は $92.6 m^2$ 、サッシ面積は $12.9 m^2$ であるので、これらの値から熱取得量、熱損失量を求め、建物全体の熱収支を算出した。2018 年度の結果を図 8 に示す。冬期間の熱取得量の合計値は $27074 kWh$ となった。1 日当たりの熱取得量は $146 kWh$ で、1 時間当たりで換算すると $6.1 kWh$ となったので、昼間日射取得がある時間帯では暖房負荷削減が可能であることが分かった。以上のことから、寒冷地であっても、南面に断熱性能の高い窓を設置することで暖房負荷を削減でき ZEB 化の実現に寄与できることがわかった。

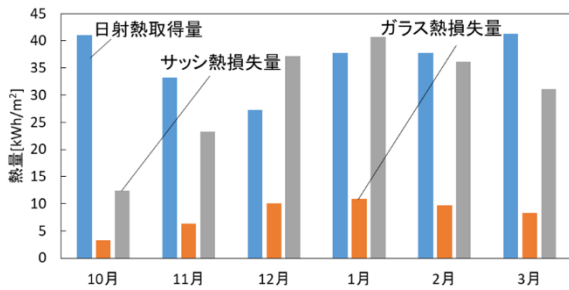


図 7 各月の窓面とサッシの熱損失と日射取得量

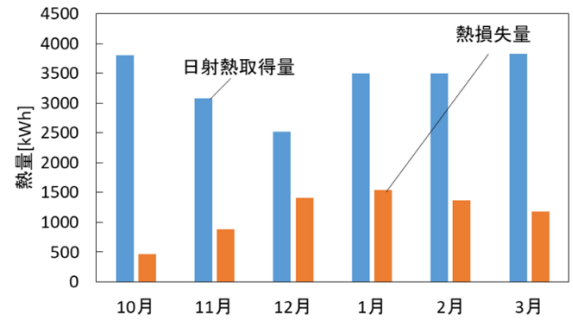


図 8 各月の建物全体の日射取得量と熱損失量

2. ZEH に導入された真空断熱材の性能評価

2.1. 建物概要

対象建物は 2020 年 1 月に札幌市に建てられた、VIP と地中熱ヒートポンプシステム(GSHP システム)を導入した、寒冷地の ZEH であり、VIP を壁面の全面に適用している。建物概要について図 10 に、今回建物に導入した VIP の概要を図 9 に示す。フィルムはアルミ複合フィルム、芯材は厚さ $15mm$ のグラスウールを用いた。また、こちらの VIP は 2 重型 VIP を用いており、内側の VIP の両面にグラスウール芯材を 2 枚ずつつけて作成した。寸法は $910mm \times 380mm \times 17mm$ である。

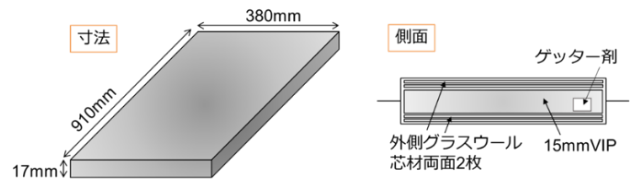


図 9 住宅に使用した真空断熱材の概要

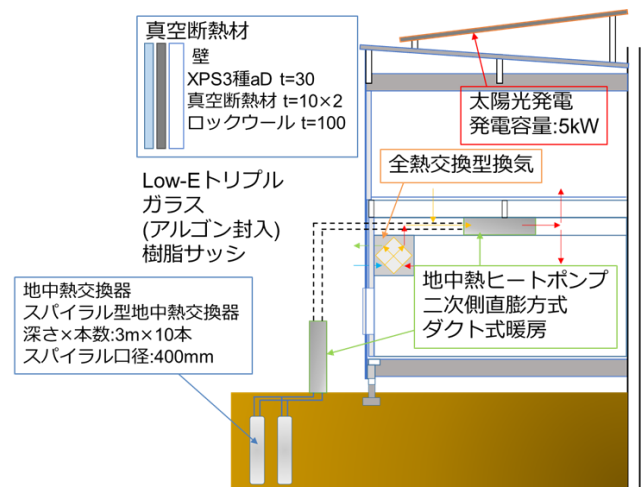


図 10 建物概要

2.2. 実測概要

実測は2020年1月16日から2月9日まで行われた。今回、建物の断熱性能を評価するために、VIPの性能について熱流計を室内の壁面に図11のように設置し、壁面の熱流を計測した。熱流計はVIPの表面部分とVIPの接続部の柱の部分に設置し、各部の熱損失量を測定した。

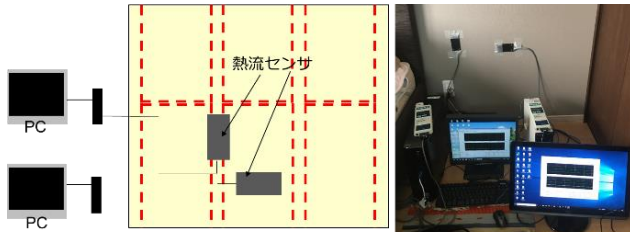


図11 熱流計を用いた壁面の熱損失の測定

2.3. 熱流計を用いた壁面の熱損失の測定

壁面からの熱損失の実測データをもとに断熱性能について評価を行った。代表日として1/17-18の熱流束と室内温度、外気温度の測定結果を図12に示す。熱流束、室温、外気温度から求める平均の熱貫流率はVIP表面が $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、柱部分が $0.47 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ となった。

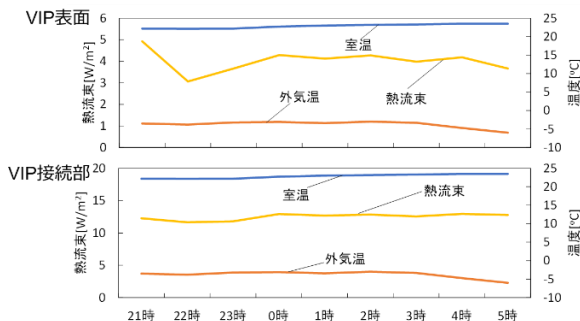


図12 熱流束と室内温度・外気温度

実測で得られたVIPと柱の熱貫流率を用いて建物の熱損失係数を算出した。また、暖房出力の値から実際の建物の熱損失係数を算出した。それぞれの熱損失係数の値を図13に示す。①が設計時の値、②が実測から得られたVIPと柱の熱伝導率を与えた場合の値、③が暖房出力から求めた値となっている。①Q値= $0.61 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、②Q値= $0.67 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、③Q値= $0.74 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ となった。設計時より実測から得られたVIPと柱の熱伝導率を与えた場合の熱損失係数の方が大きくなっているのは、VIPの性能が予想より低いことが考えられる。また、暖房出力から求めた熱損失係数の値が最も大きくなっているのは、計算で考慮されてい

ない熱損失が発生することや調理により換気が通常より多くなったりするためである。しかし、実際のQ値、 $0.74 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ は基準値を大きく下回っており、VIPの導入により高い断熱性を確保できていることがわかった。

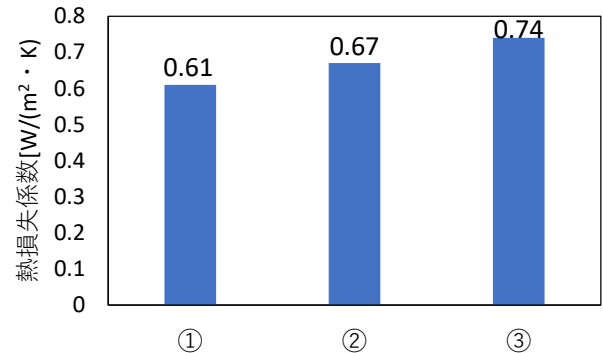


図13 建物の熱損失係数(Q値)

3. 結論

1) 真空断熱ガラスについて夜間の熱流束と室内温度、外気温度の実測結果から、窓面の熱貫流率が求められ、真空断熱ガラスはZEBの実現後も高い性能を維持できていることがわかった。昼間の熱流束の測定から、熱流計を用いて計測することで日射取得量を算出できることを確認し、寒冷地であっても南面に断熱性能の高い窓を設置するとZEB化の実現に寄与できることがわかった。

2) ZEHに導入されたVIPの性能評価を行った。建物に導入されたVIPの熱貫流率は $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、柱部分は $0.47 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ となり、VIPの導入により高い断熱性を確保できていることがわかった。

謝辞

本研究の一部はパワーアカデミー研究助成(研究代表者:葛隆生)によるものである。また、本研究を行うにあたって北海道電力株式会社、棟晶株式会社よりご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

[1]小室綺夏, 寒冷地におけるネット・ゼロ・エネルギー・ビルを実現する省エネ技術の性能評価, 2019, 平成30年度空気調和・衛生工学会