

躯体蓄熱併用型輻射空調システムを導入した次世代テナントオフィスビル
(第7報) 実測調査 その1: 環境計測と執務者アンケート

Advanced Office Building with Radiant Air Conditioning and Building Thermal Storage
(Part7) Measurement Survey -1-: Field Survey and Questionnaire Survey

学生会員 ○田 子 千 晶 (千葉大学大学院)
正 会 員 鄭 新 源 (千葉大学大学院)
正 会 員 中 村 駿 介 (三菱地所)
技術フェロー 佐々木 邦治 (三菱地所設計)

学生会員 内 田 俊 平 (千葉大学大学院)
技術フェロー 川 瀬 貴 晴 (千葉大学大学院)
正 会 員 安 田 健 一 (三菱地所設計)
正 会 員 稲 葉 さとみ (三菱地所設計)

Chiaki TAGO*¹ Shumpei UCHIDA*¹ Sinwon JEONG*¹ Takaharu KAWASE*¹

Shunsuke NAKAMURA*² Kenichi YASUDA*³ Kuniharu SASAKI*³ Satomi INABA*³

*¹ Graduate School of Chiba University *² Mitsubishi Estate Co., Ltd. *³ Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.

A field and questionnaire survey were conducted in the Advanced Office building with radiant air conditioning and building thermal storage systems to evaluate its indoor climate at the present. The field survey was conducted in 02 floors of the mentioned building. The questionnaire survey was applied to all workers of the office building. The results of field and questionnaire survey were analyzed in order to assess indoor climate conditions that may improve intellectual productivity of the office worker's.

1. はじめに

近年、ワークスタイルの多様化や作業効率の向上を求め、オフィス空間の快適性がより重視されつつある。本研究では、快適性の向上と省エネルギーの両立を目標に躯体蓄熱併用型輻射空調システムを導入したオフィスを対象に実測調査を行い¹⁾²⁾、執務環境の快適性を検証した。

2. 実測概要

実測は、東京都中央区にある K ビルのオフィス基準階 2 フロアで行った (表 1)。対象オフィスは夜間躯体蓄熱と昼間輻射空調を併用するハイブリッド輻射空調システムを導入している。またフロアを 4 つのゾーンに分割し、温湿度センサの計測値を元に電動二方弁と VAV ユニットの調節している。各階実測位置及び空調ゾーニングを図 1 に示す。実測は 2013 年 9 月 9 日～9 月 20 日 (夏期)、2014 年 2 月 4 日～2 月 17 日 (冬期) に行った。実測項目および実測手法を表 2 に示す。

3. 実測結果

3.1 室内平均温度

ここでは各期の代表日 (夏期: 9/18、冬期: 2/5) を対象に報告する。各期代表日の空調設定温度を表 3 に、外気温・全天日射量・各階室内平均温度を図 2 に示す。

表 1 実測建物概要・対象オフィス概要

名称	Kビル	実測対象階	基準階2フロア
所在地	東京都中央区	執務面積	199㎡
延床面積	2,870㎡	執務者数	45名程度
階数	地上10F、地下1F	職種	事務・営業
構造	地上S造、地下SRC造	空調方式	中央方式 (輻射空調+躯体蓄熱)
建築用途	オフィス	照明方式	人感センサシステム
竣工	2013年		

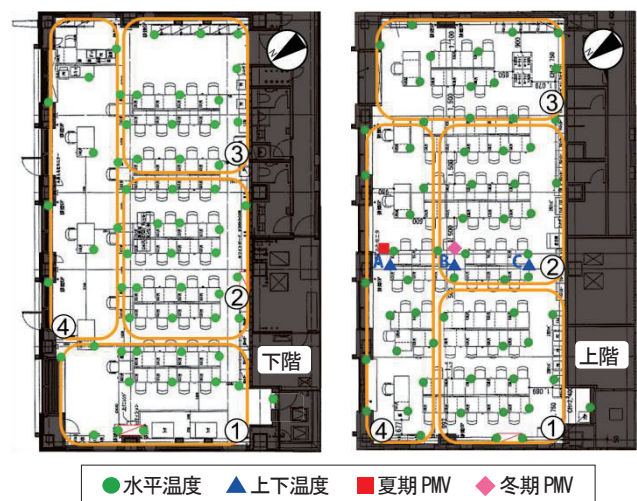


図 1 実測位置・空調ゾーニング

表 2 実測項目・実測手法

実測項目	測定箇所		測定手法
	下階	上階	
水平温度分布	58点	60点	FL+600mmに温度ロガー(iButton®)を設置
上下温度分布	—	5点×3ヶ所	FL+100,+600,+1100,+1700,+2650に温度ロガー(iButton®)を設置
PMV	—	1点	PMV測定器を設置
天井表面温度	—	数点	サーモカメラにより撮影

表 3 空調設定温度(°C)

	下階				上階			
	①	②	③	④	①	②	③	④
夏期	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27
冬期	24.5	24.5	24.5	24.5	26.5	25	25	27

夏期の執務時間（本報では8時～18時とする）の室内平均温度は、各階とも外気条件とは無関係に設定温度付近で安定している。冬期は、各階とも8時と9時で0.8℃程度の差があるものの、9時以降は安定している。

3.2 水平温度分布

(1) 平均水平温度分布

各期代表日の執務時間における各測定点の平均水平温度分布を図3に示す。夏期はペリメーターゾーンとインテリアゾーンの温度差が0.4℃程度と小さく良好な環境である。またペリメーターゾーンでは夏の日差しによる影響は見られない。冬期はペリメーターゾーンでインテリアゾーンに比べて1.4℃程度低い傾向にある。

(2) 水平温度変動幅

各期代表日の執務時間における各測定点の変動幅（日中最高温度と最低温度の差）を図4に示す。変動幅は最大でも2℃程度と小さく、またインテリアゾーンの方が大きい傾向にある。

3.3 上下温度分布

各期代表日の上階のA地点、B地点、C地点における上下温度分布を図5に示す。夏期の上下温度差はAで1.5℃、Bで0.8℃、Cで0.7℃と小さい。6時に室温が大きく低下しているのは、躯体蓄熱の影響であると思われる。冬期はAで4.8℃、Bでは2.1℃、Cでは2.0℃と、特にA（ペリメータ部分）は夏期に比べ上下温度差が大きい。これは、当フロアは冬期にペリメータ空調機による暖房運転を主体としているためと考えられる。

3.4 PMV

各期代表日の執務時間におけるPMV値を図6に示す。夏期は快適範囲の-0.5～+0.5におおむね収まっているが、冬期は常に+0.5～+1.0の範囲で推移していた。

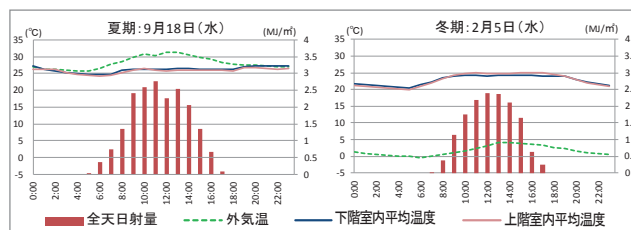


図2 代表日の外気温、全日射量、室内平均温度

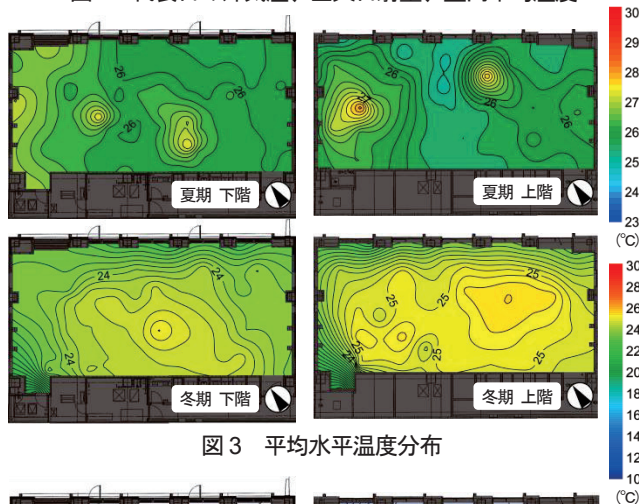


図3 平均水平温度分布

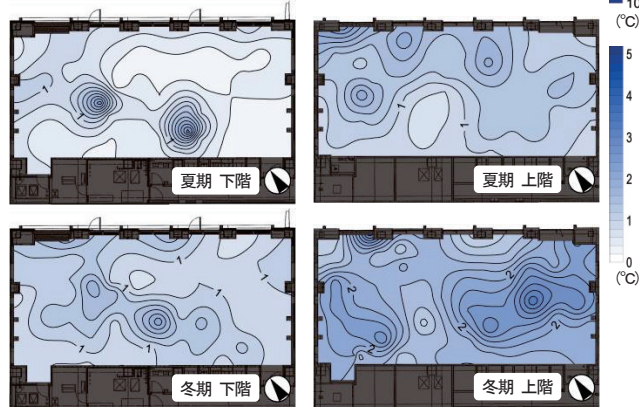


図4 水平温度変動幅（日中最高温度と最低温度の差）

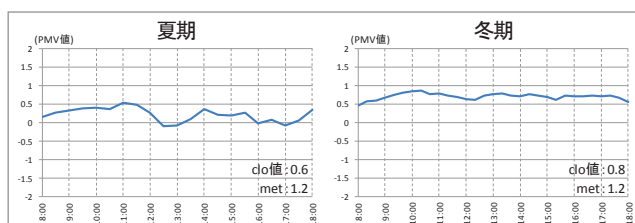


図6 PMV 値

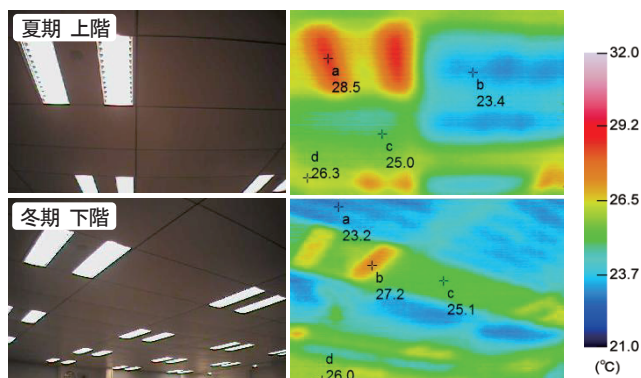


図7 天井面熱画像

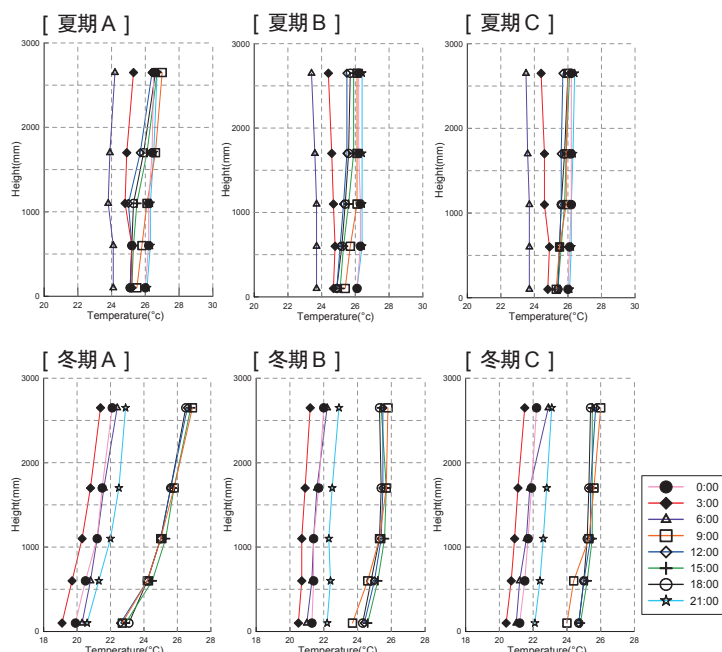


図5 上下温度分布

3.5 天井輻射パネルの表面温度

天井面の熱画像を図 7 に示す。照明設置箇所は温度が高くなっており、輻射パネルと比較すると約 5℃の温度差が発生している。輻射パネル設置箇所内はむらが無く均一な温度に保たれている。

4. アンケート調査概要

対象オフィスにおける執務者の環境評価を目的とし、2013 年 9 月に夏期、2014 年 2 月に冬期のアンケート調査を実施した（表 4）。回答者の属性としては、いずれの実測期間も 30 代～50 代が多くを占めている。調査項目は、空調システムの運用方式が季節により異なることから、表 5 のような調査時期と項目で実施した。

5. アンケート調査結果

5.1 温熱環境

温熱環境に関する結果を期間別に表したグラフを図 8 ～図 14 に示す。夏期では温度・湿度の不満率が 20%未満であった。冬期の調査においては「温熱環境に関する自由記述欄」で足元が寒い、午前中が寒い、また空気がやや乾いているという意見も増えた。しかし、いずれの期間においても輻射空調システムについて「不快」「やや不快」と答えた人は 10%未満であった。また、作業効率を「低下させている」「やや低下させている」と回答した人も少なかった。これらのことから、輻射空調システムが対象執務空間の快適性・作業効率の向上に大きく寄与しているということがわかった。

5.2 照明環境

実測対象ビルに導入されているシステムを表 6 に示す。アンケートは夏期・冬期に行い、本報では①～③の 3 種のシステムの結果を合わせて表示している。

(1)人感センサ照明システム

人感センサ照明システムに関するアンケート結果を図 15～図 17 に示す。人感センサ照明システムの評価は「どちらとも言えない」の回答が最も多かったが、「快適」「やや快適」の割合が「不快」「やや不快」より上回った。また、不在エリアの天井照明の減光については「気にならない」との回答が最も多かった。さらに、人感センサ照明システムの天井照明の明るさについては「やや暗く感じる」との回答が多く見られた。不在エリアの減光が影響しているのではないかと考えられる。

(2)タスクアンビエント照明システム

タスクアンビエント照明システムに関するアンケート結果を図 18～図 19 に示す。タスク照明は日中・夜間・

表 4 調査概要

調査時期		回答者数
夏期	2013 年 9 月	181 名(男 136、女 45)
冬期	2014 年 2 月	174 名(男 129、女 45)

表 5 主な調査項目

調査項目	調査時期
基本情報	
性別・年齢等	夏期・中間期・冬期
温熱環境	
温冷感・乾湿感・気流感	夏期・中間期・冬期
輻射空調方式に対する評価	
照明環境	
人感センサの満足度	夏期・冬期
外光採り入れ	
天井照明・共用部の明るさ感など	

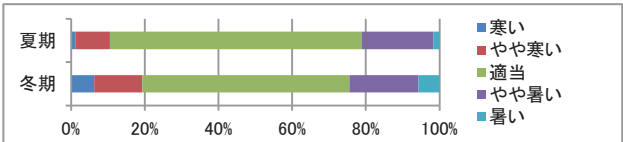


図 8 温度環境の体感

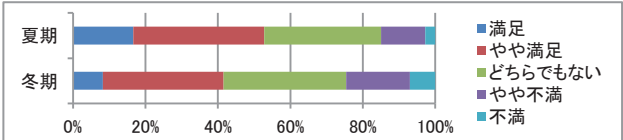


図 9 温度環境の満足度

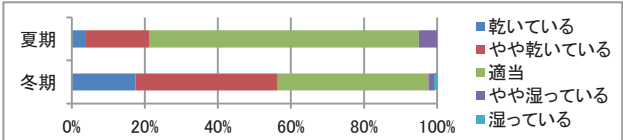


図 10 湿度環境の体感

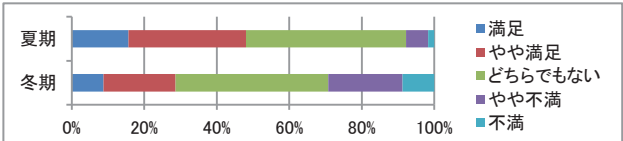


図 11 湿度環境の満足度

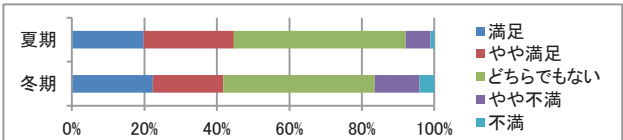


図 12 気流の満足度

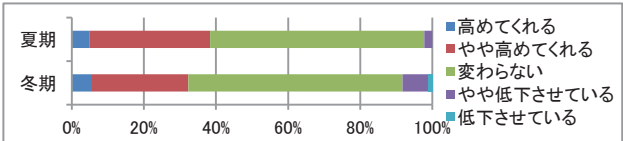


図 13 輻射空調システムによる作業効率の変化

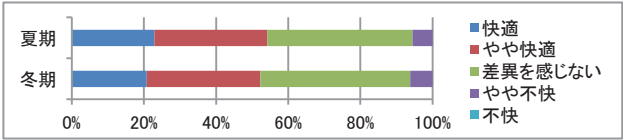


図 14 輻射空調システムの評価

表 6 各階照明システム

フロア数	システム
3 フロア	①人感センサ照明システム
2 フロア	②タスクアンビエント照明システム
2 フロア	③知的照明システム
2 フロア	④環境配慮型次世代照明システム

天候を問わず「常に使用している」人の割合が最も多かった。また、天井照明の明るさ（300～400lx）については「やや暗い」との回答が最も多かった。

(3) 知的照明システム

知的照明システムに関するアンケート結果を図 20～図 22 に示す。照度設定・色温度設定共に「ほとんど操作しない(1 回未満/1 週間)」と回答した人が最も多かったが、一般の照明環境と知的照明システムはどちらがよいかという質問には「どちらかという現状(知的照明システム)」がよいという回答が多く見られた。

6. まとめ

本調査では、最先端空調システムを導入したテナントオフィスビルにおいて夏期・冬期に環境評価を目的とした実測・アンケート調査と分析を行った。

- ・夏期のペリメーターゾーンとインテリアゾーンの温度差は 0.4°C と小さく、室内上下温度差が $1.5\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ と小さかった。一方、冬期はペリメーターゾーンの方が約 1.4°C 低く、上下温度差も $2\sim 4.8^{\circ}\text{C}$ と夏期より差が大きかった。
- ・温熱環境に関する評価では、温度環境・湿度環境ともに夏期の不満度が最も低かった。特に、湿度環境においては不満度が 10%未満であった。

- ・作業効率の低下を感じた人はどの期間においても 10%未満であった。これにより、輻射空調システムが対象執務空間において執務者の快適性・作業効率の向上に寄与していると考えられる。

- ・人感センサ照明システムに関しては、システム自体の評価としては「どちらでもない」と感じている人が最も多かったが、「快適」「やや快適」の割合も多かった。

- ・タスクアンビエント照明システムに関しては、タスク照明を「常に使用している」人が天候・時間帯問わず半数近くを占めている。

- ・知的照明システムに関しては、照度設定・色温度設定共に「ほとんど操作しない」人が多いが、「一般の照明環境がよい」という意見はほとんど無かった。

- ・初年度運用、試運転状況下において実測・アンケート調査を行い、季節ごとの温熱環境や照明環境の特性を把握するとともに、今後の運用についての課題が確認できた。

【謝辞】本研究における実測や調査において入居者の皆様の大なるご協力をいただきました。また、一連の報告全般についてビルオーナー及びビル管理に関する諸氏のご協力もいただき、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村ら：「躯体蓄熱併用型輻射空調システムを導入した次世代テナントオフィスビル」(第 1 報) 施設・設備概要について、空気調和・衛生工学会大会 2013.9
- 2) 安田ら：「躯体蓄熱併用型輻射空調システムを導入した次世代テナントオフィスビル」(第 2 報) 計画計画および実測計画について、空気調和・衛生工学会大会 2013.9

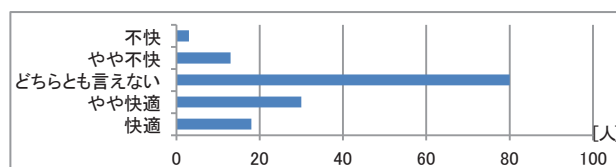


図 15 人感センサ照明システムの評価

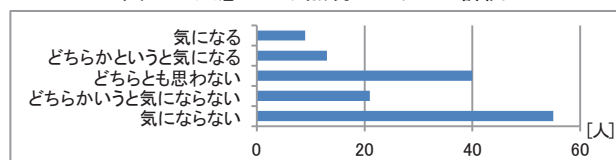


図 16 不在エリアの減光について (人感センサ照明システム)

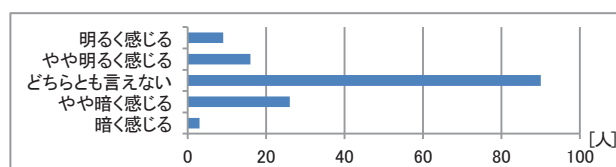


図 17 天井照明の明るさについて (人感センサ照明システム)

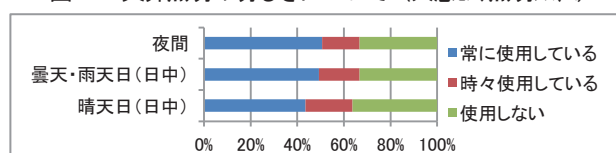


図 18 タスク照明の使用状況 (タスクアンビエント照明システム)

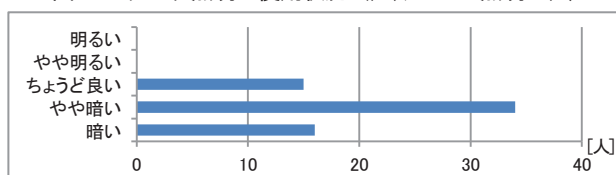


図 19 天井照明の明るさについて (タスクアンビエント照明システム)

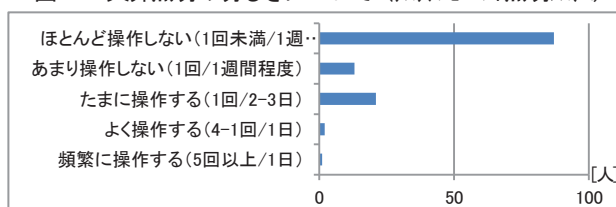


図 20 照度設定について (知的照明システム)

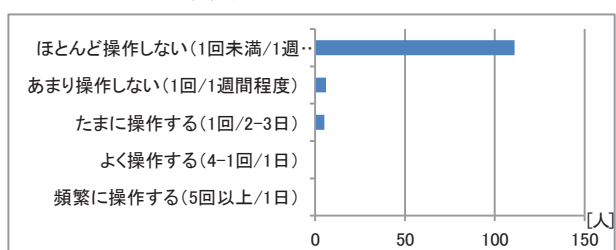


図 21 色温度設定について (知的照明システム)

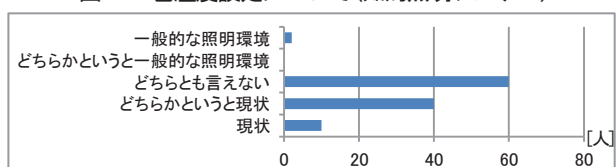


図 22 一般の照明環境と知的照明システムはどちらがよいか