

YKK80 ビルの性能検証～Multiple Facade による統合デザイン Commissioning project of YKK 80 Building ~ integrative design for multiple facade

首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 建築学域
Tokyo Metropolitan University, Graduate School of Urban Environmental Sciences,
Department of Architecture and Building Engineering
一ノ瀬 雅之
Masayuki ICHINOSE

キーワード：性能検証 (Commissioning), 複合ファサード (Multiple facade),
統合デザイン (Integrative design), 熱・光性能 (Performance for thermal and light),
自動制御クライマープラインド (Automated control climbing blind system)

1. はじめに

YKK80 ビルは東京都心部に位置するオフィスビルであり、ほぼ真西の方位に主開口部を設けることが立地条件の制約によって求められた。その回答として、アルミルーバーによる外部日射遮蔽（と意匠性）、深い庇のバルコニーによる外部日射遮蔽（と設備スペース）、自動制御クライマープラインド内蔵二重窓による日射遮蔽（と自然光利用・眺望性）、チルドビームによるスキムロード処理（と意匠性）、以上による Multiple Façade を構成し、各ファサード要素において相反し得る課題を解決して統合デザインを実現している。建物インテリアでは全面天井放射パネルと微気流を併用した先進的な放射空調システムを構成しており、空調システムとしては最大の特徴となるが、本稿では、YKK80 ビルのファサード性能の検証を中心に、設計・運用段階において見出された知見について記す。

空調含めた設備全体の検証内容については既報¹⁾を参照されたい。

2. 建物概要

表 1 に概要一覧を示すように、YKK80 ビルは 2015 年に竣工したオフィスビルである。建物正面の高架高速道路がある状況や直達日射の到達に対応するため、図 1 に示すように西面ファサードには縦形状のアルミレイヤーを全面的に設け、象徴的な外観を形成するとともに日射遮蔽と騒音・眺望に配慮した機能性を有するファサードとなっている。

表 1 建物概要

所在地	東京都千代田区
用途	事務所
建築面積	2,059m ²
延床面積	22,574m ²
基準階	1,960m ²
構造	SRC、CFT、免震
階数	地下2、地上10階
軒高	39.5m
階高	3.85m
天井高	2.8m



図 1 建物西面外観

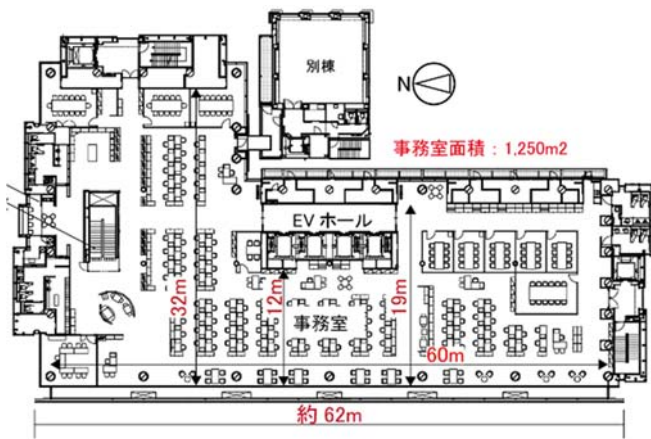


図2 基準階平面図

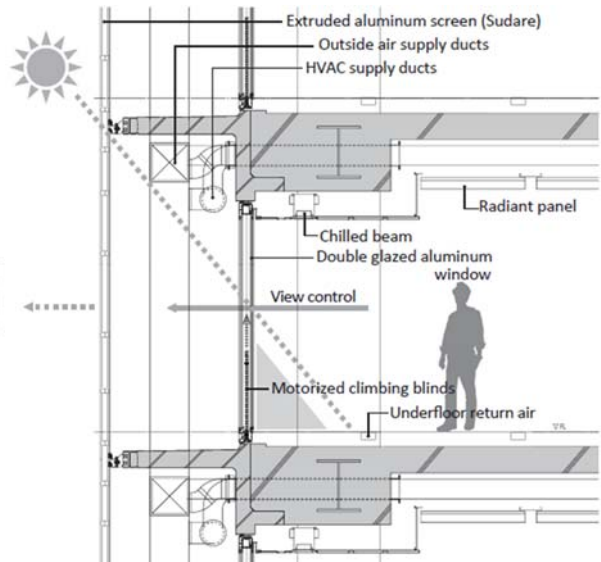


図3 ファサード断面模式図

図2に示すように、基準階平面は幅約62mとなっており、外気冷房ダクトやデシカント空調ダクトは図中下端のバルコニーとなる屋外で立下げ、室内のダクト配管スペースを合理化し、極力整形な執務平面を確保する計画となっている。

ファサード断面は図3のようになっており、建物外端となるアルミルーバーによって西正面からの直射日光遮蔽、建物内部のダクトスペースを抑制することも意図した庇を張り出したバルコニーによる天空方向からの直射日光遮蔽、庇による直射日光投射位置を考慮した床面からせり上がる自動制御クライマープラインドによる直射日光遮蔽と眺望・自然光利用の最大化、ブラインドを内蔵した二重窓による断熱性能確保、ペリメータ熱負荷を効率的に除去するチルドビーム、といった複合的な建築的・設備的な要素を多重的に設けたファサードとなっている。

3. 性能検証概要

表2 設計・施工・運用の各段階における性能検証

	設計フェーズ(2011年11月～)	施工フェーズ(2013年1月～)	運用フェーズ(2015年7月～)	
	基本計画・基本設計・実施設計	施工・監理	入居前検証	入居後
省エネ省資源	<ul style="list-style-type: none"> Energy+による建物性能目標設定 LCEMIによる空調設備性能目標設定 超節水器具、井水、雨水、厨房排水再利用設備を計画・設計 	<ul style="list-style-type: none"> 機器性能の監理(熱源機COP) LCEMIによる検証を継続 	<ul style="list-style-type: none"> 実運転による初期性能の確認 	<ul style="list-style-type: none"> シーズンイン毎の実測による機能性能試験 BEMSで月ごとに水再利用率の確認
室内環境	<ul style="list-style-type: none"> BIM、CFD統合シミュレーション 省エネ、快適性向上、意匠性に配慮した空調方式を計画 日射低減、快適性向上、眺望確保したファサードデザインを計画 	<ul style="list-style-type: none"> モックアップで室内環境快適性を確認、施工フィードバック 	<ul style="list-style-type: none"> モックアップでの改善事項を施工に反映 	<ul style="list-style-type: none"> ペリメータを含めた室内環境計測 模擬負荷での設計性能の確認 自動制御ブラインド設定値最適化 各季の環境性能を実測により確認(竣工後2年間継続)
伝達	<ul style="list-style-type: none"> 各段階において施主要望事項をブリーフィング 	<ul style="list-style-type: none"> 設計意図伝達による施工段階の意識共有 	<ul style="list-style-type: none"> 取扱い説明 	<ul style="list-style-type: none"> 施主・運用者に検証結果の報告 性能検証結果を踏まえた運用マニュアルを作成し詳細な運用方法を提案

設計段階ではシミュレーションを含めた数値解析により最適解を探り、施工段階では機器単体性能や実大模擬空間実験を通して設計意図の確認と反映を行った。運用段階では、入居前の

模擬負荷付与実験，入居後の季節毎環境実測や設備システムの最適化調整を通じ，省エネルギーと快適性の両立を確実に実施している。

2015年7月から竣工後の入居前検証，運用時検証を継続的に実施しているが，本稿では研究対象建物の先進的なファサードシステムに注目し，2015年7月から室内温熱環境測定と並行して実施されている窓周り温熱・光環境測定結果に基づき，建物外性能及びペリメータ温熱・光環境の評価を示す。

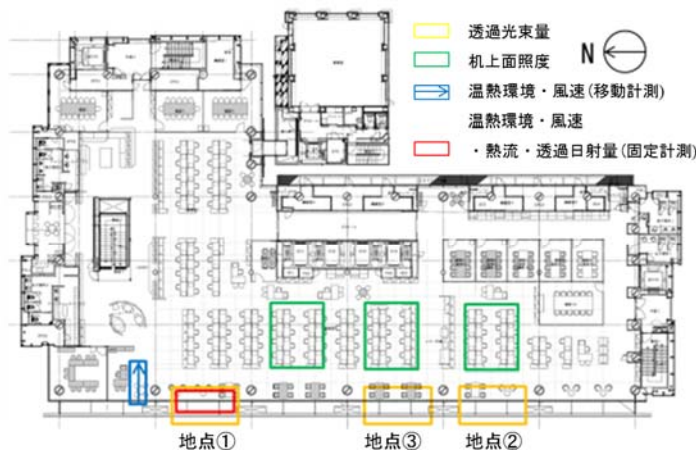


図4 基準階における計測位置・項目

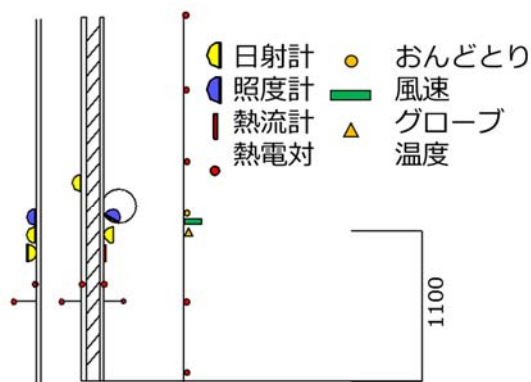


図5 窓周り断面における計測位置・項目

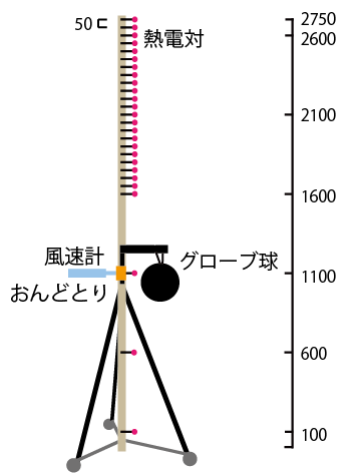


図6 熱電対による断面温度分布手動計測

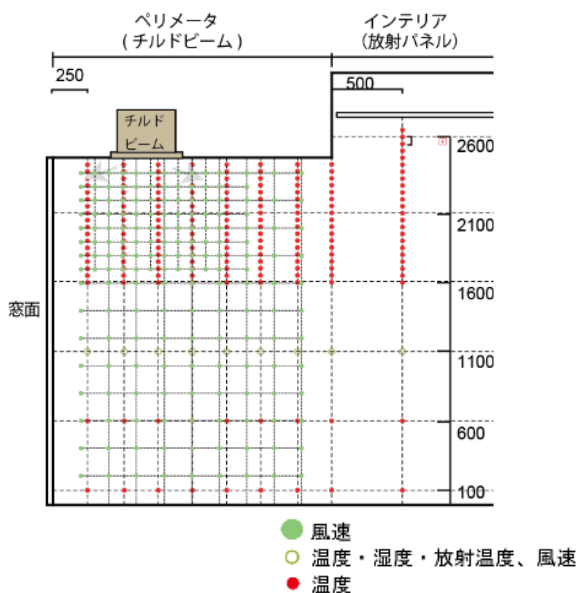


図7 窓周りの断面温度・風速分布計測点

図4に基準階における計測位置・項目を示す。また，窓面に対しては図5に示す測定位置において温湿度・風速・窓面取得熱量・透過日射量・透過光束量をそれぞれ測定した。なお，透過光束量の測定には簡易積分球²⁾を使用した。また，透過光束量は表2のようにブラインドの制御方法が異なる3地点で，それぞれ床面高さ2400 mm，1100 mm，100 mmで計測した。ここで，外部気象条件を把握するため，搭屋には照度計と日射計を設置した。

一方，地点1近傍において，図6に示すキャスター付きの上下温度分布計測熱電対および，風速計を用いて，図7に示すように事前にワイヤで位置だしをした箇所に於いて100~200mmピッチで計測を行い，温度・風速断面分布を計測した。

4. ペリメータ温熱環境

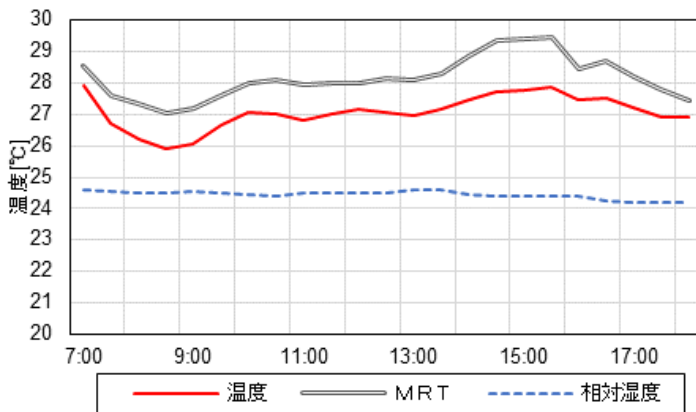


図8 夏期代表日における温湿度・MRT変動

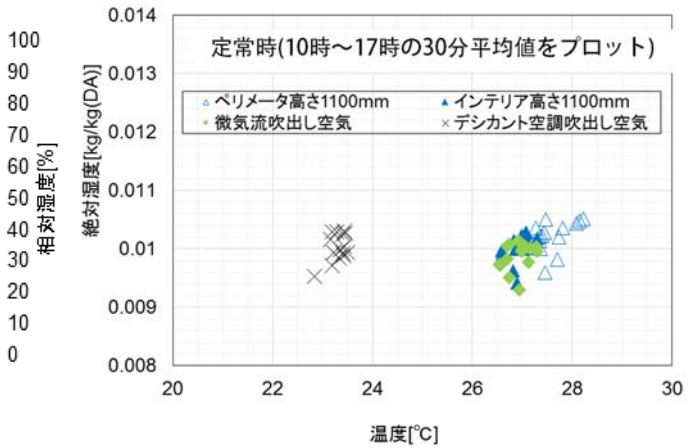


図9 夏期代表日におけるインテリア・ペリメータ温湿度の出現状況

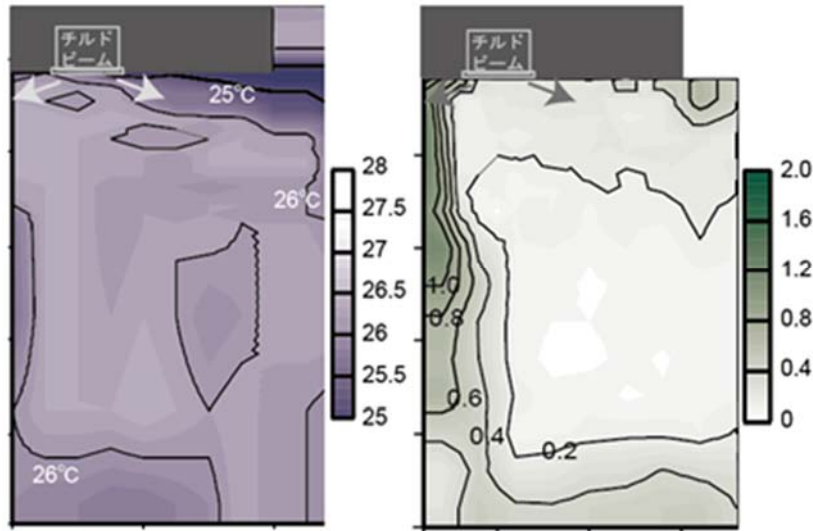


図10 夏期代表日におけるペリメータ温度（左）・風速（右）の断面分布

図8に夏期代表日のペリメータにおける温湿度・MRTの時刻変動を示す。真西に正対する厳しい状況ながら、外部遮蔽ルーバー・自動制御クライマーブラインド・チルドビームの効果によって、MRTは室温から1K程度高い程度で抑制されていることがわかる。図9におんどりとBEMSにて測定した同様に夏期代表日時刻変動30分平均値を空気線図上にプロットした結果を示す。放射空調であるインテリア側と同様に、ペリメータの負荷も適切に処理できていることが確認できる。

前述した手動計測によって、ペリメータにおける冷房時温熱環境・気流断面分布を測定した結果を図10に示す。温度分布については、居住域において設定温度26°Cに対して26°C程度を実現していることが確認された。気流分布について窓面に沿うような気流がみられ、一様な室温分布と併せて窓面負荷の局所的処理を意図した計画が実現されることが確認された。

5. 窓の熱・光性能

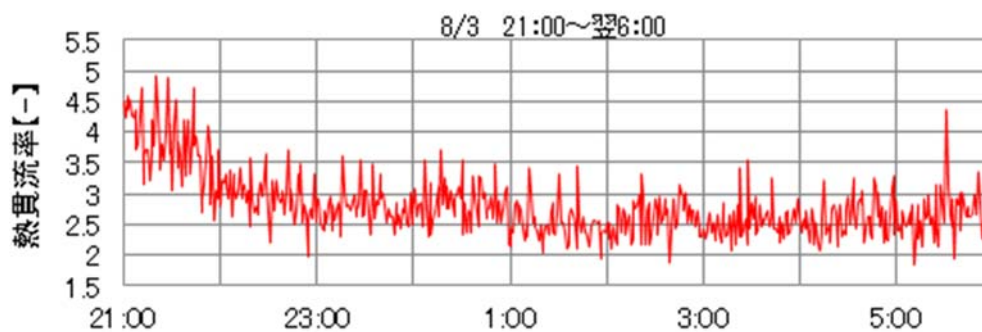


図 11 夜間の窓面熱流から算出した熱貫流率

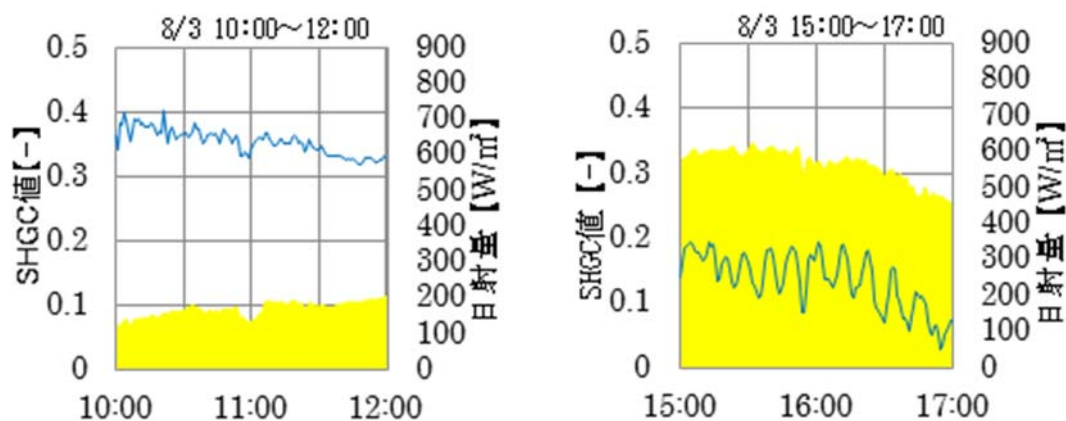


図 12 夏期代表日における日射熱取得率の変動

夜間における熱流測定結果を元に算出した熱貫流率を図 11 に示す。熱貫流率は $2.5\text{W/m}^2/\text{K}$ 程度となった。また、吸収日射取得率を 0.3 としたときの日射熱取得率を図 12 に示す。日射熱取得率の平均値はブラインド全開時が 0.35 程度、全閉時が 0.14 程度となった。日射量が多い 15 時でも日射熱取得率は 0.15 前後と低い値を示しており、高い遮蔽性能が発揮されていることがわかる。

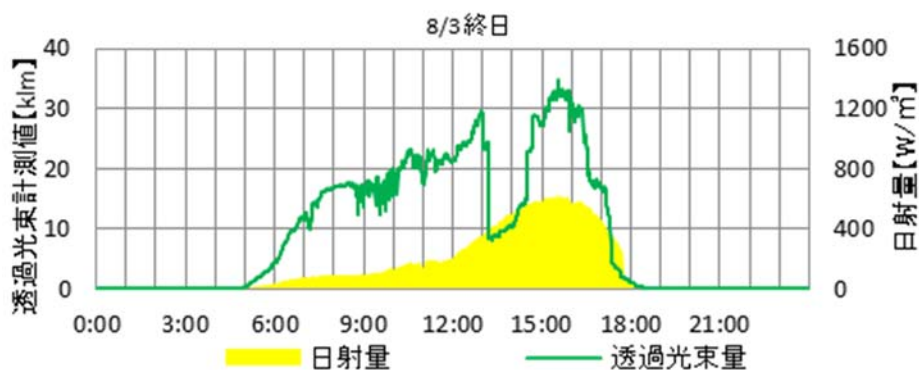


図 13 夏期代表日における窓面透過光束量の変動

自動制御を行っている地点①に床高 1100mm で固定設置した簡易積分球による窓面透過光束量測定結果を図 13 に示す。13 時過ぎに一時窓面透過光束量が急激に減少しているがこれは外部ルーバーの影響であると考えられる。ブラインド上昇後は日射量の増加により窓面透過光束量も増加し、15 時半頃にピークを示す。ブラインドの上昇により直射日光の侵入を遮りつつ、光を十分に取り込んでいることがわかる。

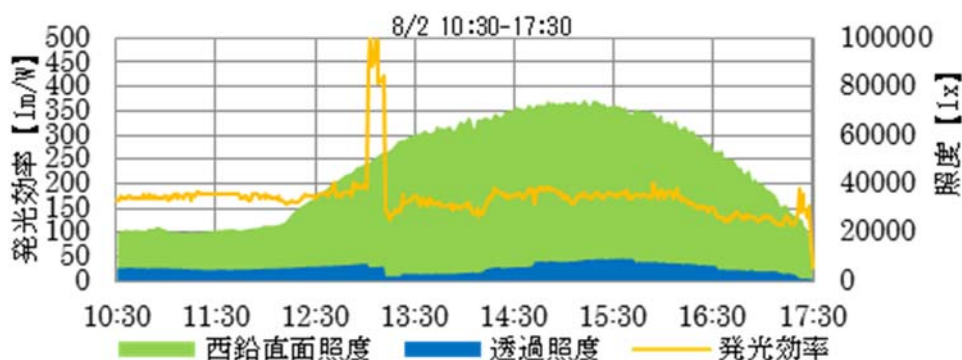


図 14 夏期代表日における発光効率算出値

透過光束量を日射熱取得量で除した値を窓面透過光の発光効率とし、図 14 にその推移を示す。13 時ごろに発光効率が 500lm/W 程度まで上昇するのはこの時間にブラインドが上昇し透過日射量が一時減少しているためである。このブラインドが上昇している時刻を除いた発光効率の平均値は 165lm/W 程度であり、外部遮蔽装置のない AFW 等と比較しても大きい値を示している。

6. アンケート調査

表 3 アンケート調査項目

1. 基本情報に関するアンケート	
1.1 あなた自身について	(4 問)
1.2 現在の執務状況について	(3 問)
2. 放射暖房に関するアンケート	
2.1 温冷感について	(4 問)
2.2 放射熱環境について	(4 問)
2.3 気流感について	(4 問)
2.4 その他執務環境について	(7 問)
3. ブラインドに関するアンケート	
3.1 光環境・視環境について	(6 問)
3.2 窓からの熱について	(1 問)
3.3 ブラインド開閉状況について	(1 問)
3.4 照明について	(2 問)

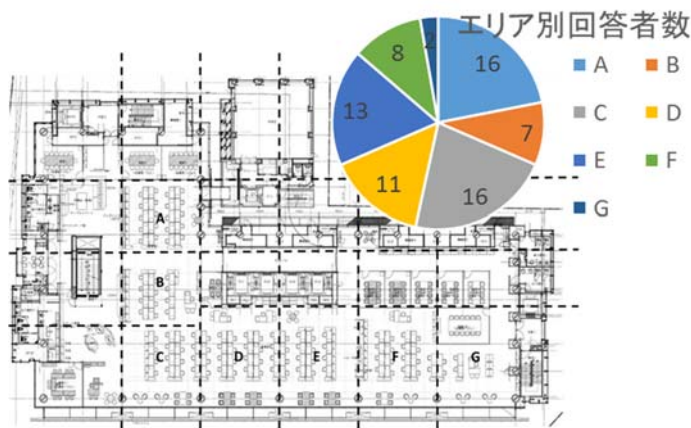


図 15 回答者の分布状況

アンケートは平成 28 年 2 月 8 日から同月 10 日の 3 日間実施した。表 3 にアンケート調査項目を示す。5 階執務者 106 名を対象に実施し、回答者は男性 42 名、女性 31 名、回答率は 69%であった。図 15 にアンケート回答者の基本情報を示す。

図 18 にアンケート調査結果を示す。部屋全体と机上面の明るさをどう感じるかという問いには男性女性ともに 80%以上が明るい・やや明るい・ちょうどよいと答えた。しかしながら、窓を見たときに開放感を感じるかという問いには男性の約 36%・女性の約 61%が開放感を感じないと答えた。また、開放感を感じない方の約 65%がその理由を「ブラインドがあがっていて外が見えない」と答えている。よって、執務者が窓からの開放感を感じより快適に執務できるような空間をつくるためには、ブラインドの閾値についてさらに検討が必要であることが

わかった。一方で、光環境・視環境の満足度については現時点においても約83%が満足・やや満足・どちらともいえないと答えており、クライマーブラインドという日射遮蔽物があっても、光環境・視環境で一定の快適な空間が得られていることがわかった。

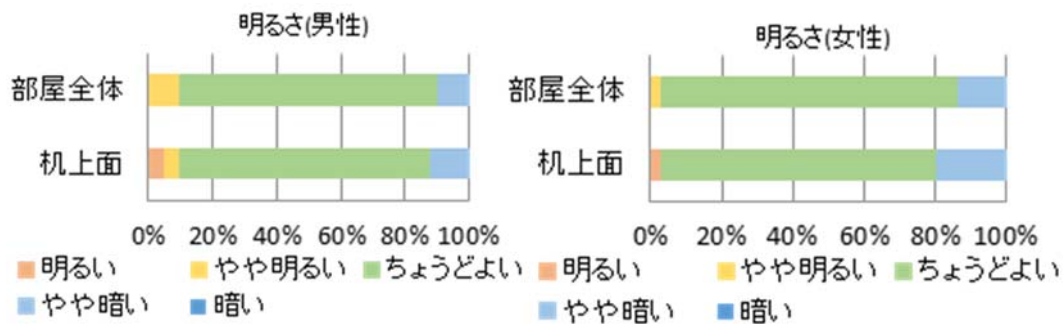


図 16 明るさに対する男女別回答

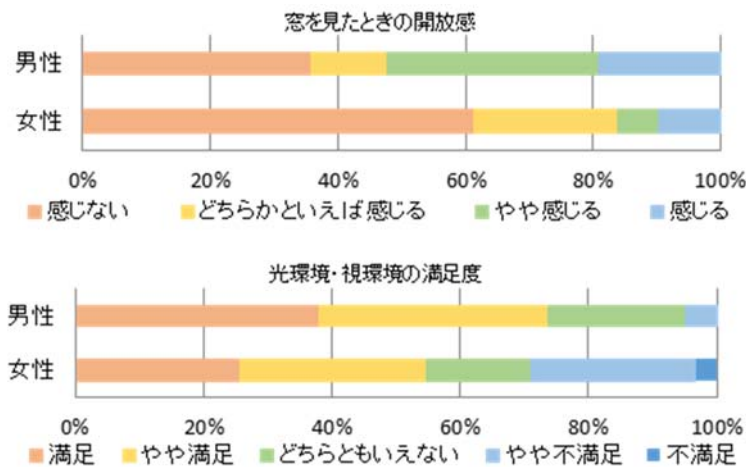


図 16 窓の開放感・満足度に対する男女別回答

7. まとめ

先進的なファサードシステムにより日射熱取得率は小さく、日射を遮蔽しながら良好な昼光効果を得ることができることがわかった。光環境・視環境において快適な空間が得られていることを確認した。計画・施工・運用の各段階に渡る継続的な性能検証により、建物性能の実現ならびに執務者満足度を確認して制御の改善を行っていくサイクルを実現した。

謝辞

本研究を行うに当たり多大なるご協力を頂いた YKK 不動産株式会社, YKK 株式会社, YKK AP 株式会社, 並びに関係者の皆様に深く感謝いたします。

本稿の成果内容については、日建設計・東洋熱工業・鹿島建設と首都大学東京一ノ瀬研究室の協働結果である。

参考文献

- 1) 水出喜太郎, 本郷太郎ら: 放射空調を行う都市型環境建築の性能検証(その1~9) 空気調和衛生学会学術講演梗概集、2016年9月、2017年9月
- 2) 一ノ瀬雅之ら: 高性能窓システムの熱・光性能の現場計測法 日本建築学会環境系論文集、第641号、845-851、2009年07月