

積雪寒冷地におけるガスエンジンヒートポンプエアコン導入前後の性能検証  
その2 冬期の温熱環境・エネルギー消費量の評価

正会員 ○木村 勇気\*1  
同 菊田 弘輝\*2  
同 羽山 広文\*3

積雪寒冷地 既存事務所建物 設備改修  
個別分散型空調 温熱環境 エネルギー消費量

1. はじめに

本研究の目的は、寒冷地における既存事務所建物を対象に、GHP導入前後の性能検証を行い、テナントベースでのエネルギー消費量及び室内温熱環境の現状を明らかにすることである。

本報では、冬期の室内温熱環境・エネルギー消費量の評価について報告する。

2. 実測概要

既存設備からの転換としてガスエンジンヒートポンプエアコン (GHP) が導入された札幌市中心部に立地する既存事務所建物を対象に、室内温湿度測定、空調・電灯系統電力消費量測定、GHPガス消費量測定を行った。導入工事は2009年8月から12月にかけて行われ、比較的早期にGHP導入を完了した4階テナントを測定の主な対象とした。

3. 実測結果

3.1 一次エネルギー消費量の変動

代表日における空調系統一次エネルギー消費量の推移を図1に、表1の計算式を用いて算出した熱収支の推移を図2に示す。エネルギー消費量は8時~9時の空調立ち上がり時において一日のうちで最もエネルギー消費量が大きく、約130[MJ/h]の消費が確認された。その後、15時~16時頃にかけて50~60[MJ/h]程度まで減少し、再び20時の70~90[MJ/h]まで増大してから運転を停止するというパターンを示していた。熱収支の推移が示すように、暖房負荷は正午ごろに日射熱・内部発熱によって最も小さくなりそれが一次エネルギー消費量の推移と対応している結果が確認された。

3.2 一次エネルギー消費量とPUE-0

系統別の一次エネルギー消費量とPUE-0を図3に、PUE-0と空調負荷の関係を図4に示す。PUE<sup>0</sup> (Power Usage Effectiveness) とは、エネルギー効率を表す指標の1つである。ここでは『PUE-0=4階テナントの電灯・空調系統一次エネルギー消費量/電灯系統一次エネルギー消費量』と定義する。PUE-0が1に近いほど、電灯系統による消費が多く、空調系統による消費が少ないため、電灯系統以外のエネルギー効率の良いテナントを意味する。この結果、各日のPUE-0は1.1~2.6の値が示された。週平均PUE-0については、厳寒期に近づくにつれ増大する傾向にあったが、各日のPUE-0と日積算空調負荷・日平均外気温との相関係数R<sup>2</sup>は空調負荷との関係において

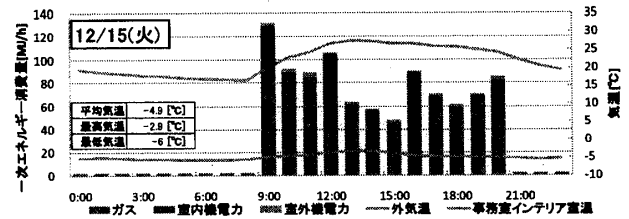


図1 代表日の一次エネルギー消費量推移

表1 熱負荷計算式

|         |                               |
|---------|-------------------------------|
| 機器・照明発熱 | 電灯系統の電力使用量                    |
| 人体発熱    | 定員数×機器・照明系統電力使用率×一人当たりの人体発熱量  |
| 日射熱     | 遮蔽係数×日射量×窓面積                  |
| 外気(調熱)  | 比熱×比重×外気風量×内外温度差×(1-熱交換効率)    |
| (潜熱)    | 蒸発潜熱×比重×外気風量×内外湿度差×(1-熱交換効率)  |
| 貫流熱     | 外壁(窓)の熱貫流率×外壁(窓)面積×(相当外気温-室温) |

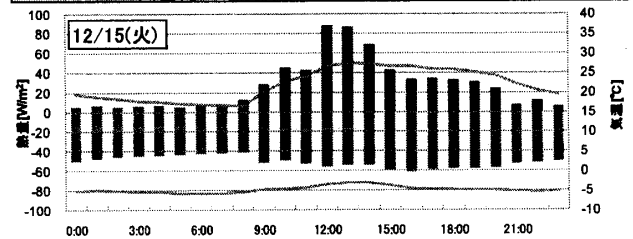


図2 代表日の熱収支推移

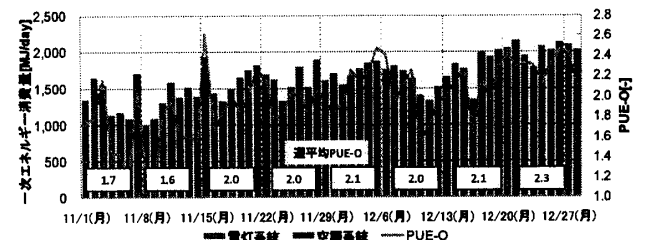


図3 系統別の一次エネルギー消費量とPUE-0

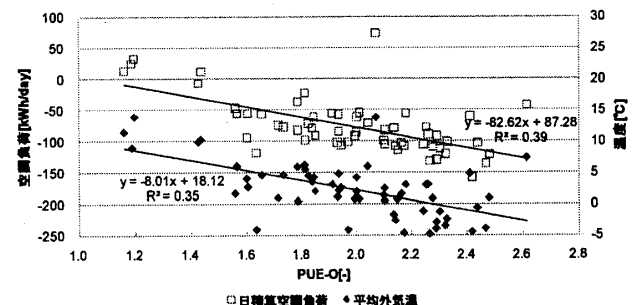


図4 PUE-0と空調負荷の関係

Performance Verification between before and after Installing Gas Engine Driven Heat Pump Air Conditioning System in Snowy Cold Regions

Part2 Evaluation of Thermal Environment and Energy Consumption in Winter Season

KIMURA Yuki et al.

$R^2=0.39$ 、日平均外気温との関係において $R^2=0.35$ でありいずれとの関係においても強い相関関係は示されなかった。これは日を単位として見た場合には曜日によって業務内容・室稼働状況が極端に違うことがあるためであると考えられる。今後、年間エネルギー報告書を用いたマクロベースでのGHP導入前後の性能検証においてこれらの指標を用いた評価を引き続き報告する予定である。

### 3.3 室温の変動

代表週における室温の推移を図5に、代表週各日9時～20時の室温累積頻度分布を図6に、ゾーン別PMV度数分布を図7に示す。一日の室温変動に関して、すべてのゾーンにおいて夜間から朝にかけて15℃程度まで低下した室温が8時～9時にかけて立ち上がり12時過ぎにピークを迎えるパターンで推移していた。室温分布に関しては事務室インテリア・多目的ゾーンでは上下10%ずつを除いた80%の頻度で23.5～27.0[℃]の範囲に室温が収まっていたことが確認された。それに対し、事務室ペリメータでは低温側の分布はインテリア側とほぼ同様であったが、室温27[℃]以上が20%程度の頻度を示し過剰暖房の状態にあった可能性がある。一方で、PMVと比較すると事務室ペリメータが事務室インテリア比で顕著に高くなる結果は示されなかった。そのため、夏期に比べ温熱環境に対するその影響度が大きくなる潜熱制御やMRTの影響も含めて制御された結果、高めの室温となった可能性も考えられる。また、夏期と同様に大会議室は室使用時のみ空調を使用する間欠運転になっており、ほかのゾーンに比べて低い温度分布が確認された。

室温制御全般に関して、夏期で確認された急激な温度変動などは少なく、安定して制御されている傾向にあったが、これは冬期においては大きい暖房負荷によってGHPの暖房能力が夏期の冷房能力に比べ適切に発揮された結果であると推察される。ただし、冬期としては室温が全体的に高めに推移しており、PMVはすべてのゾーンにおいてISOで推奨されている $-0.5 \leq PMV \leq 0.5$ の範囲を超えて若干暑い温熱環境である約0.7にピーク時間数を迎えた。そのため必要以上の過度な暖房とならないよう現状よりも室温が低めに制御されると快適性が向上するとともに、エネルギー消費量が削減されることが期待される。

### 4. まとめ

札幌市中心部に立地する既存事務所建物を対象にした実測調査を行った。実測調査結果よりGHP導入後における冬期の室内温熱環境・エネルギー消費量の評価について報告した。以下にその知見をまとめる。

- (1) 4階系統空調一次エネルギー消費量は朝の空調立ち上がり時に最も大きく約130[MJ/h]であった。
- (2) 12月の週平均PUE-0は2.0～2.3を示した。
- (3) 室温変動は夏期に比べ安定していた。
- (4) PMVは高温側の温熱環境を示す値が確認された。

\*1 北海道大学大学院工学院 修士課程  
 \*2 北海道大学大学院工学研究院 助教・博士(工学)  
 \*3 北海道大学大学院工学研究院 教授・博士(工学)

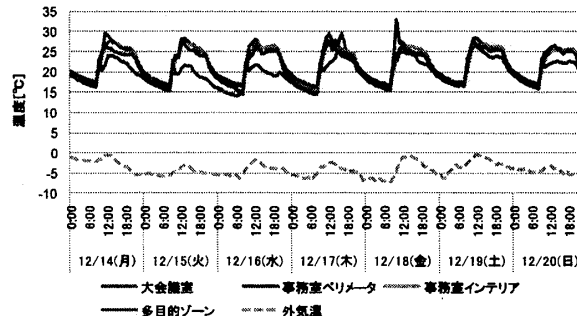


図5 代表週の室温推移

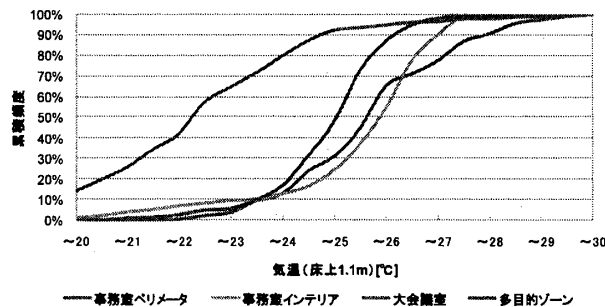


図6 ゾーン別室温累積頻度

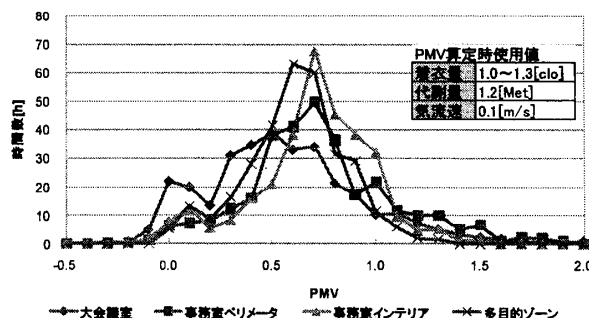


図7 ゾーン別PMV度数分布

### 【謝辞】

本研究の実施にあたりテナント及びビル管理会社の関係者、北海道ガスの新谷一之氏、白井直樹氏には多大なご協力をいただいた。記して感謝する。

### 【参考文献】

- 1) The Green Grid, <http://www.thegreengrid.org/>
- 2) 菊田弘輝, 木村勇気, 羽山広文, 新谷一之, 白井直樹: 既存事務所建物におけるガスエンジンヒートポンプエアコン導入前後の性能検証 その2 エネルギー消費量の評価, 空気調和・衛生工学会北海道支部 第44回学術講演会論文集, pp. 253-256, 2010. 3
- 3) 木村勇気, 菊田弘輝, 羽山広文, 新谷一之, 白井直樹: 既存事務所建物におけるガスエンジンヒートポンプエアコン導入前後の性能検証 その1 室内温熱環境の評価, 空気調和・衛生工学会北海道支部 第44回学術講演会論文集, pp. 55-58, 2010. 3

Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.  
 Assis. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.  
 Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.