

空調・照明を見直そう

事務職場の省エネと健康の両立をめざして

東日本大震災以降、国を挙げて節電が強く求められている中で、空調と照明は、公務職場においても消費電力量削減の主な「ターゲット」とされている。

確かに省エネ、節電は重要な時代の要請である。しかし、むやみに空調と照明を抑制するだけでは、職員の健康を損ねたり、作業効率を低下させたりするなど弊害も大きい。

そこで今回は、事務職場において快適な職場環境と節電の両立を図るために、空調・照明はどうあるべきか、暑さ対策が必要となってくる夏前に、考えてみたい。

Suggestion

提言① 節電によるオフィス温熱環境悪化の健康影響と対策

節電と健康的温熱環境条件の両立には きめ細かな労働衛生管理対策が必要

元 独立行政法人労働安全衛生総合研究所
国際情報・研究振興センターセンター長

澤田 晋一



「夏季におけるオフィスの冷房設定温度28℃以上」は、広く定着した感がある。しかし今後、地球温暖化が進行し、猛暑日がさらに頻発することになれば、その結果増大する冷房需要に電力供給が追いつかず、必然的にいっそうの節電要求とそれに伴う夏季のオフィス温熱環境の悪化が懸念される。そこで本稿では、節電オフィスにおける温熱環境悪化に伴い起こり得る健康問題と、その対策について考えてみたい。

熱中症発生リスクは さほど高くないオフィス

一般的に、温熱環境悪化で最も懸念されるのが熱中症だが、夏季節電オフィスではどうだろうか。

熱中症とは、高温多湿な環境で体内の水分と塩分のバランスが崩れたり、循環調節や体温調節など体内の調整機能が破綻したりして発生する障害の総称である。処置を怠り手遅れになると、最先端医療でも手の施しようがなく致死率が高い恐ろしい疾病である。半面、適切な対策により十分に発症予防もできる。いわば「環境予防医学のモデル疾病」だ。

筆者は、熱中症の危険要因を便宜的に、環境／作業／衣服／個人の4つに分類している。熱中症の発生リスクと重症度は、これら4要因が関与する程度と組み合わせにより決まるといってよい。すなわち、環境要因（高温・多湿・高放射熱・熱風／無風）、作業要因（高い身体作業強度）、衣服要因（透湿性・通気性

の低い作業服の着用)の組み合わせは、個人要因(暑さに未順化、高齢、体力低下、肥満、睡眠不足、前日の多量飲酒、朝食未摂取、喉の渇きに依存した水分のみの摂取、下痢・脱水、かぜ・発熱、慢性疾患と薬の服用等)に修飾されて、熱中症の最大リスクとなる。室温28℃をやや上回る夏季節電オフィス作業は、「軽度の高温環境」「軽度の作業強度」「クールビズの浸透した夏服軽装」の組み合わせであることを前提とすると、熱中症の発生リスクが最小の暑熱作業であると考えられる。

ちなみに、気温と湿度から簡易的にWBGT値(熱中症の発生リスク評価指標)を求める換算表(表1)を用いて、オフィスのWBGT値を推定してみると、室温を28℃から29℃に上げたとしても、相対湿度が70%までならWBGT値は28℃以下である。さらに室温を30℃に上げたとしても、相対湿度が65%までならWBGT値は28℃以下である。この28℃というWBGT値を厚生労働省の提示する熱中症予防の基準値表(表2)と比較参照してみる。表2の基準値は、「作業場のWBGT値がこの基準値を超えると

熱中症の発生リスクが高まることから対策を立てるべき」という目安である。この表で「軽作業」に相当するオフィス事務作業のWBGT基準値は、暑熱未順化者でも29℃である。そのため冷房設定温度を29℃~30℃に上げたとしても相対湿度が70%~75%以上の高温条件でないと、熱中症の発生リスクは高くない。したがって、従来の事務所衛生基準規則

の上限室温・28℃から1~2℃程度上げて、熱中症の発生リスクはそれほど高くないと考えられる。とはいえ、オフィス内には、後述するように窓際や発熱機器の近傍などにエアコンの設定温度よりもはるかに高温の作業場所もある。できれば作業者の近傍に温湿度計やWBGT計を置き表1・2に基づき暑熱ストレスを評価したいところだ。

表1 WBGT値と気温、相対湿度*との関係

*相対湿度とは、通常の湿度計で表される湿度のこと

		相対湿度(%)																
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
気温(℃) (乾球温度)	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42
	37	27	28	29	29	30	31	32	33	35	35	36	37	38	39	40	41	42
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38
	34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37
	33	24	25	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	36
	32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35
	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34
	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33
	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32
	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28
24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24	

WBGT値
 ■ = 危険...31℃以上
 ■ = 警戒...25~28℃
 ■ = 厳重警戒...28~31℃
 ■ = 注意...25℃未満
 (ここで、28~31℃は、28℃以上31℃未満の意味)

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」Ver.3から

(注)危険、厳重警戒等の分類は、日常生活の上での基準であって、労働の場における熱中症予防の基準には当てはまらないことに注意が必要であること。

本換算表で推定したWBGT値は放射熱を考慮していないことから、放射熱源のある場所では暑熱リスクを過少評価する場合があるため、その適用に注意すること。

表2 身体作業強度に応じた熱中症予防のためのWBGT基準値

(厚生労働省：2009)

身体作業強度 (代謝率区分)	作業内容 例	WBGT基準値(℃)			
		暑熱順化者		暑熱未順化者	
安静	安静	33		32	
軽作業 (低代謝率)	楽な座位、軽い手作業(書く、タイピング、簿記)、手及び腕の作業(点検、組み立てや軽い材料の区分け)、普通の状態での乗り物の運転、歩行(3.5km/h)。	30		29	
中等度作業 (中代謝率)	継続した頭と腕の作業(釘打ち、盛り土)、腕と脚の作業(トラックのオフロード運転、トラクター及び建設車両)。(以下略)	28		26	
重作業 (高代謝率)	重い材料を運ぶ、シャベルを使う、のこぎり作業。(以下略)	気流を感じない時 25	気流を感じる時 26	気流を感じない時 22	気流を感じる時 23
極重作業 (極高代謝率)	最大速度でとても激しい作業。おのを振るう。(以下略)	23	25	18	20

筆者らは(2012)、夏季節電オフィスビルにおける温湿度環境の実態とそれに伴う健康影響を把握するために、首都圏の大型オフィスビル内の事業所で温湿度測定とアンケート調査を実施した。室温の測定結果では、28℃を超

節電オフィスには神経・精神系症状潜在の可能性

える割合が目立っていたが、事業所によって結果のバラツキが非常に大きく、同一事業所内でもフロアにより、また同一フロア内でも場所により大きく異なる傾向が見られた。

自覚症状では、作業場所の室温が28℃超の率が高い群で「頭痛」「全身倦怠・眠気」「イライラ・緊張・神経過敏」など神経・精神系症状のほか、「目の乾燥・かゆみ・ちかちか」「疲れ目」「皮膚の乾燥・かゆみ」が有意に高い傾向が見られた。

以上の結果から、節電オフィスでは熱中症以外に神経・精神系症状が潜在している可能性が示唆された。

軽度な暑熱条件でも作業効率に悪影響

西原らは(2003)、作用温度を25・5℃、28℃、33℃の3条件に設定した曝露時間1・5時間の被験者実験を行ったところ、作業成績に關しては、課した作業の多くで条件間に有意差を認めず、統一した見解は得られなかった。一方で、疲労感の評価では温熱条件の違いによる差が認められ、33℃の暑い環境は、25・5℃の環境に比べ、「イライラ

する」等の精神的な疲労の指標である疲労自覚症状訴え率が高かった。

Tanabeらは(2009)、コーレンターにおいて四季を通じ累計1万3169人分のデータを分析したところ、平均室温が25℃から26℃に1℃上昇したときに、時間平均応答件数が低下し、作業効率の低下は1・9%程度であった。

西原らは(2009)、脳血流量変化を精神的努力の客観的指標として温熱環境との関係を調べたところ、作業成績には有意な差がなかったが、高温の環境下では、熱的中立状態に比べ精神的疲労症状を多く訴え脳血流量が増加することを明らかにし、精神的負担の程度が高くなる可能性を示した。

以上の研究報告から、軽度な暑熱条件でも作業者の疲労感が増大し、作業効率に悪影響が出てくることわかる。

放射熱対策は屋内にも着目を

節電オフィスでの健康問題は、熱中症よりも軽度の暑熱ストレス下での精神作業に起因する疲労や神経・

精神系症状が主体であり、その結果作業効率や労働生産性に悪影響を及ぼすことであると考えられる。その観点から必要と思われる対策を、8つ列挙する。

対策① 放射熱の低減

(遮光カーテン、遮光ガラスなど)

屋内のオフィス作業であつても、窓から入射する太陽からの直射日光と周囲壁面からの照り返しは、最も強力な放射熱源である。そこで、可能な限り窓から入る放射熱を遮蔽する必要があり、遮光カーテンの利用が容易に思いつく対策の一つだ。その遮蔽効果を最大にするためには、窓の外側にカーテンを装着し、室内への放射熱を外側で遮断することだが、建築構造からそのような処置は不可能であり、窓の内側にカーテンを装着することになる。

しかしこの処置は、放射熱を窓ガラスを通過させた後で遮蔽することになるので、遮光カーテンと窓ガラスの内側の境界層に放射熱が蓄積し、遮熱効果が不十分となる。より大きな遮熱効果を得るため窓ガラスに遮光ガラスや遮熱フィルムを使用しても良いが、遮光ガラスも外からの放射熱を100%遮蔽できない。

そこで、遮光ガラスと遮光カーテンを併用し、外からの放射熱を可及的遮蔽することが現実的対策といえるだろう。

さらに人間からの発熱、照明機器、パソコン、プリンタ、その他電子機器など屋内からの放射熱対策も考慮しなければならない。具体的には単位作業場所当たりの作業者数の減少や、LED照明への変更、パソコン、プリンタの連続使用の制限などによる機械系からの発熱低減対策などである。これらは当然、省エネ対策にもつながる。

対策② クールビズ、スーパークール

ビズ、ウルトラクールビズ

環境省が推進しているクールビズは、冷房温度を高め設定しても快適に作業が遂行できることを目指したもので、熱中症予防を目的としたものではない。

事実、ノーネクタイ・ノージャケットのクールビズでは、室温28℃・相対湿度60%で模擬事務作業を行うと、核心温上昇抑制や暑熱不快感が軽減する傾向が見られたが(川瀬・2012)、さらなる節電のため室温を29〜30℃以上に上昇させた場合、その効果は明らかではない。

このような場合には、半袖シャツ着用のスーパークールビズ、さらには筆者が提唱する半袖シャツに半ズボンを着用するウルトラクールビズという、着衣量のいつそうの軽量化を図る必要がある。また後述するように、風も併せて利用することで、暑熱ストレスは低減する。

クールビズに扇風機併用で快適温熱環境実現の可能性

対策③ 風(扇風機)の利用

風の利用は、暑熱ストレスの軽減に大いに有効である。これは気流が生み出す対流が、体表面からの発汗で生じた水分の蒸発を促進(蒸発性熱放散)したり、体表面の熱を外界に放散(非蒸発性熱放散)させたりして身体冷却が促進されるためであり、風速が大であれば熱放散量も増加し、冷却効果も大となる。

ただしこれは、身体周囲の気温が身体表面温度(皮膚温)より低い場合に言えることである。気温が深部体温や体表面温度より高い酷暑環境(たとえば気温37℃以上)では、気流は、周囲の熱を身体に流入させることになる。そんな場合には発汗

による蒸発性熱放散に依存するし、なく脱水リスクも増大するので、水分塩分の補給が欠かせない。ただし、オフィスは節電条件下でも室温が37℃を超えることは稀であることを考えれば、通常、風による体熱放散の効果はあると言える。

ここで筆者の研究を紹介したい。図は、オフィスの温熱快適性を予測評価する国際規格ISO7730により、室温を29℃に設定した場合に、作業者の予測不快者率が至適水準(5%)あるいは推奨水準(10%)になるための、室内風速と作業者の着衣量(衣服の保温力/単位:clo)の組み合わせ条件を試算したものだ。

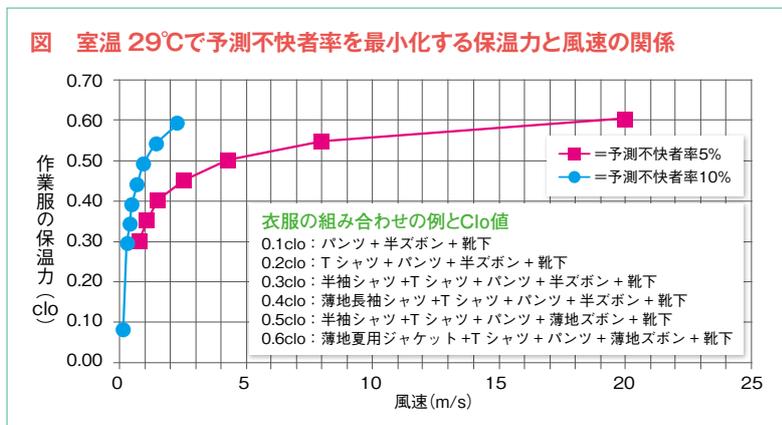
夏用ジャケットと長ズボン着用の場合(0.6clo)、予測不快者率を至適水準にするためには20m/sもの風速が必要だが、スーパークールビズで半袖シャツを着用する場合(0.5clo)には、至適水準で約4m/s、推奨水準は1m/sの風速があれば満たすことができる。さらに前述したウルトラクールビズ(0.3clo)であれば、1m/s以下の風速で至適/推奨いずれの水準も実現可能である。

この結果は、スーパード/ウルト

ラクールビズに扇風機を併用することで、29℃に室温を上昇させても快適温熱環境を実現できる可能性を示唆するものである。また、現状より薄着ができない場合でも、風の活用は節電オフィスの室温上昇に対する対策として有用である。

対策④ 水分塩分の補給

座業が主体のオフィス作業では、体温上昇のリスクは小さく大量には



(室温29℃、平均放射温度29℃、相対湿度40%、作業強度1.1met) (澤田:2011)

汗をかかないため、適度に冷やした水(大量に汗をかいた時は0.1%の食塩水)を少しずつこまめに補給すれば十分である。

スポーツドリンクの大量摂取は糖分の過剰摂取となり、糖尿病などの生活習慣病のリスクを増大させるという別な健康問題を引き起こす可能性もあるので勧められない。

対策⑤ 作業時間のシフト

残業を減らし早朝出勤を導入する企業が増えているが、節電と暑熱対策という観点からも夏季に実施することは極めて合理的な対策である。

早朝の涼しい時間帯に作業を開始すればエアコンの節約になる。夜間、遅くまで残業すれば熱帯夜の時期にはエアコンを使用しなければならず省エネにつながらない。そう、夜間のエアコンからの排熱はヒートアイランド現象を加速する。

対策⑥ 防暑冷却グッズの活用

防暑冷却グッズは、酷暑環境で防護服を着用して身体作業を行う場合には必ずしも有効ではない(澤田・2012)。しかし、オフィスでは条件によっては十分に耐えられる、特に心理的効果が期待できる。(P10資料参照)。

資料 有効性を示した「防暑冷却グッズ」の研究例

●**クールベスト** C. Gaoらは(2012)、PCM21(融点21°C)からなるクールベストを使用。「熱波に襲われた空調のないオフィスでの作業」を想定して、8名の成人男性を対象に、気温34°C、相対湿度60%の暑熱環境下で60分間クールベストを装着して暑熱負担軽減効果を観察したところ、この程度の暑熱作業では装着の有無に関わらず直腸温の上昇は認められなかった。

ただ、クールベストを装着した躯幹部の皮膚表面温度は2~3°Cの低下を示し、快適範囲の33.3°Cを維持し、心理的暑熱負担も改善した。熱波に襲われた場合には、エアコンのないオフィス作業や暑さに弱い老人に対して温熱快適性を確保するのにPCMによるクールベストは有効であった。

●**新型クールビズポロシャツ** 筆者らは(2011)、某企業の産業医から、作業服の代わりに導入を検討している新型クールビズポロシャツの有効性の評価を依頼された。そこで被験者を室温28、29、30°Cに設定した人工環境室内に70分間滞在させ、計算作業を行わせる労働生理学的実験を行ったところ、新型クールビズポロシャツは従来型作業服に比べ、暑熱感、不快感、着心地感などの主観的負担が著明に改善し、計算ミスも有意に減少した。「発汗歩行型サーマルマネキン」による評価でも、顕熱抵抗と潜熱抵抗いずれも新型クールビズポロシャツが低値を示し、伝熱工学的にも通気性、透湿性が高いことが実証された。この結果を受け新型クールビズポロシャツを作業現場に導入したところ、従来に比べ作業中の快適感が向上し、次年度も導入希望が多数あったという。

肥満解消、体力向上は熱中症対策にもなる

対策⑦ 暑熱耐性の獲得

普段から運動し肥満を解消し体力(有酸素運動能力)を向上させることは、熱中症予防にも有効である。最大有酸素運動能力は、暑熱耐性を決定する最も重要な因子と考えられ

るからである。

高い運動能力を獲得し維持するためには、最低30分程度の活発な運動を週に3~4日間行う必要がある。オフィス作業では身体活動強度は必ずしも大きくはないので、定期的に汗をかく運動を、作業時間外に別途行う必要がある。

一方、肥満は暑熱耐性を減弱させ熱中症の発症リスクを増大させる大きな要因である。これにはさまざまな理由が考えられる(澤田・2010)。第一に、肥満者は、安静時や運動時の心拍数が瘦せた人より高い傾向にあり、心拍数の予備能力が低い。第二に、肥満者は体重に対する体表面積の比が小さいので、体表面から外界への熱放散量が少ない。第三に、汗腺の密度と体脂肪率には逆相関が認められるため、体脂肪率が多いと汗腺密度が少なくなる傾向にある。第四に、肥満者の身体比熱が低い。第五に、肥満者は体重が重いので、同じ身体作業をするのにも余分なエネルギー消費が必要である。第六に、皮下脂肪層が増加すると皮膚表面と皮下深層組織の断熱性が増加し、筋肉から皮膚への直接的熱伝達が増加する。第七に、肥満者は運

動不足のことが多く、結果として身体能力が低く、有酸素運動能力や心臓循環機能が低下している。

肥満で体力の低い者は、暑熱ストレスに対して非常に不利な条件にあるので、夏季の猛暑時にはとりわけきめ細かい熱中症対策を実施する必要がある。

もつとも節電オフィスでは、肥満者でも重篤な熱中症の発生リスクは高くない。オフィス作業者にとって肥満の解消や体力向上の利点は、軽度の暑熱環境下での事務作業を余裕をもって遂行でき、メタボ対策にもなるということにある。

対策⑧ 作業場所の自由選択制や個別空調機器の導入

暑さへの適応能力には個人差が大きいし、同じ個人であっても暑熱順化/未順化や体調により同じ暑さを過敏に不快に感じることもある。これらの特徴は、労働生産性や作業効率が及ぼす影響として無視できない。そこで、作業場全体を一様に同じ温度に設定するのではなく、設定温度の異なる作業場所を複数用意し、作業者の好みに応じて選べるようにすることも、有効な対策となる。

西原らは(2011)、卓上ファ

ンの調節を許可した被験者実験を行ったところ、調節できないときに比べ、温熱満足度が高く、疲労の訴え率が低く、誤答率が低いという結果が得られた。また、実験中は左額側の脳血流量増加量が有意に低く、精神的負担度が低く抑えられた可能性が示された。このことから、小型の扇風機や冷却ファンなどの個別空調機器を作業者の近傍に設置して、作業者の好みで至適空調できるようにするのが、よいだろう。

* * *

全国的規模の節電要請は、今後も継続すると思われる。オフィスにおける節電と健康的温熱環境条件の両立を図るためには、きめ細かな労働衛生管理対策が求められる。本稿がその参考になれば幸いである。

元独立行政法人労働安全衛生総合研究所
国際情報・研究振興センターセンター長
澤田晋一(さわだ しんいち)

昭和54年、東京大学医学部卒業後、(旧)労働省産業医学総合研究所に入所。厚生労働省熱中症対策に関する検討会構成員、国際労働衛生学会温熱科学委員会事務局長なども歴任。医学博士。平成23年度緑十字賞。共編著に、『産業安全保健ハンドブック』(労働科学研究所)ほか多数。