

オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究

(その 1) 環境技術実証建物の概要と外装 3 種類の熱性能および自然換気に関する検証

EXPERIMENTAL STUDY TO ACHIEVE THE OPTIMAL ENVIRONMENT FOR OFFICE BUILDING Part1 Outline of the building for environmental technologies and validation of thermal performance of 3 types facades and natural ventilation

伊藤 優^{*1}, 村江 行忠^{*2}, 栗木 茂^{*3}, 鈴木 孝彦^{*1}, 大島 佳保里^{*4}, 浅野 涼太^{*1}
Yu ITO, Yukitada MURAE, Shigeru KURIKI, Takahiko SUZUKI, Kaori OSHIMA and Ryota ASANO

In this research, a building for substantiate environmental technology assuming office buildings was constructed and various demonstration experiments are presently conducted. In this paper, firstly, the outline of the demonstration was building were introduced. Secondary, the examination of thermal performance of three types of exterior “Double skin, Thin double skin, Balcony with outer-louver” and natural ventilation, which are verification items in the demonstration buildings, were reported. Also, the outline of the measurement and some results were shown. About the natural ventilation, the relation between the temperature difference between inside and outside and the external wind environment and the difference of the vertical position of the air inlet and the ventilation volume were analyzed from the result of the spring test.

1. Based on numerical prediction results, it was predicted that the annual equipment load of the office room with the thin double skin is equivalent to that of the double skin. However, in actual measurements, in the case of the thin double skin, the ventilation volume is small and the temperature inside the cavity rises. And the heat load increased.
2. The natural ventilation volume was greatly affected by the external wind direction and wind speed. It was confirmed the tendency to obtain more ventilation volume in the case of air supply from the middle height opening.

Keywords : Experimental building, Facades, Double skin, Thin double skin, Natural ventilation
実証建物, 外装, ダブルスキン, 薄型ダブルスキン, 自然換気

1. はじめに

近年, 地球温暖化対策の進展とともに建築物に対しては省エネルギー, CO₂ 排出量の削減などの環境負荷低減への要求がさらに高まりつつある。一方, オフィスなどにおける室内環境に対しては, 「働き方」への注目とともに, 快適性のみならず, 働く空間としての生産性の向上や健康への配慮も求められている。そのため, 様々な要素技術を高度に組み合わせ, 環境負荷を削減しつつ室内環境などの環境品質を向上する必要がある。

上記背景のもと, 本研究では, 様々な関連技術に関して実証研究を行う目的として, オフィスビルを想定した環境技術実証棟 (以下, 実証建物) を建設した。本報では, 建設した実証建物の概要とともに, 外装 3 種類の熱性能および自然換気性能の検討について概説する。

は OA フロアおよびグリッドシステム天井により可変性に配慮した。

以下に, 主な実証研究に対応する仕様などの概要を記す。

(1) 外装システム

外装システムは, 省エネルギー, 室内環境の観点から極めて重要な建築要素である。実証建物では,



写真 - 1 実証建物外観

表 - 1 建物概要

項目	概要
建設地	茨城県つくば市 (戸田建設 筑波技術研究所内)
構造規模	RC 造 (免震構造) 地上 2 階建て 建築面積 : 約 380m ² , 延床面積 : 725m ² 高さ : 約 11.9m, 階高 : 4.45m (1F, 2F)
事務室	約 72m ² /室 × 6 室, 天井高 : 2.9m 床 : OA フロア (h=250mm) + タイルカーペット, 天井 : グリッドシステム天井 + 岩綿吸音板

2. 環境技術実証棟の概要

実証建物の外観を写真 - 1, 建物概要を表 - 1, 平面図を図 - 1 に示す。実証建物は地上 2 階建ての RC 造で, 積層ゴム, すべり支承, オイルダンパーからなる免震構造を採用した。また, プレストレスを導入したボイドスラブを, 東・西の大壁で支える架構形式を採用することで, 南面への開放性が高く, フレキシビリティに優れた空間構成を可能とした。東・西・北側は機械室・ユーティリティで囲み, 開放された南側に面して各階 3 室の事務室で構成し, 室内

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (工学)

*2 戸田建設株式会社技術開発センター 工学修士

*3 戸田建設株式会社技術開発センター

*4 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (農学)

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M. Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M. Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M. Agr.

①中高層建物での採用例が多い、キャビティの奥行きが 690mm で 2 層吹抜けの全面ダブルスキン形式 (DS), ②都市部の高層建物でも採用が見られる¹⁾, キャビティ奥行き 385mm の薄型ダブルスキンを外壁面 2/3 に設置した形式(CDS), ③Low-E 複層ガラスの外壁にバルコニーとその外側に縦ルーバーを設けた形式(BL)の 3 種類の外装システム(写真 - 2)を実装した。ダブルスキン上部には開閉可能な換気窓を設け, 薄型ダブルスキンの上部には常時開放された換気スリットを設けた。また, 薄型ダブルスキンには, 太陽光と連動した自動制御も可能な電動ブラインドを採用した。それぞれの外装システムについて熱性能をはじめ, 様々な角度から検証を行う予定である。

(2)照明システム

実証建物では既報²⁾で示した無線制御による調光・調色が可能な照明システム(写真 - 3)を採用し, 事務室 1 部屋あたり 20 台の照明器具を配置した。

無線制御システムは, 照明器具毎に制御が可能で, ソフトウェア上で任意にゾーニングが可能である。自己発電型ワイヤレス調光センサーとの組み合わせにより, 外装システムとの関係も含めて, 最適な調光制御を行うためのセンサー位置やゾーニングについての検討も可能である。

(3)換気システム

実証建物では通常の機械換気の他に, 事務室 2, 5 では自然換気にも対応している。断面図・自然換気イメージを図 - 2, 換気パネルを写真 - 4, 階段室内観を写真 - 5 に示す。薄型ダブルスキンの間に設置された換気パネルの換気開口から外気を取り込み, 照明器具レタンスリットを介して天井裏パスダクトから階段室に流れ, 階段室頂部に設置された換気窓から排気される経路を想定している。換気パネルには上下方向に 4 箇所の換気開口を設けており, 開口位置による換気性状, 室内環境への影響を比較可能である。また, 事務室 5 は自然換気の外, 事務室 2 の自然換気風量(パスダクトで計測)と同じ風量を排気するよう模擬自然換気ファンを制御することで, 室内環境等を同時に比較可能とした。

(4)空調システム

空調システムとしては, 各階毎にインテリア系統とペリメータ系統の 2 台の AHU で有しているが, ペリメータレスにも対応する。熱源として空冷式チラーおよび冷温水発生機を組み合わせ, 温度の異なる冷水を潜熱コイルと顕熱コイルに通すことにより, 潜顕分離空調も可能である。また, 高さ 250mm の OA フロア内を給気チャンバーとした, 床吹出し空調への対応も可能である。

(5)その他

実証建物には都市部において対応が求められる雨水貯留槽(地下ピット 200m³)を有しており, 雨水利用とともに, 地中熱の影響を受けた貯留水の熱源への利用可能性も検討する。

また, 詳細は割愛するが断熱工法, 防汚建材など各種建築材料による, 室内環境向上, 環境負荷や維

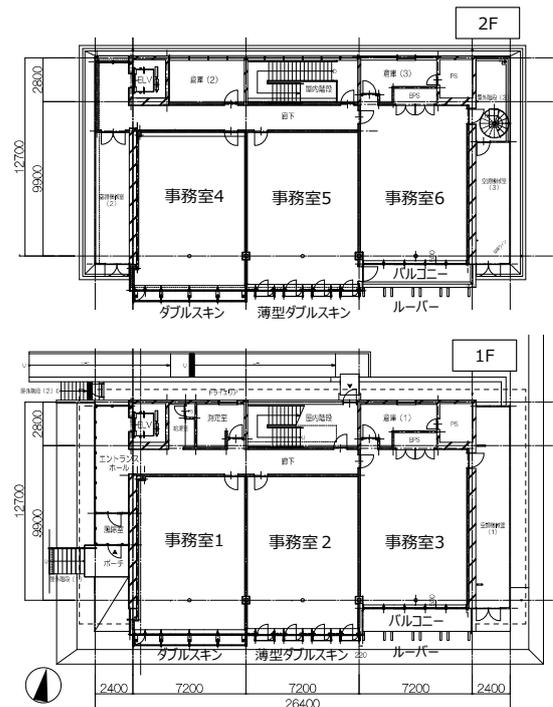


図 - 1 実証建物平面図 (上; 2階, 下; 1階)



(1)ダブルスキン (2)薄型ダブルスキン (3)バルコニー+ルーバー
写真 - 2 外装システム外観



写真 - 3 事務室内の調光調色制御状況

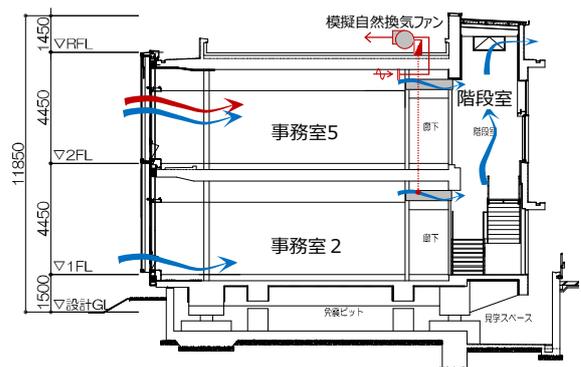


図 - 2 断面図・自然換気イメージ

持管理コスト低減への効果についても、実証する予定である。

3. 外装の熱性能に関する数値解析

実証測定に先立ち、外装における年間熱負荷や熱貫流率・日射熱取得率などの熱性能を、The BEST Program³⁾(以下、BEST)を用いた数値計算により把握した。

3.1 計算概要

数値計算には BEST 専門版を使用した。図 - 3 に検討対象ファサードを示す。実証建物 1 階(地上 1.5m)の一室 (7.2m(W)×10.2m(D)×2.9m(H)) を計算対象とした。南面から奥行き 2.2m の領域をペリメータ、残り 8.0m で執務者が居ると想定し机が並ぶ領域をインテリアに、それぞれゾーン分割した。

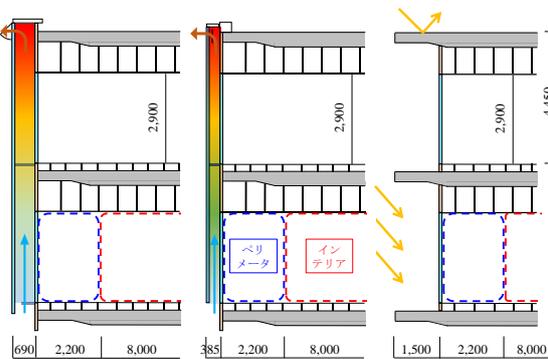
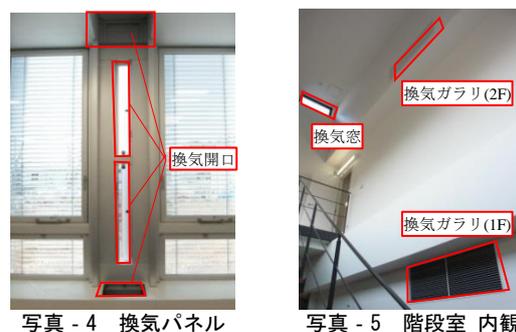
検討対象ファサード詳細を表 - 2 に示す。計算対象室の南面の外装を、実証建物と同様のダブルスキン、薄型ダブルスキン、バルコニーと変えた 3 ケースを比較検討し、ガラス仕様を実証建物に準拠した。ただし、計算簡略化のため腰壁やサッシの枠は無いものとした。外装①と外装②のダブルスキントイプは吹抜け 2 層であるが、本計算では下層の室を計算対象とした。バルコニーについては、計算条件入力仕様上、外側の縦ルーバーは無いものとし底の効果のみを検討した。

表 - 2 に共通計算条件を示す。気象データは、実証建物の所在地(茨城県つくば市)の最寄りの、土浦における拡張アメダス気象データの標準年と設計用データを用いた。空調時の設定室温は夏期 26℃、中間期 24℃、冬期 22℃とし、建築の熱負荷のみを計算対象とする非連成空調計算を行った。事務室の稼働時間は平日 8 時～18 時と想定し、空調運転、照明点灯率、在席率を一定条件とした。外装のブラインドは明色のものとし、常時使用率 70%とした。照明の顕熱発熱量は、実証建物に実際に設置した器具の消費電力を単位面積当たりに換算し、7.0W/m²とした。機器発熱は 15W/m²、人体発熱は一室あたり 8 人在席するものとし、それぞれインテリアゾーンにのみ与えた。

3.2 計算結果

(1) 年間装置負荷

図 - 4 に年間装置負荷(顕熱)を示す。全ゾーンに対して、冷房負荷はダブルスキンが 154MJ/m²、薄型ダブルスキンが 145MJ/m²で最も小さく、バルコニーは 162MJ/m²であった。暖房負荷はダブルスキンが -8.8MJ/m²で最も小さく、薄型ダブルスキンは -20 MJ/m²、バルコニーが -13 MJ/m²となり差は少なかった。薄型ダブルスキンについて、キャビティ内が常時通風される機構のためダブルスキンに比べて暖房負荷が増えたが、冷房負荷の削減分を加味するとダブルスキンと同等の熱負荷を有すると予測された。ペリメータのみの負荷をみると、3 外装の大小関係は変わらないが暖房負荷が大きくなり、またバルコニーの冷房負荷が大きくなる事が確認できた。



(1)ダブルスキン (2)薄型ダブルスキン (3)バルコニー

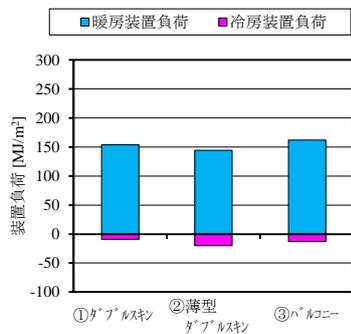
図 - 3 検討対象ファサード

表 - 2 検討対象ファサード詳細

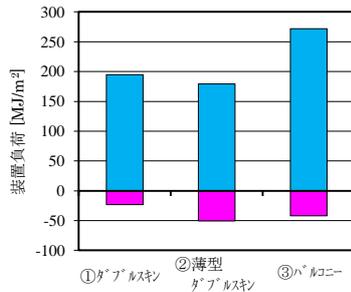
外装① ダブルスキン	
窓	吹抜け 2 層, 奥行き: 0.69m, アウター: 透明単板 8mm インナー: 日射遮蔽型 Low-E 複層 8mm + 空気層 12mm + 透明 8mm 換気有効開口面積: 上部: 0.3m ² /m, 下部: 0.45m ² /m 換気: 夏期・中間期: 常時開放 冬期: 通常閉鎖, キャビティ内温度が 35℃を超えた場合に開放
外装② 薄型ダブルスキン	
窓	吹抜け 2 層, 奥行き: 0.385m アウター: 透明単板 6mm インナー: 日射遮蔽型 Low-E 複層 6mm・空気層 6mm 換気有効開口面積: 上部: 0.004m ² /m, 下部: 0.21m ² /m 換気: 常時換気
壁	ロックウール断熱材 30mm + アルミパネル 2mm
外装③ バルコニー	
窓	日射遮蔽型 Low-E 複層 6mm + 空気層 6mm + 透明 6mm
庇	出寸法: 1.5m

表 - 3 共通計算条件

項目	内容
気象	土浦 設計用・標準年 拡張アメダス気象データ
空調	設定温度: 夏期(6~9月); 26℃, 中間期(4,5,10,11月); 24℃, 冬期(12~3月); 22℃ 空調運転時間: 8~18時 外気導入量: 3.75CMH/m ²
ブラインド	色: 明色, 操作: 使用率 70%
照明	顕熱発熱量: 7.0W/m ² 点灯率: 平日 8~18時は 1, それ以外は 0
機器	顕熱発熱量: 15W/m ² (インテリアのみ) 使用率: 平日 8~18時は 1, それ以外は 0.2
人体	人数: 0.14 人/m ² (8 人/室 想定, インテリアのみ) 在室率: 平日 8~18時は 1, それ以外は 0 代謝量: 1.2Met(通年) 着衣量: 夏期: 0.6clo, 中間期: 0.8clo, 冬期: 1.0clo
隙間風	換気回数: 0.2 回/h



(1)全ゾーン



(2)ペリメータ

図 - 4 年間装置負荷

(2) 季節過酷条件日における変動

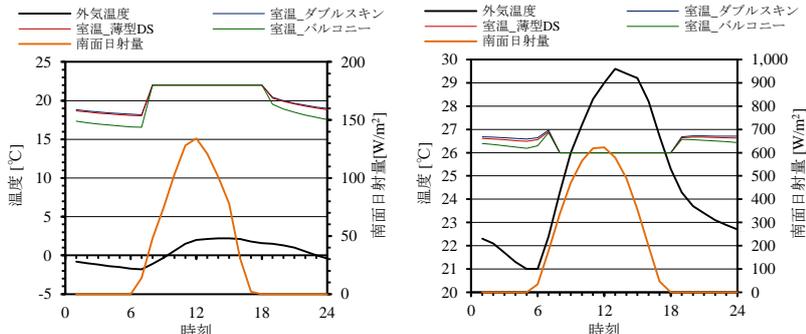
図 - 5 に、設計用データの季節過酷条件日である冬期(気温が低く日射量が少ない)と夏期(気温が高く南面日射量が多い)における、外気温度・南面日射量とペリメータの室温および装置負荷(顕熱)の一日の変動を示す。冬期は、非空調時の室温がダブルスキンと薄型ダブルスキンがほぼ同じでバルコニーが 1.7°C 低い予測結果であった。日中の暖房装置負荷は 12 時においてバルコニーはダブルスキンの 1.7 倍であった。夏期の非空調時の室温はバルコニーがダブルスキンと薄型ダブルスキンより 0.5°C 低く、夜間に室内の熱が外部へ移動したことがわかる。日中の冷房装置負荷はバルコニーがダブルスキンの約 2.5 倍にまで達した。しかし実際の実証建物では、バルコニー外側の縦ルーバーによる日射遮蔽効果で冷房負荷を抑えられるものと期待できる。

(3) ダブルスキン型の熱性能比較

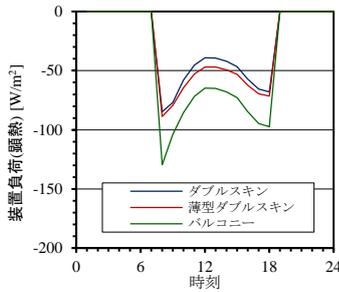
ダブルスキンと薄型ダブルスキン窓部分について、図 - 6 に熱貫流率(U値)と日射熱取得率(η値)の6月の変動予測結果を示す。U値の夜間平均をみると、ダブルスキンが 1.15W/m²K であり薄型ダブルスキンの 1.45W/m² K より小さく、断熱性能が高い結果が得られた。日射熱取得率(η値)は、日射が当たる時間の平均はダブルスキンが 0.25 で、薄型ダブルスキンの 0.31 より小さく、日射遮蔽効果が良いことがわかる。しかし図 - 4 および図 - 5 ではダブルスキンより薄型ダブルスキンの冷房装置負荷の方が小さかった。それは薄型ダブルスキンの間パネルの外壁の断熱効果が寄与すると言える。

4. 外装の熱性能に関する測定

外装の熱性能に関する実証建物での測定概要と一部測定結果を以下に記す。

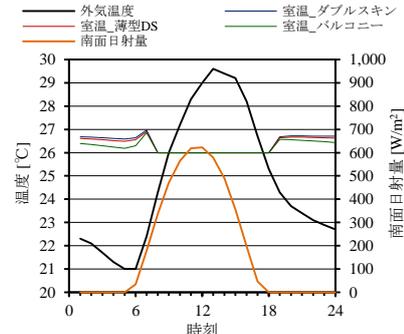


(a)温度と日射量

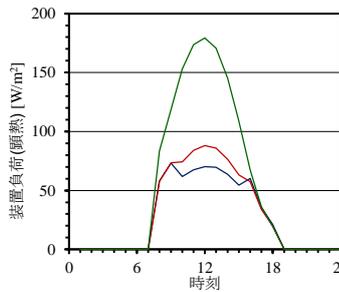


(b)暖房装置負荷

(1)冬期



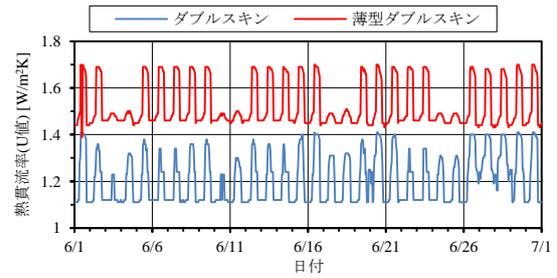
(a)温度と日射量



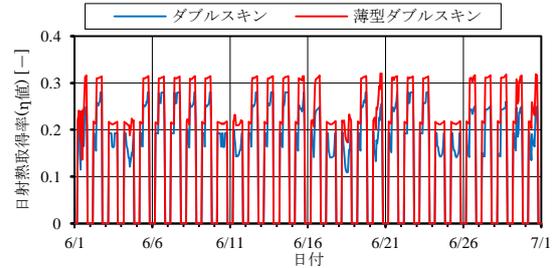
(b)冷房装置負荷

(2)夏期

図 - 5 季節過酷条件日における変動

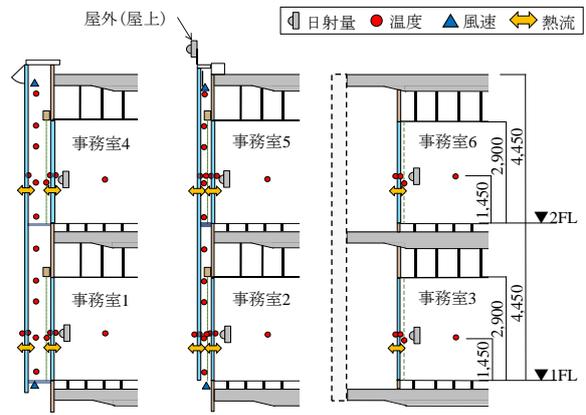


(1) 熱貫流率の予測結果



(2) 日射熱取得率

図 - 6 ダブルスキンの熱性能の比較

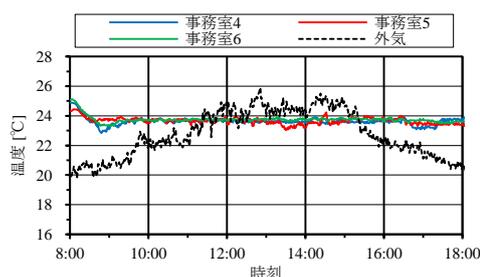


(1)ダブルスキン (2)薄型ダブルスキン (3)バルコニー+ルーバー

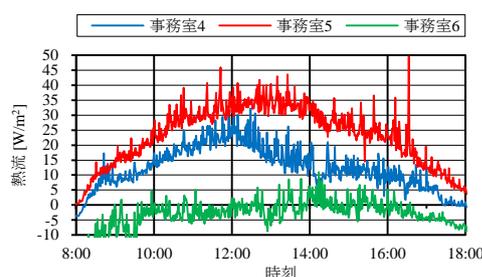
図 - 7 外装周り測定点概要(断面)

表 - 4 外装周りの測定項目

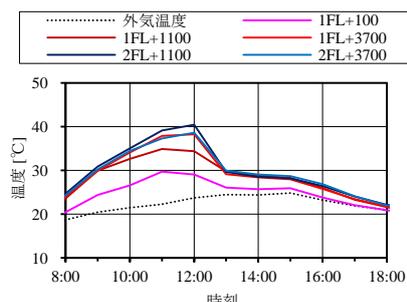
測定項目	測定点数/室	測定位置	測定機器
表面温度	事務室(1)(2)(4)(5): 5 事務室(3)(6): 3	インナーガラス両面, アウターガラス両面 ガラス両面, ブラインド	T型熱電対
鉛直面日射量	事務室(1)~(6): 各 1 屋上: 1	室内側 FL+1,450 事務室(5)上部	日射計 MS-602 (英弘精機)
熱流	事務室(1)(2)(4)(5): 2 事務室(3)(6): 1	アウターガラス室内側, インナーガラス室内側 ガラス面室内側	熱流センサ Z2016 (HIOKI)
キャビティ内 上下温度	事務室(1・4),(2・5): 10	1FL+100, 1FL+1,100, 1FL+1,900, 1FL+2,800, 1FL+3,700, 2FL+100, 2FL+1,100, 2FL+1,900, 2FL+2,800, 2FL+3,700	T型熱電対
キャビティ内 風速	事務室(1・4),(2・5): 各 1	1FL±0, 2FL+4,500	指向性プローブ (カノマックス)



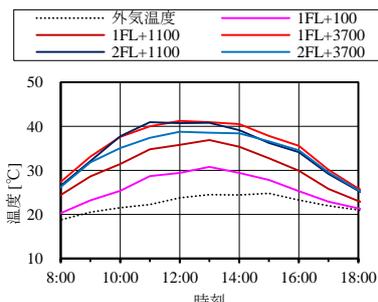
(1) 室温および外気温度 (測定: 2017/6/12)



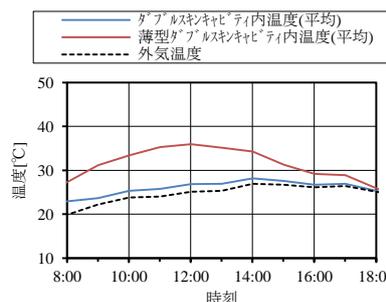
(2) インナーガラス熱流 (測定: 2017/6/12)



(3) キャビティ内温度(ダブルスキン)
(測定: 2017/6/12)



(4) キャビティ内温度(薄型ダブルスキン)
(測定: 2017/6/12)



(5) キャビティ内温度
(数値解析: 6/30)

図 - 8 外装熱性能比較

4.1 測定概要

実測は2017年4月から年間を通し実施中である。

図-7に外装周り測定点概要(断面)を、表-4に外装周りの測定項目を示す。ガラス表面温度、ガラス面熱流、ブラインド表面温度、室内側鉛直面日射量、ペリメータ空気温度を測定している。ダブルスキンおよび薄型ダブルスキンにおいては、キャビティ内の上下温度分布および上下風速を測定している。

詳細は割愛するが、事務室内においては上下温度分布、温湿度、天井面・床面・壁面の熱流を、また屋上にて外部の風向・風速、温度、湿度、雨量、水平面・鉛直面日射量を測定している。その他、空調電力量等を中央監視盤にて計測している。測定間隔は全て1分とした。

4.2 測定結果

図-8に外装熱性能比較として、2017/6/12における各種時間変化を示す。この日は空調の室内設定温度を24℃としており、12時~15時の外気が24~25℃程度で変動していた(図-8(1))。

また、この日は閉じていたダブルスキン上部の排煙窓を、12時頃に開放した。それにより、ダブルスキンキャビティ内の温度が1時間で10℃前後下降して外気温度に近づき、事務室4のインナーガラスからの熱流が低下した様子が見られた(図-8(2), (3))。一方で、薄型ダブルスキンは上部にスリット型の排気口があり常時通風されるにも関わらず、キャビティ内の温度が低下せず上部では40℃を超え(図-8(4))、熱流も室内への流入が大きい様子が見られた(図-8(2))。これらのことは、数値解析における6/30の結果からも同様の傾向が確認された(図-8(5))。薄型ダブルスキンには2側面の上部に排気スリット(400mm×30mm)が設けてあるが、実建物への適用の際には開口面積や位置等の検討が課題である。

5. 自然換気性能検証

春期自然換気時における、内外温度差、外部風および給気口位置が、換気量や室内環境に与える影響について分析を行った概要を記す。

5.1 測定概要

春期の自然換気性能検証は、2017/4/17(月)～5/31(水)にかけ事務室2において実施した。表-5に自然換気給気口条件を示す。薄型ダブルスキンの間には、上下方向に3種類の自然換気用給気口があり、給気口の違いによる条件を設定した。表-6に自然換気実施スケジュールを示す。給気口位置条件ごとに一日ずつ扱い、外気温度条件が近いと予想される一週間のうちになるべく3条件とも行うよう設定した。自然換気実施日は8:30～17:30に各開口を開放し、温湿度条件等は考慮せず降雨時以外常時開放とした。また、測定期間の後期には、階段室におけるチムニー効果を模擬するため、発熱ヒーターを設置し、発熱量を変えた検証も試行した。

表-7に測定項目を、図-9に測定点概要を示す。各開口部の面風速測定には指向性プローブ(カノマックス 0962-00)を、室内の風速分布測定には無指向性プローブ(同 0965-01)を使用した。また、温度測定にはT型熱電対を、差圧測定には微差圧計(長野計器GC62)をそれぞれ使用した。サンプリング間隔は1分とした。これら連続測定に加え、1階事務室(2)では給気口近傍のペリメータ部分において、一日に3～4回程度、測定器を移動させながらの上下風速分布測定を実施した。

事務室一部屋あたり8人の執務者が在席することを想定した。中央部に机を8台並べ、各座席に人体発熱(顕熱)を模擬し電気毛布を設置してある(55W/枚)。潜熱負荷については、1台4人分(90ml/人・h)の水蒸気発生装置を2台室中央部に設置した。それぞれ在室想定時間帯の8:00～18:00に稼働させた。

5.2 測定結果

(1)測定期間の外部気象状況

図-10に、条件別の自然換気実施日の換気窓開放時間8:30～17:30における、外部風向の1分データの風配図を示す。条件①と条件②は南東、南、東北東の順に頻度が高く、条件③では東北東の頻度が最も高かった。

図-11に、条件別の自然換気実施日の換気窓開放時間8:30～17:30における外部風速の頻度を示す。各条件にピークは風速3.0～5.0m/sであった。

(2)換気量へ影響を及ぼす要素の検討

図-12～14に、内外温度差(室内-屋外)、外部風速、外部風向と換気量の関係をそれぞれ示す。図-12より、室内外温度差と換気量は相関が小さく、測定期間中は温度差換気よりも風力換気が支配的であったと言える。図-13の外部風速との関係を見ると、外部風速が大きくなるに従い換気量も増加した。同じ風速値と比較すると、概ね条件②、①、③の順に換気量が多くなった。図-14より、風向が東～南の時により多くの換気量が得られることがわかった。敷地内周辺建物との位置関係や薄型ダブルスキンの形状、外部風向が、外気の導入しやすさに影響を及ぼす可能性がある。

表-5 自然換気給気口位置条件

	給気口位置	開口面積/箇所[m ²]
条件①	上	0.5×0.39 =0.195
条件②	中	0.18×1.065×2=0.383
条件③	下	0.5×0.39 =0.195

表-6 自然換気実施スケジュール

日付	4/17	19	20	21	22	24
給気口条件	①	①	②	②	③	③
階段室発熱	なし					
日付	25	26	27	5/8	9	16
給気口条件	①	②	③	①	②	③
階段室発熱	なし					
日付	17	18	19	20	-	-
給気口条件	①	①	②	③	-	-
階段室発熱	500W				-	-
日付	22	24	27	29	30	31
給気口条件	①	②	③	①	②	③
階段室発熱	1,000W			2,000W		

表-7 自然換気測定項目

項目	対象箇所	
風速	開口部断面	南面給気口×4×2フロア, パスダクト×2フロア, 階段室排気口×2
	室内	FL+1,100mm(3×2フロア)
	室内ペリメータ上下(移動測定)	FL+100, 600, 1,100, 1,700, 2,200mm(室奥行き方向×2)
	外気	屋上 RFL+2,400mm(1)
温度	開口部断面	南面給気口×4×2フロア, パスダクト×2フロア, 階段室排気口×2
	室内上下	FL+100, 600, 1,100, 1,700, 2,200, 2,800mm(室奥行き方向7)
	階段室	1FL+1,100, 3,000, 2FL+1,100, 3,000mm
湿度	外気(屋上)	RFL+1,200mm
差圧	室内	FL+1,100 ×5
	屋外-事務室間(南面), 事務室-階段室間(天井裏), 階段室-屋外(屋上)×2	

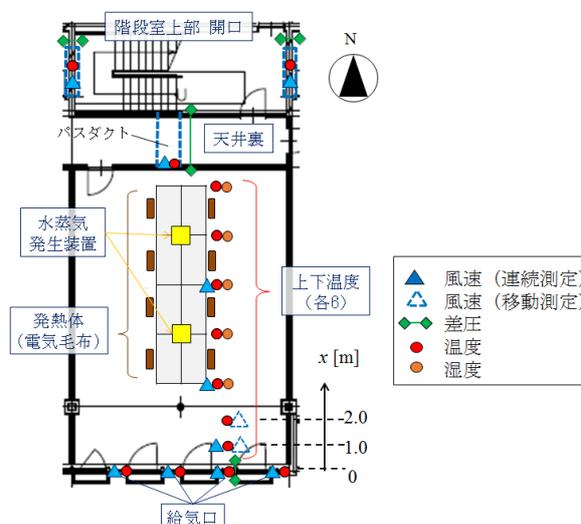


図-9 自然換気測定点

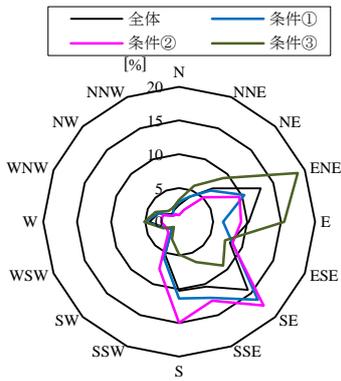


図 - 10 風配図(自然換気窓開放時間)

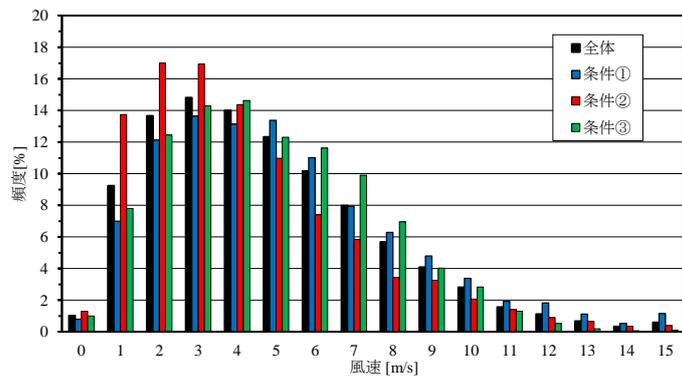


図 - 11 外部風速頻度(自然換気窓開放時間)

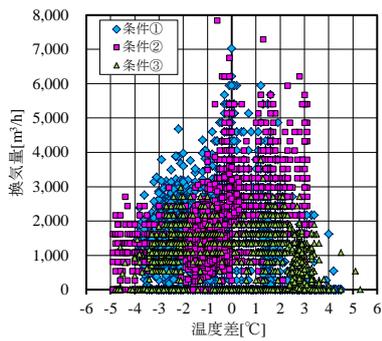


図 - 12 内外温度差と換気量の関係

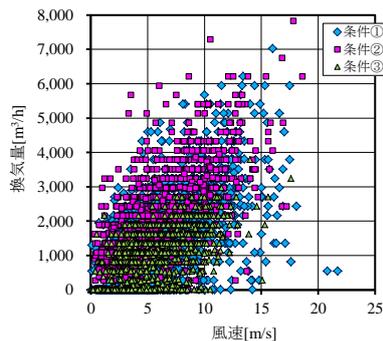


図 - 13 外部風速と換気量の関係

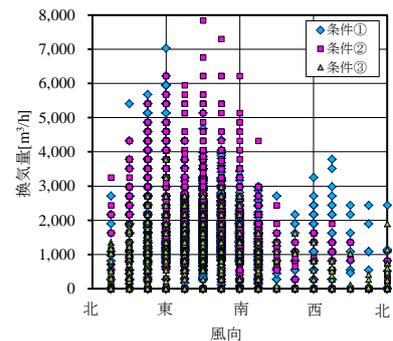
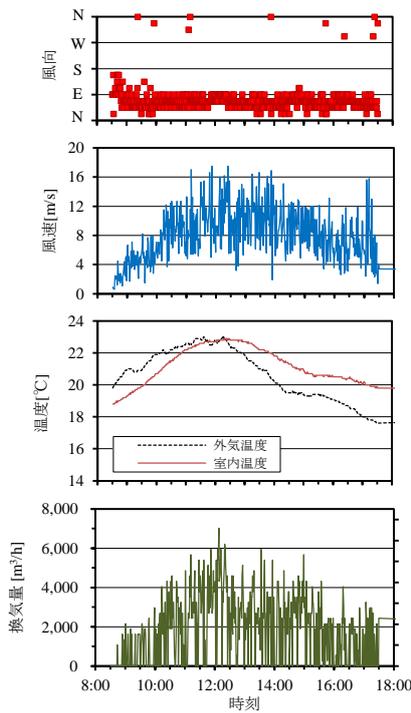
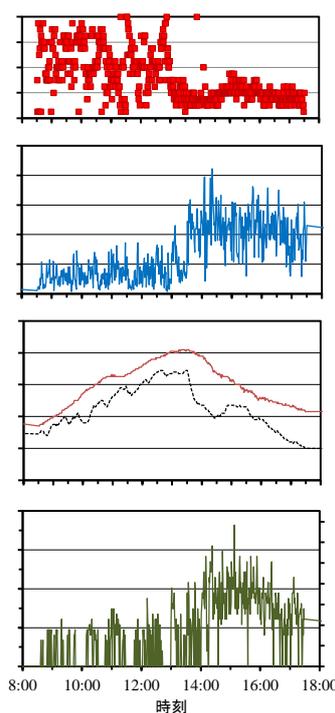


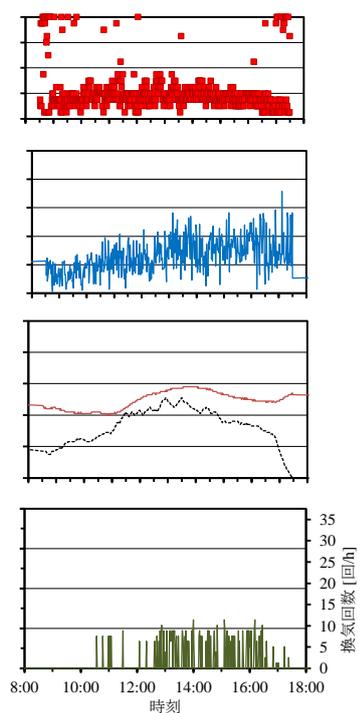
図 - 14 外部風向と換気量の関係



(1) 条件① (4/17)



(2) 条件② (4/20)



(3) 条件③ (4/22)

図 - 15 自然換気実施中の各種時間変化の比較 (上から外部風向, 外部風速, 外気温度・室内温度, 換気量・換気回数)

(3) 測定データの時間変化

図 - 15 に、自然換気実施中における外部風向・風速、外気温度・室内温度、換気量・換気回数の時間変化の給気口位置 3 条件の比較を示す。一日の風向がほぼ東北東の日として、条件①は 4/17、条件②は 4/20、条件③は 4/22 を選択した。条件①・②は室温の最高

が 22℃程度、条件③は 20℃程度であったが、いずれも午後は室温より外気温度の方が低かった。外部風速は 4m/s を超える時間帯が多かった。日中の最高気温は 18~24℃であった。

換気量については、事務室から階段室へのパスダクトの中央で測定した風速値にパスダクトの断面積

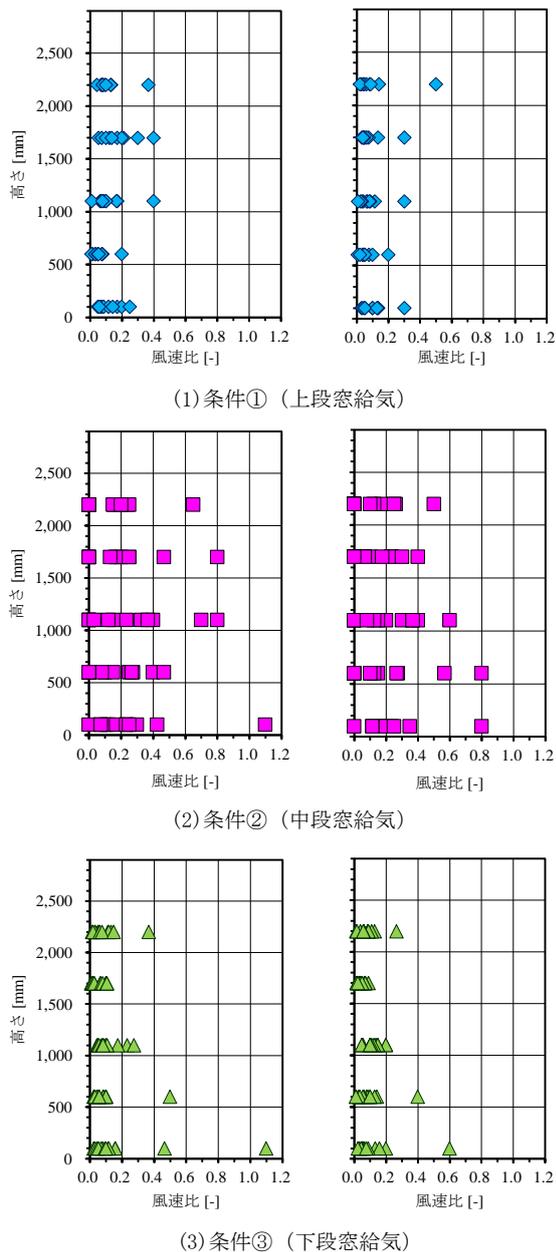


図 - 16 上下風速比分布 (左: x=1.0m, 右: x=2.0m)

(1.5m(W)×0.5m(H))を乗じて算出した。条件①・②では外部風速の変動に合わせて換気量が変化し、最大で 6,000m³/h、換気回数に換算すると 27 回/h 程度の換気量が得られていた。一方、条件③は一日を通してほぼ東北東の風向であったが、午前中は換気が得られた時間帯が少なく、外部風速の平均が 5m/s に上昇した午後から 8 回/h 換気が得られるようになった。図 - 13 および 14 に示した結果と合わせると、下段窓給気では、他の給気口条件に比べて自然換気が得られにくいと言える。これは、下段窓は地面により近い外部風速が小さいことが考えられ、2 階事務室 5 の場合との比較による吟味が必要である。

(4) ペリメータ風速分布の比較

図 - 16 に、移動測定により計測したペリメータの上下分布比の、全風速比データをプロットしたものを示す。ここで風速比とは給気口の流入面風速で除した値である。

条件①は $x=1.0, 2.0\text{m}$ とともに上下方向いずれの高さにおいても風速比が 0.5 以内に分布していた。上部の開口から流入した気流は室内側で天井の側壁に衝突し外壁面に沿って下降するためと考えられる。条件②は $x=2.0\text{m}$ にかけて風速比 0.8 が分布しており、インテリア側でも気流感を得られる流入風であることがわかる。条件③では上下方向の分布はほとんど風速比 0.2 以下であるが、一部で床面に沿って空気が流れたと考えられる測定データが見られた。

6. おわりに

各種環境創造技術の検証を目的として建設した実証建物の概要を示した。また、実証建物における外装 3 種類の熱性能についての数値予測と一部測定結果、自然換気性能に関する春期測定について述べた。それぞれ、以下の知見を得た。

- 1) 数値予測結果より、薄型ダブルスキンを有する事務室の年間装置負荷は、外装をダブルスキンした場合と同等であると予測された。
- 2) 実測における熱性能比較では、薄型ダブルスキン内は常時通風するものの換気量が少なく、キャビティ内の温度が上昇し、熱負荷が増加する様子が見られた。
- 3) 自然換気は外部風向・風速による影響を大きく受けることが分かった。中段開口からの給気の場合に多く換気量が得られる傾向を確認した。

以上の状況を踏まえ、引き続き実証建物における測定を実施し、長期的に見た場合のエネルギー検証を行う。自然換気測定については引き続き秋期にも実施予定である。

また、現在その他の実証項目である光環境、潜熱分離空調、雨水熱利用の検証も実施中である。得られた結果については次報以降にて報告予定である。

参考文献

- 1) 安田他 「オフィスの取り組み事例」 空気調和・衛生工学会近畿支部環境工学研究会, 2009
- 2) 大島他 「オフィスにおける光環境制御に関する研究 その 1 明るさ感とサーカディアン・リズムに考慮した調光調色制御に関する被験者実験」 戸田建設技術研究報告集, vol.42, 2016.11
- 3) 郡他 「外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションシステム”BEST”の開発(その 16)」 空気調和・衛生工学会大会梗概集(長野), 2013.9