

「クールビズ」導入オフィスにおける勤務者の温熱環境評価†

榎本 ヒカル*1 池田 耕一*2 東 賢一*2 栃原 裕*3

夏期における「クールビズ」実施オフィスの温熱環境条件およびその勤務者による性差を中心とした温熱環境評価の違いを明らかにするために、実測調査およびアンケート調査を行った。調査は2005年9月中旬に行われ、調査対象は東京都千代田区にあるオフィスビル及びその勤務者のべ84名であった。建物7階の執務室にて温熱環境条件の測定を行い、併せてそこで働く人を対象に着衣状況や主観的申告をアンケート形式で回答してもらった。その結果、今回測定されたオフィスにおける室温はおおむね28℃以下であった。勤務者の着衣状況はほぼ全員が軽装で、男性はジャケット着用者はおらず、ネクタイ着用率は1割程度であった。勤務者による温熱環境の評価については、女性はおおむね満足度が高いが男性は「快適」な人から「暑くて不快」な人まで様々であった。これは男女の着衣や代謝量、冷房に対する体質の違いに主として起因すると考えられる。また気温28℃におけるより快適な環境条件としてPMV=0.5となる条件の提言を行った。

キーワード: クールビズ, PMV, 温冷感, 室内温熱環境, 実測調査, 性差

1 はじめに

我が国では2005年夏期より「クールビズ」運動が国をあげて始まった。これは、地球温暖化防止会議の京都議定書の発効をうけ環境省を中心として始まった活動である。二酸化炭素の排出を抑制する方法の一環としてオフィス内の冷房設定温度を28℃に設定し、服装はノージャケット・ノーネクタイに軽装化することで、省エネルギーと健康性や快適性の確保を両立することを目指したものである。環境省によると、夏の冷房の設定温度を夏期の平均値である26.2℃から28℃に1.8℃上げることでひと夏で最大約290万tの二酸化炭素を削減でき、これは京都議定書目標達成計画のうちオフィスビルなどに割り当てられた削減量の約9%に相当するという¹⁾。

この28℃という設定温度は「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（通称：建築物衛生法、ビル管理法）」の管理基準で定められた範囲（17℃から28℃）の上限に相当する。この法律は建築物内の維持管理に関して環境衛生上必要な事項等を定めることにより建築物内における衛生的な環境の確保を図り公衆衛生の向上および増進に資することを目的とし、昭和45年に制定された。17℃から28℃という管理基準は当時の調査や実験等の知見に基づき制定されたものである。それから30年以上が経過し、建築構造の気密化・高断熱化、空調設備の進化、OA機器の増加といった物理的变化に加え、オフィス内で働く人の性別・年齢・国籍などの多様化や服装の変化といった人側の条件も大きく変化した。このようにオフィスをとりまく様々な要因は大きく変化しており、またこれからも一層変化していく可能性がある。

そこで本研究では、夏期における「クールビズ」導入オフィスにおける温熱環境条件と、そこで働く人の人体側条件についての実態調査を行い、現状の「クールビズ」環境の温熱環境としての評価を性差を中心に試みることを目的としている。

2 方法

1) 調査期間および調査対象

調査は2005年9月中旬に行われた。調査対象は、東京都千代田区にあるオフィスビル（鉄骨鉄筋コンクリート造・地上26階建て・中央管理空調方式、28℃設定）であった。7階の執務室（約13m×38m、490㎡、東向き・ブラインド有・閉窓）にて温熱環境条件の測定を行い、併せてそこで働く人を対象に着衣状況や主観的申告をアンケート形式で回答してもらった。回答が得られた人数はのべ84人で、内訳は男性71人、女性13人（9月15日男性47人女性6人、9月20日男性24人女性7人）であった。

2) 調査項目

温熱環境条件として、調査対象執務室の中央にて温度、相対湿度、気流速度、黒球温度をポータブルPMV計（AM-101、京都電子工業(株)製）にて5分ごとに計測した。写真1および写真2に計測風景を示す。



写真1 対象オフィス風景



写真2 計測機器

人体側環境条件測定として、アンケート調査を行った。アンケートは在席の勤務者に配布し、適宜回答してもらった。質問項目は回答日時、主観的申告（温冷感、温熱

† 原稿受付 2008年07月17日

† 原稿受理 2008年12月26日

*1 労働安全衛生総合研究所 国際情報・研究振興センター

*2 国立保健医療科学院 建築衛生部

*3 九州大学大学院 芸術工学研究院 人間工学教室

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

労働安全衛生総合研究所国際情報・研究振興センター

榎本ヒカル*1 E-mail: enomoto@h.jniosh.go.jp

的快適感), 着衣状況 (着衣アイテムと枚数), 作業状況 (着席してからの時間), 身長, 体重, 体質, その他自由記述項目等であった。

3) 分析方法

アンケート調査の結果は, 統計処理ソフト SPSS にて処理を行った。なおアンケート結果は χ^2 検定を行い, 有意差の認められたものについては図中右肩に*印 (*: $p<0.05$, ***: $p<0.001$) で示す。

結果に示す PMV (予測平均温冷感申告, Predicted Mean Vote²⁾) とは温熱環境評価指標のひとつで, 人体が快適と感じる時の人体熱平衡式を基準とし, 気温・湿度・気流速度・平均放射温度の4環境要素と, 着衣量および代謝量の2人体側要素の6変数を用いて, その温熱環境が快適環境(PMV=0)からどれくらい離れている(暑い側は+, 寒い側は-) のかを快適方程式によって算出したものである。また PPD (予測平均不満率, Predicted Percentage of Dissatisfied²⁾) とはその温熱環境の滞在者中の不満足を意味し, PMV と同様に快適方程式より算出される。

3 結果

1) 環境側条件の測定結果

図1に, 調査対象執務室における調査対象時間中の気温および相対湿度の経時変動と各日の平均値を示す。データは14時以降の午後の値である。9月15日の室温はおおむね26°Cから27°Cを推移しており, 夕方5時までの平均値は約26°Cであった。なおこの日の日中の外気温は気象庁発表値で25°Cから26°C程度と比較的涼しかった。翌週の9月20日の室温は, 午後1時頃を最高に宵にかけて28°Cから26°Cに低下していた。この日の外気温は日中は27°C程度, その後夜間は降雨のため23°C前後まで低下した。室内の相対湿度は, 両日とも45%前後で推移していた。両日の実測時間中の温湿度の平均値および標準偏差 (mean \pm S.D., 以下同じ) は9月15日の気温は25.7 \pm 0.4°C, 相対湿度は45.4 \pm 1.0%, 9月20日の気温は27.0 \pm 0.5°C, 相対湿度は45.4 \pm 1.0%であった。

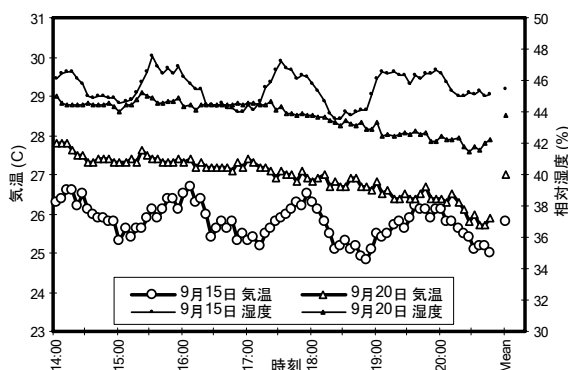


図1 室内の気温および相対湿度の経時変動

2) アンケート調査の集計結果

(1) 調査対象者の属性

図2にアンケート回答者の年齢構成, 図3にアンケート回答者の体格指数 (BMI=体重kg/(身長m)²) を示す。アンケート回答者の平均年齢 \pm S.D.は35.5 \pm 8.6歳であった。また, アンケート回答者の体格指数の平均値 \pm S.D.は22.7 \pm 3.09で, 今回の対象者は女性の全員, 男性の6割超がBMIが24以下であったが, 男性の約1割は28以上であった。BMIと性別には χ^2 検定により $p<0.05$ で有意差が認められた。

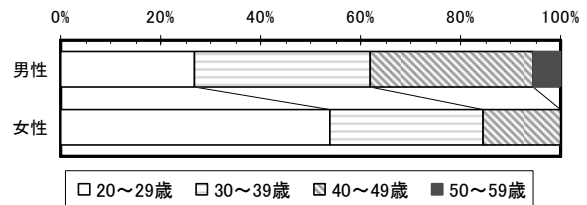


図2 アンケート回答者の年齢構成

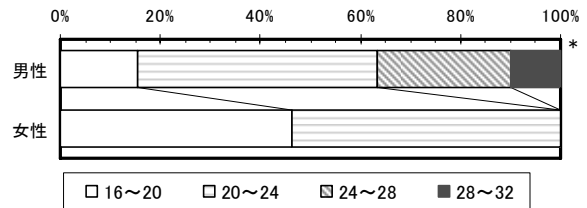


図3 アンケート回答者の体格指数 (BMI)

(2) 調査対象者の着衣状況

図4に, アンケート回答者の着衣量の分布状況を男女別に示す。調査対象者の個々のclo値は, アンケートの着衣状況に関する記述より三平・花田の資料³⁾を用いて算出した。女性では2割超の回答でclo値が0.4以下で, 0.5clo以上だった人は1割にも満たなかったが, 男性の場合は0.5clo以下は1割しかおらず, 4分の3が0.5clo台, 0.6clo以上の回答も2割近くみられた。 χ^2 検定により $p<0.001$ で有意差が認められた。

なおclo値の平均値及び標準偏差は男性で0.55 \pm 0.05clo, 女性は0.44 \pm 0.06cloであった。t検定の結果有意差 ($p<0.05$) が認められ, 女性の方が有意に薄着であった。

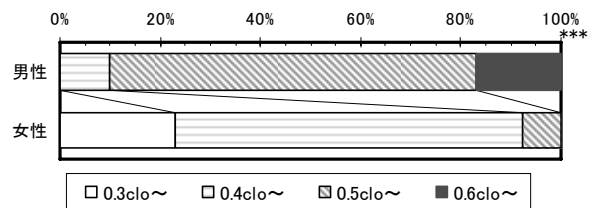


図4 アンケート回答者の着衣量

図5は, アンケート回答者の男性の服装について, パターン別にまとめたものである。アンケート回答者は全員ノージャケットで, Yシャツもしくはポロシャツを着

用し、オーバーシャツタイプ（ベルトの外にシャツを出す）はみられなかった。そこでシャツの形態（半袖 Y シャツ・長袖 Y シャツ・半袖ポロシャツ）と、ネクタイのあるなしで分類を行った。一番多くみられたパターンは半袖 Y シャツ着用で全体の半分近くを占め、次いで多かったのは長袖 Y シャツ着用者で全体の 3 分の 1 みられた。ポロシャツ着用者は 1 割未満で、ネクタイ着用者は 13% でそのほとんどが長袖 Y シャツ着用であった。

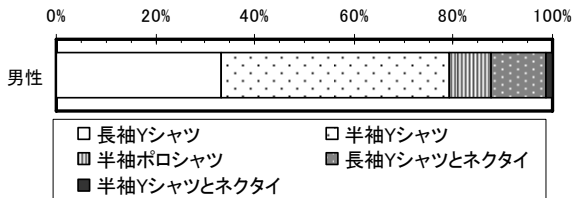


図5 男性の服装の累計

(3) 主観的申告

図6に、温熱環境に対する主観的申告として、アンケート回答時の温冷感を9段階（-4:非常に寒い～+4:非常に暑い）で回答してもらった結果を男女別に図示する。男性の申告は「-2:涼しい」から「+4:非常に暑い」まで広範囲に分布し個人差が大きく、過半数の男性が「暑い」側の申告をしていた。女性の申告は「-1:やや涼しい」が3割、「どちらともいえない」が4割みられた一方、「+3:暑い」という申告が1割弱あり、男性に比べるとばらつきが小さかった。

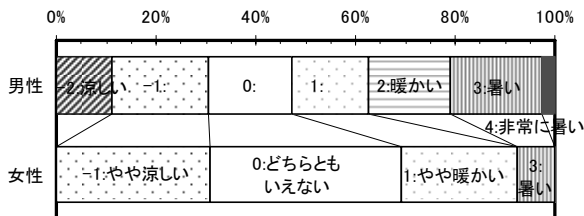


図6 温冷感申告の分布

図7に、温熱環境に対する主観的申告として、アンケート回答時の温熱的快適感を7段階（-3:非常に不快～+3:非常に快適）で回答してもらった結果を男女別に図示する。温冷感申告値同様、回答には幅があり、男性の場合は「-3:非常に不快」から「+2:快適」と個人差が大きかった。女性の申告は男性よりもばらつきの幅は狭くなり「快適」側の申告が増えるが、「不快」側の申告が2割弱に対し「快適」側の申告が5割強で、やはり同じ室内にいても申告にはばらつきがみられた。

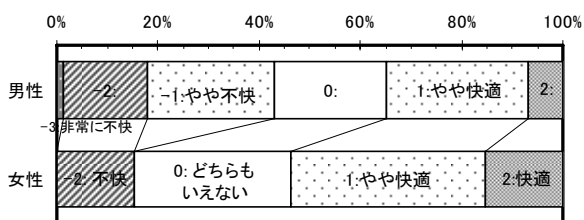


図7 快適感申告の分布

3) 環境側条件と人体側条件を統合した温熱環境評価

(1) 個人 PMV 値の分布について

図8に、アンケート調査より得られた回答者各々の着衣量、代謝量と、アンケート回答時点での室温、相対湿度、気流速度、平均放射温度より算出した個人 PMV 値を男女別に図示する。

男性では PMV 値が 0 以下はおらず、6 割以上が 0～0.5 であった。最小値が 0.02，最大値が 1.33 で、男性だけの平均値±S.D.は 0.54±0.32 であった。女性は、PMV 値が 0 以下になった人が 1 割弱みられ、1.0 以上だった人はみられなかった。女性の最小値は-0.19，最大値は 0.76 で平均値±S.D.は 0.33±0.23 となった。なお、男女合わせた平均値±S.D.は 0.48±0.31 で、これは「やや暖かい」と「どちらともいえない」のほぼ中間の値に相当する。男女間の平均値の t 検定を行った結果、有意差 (p<0.05) が認められ、女性の方が男性より有意に PMV 値が低かった。

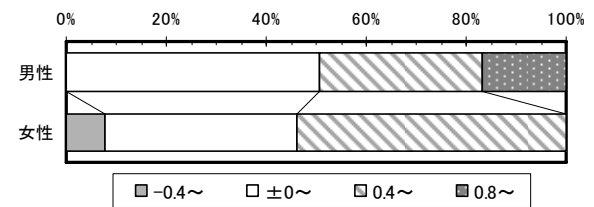


図8 個人別 PMV 値の分布

(2) 個人 PPD 値の分布について

図9に、PMV 値同様個別に算出した PPD 値を男女別に図示する。

男女とも PPD 値の 6 割が 10 以下と算出され、女性は残り 4 割も 20 以下、男性は 2 割程度が 20 以下となり、男性は PPD 値が 20 以上だったケースが 2 割弱みられた。女性の最小値は 5.3，最大値は 11.9 で、平均値±S.D.は 8.3±2.5 であり、男性の最小値は 5.0，最大値は 41.9，平均値±S.D.は 13.1±9.8 であった。男女合わせた平均値及び標準偏差は 12.4±9.3 となった。男女間の平均値の t 検定を行った結果は、有意差 (p<0.01) が認められ、女性の PPD 値は有意に男性より低かった。

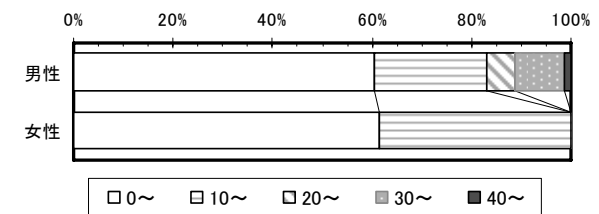


図9 個人別 PPD 値の分布

4) 調査対象者の体質について

図10および図11に、調査対象者の体質について「暑がりかどうか」、「冷房に対する強さ」に関して男女別に示す。男性は 7 割近い人が「暑がりである」と回答し、また冷房に対しても 3 割以上が「強い」と回答している

が、女性は「暑がりである」申告は3割にとどまり、また「冷房に弱い」と回答した人が5割を超えていた。

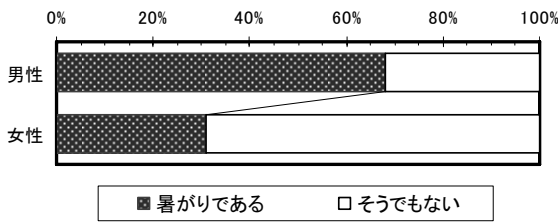


図 10 体質について 暑がりかどうか

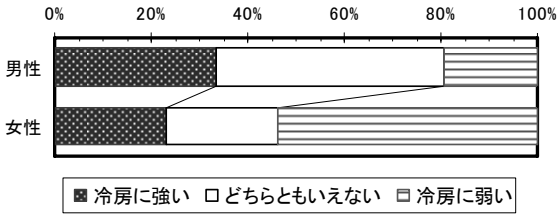


図 11 体質について 冷房に対する強さ

図 12 と図 13 にはクーラーおよび扇風機に対する好みを男女別に示す。男性の6割が「クーラーが好き」と回答しているのに対して女性で「クーラーが好き」と回答する割合は2割にとどまり、「クーラーが嫌い」との回答が男性の1割強に比べ女性では3割程度みられた。扇風機については男性の場合は評価がばらつき、「好き」との回答が3割強、「嫌い」の回答が2割みられたが、女性の場合は「好き」が2割強みられるが「嫌い」の回答が5割強を占めていた。

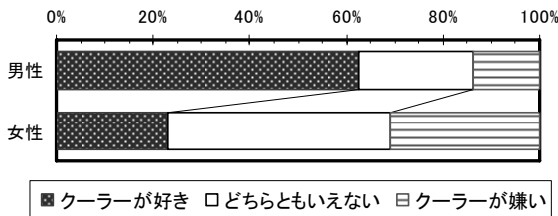


図 12 体質について クーラーに対する好み

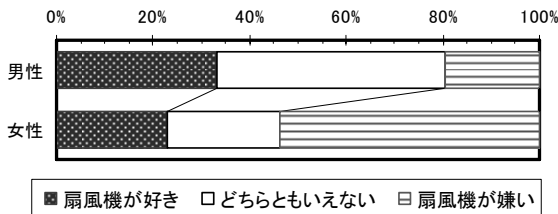


図 13 体質について 扇風機に対する好み

4 考察

今回の調査における室温は1日目は平均で26.0℃、2日目は27.4℃で、両日ともビル管理法の室内基準値28℃を下回っていた。特に1日目は外気温も26℃前後で、室内・屋外とも比較的涼しかったといえる。2日目は調査開始時点の28℃から低下し続けたが、屋外も27℃程度で今回の調査期間の室温は外気温にほぼ近かった。室内

の相対湿度は両日とも40%から50%の間で、室内環境は温度の割には比較的からつとした環境であったといえる。今回の調査対象オフィスにおける室温は必ずしも28℃の環境ではなかった。しかし、例えば90年代に行われた渡辺ら⁴⁾による調査によると、オフィス冷房設定値の過半数は27℃以下、実測値においても10%は24℃以下であった。それと比較すると、2005年以降「クールビズ」導入によりオフィス温熱環境は明らかに高温側に化したと考えられる。そのような意味からもクールビズ導入1年目に行われた本調査結果から判明した事実には一定の意義があると言えよう。

調査対象となった勤務者は、男性は年齢も体格も幅広く様々であったが、女性は過半数が年齢は20歳代、体型はやせ形に集まっていた。また男女による体質の違いとして、男女には体質や冷房器具に対する嗜好に違いがみられ、男性は「暑がり」で、「クーラーが好き」であるのに対し女性は「暑がりではなく、冷房に弱く、扇風機が嫌い」である人が多く占めた。オフィスとは一日のうちで多くの時間を過ごす場所であるが、そこに滞在する人々の体質が様々であり、空調に対する好みがちまちまであることは留意すべき事柄であるといえる。

着衣に関しては、今村⁵⁾による2000年夏の調査では、男性のネクタイ着用率は34%、半袖シャツ着用率は50%であった。それと比較すると本調査でのネクタイ着用率は約13%、半袖シャツ着用率は56%であり、同じ調査対象でないので断定はできないが、「クールビズ」運動の効果は半袖シャツの割合の増加よりネクタイ着用率の減少により大きく影響したといえよう。また、同調査における「ノーネクタイ」反対者は15%であったが、これは本調査におけるネクタイ着用者13%と近い値であり、ネクタイ無しで働くことに対する潜在的な抵抗感、あるいはネクタイ無しで働くわけにはいかない人の割合がこの程度は存在する、と言えるのではないだろうか。ネクタイの有無はclo値では0.01程度であるが、ノーネクタイだとYシャツの第一ボタンをはずすことにより衣服内気候を大きく変えることができる。今村⁵⁾や川瀬ら⁶⁾は実験室実験からノーネクタイは皮膚温や被服内気候を涼しく保つことを報告しており、着衣による温熱環境調節方法としてのノーネクタイは、「クールビズ」オフィスでは不可欠な要素であると考えられる。

また、女性の着衣については、今回の調査オフィスでは制服は制定されておらず自由に私服を着用していた。その結果、着衣量は全体に男性よりも薄着でclo値の平均も男性より0.1clo少なかった。またアンケートの個別回答を観察すると、体調や天気にあわせて着衣を選択していることが窺われた。女性の温冷感や快適感申告値が男性に比べて「涼しい」側「快適な」側に集まっていたことには、着衣を比較的自由に調節できたことが原因であると推察される。

算出された個々のPMV値は、大方の調査対象者では-0.5から0.5の範囲に収まっていたが、男性では3割以上が0.5以上の値であった。これは前述の如く着衣の影

表1 気温28℃におけるPMV=0.5となる条件

	気温及び平均放射温度 (MRT)	気流速度	相対湿度	clo値	代謝量	PMV	PPD
	[℃]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]		[%]
本調査における平均値	26.7	0.26	44.3	0.53	1.1	0.12	5.3
気温28℃でPMV値が0.5になる条件*							
(・気温を下げた場合)	27.25	0.15	50	0.5	1.1	0.50	10.2
・着衣量を減少させた場合	28.0	0.15	50	0.34	1.1	0.50	10.0
・気流速度を増加させた場合	28.0	0.35	50	0.5	1.1	0.50	10.2
・湿度(最小40%)と気流速度を変えた場合	28.0	0.26	40	0.5	1.1	0.50	10.4

* 環境条件は、下線部をのぞき、MRTは気温と等しく、気流速度は0.15m/s、相対湿度は50%、clo値は0.5clo、代謝量は1.1metsとして計算

響が大きいと考えられるが、オフィス勤務の男性の場合、気温28℃では、どうしてもPMV値が0.5を超えざるを得ないともいえる。さらなる着衣の自由化が可能かどうかは職種・業種にもよると思われるが、一考の余地はあるともいえる。また、着衣以外の湿度や気流速度といった温熱要素を変化させることでPMVを0.5以下に保つ工夫がされるべきである。表1に気温28℃でPMVが0.5となる条件を示す。算出には放射熱源が特に無い環境条件として気温と平均放射温度 (Mean Radiant Temperature, MRT) が等しいものとし、不感気流 (気流速度=0.15m/s)、相対湿度は中程度の50%、clo値は本調査結果を鑑み0.5clo、代謝量は椅子座安静状態の1.1metを基準値とした。算出された結果によると、相対湿度を40%に低下させ気流速度を扇風機の「微風」程度の気流を発生させることで、気温28℃においてPMV値を0.5以下に保つことは可能である。

なお、近年、執務空間の知的生産性というテーマがしばしばとりあげられており、これは室内環境の改善が知的生産性の向上につながる、という考え方である⁷⁾。28℃設定で室内環境が比較的高温状態に保たれると、知的生産性が減少する可能性は考えられるが、暑熱環境と作業能率の相関はあるとするもの⁸⁾、作業能率との相関ははっきりしないが疲労感の自覚症状には影響するとするもの⁹⁾などの報告があり、見解は一致していない。本調査では作業効率に関する質問を設けなかったため、この点に関しては不明である。しかしながら、知的生産性が明らかに低下するような環境であればそれはオフィス環境としてはふさわしいものでないといえるので、建築環境分野、労働安全衛生分野などの各方面からのアプローチによる詳細な研究が必要であろう。

これからのオフィス環境においては、高齢人口の増加や女性の就労率の上昇、外国人労働者の増加などが考えられ、個人差というものはますます大きくなると推察される。より快適に、安全に、健康に過ごすことのできる環境条件が個々に創造できることが望まれる。

5 おわりに

夏期における「クールビズ」実施オフィスの温熱環境条件およびその勤務者による性差を中心とした温熱環境評価の違いを明らかにするために、実測調査およびアン

ケート調査を行った。その結果以下のことが明らかになった。

1) 今回測定されたオフィスにおける室温は28℃以下で湿度も比較的低く、温熱環境条件としてはビル管理法の室内基準値の範囲内であった。

2) オフィス勤務者による温熱環境の評価は、男女別みると女性はおおむね満足度が高く、男性は「快適」な人から「暑くて不快」な人まで個人差が大きくみられた。これらは、着衣量の(特に男女による)違いや、代謝量、また冷房や暑さに対する体質の違いに起因していると考えられる。

3) より快適な条件として気温28℃にてPMV=0.5となる環境条件の提言を試みた。

謝 辞

調査にご協力いただきましたオフィスおよび勤務者の皆様に深謝の意を表します。また本研究を遂行するにあたり、平成17年度厚生労働省科学研究補助金厚生労働科学特別研究事業(H17-特別-26)、および文部科学省21世紀COEプログラムの補助を受けました。記して謝意を表します。

文 献

- 1) 土居健太郎. COOL BIZ. 空気調和・衛生工学. 2006; 80(7): 5-7.
- 2) Fanger PO. Thermal Comfort. McGraw-Hill:1972
- 3) 花田嘉代子. 人体反応の測定着衣量. 温熱環境測定法. 空気調和・衛生工学会空気調和設備委員会温冷感小委員会編. 1992: 30-41.
- 4) 渡辺明彦. 質問紙調査結果に見る冷房期・暖房期における事務所の温熱環境の現状. 労働科学. 1994; 70(3): 97-107.
- 5) 今村律子. 奨励冷房環境下におけるネクタイ装着が体温調節反応に及ぼす影響—男性社員にみられるネクタイの着用実態と意識をふまえて—. 和歌山大学教育学部紀要教育科学. 2003; 53: 165-170.
- 6) 川瀬洋平, 筒井隆夫, 堀江正知. 暑熱環境におけるクールビズ着用の生理的影響. 労働の科学. 2006; 61(10): 620-624.
- 7) 村上周三. 知的生産性研究の展望. 空気調和・衛生工学. 2007; 81(1): 3-8.

- 8) Seppanen O, Fisk WJ, Lei QH. Room temperature and productivity in office work. *Healthy Buildings*. 2006; I: 243-247.
- 9) 西原直枝, 田辺新一. 中程度の高湿環境下における知的生産性に関する被験者実験. *日本建築学会環境系論文集*. 2003 ; 568 : 33-39.

Observation of the Thermal Conditions of the Workers in the “Cool Biz” Implemented Office[†]

by

Hikaru ENOMOTO^{*1}, Koichi IKEDA^{*2}, Kenichi AZUMA^{*2}, and Yutaka TOCHIHARA^{*3}

This paper reports the results of the measurement of the thermal environments and workers responses which included evaluation of the thermal environments in the "Cool Biz" implemented office. The measurement was conducted in an older standard building in the middle of Tokyo in September 2005. Thermal conditions included ambient temperature, relative humidity, air velocity and radiant temperature which were automatically measured every five minutes. As part of the questionnaires, the thermal sensation vote, comfort vote and actual clothing worn were measured. Each worker was also asked regarding their preferences and physical characteristics.

The thermal conditions in the office were relatively acceptable range, although ambient temperature was approximately under 28.0 °C. However, the workers perceived the thermal conditions differently. The mean of the clo value was 0.53, which showed that the workers wore very light summer clothes. The male subjects did not wear jackets in the office and 12 % of them wore put neckties. The mean value of PMV of each worker was 0.50 and PPD was 12.4%. The perception of women was rather neutral, although that of men was diverse. It was considered that this diversity was due to the personal constitution. A proposal was made which indicated the thermal condition of PMV=+0.5 in the room of 28 °C was perceived as more comfortable environment.

Key Words: "Cool Biz" implement, PMV, thermal comfort, indoor thermal environment, gender difference

*1 International Center for Research Promotion and Informatics, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

*2 Department of Healthy Building and Housing, National Institute of Public Health, Japan

*3 Department of Ergonomics, Faculty of Design, Kyushu University