

201330005A

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

建築物環境衛生管理及び管理基準の
今後のあり方に関する研究

平成 25 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 大澤 元毅
平成 26 (2014) 年 3 月

目次

- I. 総括研究報告書
 - 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究 . . . 1
大澤元毅

- II. 分担研究報告書
 - 1. 建築物利用者の職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータ解析 . . . 7
東 賢一

 - 2. 建築物における空気環境の実態調査と維持管理に関する研究 . . . 21
柳 宇

 - 3. 建築物の空気調和設備の維持管理及び運用のあり方に関する研究 . . . 53
射場本忠彦

 - 4. 健康影響と管理基準のあり方に関する研究 . . . 69
中館 俊夫

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

建築物環境衛生管理及び管理基準の
今後のあり方に関する研究

平成 25 年度 総括研究報告書

研究代表者 大澤 元毅

平成25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）
総括研究報告書

建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究

研究代表者 大澤元毅 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

近年、建築物においては規模の大型化、用途の複合化、建築設備の変化、危機管理の強化や温暖化対策など、従来の想定を超える状況の進行に伴って、衛生にかかわる管理基準を満足しない割合「不適率」の増加が進み、管理方法、管理基準を含めた環境衛生管理のあり方が問われる事態が急速に顕在化している。

本研究は、建築物における環境衛生管理方法及びその管理基準に着目して、建築物の環境衛生の実態調査、現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等を実施し、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物に必要な環境基準のあり方について提案を行おうとするものである。

本年度は、昨年度のアンケート調査資料に基づいて建築物における衛生環境の実態測定・調査を行うとともに、建築物における中期的な環境測定の実施、文献による最新の空気環境に関わる健康影響被害の実態、及び建築物環境衛生の管理のあり方についての資料整備を行い、検討を加えた。更に、空調設備などの用途、運用などのほか、新たに管理すべき項目、監視方法の妥当性、維持管理方法のあり方についても、検討・提言のための基礎資料を収集した。

なお本研究では、建築物利用者に対して建築物に関するアンケート及び環境衛生監視員に対して建築物衛生法に関する調査を実施した。個人の情報が得られないように、また解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行う。一方、建築物や法律の解釈を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

研究分担者

東 賢一 近畿大学医学部
池田 耕一 日本大学理工学部
射場本忠彦 東京電機大学未来科学部
鍵 直樹 東京工業大学
金 勲 国立保健医療科学院
田島 昌樹 高知工科大学
中館 俊夫 昭和大学医学部
百田 真史 東京電機大学未来科学部
柳 宇 工学院大学建築学部

研究協力者

松田 澄子 東京都健康安全研究センター
斎藤 敬子 (公社) 日本建築衛生管理教育センター
鎌倉 良太 (公社) 日本建築衛生管理教育センター
杉山 順一 (公社) 日本建築衛生管理教育センター
下平 智子 (公社) ビルメンテナンス協会

A.研究目的

近年、建築物においては規模の大型化、用途の複合化、建築設備の変化、危機管理の強化や温暖化対策など、従来の想定を超える状況の進行に伴って、衛生にかかわる管理基準を満足しない割合「不適率」の増加が進み、管理方法、管理基準を含めた環境衛生管理のあり方が問われる事態が急速に顕在化している。

本研究は、建築物における環境衛生管理及び管理基準に着目して、建築物の環境衛生の実態調査、現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等を実施し、これらの情報を基に、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物に必要な環境基準のあり方について提案を行おうとするものである。

B.研究方法

以下のサブテーマに分けて進めた。

B.1 建築物利用者の職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータ解析

本研究では、近年、「温度」、「相対湿度」、「二酸化炭素」について、建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準に適合しない特定建築物の割合（以下、不適率）が、特に事務所等において上昇傾向にあることが指摘されるなど衛生環境の悪化が危惧されていることを踏まえ、事務所に勤務する者の健康状態と職場環境等を調査し、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や、建築物の維持管理上の課題を明らかにするために、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査を行った。更に空気環境の実態調査を行うことで、室内空気質と建築物における健康影響の関連性について明らかにするものである。

昨年度までの研究では、事務所に勤務する労働者の健康状態と職場環境等を調査し、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や、建築物の維持管理上の課題を明らかにするために、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査を行った。

まず、2012年1月～3月（冬期）及び2012年8月～10月初め（夏期）に全国規模のアンケート調査を行った建物のうち、実測調査への協力が可能との回答があり、SBS関連症状の有症者の割合が高いところと低いところを選定し、それぞれのアンケート調査の1年後の2013年1月～3月（冬期）と2013年8月～9月（夏期）に実施した。調査項目として、建築物衛生環境管理基準項目に加え、浮遊微生物、揮発性有機化合物、PM_{2.5}を計測した。また、事務所1件あたりに管理者用調査票1部、従業員用調査票を最大20部配付した。これらの調査票は、2012年1月～3月（冬期）及び2012年8月～10月初め（夏期）に全国規模のアンケート調査で使用した調査票と同じものである。

建物の事務所の空気質とそこに勤務する従業員のSBS関連症状との関係を解析するために、それぞれの事務所における5つのSBS関連症状の有症率を算出し、測定した空気質との関係を

解析した。また、有症率にバイアスが掛かっている可能性があること、測定データが多くないことから、各従業員におけるSBS関連症状の有無と、その従業員が勤務する事務所の測定結果との関係を解析した。2つの解析方法を用いることで、解析方法による違いの有無を把握し、解析結果に対する判断の信頼性を高めるよう試みた。

B.2 建築物における空気環境の実態調査と維持管理に関する研究

本研究では、前章のアンケート調査を実施した事務所建築物を対象に、室内環境の実態調査を行った。実測は、冬期及び夏期に行い、建築物衛生環境管理基準項目（温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん）のほか、浮遊微生物、揮発性有機化合物、PM_{2.5}を加え、建物毎の特性を把握した。

また、相対湿度不適率の改善に寄与する空気調和設備のあり方と保健所の指導のあり方を明らかにするために、全国の保健所の建築物衛生担当者に対して加湿装置及び機械換気設備の解釈に関するアンケート調査を行った。全国495件の全ての保健所に、特定建築物に対する指導や管理等の現況について、組織を代表して建築物衛生の担当者1名に自記式調査票に記入していただき、郵送により回収した。355件（回収率71.7%）から回答を得たが、自治体を代表して回答したものも含まれていた。調査票では、空気調和設備や機械換気設備に関する保健所の指導状況、加湿器の設置に関する保健所の指導状況、相対湿度の測定及び報告に関する保健所の状況等を選択式の質問をし、コメントも頂いた。

B.3 建築物の空気調和設備の維持管理及び運用のあり方に関する研究

建築物においては、エネルギー消費に係る機器・構造の性能確保や適正保全措置の徹底が省エネルギー法に盛り込まれるなど、官民を挙げて多様な対策が進められている。しかしながら、社会に普及しつつある省エネルギー手法の中には、建築物衛生法の主旨とは相容れない衛生上

の問題や、かつての法制定・改正時には想定されていなかったものなどが散見される。

先の厚労省科研費調査では、特に冬季相対湿度の基準値不適合が、特定の空気調和設備の維持管理及び運用方法に起因していることが指摘された。これらは、特に事務用途において普及が進んでおり、相対湿度の不適合上昇の原因とも考えられる。そこで、本課題では当該空気調和設備について、環境衛生データの収集と解析を実施し、基準適合範囲に収まる、省エネルギーと環境衛生の両立に資する適切な維持管理手法・監視方法の提案を行うことを目的としている。

平成24年度においては、建築物衛生法の衛生管理基準値に対して不適合となる場合の、原因や詳細な課題抽出を目的として省エネルギーに関心の高いビルオーナーが所有する事務所ビルなど、首都圏に建設された7件について、調査を実施している。本年度は、それらに、地方の事例として蒸暑地域に建設された4件の事務所ビルを新たに加え、室内環境データの連続的時間データの収集・取得および解析を行った。

B.4 健康影響と管理基準のあり方に関する研究

本研究では、これまで建築物空気環境の重要な要素として、微小粒子(PM_{2.5}, FP)などの空気中の粒径の小さな粒子状物質に着目し、中でも近年オフィスや家庭に急速に普及した電子写真方式の複写機/レーザープリンタから室内空气中に放出されるFP及び超微小粒子(UFP)に焦点をあて、文献検索により情報の収集を行い、科学的知見の整理を行ってきた。本年度は最終年度であることから、上記の観点からの文献検索による情報収集を継続するとともに、3年間で得られた情報の整理を行い、科学的知見のまとめを行った。とくに将来の建築物衛生管理に役立つ上で適切なリスク評価が必要であり、そのためには、ハザード評価が最も重要であることから、印刷用トナー粒子を含む、これら事務機器の使用に関連して生じる可能性がある粒子状物質曝露の生体影響についても検索対象とした。

過去2年度と同様に、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。文献の範囲はレビューシステムを有する学術誌に掲載された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特定の対象に対する業務報告書、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。

原則として昨年度収集した文献以降のものを、とくに下記の点を中心に、種々のキーワードを組み合わせて検索を行った。

- ・ 複写機/レーザープリンタからのFP, UFPの排出とそれに伴う空気汚染

- ・ 上記エミッションへの曝露に伴う生体反応、健康影響の可能性

また本年度が研究の最終年度であることから、昨年度までの検索で漏れていた重要文献や、事務機器の使用に関連して生じる可能性のある粒子状物質の空気汚染に関連する重要な文献についても収集を行った。

C. 研究結果

本研究に関して、研究項目ごとにまとめる。

C.1 建築物利用者の職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータ解析

アンケート調査及び実態調査より、冬期11件(107名)、夏期13件(207名)から得られたSBS関連症状と室内空気質の測定値との関連性に関する解析を行った。冬期では、非特異症状と高い粉じんレベル(5 μ m以上)、上気道症状と高いアルデヒド類濃度や高い室内温度、皮膚症状と低い室内温度との間に関連性がみられた。また、皮膚症状と低湿度にも有意な傾向があった。夏期では、上気道症状と高いトルエン濃度、皮膚症状と低い室内温度との間に有意な関係がみられた。

本調査のもととなった全国規模で行ったアンケート調査では、温湿度、ほこり、薬品臭、不快臭とSBS関連症状との間に有意な関係が示唆されている。本調査は、限られた建築物での断面調査であったが、室内空気質の実測調査によって、温湿度、粉じん、アルデヒド類やトルエンがSBS関連症状に影響していることを示

喚し、全国規模のアンケート調査結果を裏付ける重要なデータを得ることができた。

C.2 建築物における空気環境の実態調査と維持管理に関する研究

事務所建築物における実測の結果、季節毎に建築物衛生環境管理基準値に適合しない項目、その他の測定対象についてもそれぞれの物質の濃度が高い建物などがあつた。空調設備として中央式及び個別方式に分けてその違いを検討した結果、個別方式の建物において浮遊微生物及び PM_{2.5} 濃度が高い状況が生じており、空調機のエアフィルタの性能及び運用方法などが理由として挙げられた。

また、保健所環境衛生監視員を対象として、建築物衛生法に係わる設備の設置指導に関するアンケート調査の結果より、湿度についての認識が低いこと、加湿と共に結露の問題が起こること、運用に関する適切なマニュアル、設置の義務化など法整備に関しても要望があつた。第3種のような粉じんの浄化能力のない換気設備についても、半数以上が機械換気設備と認めており、法律が近年の空調設備の複雑化に対応できていない面も見えた。

C.3 建築物の空気調和設備の維持管理及び運用のあり方に関する研究

首都圏、および蒸暑地域を含む地方における事務所ビルを対象として空調方式が中央方式、個別方式どちらの建築物においても測定を実施した。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12件の建築物の実測、解析を実施した。また、室内温度、相対湿度、二酸化炭素濃度を連続的に測定し解析、検討を行い、データの充実を図つた。また、既往研究で得られた全国アンケート調査の結果を用いて、冬期(1月、2月、3月、12月)における室内温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の解析、検討を行った。

さらに、あらたな管理基準・管理方法に関する検討を目的に、室内環境測定データと室内温度分布データとBEMSデータを用いた検討を行い、BEMSによる室内環境測定の可能性につい

て検討を行った。

今後も建築物衛生法の測定方法を継続的に検討していく必要があると考えられ、公衆衛生の視点に立脚した室内環境の維持管理方法の確立が望まれる。

C.4 健康影響と管理基準のあり方に関する研究

本年度の検索でも生体影響に関連する報告で興味深いものが見られた。培養細胞を用いた一連の *in vitro* 実験研究の報告、複写機/レーザープリンタで使用されるトナー粒子が炎症反応や、小核試験で示唆される遺伝毒性を示すとし、そのメカニズムの可能性として、トナー粒子曝露により酸化ストレス負荷が生じることを指摘したものがあつた。印刷用トナー粒子の取扱いやそれに伴う曝露によって生じる可能性のある健康影響について報告したものがあつた。またカリフォルニアの37の建築物について、その内外で粒子状物質の濃度を測定した研究報告では、室内の発生源や室内外差などについて検討されている。このほか、エミッション粒子の組成などの詳細に関する研究で、有害性のメカニズムの理解に重要であると考えられる。

複写機やレーザープリンタなどの事務機器からエミッションとして粒径の小さな粒子状物質(FP, UFP)が排出されることについては多くの研究報告から明らかであり、その発生に関連する稼働時の条件なども明らかにされつつあり、制御技術は進歩している。一方エミッションを吸入した際の生体影響については、種々の研究デザイン、種々のアウトカムを用いた報告が散見されるが、まだハザードとしての評価を行うだけの科学的知見は集積されておらず、今後の研究の進展が期待される。また実際の事務機器使用条件下における粒子状物質曝露に関する情報も限られており、今後のリスク評価のために、曝露評価に役立つデータの集積が必要であると考えられる。

(倫理面での配慮)

建築物利用者に対して建築物に関するアンケート及び環境衛生監視員に対して建築物衛生法に関する調査を実施した。個人の情報を得ない

よう配慮するとともに、解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行う。一方、建築物や法律の解釈を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

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

建築物環境衛生管理及び管理基準の
今後のあり方に関する研究

平成 25 年度 分担研究報告書

平成25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

1. 建築物利用者の職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータ解析

分担研究者 東 賢一 近畿大学医学部 講師

研究要旨

昨年度までの調査において、事務所に勤務する労働者の健康状態と職場環境等を調査し、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や、建築物の維持管理上の課題を明らかにするために、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査を行った。本アンケート調査の1年後、本アンケート調査において「室内空気質の実測調査に協力可能」との回答を得た建築物の事務所に対して、温湿度、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じん等の建築物環境衛生管理基準の空気環境の監視項目、微小粒子状物質（PM_{2.5}）、粒径別の粒子状物質、細菌や真菌などの実測調査を実施した。またその際に、従業員用のアンケート調査を実施した。今年度は、これらの調査で得られた職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータを解析し、建築物利用者の健康に影響する空気質の項目を明らかにした。冬期11件（107名）、夏期13件（207名）から得られたSBS関連症状と室内空気質の測定値との関連性に関する解析を行った。冬期では、非特異症状と高い粉じんレベル（5 μ m以上）、上気道症状と高いアルデヒド類濃度や高い室内温度、皮膚症状と低い室内温度との間に関連性がみられた。また、皮膚症状と低湿度にも有意な傾向があった。夏期では、上気道症状と高いトルエン濃度、皮膚症状と低い室内温度との間に有意な関係がみられた。本調査のもととなった全国規模で行ったアンケート調査では、温湿度、ほこり、薬品臭、不快臭とSBS関連症状との間に有意な関係が示唆された。本調査は、限られた建築物での断面調査であったが、室内空気質の実測調査によって、温湿度、粉じん、アルデヒド類やトルエンがSBS関連症状に影響していることを示唆し、全国規模のアンケート調査結果を裏付ける重要なデータを得ることができた。本調査では、有症率の調査において、回答率に偏りが存在する可能性が高く、断面調査のため全体的に測定データ数も多くは得られなかった。今後は、縦断的な調査によって、エビデンスのレベルをより向上させた調査を行う必要がある。本研究で得られた成果は、そのための重要な基礎データにもなる。

研究協力者

大澤元毅 国立保健医療科学院
鍵直樹 東京工業大学
柳宇 工学院大学建築学部
池田耕一 日本大学理工学部
中村孝之（公社）全国ビルメンテナンス協会
下平智子（公社）全国ビルメンテナンス協会
芦野太一（公社）全国ビルメンテナンス協会
齊藤秀樹（公財）日本建築衛生管理教育センター
齋藤敬子（公財）日本建築衛生管理教育センター
鎌倉良太（公財）日本建築衛生管理教育センター
高野大地 日本大学理工学部

A. 研究目的

近年、建物の大規模化、用途の複合化、建築設備の変化、省エネルギー対応など、従来の想定を超える状況が急速に進行している。日本では、建築物における衛生的環境の確保に関する法律（建築物衛生法）や労働安全衛生法に基づく事務所衛生基準規則によって、いわゆるシックビルディング症候群（SBS）の発生が防止されてきたといわれている。しかし、著者らが平成21年度に実施した調査^{1),2)}によると、近年、「温度」、「相対湿度」、「二酸化炭素」について、建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準に適合しない特定建築物の割合（不適率）が、特に事務

所において上昇傾向にあることが明らかとなっている。また、室内の微生物汚染や大気中の超微小粒子汚染、VDU（パソコン等のディスプレイ装置）作業に与える低湿度の影響など、室内環境や建物外の大気汚染による健康影響が近年示唆されており、これらの要因による事務所労働者の健康影響が懸念される。

昨年度までの調査では、事務所に勤務する労働者の健康状態と職場環境等を調査し、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や、建築物の維持管理上の課題を明らかにするために、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査を行った。

アンケートは、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会の全国都道府県の会員企業（約3000社）の本社・支社等の事務所の管理者と従業員を対象とした。調査は2012年1月～3月の冬期及び2012年8月～10月の夏期に実施した。冬期は315件の企業の管理者（回収率64.4%）及び3,335名の従業員（企業数320件）から回答を得た。夏期は307件の企業の管理者（回収率62.8%）及び3,024名の従業員（企業数309件）から回答を得た。職場環境に強い疑いのあるシックビルディング症候群（SBS）関連症状（米国NIOHSの基準）の有症率は、冬期で非特異症状14.4%、目の症状12.1%、上気道症状8.9%、下気道症状0.8%、皮膚症状4.5%であった。同様に夏期ではそれぞれ18.3%、14.1%、6.7%、0.9%、2.2%であった。これらの症状に関与する環境要因を解析した結果、冬期および夏期ともに、温湿度環境、薬品・不快臭、ほこりや汚れ、騒音などの環境要因とSBS関連症状との関係が示唆された。さらに夏期では、カーペットの使用や3ヶ月以内の壁の塗装との関連性が示唆された。建築物の維持管理項目では、冬期の湿度基準の不適合と目の症状や上気道症状や皮膚症状、冷却加熱装置の汚れと上気道症状との関連性が示唆された。また、夏期の二酸化炭素基準の不適合と非特異症状との関連性が示唆された。

本アンケート調査の1年後、本アンケート調査において「室内空気質の実測調査に協力可能」との回答を得た建築物の事務所に対して、温湿度、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じん等の

建築物環境衛生管理基準の空気環境の監視項目、微小粒子状物質（PM_{2.5}）、粒径別の粒子状物質、細菌や真菌などの実測調査を実施した。またその際に、従業員用のアンケート調査を実施した。

最終年度である今年度は、これらの調査で得られた職場環境の空気質と健康に関する実態調査のデータを解析し、建築物利用者の健康に影響する空気質の項目を明らかにすることを目的とした。

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や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 調査対象

2012年1月～3月（冬期）及び2012年8月～10月初め（夏期）に全国規模のアンケート調査を行った建物のうち、実測調査への協力が可能との回答があり、SBS関連症状の有症者の割合が高いところと低いところを選定した。但し、このアンケート調査において、SBS関連症状に対して職場のストレスによる影響が大きい建物は除外した。

SBS関連症状については、全国規模のアンケート調査で実施した調査項目において、NIOSHの5つの主症状（目の症状、非特異症状、上気道症状、下気道症状、皮膚症状）のうち、1つ以上を有するものをクライテリアとした。そして、調査を実施した建物において得られた回答のうち、そのクライテリアを満たす従業員の割合を有症率と定義した。空気質の実測調査で行ったアンケート調査でも、同様のクライテリアで有症率を算出した。ただし、断面調査であるため、その日に欠勤しているものや、調査票を配付できなかったものもいるため、この有症率には相応のバイアスが掛かっている可能性があることに留意しなければならない。

調査は、それぞれのアンケート調査の1年後の2013年1月～3月（冬期）と2013年8月～9月（夏期）に実施した。但し、アンケート調査から1年経過していることから、担当者の異動などもあり、調査への協力が得られなかった建築物も散見されたため、さらに新規協力建物に

ついて、直接コンタクトを行った。

B.2 調査項目

空気質としては、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん、PM_{2.5}、PM₁₀、粒径別粉じん濃度(0.3μm以上、0.5μm以上、0.7μm以上、1.0μm以上、2.0μm以上、5.0μm以上)、揮発性有機化合物(ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼン、テトラデカン、フタル酸ジブチル(DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル(DEHP)、総揮発性有機化合物(TVOC)、真菌濃度、細菌濃度を計測した。計測用の試料は、各事務所の1フロアの一点及び外気について、30分間の採取を行った。また、事務所1件あたりに管理者用調査票1部、従業員用調査票を最大20部配付した。夏期調査の一部では、さらに可能な限り従業員調査票を配付した。従業員用調査票は無記名とし、調査票記入後、無記名の封書に厳封して管理者用調査票とまとめて郵送により回収した。これらの調査票は、2012年1月～3月(冬期)及び2012年8月～10月初め(夏期)に全国規模のアンケート調査で使用了調査票と同じものである。

B.3 データ解析

建物の事務所の空気質とそこに勤務する従業員のSBS関連症状との関係を解析するために、それぞれの事務所における5つのSBS関連症状の有症率を算出し、測定した空気質との関係を解析した。また、有症率にバイアスが掛かっている可能性があること、測定データが多くないことから、各従業員におけるSBS関連症状の有無と、その従業員が勤務する事務所の測定結果との関係を解析した。2つの解析方法を用いることで、解析方法による違いの有無を把握し、解析結果に対する判断の信頼性を高めるよう試みた。

(倫理面での配慮)

本研究は、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#12003)を得て実施した。

C. 研究結果

C.1 建物の基本属性

表 1-1 に調査を実施した建築物の概要を示す。

また、それぞれの建物の事務所における主症状の有症率を表 1-2 に示す。冬期に調査した非特定建築物の中には、従業員数が少ないものが

表 1-1 調査を実施した建物の概要

時期	管理用ID	地域	建築物衛生法	空調方式	従業員回答数	男性比率	平均年齢	喫煙率	喫煙対応
冬期	T-01	東京	特定	個別	11	63.6	45.9	0.0	一部会議
	T-02(新規)	東京	特定	中央	7	85.7	41.4	14.3	禁煙
	F-01	福岡	特定	個別	5	80.0	36.2	80.0	禁煙
	F-02	福岡	特定	個別	9	11.1	40.9	22.2	完全分煙
	F-03	福岡	特定	個別	12	66.7	53.4	16.7	禁煙
	F-04	福岡	特定	中央	17	76.5	43.4	23.5	禁煙
	O-01	大阪	非特定	中央	3	66.7	42.3	33.3	禁煙
	O-02	大阪	非特定	個別	9	66.7	47.8	33.3	建物の外
	O-03(1)(新規)	大阪	非特定	個別	7	85.7	39.6	0.0	禁煙
	O-03(2)(新規)	大阪	非特定	個別	15	73.3	38.1	6.7	禁煙
O-04	大阪	特定	個別	12	41.7	38.8	0.0	完全分煙	
夏期	T-01	東京	特定	個別	11	63.6	46.1	0.0	一部喫煙
	T-02(新規)	東京	特定	中央	10	80.0	42.2	20.0	禁煙
	T-03(新規)	東京	特定	個別	59	83.1	42.2	47.5	禁煙
	F-01	福岡	特定	個別	5	80.0	36.4	80.0	禁煙
	F-02	福岡	特定	個別	13	23.1	43.6	38.5	完全分煙
	F-03	福岡	特定	個別	10	70.0	51.1	20.0	禁煙
	F-04	福岡	特定	中央	9	77.8	46.7	33.3	完全分煙
	O-04	大阪	特定	個別	7	42.9	44.0	28.6	完全分煙
	O-05(新規)	大阪	特定	中央・個別	20	50.0	44.8	10.0	禁煙
	O-06(新規)	大阪	特定	個別	13	84.6	41.5	23.1	無回答
O-07(新規)	大阪	特定	個別	20	20.0	42.1	30.0	完全分煙	
O-08(新規)	大阪	特定	個別	20	90.0	50.1	40.0	完全分煙	
O-09(新規)	大阪	特定	中央	10	90.0	48.6	20.0	禁煙	

表 1-2 主症状の有症率 (%)

時期	管理用ID	目の症状	非特異症状	上気道症状	下気道症状	皮膚症状	いずれかの症状
冬期	T-01	27.3	18.2	9.1	0.0	18.2	45.5
	T-02(新規)	28.6	14.3	14.3	0.0	0.0	28.6
	F-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F-02	22.2	44.4	33.3	0.0	0.0	55.6
	F-03	16.7	16.7	25.0	0.0	8.3	25.0
	F-04	29.4	5.9	23.5	0.0	0.0	35.3
	O-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	O-02	11.1	22.2	0.0	0.0	11.1	22.2
	O-03(1)(新規)	28.6	14.3	0.0	0.0	14.3	28.6
	O-03(2)(新規)	40.0	33.3	13.3	0.0	6.7	46.7
O-04	16.7	33.3	25.0	0.0	0.0	50.0	
夏期	T-01	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	9.1
	T-02(新規)	10.0	20.0	20.0	0.0	0.0	30.0
	T-03(新規)	11.9	13.6	6.8	0.0	0.0	22.0
	F-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	F-02	23.1	30.8	15.4	0.0	0.0	38.5
	F-03	10.0	20.0	10.0	0.0	20.0	30.0
	F-04	22.2	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3
	O-04	28.6	14.3	0.0	0.0	0.0	28.6
	O-05(新規)	15.0	15.0	0.0	0.0	10.0	25.0
	O-06(新規)	7.7	7.7	15.4	0.0	0.0	23.1
O-07(新規)	25.0	20.0	15.0	0.0	10.0	35.0	
O-08(新規)	10.0	5.0	5.0	0.0	0.0	20.0	
O-09(新規)	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	

あり、夏期では調査対象外とした建物もある。その代替として、夏期にはより多くの建物を新規に追加して調査を行った。

C.2 事務所の有症率と室内空気質の関係

解析にあたっては、基本属性として、男性比率、平均年齢、喫煙率を変数に含めた。また、室内空気質では、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、粉じん、粉じん(粒径別)、PM_{2.5}、PM₁₀、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼン、テトラデカン、DBP、DEHP、TVOC、真菌、細菌を変数に含めた。

多変量解析に投入する独立変数を選定するにあたっては、5つの主症状の有症率と相関係

数が高い ($p < 0.2$) 変数を選定した。また、独立変数間での多重共線性が高い変数(相関係数0.9以上)は、1つに変数を絞った。粉じん類は多重共線性が高いため、浮遊粉じんとPM_{2.5}に限定した。多変量解析では重回帰分析を行い、変数増減法を用いて解析を行った。なお、冬期のトルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼン、テトラデカン、DBP、DEHP、TVOCは、5件の建物でデータの欠測があったため解析対象から除外し、別途これらの物質を入れた解析を追加した。

表 1-3 に主症状の有症率と空気質の相関を示す。また、主な空気質と主症状との関係を図 11-1 ~ 図 1-14 に示す。その後、表 1-4 と表 1-5 に重回帰分析結果を示す。

表 1-3 主症状の有症率と空気質の相関

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

	男性比率 [%]	平均年齢 [%]	喫煙率 [%]	温度 [°C]	相対湿度 [%]	一酸化炭素 [ppm]	二酸化炭素 [ppm]	粉じん [mg/m ³]	PM _{2.5} [mg/m ³]	PM ₁₀ [mg/m ³]	ホルムアルデヒド [μg/m ³]	アセトアルデヒド [μg/m ³]	トルエン [μg/m ³]	エチルベンゼン [μg/m ³]	キシレン [μg/m ³]	スチレン [μg/m ³]	テトラデカン [μg/m ³]	DEHP [μg/m ³]	TVOC [μg/m ³]	真菌濃度 [cfu/m ³]	細菌濃度 [cfu/m ³]
目の症状	.081	-.056	-.718*	.120	.096	.056	.058	.137	.049	.045	-.182	.108	-.184	-.434	-.444	.123	-.545	.041	-.273	.046	-.040
冬期 非特異症状	-.727*	-.054	-.507	.143	.209	.609*	.534	.178	.582	.586	.230	.675*	.213	.368	.450	.857*	-.035	-.040	.214	.616*	.565
冬期 上気道症状	-.639*	.167	-.351	.797**	.667*	.548	.346	.742**	.585	.582	.643*	.745**	.492	.570	.554	.687	.274	.205	.566	.543	.392
皮膚症状	.233	.411	-.427	-.481	-.466	-.260	-.047	-.241	-.266	-.262	-.241	-.255	.134	-.403	-.431	-.335	-.034	.066	-.051	-.251	-.250
夏の目の症状	-.659*	.080	-.060	.088	-.036	-.031	-.080	—	.218	.207	-.163	.366	-.162	-.252	-.376	-.363	.276	—	-.130	.064	.021
夏の非特異症状	-.509	.110	-.163	-.046	.136	-.499	-.169	—	.395	.388	.095	.068	.319	-.059	-.154	-.195	.542	—	.191	-.002	.122
夏の 上気道症状	-.222	-.192	-.064	-.024	-.207	-.045	-.049	—	.311	.314	-.163	.044	.603*	.592*	.169	.236	.251	—	.303	-.196	.140
夏の皮膚症状	-.289	.356	-.271	-.78**	.182	-.156	.215	—	-.069	-.076	-.003	-.013	.139	.149	-.208	-.312	.297	—	.542	.444	.152

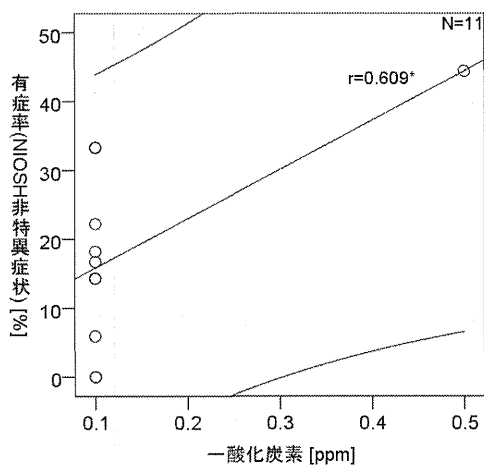


図 1-1 冬期の非特異症状と一酸化炭素

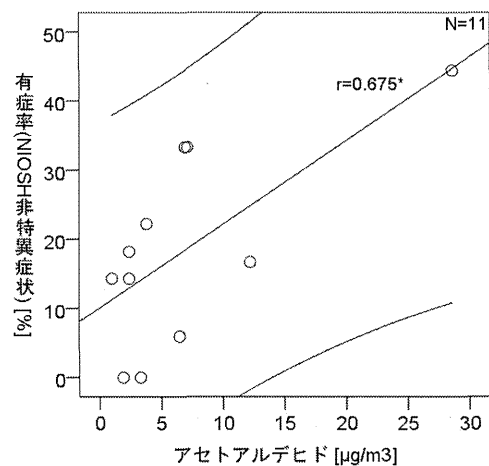


図 1-2 冬期の非特異症状とアセトアルデヒド

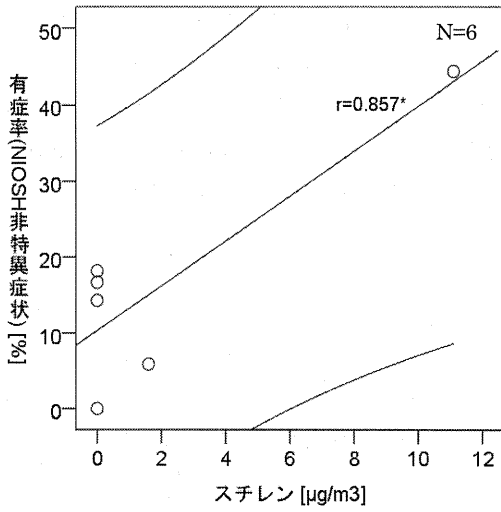


図 1-3 冬期の非特異症状とスチレン

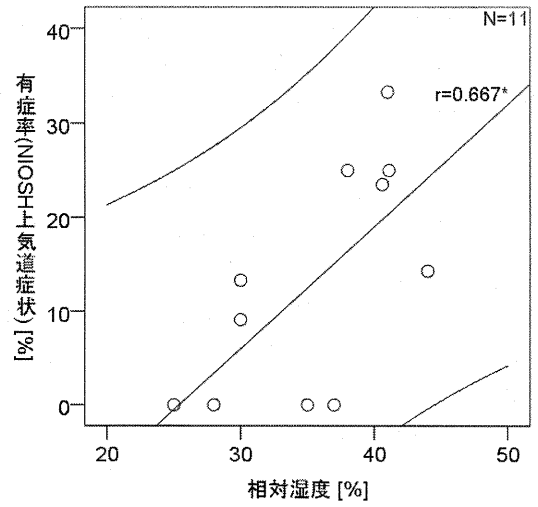


図 1-6 冬期の上気道症状と相対湿度

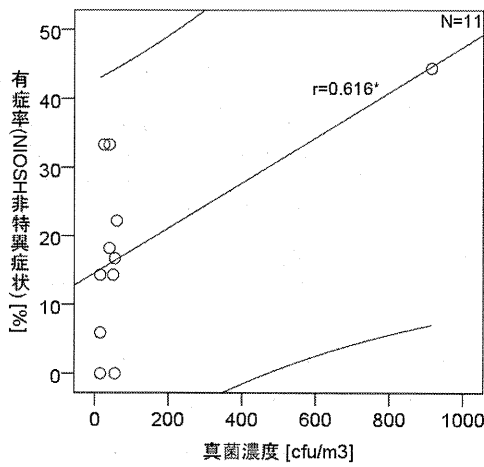


図 1-4 冬期の非特異症状と真菌濃度

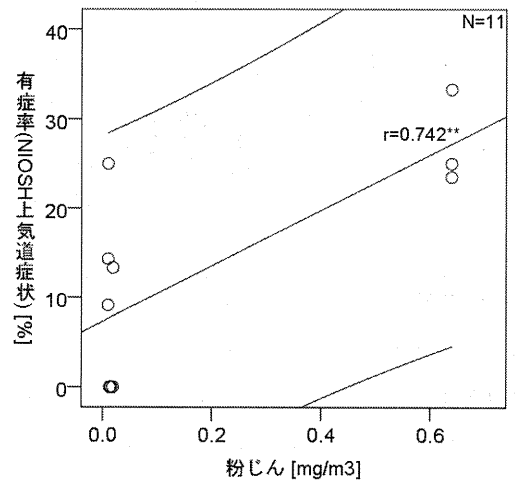


図 1-7 冬期の上気道症状と粉じん

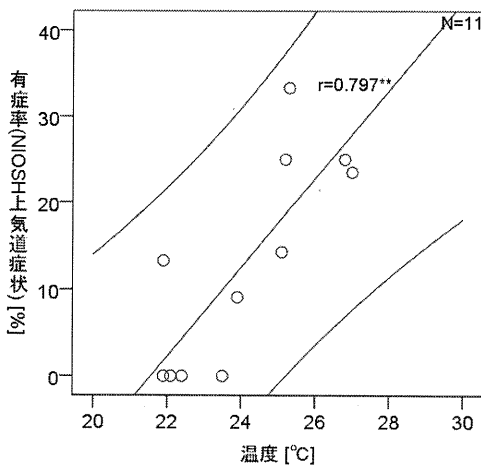


図 1-5 冬期の上気道症状と温度

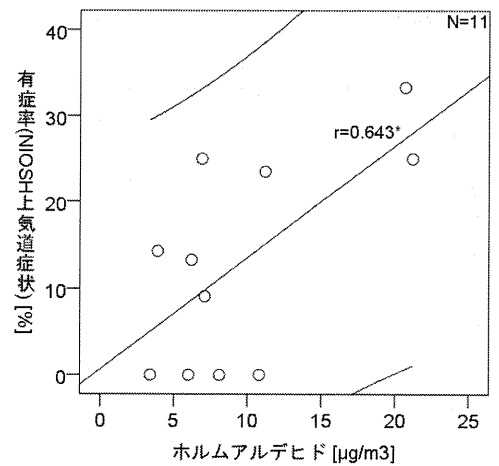


図 1-8 冬期の上気道症状とホルムアルデヒド

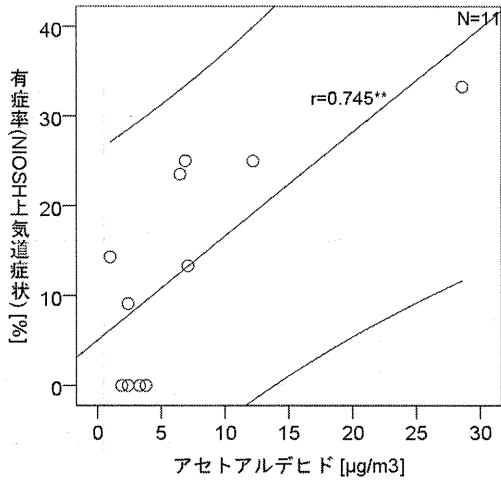


図 1-9 冬期の上気道症状とアセトアルデヒド

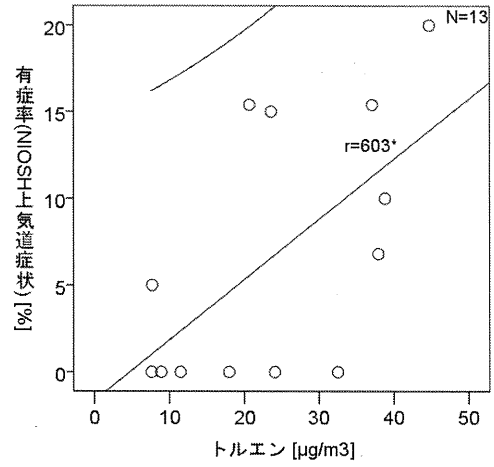


図 1-12 夏期の上気道症状とトルエン

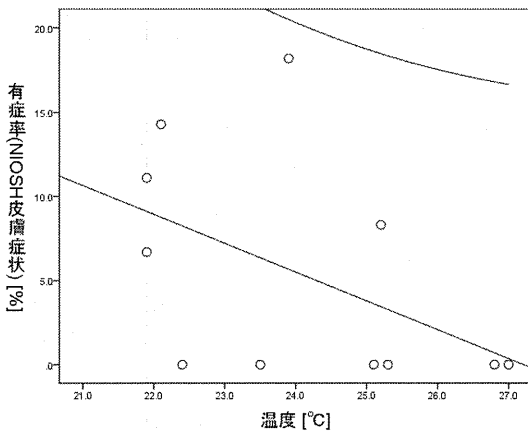


図 1-10 冬期の皮膚症状と温度

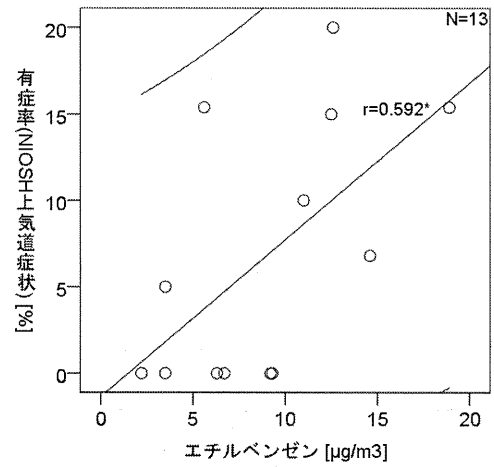


図 1-13 夏期の上気道症状とエチルベンゼン

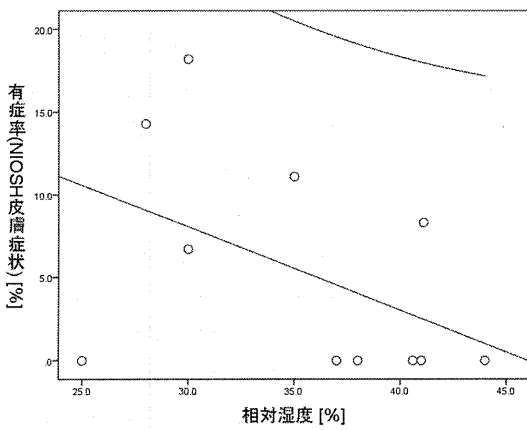


図 1-11 冬期の皮膚症状と相対湿度

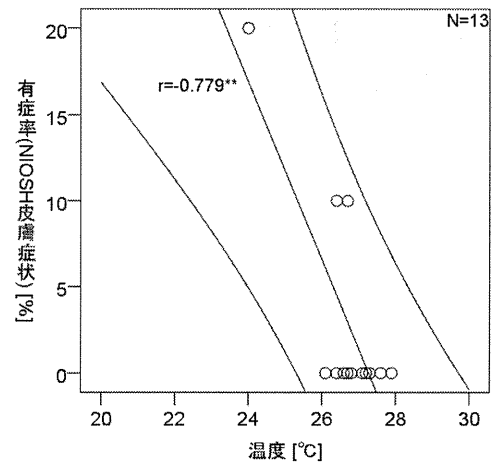


図 1-14 夏期の皮膚症状と温度

表 1-4 重回帰分析結果

非特異症状(冬期) n = 11					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	49.86		0.003	29.36	70.37
男性比率	-0.52	-0.92	0.008	-0.82	-0.22

R² = 0.53, ANOVA p < 0.05

上気道症状(冬期) n = 11					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	-88.48		0.001	-131.40	-45.57
温度	3.97	0.62	0.001	2.16	5.79
アセトアルデヒド	0.84	0.54	0.002	0.40	1.28

R² = 0.89, ANOVA p < 0.001

皮膚症状(冬期) n = 11					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	63.75		0.017	14.58	112.92
喫煙率	-0.17	-0.60	0.040	-0.34	-0.01
温度	-2.27	-0.64	0.030	-4.27	-0.28

R² = 0.56, ANOVA p < 0.05

非特異症状(夏期) n = 13					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	20.96		0.023	3.49	38.43
男性率	-0.19	-0.43	0.090	-0.41	0.04
テトラデカン	0.90	0.47	0.068	-0.08	1.89

R² = 0.48, ANOVA p < 0.05

上気道症状(夏期) n = 13					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	-1.63		0.673	-9.91	6.65
トルエン	0.35	0.60	0.029	0.04	0.65

R² = 0.36, ANOVA p < 0.05

皮膚症状(夏期) n = 13					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	140.79		0.001	67.21	214.37
温度	-5.16	-0.78	0.002	-7.92	-2.41

R² = 0.61, ANOVA p < 0.01

表 1-5 重回帰分析結果(変数にスチレン含む)

非特異症状(冬期) n = 6					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	49.86		0.003	29.36	70.37
男性比率	-0.52	-0.92	0.008	-0.82	-0.22

R² = 0.85, ANOVA p < 0.01

上気道症状(冬期) n = 6					
	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	p値	95%信頼区間	
				下限	上限
(定数)	7.45		0.119	-2.99	17.90
アセトアルデヒド	30.97	0.88	0.020	7.86	54.08

R² = 0.78, ANOVA p < 0.05

冬期 11 件 (107 名), 夏期 13 件 (207 名) から得られた SBS 関連症状と室内空気質の測定値との関連性に関する解析を行った結果, 重回帰分析の結果より, 冬期では, 上気道症状と高いアセトアルデヒド濃度や高い室内温度, 皮膚症状と低い室内温度との間に有意な関係がみられた。

夏期では, 上気道症状と高いトルエン濃度, 皮膚症状と低い室内温度との間に有意な関係がみられた。変数にスチレンを加えた場合でも, 冬期では上気道症状と高いアセトアルデヒド濃度との間に有意な関係がみられた。

C.3 従業員の主症状と室内空気質の関係

事務所における有症率と室内空気質に関する解析と同様に, 解析にあたっては, 基本属性として, 男性比率, 平均年齢, 喫煙率を変数に含めた。なお, 建物の空調方式はカテゴリーデータのため, 重回帰分析では独立変数として使用しなかったが, 本解析では多重ロジスティック回帰分析を用いるため, 建物の空調方式を独立変数として用いた。建築物衛生法の改正で個別空調方式が利用可能になって以来, 個別空調方式を有する建物で, 温湿度等の不適率が向上している可能性が指摘されている¹⁾²⁾。室内空気質では, 温度, 相対湿度, 一酸化炭素, 二酸

表 1-6 主症状の有無と空気質の単変量解析結果

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

	温度 [°C]	相対 湿度 [%]	一酸 化炭素 [ppm]	二酸 化炭素 [ppm]	粉じん [mg/ m ³]	粉じん 0.3μ m [~]	粉じん 2.0μ m [~]	粉じん 5.0μ m [~]	PM2.5 [mg/ m ³]	PM10 [mg/ m ³]	ホルム アル デヒド [μg/ m ³]	アセト アル デヒド [μg/ m ³]	エチ ルベ ンゼ ン [μg/ m ³]	キシ レン [μg/ m ³]	スチ レン [μg/ m ³]	テトラ デカ ン [μg/ m ³]	TVOC [μg/ m ³]	真菌 濃度 [cfu/ m ³]	細菌 濃度 [cfu/ m ³]	
冬の 目 の 症 状	0.29	-0.14	-0.14	0.55	0.56	0.03	-0.10	-0.09	-0.05	0.10	0.32	-0.09	-0.11	-0.03	0.22	0.09	-0.20	-0.31	0.02	-0.21
冬の 非特異 症 状	-0.13	0.08	1.29	1.84	-0.01	0.95	1.23	1.31	1.41	1.82	2.03*	1.21	1.23	0.79	1.66	1.04	1.26	1.46	1.55	0.42
冬の 上 気 道 症 状	3.16**	3.03**	1.22	1.14	2.75*	2.43*	1.43	1.47	1.49	1.25	-0.15	1.44	1.43	2.53*	2.14*	1.65	2.10*	1.95	1.13	1.77
冬の 皮 膚 症 状	-1.58	-1.72	-0.73	-0.18	-1.08	-0.96	-0.75	-0.61	-0.42	0.13	0.67	-0.79	-0.77	-0.52	-0.81	0.45	-1.01	-1.05	-0.95	-0.03
夏の 目 の 症 状	-0.07	0.37	-0.38	-0.71		0.79	0.72	0.93	0.91	0.68	-0.70	0.79	0.77	-0.22	0.88	-0.25	-0.64	-1.52	-0.65	0.07
夏の 非特異 症 状	-0.46	1.26	-2.06*	-0.92		0.89	1.11	1.17	1.22	1.24	-0.16	1.11	1.10	0.57	-0.02	1.33	0.01	-0.81	-0.34	1.00
夏の 上 気 道 症 状	0.16	-0.73	-0.06	-0.60		1.30	0.92	1.43	1.59	1.83	0.51	0.84	0.85	-0.29	0.38	1.80	1.86	-0.14	1.04	0.47
夏の 皮 膚 症 状	-2.11	1.14	-0.77	0.61		-0.04	-0.68	-0.35	0.16	1.39	-0.04	-0.27	-0.30	-0.70	3.18**	-0.40	-0.16	-1.40	-6.48**	-0.47

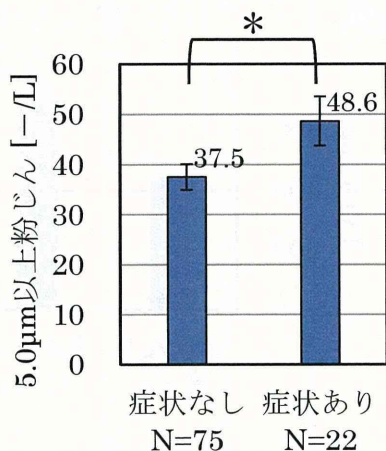


図 1-15 冬期の非特異症状と 5μm 以上粉じん

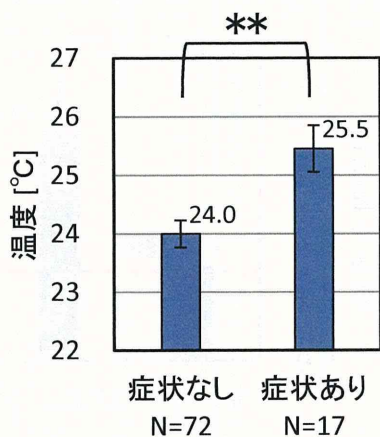


図 1-16 冬期の上気道症状と温度

化炭素, 粉じん, 粉じん (粒径別), PM_{2.5}, PM₁₀, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, トルエン, エチルベンゼン, キシレン, スチレン, パラジクロロベンゼン, テトラデカン, DBP, DEHP, TVOC, 真菌, 細菌を変数に含めた。

多変量解析に投入する独立変数を選定するにあたっては, 5つの主症状の有症率との間の単変量解析の p 値が 0.2 未満の変数を選定した。単変量解析は, 基本属性は χ^2 検定, 空気質測定項目は t 検定を行った。また, 独立変数間での多重共線性が高い変数 (相関係数 0.9 以上) は, 1つに変数を絞った。粉じん類は多重共線性が高いため, 浮遊粉じんと PM_{2.5} に限定した。多変量解析では多重ロジスティック回帰分析を行い, 尤度比での変数増加法を用いて解析を行った。なお, 冬期のトルエン, エチルベンゼン, キシレン, スチレン, パラジクロロベンゼン, テトラデカン, DBP, DEHP, TVOC は, 5件の建物でデータの欠測があったため解析対象から除外し, 別途これらの物質を入れた解析を追加した。

表 1-6 に主症状の有症率と空気質の単変量解析の結果を示す。また, 主な空気質と主症状との関係を図 1-15~図 1-30 に示す。その後, 表 1-7 と表 1-8 に多重ロジスティック回帰分析の結果を示す。

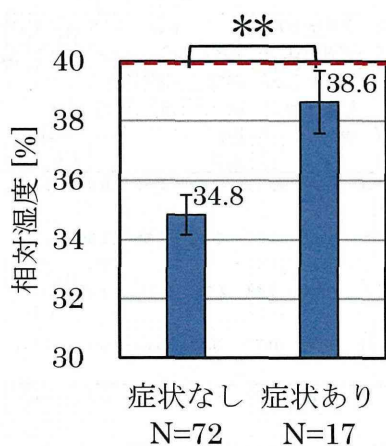


図 1-17 冬期の上気道症状と相対湿度

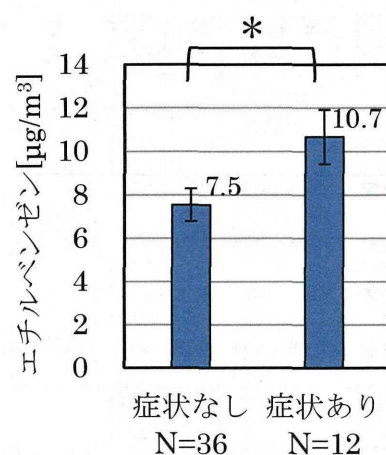


図 1-20 冬期の上気道症状とエチルベンゼン

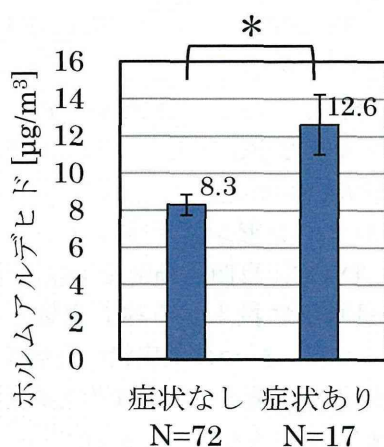


図 1-18 冬期の上気道症状とホルムアルデヒド

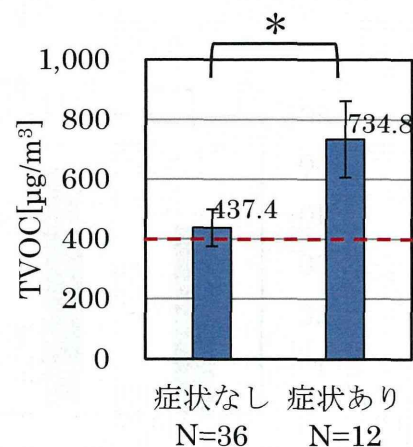


図 1-21 冬期の上気道症状と TVOC

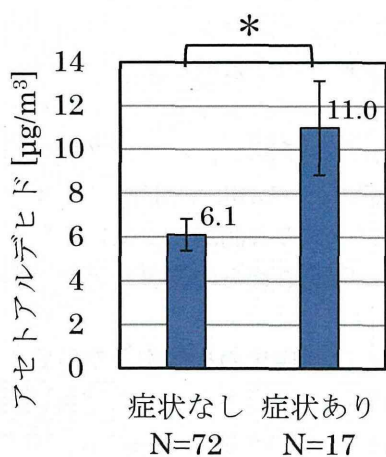


図 1-19 冬期の上気道症状とアセトアルデヒド

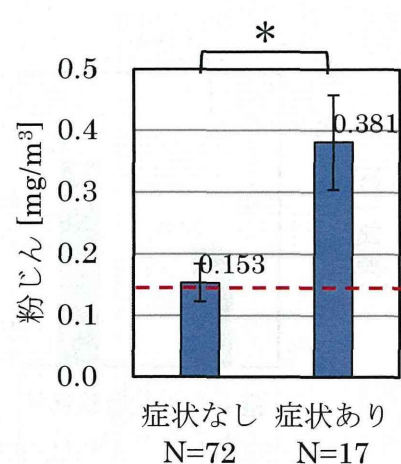


図 1-22 冬期の上気道症状と粉じん

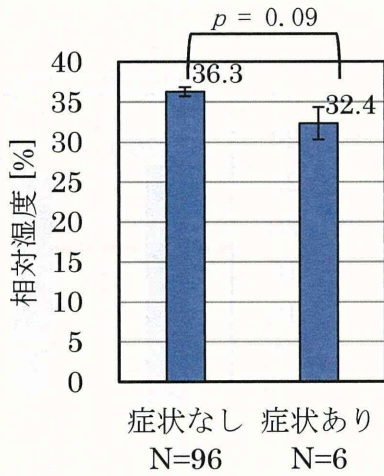


図 1-23 冬期の皮膚症状と相対湿度

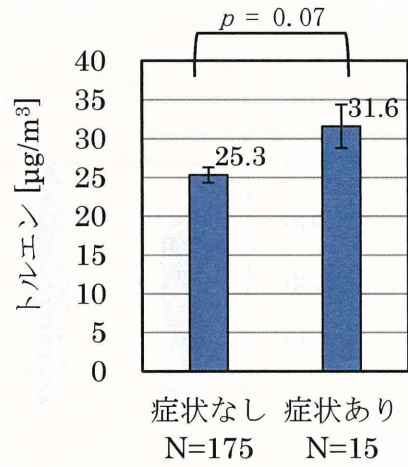


図 1-26 夏期の上気道症状とトルエン

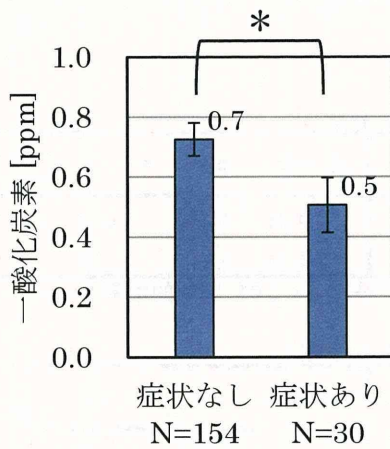


図 1-24 夏期の非特異症状と一酸化炭素

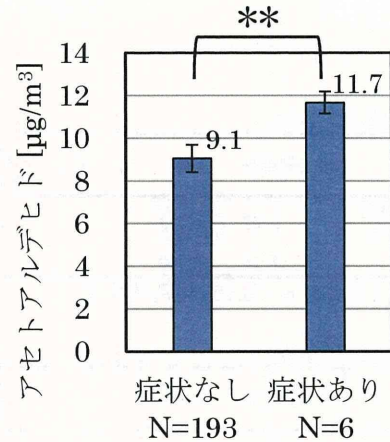


図 1-27 夏期の皮膚症状とアセトアルデヒド

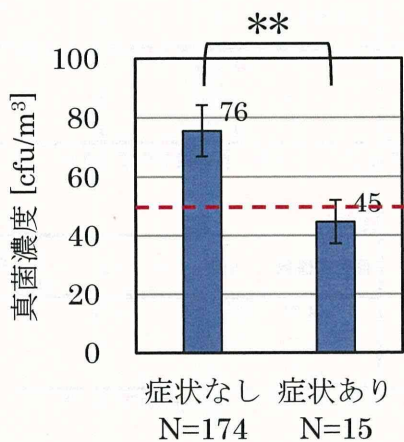


図 1-25 夏期の上気道症状と真菌濃度

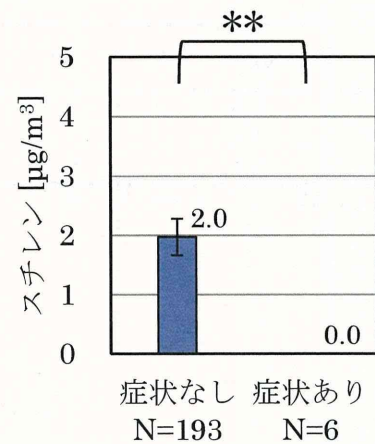


図 1-28 夏期の皮膚症状とスチレン