

自然換気及び木虫籠ルーバーに関するエネルギー削減効果の推定 金沢に立地する ZEB オフィスの温熱環境・エネルギー性能検証 第 6 報

Estimating the Energy Reduction Effects of Natural Ventilation System and the “Kimusuko” Louvers
Verification on thermal environment and energy performance of the ZEB office in Kanazawa, Part 6

加藤 創* Hajime Kato
天田 靖佳*** Yasuyoshi Amada
垂水 弘夫** Hiroo Tarumi
山本 ミゲイル**** Miguel Yamamoto
宮村 泰至*** Yasushi Miyamura
長谷部 弥**** Hisashi Hasebe

Keywords : ZEB, Natural Ventilation System, “Kimusuko” Louvers
ゼロエネルギービル、自然換気、木虫籠ルーバー

1. はじめに

図 1 に研究概念図を示す。本研究では北陸初となる ZEB (Net Zero Energy Building) オフィスとして 2021 年 5 月に竣工した S 社北陸支店を対象に、電力消費実績からみた ZEB の達成度を評価すること、また、適用された各種省エネルギー手法のうち初めて冷房期間データが取得できた木虫籠ルーバーによる日射遮蔽効果の評価及び、自然換気システムによる比エンタルピー削減効果の評価を行うことを目的としている。木虫籠ルーバーについては設置されているヒートポンプを用いて、相当する冷熱量を産生するのに必要な一次エネルギー消費量を求めた。なお、調査対象期間は 2022 年 1 月から 12 月とする。

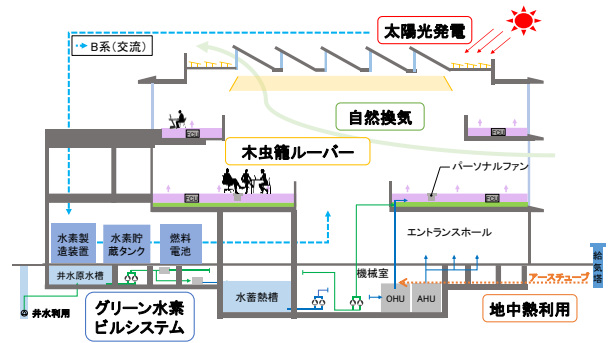


図 1 研究概念図

2. 調査概要

2.1 建物の概要

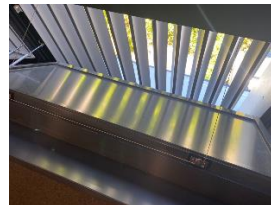
表 1 に建物概要、図 2 に研究対象と各装置を示す。本研究は、石川県金沢市の S 社北陸支店社屋を対象とする。本建屋は延床面積 4224 m²、地下 1 階、地上 3 階建ての鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）であり、2 階と 3 階を繋ぐ吹抜け空間を設けている。また、木虫籠ルーバーによる日射遮蔽や屋上の太陽光発電パネル、水素貯蔵装置を用いて電力の運用を行っていることや自然換気システムを取り入れていることが特徴である。

表 1 建物概要

所在地	石川県金沢市玉川町	延床面積	約4224m ²
建物用途	事務所	階数	地下1階・地上3階
設計施工	清水建設株式会社	構造	鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造)
敷地面積	約3255m ²		
建築面積	約1546m ²	竣工	2021年5月

2.2 調査方法

BEMS により配送エネルギー量、生成エネルギー量、消費エネルギー量、逆送エネルギー量について 1 分間値による消費電力量から計測を行う。運用上のデータをもとに一次エネルギー消費収支についての調査と再生可能エネルギー源の活用による消費削減効果の推定を行い、運用上での ZEB 達成度評価を行う。木虫籠ルーバーの日射遮蔽効果については、ルーバーの有無による日射量の差から冷房用一次エネルギー消費削減推定値の算出式によって、冷房期間における空調機器の消費削減推定値を求めることとした。また、自然換気システムによる比エンタルピー削減効果については、BEMS データから自然換気システムの作動状況を把握し、温熱環境データを基にシステム作動時の比エンタルピー削減量を求めることとした。



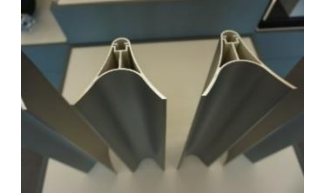
(1) 自然給気口



(2) ハイサイドドライト



(1) 木虫籠ルーバー



(2) 木虫籠ルーバー断面

写真 1 研究対象と各装置

* 金沢工業大学大学院建築学専攻 大学院生
** 金沢工業大学建築学部 教授・工博
*** 清水建設株式会社
**** 清水建設株式会社 博士 (工学)

Graduate School, Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology
Prof., Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr. Eng.
Shimizu Corporation
Shimizu Corporation, Dr. Eng.

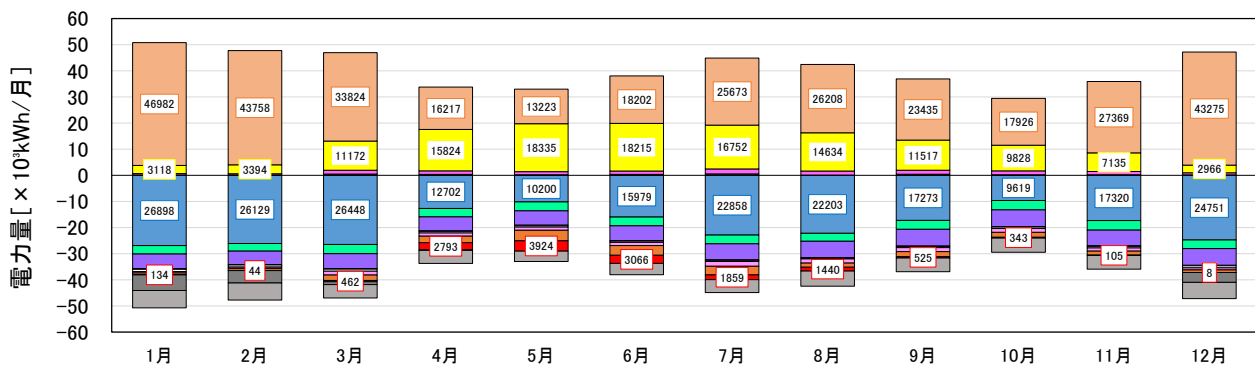


図2 月別供給・需要電力量収支(2022年1~12月)

3. エネルギー収支の調査結果

3.1 月積算供給・需要電力量

図2に2022年1月から12月の期間における月別供給・需要電力量の収支について示す。また、図3に冬期(1月)、図4に中間期(5月)、図5に夏期(8月)の供給・需要電力量の収支を示す。

冬期(1月~3月)、中間期(4月~5月)、夏期(6月~9月)毎に電力量収支を見ると、冬期と中間期における空調換気消費電力量に最も大きな変化が見られた。冬期月積算平均電力量が26,492kWh/月であることに対して、中間期の月積算平均電力量は11,451kWh/月であり、約56.8%の空調・換気消費電力量の削減ができています。空調・換気消費電力量は通年を通して全体の消費電力量に占める割合が大きいため、空調・換気消費電力量の削減に伴い全体の需要電力量も大幅に抑えることができています。さらに中間期には、消費電力が少なくなったことに加え、中間期の日平均発電量が559kWh/日で、冬期の日平均発電量194kWh/日の2.88倍であるため、中間期が最も需要エネルギーを生成エネルギーで補うことができているということが分かる

3.2 太陽光発電による生成電力量

図6に2022年1月~2022年12月の月積算太陽光発電量を示す。2022年1月~2022年12月では、132,890kWh/年の太陽光発電量となった。システム容量1kWの太陽光発電の年間発電量は約1,000kWh/年とされており、本建屋の140kWのシステム容量では、140,000kWh/年の発電量の推定値となる。よって、年間では推定値の約-5.1%となった。冬期は最も発電量が少なく、12月の発電量は2,966kWh/月であり、これは推定値である12,412kWh/月を約76%下回っている。

3.3 エネルギーバランス (EBC) 解析

図7の1年間のエネルギーバランスチャートにおいて、消費エネルギーに対する買電の割合は約77.5%、約22.5%は生成エネルギーとなった。買電に対する売電の割合は、約4.37%となった。消費エネルギーの中で空調・換気の消費電力量が約5割と最も大きかった。

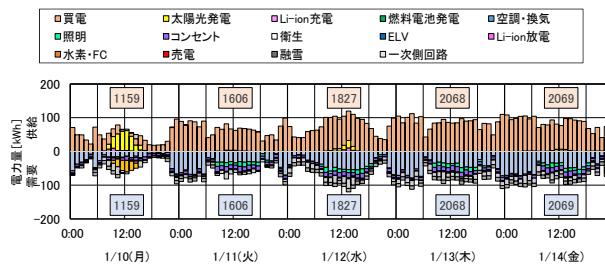


図3 冬期(1月)における供給・需要電力量

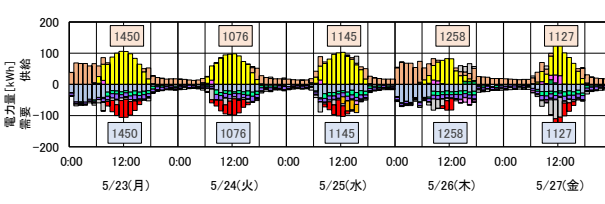


図4 中間期(5月)における供給・需要電力量

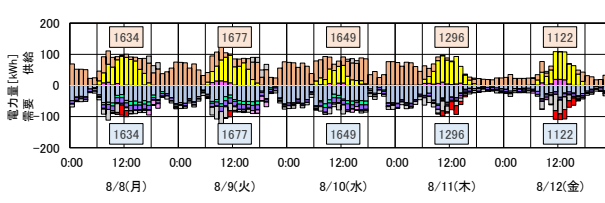


図5 夏期(8月)における供給・需要電力量

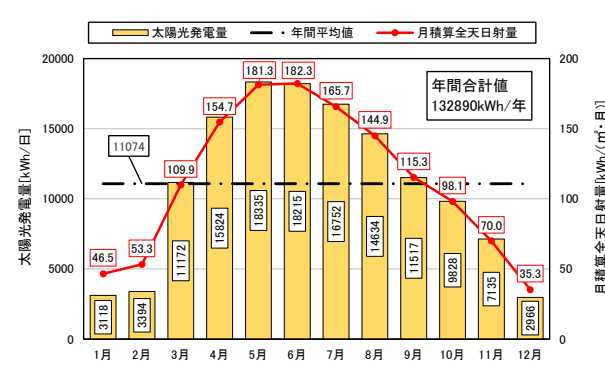


図6 月積算太陽光発電量と月積算全日射量

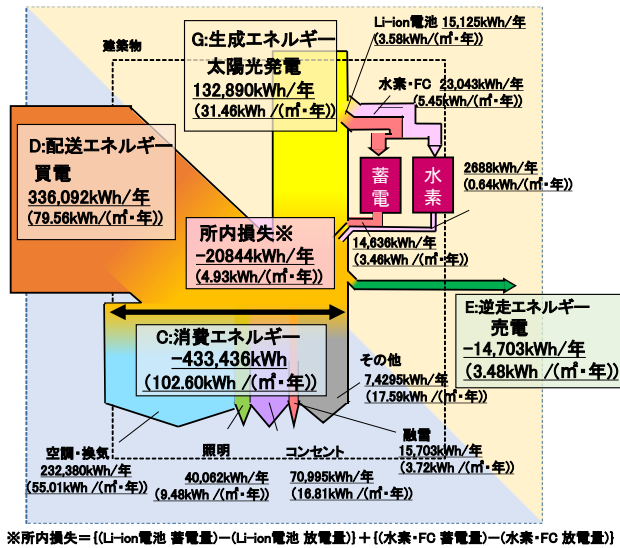


図7 2022年のエネルギーバランス

4. 自然換気の実測結果

4.1 自然換気作動時の比エンタルピー変化

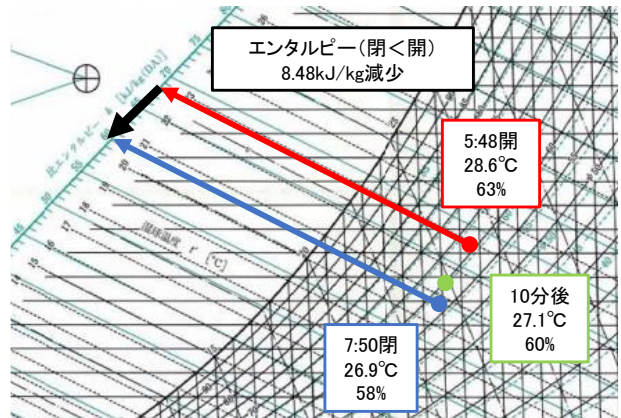
自然換気作動時の比エンタルピー増減の変化をそれぞれ湿り空気線図に表したものを図8に示す。比エンタルピーが減少した日の変化を(1)に示す。開時刻から10分後の緑の点を見ると、比エンタルピーが大きく減少していることが読み取れる。対象の日は、合計で8.48kJ/kg減少した。比エンタルピーが増加した日の変化を(2)に示す。開時刻から10分後の緑の点を見ると、乾球温度は0.2℃下降しているが、相対湿度は5ポイント上昇しており、比エンタルピーが上昇していることが読み取れる。この結果から、自然換気作動時に比エンタルピーが減少する日だけでなく、比エンタルピーが増加する日があるとされ、比エンタルピー制御を検討すべきと考えた。

4.2 自然換気による比エンタルピー削減量の検討

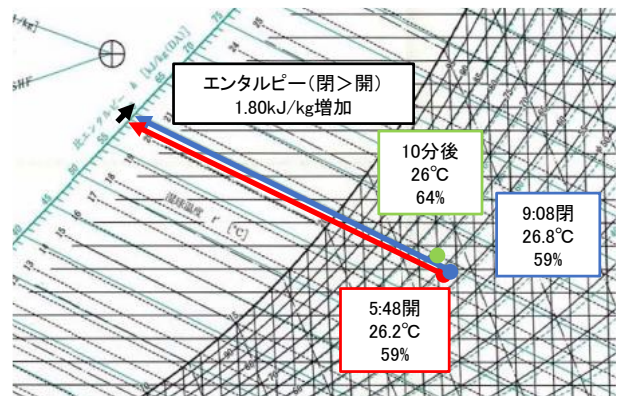
図9に5月の自然換気作動日の乾球温度変化を示す。開時刻から20分後に乾球温度は、ほぼすべてのデータが収束している。表2に中間期における各月の比エンタルピー20分経過後の削減量を示す注1)。中間期において、20分経過後の比エンタルピー削減量はすべての月で減少する結果となった。

5. 木虫籠ルーバーによる冷房負荷削減効果

図10に測定位置を示す。屋内のガラス面内側木虫籠ルーバー有(箇所S1)、屋内のガラス面内側木虫籠ルーバー無(箇所S2)の2点における日射量を比較する。図11にルーバーの有無による日射量変化、図12に2022年5月から10月のルーバー有無による月積算日射量変化を示す。日射遮蔽効果は、17時頃最大となり、23日は51.6W/m²、24日は135.8W/m²となった。日射量が最も多い8月では、箇所S2の日射量が4.236kWh/m²・月、箇所S1が1.928kWh/m²・月と54.5%の削減効果がみられた。10月の日射量は、箇所S2が3.323kWh/m²・日、箇所S1が1.007kWh/m²・日と69.7%の削減効果があり、冷房期間において最大の削減率となった。また、総冷房期間である2022年5~10月では、箇所S2が18.958kWh/m²・月、箇所S1が10.355kWh/m²・月となり、木虫籠ルーバーの設置によって6か月間で45.4%の日射量削減効果を有していた。



(1) 比エンタルピー減少の変化



(2) 比エンタルピー増加の変化

図8 自然換気作動時の比エンタルピー増減の変化

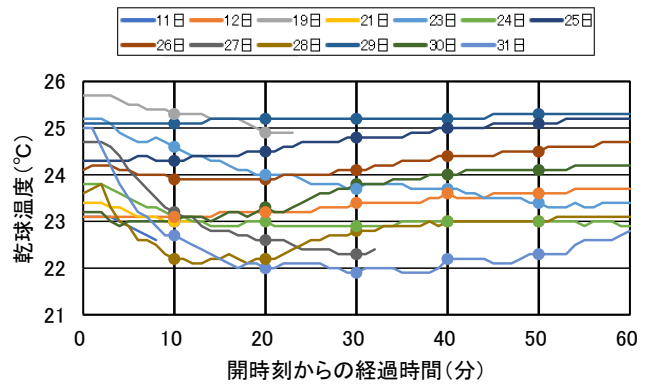


図9 自然換気作動日の経過時間による乾球温度変化 (2022年5月)

表2 各月の比エンタルピー20分経過後の削減量 (中間期)

	4月	5月	6月	9月	10月	合計
比エンタルピー削減分小計 (MJ)	-398.9	-298.4	-230.6	-94.3	-329.9	-1352.1
比エンタルピー増加分小計 (MJ)	+69.6	+46.2	+114.0	+73.1	+5.1	+308.0
比エンタルピー増減合計 (MJ)	-329.3	-252.2	-116.5	-21.2	-324.8	-1044.0

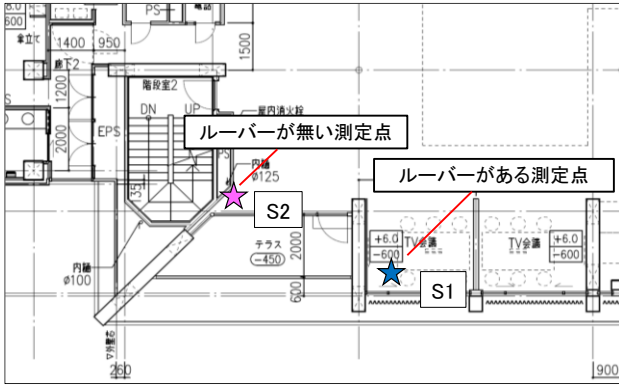


図 10 日射計の設置位置

6. まとめ

1) 電力供給 1 分間値 BEMS データに基づき、配送・生成・消費・逆送のエネルギー分類の他にリチウムイオン電池及びグリーン水素システムの設置による所内損失を加えた 5 分類でエネルギーバランスチャートを作成した。

- ・ 配送: +336,092kWh/年
- ・ 生成: +132,890kWh/年
- ・ 所内損失: -20,844kWh/年
- ・ 消費: -433,436kWh/年
- ・ 逆送: -14,703kWh/年

供給電力 (配送+生成) に占める生成 (太陽光発電) の割合は 28.3%であった。

2) 長時間自然換気システムが作動している場合は、「閉」の際の空気状態に空調の影響が反映されていると考えられる。そこで、「開」以降の屋内乾球温度の低下傾向を捉え、再度、自然換気システム作動前後の比エンタルピー削減効果を検討した。各作動時において、約 20 分までで温度低下が収束するケースが多いと判断されたので、「開」から「20 分経過後」までの比エンタルピー削減量を割り出したところ、-1,352MJ/期間であった。また、この評価において比エンタルピー制御の必要性が認識された。

3) 木虫籠ルーバー設置による日射遮蔽効果を 2022 年 5~10 月の夏期 6 ヶ月間について評価した結果、期間一次エネルギー消費削減量は、-7,469MJ と推定された。月別にみると、10 月の-1,865MJ が最大で梅雨期に相当する 6 月が最小の-354MJ となった。また、日射量が最大であった 8 月の削減量は 10 月とほぼ同じの-1856MJ と推定され、8 月と 10 月の一次エネルギー消費削減量が期間合計値の約 50%を占める結果となった。

注釈

注 1) 比エンタルピー差に基づく削減量推定は次式による。
(開時刻より 20 分経過まで)
比エンタルピー削減量(MJ) = {比エンタルピー差(kJ/kg) × 比重 1.2 (kg/m³)} /1000 × 作動時間(1/3h) × 風量 28000(m³/h)

参考文献

1) 宮村泰至、山本ミゲイル、天田靖佳、長谷部弥、川村聡宏、垂水弘夫: 地域の気候風土を生かした超環境型オフィス計画 (第 3 報) タスク&アンビエント空調の温熱快適性と木虫籠ルーバーの日射負荷削減効果の検証、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2022. 9. 14~16 (神戸)、第 10 巻、pp. 57-60

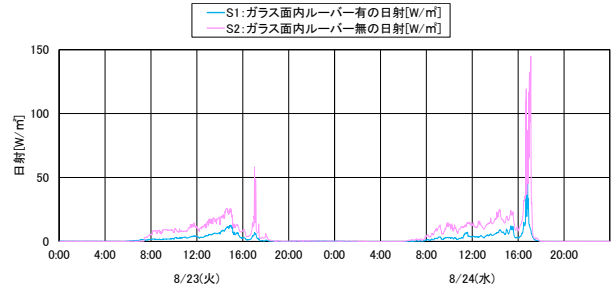


図 11 ルーバーの有無による日射量変化

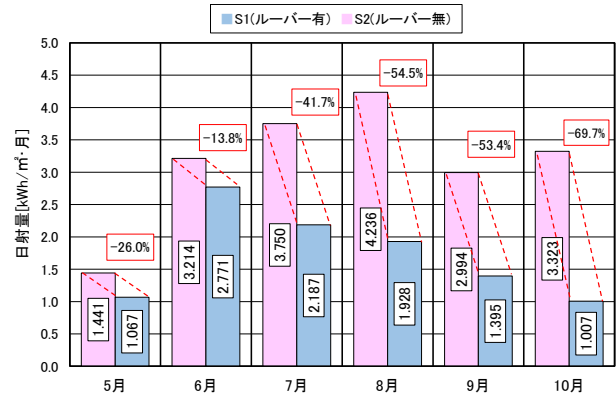


図 12 ルーバーの有無による月積算日射量変化

表 3 木虫籠ルーバー設置による冷房用一次エネルギー消費削減推定値の算出式

$$R = \sum_{i=1}^{1440} (S1 - S2)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n R \times A \times 9.97 / c$$

R: 木虫籠ルーバー設置によるガラス窓透過日射熱負荷削減量 [kWh/日]
 Q: 木虫籠ルーバー設置による冷房用一次エネルギー消費削減推定値 [MJ/日]
 S1: ルーバー設置ガラス面内側の鉛直面測定日射量・1 分間隔測定値 [W/m²]
 S2: ガラス面内側 (ルーバー無) の鉛直面測定日射量・1 分間隔測定値
 C: 空調機冷房 COP3.99 [-]
 A: 木虫籠ルーバー設置総面積 [m²]
 9.97: 電力の一次エネルギー換算係数 [MJ/kWh]
 n: 各月の日数 [日]

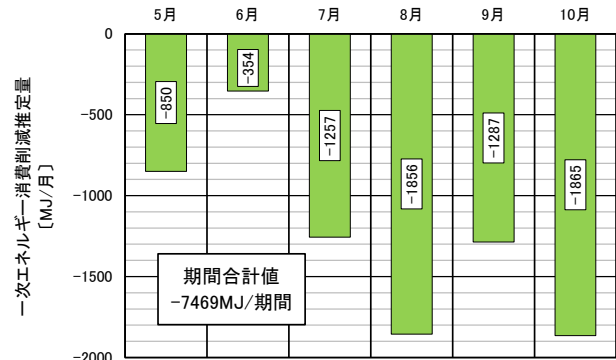


図 13 木虫籠ルーバーによる冷房用月別一次エネルギー消費削減量推定値