

示して、ヒトにおけるインフルエンザの感染経路として、エアロゾル伝播は重要な経路の一つであると総括している。

このレビューでも取り上げられているが、Lowenらは(文献4)、疫学的に観察されるインフルエンザ流行における気候因子の影響について、直接的な証拠を提供するため、モルモットを用いたインフルエンザウイルスの感染実験モデルを開発し(引用図表2)、この実験系を用いて、インフルエンザウイルスがエアロゾルを介して伝播し、またその伝播が温度と相対湿度に依存して起こることを実証している(引用図表3)。エアロゾルに相当するサイズの粒子中に実際にインフルエンザウイルスが含まれていることの証拠として、Fabianらは(文献5)、インフルエンザ患者の通常の呼気をPCRを用いて分析し、呼気に含まれる粒子中にウイルスのRNAが検出されることを示し、またその粒子の87%は粒径が $1\mu\text{m}$ 未満であったと報告している。またBlachereらは(文献6)、2月に病院内の救急部門の室内空気を4.5時間採取し、含まれる粒子の粒径分画ごとに、インフルエンザウイルスのRNAをPCRを用いて計測した。その結果14サンプルでRNAが検出され、最もRNA量の多かった分画は $4\mu\text{m}$ 以上と $1\sim 4\mu\text{m}$ レンジであったと報告している。

わが国では、最近のいくつかの総説、解説の中で、飛沫感染と並んで、飛沫核感染を含む空気感染が起こる可能性が指摘されている。例えば水谷らは(文献1)、医学薬学の一般誌の開設の中で、インフルエンザの感染経路として、飛沫感染と空気感染のいずれが主体であるかについては議論のあるところであるが、動物実験による証拠や、少数ではあるものの空気感染の事例が報告されていることから、湿度などの環境条件が整えば、空気感染は起こり得ると述べている。加地らも(文献7)臨床医学の一般誌の中で同様に、インフルエンザの感染様式には飛沫感染と飛沫核感染があり、相対湿度がウイルスの生存期間に関連することで、冬季の流行に影響する要因であると解説している。空気感染によるヒトでの流行事例で、建築物環境衛生管理と直接関連するものとして、少し古くなるが、Drinkaが(文献8)、高齢者福祉施設でのインフ

ルエンザ流行と建築構造との関連性を報告している。

インフルエンザ感染者のせきやくしゃみなどに際して空気中に散布される飛沫による感染伝播を考えると、単に飛沫を直接吸い込んで起こる飛沫感染だけでなく、空気中に長時間滞留するエアロゾルを介した感染が実際の感染経路として一定の寄与を持つとすれば、空気調和設備等を介してウイルスが散布される可能性があり、同時に、エアロゾル粒子の中で、ウイルスがどの程度の期間その活性を保持しているのか、またその活性保持に対する影響因子として、建物内の湿度管理の問題が発生する可能性がある。

C.2 インフルエンザウイルス生存と環境湿度の関連 —絶対湿度による再評価—

インフルエンザ感染が低湿度環境で起こりやすいという認識は広く認知された事実である。例えば分部らの(文献9)わが国の高齢者福祉施設を対象とした調査では、インフルエンザに対してハイリスクである高齢者における予防対策として湿度の管理が重要であるという認識は広く一般に普及していることが示されている。このような認識の一つの有力な根拠は、50年前に発表されたHarperの実験結果(文献10)である。インフルエンザウイルスを含む4種のウイルスについて、環境中における生存に与える温度と相対湿度の影響が検討され、インフルエンザウイルスの場合、暗所での生存率(viable survival)は、低温であるほど、そして相対湿度が低いほど良好であったことが示されている。この結果を支持する同様な実験結果はKingdonら(文献11)によっても示されており、またわが国では、インフルエンザが流行する冬季は、おおむね低温に加えて低湿度であることから、少なくともわが国を含む温帯地域では、冬季のインフルエンザ流行は低湿度によって促進されると広く認識されている。その指標として、一般には相対湿度が用いられてきた。しかし最近の知見では、相対湿度よりも絶対湿度の方が優れた指標であるとする報告が増加している。この論点を提起した最近の文献の一つとして、Shamanらは(文献12)、前述のHarperらの実験結果を再解析し、原典に示されているインフル

エンザウイルスの生存と伝播に対する相対湿度の影響について、新たに絶対湿度との関連性を検討し、どちらがより関連の強い指標となるかを比較した。その結果、相対湿度に比べて、絶対湿度を指標とすると、インフルエンザウイルスの生存率、および伝播率との関連性が大きく向上し、回帰分析によるデータへの適合度は、絶対湿度を説明変数にすることで十分大きなものとなった(引用図表 4, 5)。一般に温帯地域では屋外、屋内のいずれにおいても、絶対湿度は冬季に最低になるという強い季節性を示すことから、絶対湿度の高低が、A型インフルエンザ流行の季節性を説明する有力な仮説となり得ると述べている。

また McDevitt らは(文献 13)、環境中に放出されたインフルエンザウイルスに対する加熱(温度)、加湿(湿度)による消毒効果を評価することを目的として、ステンレス鋼板表面にウイルス含有水溶液を塗布し、その後温度と湿度の複数の組み合わせ条件の下に乾燥させる過程で、ウイルス活性の変化を観察する実験を行い、温度、湿度が増加するほどウイルスの不活化率は増大することを確認するとともに、不活化の予測因子として、相対湿度よりも絶対湿度のほうが優れていることを報告している(引用図表 6)。わが国においてもこれに符合する実験結果が報告されており、中山らは(文献 14)、インフルエンザウイルスの培養細胞上清を用いた *in vitro* 実験で、ウイルスの感染価に及ぼす相対湿度の影響を、温度とともに検討し、同一温度では相対湿度が高いほど感染価が時間経過につれて低下し、温度が高いほど低湿度でも低下したことを報告している。低温度、低湿度ほど感染価が保たれるという傾向は、上述の実験結果と同様に、絶対湿度の方が相対湿度よりも感染価に高い相関を持つことを示唆している。

一方、実際の人間集団におけるインフルエンザの流行で、この実験データに示されるような絶対湿度の関連性が認められるかについて、Shaman らは(文献 15) 1972~2002 年の米国 5 州(アリゾナ、フロリダ、イリノイ、ニューヨーク、ワシントン)の既存の公的データを解析し、インフルエンザによる死亡と絶対湿度の関連を時系列モデルによって分析した。その結果、

冬季のインフルエンザによる死亡の増加は、前週の異常な絶対湿度の低値と関連し、絶対湿度を取り入れた統計モデルによって、季節的なインフルエンザによる死亡の変動がうまく説明できたことから(引用図表 7, 8)、温帯地域においては絶対湿度によってインフルエンザ流行の季節性が生じるという仮説を支持するものであると述べている。

このような、人間集団で実際に観察されるインフルエンザの流行において、湿度の影響は、相対湿度よりも絶対湿度との関連を重視すべきであるという指摘は、実はわが国では上述の欧米での最近の報告よりもずっと以前から存在する。庄司は(文献 16) 1999 年に発表されたレビューで、自身の研究結果などを基に、インフルエンザ流行が見られる絶対湿度のレベルを整理し、わが国で流行が起り得る絶対湿度の最大公約数は 10g/m^3 以下であるとし、この値が、ウイルスが空気中に放出された 6 時間後に、ウイルスの 5% が生存していると考えられるレベルに相当すると述べている。また絶対湿度を予測要因の一つに組み込んだ、流行予測ソフトウェアも発表しており、そこでは絶対湿度 11g/m^3 以下が流行が起りえる湿度、 7g/m^3 以下が流行に適した湿度とされている(文献 17)。また原田らは(文献 18)、秋田県内の 3 市における 2003~04 年シーズンのインフルエンザウイルス分離状況から、流行の開始時点の絶対湿度レベルは 2.6g/m^3 から 5.6g/m^3 の範囲であったことを述べ、インフルエンザ流行と絶対湿度との関連をさらに検討すべきであるとしている。また同著者らは 2001~02 年の大館市、秋田市についても同様な検討を行い、絶対湿度とインフルエンザ流行の相関を指摘するとともに、それに基づいて、流行の期間は絶対湿度が 9g/m^3 以下であると推定している(文献 19)。

高山らは(文献 20)、滋賀県における過去 22 シーズンの感染症サーベイランスに基づく患者報告数と気象庁より入手した気温、湿度データを対比して分析したところ、インフルエンザの流行はほとんどのシーズンで絶対湿度 6g/m^3 未満になった時に始まり、流行のピーク時の絶対湿度はほとんどのシーズンで $4\sim 5\text{g/m}^3$ の範囲であり、また流行の終息は絶対湿度 7.8g/m^3 で

認められたと報告し、絶対湿度に基づいて流行の消長を記述している。またこの著者らは同様の分析を、滋賀県に隣接する大阪府、京都府、福井県を加えた4府県のデータに発展させて行い、その結果、インフルエンザの流行開始に関連する気象因子として、気温の低下よりも、湿度の低下、とくに絶対湿度の低下が強く関連する可能性があるとして述べている（引用図表9）。

さらに、長谷川らは（文献21）、1999～2003年の自験例224例および同期間に宇都宮市で発生した4972例のデータから、インフルエンザの発生と湿度の関連を確認し、その上で、相対湿度よりも絶対湿度のほうが関連が大きいと述べている。また猿渡らは（文献22）高齢者施設における調査結果として、かぜ症状の頻度が高い施設の絶対湿度が $5.1\sim 5.4\text{g/m}^3$ であったと報告している。

このようにインフルエンザの流行に関連する要因としての湿度の指標として、これまではより一般的な相対湿度を用いることが多かったが、相対湿度自体に特別な根拠があるわけではなく、ウイルス活性や人間集団での流行との関連性の強さから、絶対湿度の方がより優れた指標である可能性が示唆される。

前述の分部らの（文献9）報告では、湿度管理の重要性は認識しているものの、その反面、現在の相対湿度の基準と照らし合わせると、実態としては必ずしも十分な管理が行われているとは言えない現状も示されている（引用図表10, 11）。しかし今後絶対湿度が指標としてより適切であるということになれば、これまでの管理の適不適自体の評価も変わってくる可能性がある。

C.3 温帯地域と熱帯・亜熱帯地域におけるインフルエンザ流行パターンの差違と伝播様式に関する仮説

わが国を含め温帯気候の下にある地域では、一般にインフルエンザの流行は冬季の乾燥期に最も起こりやすいことが知られている。このことは前項でも述べたように、環境中に排出されたウイルスの活性が、低温で低湿度であるほど長時間残存するとする実験結果とも一致する。しかし一年を通して比較的高温で、かつ高湿度である東南アジアなどのような、熱帯・亜熱帯

気候の地域においても、温帯地域と同様にインフルエンザは流行しており、このことは、温度および湿度要因がインフルエンザの流行に及ぼす影響はあくまで限定的なものであり、気候上の地域により異なるものであることを示している。

今回の検索文献では、このような気候上異なる地域の伝播様式について報告する文献が見られた。Chanらは（文献23）、香港における10年間のインフルエンザ患者発生状況と気象要因（気温、湿度）との関係を、統計モデルを用いて解析し、A型インフルエンザでは冬/春と夏の2季節に流行のピークを示すのに対して、B型では冬/春にピークはあるが夏は明確ではなく、ウイルスの型によって流行パターンが異なること、また気象要因との関連では、低温・高湿がA型とB型の両方の型の流行に関連する一方、高温・高湿はA型の流行に関連するが、B型では関連は限定的であったと報告している。わが国においても、最も温暖な気候にあると言える沖縄において、夏季にインフルエンザの流行が起こっていることが、高山ら（文献24）の感染症サーベイランスデータによる患者数の変動解析、蟹江ら（文献25）の医療機関受診者におけるウイルス分離動向の分析など、複数の疫学的検討で報告されている。

このように温帯地域の冬季に比べればはるかに高温でかつ湿度も必ずしも低くない状況で、温帯地域の場合と同種のインフルエンザウイルスによる流行が起こっていることについて、Lowenらは（文献26）一つの仮説を提案している。前述の彼ら自身の動物実験（前述の文献4）では、エアロゾル伝播が低温、低湿度であるほど効率よく起こることを示されたが、さらに同じ実験系を用いて、彼らは（文献27）、エアロゾル伝播は高湿度あるいは高温で阻止される一方で、接触経路によるウイルスの伝播は、温度によらず効率よく起こり、温度が 30°C の場合では湿度条件に関わらず、接触伝播が効率よく生じることを示した（引用図表12）。彼らはこのことから、温帯地域の冬季のインフルエンザ流行においてはエアロゾル伝播（ここでは飛沫感染、飛沫核感染の両方を含む）が主たる伝播様式となるのに対して、熱帯地域における流行

では、直接的・間接的な接触伝播が主な伝播様式であるという新たな仮説を提案し、この仮説が世界で観察されるインフルエンザ流行の季節性に整合するものでもあると述べている。

この仮説に対する、支持あるいは反論は、今回の検索の範囲では認められなかったが、インフルエンザ流行と湿度との関連を評価する上で重要な問題であり、今後留意すべきものと考えられる。

C.4 新型インフルエンザについて

新型インフルエンザ (H1N1) は 2009 年 4 月に公式に発生が確認され、その後わずか 1 ヶ月でパンデミックの状態となった。わが国でも同年 12 月に流行のピークを認め、その後減少したが、2010 年末から再び患者数が増加し、2011 年に入って、インフルエンザ患者の 90% 以上は本ウイルスによると報告されている (感染症発生動向調査による)。しかし今回の文献検索の範囲では、新型インフルエンザと建築物内環境、とくに温湿度環境との関連を検討したものは見当たらなかった。新型インフルエンザに焦点を絞った報告もまだごく少なく、Tang らの (文献 28) 症状上の特徴を記述した報告がある程度であった。

C.5 その他

Hanley らは (文献 29)、インフルエンザのパンデミックにおいて、航空旅行者による伝播が果たす重要性から、世界の幾つかの国・地域において、航空機旅行客が立ち寄る屋内の場所の温度、および湿度環境を調査し、これまで経験的に知られている知見に基づいて、旅行者が立ち寄る場所におけるインフルエンザ伝播リスクを推定を行い、またリスク度マップを作成した。このような手法は、人間集団におけるインフルエンザ流行の拡大を防止する上で、リスクコミュニケーションの有用な手段と考えられ、公衆衛生上の手段として重要であるばかりでなく、建築物における温度、湿度管理の実際においても大いに参考になるアプローチであると考えられる。

D. 考察

2009 年の新型インフルエンザパンデミックの発生によって、インフルエンザ予防に対する関心が高まっている。幸い今回のウイルスは、毒力という面では、これまでの季節性インフルエンザと類似したものであったが、H5N1 型の強毒性ウイルスは依然としてトリの間で流行を続けており、このウイルスがヒトに効率よく感染するように変異してパンデミックを起こす危険性は変わっていない。万一そうなったときの脅威は今回の H1N1 ウイルスの比ではないと考えられている。従来からの季節性インフルエンザの感染予防管理に加えてこのような新たな状況も踏まえて、インフルエンザ感染を防ぐために、建築物環境衛生管理上のようなことが求められるのかについて常に最新の知見を収集することは重要である。

今回のレビューではとくに、伝播様式、感染における温湿度の影響、流行パターンに対する気象条件の地域差について興味深い知見の報告が見られた。まずインフルエンザウイルスの伝播様式としては、一般的には飛沫感染と接触感染が重視されているが、このうち飛沫感染は、感染者のせきやくしゃみに伴って排出される飛沫を直接吸い込んで起こるもので、飛沫は比較的大きな粒子であることから長時間空气中に滞留することは少ない。したがって空気の流れに乗って離れた場所にいる感受性者に感染を起こす危険は少ない。一方飛沫核のような小さな粒子は長時間空气中に滞留するエアロゾルであり、空気の流れに乗って遠く離れた場所へ移動する。飛沫核などのエアロゾルに含まれるウイルスによって感染が起これば、建築物における空気環境管理上無視できない問題となり得る。ヒトにおける飛沫核感染の集団発生事例の報告はこれまで必ずしも多くないが、最近の知見では、飛沫核に代表されるエアロゾルによる空気を介した感染がヒトにおけるインフルエンザ伝播において重要なルートであることが示唆された。とくに動物モデルを用いた感染実験でそれが証明されていることは無視できない事実である。空気を介したエアロゾル伝播の可能性は、建築物における空気環境の管理上考慮すべき重要なポイントであると考えられる。

上記の感染実験のもうひとつの重要な結果は、

エアロゾル伝播の効率が温度、湿度に影響されたことである。従来からインフルエンザ流行防止のために湿度管理が重要であることはよく知られているが、その根拠は、Harperらに代表される実験研究で、環境中のウイルス生存が低温、低湿度であるほど長時間保たれるという事実であり、飛沫感染のみを考える場合は、湿度管理の意義は不明確であった。エアロゾル感染では、エアロゾル粒子内でのウイルスの生存時間が伝播に影響することは十分考えられ、建築物における温度、湿度の管理はこれまで以上に重視されるべきポイントとなる。その湿度の指標として、これまで相対湿度を用いることが一般的だったが、最近の知見では、絶対湿度のほうが相対湿度よりも適切な指標であることが示唆された。このことは前述のHarperに代表される既存実験結果の再解析や新たな実験結果、また人間集団における疫学研究結果など複数の研究報告で指示されるものであり、またわが国では、すでに1990年代から庄司らによって提言されていたことでもある。インフルエンザ流行防止のための絶対湿度をどの程度にするべきか、というところまで踏み込んだ報告はまだ見られないが、今後検討されるべき重要なポイントであると考えられる。

日本のような温帯地域の冬季におけるインフルエンザの流行に対して、より高温、高湿度である熱帯や亜熱帯地域においてもインフルエンザの流行が見られることは、インフルエンザの流行に対すると湿度の影響を評価する上で解釈の難しい事実であった。この点に関して最近一つの魅力的な仮説が提案されている。すなわち、温帯地域の冬季のような低温・低湿度の条件では伝播の主経路はエアロゾル伝播であり、熱帯・亜熱帯地域のような高温・高湿度条件下では伝播の主経路は接触伝播であるという仮説である。この仮説は前述の動物実験結果に基づいて提案されたもので、まだこの仮説を直接的に支持するような報告は現時点では見当たらなかった。しかし一方で、接触感染がインフルエンザの主要な伝播経路の一つであることははじめに述べたようにすでに確立された事実である。また疫学的に観察される人間集団におけるインフルエンザの流行と気象条件の関係が、温帯地

域では、国や地域によらずおおむね一定であるのに対して、熱帯や亜熱帯地域では、地域のより、また同じ地域でも年や季節によって大きく異なるという現象を説明できる有力な考え方である。今後この仮説を検証するための研究が蓄積されることが求められる。

今回のレビューでとくに注目した、エアロゾル伝播、絶対湿度の影響、流行の地域差と伝播様式の違いは相互に関連するものであり、建築物内におけるインフルエンザ伝播を防止するための環境衛生管理という観点から、今後の知見の蓄積、集約が望まれる。

E. 結論

英文および和文の医学文献データベースを用いて、最近10年の報告を中心に、インフルエンザに関する最新の知見を、建築物環境衛生管理という観点から、収集し、整理した。その結果、ウイルスへの感染におけるエアロゾル伝播の重要性、ウイルス伝播に影響を及ぼす湿度の指標としての絶対湿度の優越性、および人間集団における流行の地域差と伝播様式の相違に関連する新たな仮説の3点が、とくに注目すべき点と考えられた。これらは、インフルエンザの流行を正確に理解する上で相互に関連するものであり、今後の建築物内におけるインフルエンザ流行防止のための環境衛生管理上、さらなる知見の蓄積、集約に留意する必要がある。

F. 研究発表

該当なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む）

該当なし

参考文献

- 1 水谷哲(2007). 【インフルエンザ 伝播抑止と制御】 インフルエンザの感染経路. 医薬ジャーナル, 43(11):2643-2646.
- 2 安岡彰(2010). 【インフルエンザ】 家庭・職場での感染対策. 最新医学, 65(1):86-90.
- 3 Tellier, R. (2009). Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society. 6

- Suppl 6:S783-90.
- 4 Lowen, A. C.;Mubareka, S.;Steel, J.;Palese, P. (2007). Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS pathogens*. 3 (10):1470-6.
- 5 Fabian, P., McDevitt, J. J., DeHaan, W. H., Fung, R. O., Cowling, B. J., Chan, K. H., Leung, G. M. & Milton, D. K.(2008). Influenza virus in human exhaled breath: an observational study. *PLoS ONE* 3, e2691. (doi:10.1371/journal.pone.0002691).
- 6 Blachere, F. M. et al. (2009). Measurement of airborne influenza virus in a hospital emergency department. *Clin. Infect. Dis.* 48, 438-440. (doi:10.1086/596478).
- 7 加地正英(2006). 【インフルエンザ診療の新展開 パンデミックを視野に入れた戦略】 予防と対策 ワクチンとインフェクションコントロール インフルエンザの感染経路. *内科*, 98(5):839-842.
- 8 Drinka, P. J. (1996). Report of an outbreak; nursing home architecture and influenza-A attack rates. *J Am Geriatr Sci.* 44:910-913.
- 9 分部美香(2009). 高齢者福祉施設における加湿器の有効利用への提言 インフルエンザ予防のために. *生活と環境*, 54(8):76-80.
- 10 Harper, G. J. (1961). Airborne micro-organisms: survival tests with four viruses. *J. Hyg.*, 59:479-486.
- 11 Kingdon, K. H. (1960). Relative humidity and air-borne infections. *The American review of respiratory disease.* 81:504-12.
- 12 Shaman, J.;Kohn, M. (2009). Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 106 (9):3243-8.
- 13 McDevitt, J.;Rudnick, S.;First, M.;Spengler, J. (2010). Role of absolute humidity in the inactivation of influenza viruses on stainless steel surfaces at elevated temperatures. *Applied and environmental microbiology.* 76 (12):3943-7.
- 14 中山幹男, 斉藤恵子 (2009). インフルエンザウイルスの感染価に及ぼす相対湿度の影響. *バムサ会誌* 20:77-80.
- 15 Shaman, J.;Pitzer, V. E.;Viboud, C.;Grenfell, B. T.;Lipsitch, M. (2010). Absolute humidity and the seasonal onset of influenza in the continental United States. *PLoS biology.* 8 (2):e1000316.
- 16 庄司眞(1999). 【インフルエンザ】 季節とインフルエンザの流行. *公衆衛生研究*, 48(4):282-290.
- 17 庄司眞;片山弘毅;高橋正人(2004). Excel によるインフルエンザの流行予測(2) 日本におけるインフルエンザの流行予測 予測の根拠の妥当性と2003~2004シーズンの反省. *臨床と研究*, 81(12):1991-2000.
- 18 原田誠三郎;福山正文;庄司眞;天野憲一(2008). 2003/2004 シーズンに秋田県内で分離されたインフルエンザウイルスの抗原分析とインフルエンザ流行における絶対湿度の役割. *環境と病気*, 17(1-2):15-20.
- 19 原田誠三郎;生盛剛;庄司眞;福山正文;天野憲一(2004). 2001年から2002年の大館市及び秋田市における絶対湿度とインフルエンザ流行に関する調査研究. *感染症学雑誌*, 78(5):411-419.
- 20 高山幸男(2006). 滋賀県のインフルエンザの流行と気象との関係について 感染症発生動向調査週報(Idwr)による, 22年間のインフルエンザの流行と特に絶対湿度, 最低気温との関係. *滋賀医学*, 1-18.
- 21 長谷川和夫;長谷川清子(2004). 当院4年間のデータを基にしたインフルエンザ発生と気温・湿度との関係. *栃木県医学会々誌*, 30-33.
- 22 猿渡正子;青木聡;所光男(2001). 高齢者養護施設におけるインフルエンザ感染. *岐阜県保健環境研究所報*, 12(9):35-40.
- 23 Chan PK, Mok, H. Y.;Lee, T. C.;Chu, I. M.;Lam, Y. W.; Sung, J. J. (2009). Seasonal Influenza Activity in Hong Kong and its Association With Meteorological Variations. *J Med Virol* 81:1797-1806.
- 24 高山幸男(2008). 沖縄のインフルエンザ流行事情 夏季の流行は地球温暖化の影響か?. *滋賀医学*, 5-14.
- 25 蟹江健介;豊浦麻記子(2008). 夏のインフルエンザ. *外来小児科*, 11(2):135-142.
- 26 Lowen, A.;Palese, P. (2009). Transmission of influenza virus in temperate zones is predominantly by aerosol, in the tropics by contact: a hypothesis.

PLoS currents. Influenza.RRN1002.

27 Lowen, A. C.;Steel, J.;Mubareka, S.;Palese1, P. (2008). High Temperature (30 – C) Blocks Aerosol but Not Contact Transmission of Influenza Virus. Journal of Virology, 82(11):5650-5652.

28 Tang, J. W.;Tambyah, P. A.;Lai, F. Y.;Lee, H. K.;Lee, C. K.;Loh, T. P.;Chiu, L.;Koay, E. S. (2010).

Differing symptom patterns in early pandemic vs seasonal influenza infections. Archives of internal medicine. 170 (10):861-7.

29 Hanley, B. P.;Borup, B. (2010). Aerosol influenza transmission risk contours: a study of humid tropics versus winter temperate zone. Virology journal. 7:98. 7

引用図表

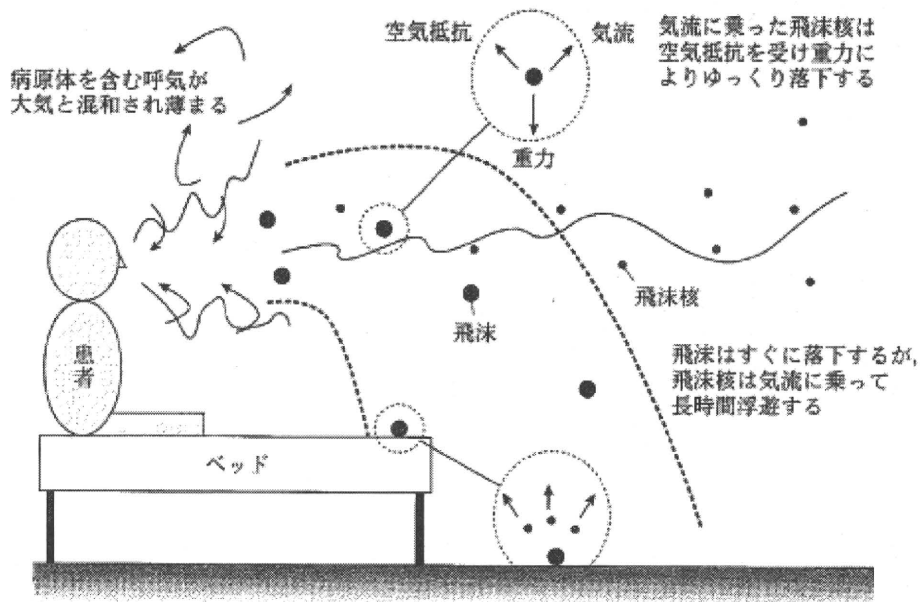


図1 飛沫と飛沫核の動き

飛沫は直ちに落下し、乾燥により小さくなった粒子(飛沫核)はベッドメイキング、人の動き、窓やドアの開閉などによる気流の動きなどで再び舞い上がる。

(文献5より一部改変)

引用図表1 , 文献1の図1

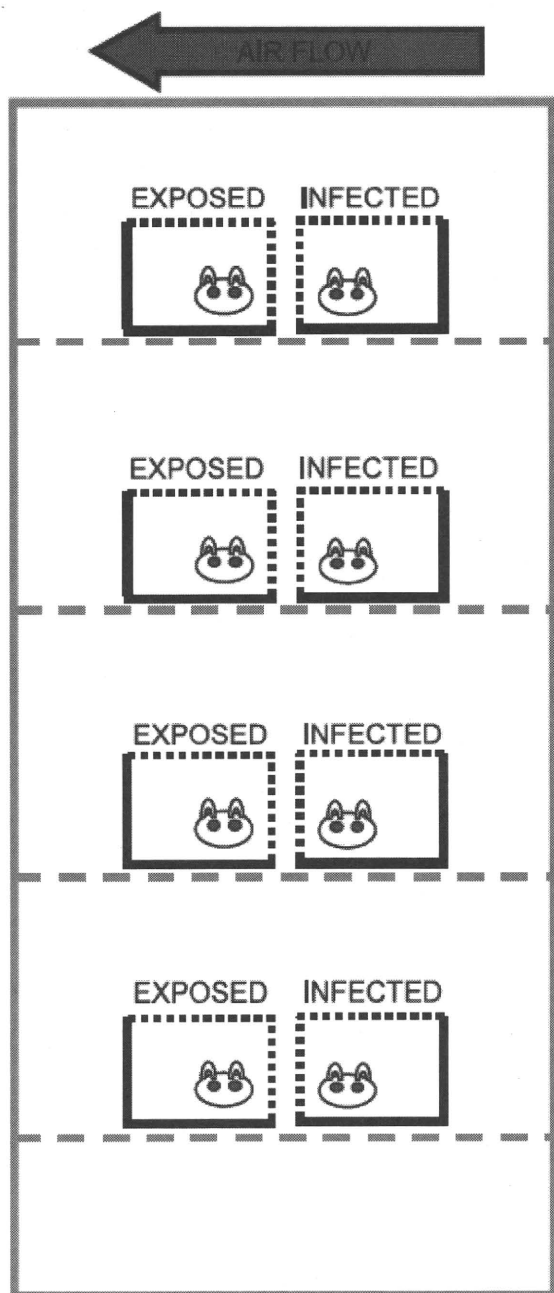


Figure 1. Arrangement of Infected and Exposed Guinea Pigs in Environmental Chamber

In each experiment, eight animals were housed in a Caron 6030 environmental chamber. Each guinea pig was placed in its own cage, and two cages were positioned on each shelf. Naïve animals were placed behind infected animals, such that the direction of airflow was toward the naïve animals. The cages used were open to airflow through the top and one side, both of which were covered by wire mesh. Although infected and exposed guinea pigs were placed in pairs, air flowed freely between shelves, allowing transmission to occur from any infected to any naïve animal.

doi:10.1371/journal.ppat.0030151.g001

引用図表2 文献4のFigure 1

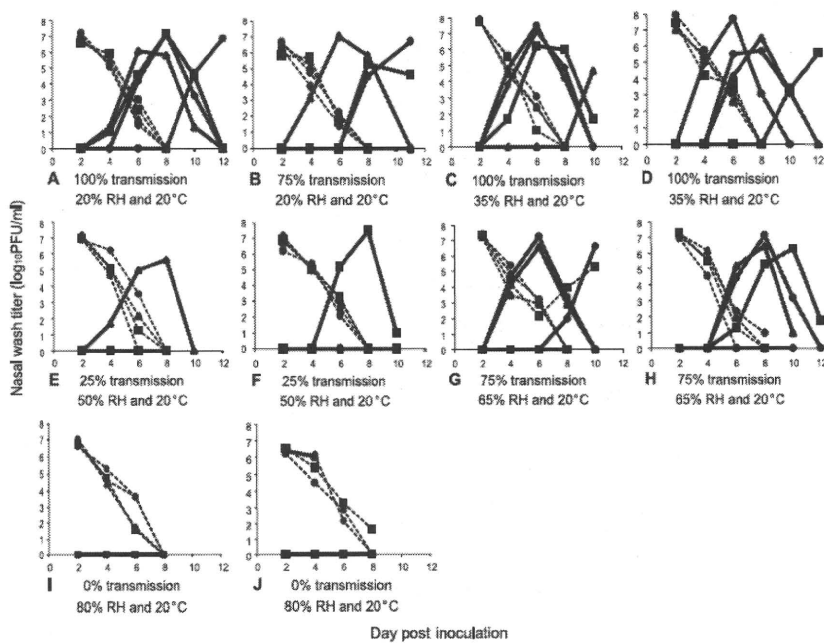


Figure 2. Transmission of Influenza Virus from Guinea Pig to Guinea Pig Is Dependent on Relative Humidity

Titers of influenza virus in nasal wash samples are plotted as a function of day p.i. Overall transmission rate and the RH and temperature conditions of each experiment are stated underneath the graph. Titers from intranasally inoculated guinea pigs are represented as dashed lines; titers from exposed guinea pigs are shown with solid lines. Virus titrations were performed by plaque assay on Madin Darby canine kidney cells.
doi:10.1371/journal.ppat.0030151.g002

引用図表 3 文献 4 の Figure 2

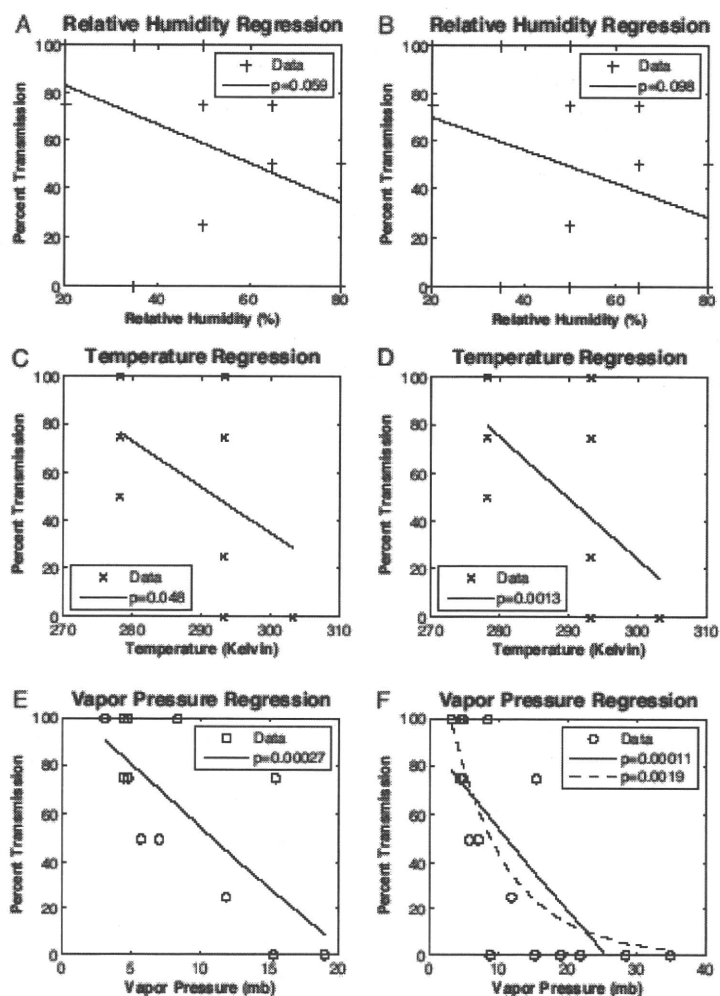


Fig. 1. IVT response to RH, temperature, and VP. (Left) Regression of guinea pig IVT data (8) ($n = 20$) on RH (A), temperature (C), and VP (E). (Right) Regression of larger guinea pig IVT dataset (8, 11) ($n = 24$) on RH (B), temperature (D), and VP (F). Significance of each model fit was assessed by using the t statistic for which the P value is shown in the legend. Symbols are the data; the black lines are linear regression model solutions. The dashed line plots the regression of $\log(\text{percent transmission})$.

引用図表 4 文献 12 の Figure 1

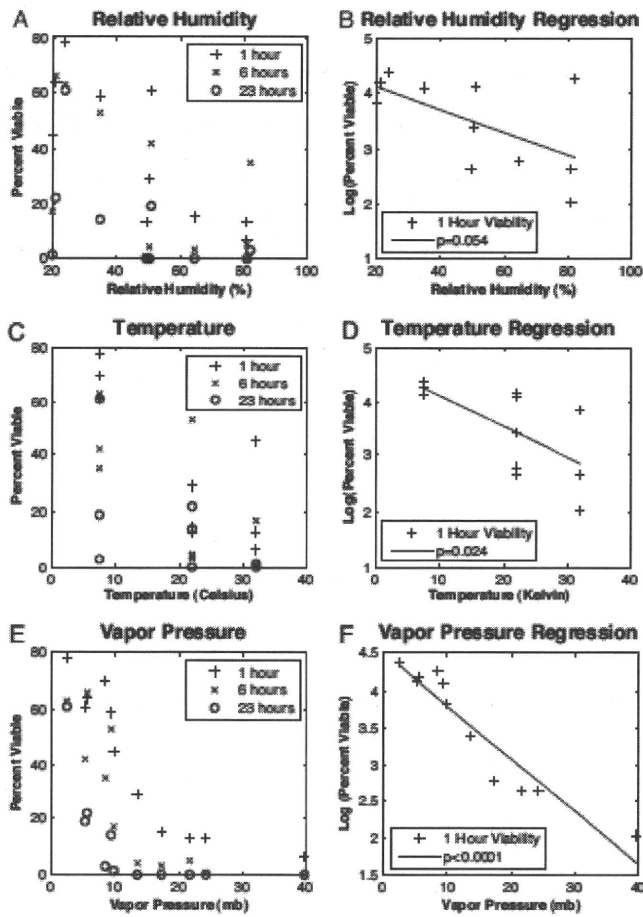


Fig. 3. IVS response to RH, temperature, and VP. (Left) Scatter plots of IVS data (15) ($n = 11$) at 1, 6, and 23 h after aerosol generation plotted versus RH (A), temperature (C), and VP (E). (Right) Linear regression of log(percent viable) at 1 h on RH (B), temperature (D), and VP (F). Significance of each model fit was assessed by using the t statistic for which the P value is shown in the legend. Symbols are the data; the black lines are regression model solutions.

引用図表5 文献12のFigure 3

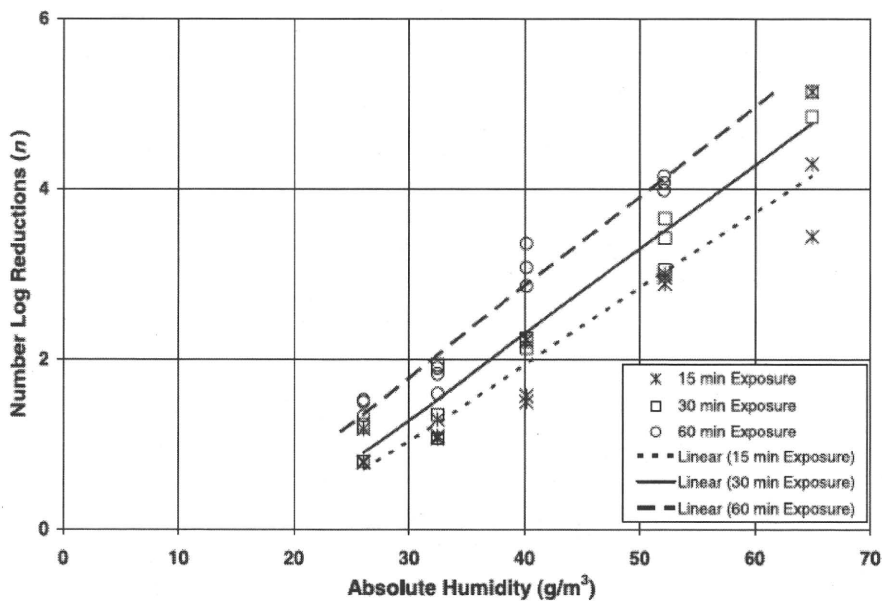


FIG. 1. Plot of log reductions of influenza virus on stainless steel surfaces as a function of absolute humidity for 15-, 30-, and 60-min exposure times.

引用図表6 文献13のFigure 1

Table 1. Association of daily anomalies in various environmental variables with wintertime influenza onset during 1972–2002 for the contiguous US.

Onset Threshold (Deaths/100,000/Day)	AH' (1,000*kg/kg)	RH' (%)	Temperature' (Kelvin)	Solar Radiation' (W/m ²)
0.005	-0.138 (<0.00002)	-0.420 (0.00166)	-0.221 (0.00004)	0.431 (0.0397)
0.01	-0.124 (<0.00002)	-0.586 (0.00006)	-0.212 (0.00044)	0.547 (0.0068)
0.015	-0.114 (<0.00002)	-0.709 (<0.00002)	-0.178 (0.00398)	0.594 (0.0051)
0.02	-0.107 (<0.00002)	-0.639 (<0.00002)	-0.184 (0.00402)	0.316 (NS)

Four different onset thresholds are shown. Average values for each variable are for the period 4 to 0 wk prior to onset. Significance estimates based on bootstrapping are also shown in parentheses.

NS = not significant.

doi:10.1371/journal.pbio.1000316.t001

引用図表 7 文献 15 の Table 1

Table 2. Parameter combinations for the ten best-fit simulations at the Arizona, Florida, Illinois New York, and Washington state sites.

Rank	RMS Error	Correlation Coefficient (<i>r</i>)	<i>L</i> (Years)	<i>D</i> (Days)	<i>R</i> _{max} (Persons/Person)	<i>R</i> _{min} (Persons/Person)	Scaling Factor (×1e-4)
1	0.0070	0.85	5.35	3.24	3.52	1.12	1.70
2	0.0070	0.85	5.40	2.41	2.89	1.16	1.92
3	0.0075	0.83	3.28	4.18	3.40	1.22	1.04
4	0.0075	0.82	3.70	2.03	2.05	1.15	1.85
5	0.0075	0.82	7.77	2.59	3.69	1.30	2.28
6	0.0076	0.82	6.23	2.37	2.71	1.23	2.28
7	0.0076	0.82	6.05	2.56	3.79	1.06	1.83
8	0.0076	0.82	4.61	2.71	2.61	1.29	1.70
9	0.0076	0.81	7.39	2.85	3.69	1.27	2.22
10	0.0076	0.81	3.58	3.61	3.19	1.20	1.18

Five thousand simulations were performed at each site with the parameters *R*_{max}, *R*_{min}, *D*, and *L* randomly chosen from within specified ranges. Best-fit simulations were selected for the five sites in aggregate based on RMS error after scaling the 31-y mean daily infection number to the 31-y mean observed daily excess P&I mortality rate at each site. The scaling factor itself, representing mortality per infection, is also shown.

doi:10.1371/journal.pbio.1000316.t002

引用図表 8 文献 15 の Table 2

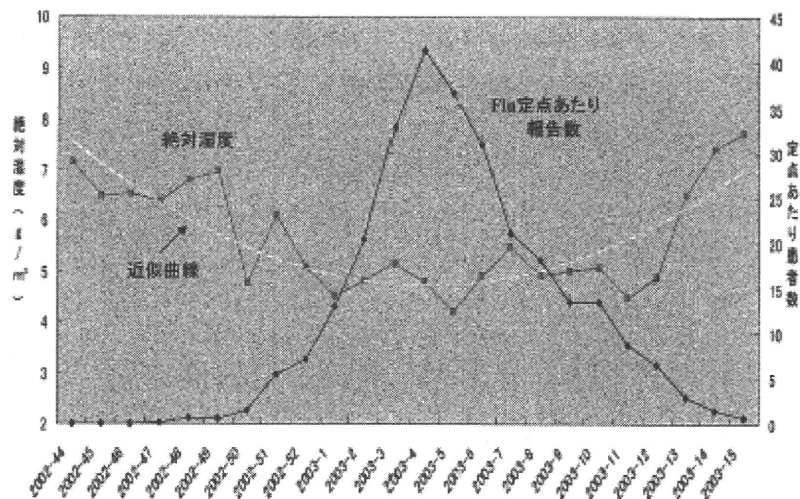


図 3 絶対湿度とインフルエンザ定点あたり報告数との関係

引用図表 9 文献 20 の図 3

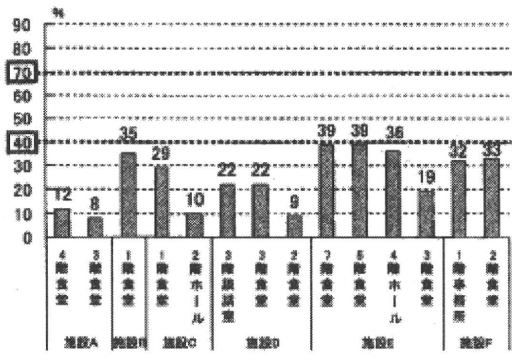


図10 共用部の平均相対湿度

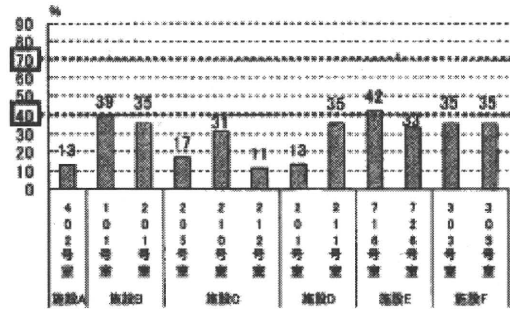


図11 居室の平均相対湿度

引用図表10 文献9の図10

引用図表11 文献9の図11

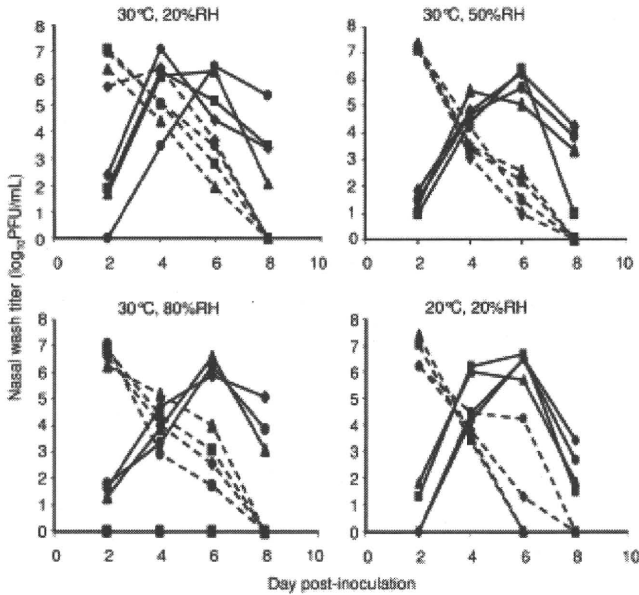


FIG. 3. Contact transmission of influenza virus from guinea pig to guinea pig is efficient at 30°C. Titers of influenza virus in nasal wash samples are plotted as a function of the day postinoculation. The RH and temperature conditions of each experiment are indicated above each graph. Titers from intranasally inoculated guinea pigs are represented as dashed lines; titers from exposed guinea pigs are shown with solid lines. Squares, diamonds, triangles, and circles refer to individual animals. Exposed and inoculated guinea pigs with like symbols were housed in the same cage.

引用図表12 文献27のFIG3

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
谷川力, 鍵直樹, 齊藤秀樹, 鎌倉良太, 大澤元毅	地下街における有害生物生息状況アンケート結果とヒアリング報告	家屋害虫	32(1)	13-17	2010.7
柳宇, 鍵直樹, 池田耕一	空調システムにおける微生物汚染の実態と対策に関する研究 第4報-個別方式空調における「かび臭」原因究明のための調査	日本建築学会環境系論文集	Vol.75, No.654	721-726	2010.8
鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 西村直也	事務所建築物の規模による室内空気質の比較検討	日本建築学会環境系論文集	Vol.76, No.659	43-48	2011.1
U. Yanagi, N. Kagi, H. Osawa, K. Ikeda, H. Saitou and R. Kamakura	The actual condition of air environment in large scale underground cities	Indoor Air 2011			2011.6

学会発表

発表者氏名	論文タイトル名	学会名	ページ	出版年
大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 西村直也, 齋藤秀樹, 齋藤敬子, 鎌倉良太	地下街における環境衛生の実態に関する基礎調査(第一報)建築物衛生法に準じた空気環境測定及び立入り調査	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1323-1326	2009.9
鍵直樹, 大澤元毅, 柳宇, 池田耕一, 西村直也, 齋藤秀樹, 齋藤敬子, 鎌倉良太	地下街における環境衛生の実態に関する基礎調査(第二報)空気環境の詳細測定	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1327-1330	2009.9
柳宇, 鍵直樹, 吉澤晋, 山崎省二, 齋藤秀樹, 齋藤敬子, 鎌倉良太, 杉山順一	個別空調設備における微生物汚染の実態-その2汚染源の特定	2009年度室内環境学会総会講演集	190-191	2009.12
鍵直樹, 柳宇, 齋藤秀樹, 齋藤敬子, 鎌倉良太, 大廻和彦, 清水晋	個別空調設備における微生物汚染の実態-その3加湿器からのMVOC測定	2009年度室内環境学会総会講演集	192-193	2009.12
大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 西村直也, 齋藤秀樹, 鎌倉良太	地下街における環境衛生の実態に関する基礎調査(第三報)全国6ヶ所における建築物衛生法に準じた空気環境測定及び立入り調	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1211-1214	2010.8

池田耕一, 大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 斎藤秀樹, 鎌倉良太	建築物における衛生環境と建物維持管理の実態に関する調査	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1215-1218	2010.8
田島昌樹, 射場本忠彦, 百田真史, 大澤元毅, 鍵直樹, 西村晃, 久合田由美, 池田耕一, 柳宇	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)取得資料の概要	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1219-1222	2010.9
久合田由美, 射場本忠彦, 百田真史, 大澤元毅, 鍵直樹, 田島昌樹, 西村晃, 池田耕一, 柳宇	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2報)省エネルギー技術と環境衛生に関するアンケート調査	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1223-1226	2010.9
西村晃, 射場本忠彦, 百田真史, 大澤元毅, 鍵直樹, 田島昌樹, 久合田由美, 池田耕一, 柳宇	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3報)事務所建築におけるBEMSデータによる室内環境の解析	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集	1227-1230	2010.9
大澤元毅, 射場本忠彦, 百田真史, 鍵直樹, 田島昌樹, 久合田由美, 池田耕一, 柳宇	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 研究概要と全国特定建築物立入検査等状況調査結果の概要	日本建築学会講演梗概集	889-890	2010.9
百田真史, 射場本忠彦, 大澤元毅, 鍵直樹, 田島昌樹, 久合田由美, 池田耕一, 柳宇	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2 省エネルギー技術と環境衛生に関するアンケート調査の概要	日本建築学会講演梗概集	891-892	2010.9
田島昌樹, 射場本忠彦, 百田真史, 大澤元毅, 鍵直樹, 久合田由美, 池田耕一, 柳宇	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3 アンケート調査による室内空気環境の傾向	日本建築学会講演梗概集	893-894	2010.9
久合田由美, 射場本忠彦, 大澤元毅, 鍵直樹, 田島昌樹, 百田真史, 池田耕一, 柳宇	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4 東京都における特定建築物立入検査データの概要	日本建築学会講演梗概集	895-896	2010.9

