

平成 27 年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
分担研究報告書

2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討

分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部	准教授
分担研究者	柳 宇	工学院大学建築学部	教授
分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学大学院	准教授
分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院	主任研究官

研究要旨

本研究では、建築物の管理者及び利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態、建築物利用者の健康状態及び職場環境等の実態を把握することによって、これらの要因に影響する維持管理上の課題を明らかにするものである。更に、アンケートを実施した建物において、各空気環境項目について夏期及び秋期に実測調査を行った。また、高層建物における煙突効果による上層階での空気質悪化の可能性についての検討も行った。

建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査については、東京都と大阪市に所在する事務所用途の特定建築物を対象に、東京都 5 件、大阪市 6 件の事務所から実態調査（調査フロア数 24、調査対象者数約 651 名）の協力を得たうえで、平成 27 年 6 月から順次、アンケート調査を計画通りに実施中である。実測調査の結果としては、多くの建物において、温度、二酸化炭素濃度は基準値を満足していたが、相対湿度に関しては、基準値である 40%を下回る建物があり、冬期における加湿の対策が必要である。

研究協力者

大澤元毅	国立保健医療科学院
林 基哉	国立保健医療科学院
開原典子	国立保健医療科学院
奥村龍一	東京都健康安全研究センター
河野彰宏	大阪市役所生活衛生課

必要があると考えられる<sup>3)</sup>。

このような背景を踏まえ、本研究では、建築物の管理者及び利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態、建築物利用者の健康状態及び職場環境等の実態を把握する。そして、オフィス環境に起因すると思われる健康障害の実態と職場環境との関連性、建築物利用者の健康及び職場環境に影響する可能性のある維持管理上の課題を明らかにする。

平成 25 年度までの厚生労働科学研究費による調査では、2 回（夏冬）の断面調査を実施した。その結果、建物室内関連症状の有症率は、1990 年代に調査された米国の大規模オフィスビルほどではないが、日本でも少なからず残っており、温湿度環境、薬品及び不快臭、ほこり及び汚れ、騒音、居室の改装、温湿度及び二酸化炭素の建築物環境衛生管理基

2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討

2-1 建築物における衛生環境の実態と管理項目

A. 研究目的

近年、建築物の多様化及び省エネルギー対応などにより、建築物衛生法の管理基準に適合しない建築物が増加している<sup>1),2)</sup>。また、微生物及び超微小粒子など建築物に関わる汚染要因も変化してきており、監視方法及び管理基準を含めた環境衛生管理のあり方を検討する

準に対する不適合との関係等の可能性が示唆された<sup>4)</sup>。

現在、建築物衛生法に基づく環境衛生管理基準の測定及び点検は、6回/年実施することとなっている。事務所労働者の症状に関するリスク要因、維持管理上の問題を明らかにするためには、平成25年度までの調査で行った2回の断面調査だけでは十分とは言えない。年間を通じた縦断調査が必要である。そこで、本調査では、調査事務所数を全国数地点の数十件程度に絞ったうえで、2年間(2ヶ月ごとに中間評価を実施)の前向き縦断調査を実施する。そして、事務所に勤務する従業員の症状に関するリスク要因と建築室内環境における維持管理上の問題点について、より高い科学的エビデンスを得る。

本研究で得られた成果は、建築物における衛生的環境を確保するうえで、今後の建築物に必要な管理基準及び監視方法等のあり方に関する施策の立案に寄与するものである。

## B. 研究方法

### B.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査(縦断調査)

#### B.1.1 研究デザイン

自記式調査票<sup>4)</sup>を調査対象の企業に配付し、郵送にて回収を行う。建築物の管理者又は事務所の責任者に対しては「建築物の維持管理状況の調査」(管理者用調査)、事務所の従業員に対しては「職場環境と健康の調査」(従業員用調査)を実施する。管理者用調査では、事務所及び事務所が入居する建築物の維持管理状況などを質問する。従業員用調査では、職場環境と健康状態などを質問する。また、あわせて建築物環境衛生管理の空気環境項目(温湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん)揮発性有機化合物及び粒子状物質の気中濃度、真菌及び細菌の気中濃度、気中のエンドトキシンを測定する。

調査票によるアンケートは2ヶ月に1回、温湿度は連続測定、その他の項目は4ヶ月に1回の頻度で実施する。

#### B.1.2 調査対象

東京都と大阪市に所在する事務所用途の特定建築物を調査対象とした。東京都の特定建築物は多数なため、延床面積1万平方メートル以上の特定建築物を調査対象とした。

調査対象の事務所を選定するにあたり、東京都健康安全研究センタービル衛生検査係と大阪市生活衛生課を通じた情報公開請求で得た情報をもとに、実態調査依頼書を建築物管理者に送付した。調査依頼は、大阪市1543施設、東京都1582施設であり、大阪市と東京都に届け出されている全ての施設に調査依頼書を郵送した。調査依頼書の発送は、平成27年1月20日に実施した。そして、調査への協力可能との回答が得られた事務所を訪問し、調査に関する詳しい説明と調査への協力依頼を個別に実施した。

#### B.1.3 自記式調査票

管理者用及び従業員調査票は、平成23~25年度の研究で使用した調査票<sup>4)</sup>を使用する。従業員調査票は、米国環境保護庁<sup>5)</sup>、米国立労働安全衛生研究所<sup>6)</sup>、欧州共同研究<sup>7)</sup>によるシックビルディング症候群の質問票を参照し、低湿度でのVDU(visual display unit)作業、超微小粒子、微生物汚染などの近年懸念される諸問題及び職業性ストレス<sup>8)</sup>を考慮した調査票となっている。従業員調査票は、個人属性、職場環境、健康状態(23症状、15既往疾患歴)、職場の空気環境の状態、職業性ストレスの状態などの質問で構成されている。

## B.2 建築物における実測調査

### B.2.1 調査対象

表2-1-1に調査対象の概要を示す。対象建築物は、上述の調査協力の得られた事務所となっている。ハッチの建物は夏期と秋期の2回調査を行った建物を表している。夏期は東京4件、大阪2件の計6件、秋期は東京5件、大阪5件の計10件を対象にしており、それぞれ2015年6月18日~8月20日、2015年10月1日~10月20日が調査期間である。

表 2-1-1 測定概要

測定概要				
測定日	対象建築物ID	空調方式	対象室面積 (m <sup>2</sup> )	測定時在室者数 (人)
2015/08/20 AM 2015/10/20 PM	T5	AHU+ダクト	922	90
2015/08/20 PM 2015/10/20 PM	T6	PAC+HEX	92	11
2015/06/18 PM 2015/10/08 PM	T17	AHU+ダクト	737	57
2015/08/20 PM 2015/10/20 AM	T18 (2カ所)	PAC+HEX	422・645	22・65
2015/10/08 AM	T19 (2カ所)	AHU+ダクト	1152	100・39
2015/10/01 PM	O3 (3カ所)	AHU+ダクト		14・8・11
2015/08/05 PM 2015/10/01 PM	O4	PAC+HEX	119	4
2015/10/02 AM	O5 (5カ所)	AHU+ダクト	368	34・26・70・76・19
2015/08/05 PM 2015/10/02 PM	O6	AHU+ダクト	194	6
2015/10/01 AM	O8 (4カ所)	PAC+HEX	186	8・8・18・18

## B.2 調査方法

### (1) 温湿度・CO<sub>2</sub>濃度・浮遊微生物・微粒子

測定は室内，給気，外気又は換気の給気口の3箇所で行った。浮遊細菌と浮遊真菌の測定には BIOSAMP MBS-1000 (ミドリ安全製) を用いて SCD と DG18 培地を使用し，吸引量を 100L でそれぞれ 2 回ずつ捕集した。培養条件は 32・2 日間 (SCD) と 25・5 日間 (DG18) 以上で行った。浮遊微粒子にはパーティクルカウンター (KR-12A, リオン製, 6 段階の粒径で測定を行う) を用いて，浮遊微生物と同時に測定した。また各建物には，温湿度データロガー (Thermo Recorder TR-72U T&D 社製) を設置して，相対湿度，CO<sub>2</sub>濃度の連続測定を行った。

### (2) 化学物質

化学物質として，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドなどのカルボニル化合物については，DNPH カートリッジを用い，1 L/min で計 30 L の捕集を行い，HPLC により定量分析を行った。トルエンなど VOC については，Tenax 捕集剤を用いて捕集し，GC/MS により分析を行った。なお，TVOC の算出には，ヘキサンからヘキサデカンに検出したピークをトルエン換算して算出した。

### (3) PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>2.5</sub> の測定には，多くの既往の研究において用いられている可搬型の PM<sub>2.5</sub> 計 (TSI DustTrak DRX 8533) を用いることとした。この装置は，光散乱法を用いており，1 分毎の濃度を記録するものである。ただし，粒子の性状によりこの機器が表示する濃度と実際の質量濃度は異なることが知られており，換算係数を乗じて濃度とするのが一般的である。本研究においては，この係数を大気で通常用いられている 0.38 として表示する。測定については，各対象部屋において 30 分程度の計測を行った。

### (4) エンドトキシン

空気試料については，微生物の培地吸引では 100L を用いることが多いが，本研究で検討しているフィルタは直径 47mm のゼラチンフィルタ及び MCE フィルタ (Mixed Cellulose Ester Membrane Filter) と小さく，適切な吸引流量が明らかでないため 25~80L (3.0L/min × 8~10min, 4.0L/min × 20min) を吸引・捕集した。

捕集後，りん酸緩衝生理食塩水 (Phosphate Buffered Saline, 0.85% NaCl) 10ml に含浸・溶

出・保存した。持ち帰った試料はボルテックスミキサーで 60 秒間攪拌した後、ゼラチンフィルタは蒸留水（注射用水，エンドトキシンフリー）で更に 100 倍希釈，MCE フィルタは更に 10 倍希釈し，分析に用いた。

分析装置として Toxinometer ET-5000（和光純薬）を用いた。ライセート（LAL）試薬と反応させたエンドトキシンのゲル化に伴う濁度変化をカイネティック比濁法で測定し，検量線に基づいて定量する。透過光量比を計測し測定開始から設定閾値（94.9%）に達するまでの時間（ $T_g$ ：ゲル化時間）でエンドトキシン濃度が決定される。日本薬局方及び FDA 認証分析法にはゲル化法・比濁法・比色法の 3 つがあるが吸光比濁法は精度が高く定量しやすい利点があり，1～0.001EU/mL の広範囲・高感度で検出できるため環境中汚染程度を測定するのに適合している。定量のために，1.0，1/8，1/64，1/512(=0.00195)EU/mL の 4 段階の濃度標準を用いて検量線を作成した。

濃度単位としては，「EU/mL」：検出濃度，「EU/g」：ダスト単位重量当たり濃度，「EU/m<sup>3</sup>」：空気単位容積当たり濃度を用いる。EU は Endotoxin Unit（エンドトキシン活性値）のことである。

#### （倫理面での配慮）

本研究のアンケート調査は，国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認（承認番号 NIPH - IBRA#12077，平成 26 年 10 月 16 日承認）を得て実施している。

## C. 研究結果及び考察

### C.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査（縦断調査）

東京都と大阪市に所在する事務用途の特定建築物を対象に，東京都と大阪市の協力のもと，大阪市 1543 施設，東京都 1582 施設の調査依頼を行った。その結果，東京都 5 件，大阪市 6 件の事務所から実態調査（調査フロア数 24，調査対象者数約 651 名）の協力を得た。平成 27 年 6 月から順次，アンケート調査と室内環境の実測調査を計画通りに実施中である。

### C.2 建築物における実測調査

#### C.2.1 温湿度・CO<sub>2</sub>濃度結果

図 2-1-1~図 2-1-24 に各建物の 2015 年 11 月 10 日~11 月 24 日の 2 週間の温湿度・CO<sub>2</sub>濃度の経時変化を示す。図中の囲みは建築物環境衛生管理基準値を示している。

図 2-1-1~図 2-1-3 の T5 の経時変化において，CO<sub>2</sub>濃度と温度は管理基準値を満足しているものの，相対湿度においては管理基準値である 40%を下回る日が見受けられた。この建物では自然換気を取り入れており，また CO<sub>2</sub>濃度が設定された上限濃度に達すると自動で外気を取り入れる CO<sub>2</sub>制御を行い，基準値を満足させている。階別による差は見られなかった。他のほとんどの建物で CO<sub>2</sub>濃度と温度は管理基準値を満足していたが，相対湿度の関しては，管理基準値である 40%を下回る結果が多くみられた。この結果からも冬期の低湿度問題が浮き彫りとなった。

近年省エネの意識がますます高まり，CO<sub>2</sub>濃度制御を取り入れる建物が多く見られた。しかし，例えば，前述した T5 ビルにおいては，昼頃に室内 CO<sub>2</sub>濃度が設定濃度に達し，外気量を多く導入したため，室内 CO<sub>2</sub>濃度が下がりつつあった。本来なら，取り入れ外気量を，室内 CO<sub>2</sub>濃度が設定濃度を超えないところで制御した方がより省エネが図られるが，取り入れ外気側のダンパがずっと開いたため，昼過ぎの省エネ効果が得られなかった。CO<sub>2</sub>濃度制御について，ボリュームダンパ（VD）による自動制御の導入などが望まれる。

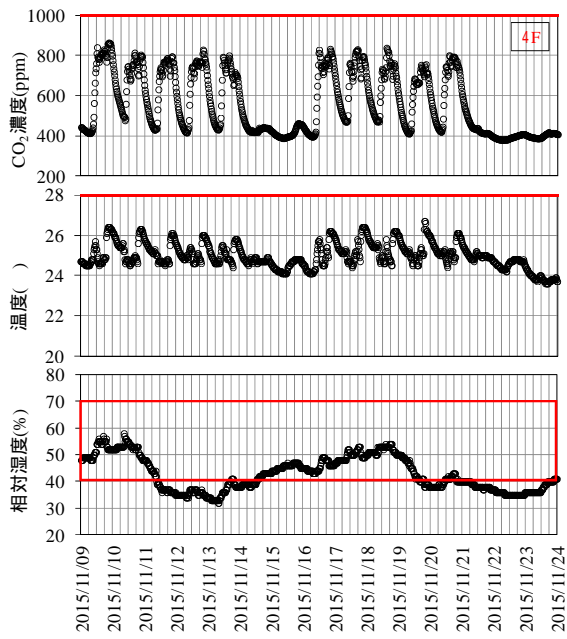


図 2-1-1 T5 (4F) 経時变化

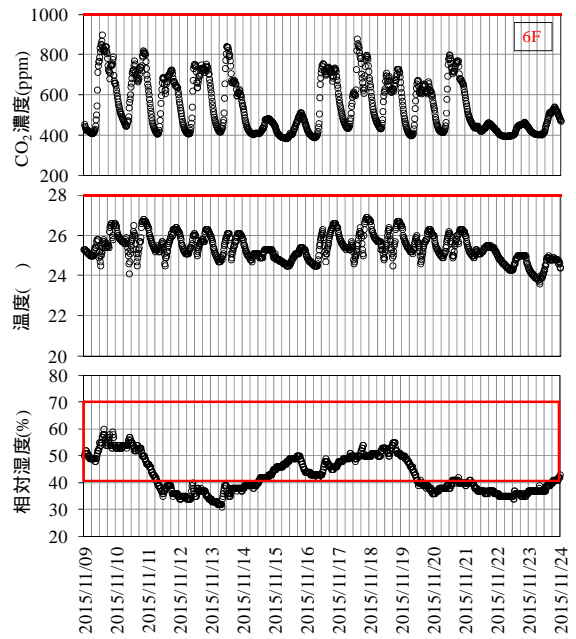


図 2-1-3 T5 (6F) 経時变化

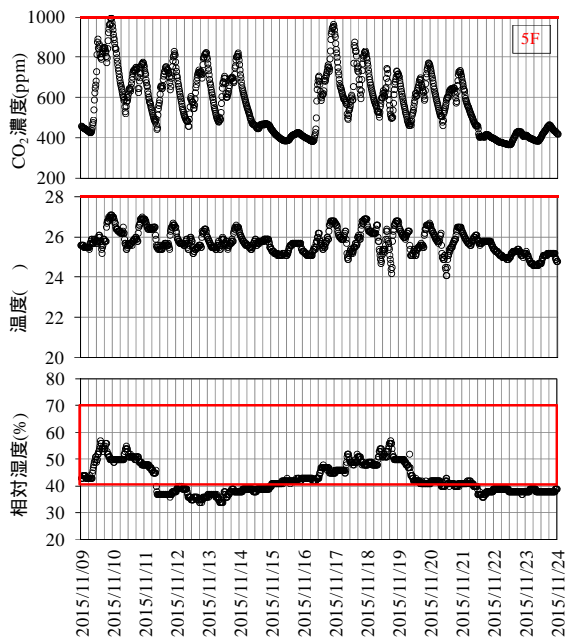


図 2-1-2 T5 (5F) 経時变化

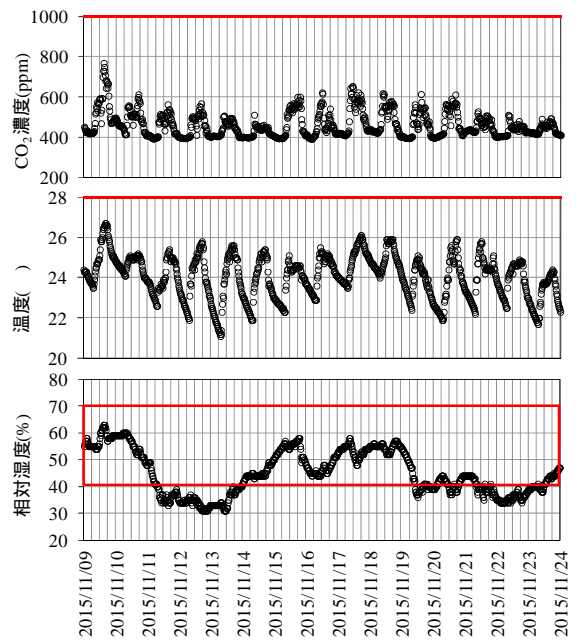


図 2-1-4 T6 経時变化

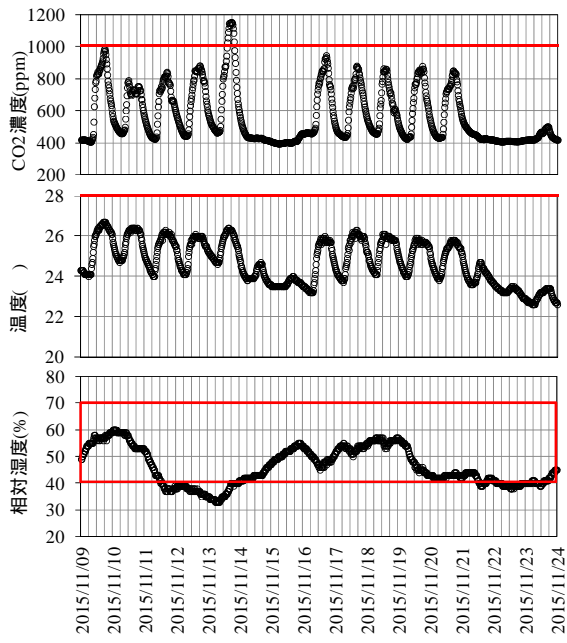


図 2-1-5 T18 (海側) 経時変化

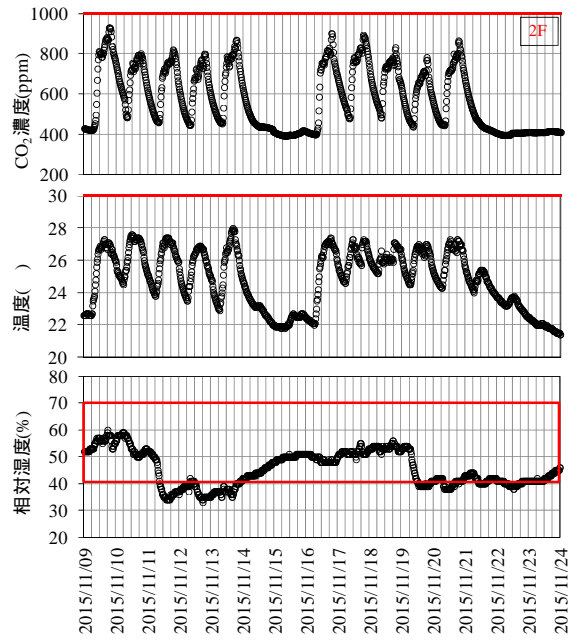


図 2-1-7 T19 (2F) 経時変化

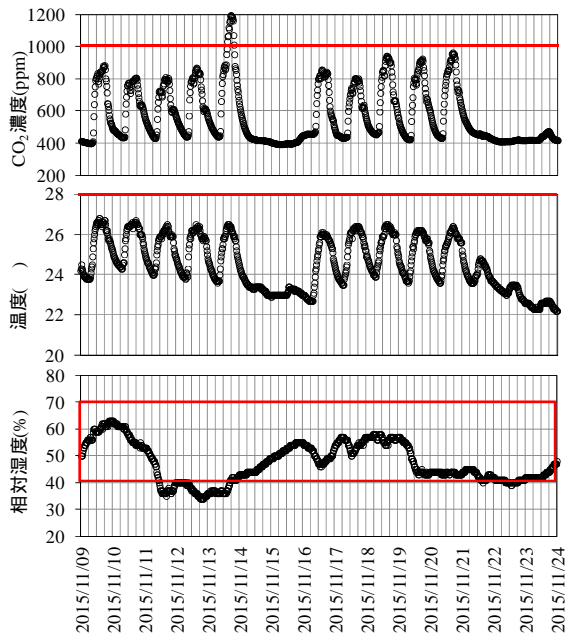


図 2-1-6 T18 (山側) 経時変化

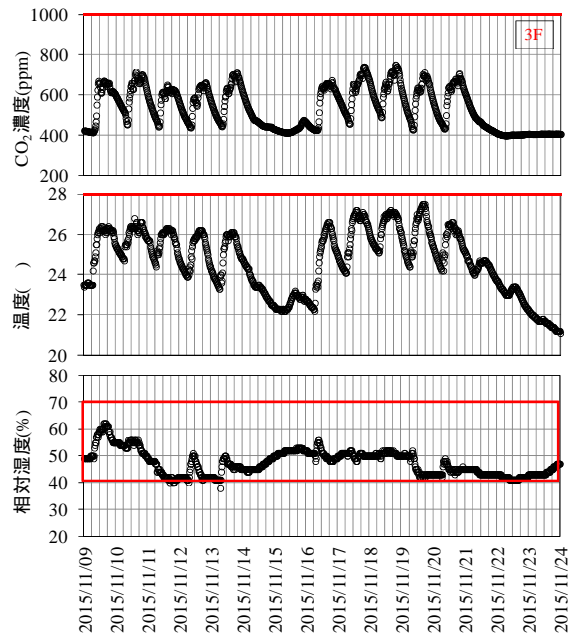


図 2-1-8 T19 (3F) 経時変化

