

10. 既存オフィスの外皮改修による室内温熱環境改善効果の検討

－ 室内温熱環境実測と数値流体解析による検討 －

Study of Indoor Thermal Environment Improvement Effects through Buildings Envelope Renovation of Existing Office Building

－ A Study using Field Measurements and Computational Fluid Dynamics Analysis －

勝俣 佳奈*1 森本 圭祐*2 坂野 秀之*3

要 旨

2026年～2027年に外皮改修が予定されている築30年以上のオフィスビルにおいて、夏季及び冬季において改修前の室内温熱環境実測を行ったところ、外皮性能の低さから夏季・冬季共に空調使用時においても不快な室内温熱環境であることが確認された。特に冬季の執務室において顕著な上下温度差が確認され、上下温度分布による不満足率が約45%に達する可能性が示された。改修計画で計画されている外皮性能を用いて数値流体解析を行い、冬季の室内温熱環境を分析したところ、改修前にみられた執務室の顕著な上下温度差が大幅に改善され、建物全体で快適推奨域が拡大したことを定量的に把握した。

キーワード：省エネルギー／環境解析／室内温熱環境／ウェルビーイング

1. はじめに

近年、カーボンニュートラルな社会の実現に向け、建築物に求められる省エネルギー性能がより一層高まっている。建築物の省エネルギー性能向上のためには、外皮性能の強化が必須である。新築建築物では、環境性能基準の厳格化により、高性能な設備機器・高い外皮性能を持つ建築物の普及が進んでいるが、我が国でストックの多い築30年程度の既存オフィスビル¹⁾には外皮性能が低く、エネルギー消費量の大きい建築物が依然として多く存在していると推察される。建築物の外皮性能が不足すると、空調機器の消費エネルギー量が増大するだけでなく、室内温度と周壁温度の差に起因する室内の不均一放射や、垂直方向の温度ムラが発生し、在室者が不快な温熱環境を感じる恐れがある。

既存オフィスの外皮改修が実施されない主な要因として、改修費用が大きいことに加え、改修による室内快適性の向上やエネルギー消費量削減効果を事前に把握することが困難な点が挙げられる。本研究は、『ZEB』取得を目指し2026年～2027年に省エネ改修を予定している築30年以上のオフィスビルを対象とし、改修前後における室内温熱環境及び省エネルギー性を評価し、改修による室内快適性の向上、環境負荷低減を検証する一連の研究である。本報では改修計画の妥当性を検証する基礎デー

タとして、既存の状態における室内環境実測結果から現状の課題点を明らかにし、その後、計画されている外皮性能を用いて数値流体解析を行い、改修後の室内温熱環境を予測することで外皮改修が室内環境に与える影響を検証することを目的とする。

2. 当該建築物の概要と改修計画

当該建築物は大阪府に位置する地上2階建てのRC造の事務所・研究施設である。執務空間での『ZEB』取得を目標としているため、高効率な設備機器の導入、高性能な断熱材の追加及び窓ガラスの交換を予定している。改修後はウェルビーイングに配慮した執務環境の構築及び、空調負荷低減のため自然通風の積極的な活用を計画しており、自然通風可能通知システム²⁾の採用、既存会議室の間仕切り壁を撤去し風通しのよいプランへと改変予定である。既存の当該建築物の概要を表-1に、外皮性能を表-2に、当該建築物の外観及び内観を図-1、図-2に、既存2階平面図及び断面図を図-3に示す。

3. 既存オフィスの室内温熱環境計測と分析

3.1 室内温熱環境計測結果

当該建築物において改修効果の検証のため、外皮改修

*1 技術研究所 GCD グループ *2 建築事業本部建築技術部 技術研究所 GCD グループ

*3 大阪本店建築部設備グループ 兼 大阪本店設計部 兼 技術研究所 GCD グループ

表-1 当該建築物の概要 表-2 当該建築物の既存外皮性能

建築物概要	
所在地	大阪府高槻市
主要用途	事務所・研究施設
建築面積	1167.87 m ²
延床面積	1828.59 m ² (全棟)
階数	地上 2階
構造	RC造
竣工	1988年
省エネ地域区分	5地域
年間日射量	A3区分
地域区分	

建築物性能		
	熱貫流率 W/(m ² ・K)	日射熱取得率
屋根	0.36	-
一般外壁	3.37	-
会議室外壁	2.30	-
内壁	2.00	-
1階床	0.97	-
2階床	1.38	-
一般窓ガラス (単板ガラス)	5.9	0.86
西面窓ガラス (複層ガラス)	3.3	0.8



図-1 建築物外観

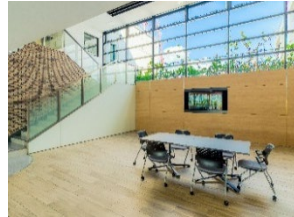


図-2 建築物内観(1階ホール)

前となる2025年～2026年に室内温熱環境実測を行った。室内温熱環境実測は既存執務室及び、改修後に執務空間となる1階ホールで行った。計測は夏季と冬季に実施し、夏季は2025年8月31日～9月2日、冬季は2026年2月1日～2月3日に実測を行い、空調停止日～稼働日にかけて分析を行った。なお、室内温熱環境計測日の気象データは枚方観測所の観測データを参照した³⁾。

(a) 1階ホールの分析

夏季冷房停止日の1階ホール部分の上下温度差を分析すると(図-4)、朝7時～12時前後でFL+3100以上の観測点で急激な室温の上昇が確認された。ホール内の上下温度

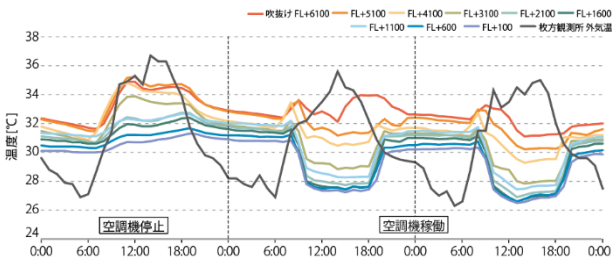


図-4 1階ホール：夏季室内温度 (2025/8/31～9/2)

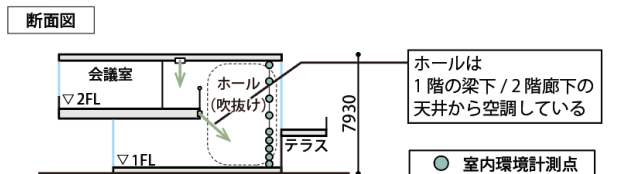
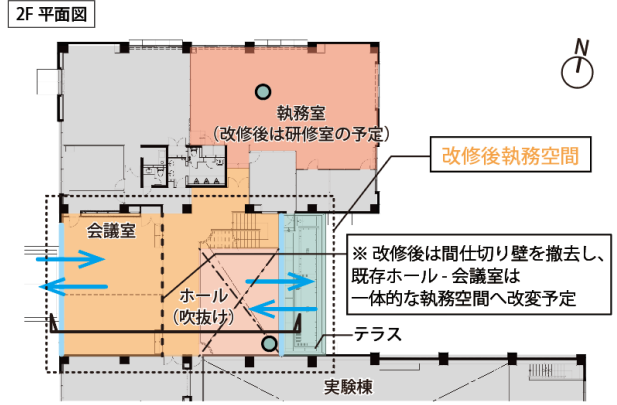


図-3 既存2階平面図(上)、既存断面図(下)

差が大きい11時時点において、FL+100～FL+6100間で4.2℃の温度差がみられ、ホールの東側開口部の窓ガラスを介した熱取得の大きさが示唆される。冷房稼働日は朝8時頃より冷房機器が稼働しているものの、冷房停止日と同様に7時～12時頃室温の上昇がみられ、吹抜け上部は30～34℃であった。12時以降、室温が低下しているが、2階廊下が面するFL+4100、FL+5100では30℃を超える場合も確認された。執務終了後の冷房停止直後から室温が上昇し、夜間に室温が30℃以上となっている日も確認された。冬季暖房停止日のホール内の室内温度を分析すると(図-

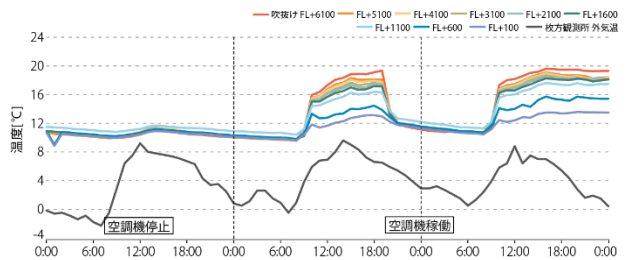


図-5 1階ホール：冬季室内温度 (2026/2/1～2/3)

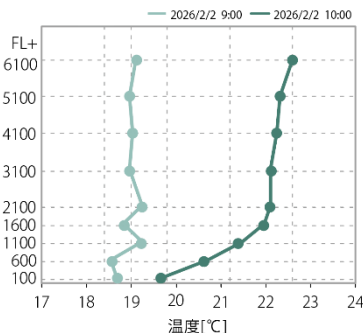


図-6 1階ホール：冬季上下温度差 (2026/2/2 9:00 10:00)

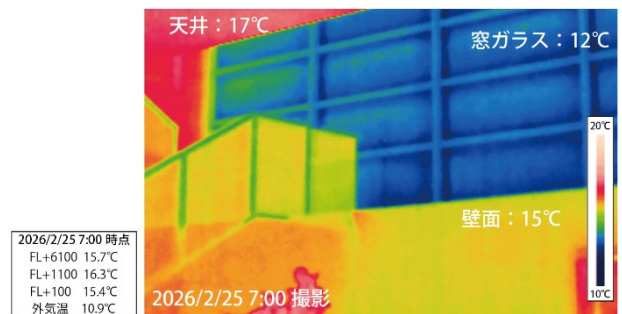


図-7 1階ホール：サーモカメラ撮影画像 (撮影：2026/2/25)

5)、同時刻において外気温の上昇が確認できるが、ホール内は夏季と異なり、一日を通して室温は10~12℃程度と変化が少ない結果となった。暖房稼働日は朝8時頃の暖房機器稼働後に室温の上昇がみられ、日中の室温は2階廊下に面するFL+4100~FL+5100付近では18℃前後、1階居住域のFL+100~FL+1100は12℃~16℃前後と暖房稼働時の温度ムラを確認した。暖房稼働直後朝9時のFL+100~FL+1100の上下温度差は0.8℃、10時の上下温度差は2.6℃であり、朝の1階床レベルにおける上下温度差はやや小さいものの、日中15時に上下温度差が3.6℃となっており、執務時間内に大きな上下温度差が発生していることを把握した。なお、本報では、居住域では椅坐位を想定し、FL+100~FL+1100間で上下温度差の分析を行った。暖房停止直後は急速に室温低下し、夜間は10℃~14℃程度であった(図-6)。1階ホールをサーモカメラ(FLIR社製)を用いて撮影したところ(図-7)、天井付近の表面温度は約17℃、壁面は約15℃とである一方、窓ガラスの表面温度は約12℃となり、窓ガラスからの熱損失が大きいと推測される。

(b) 既存執務室の分析

夏季冷房停止日の室内温熱環境を分析すると(図-8)、朝7時頃より室温の上昇がみられ、特にFL+1100以上の観測点では日中の室温が外気温近くまで上昇していることを確認した。冷房使用時は室温が25℃~27℃となっているが、執務終了後の冷房停止直後に室温が急激に上昇し、外気温以上になっていた。冬季暖房停止日は一日を通して12~14℃程度と変化が少ない結果となった。暖房稼働時の室内温度変化を分析すると(図-9)、暖房稼働後にFL+1100以上の観測点では室温の上昇が大きく、FL+100、FL+600では温度の上昇が緩やかであった。暖房稼働直後朝9時のFL+100~FL+1100の上下温度差は2.6℃、10時の上下温度差は6.2℃と顕著な温度差を確認し、執務時間内の上下温度差としては最も大きくなった(図-10)。執務室内においてもサーモカメラ(FLIR社製)撮影を行ったところ(図-11)、室内温度がFL+1100で20.4℃、FL+1600で19.4℃である一方、サーモカメラ画像から窓ガラスの表面温度が約13℃、床の表面温度が約17℃となり、室内放射環境がやや不均一であることが示された。

3.2 室内温熱環境の分析

室内温熱環境の計測結果から、当該建築物は窓ガラスからの熱取得、熱損失が大きく、夏季において夜間室温が30℃を超過することからも外皮性能の不足による躯体蓄熱の影響を強く受ける建築物であることが明らかとなった。冬季は暖房稼働時の上下温度差が大きく、執務時間内

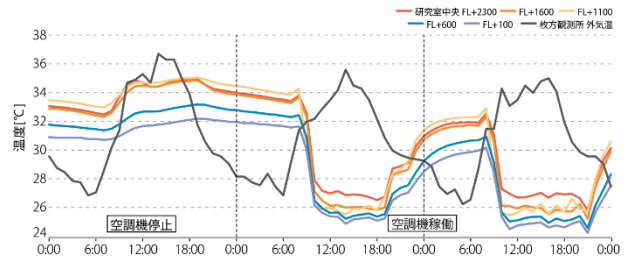


図-8 執務室：夏季室内温度 (2025/8/31~9/2)

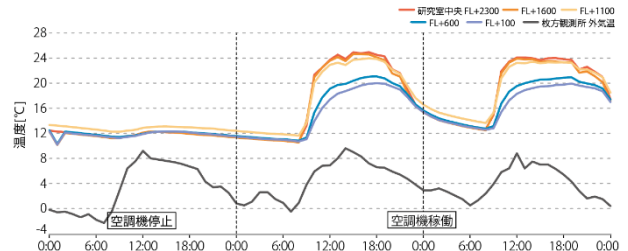


図-9 執務室：冬季室内温度 (2026/2/1~2/3)

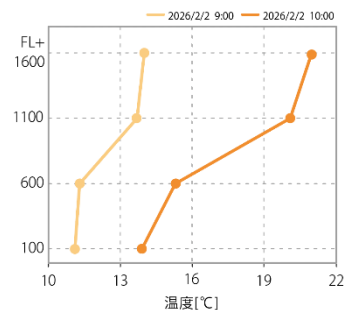


図-10 執務室：冬季上下温度差 (2026/2/2 9:00 10:00)

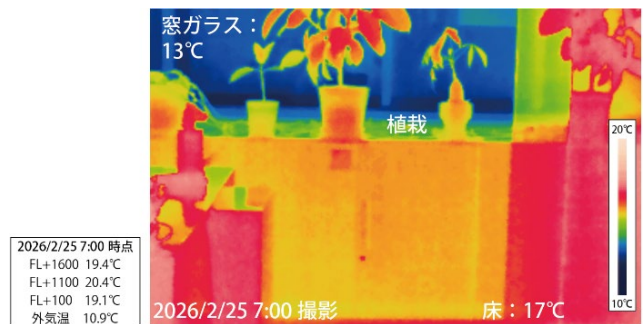


図-11 執務室：サーモカメラ撮影画像 (撮影：2026/2/25)

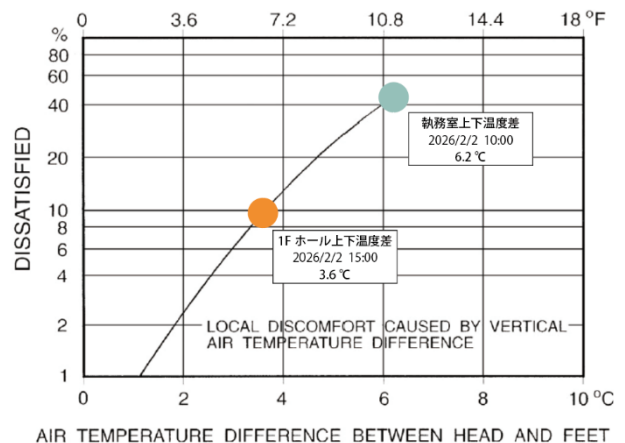


図-12 執務室：上下温度分布による不満足者率

(参考文献4)を一部修正)

において 1 階ホールでは最大 3.6℃、執務室では最大 6.2℃の上下温度差が生じていた。ANSI/ASHRAE Standard 55-2013⁴⁾では、室内在室者のくるぶしの高さとの頭の高さの温度差が 3℃以内になることを推奨しており、図-12 から、1 階ホールでは当該建築物在室者の上下温度分布による不満足者率が約 10%弱、執務室では約 45%となる可能性が示された。

4. 改修後を想定した室内温熱環境シミュレーション

3 節での室内環境実測の結果をふまえ、特に室内温熱環境にムラの多かった冬季において、改修計画で計画されている外皮性能を用いて数値流体解析を行い、改修後の冬季室内温熱環境についてシミュレーションを実施した。数値流体解析では、改修後の室温、予測平均温冷感申告（以下 PMV）、予測不満足者率（以下、PPD）を用いて室内温熱環境を評価した。数値流体解析に用いた改修後の当該建築物の外皮性能を表-3 に示す。室内温熱環境解析の解析条件を表-4 に示す。本解析では、実測を行った 2026 年 2 月 2 日の外気条件を解析の初期条件とし、不快な室内環境が示された朝 9 時～10 時頃を想定してシミュレーションを実施した。温度、PMV、PPD の平面及び断面の解析結果を図-13～図-18 に示す。なお、解析結果の断面切断位置を図-19 に示す。

ここで以下の用語を定義し、概説を行う。

PMV：温熱快適性の指標であり、 $-0.5 < PMV < +0.5$ が快適推奨域とされる⁵⁾。

PPD：温熱快適性の指標であり、ある環境の中で、その環境を不満足と感じる人の割合を示す。PMV = 0 の環境では PPD = 5%となり、暑くも寒くもない状態であっても全員を満足させるものではない⁵⁾。

(a) 1 階ホールの分析

改修後に執務空間となる予定の 1 階ホールでは、図-13、

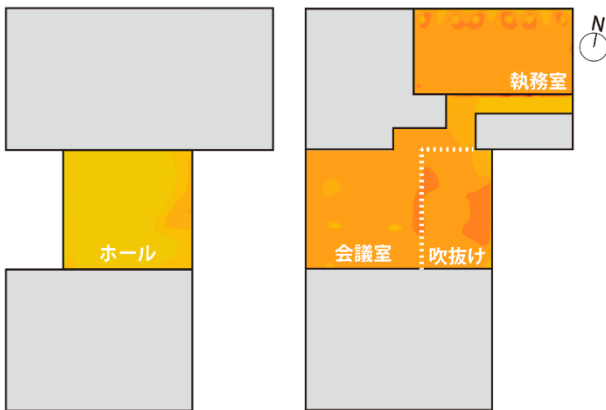


図-13 温度解析結果 1FL+1100 (左) 2FL+1100 (右)

図-14 より居住域である FL+1100 付近では多くの場所で 20℃前後と試算された。図-15、図-16 の PMV の解析結果では-1 前後となっており、図-17、図-18 の PPD の解析結果では多くの箇所で PPD = 25～30%となっており、一部の執務者において冷涼感を抱く可能性が示唆される結果となった。図-18 より FL+100～FL+1100 間の上下温度差は 2.8℃と既存建築物で実測した 2.6℃と大きく変化のな

表-3 改修後の外皮性能 (計画値)

改修後建築物性能	熱貫流率 W/(㎡・K)	
	熱貫流率	日射熱取得率
屋根	0.36	-
一般外壁	0.42	-
会議室外壁	0.39	-
内壁	0.27	-
1 階床	0.97	-
2 階床	1.38	-
一般窓ガラス (単板ガラス)	1.4	0.66
西面窓ガラス (複層ガラス)	0.65	0.48

表-4 室内温熱環境解析 解析条件

冬季：解析設定	
解析ソフト	FlowDesigner
解析項目と 計算モード	解析項目：速度 (流体：空気)、温度、相対湿度、PMV 計算モード：定常計算 (収束半径：-3.5)
乱流モデル	標準 k-ε モデル (k、ε はプログラムオート)
解析領域	解析領域：80m×80m×12m、メッシュ数：約 250 万
外気条件と 解析モデルの 物性値	外気温：3.8℃ (2026 年 2 月 2 日 9:00 の枚方観測所の観測データを使用) 実測を行った 2 月上旬朝を想定して解析を実施 解析モデルの外皮性能は表 3 を参照 室内側総合熱伝達率：9 W/㎡K 室外側総合熱伝達率：23 W/㎡K
負荷条件	日射熱、内部発熱は考慮しない
空調機器設定	暖房：吹出し温度 32℃、風量 7590 ㎡/h 換気：吹出し温度 16.54℃ (熱交換効率 70% と想定)、 風量 3750 ㎡/h
その他	相対湿度：61 % (2026 年 2 月 2 日 9:00 の枚方観測所の観測データを使用) 着衣量：1.0 clo (長袖シャツ+上着+ズボン) 代謝量：1.0 met

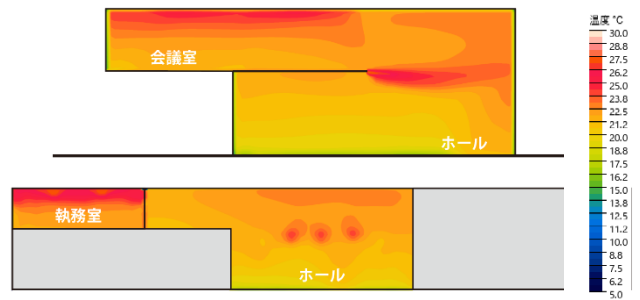


図-14 温度解析結果 東西断面 (上) 南北断面 (下)

い結果となった。室温、PMV、PPDの解析結果から1階ホールでは外皮性能の向上により室内温度の改善がみられるものの、居住域の在室者が感じる温冷感についてやや懸念点が残る結果となった。

(b) 既存執務室の分析

既存執務室では、図-13、図-14より居住域であるFL+1100付近では多くの場所で22℃前後となっている。図-15、図-16のPMVの解析結果では北側の外皮近傍を除いて概ね $-0.5 < PMV < +0.5$ となっており、図-17、図-

18のPPDの解析結果から既存執務室の多くの箇所で室内温熱環境に対する予測不満足者率は10%以下となった。空調機が設置されている天井付近で局所的な温度上昇が確認できるものの、図-18より本報で行った室内温熱環境解析結果ではFL+100~FL+1100間の執務室内平均上下温度差は0.6℃と試算された。改修前にみられた上下温度差が大幅に改善され、外皮改修によって冬季における在室者の快適性向上が予測される結果となった。

5. まとめ

3節での既存オフィスビルの室内温熱環境実測結果か

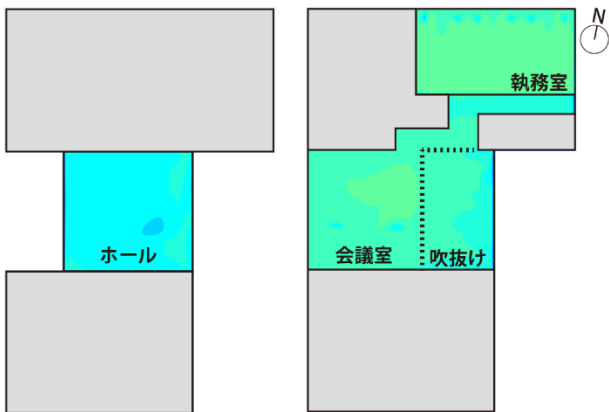


図-15 PMV解析結果 1FL+1100 (左) 2FL+1100 (右)

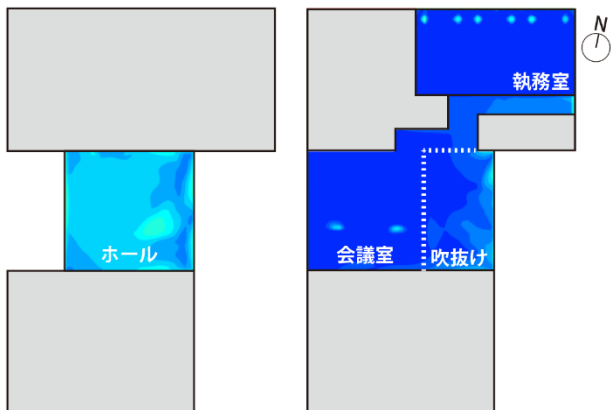


図-17 PPD解析結果 1FL+1100 (左) 2FL+1100 (右)

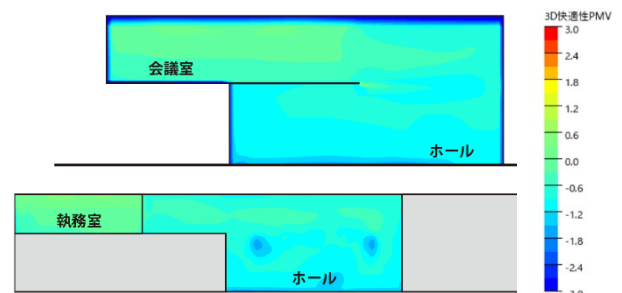


図-16 PMV解析結果 東西断面 (上) 南北断面 (下)

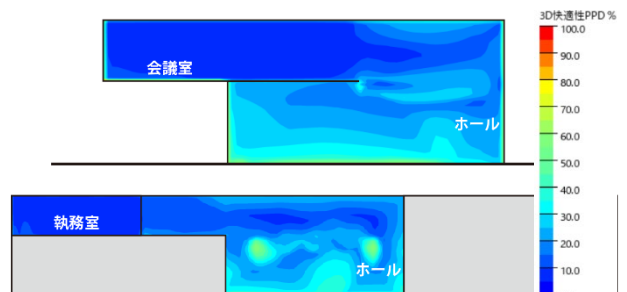


図-18 PPD解析結果 東西断面 (上) 南北断面 (下)

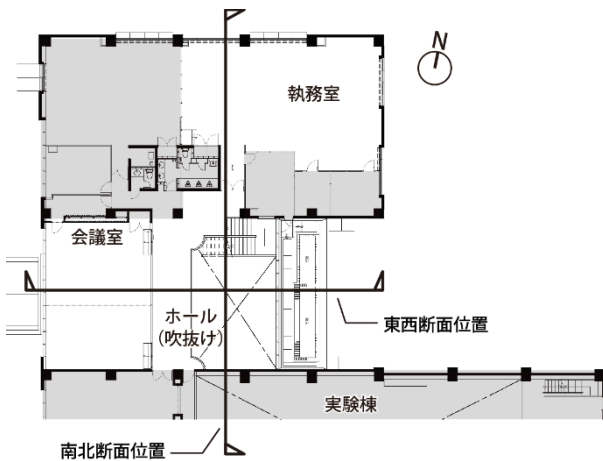


図-19 解析結果断面位置

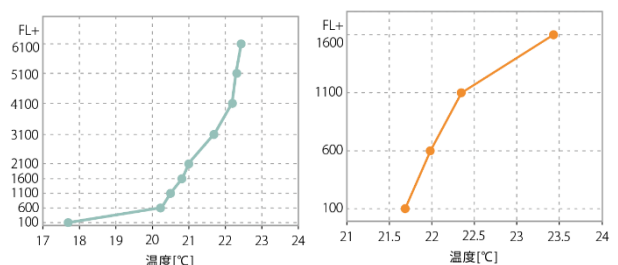


図-20 冬季上下温度差解析結果
1階ホール (左)、既存執務室 (右)

ら、当該建築物は窓ガラスからの熱取得、熱損失が大きく、外皮性能の不足による躯体蓄熱の影響を強く受ける建築物であることが明らかとなった。また、冬季においては既存執務室において顕著な上下温度差が確認され、上下温度分布に起因する不満足者率が約 45 %に達する可能性が示された。在室者の熱的快適性、ウェルビーイングな執務環境の構築のためには外皮改修が必須であると結論付けられた。

また、4 節で行った数値流体解析の結果から、改修後の冬季において 1 階ホールではやや冷涼感を抱く可能性はあるもの、既存執務室では、上下温度分布による不満足者率が現在の約 45%から 10%以下まで減少する可能性が示された。外皮改修における外皮性能の妥当性を確認し、室内温熱環境の改善効果を定量的に予測した。

本報では外皮改修効果検討のための事前数値流体解析は冬季に留まったため、年間を通じた外皮改修効果の検討が今後必要である。また、外皮改修工事終了後に再び室内温熱環境実測を行い、外皮改修の効果および改修計画の妥当性について検証予定である。

執務空間の熱的快適性の向上は省エネルギー効果だけでなく、在室者の知的生産性向上やウェルビーイングな執務環境の構築につながるものである。引き続き外皮改修が室内温熱環境や在室者の快適性及び知的生産性の向上、省エネルギー性能に与える影響について調査・検証を進めていく所存である。

謝辞

本研究において多くのご指導をいただきました、東京理科大学の高瀬幸造准教授に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) ザイマックス不動産総合研究所：オフィスピラミッド 2026 (https://soken.xyamax.co.jp/report/2601-stock_pyramid_2026.html) 最終アクセス：2026/04/22)
- 2) 八田水葉ほか：環境調整行動誘発システムの開発と中規模自社ビルオフィスにおける導入実験 その 1 窓付属部材の操作をアドバイスすることによる昼光導入効果の検討，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，第 9 巻，pp. 177-180，2023
- 3) 気象庁：過去の気象データ - 枚方観測所 (<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>) 最終アクセス：2026/03/24)
- 4) ASHRAE：Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, 2013

- 5) 川島範久：環境シミュレーション建築デザイン実践ガイドブック 自然とつながる建築をめざして，彰国社，2022
- 6) 田中俊六ほか：最新建築環境工学[改定 4 版]，井上書院，2018
- 7) 八田水葉ほか：中規模オフィスビルにおける環境配慮型改修計画と性能評価 その 2 温熱環境およびエネルギー実績の実測調査結果，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），2024
- 8) 鶴飼真成ほか：3D 点群データと拡張現実を活用した中規模オフィスビルの外皮改修効果の可視化手法，日本建築学会技術報告集，第 31 巻，第 79 号，pp.1425-1430，2025
- 9) 久保井大輔ほか：脱炭素社会実現のための既存建築物改修時の外皮性能向上に関する研究（第 1 報）研究概要および ZEB 改修技術動向，空気調和・衛生工学会大会学術論文集，第 10 巻，pp.221-224，2024
- 10) 勝俣佳奈ほか：既存オフィスビルにおける省エネ改修計画とウェルビーイングに配慮した執務環境評価 その 1：既存オフィスビルの温熱環境実測と課題抽出，日本建築学会大会（中国），2026.09 発表予定
- 11) 高原明日葉ほか：既存オフィスビルにおける省エネ改修計画とウェルビーイングに配慮した執務環境評価 その 2：外皮性能向上と通風利用による冷暖房負荷低減効果の検討，日本建築学会大会（中国），2026.09 発表予定