

オフィス環境に存在する化学物質等の有害性因子の健康影響評価に関する研究

Health effect assessment of chemical, physical and biological agents in office work environments

澤田 晋一 国際情報・研究振興センター^{*1}, 人間工学・リスク管理研究グループ^{*2}

■SAWADA Shin-ichi

欧米では近代的大型オフィスビルにおけるシックビル症候群(SBS)が問題となり多くの研究が行われてきたが、日本の大型オフィスビルではそれほど問題が顕在化しておらず、オフィス環境のSBSの実態調査はほとんど行われていない。

そこで本研究は、SBSの原因となる揮発性有機化合物(VOC)、微生物由来のVOC(MVOC)の発生源となるカビ、カビの生育に大きな影響を及ぼす温湿度等、現代オフィス作業環境に潜在する化学的・生物的・物理的有害因子について、その汚染状況の実態と健康障害との関連を解明することを目的として開始された。研究期間内に東日本大震災とそれに続く福島第一原発事故が発生し全国的規模で節電が要請されたため、そのような時代状況の急変に即応すべく、後半の研究目的を節電がもたらすオフィス環境の労働衛生学的問題、特に夏期と冬期の節電オフィスにおける温熱環境の悪化の実態把握と健康影響の評価に重点化した。いずれの調査研究も、首都圏にある4~6ヶ所の大型オフィスビル内の事業所を対象にして実施した。

化学的因子については、室内空気中の揮発性有機化合物(VOC)の調査を行ったところ、多くの化合物が検出されないか、検出できたとしてもいずれも低濃度であり、ただちに健康影響のあるレベルではなかった。ただ、事務部門と研究部門の混在するオフィスビル内の化学実験室で悪臭の苦情があったことから、その調査を行い、原因物質の推定と対策案の提供を行った。

生物的因子については、節電要請により高温多湿となることが予想された2011年の梅雨期に、浮遊微生物濃度調査とカビ生育環境調査を温湿度測定と共に実施してその関連性を調べたところ、真菌・細菌共に特に高い濃度レベルではなく、カビの生えやすさを示すカビ指数は殆どの場所で低い値であったが、一部の場所にて比較的高い値を示しており、高温多湿との関連性が示唆された。本調査の結果より、一般的なオフィスビル環境における微生物による影響は比較的可能性が低いことが示されたが、作業場所によって大きく異なることが予測されることから、一定の注意が必要であると考えられた。

物理的因子としての温熱条件については、温湿度測定の結果、冬期の低湿ならびに夏期の高温において事務所衛生基準規則(事務所則)の基準範囲を逸脱する例が散見され、かつ事業所間、フロア間のみならず同一フロア内でのばらつきもみられた。作業者の自覚症状に関するアンケート調査では、冬期には呼吸器・皮膚粘膜系の症状が多く見られ、夏期の高温多湿のオフィスにおいては精神・神経系の症状が有意に多く見られる傾向が見られた。また、Predicted Mean Vote (PMV) 測定装置を用いて、温湿度のみならず放射温度と風速も含め総合的に温熱環境の快適性を評価したところ、オフィスの温熱環境は部屋の中央部や壁際と窓際とでは大きく異なり、一律的な空調システムでは対応が難しいと考えられた。さらに、そのようなオフィス温熱条件の空間的ばらつきには、窓際の作業場所の日射による放射温度の上昇が大きく寄与していることが示された。

今後もオフィスにおける節電要求は継続すると思われることから、節電と健康的温熱環境条件の両立を図るために、また作業者の健康のみならず作業能率や労働生産性に対しても悪影響が出ないように、きめ細かなオフィスの作業環境管理、作業管理、健康管理を行っていく必要がある。

1 はじめに

近年、オフィス環境に勤務する作業者の増加に伴い、

その労働衛生水準の向上が求められており、オフィスビルの室内空気質の改善と適切な管理が不可欠となっている。わが国では法令に基づいて大型オフィスビルの維持管理が図られてきたが、室内環境中に潜在する健康有害因子ならびにその健康影響の実態は解明されていない。

*1 International Center for Research Promotion and Informatics,

*2 Human Engineering and Risk Management Research Group,

National Institute of Occupational Safety and Health

欧米では、住宅で問題となっているシックハウス症候群(SHS)と同様の健康影響が近代的大型オフィスビル内においても発生するとの報告が出されており、現代版のシックビル症候群(SBS)として大規模な調査研究が進められている。SHSやSBSの原因としては、ホルムアルデヒド等の揮発性有機化学物質(VOC)の他、カビによって産出されるMVOC、さらにカビやアレルゲン(ダニ、ペット等)などの生物学的因子も注目されている。一方、わが国では主として住宅や学校におけるSHSが問題となり、大規模な調査が行われてきたが、大型オフィス環境についてはあまり問題視されてこなかったため、わが国のオフィス環境のSBSの実態調査はほとんど行われていない。

そこで本研究は、SBSの原因となる揮発性有機化合物(VOC)、微生物由来のVOC(MVOC)の発生源となるカビ、カビの生育に大きな影響を及ぼす温湿度等、現代オフィス作業環境に潜在する化学的・生物学的・物理的有害因子について、その汚染状況の実態と健康障害との関連を解明することにより、オフィスのこれらの有害因子による健康影響を未然に防止することを目的として開始された。

ところが、研究の初年度末に、東日本大震災と福島第一原発事故が発生したことにより、電力需給対策の一環として全国的規模での節電要請という大きな社会問題が勃発した。これにより空調への電力供給が制限されるオフィスにおける温熱環境悪化の問題、とりわけ夏期の節電がもたらすオフィスの室温上昇により熱中症が多発する可能性が社会的に大きな関心事となった。

そこで、このような新たな時代状況の変化による緊急事態に即応するために、本プロジェクト研究は、研究期間の後半からは、節電時代のオフィスの温熱環境の問題、特に夏期と冬期の節電によるオフィス温熱条件の悪化の実態把握、健康影響評価、対策のありかた等について、重点的に調査研究を推進することに方向転換した。これを加速する要因として、当初予定していた化学的因子・生物学的因子等の調査研究については、研究期間の前半に得られた知見からみてオフィスビルに重篤な問題が顕在しているとは考えにくく、更なる詳細な研究を拡大させる必要性が認められなかったことがある。その結果、化学的・生物学的因子については、現場での要望があった場合のみ必要に応じて最小限実施し、結果を現場にフィードバックすることとした。

2 アンケート調査票の開発と予備調査

当初の研究を進めるためのキーツールとして、米国環境保護庁EPAの実施した室内空気質に関する大規模調査(BASEプロジェクト: Building Assessment Survey and Evaluation Study)で使用したアンケート調査票をもとに独自の項目を加えた日本版アンケート調査票を作成した。本調査票は、勤務内容について23問、健康状

態について12問、職場環境について5問、仕事の受け止め方について7問の合計46問の質問大項目からなり、個別の質問小項目として、「勤務内容」に関する質問(職種、対象ビルでの勤務年数、ビル内の勤務日数/週と勤務時間/週、コンピュータの操作時間/日、コピー機・レーザープリンター・接着剤等の使用頻度等)、「作業場所の環境」に関する質問(個室かオープンスペースか、作業人数、カーペットの使用、照明、反射光の有無、最寄りの窓の位置、直近の3カ月の作業場所の環境変化や水漏れ、カーペットやパーティションの設置、壁の塗装や壁紙の張り替え等、作業場所のビルの階数、作業場所のフロア内の位置)、「最近1週間~1ヶ月間にビル内での作業中に感じた身体的な不具合」に関する質問(目の乾燥・かゆみ・ちかちか、ぜん鳴、頭痛、のどの痛み・乾燥、全身けん怠・眠気、胸の締めつけ、鼻水・鼻づまり、せき、疲れ目、イライラ・緊張・神経過敏、肩・背中・首の痛み・こり、くしゃみ、忘れっぽい・気が散る、めまい・ふらつき、うつ、息切れ、吐き気・げっぷ、皮膚の乾燥・かゆみ、手や手首のしびれ、手や足の冷え)、「最近1週間~1ヶ月間にビル内で作業中に感じた環境に関する不具合」に関する質問(気流が速すぎる、空気の流れが悪く空気が淀む、暑すぎる、寒すぎる、ジメジメする、乾燥しすぎる、タバコのおいがる、カビのおいがる、不快な化学臭がする、体臭・腐敗臭・香水などの悪臭がする、エアコンの吹き出し口からの風が直接当たる等)、「仕事に対する受け止め方」に関する質問(仕事に対する満足度、仕事が過重・やりたくない・役割が不明瞭、仕事上の同僚・上司とのトラブル等)、「仕事以外の家庭や地域での役割等」に関する質問(子どもの世話、家事全般、介護、ボランティア活動、副業、セミナー受講等)から構成される。

本アンケート調査票を用いて、大手製造業・情報電子機器会社3社より協力を取り付け、うち1社2事業所(対象者数約1250名)を対象に、初年度の冬期に予備調査を実施した。

アンケートによる自覚症状の調査結果では、目の乾燥・かゆみ・ちかちか、疲れ目、皮膚の乾燥・かゆみ、喉の痛み・乾燥といった低湿度によるものと思われる症状が高い割合で見られ、また環境の訴えについては乾燥しすぎる、暑すぎる、気流の流れが悪すぎる、タバコの臭いがあると訴えが多く見られ、いずれもフロアによってその割合は異なる傾向が見られた。

アンケート調査と併せて環境予備調査として実施した温湿度の測定結果では、事務所則における適正温湿度範囲から低湿度側および高温側に外れた値を示す箇所が多く見られた。これは、冬期の低湿度に加え、調湿機能の無い空調により暖房を行っているため、元々絶対水分量の低い空気が暖められ、相対湿度が低下したことと、過度の暖房設定によるものと考えられた。

3 化学的因子

首都圏にある6カ所の大型オフィスビル内の事業所で、室内空气中の揮発性有機化合物(VOC)の調査を行った。固体捕集法ーガスクロマトグラフ質量分析法[GC/MS]でVOC濃度を測定した結果、多くの化合物が検出されない、もしくは検出できたが定量下限未満であったが、ベンゼンやトルエンなどの芳香族炭化水素、n-ドデカンやn-トリデカン、n-テトラデカンなどの脂肪族炭化水素を定量することができた。ただしいずれも低濃度であり、ただちに健康影響のあるレベルではなかった。また、事務部門と研究部門の混在するオフィスビル内の化学実験室で悪臭の苦情があったことから、その調査を行い、原因物質の推定と対策案の提供を行った。

4 生物的因素

東日本大震災とそれに続く福島第一原発事故により全国的規模で節電が要請され高温多湿となることが予想された2011年の梅雨期のオフィス環境における浮遊微生物濃度調査ならびにカビ生育環境調査を温湿度測定と共に実施し、その関連性を見た。その結果、真菌・細菌共に特に高い濃度レベルでは無かったが、場所によってばらつきがみられ、高いところでは屋外と同レベルであった。カビの生えやすさを示すカビ指数は殆どの場所で低い値であったが、一部の場所にて比較的高い値を示しており、高温多湿との関連性が示唆された。また、アンケート調査により関係のありそうな自覚症状や環境への訴えを確認した限りではカビに関連する訴えは余り見られなかった。一方で、一般的にシックビル症候群の症状とされる呼吸機能系、粘膜系、不定愁訴系の訴えが一定割合で見られた。本調査の結果より、一般的なオフィスビル環境における微生物による影響は比較的可能性が低いことが示されたが、作業場所によって大きく異なることが予測されることから、一定の注意が必要であると考えられた。

5 温熱的因素

オフィスビルの温湿度条件に関してはかねてより省エネの観点から「クールビズ」運動の推進が行われてきたが、東日本大震災による原発事故後の節電要請により、この問題は研究期間中に一層深刻になった。そこで、節電下のオフィスの温熱条件の問題点を把握するために、首都圏の大型オフィスビル内の作業場所に多数の温湿度センサーを設置し、温湿度の時間的空間的変動特性を測定した。さらに温湿度のみならず放射温度と風速を同時測定して温熱環境の快適性を総合的に定量的に評価できる Predicted Mean Vote (PMV) 測定装置を用いて、節電時のオフィスの温熱的快適性の評価を行い、アンケート調査結果と比較した。得られた結果をもとに、節電下のオフィスビルにおける温熱環境の実態とそれに伴う健康影響を明らかにし、節電と健康的温熱環境の両立に向けた対策を考察した。

(1) 温湿度測定とアンケート調査

温湿度測定の結果、事務所別の基準範囲を外れた割合は夏期の高温及び冬期の低湿が目立っていた。いずれも事業所並びに測定場所によって結果のばらつきが非常に大きく、同一事業所内でもフロアによって、同一フロア内でも場所によって大きく異なる傾向が見られた。

自覚症状では、冬期においては呼吸器、皮膚・粘膜系の症状を中心に高い有訴率を示した。夏期においては作業場所の温度が28℃を超える率が高い群において「頭痛」、「全身倦怠・眠気」、「イライラ・緊張・神経過敏」といった神経・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、ロジスティック回帰の結果でも、夏期の温度28℃超の割合と、神経・精神系症状との間に有意な相関が見られた。

(2) PMV 値の測定と評価

事業所間でオフィス内の気温・放射温・PMV 値の推移は大きく異なったが、これはオフィスの広さ・空調コントロールの仕組み・気象条件によるものの複合的な影響だと考えられた。

同一オフィス内では、窓際の作業場所は中央部や窓と反対側に位置する場所に比べるとPMV 値が高かったが、この原因は主に放射温の高さに由来した。平均気温の場所による差は1℃以下の範囲に収まってはいても平均放射温度は1℃以上の場所が多く、瞬間的には10℃近くも差がある場合も認められ、窓際での日照の強さがPMV 値に影響していた。事業所によっては部屋の中央部や廊下側では暑さを訴える率が40～50%台であるのに対し、窓側では70～90%以上に達しており窓際の温熱環境が他と比べて相当劣悪であることがPMV 測定により明らかになった。

また今回の調査対象では、すべての作業場所でPMV 値が推奨レベルである0～+0.5の範囲を超えて高値を示しており、アンケートの結果からも主観的には相当暑く、不快であることが確認され、節電下のオフィスの温熱環境悪化の実態がPMV 測定により明確になった。

(3) 節電対策

以上の結果から、夏期の節電オフィス環境下においては、扇風機の使用によりオフィス内の温度分布の一様化を図ると共に、窓には遮光カーテン等を設置することにより屋外からの放射熱の低減化を図ることが必須であると考えられた。冬期の乾燥については、近年普及が進んできた調湿機能付きの空調システムの活用により湿度を40～70%の基準範囲に収めることが望ましいが、このような設備のないオフィスや節電オフィスにおいては、従来通り個別に加湿器を利用するのに加え、マスクの着用により喉を潤す等の対応が有効かと思われた。ただし、調湿機能付きの空調システムについては、維持管理をうまく行わないと夏期にカビ等の微生物の問題が発生する可能性も指摘されており、注意が必要である。

いずれにせよ、節電下のオフィスの夏期と冬期における温熱条件については、それに伴うオフィスの健康影響

を含めて、今後ともきめ細かな労働衛生管理対策を継続させていくことが重要であると考えます。

6 おわりに

本研究では、SBS の原因となる揮発性有機化合物 (VOC)、微生物由来の VOC (MVOC) の発生源となるカビ、カビの生育に大きな影響を及ぼす温湿度等、現代日本のオフィス作業環境に潜在する化学的・生物的・物理的有害因子について、それらの汚染状況の実態と健康影響との関連を明らかにしようとした。しかし、オフィスの化学的・生物的環境測定とその分析結果から、欧米の調査研究に見られるような化学的・生物的因子による SBS 関連の健康影響の可能性は、一定の注意は必要ではあるものの、ほとんどないことが示された。むしろ、温湿度が事務所則の基準範囲を逸脱する作業場所が散見され、冬期の低湿が呼吸器・皮膚・粘膜系の症状を、夏期の高湿が神経・精神系症状を増加させており、東日本大震災と福島第一原発事故後の節電がそのような訴えを一層悪化させている可能性が示唆された。

今後もオフィスにおける節電要求は継続すると思われることから、節電と健康的な温熱環境条件の両立を図るために、きめ細かな労働衛生管理対策が求められる。

研究業績リスト

課題名: オフィス環境に存在する化学物質等の有害性因子の健康影響評価に関する研究

平成24年度(2012年)		
1	総説ほか(査読有無問わず)	齊藤宏之(2012)オフィス環境における温湿度とそれに伴う健康影響について. 安全衛生コンサルタント 102, p.48-53.
2	国内外の研究集会発表	齊藤宏之(2012)節電時のオフィス温熱環境の実態と問題点(シンポジウム3: 節電時代の夏期オフィス温熱環境の課題と対策). 第85会日本産業衛生学会, 産衛誌 54 p.156.
3	国内外の研究集会発表	田井鉄男(2012)シンポジウム3: 節電時代の夏期オフィス温熱環境の課題と対策: クールビズポロシャツの熱物理特性と着用効果. 第85会日本産業衛生学会 産衛誌 54, p.158.
4	国内外の研究集会発表	澤田晋一、井奈波良一(2012)シンポジウム3: 節電時代の夏期オフィス温熱環境の課題と対策: 座長の言葉. 第85会日本産業衛生学会 産衛誌 54, p.153.
5	国内外の研究集会発表	鶴岡寛子、幸地勇、利根川豊子、財前文子、岩澤聡子、上野哲、澤田晋一、加部勇(2012)某事業所における「クールビズ」導入の効果. 第85会日本産業衛生学会 産衛誌 54, p.388.
6	国内外の研究集会発表	幸地勇、鶴岡寛子、利根川豊子、財前文子、加部勇、齊藤宏之、安田彰典、岡龍雄、田井鉄男、澤田晋一、岩澤聡子、大前和幸(2012)某事業所の事務職場における温湿度と自覚症状について. 第85会日本産業衛生学会 産衛誌 54, p.388.
7	国内外の研究集会発表	齊藤宏之、澤田晋一、萩原正義、岡龍雄、安田彰典、田井鉄男、坂本龍雄、榎本ヒカル、加部勇、幸地勇、佐藤裕司、瀧上千恵子(2012)オフィス環境に潜在する有害環境因子の健康影響評価に関する研究(第二報) - 冬季および梅雨期における温湿度とその影響. 第85会日本産業衛生学会 産衛誌 54, p.389.
8	国内外の研究集会発表	齊藤宏之、澤田晋一、安田彰典、岡龍雄、萩原正義、田井鉄男、加部勇、幸地勇、長埜庸子、門田美子、村上朋子(2012)節電下の夏期オフィス環境における温湿度と自覚症状. 平成24年度室内環境学会学術大会. 講演要旨集 p.192-193.
9	国内外の研究集会発表	Shin-ichi Sawada (2012) Special report: Latest occupational heat-related problems in Japan, National policies for occupational heat stress prevention and JNIOOSH relevant activity, Climate change and occupational health expert meeting in Lund (13-15 August, 2012).
10	国内外の研究集会発表	Shin-ichi Sawada (2012) The Futures and Challenges of OSH Research in Asia: With special reference to Climate Change The 4th Conference of Asian Occupational Safety and Health Research Institutes 2nd-6th September 2012, Sunway Pyramid Convention Centre, Selangor, Malaysia.
11	国内外の研究集会発表	澤田晋一(2012)特別講演: 職場の熱中症予防対策の最新の話題と課題、平成24年度 第2回日本産業衛生学会温熱環境研究会(平成24年8月31日(金) 会場: 気象業務支援センター).
12	国内外の研究集会発表	萩原健、田井鉄男、時澤健、岡龍雄、安田彰典、澤田晋一、池田耕一(2012)軽度の暑熱条件下でのクールビズ着用効果の検討. 2012年度日本生理人類学会研究奨励発表会(関東地区), 抄録集, p.6.
13	国内外の研究集会発表	田井鉄男、澤田晋一、岡龍雄、安田彰典、上野哲、呂健(2012)軽度暑熱環境下におけるクールビズ着用の効果. 第51回日本生気象学会大会(松本)、日生気誌 49(3) S86.
14	その他の専門家向け出版物	澤田晋一(2012)巻頭言 職場の熱中症予防研究: 三つの内と外. 厚生科学WEEKLY557号(9月21日号).
15	その他(表彰/報道等)	澤田晋一(2012)暑すぎる職場 法令違反!? 節電の落とし穴. 読売新聞夕刊(2012年8月18日付).
16	その他(表彰/報道等)	齊藤宏之、澤田晋一ほか(2012)第85回日本産業衛生学会 節電による温熱環境の課題と対策. Medical Tribune, Vo.45, No.26 6月28日号.
平成23年度(2011年)		
1	国内外の研究集会発表	澤田晋一、齊藤宏之、坂本龍雄、榎本ヒカル、萩原正義、牧祥、安田彰典、岡龍雄、田井鉄男、加部勇、幸地勇、佐藤裕司、瀧上千恵子、土肥紘子(2011)オフィス環境に潜在する物理・化学・生物的有害環境因子の健康影響評価に関する研究第一報: 日本版アンケート調査票の開発と現場への適用. 第84回日本産業衛生学会, 産衛誌 53 p.387.
2	国内外の研究集会発表	Hiroyuki Saito, Shin-ichi Sawada, Masayoshi Hagiwara, Tatsuo Oka, Akinori Yasuda, Tetsuo Tai, Tatsuo Sakamoto, Hikaru Enomoto, Isamu Kabe, Takeshi Kochi, Yuji Sato, Chieko Takigami (2011) Possible health effects of temperature and humidity conditions in modern office buildings in Japan. The 4th International Conference on Human-Environment System (ICHES2011), Sapporo, CD-ROM.
3	国内外の研究集会発表	齊藤宏之、萩原正義、岡龍雄、安田彰典、呂健、澤田晋一(2011)オフィス環境における空气中微生物ならびに温湿度に関する調査結果. 第51回日本労働衛生工学会, 講演要旨集 p.156-157.

4	国内外の研究集会発表	齊藤宏之, 澤田晋一, 萩原正義, 岡 龍雄, 安田彰典, 田井鉄男, 坂本龍雄, 榎本ヒカル, 加部 勇, 佐藤裕司, 瀧上知恵子(2011)我が国のオフィス環境における温湿度と自覚症状について. 平成23年度室内環境学会学術大会, 講演要旨集p.194-195.
5	国内外の研究集会発表	澤田晋一(2011)熱中症予防対策について(1. 主として一般論, 2. 東日本大震災に伴う局所的対応, 3. 夏季の節電への対応)日立製作所産業医会議特別講演(6月17日、日立製作所本社).
6	国内外の研究集会発表	Shin-ichi Sawada (2012) Recent occupational heat-related problems and national policies for occupational heat stress prevention in Japan. Symposium (SS097) International Congress on Occupational Health (ICOH2012) 18 to 23 of March 2012 Cancun, Quintana Roo, México.
7	国内外の研究集会発表	Shin-ichi Sawada (2011) National Regulations and Policies for Heat Stress Prevention at Work and Urgent Problems in Japan. Climate change and occupational health expert meeting, Lund 7-9 June, 2011 (Invited Lecture).
8	国内外の研究集会発表	澤田晋一(2011)今年の熱中症対策のかなめ. 2011年第1回、第2回労働科学研究所セミナー(5月11日東京、5月12日大阪).
9	研究所出版物	澤田晋一(2011)熱中症は何故なくなるらないのか. 安全衛生技術講演会講演概要集平成23年度 35-53, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所.
10	その他(表彰/報道等)	澤田晋一(2011)平成23年度緑十字賞(中央労働災害防止協会),平成23年10月12日.
平成22年度(2010年)		
1	原著論文	坂本龍雄, 三宅美緒(2010)ホルムアルデヒドによる室内空気汚染とその健康障害. 解剖学雑誌 85, 35-41.
2	原著論文	Mihoko Ohshima, Mio Miyake, Masanori Takeda, Taichiro Muto, Norishi Ueda, Komei Ito, Tatsuo Sakamoto (2010) Development of mechanisms associated with neurogenic-mediated skin inflammation during the growth of rats. Pediatr Res 67, p.363-368.
3	原著論文	Ryoko Kimura, Izumi Kimoto, Masanori Takeda, Mio Miyake, Tatsuo Sakamoto (2010) Alteration in airway microvascular leakage induced by sensorineural stimulation in rats exposed to inhaled formaldehyde. Toxicol Lett 199, p.254-260.
4	国内外の研究集会発表	坂本龍雄(2010)第463回衛生学研究会講演,「シックハウス症候群の病態解明の試み-室内化学汚染物質による神経原性炎症の増幅メカニズム」.