

図 3-47 Aビル代表階平面図

### C.6.4 Aビル測定結果

Aビル各階における室内温度と相対湿度の分布を湿り空気線図上にプロットしたものを図 3-48(2011 年度)に示す。

データ期間が短く中間期のみグラフとなるが相対湿度を建築物衛生法から逸脱したものが多く見られる。当ビルについてもデータの拡充が必要となる。

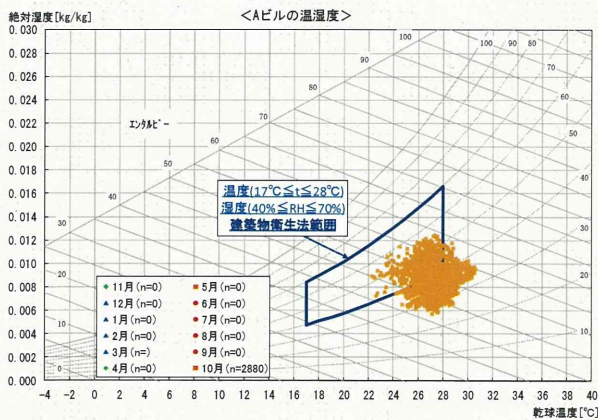


図 3-48 Aビル代表階温湿度

## C.7 Hビルについて

### C.7.1 Hビル概要建物概要

建物名称：Hビル

所在地：東京都中央区

主要用途：事務所

延床面積：2,980 m<sup>2</sup>

基準階床面積：295 m<sup>2</sup>

建物構造：SRC 造

階数：地上 9 階，地下 1 階

空調方式 個別方式

### C.7.2 測定機器概要と対象データ期間

温湿度計 5 個

CO<sub>2</sub>濃度計 2 台

2011 年 8 月 5 日～2011 年 10 月 31 日

### C.7.3 Hビル測定器設置場所

Hビルには、個別方式の空調が使用されており、オフィスにおける空調を行っている。平面図を以下に示す。

● 温湿度測定位置 ● CO2 測定位置

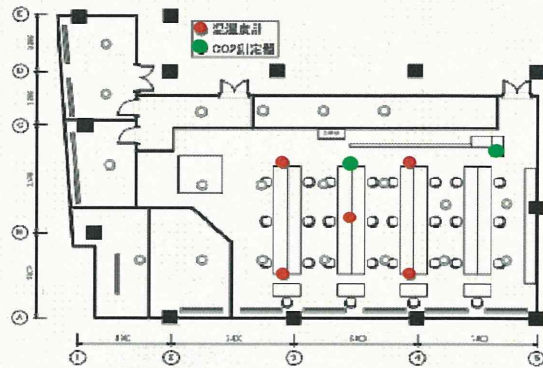


図 3-49 Hビル代表階平面図

### C.7.4 Hビル測定結果

Hビル各階における室内温度と相対湿度の分布を湿り空気線図上にプロットしたものを図 3-50(2011 年度)に示す。温度に関しては夏期に、建築物衛生法から逸脱したものが多く傾向が見られ、湿度においては、中間期に基準値から逸脱したものが多く傾向が見られる。

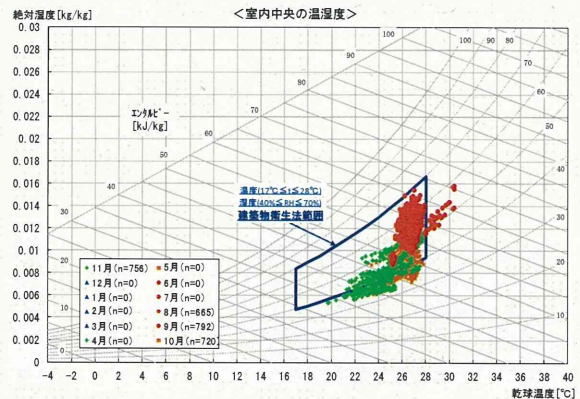


図 3-50 Hビル代表階温湿度

Hビルにおける室内温湿度の基準値内外割合を図 3-51(温度), 図 3-52(湿度)に示す。温度においては基準値範囲内にある割合が高い傾向にあるが、8月に 30°C を超えるものも見られる。また、湿度においては 10・11 月から基準値範囲外

が生じてしまっている。建築物衛生法の基準値範囲 40%RH を下回るものが増えてしまう傾向にある。

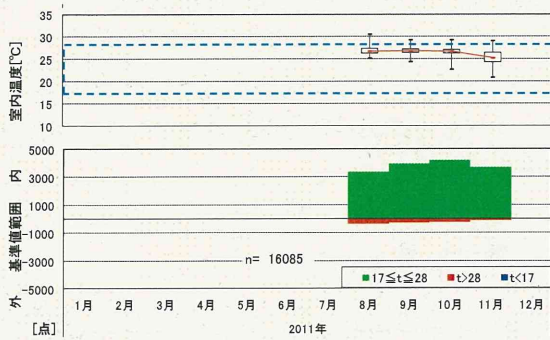


図 3-51 Hビル室内温度基準値内外割合

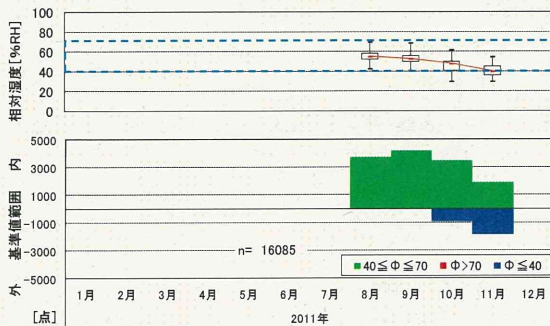


図 3-52 Hビル相対湿度基準値内外割合

Hビルにおける 2011 年度の室内温湿度の平日運用時間における 15分ごとのデータを2週間ごとの平均値にし、その数値より色分けしたコンター図を図 3-53～図 3-54 に示す。結果として、室内温度はすべての時間帯、建築物衛生法の基準値範囲内にあてはまる値となった。相対湿度においては、11 月後半より建築物衛生法の基準値範囲内にあてはまらない値となった。

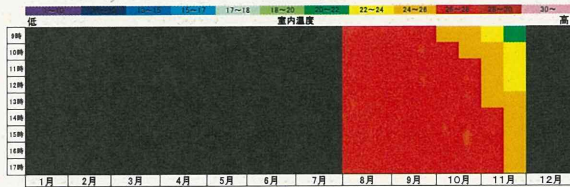


図 3-53 Hビル室内温度色分け

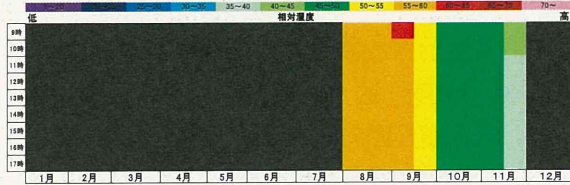


図 3-54 Hビル相対湿度色分け

### C.8 A～Hビルの二酸化炭素濃度について

測定時期にばらつきはあるものの、現在取得しているデータすべてを対象として、平日 9:00～17:00 のデータを抜粋して二酸化炭素濃度に関する解析を参考までに行った。二酸化炭素濃度の基準値内外割合（基準値 1000 ppm 以下）を図 3-55 に示す。

本検討の範囲では個別方式の基準値外割合が高い傾向にあり、基準値外割合が最も高いのが I ビルの 60.1%（小規模の個別方式の事務所ビル）であった。二酸化炭素濃度は各事務所ビルで不適合割合に大きな差が生じてしまうことを確認した。

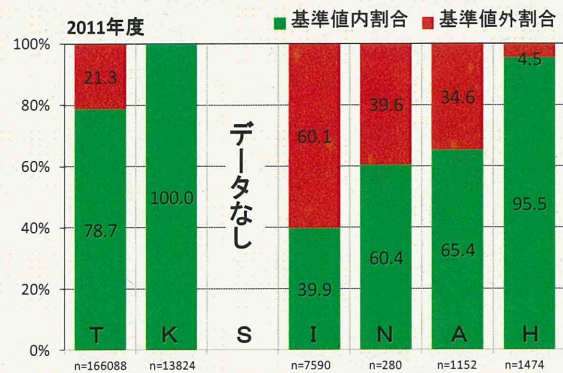


図 3-55 全ビル二酸化炭素濃度基準値内外割合

### C.9 A～Hビルの測定結果の位置づけについて

先の厚労省科研費研究で実施した、全国の特定建築物に対するアンケート調査結果に基づき、今回測定している建物の結果が、全国のどのあたりに位置するのかについて検討を行った。その結果を、季節および温湿度別に以下に示す。

温度に関しては、どの季節においてもほぼ全国分布に対して中央付近である結果が得られた。また相対湿度に関しても、やや中央値から外れるものもあるが、測定対象が特異であるというわけではない。

以上より、測定対象のサンプルとしての妥当性を示すことができたと考え、今後さらなるデータの充実を図ることとする。

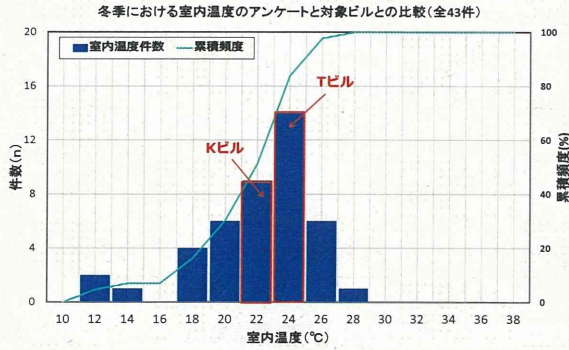


図3-56 冬期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

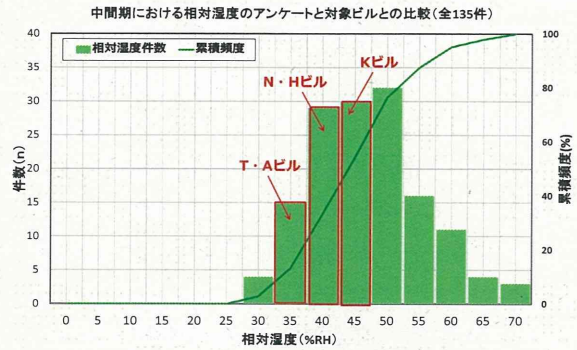


図3-60 中間期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

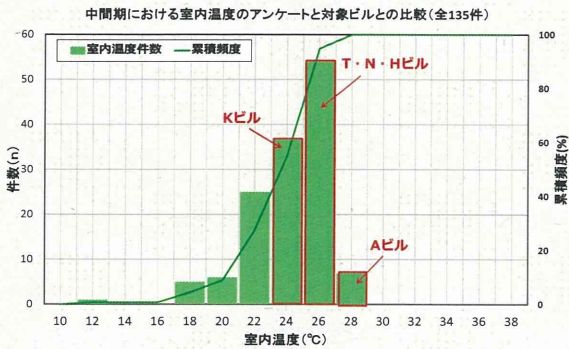


図3-57 中間期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

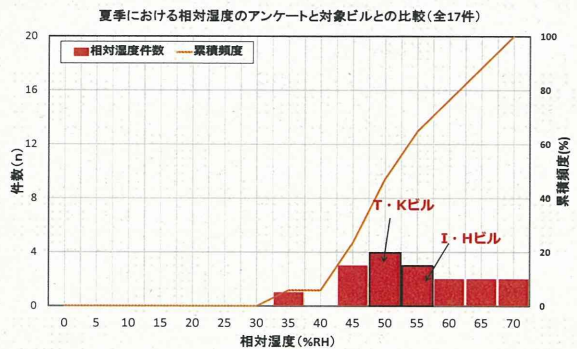


図3-61 夏期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

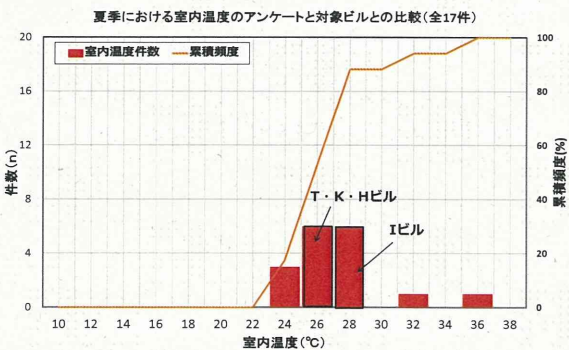


図3-58 夏期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

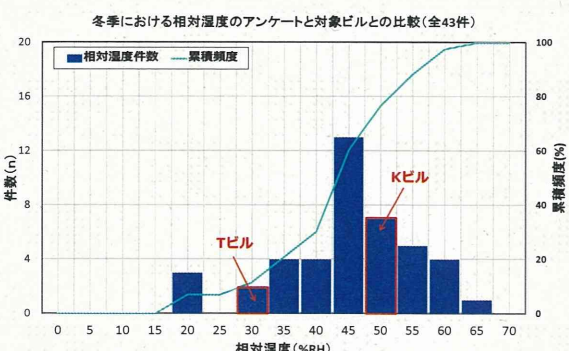


図3-59 冬期における室内温度の全国アンケート結果と対象ビルとの比較

#### D 考察

昨年度からの継続で空調方式が中央方式の建築物の測定を実施した。また、本年度から個別方式も含めた検討を行うため、対象建築物数の増加を図った。

建築物規模は大規模から小規模、竣工年数も様々な建築物の検討を行うため7件の建築物の実測、解析を実施した。また、本年度より室内温度、相対湿度の測定を行うとともに、二酸化炭素濃度も連続的に測定し解析、検討を行った。

また、昨年からの継続の建築物については本年度と昨年度の温湿度、空気調和設備の冷房及び暖房用消費熱量の比較を行い震災による節電の影響も含めた検討を行った。

さらに測定対象の妥当性の検証として、従前の研究結果との比較を実施し、測定対象の全国分布における位置づけに関する検討を行った。

#### ・C.1~3の中央方式の解析結果

各ビルにより違いがあるが、温湿度に関して基準値外は一部生じてしまうことを確認することができた。特に、冬期に基準値外割合が多い

傾向にあることを再確認した。

一方で、冬期の湿度管理を厳密に実施できている建物があることや、震災前後の空調管理方法の変更が温湿度に影響を与えている可能性があることから推察するに、中央方式の場合には、空調システムの管理運営方法が室内環境を大きく左右すること、また管理運営によって室内環境を保持できる空調性能を有していると考えられる。これについては今後の検証課題であり、次年度に引き継ぎたいと考える。

#### ・C.4~7の個別方式の解析結果

中央方式同様に各ビルにより違いがあるが、基準値外が中央方式より多くなる傾向が見られた。この傾向に関する定量的な評価は今後のデータの充実を待つことになるが、少なくとも冬期に基準値外割合が多い傾向にあることがわかった。また、中央方式同様に、各測定点で室内温度・相対湿度にばらつきが生じることを確認することができた。

#### E. 結論

本研究では、中央方式の建築物の測定を継続研究として実施した。また、本年度から個別方式も含めた検討を行うため、調査対象建物数の追加を図った。なお測定対象としての妥当性の検証も同時に実施し、サンプルとしての妥当性については確認済みである。

測定の結果、どの空調方式においても温湿度、二酸化炭素濃度ともに基準値外が生じることを再確認した。なお従前からの懸案点である、冬期の相対湿度については、ほぼ全ての建物で逸脱する傾向にあったが、一部の中央方式においてはほとんど基準値を逸脱していない結果を得た。このことから、基準値を満足する性能および管理方法が、空調方式に依存する可能性があることを示唆した。

今後は収集したデータの充実を図るとともに、公衆衛生の視点に立脚した室内環境の維持管理方法についての検討が望まれる。

#### 参考文献

1) 中原信生：「新版 ビル・建築設備の省エネルギー」, (財)省エネルギーセンター, 2001年7月

- 2) (社)日本ビルディング協会連合会：「ビルエネルギー運用管理ガイドライン(オフィスビルにおける地球温暖化対策のより一層の推進に向けて)」, (社)日本ビルディング協会連合会 2008年6月
- 3) 建築物の環境衛生管理編集委員会：「第2版 第3刷建築物の環境衛生管理 上巻」, (財)ビル管理教育センター 2007年3月
- 4) 建築物の環境衛生管理編集委員会：「第2版 第3刷建築物の環境衛生管理 下巻」, (財)ビル管理教育センター 2007年3月
- 5) 橋戸幹彦：「建築設備」, 株式会社建築技術, 2010年2月
- 6) 内田治：「すぐわかる SPSS によるアンケート調査・集計・解析[第3版]」, 東京図書株式会社 2008年10月
- 7) 内田治：「すぐわかる SPSS によるアンケートの多変量解析 [第2版]」, 東京図書株式会社 2007年6月
- 8) 射場本 百田他：特定建築物における室内環境と省エネルギーに関する研究(第1報~第5報), 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(2010・2011)
- 9) 射場本 百田他：建築物の環境衛生と省エネルギーのあり方に関する研究(その1)~(その7), 日本建築学会大会学術講演(2010・2011)

#### 4. 健康影響と管理基準のあり方に関する研究

分担研究者 中館 俊夫 昭和大学医学部 教授

##### 研究要旨

電子写真方式の事務機器から稼働時に排出されるエミッションによる建築物室内空気汚染と、SBSを中心とした健康影響の可能性について、文献検索により検討を行った。収集された文献の範囲では、オフィスで使用される複写機やレーザープリンタなどの電子写真方式の事務機器から、稼働時にFP、UFPが排出されることは実際の測定によって証明されている。またそれに伴って室内空気の汚染が生じる可能性が指摘されている。しかし実際の空気汚染の程度や建築物内の人の曝露量に関する研究はまだ不十分であり、今後の知見の集積が期待される。またこれら粒子状物質エミッションによる空気汚染とSBSを含む健康影響とを関連付けた報告はまだ見られないが、SBSに関わる空気汚染物質としてFP、UFPに着目した研究は今後重要であると考えられる。

##### 研究協力者

飯泉 恭一 昭和大学医学部助教  
畑 春実 昭和大学医学部助教

##### A. 研究目的

複写機に代表される電子写真方式の事務機器は、粉じん（紙粉、トナー粉）やオゾン、また騒音の発生源となることから、従来からオフィスにおけるシックビルディング症候群（以下、SBS）のリスク要因の一つとされてきたが、近年高機能の複写機やレーザープリンタ、またその複合機がオフィスだけでなく一般家庭にも普及している。最近これらの機器の稼働時に、エミッションとして種々の揮発性有機化合物（以下、VOC）や、粒径がごく小さな粒子である微小粒子、超微小粒子（以下、FP、UFP）が排出されることが明らかとなり、その健康影響の可能性が懸念されている。そこで本年度は、電子写真方式の事務機器の稼働時に生じる空気汚染に関する研究報告を調べるとともに、SBSに関する報告の中で事務機器による空気汚染を考慮している文献がどの程度見られるかについて検討することとした。

##### B. 研究方法

データベースを利用した文献検索により文献を収集し、整理した。文献の範囲は原著論文を

原則とすることとして、一般誌の解説記事的な文献や会議録、報道記録は除外した。国内（和文）文献は医学中央雑誌のデータベースを、海外を含む英文文献のデータベースにはMedlineを用いた。"エミッション"、"複写機"、"レーザープリンタ"、"シックビル症候群"などのキーワード（日本語、英語）により探索的に検索を行った。検索された文献の内容を確認し、本調査の趣旨に合致する文献を適宜収集した。発表年は最近6年（2006～2011年）を原則として、その文献に関連する重要な文献は発表年に関わらず収集した。

##### C. 研究結果

複写機やレーザープリンタの稼働時にUFPを含む微細な粒子が排出されるという研究は、Morawskaらによる2007年の報告を皮切りにいくつか報告されていた。しかしそれに伴うオフィスの空気汚染や、事務機器稼働時のエミッションが空気環境に及ぼす影響を実際に測定、評価した報告はまだごく少なく、さらにこれらエミッションと、SBSを含む健康影響とをともにキーワードで指定して検索しても、抽出される文献の中に、エミッションの健康影響を実験研究や疫学研究で検討した報告は見当たらなかった。一方SBSをキーワードとした場合はきわめて多くの文献が抽出された。またわが国の報告

ではシックハウス症候群（以下、SHS）を SBS と類似した概念として使用していることから、和文の文献では SHS も含めて検索を行った。抽出された文献の抄録を吟味し、本研究に関連する文献として 18 件を取り上げ、これらの書誌情報と著者抄録を文献リストとして以下に示した。  
(1)複写機, レーザープリンタ稼働時に排出されるエミッションに関する文献

1.Tang T, Hurras J, Gminski R, Mersch-Sundermann V. Fine and ultrafine particles emitted from laser printers as indoor air contaminants in German offices. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2011 Nov 18. [Epub ahead of print]

Abstract :

**PURPOSE:** Various publications indicate that the operation of laser printers and photocopiers may be associated with health effects due to the release of gaseous components and fine and ultrafine particles (UFP). However, only sparse studies are available that evaluate the possible exposure of office workers to printer emissions under real conditions. Therefore, the aim of our study was to assess the exposure of office workers to particulate matter released from laser printers and photocopiers.

**METHODS:** Concentrations of fine particles and UFP were measured before, during, and after the operation of laser printing devices in 63 office rooms throughout Germany. Additionally, the particles were characterized by electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy.

**RESULTS:** A significant increase of fine particles and UFP was identified in ambient workplace air during and after the printing processes. Particle fractions between 0.23 and 20  $\mu\text{m}$  emitted by the office machines significantly affect particle mass concentrations while printing 500 pages, i.e., during the printing process, PM(0.23-20), PM(2.5), and PM(10) concentrations increased in 43 out of the evaluated 62 office rooms investigated. Additionally, a significant increase was observed in submicrometer particles, with median particle number concentrations of 6,503 particles/cm<sup>3</sup> before and 18,060 particles/cm<sup>3</sup> during the printing process.

**CONCLUSIONS:** Our data indicate that laser printers and photocopiers could be a relevant source of fine particles and particularly UFP in office rooms.

2.Barthel M, Pedan V, Hahn O, Rothhardt M, Bresch H, Jann O, Seeger S. XRF-analysis of fine and ultrafine particles emitted from laser printing devices. *Environ Sci Technol.* 2011 Sep 15;45(18):7819-25.

**Abstract:** In this work, the elemental composition of fine and ultrafine particles emitted by ten different laser printing devices (LPD) is examined. The particle number concentration time series was measured as well as the particle size distributions. In parallel, emitted particles were size-selectively sampled with a cascade impactor and subsequently analyzed by the means of XRF. In order to identify potential sources for the aerosol's elemental composition, materials involved in the printing process such as toner, paper, and structural components of the printer were also analyzed. While the majority of particle emissions from laser printers are known to consist of recondensated semi volatile organic compounds, elemental analysis identifies Si, S, Cl, Ca, Ti, Cr, and Fe as well as traces of Ni and Zn in different size fractions of the aerosols. These elements can mainly be assigned to contributions from toner and paper. The detection of elements that are likely to be present in inorganic compounds is in good agreement with the measurement of nonvolatile particles. Quantitative measurements of solid particles at 400 °C resulted in residues of  $1.6 \times 10^9$  and  $1.5 \times 10^{10}$  particles per print job, representing fractions of 0.2% and 1.9% of the total number of emitted particles at room temperature. In combination with the XRF results it is concluded that solid inorganic particles contribute to LPD emissions in measurable quantities. Furthermore, for the first time Br was detected in significant concentrations in the aerosol emitted from two LPD. The analysis of several possible sources identified the plastic housings of the fuser units as main sources due to substantial Br concentrations related

to brominated flame retardants.

3. Morawska L, He C, Johnson G, Jayaratne R, Salthammer T, Wang H, Uhde E, Bostrom T, Modini R, Ayoko G, McGarry P, Wensing M. An investigation into the characteristics and formation mechanisms of particles originating from the operation of laser printers. *Environ Sci Technol.* 2009 Feb 15;43(4):1015-22.

Abstract: While current research has demonstrated that the operation of some laser printers results in emission of high concentrations of ultrafine particles, fundamental gaps in knowledge in relation to the emissions still remain. In particular, there have been no answers provided to questions such as the following: (1) What is the composition of the particles? (2) What are their formation mechanisms? (3) Why are some printers high emitters, while others are low? Considering the widespread use of printers and human exposure to these particles, understanding the process of particle formation is of critical importance. This study, using state-of-the-art instrumental methods, has addressed these three points. We present experimental evidence that indicates that intense bursts of particles are associated with temperature fluctuations and suggest that the difference between high and low emitters lies in the speed and sophistication of the temperature control. We have also shown, for the first time, that the particles are volatile and are of secondary nature, being formed in the air from VOC originating from both the paper and hot toner. Some of the toner is initially deposited on the fuser roller, after which the organic compounds evaporate and then form particles, through one of two main reaction pathways: homogeneous nucleation or secondary particle formation involving ozone.

4. He C, Morawska L, Taplin L. Particle emission characteristics of office printers. *Environ Sci Technol.* 2007 Sep 1;41(17):6039-45.

Abstract: In modern society, printers are widely used in the office environment. This study investigated particle number and PM<sub>2.5</sub> emissions from printers

using the TSI SMPS, TSI CPC 3022, and 3025A TSI P-Trak and DustTrak. The monitoring of particle characteristics in a large open-plan office showed that particles generated by printers can significantly ( $p = 0.01$ ) affect the submicrometer particle number concentration levels in the office. An investigation of the submicrometer particle emissions produced by each of the 62 printers used in the office building was also conducted and based on the particle concentrations in the immediate vicinity of the printers, after a short printing job, the printers were divided into four classes: non-emitters, and low, medium, and high emitters. It was found that approximately 60% of the investigated printers did not emit submicrometer particles and of the 40% that did emit particles, 27% were high particle emitters. Particle emission characteristics from three different laser printers were also studied in an experimental chamber, which showed that particle emission rates are printer-type specific and are affected by toner coverage and cartridge age. While a more comprehensive study is still required, to provide a better database of printer emission rates, as well as their chemical characteristics, the results from this study imply that submicrometer particle concentration levels in an office can be reduced by a proper choice of the printers.

5. Lee CW, Dai YT, Chien CH, Hsu DJ. Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. *Environ Res.* 2006 Feb;100(2):139-49. Epub 2005 Jul 19.

Abstract: This study investigates the indoor air quality of typical photocopy centers in Taiwan to evaluate the human health risk following inhalation exposure. Both personal and area samplings were conducted at seven photocopy centers in the Tainan area from July 2002 to March 2003, which covered both summer and winter seasons in Taiwan. The benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes, and styrene (BTEXS) measurements indicated no difference between personal and area samplings ( $P > 0.05$ ) and found that air conditioning improves indoor air quality. The additive factor at each photocopy center

was significantly below 1.0, based on the current BTEXS permissible exposure limits in Taiwan. However, the mean benzene and styrene levels in the current study were 138 and 18 times, respectively, higher than those in another study conducted in the United States. Comparison of mass ratios of BTEXS with those of several chamber studies revealed that the photocopier is not the only volatile organic compound (VOC) source in photocopy centers. The lifetime cancer and noncancer risks for workers exposed to VOCs were also assessed. Results show that all seven centers in this study had a lifetime cancer risk exceeding  $1 \times 10^{-6}$  (ranging from  $2.5 \times 10^{-3}$  to  $8.5 \times 10^{-5}$ ). Regarding noncancer risk, levels of toluene, ethylbenzene, xylenes, and styrene were below the reference levels in all photocopy centers; however, the hazard indices for all still exceeded 1.0 (range 26.2-1.8) because of the high level of benzene in the photocopy centers.

## (2)SBSに関する最近の主要文献

1. Lan L, Wargocki P, Wyon DP, Lian Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air* 2011; 21(5): 376-90.

Abstract: The effects of thermal discomfort on health and human performance were investigated in an office, in an attempt to elucidate the physiological mechanisms involved. Twelve subjects (six men and six women) performed neurobehavioral tests and tasks typical of office work while thermally neutral (at 22°C) and while warm (at 30°C). Multiple physiological measurements and subjective assessment were made. The results show that when the subjects felt warm, they assessed the air quality to be worse, reported increased intensity of many sick building syndrome symptoms, expressed more negative mood, and were less willing to exert effort. Task performance decreased when the subjects felt warm. Their heart rate, respiratory ventilation, and end-tidal partial pressure of carbon dioxide increased significantly, and their arterial oxygen saturation decreased. Tear film quality was found to be

significantly reduced at the higher temperature when they felt warm. No effects were observed on salivary biomarkers (alpha-amylase and cortisol). The present results imply that the negative effects on health and performance that occur when people feel thermally warm at raised temperatures are caused by physiological mechanisms. PRACTICAL IMPLICATIONS: This study indicates to what extent elevated temperatures and thermal discomfort because of warmth result in negative effects on health and performance and shows that these could be caused by physiological responses to warmth, not by the distraction of subjective discomfort. This implies that they will occur independently of discomfort, i.e. even if subjects have become adaptively habituated to subjective discomfort. The findings make it possible to estimate the negative economic consequences of reducing energy use in buildings in cases where this results in elevated indoor temperatures. They show clearly that thermal discomfort because of raised temperatures should be avoided in workplaces.

2. 吉田辰夫, 小川真規, 後藤浩之, 大下歩, 黒瀬直子, 横沢册子, 平田衛, 圓藤陽子. シックビル症候群患者の臨床所見並びに環境測定結果について. *産業衛生学雑誌* 2011; 53(2): 25-32.

抄録: 目的: シックハウス症候群の調査報告は数多くあるが, 日本における職業性シックビルディング症候群 (SBS) の症例報告は限られている. われわれは集団発生事例において臨床的な観察と環境濃度測定を実施した. 対象と方法: オフィス内に新設した耐火金庫室内部の塗装工事後に体調不良を訴え, 当科を受診した事務職員 11 名 (男性 2 名と女性 9 名) に問診, 血液一般および生化学検査, 免疫学的検査, 肺機能検査, 神経眼科の検査および精神心理検査を実施し, 事務所内環境測定を塗装後 27 日後, 55 日後, 132 日後の 3 回実施した. 非受診者 (男性 21 名と女性 1 名) においては自記式質問紙調査を実施した. 結果: 事務職員は工事終了 9 日後に仕事を始めたが, その直後に大半の従業員が異臭を感じ, 頭痛, 倦怠感, 集中力の低下や眼の刺激を訴えた. 塗装に使用された塗



料はアクリル樹脂塗料で、金庫室内のトルエン、キシレン、総揮発性有機化合物 (T-VOC) の 27 日後の濃度は 2,972, 2,610, 7,100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であったが、132 日後には、78, 113, 261  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  に低下していた。結論：自覚症状、アレルギー等の他の器質的疾患の検査は否定的なこと、環境測定結果から、受診者 11 名のうち女性 7 名を SBS と診断した。非受診者 (男性 22 名と女性 1 名) における質問紙の回答でも、異臭や不快感などの訴えの出現と消滅の時期が金庫内のトルエンなどの濃度推移と一致していたことから、SBS 診断の妥当性が確認された。

3.Sahlberg, B.;Wieslander, G.;Norback, D. Sick building syndrome in relation to domestic exposure in Sweden--a cohort study from 1991 to 2001 *Scand J Public Health* 2010; 38(3): 232-8

Abstract: BACKGROUND: Most studies on sick building syndrome (SBS) are cross-sectional and have dealt with symptoms among office workers. There are very few longitudinal cohort studies and few studies on SBS in relation to domestic exposures. The aim of this study was to investigate changes in SBS symptoms during the follow-up period and also to investigate changes in different types of indoor exposures at home and relate them to SBS symptoms in a population sample of adults from Sweden. We also wanted to investigate if there was any seasonal or regional variation in associations between exposure and SBS. METHODS: A random sample of 1,000 people of the general population in Sweden (1991) was sent a self administered questionnaire. A follow-up questionnaire was sent in 2001. RESULTS: An increased risk for onset of any skin symptoms (risk ratio (RR) 2.32, 1.37-3.93), mucosal symptoms (RR 3.17, 1.69-5.95) or general symptoms (RR 2.18, 1.29-3.70) was found for those who had dampness or moulds in the dwelling during follow-up. In addition people living in damp dwellings had a lower remission of general symptoms and skin symptoms. CONCLUSIONS: Dampness in the dwelling is a risk factor for new onset of SBS symptoms. Focus on indoor environment improvements in dwellings can be

beneficial both for the inhabitants and the general population. Reducing dampness in buildings is an important factor for reducing SBS symptoms in the general population.

4.Takeda, M.;Saijo, Y.;Yuasa, M.;Kanazawa, A.;Araki, A.;Kishi, R. Relationship between sick building syndrome and indoor environmental factors in newly built Japanese dwellings. *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 82(5): 583-93.

Abstract:

Objectives Indoor air contaminants and dampness in dwellings have become important environmental health issues. The aim of this study is to clarify which factors are related to sick building syndrome (SBS) in newly built dwellings at Hokkaido, Japan, through a comprehensive evaluation of the indoor environment and validated sick building symptom questionnaires.

Methods The symptoms of 343 residents in 104 detached houses were surveyed by standardized questionnaires, and the concentrations of formaldehyde, acetaldehyde, volatile organic compounds (VOCs), airborne fungi, and dust mite allergen in their living rooms were measured. By summing the presence or absence of the Wve dampness indicators (condensations, mold growth, moldy odor, high air humidity of the bathroom, water leakage), a dampness index was calculated.

Results SBS symptoms were found in 21.6% of surveyed individuals. In a fully adjusted multivariate logistic regression analysis, the dampness index [odds ratio (OR) = 1.50;95% confidence interval (CI): 1.06.1.11], log formaldehyde (OR = 23.79, 95% CI: 2.49.277.65), and log alphapinene (OR = 2.87, 95% CI: 1.36.6.03) had significantly higher ORs for SBS symptoms. However, other VOCs, airborne fungi, and dust mite allergen did not have significantly higher ORs.

Conclusion Dampness, formaldehyde, and alpha-pinene were significantly related to SBS symptoms in newly built dwellings. We should, therefore, take measures to reduce the chemicals and dampness in dwellings.

Keywords Sick building syndrome ·  
Formaldehyde · Alpha-pinene · Mold · Airborne  
fungi · Mite allergen

5.Rios, J. L.;Boechat, J. L.;Gioda, A.;dos Santos, C. Y.;de Aquino Neto, F. R.;Lapa e Silva, J. R. Symptoms prevalence among office workers of a sealed versus a non-sealed building: associations to indoor air quality. *Environ Int* 2009; 35(8): 1136-41.

Abstract: OBJECTIVES: An increasing number of complaints related to time spent in artificially ventilated buildings have been progressively reported and attributed, at least in part, to physical and chemical exposures in the office environment. The objective of this research was to investigate the association between the prevalence of work-related symptoms and the indoor air quality, comparing a sealed office building with a naturally ventilated one, considering, specially, the indoor concentration of TPM, TVOCs and the main individual VOCs. METHODS: A cross-sectional study was performed to compare the prevalence of sick building syndrome (SBS) symptoms among 1736 office workers of a sealed office building and 950 of a non-sealed one, both in Rio de Janeiro's downtown. The prevalence of symptoms was obtained by a SBS standardized questionnaire. The IAQ of the buildings was evaluated through specific methods, to determine the temperature, humidity, particulate matter and volatile organic compound (VOC) concentrations. RESULTS: Upper airways and ophthalmic symptoms, tiredness and headache were highly prevalent in both buildings. Some symptoms were more prevalent in the sealed building: "eye dryness" 33.3% and 27.1% (p: 0.01); "runny nose" 37.3% and 31.3% (p: 0.03); "dry throat" 42% and 36% (p: 0.02); and "lethargy" 58.5% and 50.5% (p: 0.03) respectively. However, relative humidity and indoor total particulate matter (TPM) concentration as well as total volatile organic compounds (TVOCs) were paradoxically greater in the non-sealed building, in which aromatic compounds had higher concentration, especially benzene. The analysis between measured exposure levels and resulting

symptoms showed no association among its prevalence and TPM, TVOCs, benzene or toluene concentration in none of the buildings. CONCLUSIONS: Other disregarded factors, like undetected VOCs, mites, molds and endotoxin concentrations, may be associated to the greater prevalence of symptoms in the sealed building.

6.Mendell, M. J.;Mirer, A. G Indoor thermal factors and symptoms in office workers: findings from the US EPA BASE study. *Indoor Air* 2009; 19(4): 291-302.

Abstract Some prior research in office buildings has associated higher indoor temperatures even within the recommended thermal comfort range with increased worker symptoms. We reexamined this relationship in data from 95 office buildings in the US Environmental Protection Agency's Building Assessment Survey and Evaluation Study. We investigated relationships between building-related symptoms and thermal metrics constructed from real-time measurements. We estimated odds ratios and 95% confidence intervals in adjusted logistic regression models with general estimating equations, overall and by season. Winter indoor temperatures spanned the recommended winter comfort range; summer temperatures were mostly colder than the recommended summer range. Increasing indoor temperatures, overall, were associated with increases in few symptoms. Higher winter indoor temperatures, however, were associated with increases in all symptoms analyzed. Higher summer temperatures, above 23°C, were associated with decreases in most symptoms. Humidity ratio, a metric of absolute humidity, showed few clear associations. Thus, increased symptoms with higher temperatures within the thermal comfort range were found only in winter. In summer, buildings were overcooled, and only the higher observed temperatures were within the comfort range; these were associated with decreased symptoms. Confirmation of these findings would suggest that thermal management guidelines consider health effects as well as comfort, and that less conditioning of buildings in both winter and

summer may have unexpected health benefits.

7.Helmis, C. G.;Assimakopoulos, V. D.;Flocas, H. A.;Stathopoulou, O. I.;Sgouros, G.;Hatzaki, M. Indoor air quality assessment in the air traffic control tower of the Athens Airport, Greece. Environ Monit Assess 2009; 148(1-4): 47-60.

Abstract : In this study, an assessment of indoor air quality (IAQ) and thermal comfort in the Athens Traffic Control Tower (ATCT) offices of Hellenicon building complex, which is mechanically ventilated, is presented. Measurements of PM(10), PM(2.5), TVOCs and CO(2) concentrations were performed during three experimental cycles, while the Thom Discomfort Index was calculated to describe the employees' feeling of discomfort. The aim of the first cycle was to identify the IAQ status, the second to investigate the effectiveness of certain measures taken, and the third to continuously monitor and control IAQ. During the first two cycles, daily spot measurements of TVOCs and CO(2) were performed at various indoor locations and at the respective outdoor air intake positions, in addition with mean 24-h spot measurements of indoor PM(10) and PM(2.5). Results revealed that pollution levels vary according to the occupancy and the kind of activity. Following that, an automated system (IMAS) was designed and employed to continuously monitor indoor and outdoor CO(2), TVOCs, temperature and relative humidity. The ultimate scope was to control the IAQ and offer acceptable comfort conditions to the employees, whose work is of special nature and extremely demanding. Intervention scenarios were formulated and applied to the system to improve indoor conditions, when and where necessary. Regarding the third cycle, 1-year measurements collected from the system to examine its effectiveness. While it was shown that discomfort may be attributed to co-existence of unsatisfactory thermal comfort conditions and IAQ, usually the sole predominant factor of discomfort feeling is thermal comfort.

8.Saijo Y; Nakagi Y; Ito T; Sugioka Y; Endo H; Yoshida T. 日本の公共共同住宅におけるシックビル症候群と湿気との関係 (Relation of dampness to sick building syndrome in Japanese public apartment houses). Environmental Health and Preventive Medicine 2009; 14(1): 26-35.

抄録:旭川の公共共同住宅の建物 64 棟とその住人 480 名を対象に標記について検討した。湿気の指標として、窓ガラスの結露、壁及び/又はクロゼットの結露、浴室のカビ、壁、窓枠及び/又はクロゼットのカビ、カビ臭、浴室における濡れたタオルの乾燥速度、水漏れ及び浴室の排水不良について調査した。その結果、浴室のカビ意外の全ての湿気指標は、シックビル症候群 (SBS) の症状の全て又は一部に対し、有意に高いオッズ比(or)を有していた。湿気指標の陽性数と、全ての SBS 症状とは有意な相関が見られた。日本の公共住宅には湿気に関連する問題があり、居住者の健康に影響していることが示された。居住者に湿気と SBS との関係について教育し、建物の問題を改善する必要があると考えられた。

9.瀧川智子;汪達紘;荻野景規. シックハウス症候群とその予防策. 日本予防医学会雑誌 2009; 4(2): 3-7.

抄録:シックハウス症候群"は新築・改築家屋の室内環境に起因して、居住者に眼、鼻、喉の刺激症状、頭痛、全身倦怠感などのさまざまな非特異的の症状が起きる健康障害であるとされている。この名称は、以前より欧米諸国において室内環境汚染に起因する健康障害に対して用いられていた"シックビル症候群"から派生しており、日本でも近年になってから、問題視されるようになった。シックハウス症候群の定義や原因には諸説あり、現在までに数多くの疫学研究がなされてきた。その中でも室内に存在する化学物質や微生物は主なシックハウス症候群の寄与因子とされている。化学的因子としては、主にホルムアルデヒドなどのアルデヒド類や揮発性有機化合物などがある。これらの化学物質を完全に室内環境から排除することは困難ではあるものの、有効な換気方法やベイクアウトといった化学物質の排出促進のための方法を用いることにより、

気中濃度をある程度低く抑えることができる。また真菌やダニといった生物学的因子については、換気による湿度コントロール、空調設備の保守管理などの発生源除去などを行う必要がある。法整備も化学物質濃度や建材などについて行われており、厚生労働省をはじめとして、濃度の基準値や環境測定、建材の性質に関する法律改正やガイドライン制定などがなされている。今後引き続きシックハウス症候群の原因・病態解明と予防対策の徹底化が進むことが期待される。

10. Mendell, M. J.; Lei-Gomez, Q.; Mirer, A. G.; Seppanen, O.; Brunner, G. Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: the US EPA BASE study. *Indoor Air* 2008; 18(4): 301-16.

Abstract: Building-related symptoms in office workers worldwide are common, but of uncertain etiology. One cause may be contaminants related to characteristics of heating, ventilating, and air-conditioning (HVAC) systems. We analyzed data from 97 representative air-conditioned US office buildings in the Building Assessment and Survey Evaluation (BASE) study. Using logistic regression models with generalized estimating equations, we estimated odds ratios (OR) and 95% confidence intervals for associations between building-related symptom outcomes and HVAC characteristics. Outdoor air intakes less than 60 m above ground level were associated with significant increases in most symptoms: e.g. for upper respiratory symptoms, OR for intake heights 30 to 60 m, 0 to <30 m, and below ground level were 2.7, 2.0, and 2.1. Humidification systems with poor condition/maintenance were associated with significantly increased upper respiratory symptoms, eye symptoms, fatigue/difficulty concentrating, and skin symptoms, with OR = 1.5, 1.5, 1.7, and 1.6. Less frequent cleaning of cooling coils and drain pans was associated with significantly increased eye symptoms and headache, with OR = 1.7 and 1.6. Symptoms may be due to microbial exposures from poorly maintained ventilation systems and to greater

levels of vehicular pollutants at air intakes nearer the ground level. Replication and explanation of these findings is needed. PRACTICAL IMPLICATIONS: These findings support current beliefs that moisture-related HVAC components such as cooling coils and humidification systems, when poorly maintained, may be sources of contaminants that cause adverse health effects in occupants, even if we cannot yet identify or measure the causal exposures. While finding substantially elevated risks for poorly maintained humidification systems, relative to no humidification systems, the findings do not identify important (symptom) benefits from well-maintained humidification systems. Findings also provide an initial suggestion, needing corroboration, that outdoor air intakes lower than 18 stories in office buildings may be associated with substantial increases in many symptoms. If this is corroborated and linked to ground-level vehicle emissions, urban ventilation air intakes may need to be located as far above ground level as possible or to incorporate air cleaners that remove gaseous pollutants.

11. Wolkoff, P.; Kjaergaard, S. K. The dichotomy of relative humidity on indoor air quality. *Environ Int* 2007; 33(6): 850-7.

Abstract: Dry and irritated mucous membranes of the eyes and airways are common symptoms reported in office-like environments. Earlier studies suggested that indoor pollutants were responsible. We have re-evaluated, by review of the literature, how low relative humidity (RH) may influence the immediately perceived indoor air quality (IAQ), including odour, and cause irritation symptoms (i.e. longer-term perceived IAQ). "Relative humidity" were searched in major databases, and combined with: air quality, cabin air, dry eyes, formaldehyde, inflammation, mucous membranes, offices, ozone, pungency, sensory irritation, particles, precorneal tear film, sick building syndrome, stuffy air, and VOCs. The impact of RH on the immediately and longer-term perceived IAQ by VOCs, ozone, and particles is complex, because both the thermodynamic condition and the emission

characteristics of building materials are influenced. Epidemiological, clinical, and human exposure studies indicate that low RH plays a role in the increase of reporting eye irritation symptoms and alteration of the precorneal tear film. These effects may be exacerbated during visual display unit work. The recommendation that IAQ should be "dry and cool" may be useful for evaluation of the immediately perceived IAQ in material emission testing, but should be considered cautiously about the development of irritation symptoms in eyes and upper airways during a workday. Studies indicate that RH about 40% is better for the eyes and upper airways than levels below 30%. The optimal RH may differ for the eyes and the airways regarding desiccation of the mucous membranes.

12.野崎淳夫;橋本康弘;成田泰章;早坂友規;吉川彩;山下祐希. 室内化学物質発生源と室内空気汚染対策製品の測定評価システムの性能に関する研究. 臨床環境医学 2007; 16(1): 21-29.

抄録: シックハウス防止のため, 建材の化学物質発生量を求める「小形チェンバー法(Jis a 1901)」が制定されるに至ったが, この測定法を用いて大型の家庭用品や事務機器等は測定できない。また, 空気汚染対策製品の化学物質除去性能を求める有用な実験評価システムの構築も急務の課題であった。そこで, 家庭用品等の室内発生源の測定評価が行える大型チェンバーを開発した。実験的検討の結果, 本実験システムにより化学物質の発生源発生量が定量的に把握できることが判明した。また, 家庭用空気清浄機等の対策技術性能を求めるには, 温度, 湿度, 換気量, 空気清浄度の制御技術とある種の汚染ガスにおける定常発生技術が要求されるが, 本実験システムではチェンバー内に任意の化学物質濃度を自在に構築することができ, 各種汚染対策技術の正しい評価が行えることも判明した。

13. Wolkoff, P.; Wilkins, C. K.; Clausen, P. A.; Nielsen, G. D. Organic compounds in office environments - sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry.

Indoor Air 2006; 16(1): 7-19.

Abstract: Sensory irritation and odor effects of organic compounds in indoor environments are reviewed. It is proposed to subdivide volatile organic compounds (VOCs) into four categories: (i) chemically non-reactive, (ii) chemically 'reactive', (iii) biologically reactive (i.e. form chemical bonds to receptor sites in mucous membranes) and (iv) toxic compounds. Chemically non-reactive VOCs are considered non-irritants at typical indoor air levels. However, compounds with low odor thresholds contribute to the overall perception of the indoor air quality. Reported sensory irritation may be the result of odor annoyance. It appears that odor thresholds for many VOCs probably are considerably lower than previously reported. This explains why many building materials persistently are perceived as odorous, although the concentrations of the detected organic compounds are close to or below their reported odor thresholds. Ozone reacts with certain alkenes to form a gas and aerosol phase of oxidation products, some of which are sensory irritants. However, all of the sensory irritating species have not yet been identified and whether the secondary aerosols (ultrafine and fine particles) contribute to sensory irritation requires investigation. Low relative humidity may exacerbate the sensory irritation impact. Practical Implications Certain odors, in addition to odor annoyance, may result in psychological effects and distraction from work. Some building materials continually cause perceivable odors, because the odor thresholds of the emitted compounds are low. Some oxidation products of alkenes (e.g. terpenes) may contribute to eye and airway symptoms under certain conditions and low relative humidity.

#### D. 考察

複写機やレーザープリンタなどの電子写真方式の事務機器から, その稼働時にエミッションとして粒径が $2.5\mu\text{m}$ 以下のFPが排出され, その中には粒径がナノメートルオーダーのUFPも含まれることが, 2007年にMorawskaらのグループにより報告されている。Heらは市販され

ているオフィス用の機器を実際に稼働させ、その際に放出されるエミッションを測定しているが、彼らの論文から図を引用すると、末尾の参考資料の図3葉に示すように、機種により差はあるものの、稼働後短時間で粒子の排出がおり、その粒径は数十～100 ナノメートルにモードを持つUFPであり、その排出が室内空気の粒子濃度に影響を与えうるものであることが示されている。その後、前項のリストに示すように、いくつかの同様な報告が発表されていることから、これらの事務機器の稼働時には、UFPを中心とする微細な粒子が放出されることは明らかである。

これらのエミッションがオフィスなどの使用場所において空気汚染の原因となりえることは、上記論文の中でも述べられているが、実際のオフィスにおける一般的な使用状況において、事務機器の使用がどの程度空気環境を変化させるか、またその結果室内にいる人にどの程度の曝露が生じるのかについてはまだ知見が少ない。またこれら粒子にどのような成分が含まれるのかについてもほとんど知見がない。今後これらの領域の報告が増えるものと期待される (Tangら(2011), Barthelら(2011)など)。

一方これらの事務機器エミッションと SBS を含む健康影響との関連を調べた報告としては、Leeらが2006年に、台湾における複写センターにおける疫学研究結果を報告しているが、この研究は汚染物質としてはベンゼン、トルエン、スチレンなどのVOCを測定している報告であり、FPやUFPなどの粒子状物質に焦点をあてた健康影響に関する研究は今のところ報告されていないようである。ただドイツでは以前からこれらエミッションの健康影響が社会問題として取り上げられており、*in vitro*の変異原性試験を含めた研究が進められており、いくつかの報道資料が発表されているようである。

SBSに関する文献は極めて多数報告されており、その中には空気中の粒子成分に着目する研究も少なくなかった。しかしその大多数はカビや細菌などを含むバイオエアロゾルに関する研究であり、事務機器から発生する粒子という観点での報告はほとんど見られなかった。しかし新しい文献の中には、SBSの重要な関連要因の

一つとしてUFPなどの粒子状物質を取り上げているものが散見されるようになってきている (Riosら(2009), Wolkoffら(2006))。またわが国では社会的にも注目されているSHSに関する文献が多数を占めており、概念的にも類似したSBSに関する文献は相対的に少なかった。その結果、SBSの関連要因としてオフィスで 사용되는事務機器のエミッションに着目した研究はまだほとんど行われていないようである。

## E. 結論

収集された文献の範囲では、オフィスで 사용되는複写機やレーザープリンタなどの電子写真方式の事務機器から、稼働時にFP、UFPが排出されることは実際の測定によって証明されている。またそれに伴って室内空気の汚染が生じる可能性が指摘されている。しかし実際の空気汚染の程度や室内の人の曝露量に関する研究はまだ不十分であり、今後の知見の集積が期待される。またこれらエミッションによる空気汚染とSBSを含む健康影響とを関連付けた報告はまだ見られないが、SBSに関わる空気汚染物質としてFP、UFPに着目した研究は今後重要であると考えられる。

## F. 研究発表

該当なし

参考資料：Heら(2007)[文献リスト(1)-4]からの引用図

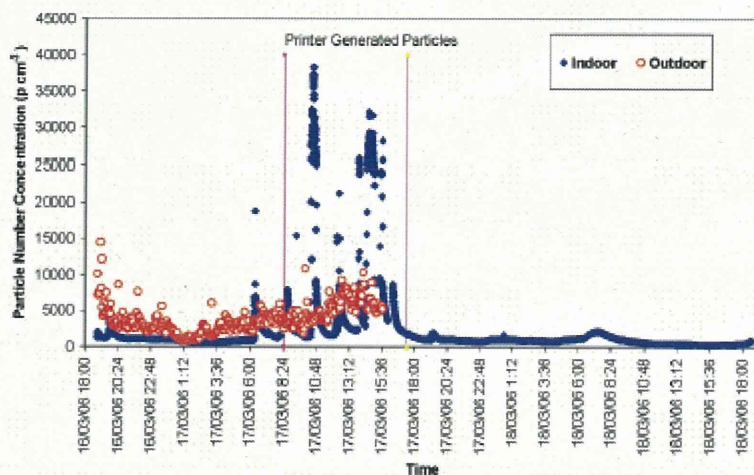


FIGURE 1. Indoor and outdoor particle number concentration (particle  $\text{cm}^{-3}$ ) variation during Friday – Saturday March 17 and 18, 2006.

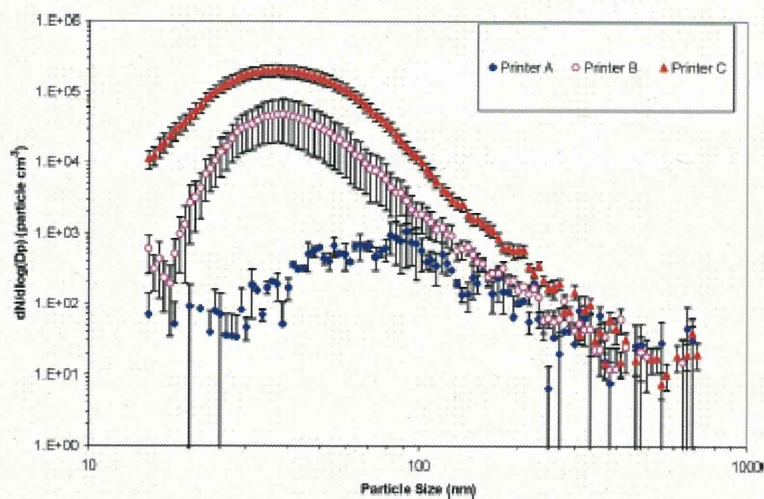
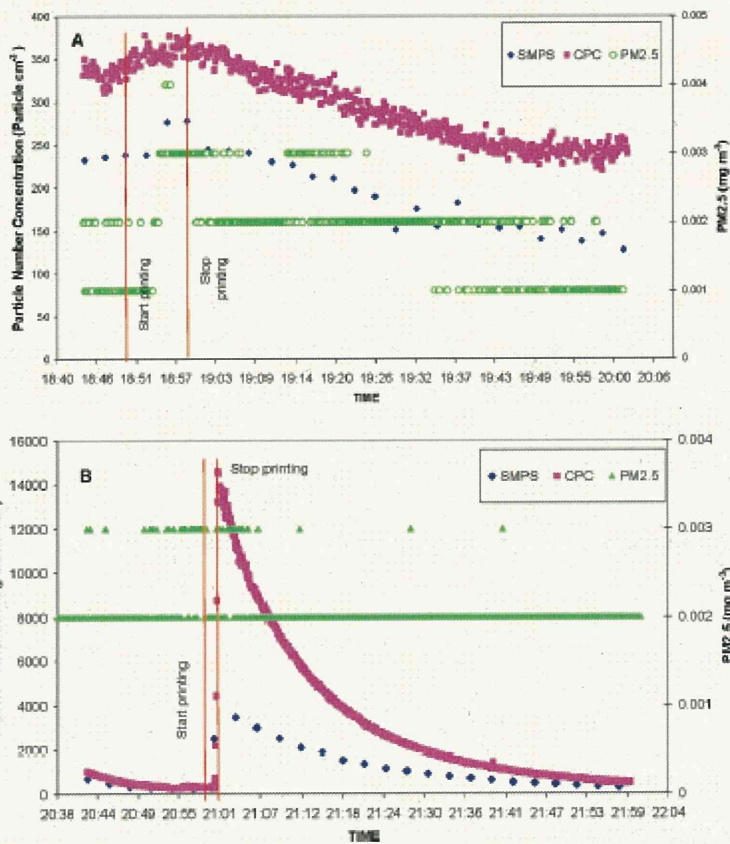


FIGURE 2. Average particle size distributions of the particles generated by the three different printers. Error bars are standard errors.



**FIGURE 3. Two examples of real-time particle concentration data, combined with printer activity information, for Printer A (A) and Printer C (B).**



