

構内店舗を有する駅の省エネルギー化に関する研究



安井 基浩*¹



高橋 晃久*²



池田 佳樹*¹



坪内 啓一*³

Study on saving energy of stations with commercial facilities

Motohiro YASUI*¹, Akihisa TAKAHASHI*², Yoshiki IKEDA*¹ and Keiichi TSUBOUCHI*³

*¹ Researcher, Frontier Service Development Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*² Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

*³ Tokyo Branch Office Track & Structures Architecture Sect.

Abstract

The purpose of this study is to improve the indoor thermal environment and to improve the energy efficiency of HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) system in commercial facilities in terminal stations. In this study, measurement of temperature, humidity and wind velocity were carried out. We also did the summer simulation for several patterns of thermal insulation levels and adjusting of openings to introduce natural ventilation. This study shows the possibility of applying passive design by simulation.

●**Keywords:** Commercial facilities, Terminal stations, Thermal insulation, Natural ventilation, Passive design

1. はじめに

駅舎空間は半屋外の構造となることが一般的であり、屋外環境に影響されやすい特徴がある。特に夏季の場合、多数の旅客による人体発熱の影響で、駅舎内部が非常に暑くなることが確認されており、温熱環境の改善が課題となっている。また、駅構内の商業施設の増加により、大規模な空調システムを導入する駅も存在する。半屋外空間に対して一部エリアに冷暖房を導入することから、駅舎の省エネルギー化が課題となっている。

本研究では、空調を有する駅構内店舗のある大規模な駅での省エネルギー化のため、パッシブデザインの導入を検討し、実測調査とシミュレーションによって、パッシブデザインの利用範囲と実現可能性を検討し、パッシブデザインの導入の計画策定に資するシミュレーションモデルを確立することを目指す。

2. 実測調査

2・1 調査対象駅

調査対象駅は、首都圏ターミナル駅で駅構内店舗を有し、空調空間と非空調空間が混在する駅の中から、パッシブデザインの適用可能性があると思定したSG駅とした。表1にSG駅の概要を示す。

表1 SG駅の概要

駅名	SG駅
駅形状	橋上駅
所在地	東京都
乗車人員(平均)	約36万1千人/日
ホーム数	8面15線
改札数	出入2箇所、乗換え3箇所

2・2 温熱環境の実測調査

実測調査では、夏季の駅構内の空気温度、湿度、階段降り口等の開口部における風速、駅構外の外気温度、日射量を連続的に計測した。調査内容、測定項目を表2に示す。また、温湿度の測定点とゾーン分けを図1に、風速の測定点と商業施設エリアの位置を図2に示す。図1は、ZONE-Aが北改札側駅コンコース、ZONE-Bが自由通路、ZONE-Cが南改札側駅コンコース、ZONE-Dが他社線乗り換え広場、ZONE-Eが商業施設（吹き抜け空間）、ZONE-Fが他社線乗り換え通路、ZONE-Gが商業施設（通路部）の7つのゾーンに分類した。表中①の温湿度計及び表中②の風速計は、乗降者の妨げにならない床上約3.0mに設置した。また、表中③の風速計は、商業施設の出入口に設置したため、利用者の影響を避け、2日間の夜間のみ三脚で風速計を床上0.5m程度の高さに仮設して測定した。

表2 測定項目の概要

測定項目	測定場所	測定期間
① 温湿度	コンコース、自由通路、商業施設（図1参照）	2016/8/6～9/12
② 風速	コンコースからホームへの乗降口開口（図2参照）	2016/8/6～8/9（3日間）
③ 風速	商業施設の出入口開口（図2参照）	2016/8/6、8/7（2日間）
④ 日射量	駅周辺建物の屋上	2016/8/6～9/1

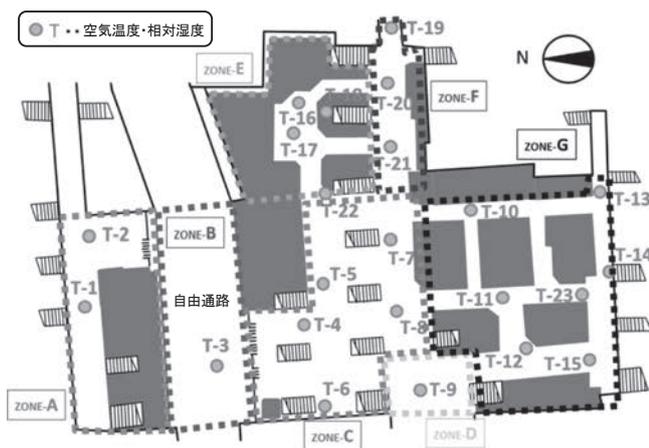


図1 温湿度測定点と空間のゾーン分け

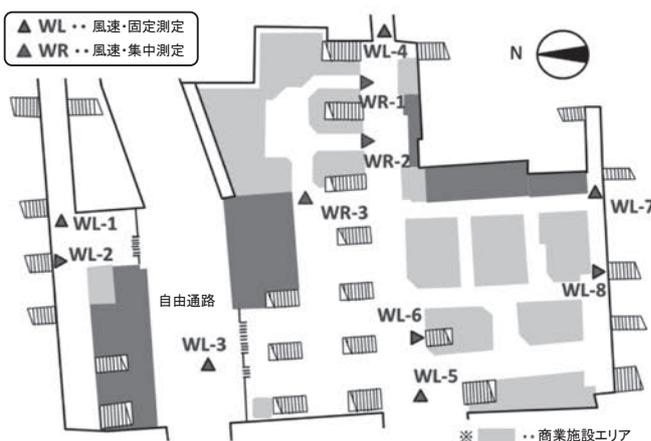


図2 風速の測定点と商業施設エリアの位置

3. 実測調査結果と考察

3・1 構内空気温度

図1に示した各温度測定点の中で、代表的な測定点の構内空気温度と外気温度の関係を図3に示す。ZONE Eの測定点以外で、構内空気温度が外気温度よりも常時高い値を示していた。特に、自由通路の測定点T-3では構内空気温度が駅構内で最も高いことが確認された。これは壁面にガラスが多く使われる空間であるため、日射の直接的な影響が生じたためと考えられる。

ZONE EのT-18の測定結果より、空調を行っている商業施設エリアは日中の構内空気温度が外気温度よりも低く抑えられている一方、空調が停止する夜間の構内空気温度は、他のエリア同様に外気温度よりも高い値を示す結果が得られた。これは夜間の店舗の冷蔵設備や躯体からの放熱が影響していると考えられる。

晴天日の代表日8月9日の構内空気温度の時刻変化を図4、曇天日の代表日8月28日の時刻変化を図5に示す。図中の構内空気温度は各ゾーン内の測定点の平均値である。図4と図5より、3・1で示した通り、空調稼働する商業施設エリアのzoneEは、空調が止まる夜間には外気温度よりも施設内の構内空気温度が高くなる。このことから夜間通風でこの熱を換気できれば、空調の立ち上がり負荷を軽減し省エネルギー化に寄与する可能性があると考えられる。また、日射量のグラフからは、日射量のピーク時間が12:00を示す一方、構内空気温度のピーク時間は15:00頃となっており、日射により暖められた空気が時間差で構内空気温度に影響を与えていると考えられる。

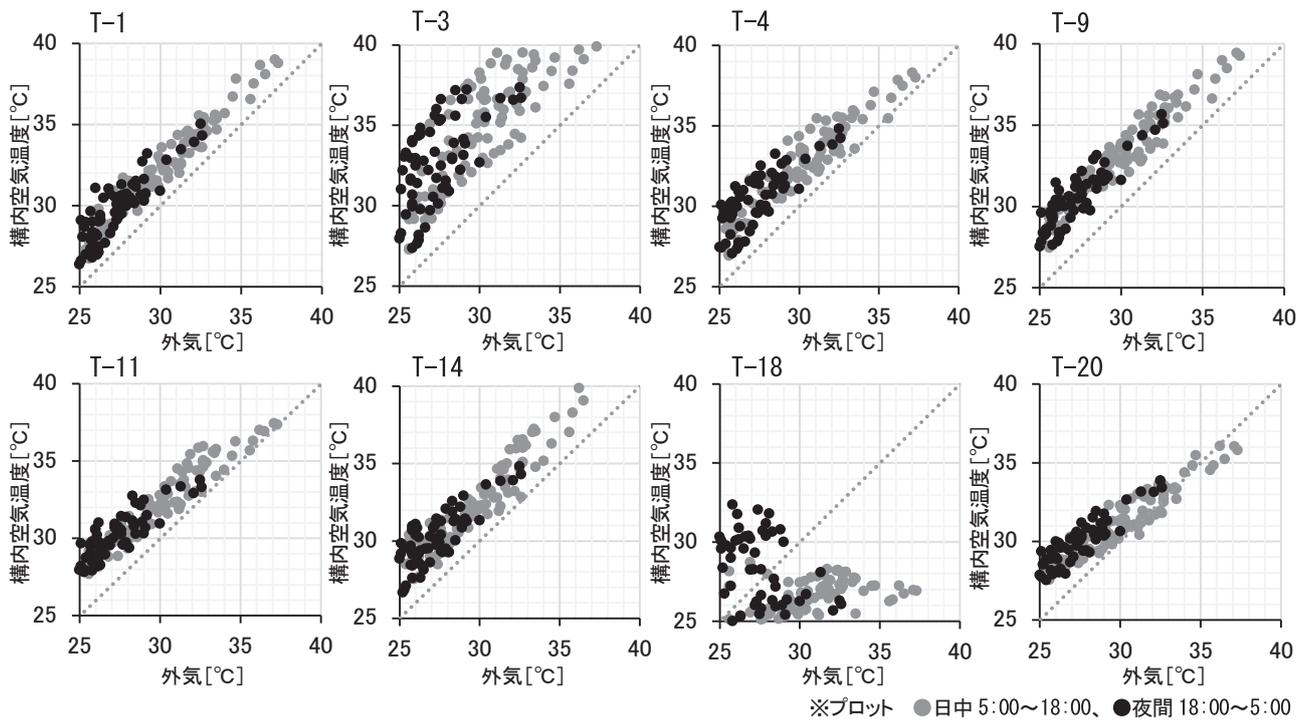


図3 駅舎内各測定点の構内空気温度と外気温度

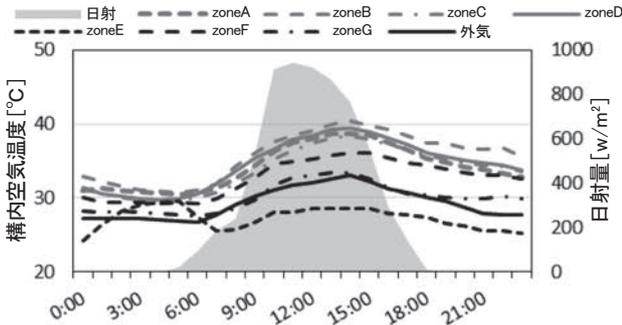


図4 代表日8月9日の温度

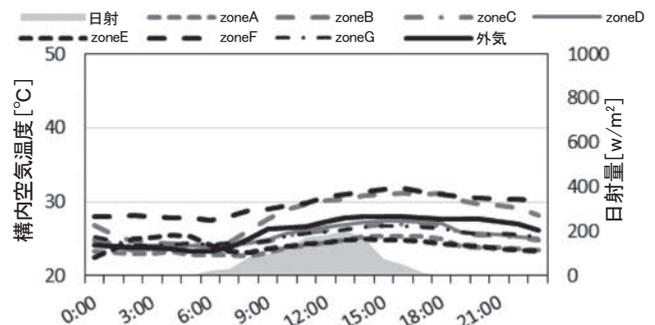


図5 代表日8月28日の温度

3・2 屋内気流速度

図2に示す駅構内の風速計の測定について、南北方向開口部の風速を図6に、東西方向開口部の風速を図7に示す。図中の風速は8月6日から8月8日に測定した各日の測定データを同時刻ごとに平均した値である。これらから、駅の東西方向の開口部に比べ南北方向の開口部の風速が高いことが分かる。SG駅において南北方向は線路平行方向となっており、測定設置箇所はホーム階段の降り口にあたる開口部であるため、線路方向に断続的にまとまった強さの風が発生していることを確認した。

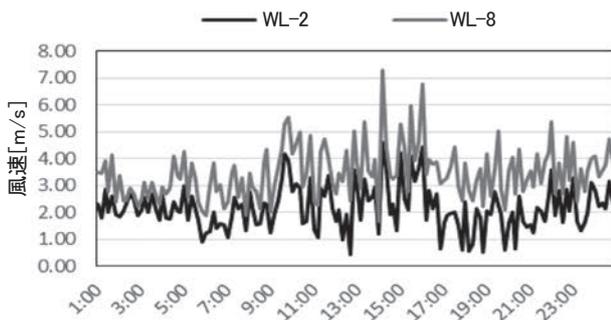


図6 南北方向開口部の風速

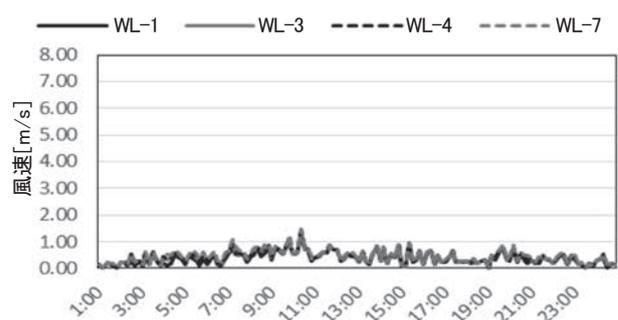


図7 東西方向開口部の風速

4. シミュレーション解析

実測調査の結果から、構内空気温度が外気温度より高いため空調空間と非空調空間の間を断熱する必要があること、また、夜間の構内空気温度より外気温度の方が低いため高い構内空気温度を放出する必要があると考えた。

以上より、駅舎の省エネルギー化の可能性を検討することを目的とし、壁体の仕様変更による断熱と、夜間通風による熱の放出によって、駅構内の温熱環境の改善と熱負荷の削減効果を熱・換気シミュレーションを用いて解析し、パッシブデザイン適用の利用範囲と実現可能性を検討する。

そこでSG駅を自由通路を境に北駅舎と南駅舎を分け、構内店舗の構成が単純である北駅舎では壁体断熱性能の変更を、天窗開口を店舗エリア内部に有する南駅舎では夜間通風の適用による効果を確認する。

4・1 北駅舎を対象とした壁体断面性能の検討

4・1・1 検討概要

SG駅構内商業施設の壁体は、内壁仕様であるため断熱性能が低い。しかし実測により、夏季における駅構内空気温度は外気温より高いことが確認されており、駅構内の商業施設は建物内ではなく外部に存在していると捉える必要がある。そこで外部より熱負荷の高い環境下にある商業施設の壁体断熱性能が、空調負荷にどれだけ影響を与えるかを確認する。

4・1・2 シミュレーションケース

表3に今回実施する北駅舎シミュレーションの設定条件を、表4に断熱性能の検討ケースの設定一覧を示す。ケースは、断熱性なし、中、大の計3ケースで検討する。

表3 北駅舎シミュレーション設定

項目	条件
気象データ	東京AMeDAS 標準気象データ
助走期間	2016/7/21～2016/8/4
解析期間	2016/8/5～2016/8/12
人体発熱	コンコース:305W/人 店舗:150W/人,170W/人,185W/人
照明発熱	コンコース・店舗吹抜け:5.0W/m ² 店舗:10.0W/m ²
機器発熱	店舗S:5.0kW 店舗E各階:2.0kW
自由通路温度	代表日(8月9日)24時間の実測温度を境界条件として設定
店舗冷房設定温度	26℃
店舗冷房稼働時間	6:00～23:00

表4 ケース設定一覧

ケース	断熱性能	熱貫流率(W/m ² K)
N-1	断熱なし	3.456
N-2	断熱性能_中	1.810
N-3	断熱性能_高	0.385

4・1・3 シミュレーション結果

3ケースの構内空気温度の平均温度と実測値を図8に示す。実測点は2・2で示した北駅舎にて測定したT-1とT-2を表す。構内空気温度の実測値とシミュレーション値に乖離が見られる部分はあるが、時間推移による温度変化に関しては概ね一致していることから、作成したシミュレーションモデルは妥当であると考えられる。

次に店舗内冷房熱負荷を比較したグラフを図9に示す。各ケースの熱負荷の平均値は、N-1の断熱なしの場合平均40.1kW、N-2断熱性能中の場合平均35.9kW、N-3断熱性能高の場合平均29.1kWとなり、断熱無から断熱性能の高い構成に変更することで27%の熱負荷軽減が得られる結果となった。

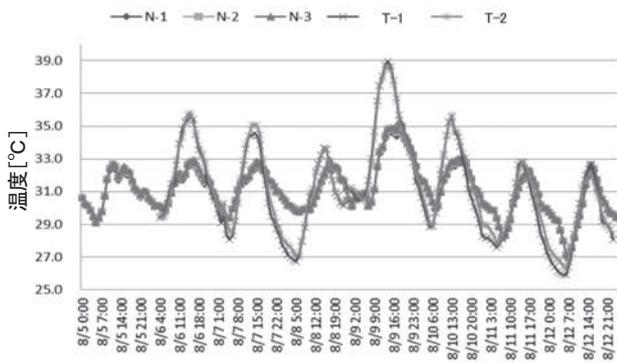


図8 構内空気温度の各ケース平均と実測値

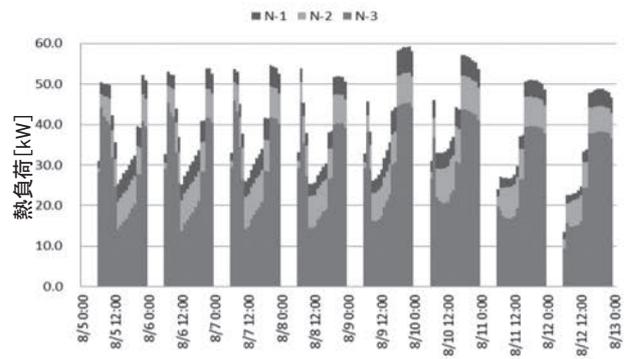


図9 各ケース店舗内冷房熱負荷

4・2 南駅舎を対象とした夜間通風効果の検討

4・2・1 解析概要

南駅舎の解析では開閉調整による影響が顕著だったZONE-Eを対象に結果を求めた。ZONE-Eには、中心に吹抜け、天窗を有する複層構造空間となっている商業施設がある。店舗内は空調によって日中は快適な空気温度に制御されているが、閉店後は空調が停止することで外気温よりも高くなり、これにより翌日の空調起動時の空調負荷が大きくなると考えられる。本研究では、店舗における夜間通風による空調への熱負荷と空気温湿度の変化をシミュレーションによって確認する。

4・2・2 シミュレーションケース

ZONE-E店舗エリア内の一部開口部を夜間開放することによる効果の検討を行う。表5に南駅舎のシミュレーション条件を、開口部の開閉パターンを表6に示す。

表5 南駅舎シミュレーション設定

項目	条件
気象データ	東京AMeDAS 標準気象データ
助走期間	2016/7/21～2016/8/4
解析期間	2016/8/5～2016/8/12
人体発熱	コンコース:305W/人 店舗:170W/人
照明発熱	コンコース:5.0W/m ² 店舗:10.0W/m ²
自由通路温度	代表日(8月9日)24時間の実測温度を境界条件として設定
店舗冷房設定温度	26℃
店舗冷房稼働時間	6:00～23:00

表6 ケース設定一覧

ケース	開閉調整
S-1	開口部を全て閉じる
S-2	店舗E天窗以外の開口部をすべて開ける
S-3	店舗E天窗を含めてすべての開口部を開ける

4・2・3 シミュレーション結果

ZONE-Eにおいて、店舗内空気温度の各ケース平均と外気温の関係を図10に、各ケースの店舗内冷房熱負荷の比較したグラフを図11に示す。各ケースの熱負荷の平均値は、S-1の開口を閉じた場合の平均154kW、S-2の天窗以外の開口を開放した場合の平均148kW、S-3の天窗を含めてすべての開口を開放した場合の平均145kWとなった。これにより開口解放による夜間の外気流入により、開口をすべて閉じている状態に比べ、店舗内の温度を最大で約2℃低下させ、冷房負荷を約6%抑制出来ることが確認できた。

一方、店舗内相対湿度の各ケース平均と外気相対湿度の関係(図12)から、夜間に開口部を開放することで外部空気を取り込むことになり、店舗内の湿度が閉口時より約10%上昇する結果を確認した。そのため、開口はただ開放すればよいというものではなく、顕熱と潜熱を総合的に評価した設定が必要と考えられる。

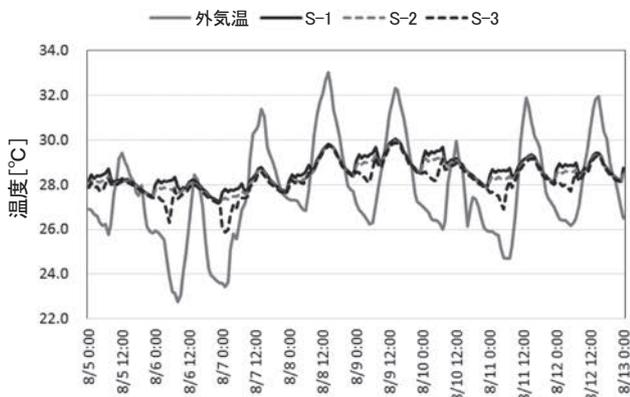


図10 店舗内空気温度の各ケース平均と外気温

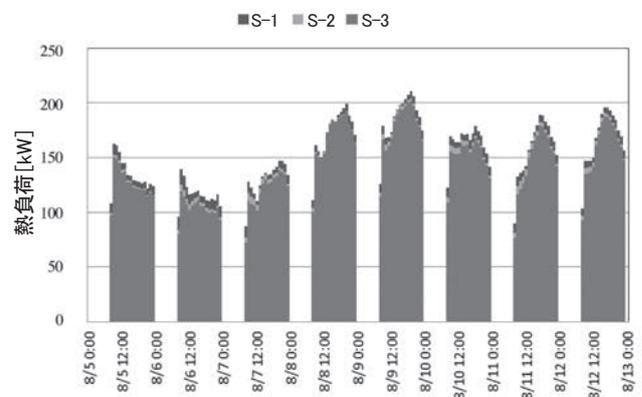


図11 各ケース店舗内冷房熱負荷

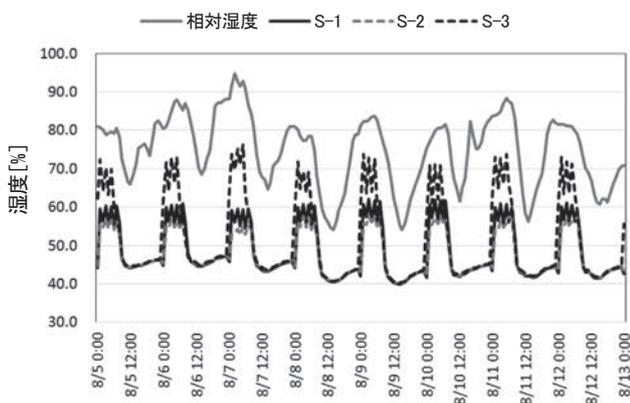


図12 店舗内相対湿度の各ケース平均と外気相対湿度

5. まとめ

本研究では、空調を有する駅構内店舗のある大規模な駅での省エネルギー化のため、パッシブデザインの導入を検討し、SG駅を対象として、実測調査と熱・換気シミュレーションを行い、パッシブデザインの利用範囲と実現可能性を検討した。

実績調査より、夏季に駅舎内の多くのエリアで外気よりも温度が高くなること、また駅の南北方向(線路方向)の開口部に、まとまった風が発生していることを確認した。

シミュレーションによる解析より、北駅舎は壁材構成を断熱性能の高い仕様とすることにより、店舗の冷房負荷の削減が可能なが確認された。南駅舎においては夜間換気を行うことで店舗温度が下がり、店舗の冷房負荷の削減が可能なが確認された。しかし、開口部を開放することによって外気が流入し、相対湿度の上昇を引き起こす結果が現れた。そのため、開口はただ開放すればよいというものではなく、顕熱と潜熱を総合的に評価した設定が必要と考えられる。