

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

興行場における衛生的な環境確保のための研究

令和3年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 開原 典子

令和4（2022）年5月

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

興行場における衛生的な環境確保のための研究

令和3年度 総括・分担研究報告書

研究代表者	開原 典子	国立保健医療科学院	主任研究官
研究分担者	林 基哉	北海道大学大学院	教授
	柳 宇	工学院大学	教授
	島崎 大	国立保健医療科学院	上席主任研究官
	戸次加奈江	国立保健医療科学院	主任研究官
	本間 義規	国立保健医療科学院	統括研究官
	伊庭千恵美	京都大学大学院	准教授

研究協力関連団体・研究協力者

全国興行生活衛生同業組合連合会

齋藤 敬子	日本建築衛生管理教育センター
関内 健治	全国ビルメンテナンス協会
谷川 力	ペストコントロール協会
山崎 和生	山崎技術士事務所
菊田 弘輝	北海道大学大学院

令和4年（2022）年5月

目 次

I. 総括研究報告	-----	p. 1
興行場における衛生的な環境確保のための研究		
開原典子		
II. 分担研究報告		
1. 海外の規制と技術に関する文献調査	-----	p. 7
島崎大、柳宇、伊庭千恵美		
2. 映画館内の換気に関する実態とその評価法に関する検討	-----	p. 19
本間義規、開原典子、林基哉、菊田弘輝		
3. 国内興行場内の微生物実態調査	-----	p. 37
柳宇		
4. 加熱脱着GCMSを用いた空気中の準揮発性有機化合物に関する捕集/ 分析方法の検討	-----	p. 49
戸次加奈江		
5. COVID-19の影響を踏まえた興行場の換気対策	-----	p. 57
林基哉		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 79

興行場における衛生的な環境確保のための研究

研究代表者 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

興行場における衛生的な環境確保を目的として、通知の見直しを視野に、興行場に求められる衛生基準の提言に資する情報整備を行う。求められる成果は、①建築物衛生法や建築基準法等の同時に規制を受ける関係法規や海外の規制と比較整理した資料、②興行場法に基づく各都道府県等の条例及び興行場の衛生状況の調査結果、③映画館における4D上映等の新たな装置に関するメンテナンスの必要性について整理した資料、である。これらの調査結果を踏まえ、興行場に求められる衛生基準への提言に資する科学的根拠を示す。

国内外の衛生基準調査では、建築物衛生法や建築基準法等の同時に規制を受ける関係法規や海外の規制と比較整理し、我が国の興行場の衛生基準を策定するための基礎情報とする。実態調査では、各都道府県等の衛生実態及び条例に基づく指導状況を整理し、通知の衛生項目に関する課題の有無および現通知との乖離している項目の抽出を行う。衛生管理手法の確立では、映画館の4D上映等の新しい装置についての維持管理手法の確立、及び空気調和設備の維持管理のマニュアル作成を目指す。また、興行場の安心・安全につながる感染症対策の知見整備として、今般のCOVID-19の興行場への影響を踏まえ、施設の用途毎の感染症対策資料の作成を目指す。

R3年度は、国内外の文献調査に基づいて、欧米各国や国際機関等における興行場を対象とした衛生管理の既往規制やガイドライン、ならびに、興行場に係る新型コロナウイルス感染症対策に関する各国の規制等を抽出し整理を行った。これらの情報は、我が国の興行場の感染症対策等、今般の変化を踏まえた衛生管理のあり方に関する知見と位置付けられる。また、ヒアリングおよび実測調査では、4D等エフェクト調査、温度・湿度・二酸化炭素濃度・空気清浄度の連続測定および真菌・細菌の測定の結果から、温熱・換気性状について分析を行った。興行場の種類は多様であり、調査件数が少ないため、事例的にはなるが、大きい規模、特に映画館のいわゆるシネマコンプレックスの4D等の観覧場は、十分な運転能力を有した設備機器を備え、一定水準以上で維持管理がされているといえる。設備情報やその維持管理方法及び運転スケジュール等と合わせた測定データの分析の必要性や、小規模な施設や種類の異なるものに関する調査の必要性をまとめている。今後を見据えた興行場における浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスク検討では、施設の種類、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスク等の感染対策等、多要因が影響するという分析結果を示している。

研究分担者	研究協力関連団体・研究協力者
林 基哉 北海道大学	全国興行生活衛生同業組合連合会
柳 宇 工学院大学	齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター
島崎 大 国立保健医療科学院	関内 健治 全国ビルメンテナンス協会
戸次 加奈恵 国立保健医療科学院	谷川 力 ペストコントロール協会
本間 義規 国立保健医療科学院	山崎 和生 山崎技術士事務所
伊庭 千恵美 京都大学	菊田 弘輝 北海道大学

A. 研究目的

興行場における衛生的な環境確保を目的として、通知の見直しを視野に、興行場に求められる衛生基準の提言に資する情報整備を行う。求められる成果は、①建築物衛生法や建築基準法等の同時に規制を受ける関係法規や海外の規制と比較整理した資料、②興行場法に基づく各都道府県等の条例及び興行場の衛生状況の調査結果、③映画館における4D上映等の新たな装置に関する消毒やメンテナンスの必要性について整理した資料、である。これらの調査結果を踏まえ、興行場に求められる衛生基準への提言に資する科学的根拠を示す。

本研究班の研究には衛生管理実施者の意見を反映する体制が必要であるが、本班では、自治体の

環境衛生監視員、日本建築衛生管理教育センター、日本ペストコントロール協会、全国ビルメンテナンス協会との協働や、全国興行生活衛生同業組合連合会及び建築物の衛生管理者との連携を行う。3年間の研究期間で、現場に必要な情報を収集・整備し、興行場における衛生的な環境確保のための指導助言に資する科学的根拠を示す。

B. 研究方法

本研究班「興行場における衛生的な環境確保のための研究」は、求められる成果①～③に対応して、3つの研究部会から構成（①国内外の衛生基準調査と分析、②実態調査（条例と指導状況の把握および事例調査）、③衛生管理手法の確立）され



図1 研究の構造

る。これら一連の研究成果を通じて興行場に求められる衛生基準を策定するための科学的根拠を示すとともに情報整備を行う。具体的な研究計画及び方法を以下に示す。

B1. 国内外の衛生基準の調査【R3-R4】

本部会では、我が国の興行場の衛生基準を策定するための基礎情報とするために、建築物衛生法や建築基準法等の同時に規制を受ける関係法規や海外の規制について、文献調査や国内外の技術動向の資料に基づき、知見を整理する。

B1-1. 国内法規の整理と課題の提示（開原/本間/林）

令和3年度は、本研究で対象とする興行場の衛生措置に関する国内の関連法規を整理する。令和4年度は、関連団体と連携し現状の法を取り巻く課題と構造を整理する。令和5年度は、情報の更新を継続するとともに、他部会との調整を図る。

B1-2. 海外の規制と技術に関する調査（島崎/伊庭/柳）

令和3年度は、興行場の衛生措置について海外の規制を整理する。令和4年度は、海外の新しい技術の衛生管理状況とその課題を文献調査等により集積する。令和5年度は、情報の更新を継続するとともに、他の部会との調整を図る。

B2. 実態調査【R3-R5】

本部会では、各都道府県の条例と事例調査も含めた各都道府県等の衛生実態及び指導状況を整理し、通知の衛生項目に関する課題の有無および現通知との乖離している項目の抽出を行う。

B2-1. 各都道府県の条例とその指導状況に関する調査と整理（戸次/島崎/開原）

令和3年度は、各都道府県の条例を整理し、各都道府県の指導状況を調査するためのヒアリングを行う。令和4年度は、各都道府県の指導状況を把握するために、各都道府県等担当者に前年度のヒアリング内容を踏まえたアンケート調査を行いその実態を把握するとともに指導の際の課題抽出を行う。令和5年度は、興行場の営業者にアンケート調査とヒアリングを行い、指導を受ける際の課題を抽出する。

B2-2. 事例調査（真菌・細菌：柳、水質：島

崎、化学物質：戸次、落下細菌・粉じん・換気：林、本間、温熱・建築計画：開原、伊庭、ねずみ昆虫：谷川、設備・装置：山崎、維持管理：齋藤）

令和3年度は、施設の規模や新旧および空調方式の違いを踏まえて、3年間で15件程度測定を行う準備を進める。映画館等の4DX等を有する場合、「水しぶき」「バブル」「霧」など水回りに関連する装置メカニズムを踏まえた衛生管理を中心として、水質調査等を行う準備を進める。また、維持管理状況についても施設にてヒアリング及び観察調査を行う。令和4年度・令和5年度は、継続して実測調査を行い、課題を抽出する。

B3. 衛生管理手法の確立【R3-R5】

本部会では、衛生管理手法の確立を目指し、自治体の指導助言に資する4D上映等の装置と空気調和設備の維持管理に関する知見を整備するとともに、施設の種類等を踏まえた安心・安全につながる感染症対策の知見を整備する。

B3-1. 施設の種類を踏まえた消毒・換気対策（林/谷川/山崎）

令和3年度は、興行場の施設の種類等を踏まえて、COVID-19の感染対策の知見を整理し、そのリスクを検討する。令和4年度及び令和5年度は、継続して情報を更新し、他部会との調整を図る。

B3-2. 映画館における4D上映等の新しい装置についての維持管理手法の確立（林/谷川/山崎）

令和3年度は、他部会との調整を図る。令和4年度は、部会②と連携し、映画館等の4DX、MX4Dシステムの市場動向を調査し、装置メーカー等に開発動向のヒアリングを行う。令和5年度は、開発動向を踏まえて、指導助言に資する維持管理手法の検討を行う。

B3-3. 指導助言に資する空気調和設備の維持管理のマニュアル作成（本間/山崎/林）

令和3年度及び令和4年度は、他部会との調整を図る。令和5年度は、「建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究」班で進められている特定建築物の個別空調方式の行政指導等マニュアル（令和4年度終了、代表・林基哉）を活用し、空気調和設備の維持管理マニ

ュアルを作成する。

C. 研究結果

C1. 国内外の衛生基準の調査

国内では、映画館や劇場の室内空気環境に関する実態調査報告は半世紀前のものであった。現在の映画館や劇場の建築と空調・換気システムと異なるため、参考できるものは殆どなかった。一方、感染症対策としては、各省庁において、COVID-19 流行期間中に多くのガイドラインが公表されている。感染症対策の視点から参考できるものが多い。また、国際的に、近年の研究はシミュレーションの手法を用いたものも多い。COVID-19 流行期間中に全ての聴衆が捕集率 75%のマスクを着用すれば、最大感染確率と平均感染確率は、それぞれ 0.20 と 0.03%を超えないとのシミュレーションの結果が報告されている。

米国では、ASHRAE が室内空気質に関する基準値や詳細なガイドラインを示しており、興行場に関連した衛生管理や規制の情報は、空気質についてのみ確認できた。

このように、室内空気質に関する我が国の法規制や WHO ガイドラインは、映画館や展示場等の不特定多数が短時間滞在する施設を対象としている。一方、韓国の関連法規では映画館等の施設が含まれており、同省令における基準項目等を確認する必要があると考えられた。

C2. 実態調査

(温度・湿度・二酸化炭素濃度、空気清浄度)

事例的ではあるものの、4D 等エフェクト調査、温度・湿度・CO₂ 濃度・空気清浄度の連続測定の結果から、温熱・換気性状について分析を行った。件数が少ないため、事例的にはなるが、大きい規模、特に映画館のいわゆるシネマコンプレックスの4D等の観覧場は、十分な運転能力を有した設備機器を備え、一定水準以上で維持管理がされている可能性が高い。設備情報やその維持管理方法及び運転スケジュール等の情報の踏まえた分析の必要性や、小規模な施設や種類の異なるものに関する調査の必要性をまとめている。

(真菌細菌)

浮遊粒子濃度について、これまで興行場における測定報告は殆どない。これまでにしているオフィスビルの浮遊粒子濃度の測定結果と比較すると、オフィスと同等かそれ以下になっている。

落下細菌と真菌の測定方法について、短時間の測定で得られた結果では、落下細菌と真菌数はその時の空気中の浮遊細菌と浮遊真菌濃度との間に殆ど相関がない。本研究で測定した落下細菌・真菌と浮遊細菌・真菌の間、または粒径別浮遊粒子濃度との間に相関関係が認められないのはそのためであると考えられる。映画上映中に浮遊細菌と浮遊真菌の測定が望ましいが、できなければ、 $\geq 2 \mu\text{m}$ と $\geq 5 \mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度の測定値から浮遊細菌と浮遊真菌濃度を推測方法について検討する必要がある。一方、引き続き落下細菌と真菌のデータを蓄積し、それによる映画館内の微生物汚染評価の可能性について検討することも重要である。

本報でまとめたデータは、事例的であり、上映中の室内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度を代表できるものではないため、今後測定方法を含めた検討が必要である。また、落下菌による映画館内微生物汚染評価の可能性については、検討する必要がある。

(実態調査を見据えた測定方法の検討—化学物質の場合)

実施設内でのスムーズな捕集・分析方法を検討するため、実験室内で、フタル酸エステル類、リン系難燃剤、臭素系難燃剤、その他数種類の成分を含む 25 成分を捕集可能であるかの検討を行っている。その結果、検討を進めている捕集方法で、異なる条件下で捕集したサンプル全体を通して、当該物質が発生している場合、16 成分が検出可能であることを確認した。検討した成分は、濃度に差が見られたものの、温度条件及び流量に依存して濃度が高くなる傾向にあることを確認した。一方で、対象成分のうち臭素系難燃剤については、検出限界以下のものが多く見られたが、室温を高くしさらに捕集流量を増やすことで、当該物質が発生している場合は、検出可能となる成分もあった。

このように、空気中の SVOC を中心とした測定方法を検討した結果、特に揮発性の低い成分におい

ては、室内の温度や捕集流量が検出結果に大きく影響し、長時間捕集することで、検出可能となることが示唆された。今後は、こうした捕集条件も考慮し、実環境下での実態を幅広く調べる基礎と位置づけ、情報を整えた。

C3. 衛生管理手法の確立

C3.1 COVID-19 の影響を踏まえた興行場の換気対策

新型コロナウイルスについては、これまでの様々な感染事例から、室内空気中の浮遊飛沫（エアロゾル）による感染の可能性が指摘され、換気対策の必要性が指摘された。国内外で、浮遊飛沫（エアロゾル）感染の対策が講じられたが、換気性状と感染リスクの関係は定量的に把握することが出来ていない。二酸化炭素濃度は、換気量に左右されるため、空気中の浮遊飛沫の濃度と関係する。温湿度は、インフルエンザに関する研究によって、ウイルスの不活化速度に影響するとされている。絶対湿度が高い場合と低い場合に、不活化速度が低下するとされている。新型コロナウイルスについては、空気中の浮遊飛沫及びウイルスに関する研究が行われているが、その機序に関する結論が得られていない。建築物の室内空気環境に関する既往の調査結果によると、二酸化炭素の濃度が2000年以降高くなっている傾向があり、浮遊飛沫（エアロゾル）感染対策の観点で、好ましくない。冬期の相対湿度が顕著に低くなっている傾向があり、インフルエンザウイルスの感染防止の観点では、好ましくない。

浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスクは、建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクなどの感染対策など、多数の要因の影響を受ける。また、感染者の行為や症状、被感染者の行為、滞在時間などによって、被感染者が吸引するウイルス量が変わる。換気量が少なく、行為の代謝量が多い場合に感染リスクが高くなる。興行場では、施設用途によってさまざまな行為があり、感染リスクには大きな幅がある。興行場においては、用途に応じた換気対策が必要であると考えられる。

D. 結論

R3年度の研究によって、以下の知見が得られた。

国内外の文献調査に基づいて、欧米各国や国際機関等における興行場を対象とした衛生管理に関する既往の規制やガイドライン、ならびに、興行場に係る新型コロナウイルス感染症対策に関する各国の規制等を抽出し整理を行った。これらの情報は、我が国の興行場の感染症対策等、今般の変化を踏まえた衛生管理のあり方に関する知見と位置付けられる。

一方、これまでの通知では十分に想定されていない映画館の4D上映等、興行場における新たな興行内容・規模・時間を踏まえた衛生管理の実態把握のため、ヒアリングおよび実測調査を行い、入場数、4D等エフェクト記録、温度・湿度・二酸化炭素濃度・空気清浄度の連続測定および真菌・細菌の測定結果から、温熱・換気性状について分析を行った。件数が少ないため、事例的にはなるが、大きい規模、特に映画館のいわゆるシネマコンプレックスの4D等の観覧場は、十分な運転能力を有した設備機器を備え、一定水準以上で維持管理がされている。今後、物件数を増やすとともに、詳細な分析を進めるためには、設備の情報やその維持管理方法および運転スケジュール等の情報を取得し、実測データと合わせた解析が必要である。また、興行場の中でも、小規模な施設や種類の異なるものについても、調査が必要であることが明らかになっている。

今後の感染症等のさらなる強力な伝搬に対しても、安心安全な興行場の室内衛生環境の確保を目指して、先を見据えた浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスク検討も行っている。この結果から、代謝量を伴う施設を踏まえた施設の用途や建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクなどの感染対策等、多数の要因の影響を受ける可能性を検討している。感染者の行為や症状、被感染者の行為、滞在時間等によっても、被感染者が吸引するウイルスRNA量が変わり、感染リスクの程度が規定されることが考えられる。興行場は、施設の用途によって、行為に伴う代謝量の幅が広いため、用途に応じた換気対策の検討も必要であると考え

られる。

興行場の国内外の技術動向、各都道府県等の指導状況、観覧場の室内空気環境の実態から、興行場の用途毎の特質を踏まえた、衛生管理、行政指導に関する効果的な手法が必要である。これまでの通知では十分に想定されていない実態を踏まえた、興行場に求められる衛生基準への提言に資する科学的根拠の構築が求められている。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 総説

なし

3. 書籍

なし

4. 学会発表

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

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

興行場における衛生的な環境確保のための研究
海外の規制と技術に関する文献調査

研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院	生活環境研究部	首席主任研究官
研究分担者	柳 宇	工学院大学	建築学部	教授
研究分担者	伊庭 千恵美	京都大学大学院	工学研究科	准教授

研究要旨

国内外の文献調査に基づいて、欧米各国や国際機関等における興行場を対象とした衛生管理に関する既往の規制やガイドライン、ならびに、興行場に係る新型コロナウイルス感染症対策に関する各国の規制等を抽出し、明らかにすることを目的とした。

米国では、ASHRAE が室内空気質に関する基準値や詳細なガイドラインを示しており、興行場に関連した衛生管理や規制の情報は、空気質についてのみ確認できた。室内空気質に関する本邦の法規制や WHO ガイドラインは、映画館や展示場等の不特定多数が短時間滞在する施設を対象としていなかった。一方、韓国の関連法規では映画館等の施設が含まれており、同省令における基準項目等を確認する必要があると考えられた。本邦の各省庁では、COVID-19 流行期間中に多くのガイドラインが公表されていた。また、米国ニューヨーク州健康局による映画館を対象とした COVID-19 感染症に係る暫定ガイダンスでは営業再開に係る運営管理上の規範が示されており、いずれも感染症対策の視点から参考になると考えられた。

A. 研究目的

国内外の興行場においては、体感型・没入型を指向する新技术を導入した様々な施設が見受けられており、既往の法規では想定されていない、衛生管理上の新たな課題が生じると懸念される。

本年度は、海外の文献調査に基づいて、①欧米各国や国際機関等における興行場を対象とした衛生管理に関する既往の規制やガイドライン、ならびに、②興行場に係る新型コロナウイルス感染症対策に関する各国の規制等を抽出し、明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

(1) 欧州、日本、COVID-19 関連 (柳)

国内で最大のデータベース J-Stage、海外で最大

のデータベース Scopus を用いた (2021 年 12 月 5 日現在)。また、国内における各省庁関連団体から公開された興行場に関する関連情報についても調査を行った。

(2) アメリカ (伊庭)

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ; アメリカ暖房冷凍空調学会) および US EPA (United States Environmental Protection Agency ; アメリカ合衆国環境保護庁) から文献を入手し、関連する項目をまとめた。また、国内においてこれまでアメリカの規制について調査された文献を調べた。

(3) WHO、韓国、その他 (島崎)

WHO 本部および各地域事務局が発行する室内

空気質に関連するガイドライン、ならびに、韓国における室内空気質に関する法規制を参照し、当研究が対象とする興行場に関する規制や推奨事項を探索した。また、新型コロナウイルス感染症対策に係る興行場に関するガイドライン等の所在について、検索を行った。

C. 調査結果

(1) 欧州、日本、COVID-19 関連

i) J-Stage による調査結果

以下に検索キーワードとヒット数、内容概要を示す。

(1) ステップ 1

- ① 映画館 3,047 件
- ② 劇場 10,438 件

(2) ステップ 2 (絞り込み)

- ① 映画館 環境 1,618 件
- ② 劇場 環境 4,172 件
- ③ 映画館 空気環境 5 件

この 5 件は何れも映画館の内容ではなかった。

- ④ 劇場 空気環境 26 件

この 26 件のうち、関連する 2 件は以下の通りである。何れも 90 年代の研究であり、温熱環境や換気効率に関する検討結果の報告である。

1) 橋 太ら：5,000 人収容多目的ホールの温熱・空気環境に関する模型実験(その 3)：音楽系イベント興行時における冷房時の温熱環境、三空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，1994。

https://doi.org/10.18948/shasetaikai.1994.3.0_1473

2) 孔鉄男ら：床吹き出し空調方式の劇場での温熱空気環境に関する CFD 解析：その 2 上部階席の温熱環境・換気効率および全体空間での温度・湿度分布に関する検討 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，2000。

https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2000.1.0_241

- ⑤ 映画館、環境管理 14 件

このうち下記の 2 件は関連する内容であった。

1) 渡辺弘ら：映画館の空気性状、生活衛生 6-2、pp.62-68、1962

2) 門脇亜美ら：超微細なパルス射出を用いた一呼吸中におけるおのの時間特性の測定、におい・かおり環境学会誌，第 42 巻，第 1 号，pp.51-58，2011

上記渡辺らの報告は、温湿度、風速、塵埃数、落下細菌の実態調査結果に関する内容であった。門脇らの報告は、香料を最小化する射出タイミングを解明するために、実験協力者の一呼吸中において香料を提示した際の臭覚の時間特性を詳細に測定した結果に関する内容であった。

- ⑥ 劇場、環境管理 19 件

- ⑦ 映画館、衛生管理 13 件

- ⑧ 劇場、衛生管理 34 件

上記の⑥~⑧において、関連性のあるのは何れも上記渡辺らの 1 件のみであった。

ii) Scopus による調査結果

以下に検索キーワードとヒット数、内容概要を示す。

- ① movie AND theatre 1,555 件

- ② movie AND theatre AND air quality 142 件

ここでは、上記の 142 件中に関連性のある論文と記事計 3 件について述べる。

1) Giuseppe Petrone, et al. A multi-physical simulation on the IAQ in a movie theatre equipped by different ventilating systems. BUILD SIMUL (2011) 4: 21-31.

<https://doi.org/10.1007/s12273-011-0027-6>

この論文は、温度分布、気流速度分布、CO₂ 濃度分布について検討を行った。空調・換気方式によって CO₂ 濃度の分布は異なることが報告されている (図 1)。

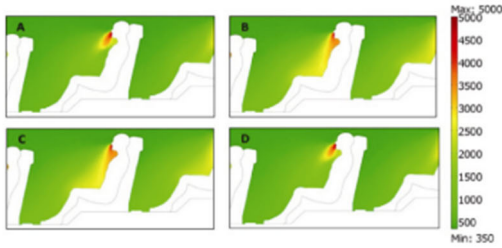


Fig. 9 MAD system: CO₂ concentration map (ppm) close to a person at 4 time steps of a breathing period ($t=0$ s (A), $t=1$ s (B), $t=2$ s (C), $t=3$ s (D))

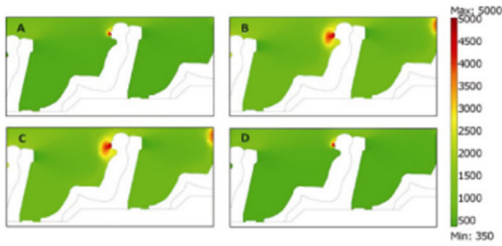


Fig. 10 PAD system: CO₂ concentration map (ppm) close to a person at 4 time steps of a breathing period ($t=0$ s (A), $t=1$ s (B), $t=2$ s (C), $t=3$ s (D))

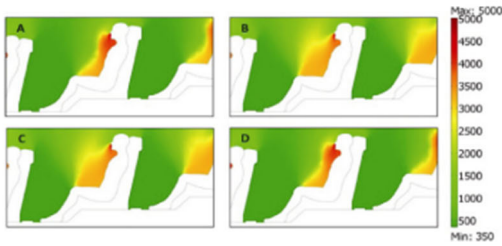


Fig. 11 UFD system: CO₂ concentration map (ppm) close to a person at 4 time steps of a breathing period ($t=0$ s (A), $t=1$ s (B), $t=2$ s (C), $t=3$ s (D))

図 1 CO₂ 濃度分布

2) ROGER CHANG. Historic Theaters and Their Impact on Air Conditioning Today. ASHRAE Journal, December, 2019. Pp.44-53, 2019.

この記事は ASHRAE125 周年の特別寄稿であり、映画館空調システムの変遷について述べている (図 2)。

Figure 4 Carrier Theater Cooling System. An early diagram of Carrier's system for air distribution for a theater. Source: Historictheaters.org

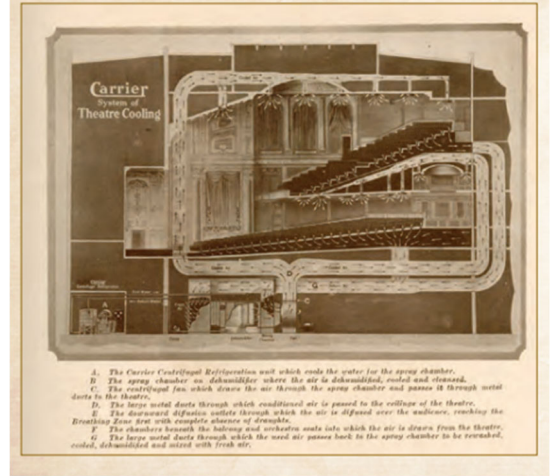


Figure 5 Return Air Bypass. This diagram from 1928 showed a return air bypass strategy that became dominant in providing cost-effective humidity control in 90% of theaters during that era. Source: Air-Conditioning America / Refrigeration Engineering, 15, May 1928

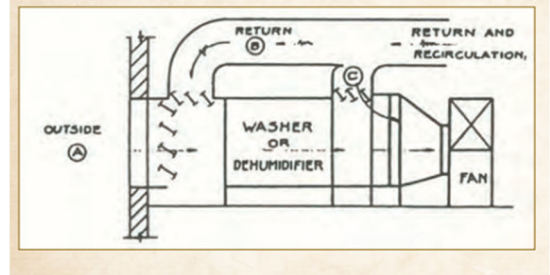


図 2 昔の映画館の空調・換気システム

3) Chenjiyu Liang, et al. Is it Safe to Reopen Theaters During the COVID-19 Pandemic? Frontiers in Built Environment. Volume 7, Article 637277.

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.637277>. 2021.

この論文では、Covid-19 流行期間中に映画館内の感染リスクについて検討を行った。シミュレーションの対象、条件と感染確率の結果は図 3 に示す通りである。

感染確率について、次の結論が述べられている。全ての聴衆が 75%の捕集率のマスクを着用すれば、感染確率を 93.7%減らすことができる。最大感染確率と平均感染確率は、それぞれ 0.20 と 0.03%を超えず、十分に安全であると見なされる。

表 1 業種別ガイドライン

令和 3 年10月15日現在

1. 劇場、観覧場、映画館、演芸場		
担当省庁名	団体名	掲載ガイドライン
文部科学省	公益社団法人 全国公立文化施設協会	劇場、音楽堂等における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン
文部科学省	クラシック音楽公演運営推進協議会	クラシック音楽公演における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン
文部科学省	緊急事態舞台芸術ネットワーク	舞台芸術公演における新型コロナウイルス感染予防対策ガイドライン
文部科学省	一般社団法人全日本合唱連盟	合唱活動における新型コロナウイルス感染症拡大防止のガイドライン
厚生労働省	全国興行生活衛生同業組合連合会（映画館）	映画館における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン
厚生労働省	全国興行生活衛生同業組合連合会（演芸場）	演芸場における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン
経済産業省 文部科学省	一般社団法人コンサートプロモーターズ協会	音楽コンサートにおける新型コロナウイルス感染予防対策ガイドライン（無観客公演関係）
	一般社団法人日本音楽事業者協会	
	一般社団法人日本音楽制作者連盟	
経済産業省 文部科学省	一般社団法人コンサートプロモーターズ協会	音楽コンサートにおける新型コロナウイルス感染予防対策ガイドライン（有観客公演）
	一般社団法人日本音楽事業者協会	
	一般社団法人日本音楽制作者連盟	

表 2 興行場の空気検査結果

実施時期	検査施設数	適合施設数	不適合施設数	検査数	検査数中		項目別不適合数(延数)		
					適合	不適合	炭酸ガス	落下細菌	浮遊粉塵量
夏期	64	62	2	156	153	3	3	-	-
冬期	57	57	-	142	142	-	-	-	-
					基準		0.15%以下	30 個/枚以下	0.2mg/m ³ 以下

(2) アメリカ

i) ASHRAE の基準・ガイドライン

興行場の衛生管理に関連する内容が記載されている基準・ガイドラインを7つ挙げ、それぞれの関連する内容について簡単にまとめる。

1) Standard 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

- ・建物使用者の健康への悪影響を最小限に抑える室内空気質 (IAQ) を提供することを目的とした最小の換気量およびその他の手段を指定することを目的としたもの。換気および空気洗浄システムの設計や運用、保守の要件を定義している。
- ・換気に加え、外気や建設プロセス、湿気、生物等の汚染物質および汚染源に関連する要件が含まれる。
- ・建物の用途でカテゴリー分けされ、建物占有者ごとの必要外気量、床面積あたりの必要外気量、空気質のクラスが示されている。
- ・表3に、基準本文 Table 6-1 より抜粋した興行場に関連する施設の必要外気量を示す。Appendix に、これらの施設の必要外気量を算定した根拠が説明されている。以下にいくつかの例を挙げる。

Music/theater/dance : 使用者の活動は高く、非常に声を出していることに加えて、かなりの有酸素運動がある。空間に関連する重大な汚染物質はない。

Cafeteria/fast-food dining : 使用者の活動は中程度 (立つ、話す、食べる、テーブルを掃除する)。包装されていない調理済み食品が大量に存在すると、空間に関連する汚染物質のレベルが高くなる。関連する食品の臭いにより、この空間の空気質は2に分類される。

Disco/dance floors : 使用者の活動は高く、かなりの有酸素運動がある。多くの場合、かなりの量のオープンドリンクがあり、使用者に関連する高レベルの汚染物質が発生する。

Game arcades : 居住者の活動は中程度 (座る、立つ、歩く、話す、飲む)。オープンな食べ物や飲み物の存在は、適度に高レベルの汚染物質を発生する。

- ・表3の Air Class は各施設に要求される空気質を指定したものであり、以下の4階級に分類される。

クラス1: 汚染物質濃度が低く、感覚刺激強度が低く、不快な臭いのない空気。

クラス2: 中程度の汚染物質濃度、軽度の感覚刺激強度、または軽度の不快な臭いのある空気。

クラス3: 重大な汚染物質濃度、重大な感覚刺激強度、または悪臭のある空気。

クラス4: 非常に不快な煙やガス、または潜在的に危険な粒子、バイオエアロゾル、またはガスを含み、有害と見なされるのに十分な濃度の空気。

- ・表3の OS にチェックが入っている施設では、施設使用者数により導入外気量を制御するデマンド制御換気 (DCV) を採用することができる。

表3 興行場に関連する施設の必要外気量 (Table 6-1 より抜粋)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate Rp	Area Outdoor Air Rate Ra	Default Values Occupant Density	Air Class	OS
	L/s/person	L/s/person	#/100 m ²		
Educational Facilities					
Music/theater/dance	5	0.3	35	1	✓
Food and Beverage Service					
Cafeteria/fast-food dining	3.8	0.9	100	2	
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories					
Lobbies/prefunction	3.8	0.3	30	1	✓
Public Assembly Spaces					
Auditorium seating area	2.5	0.3	150	1	✓
Museums (children's)	3.8	0.6	40	1	
Museums/galleries	3.8	0.3	40	1	✓
Sports and Entertainment					
Bowling alley (seating)	5	0.6	40	1	
Disco/dance floors	10	0.3	100	2	✓
Gambling casinos	3.8	0.9	120	1	
Game arcades	3.8	0.9	20	1	
Gym, sports arena (play area)	10	0.9	7	2	
Spectator areas	3.8	0.3	150	1	✓
Stages, studios	5	0.3	70	1	✓
Swimming (pool and deck)		2.4		2	

2) Guideline 29-2019 -- Guideline for the Risk Management of Public Health and Safety in Buildings

- ・新築および既存の建物における複数のリスクを軽減するための対策の評価、設計、および実装のためのガイダンス。
- ・このガイドラインの主な対象は空気、食物、水が含まれ、異常な (extraordinary) イベントには、火災、地震、化学的および生物学的物質の放散、爆風、その他の異常な危険が含まれる。
- ・建物使用者の健康と安全に影響を与える建物の性能、つまり化学的、生物学的、および放射線学的 (CBR) 保護や防火、排煙、濾過、空気質、汚染物質の経路や建物外皮についても言及されている。

3) Standard 52.2-2017, Method of Testing

General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size

- ・粒子サイズの関数として空気洗浄装置の性能を評価するための試験手順を示したもの。粒子サイズごとの除去効率を計算するために、空気洗浄装置の上流と下流で直径0.30~10µmの浮遊粒子をカウントする方法も示されている。
- ・試験を実施するために必要な機器の性能・仕様および、試験データから得られた結果を計算する方法も示されている。

4) Standard 180-2018 -- Standard Practice for Inspection and Maintenance of Commercial Building HVAC Systems (ACCA Co-sponsored)

- ・商業ビルで許容可能な熱的快適性、エネルギー効率、および室内空気質を達成するシステムの能力を維持するための最小限の HVAC システ

ムの検査および保守要件がまとめられている。

- ・この基準が作成された背景には、それまでは一貫性のない保守、慣行がなされてきたこと、システムに障害が発生した時のみ対処をしてきたこと、個別のコンポーネント（システムの要素）にのみ保守点検が適用されてきたことなどがあり、建物全体のHVACシステムとして、快適性とエネルギー効率を評価することが求められるようになったことがある。

5) Standard 188-2018, Legionellosis: Risk

Management for Building Water Systems

- ・新築および既存の商業、機関、集合住宅、工業用の建物とそれに関連する（飲用および非飲用）水システムおよび構成要素の設計、建設、運用、保守管理のための最小限のレジオネラリスク管理要件を示している（一戸建て住宅は含まない）。

6) Guideline 12-2020 -- Managing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems

- ・5)の基準と同様に、ホテル、オフィスビル、病院、その他のヘルスケア施設を含む新築および既存の商業、機関、集合住宅、工業用の建物の給水システムにおける、レジオネラ菌の管理に関する情報をまとめている。
- ・温水プールやホットSPA、クーリングタワー、水噴霧冷却装置など具体的なシステムについて、レジオネラ菌のサンプリングや管理要件が述べられている。

7) Indoor Air Quality Guide: Best Practices for Design, Construction and Commissioning

- ・1)の Standard 62.1 で対象とする商業用、機関用建物における IAQ について、設計者や建設事業者だけでなく、所有者、コミッションング事業者、建物評価機関、施設管理者等への情報をまとめたガイドブック。
- ・Objective として以下の8つを挙げている。

①Manage the design and construction process to

achieve good IAQ

- ②Control moisture in building assemblies
- ③Limit entry of outdoor contaminants
- ④Control moisture and contaminants related to mechanical systems
- ⑤Limit contaminants from indoor sources
- ⑥ Capture and exhaust contaminants from building equipment and activities
- ⑦Reduce contaminant concentrations through ventilation, filtration, and air cleaning
- ⑧Apply more advanced ventilation approaches

- ・改修した Theater における空気質の悪化を改善する手法として、デマンド制御換気による CO₂ 濃度の変化についての事例が紹介されている。

ii) US EPA の規制

Toxic Substances Control Act (TSCA): Persistent, Bioaccumulative, and Toxic (PBT)

米国の環境保護庁（EPA）は、2021年1月6日付けの連邦官報で、有害物質規制法（TSCA）の第6条の(h)項に基づいて、以下に示す5種類の難分解性、生体蓄積性および毒性（PBT）を有する化学物質（PBT物質）、当該物質を含有する製品（product）および成形品（article）の製造、加工および商業的流通を禁止および制限する最終規則を公表した。

iii) 国内の文献

1) 東賢一：諸外国の室内空気質規制に関する調査研究，日本建築学会環境系論文集，No.597，pp.89-96，2005

2) 東賢一：国内外における室内空気汚染の現状と対策，生活衛生，Vol.54，No.2，pp.116-127，2010

上記の文献において述べられている米国の基本戦略を以下に要約する。

「アメリカでは、ホルムアルデヒドやVOCsの指針値が策定されていない。住宅の管理責任は居住者にあることや、VOCsによる健康影響は、年間死亡者数が多い受動喫煙や一酸化炭素よりも小さいこと、業界団体からの環境基準作成の要求が

なかったことなどが、その理由に挙げられている。1989年に連邦省庁間室内空気質委員会を発足して省庁間の連携を強化し、1)自ら実例を示して導く(Leading by example)、2)研究の実施、3)教育の提供、4)民間の責任の強化等による非規制戦略を実行してきた。

また、環境保護庁は、室内空気質に関連する多数のパンフレットを出版し、関係業界や居住者の自主的な取り組みを促している。」

(3) WHO、韓国、新型コロナウイルス感染症関連

i)WHO

WHO本部およびWHO欧州地域事務局により、室内空気質に関する以下のガイドラインが公開されていた。

①WHO本部: Guidelines for indoor air quality: Household fuel combustion (2014)

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241548885>

建築物内にて暖房や調理に使用される燃料の燃焼(不完全燃焼)により生じ、健康影響をきたすPM2.5濃度および一酸化炭素濃度を対象としていた。

②WHO 欧州事務局: guidelines for indoor air quality: dampness and mould (2009)

<https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2009/damp-and-mould-health-risks,-prevention-and-remedial-actions2/who-guidelines-for-indoor-air-quality-dampness-and-mould>

室内の湿気と微生物(特に真菌類)の繁殖に関わる健康問題について、学術文献等を中心とした科学的証拠のレビューが行われており、換気等の湿度制御に関する手法や、健康影響に関する疫学調査事例が示されていた。

③WHO 欧州事務局: Guidelines for indoor air

quality - selected pollutants (2010)

<https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/who-guidelines-for-indoor-air-quality-selected-pollutants>

室内空気質に係る化学物質を対象としたガイドラインであり、ベンゼン、一酸化炭素、ホルムアルデヒド、ナフタレン、二酸化窒素、多環芳香族炭化水素が対象であった。

ii)韓国

Indoor air quality control act (2016)

https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG

同国の環境省が所管する法律であり、図書館、博物館、映画館、展示場等、不特定多数が使用する施設に適用されていた。また、電車等の公共交通機関も対象に含まれていた。一方で、労働省、厚生省、建設・交通省、教育・人材開発省が、それぞれ所管する施設等を対象に、室内空気質に関する基準値を設定していた(例えば、教育・人材開発省は学校教育施設を対象)。

iii) 新型コロナウイルス感染症対策関連

米国ニューヨーク州健康局: Interim guidance for movie theaters during the covid-19 public health emergency (2021.4.26時点)

https://www.governor.ny.gov/sites/default/files/atoms/files/Movie_Theater_Detailed_Guidelines.pdf

州内の映画館の経営者や管理者に対して、映画館の再開に際して従業員や観客に関する新型コロナウイルス感染症対策を示した暫定ガイドライン。以下の4項目に関する考え方や行動例が示されていた。

①PEOPLE

- ・物理的距離の確保
- ・「密」の回避
- ・運営に関わる従業員数等の制限
- ・人流の制御

②PLACES

- ・空調設備の要件と適切な運用 (MERV-13 以上の設備を使用するなど)
- ・保護具 (マスク等) の着用
- ・手指衛生、清掃、消毒
- ・段階的な営業再開
- ・従業員等との意思疎通

③ PROCESSES

- ・日常的な健康確認の実施と記録
- ・陽性者と疑わしき事例の健康部局への速やかな情報提供、ならびに、全濃厚接触者の追跡等に関する協力

④ EMPLOYER PLANS

- ・事業者による COVID-19 安全計画立案の支援

D. 考察

(1) 欧州、日本、COVID-19 関連

国内では、映画館や劇場の室内空気環境に関する実態調査報告は半世紀前のものであった。現在の映画館や劇場の建築と空調・換気システムと異なるため、参考できるものは殆どなかった。

国内・海外では、近年の研究は主としてシミュレーションの手法を用いたものである。Covid-19 流行期間中に全ての聴衆が捕集率 75% のマスクを着用すれば、最大感染確率と平均感染確率は、それぞれ 0.20 と 0.03% を超えないとのシミュレーションの結果が報告されている。

国内各省庁では、Covid-19 流行期間中に多くのガイドラインが公表されている。感染症対策の視点から参考できるものが多い。

建築物衛生法に関する空気環境とその維持管理に関しては、入手しうる資料は殆どなかった。従って、これから環境に関する実態調査や管理者に対する管理現状のヒヤリングは重要である。

(2) アメリカ

アメリカでは、国としての室内空気質の指針値や規制を見つけることはできなかったが、ASHRAE が基準値や詳細なガイドラインを示していた。特にガイドラインは、空気質だけではな

く快適性や省エネ、レジオネラ菌対策、災害等のリスクについても対象としており、設備の構成要素単体ではなく、建物にインストールされた際のシステム全体としての設計と保守・点検、管理に関する具体的な手順が示されていることから、実務の上ではそれらが参照されていると考えられる。ただし、あくまでもガイドラインという位置づけであれば、遵守しないことによる罰則等はないと考えられるため、実際どのように使われているのかについて、今後確認をしていきたい。

興行場に関連した衛生管理や規制についての情報は空気質についてのみ確認できた。国内の映画館でも、観客の活動量は少ないものの密度が高く、オープンな飲食物を持ち込むことから、空気質の確保には清浄な空気の導入が必須であるが、常時満員となるわけではないため、省エネの面からは人数によって換気量を制御する DCV (デマンド制御換気) のような方法を導入することも検討の余地があるといえる。

(3) WHO、韓国、新型コロナウイルス感染症

WHO 本館ならびに欧州地域事務局が公開する各ガイドラインは、健康影響に関する科学的な根拠が明確であり、かつ、疾病負担 (Burden of diseases) が大きいと評価されている化学物質群 (PM2.5、一酸化炭素、二酸化窒素、ベンゼン、ホルムアルデヒド、ナフタレン、多環芳香族炭化水素) や、微生物群ならびに環境因子 (真菌類、湿度等) が対象となっていた。これらは長時間の曝露が想定される居住空間が主な対象となっており、公共施設や興行場等、短時間において不特定多数の利用者が滞在する空間に関する記述は見受けられなかった。

一方、韓国の環境省が所管する Indoor air quality control act では、図書館、博物館、映画館、展示場等の不特定多数が使用する施設が適用の対象に含まれていた。具体的な基準項目や適用の要件など詳細については同法の省令にて規定されているため、次年度において確認、精査する必要がある。

あると考えられた。

米国ニューヨーク州健康局が定める映画館を対象とした COVID-19 感染症に係る暫定ガイダンスは、映画館の所有者や運営会社等を対象に、COVID-19 感染症制御から推奨される最低限の項目について、①人々、②空間、③行動、④事業者計画の 4 項目に関する規範が示されており、既往の CDC による COVID-19 感染症に係る営業再開暫定ガイダンスや、ASHRAE による空調設備に関するガイドライン等に基づいていた。なお、通常の映画のみを行う映画館を対象としており、演劇や演奏等の実演を伴う興行場は当ガイダンスの対象外であった。

E. 結論

- ・本邦の建築物衛生法に関する空気環境とその維持管理に関して、興行場について入手しうる資料は殆どなかった。従って、これから環境に関する実態調査や管理者に対する管理現状のヒヤリングは重要である。
- ・アメリカでは、ASHRAE が室内空気質に関する基準値や詳細なガイドラインを示していた。興行場に関連した衛生管理や規制についての情報は、空気質についてのみ確認できた。今後、海外の興行場に関する空気質・水質の管理に関するガイドラインやマニュアルを調査する必要がある。
- ・WHO 本部ならびに欧州地域事務局が公開する室内空気質に関するガイドラインは、興行場等の短時間において不特定多数の利用者が滞在する施設を対象としていなかった。一方、韓国の Indoor air quality control act では映画館や展示場等の不特定多数が使用する施設が対象に含まれており、同省令における基準項目等を確認する必要があると考えられた。
- ・国内各省庁では、COVID-19 流行期間中に多くのガイドラインが公表されている。感染症対策の視点から参考となるものが多かった。

- ・米国ニューヨーク州健康局が定める映画館を対象とした COVID-19 感染症に係る暫定ガイダンスは、映画館の所有者や運営会社等を対象とした営業再開に係る運用上の規範が示されていた。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

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

興行場における衛生的な環境確保のための研究
映画館内の換気に関する実態とその評価法に関する検討

研究分担者	本間義規	国立保健医療科学院	統括研究官
研究代表者	開原典子	国立保健医療科学院 生活環境研究部	主任研究官
研究分担者	林 基哉	北海道大学 大学院工学研究院	教授
研究協力者	菊田弘輝	北海道大学 大学院工学研究院	准教授

研究要旨

本研究では、特に 4D 上映映画館を対象に換気状況と微粒子濃度の実態を調査し、大空間の特徴を考慮した空調・換気設備の評価法について検討することを主な目的としている。

今年度は、2つの映画館を対象に、上映中の温湿度、CO₂濃度および浮遊微粒子個数濃度の連続的な測定を行った。件数が少ないため、事例的にはなるが、大きい規模、特に映画館のいわゆるシネマコンプレックスの4D等の観覧場は、十分な運転能力を有した設備機器を備え、一定水準以上で維持管理がされているといえる。設備情報やその維持管理方法及び運転スケジュール等の情報の踏まえた分析の必要性や、小規模な施設や種類の異なるものに関する調査の必要性をまとめている。

また、CO₂の濃度変化に関する微分方程式に実測CO₂濃度を代入することで、客席位置の相当換気量を逐次同定できることを確認した。空間湿気容量等の物理要素を適切に見込むことで、実測した絶対湿度を概ね再現できることを確認した。さらに粒子個数濃度の測定結果から、水噴霧やスモークなどのエフェクトに応じた粒径を統計的に推定した。また、粒径が小さいほど減衰に時間を要すること等が明らかとなった。

A. 研究目的

映画館内の空気衛生環境を左右するファクターは、①観客自身の衛生状態（疾患、細菌等の微生物、ウイルス）、②空調機もしくは換気装置によって供給される空気（真菌等の微生物、微粒子）、そして③映画館内での微生物等の増殖可能性の3点である。平時興行中の衛生状態は、定期的な清掃のほか、適切な空調管理が基本であり、そのうえで有害微生物等を持ち込まない、かつ館内で増殖させないための空調制御が必要である。一方、新型コロナウイルス感染症対策の観点では、興行しながらの感染リスクマネジメントが求められ、特に観客席周りの十分な換気と濃度むらを作らない適切な気流形成も重要な確認要素となる。興行場

法第2条、第3条関係基準条例準則の5.空気環境に係る構造設備、ウ（ウ）には、「給気口は、内部に取り入れられた空気の分布を均等にし、かつ、局部的に空気の流れが停滞しないよう良好な気流分布を得るため適当な吹出機能のものを、また排気口は排気を効果的にできる適当な吸引機能のものを、適当な位置に設けること。」という規定がある¹⁾。感染症防止の観点からは、室内空気を確実に排出することがリスク低減により重要となる。座席振動、圧縮空気、水噴霧、香り放出などの臨場感を高めるエフェクトに関する衛生管理基準は定められておらず、過去にはなかったそうした設備によってもたらされる空気環境の実態把握も必要である。

本研究では、特に4D上映映画館を対象に換気状況と微粒子濃度の実態を調査し、大空間の特徴を考慮した空調・換気設備の評価法について検討することを主な目的としている。

B. 研究方法

第1に、4D上映映画館を対象に換気に関する実態調査を行う。まずは温湿度環境が準則を満たしているかどうかを確認すること、またその時の換気量を簡易にシミュレーション推定する方法について検討する。また、水噴霧やスモークなどの環境効果に伴う浮遊微粒子の放出状況、また準則で定める空中落下菌等を確認するため、パーティクルカウンターを用いて測定を行う。

第2に、映画館は床面積に対する座席密度は高い一方で一人当たりの占有気積は大きいという特徴を有しており、そうした空間に対する換気評価法もしくは設計法に関する検討が必要である。今年度はその第一歩として、大空間の換気性能評価に関する課題点を整理した。また、換気量とエネルギー消費性能はお互いに影響し合うため、空調方式（中央式空調か個別分散空調か）の違いや、中央式空調の場合のOA比と潜熱負荷の関係などについても簡単な検討を行った。

C. 研究結果

C1. 映画館場内空気環境測定と換気量等予測

C1.1. 2つの映画館の温湿度性状および換気性状の実態調査

座席振動、圧縮空気、水噴霧、香り放出などの環境効果機能を有する映画館2件（A映画館、B映画館とする）の空気環境調査を行った。各々の映画館では調査日に2種類の演目を計5回上映しており、最終回まで終日調査した。調査した映画館A、Bの座席数、各回の上映時間ならびに観客数を表1に示す。

表1 実測した2つの映画館の座席数、上映時間・観客数

	A 映画館		B 映画館	
座席数	約 100 席			
上映回	上映時間 (min)	観客 (人)	上映時間 (min)	観客 (人)
第1回	165	23	120	16
第2回	105	8	120	56
第3回	165	19	190	20
第4回	105	8	190	22
第5回	165	22	190	14

C1.1.1. A 映画館の温湿度測定結果

上映中の館内空気環境を把握するため、温湿度、CO₂濃度、浮遊微粒子濃度、落下菌・浮遊菌濃度の測定を行った。図1-1~3にA映画館の上映回ごとの温湿度平均値のBox Plot図を示す。温度に関しては各回とも23°C程度であり適切に室温コントロールされている様子が伺える。相対湿度は第1回目の上映を除き30%を下回っており、かつ変動幅が小さい。外れ値はエフェクト(水噴霧)の影響である。絶対湿度も第1回目の上映から高く徐々に減っていき、第5回目の上映で増加する形になっている。第1回、第3回、第5回は同一演目A(上映時間165分)、第2回と第4回が同一演目B(上映時間105分)であり、観客数は第1回目から順に23名、8名、19名、8名、22名である。観客数と絶対湿度に相関関係は認められないこと、また外気に対して平均で約2.3g/kgDAの上昇があり、気積を考慮すると相応の加湿をしていたと考えられる。また、安定した湿度変化の要因は空間湿気容量の影響であると推定される。この点については、換気量も影響することから、換気量推定ののちにさらに検討を加える。

C1.1.2. B 映画館の温湿度測定結果

図2-1~3にB映画館の上映回ごとの温湿度平均値のBox Plot図を示す。温度、相対湿度に関しては第1回目上映時の変化幅が大きく、空調立ち上がりに伴う加温および大風量換気の影響が見て取れる。相対湿度、絶対湿度の変化幅が大きい

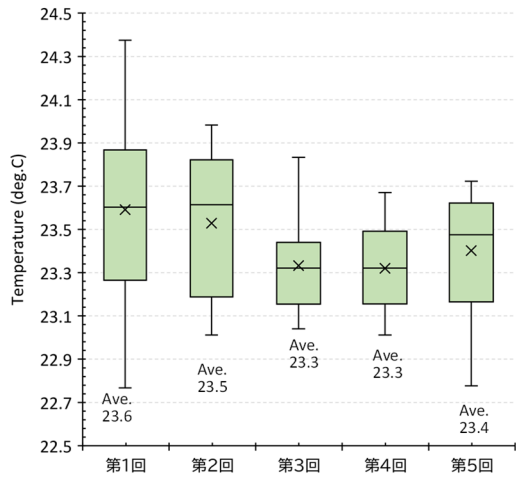


図 1-1 A 映画館の上映回毎の温度統計量

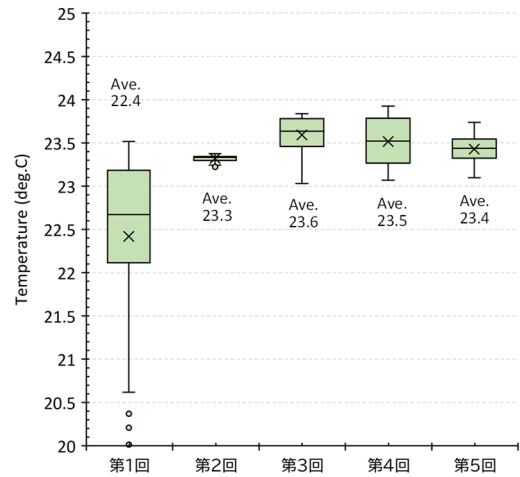


図 2-1 B 映画館の上映回毎の温度統計量

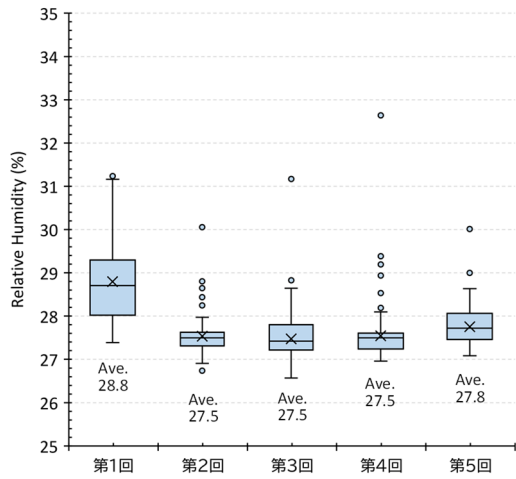


図 1-2 A 映画館の上映回毎の相対湿度統計量

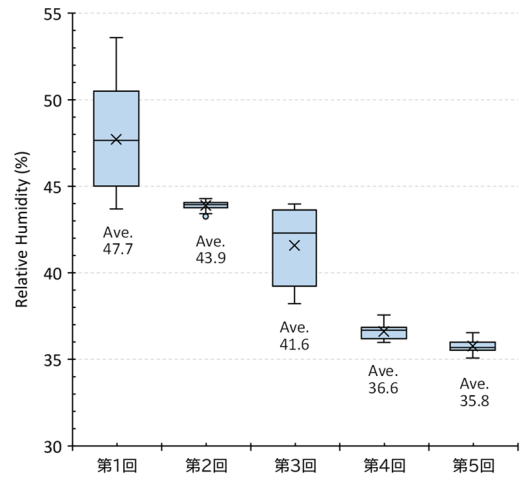


図 2-2 B 映画館の上映回毎の相対湿度統計量

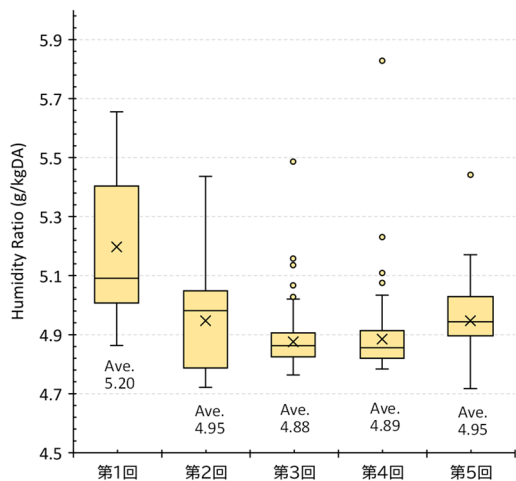


図 1-3 A 映画館の上映回毎の絶対湿度統計量

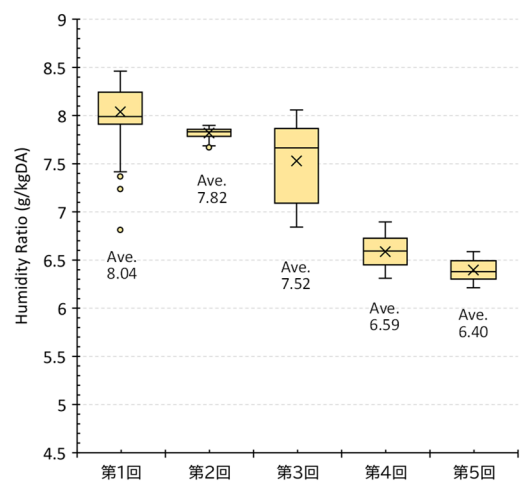


図 2-3 B 映画館の上映回毎の絶対湿度統計量

は第3回目上映時であり、後述する CO₂ 濃度変化と合わせてみると、途中から換気量が増大したことが要因であると考えられる。一方、第2、4、5回は特に相対湿度および絶対湿度の変化幅が小さいことが特徴として挙げられる。

C1.2. CO₂ 濃度変化と換気量推定

C1.2.1. A 映画館の CO₂ 濃度変化

図3にA映画館の8:00~24:00(16時間)のCO₂濃度変化を示す。開場時700ppmであった状態から10時にかけて450ppmまで下がり、その後回を追うごとに濃度上昇するなど、1日の中で高い低いの変化はあるものの、第5回終了時まで、約1000ppm以下での管理がなされている。

C1.2.2. B 映画館の CO₂ 濃度変化

図4にB映画館の8:00~24:00(16時間)のCO₂濃度変化を示す。開場時濃度(8:00~8:20)が高いのはその時間帯にセンサーを設置した影響であり、実際にはそこを除いて測定結果を見る必要がある。午前中は徐々に濃度が上昇していき、第2回目は観客数が56名ということもあり第2回目上映終了時には1日のうちで最も濃度が高くなるものの、約1000ppm以下での管理がなされている。休憩時には濃度低下することからも、一定量の換気が得られていることがわかる。その後、第3回目開始とともに再び濃度上昇に転じるものの、第3回目中盤から濃度低下する傾向となり、二酸化炭素濃度による制御が適正に機能している。第5回は、約700ppmに維持されており1日を通して良好な管理がなされているといえる状況であった。

C1.3. 濃度平衡式からの換気量簡易推定

映画館等の興行場は、大きな気積を有することから、応答遅れのある濃度変化をする可能性がある。この点を考慮して空気容量を考慮した換気量推定を行う。客席は床付近に集中し、そのため発生源も床付近に集中することから、気流状態に伴

う空間濃度の分布²⁾が想定される。空間全体の評価は、空間多点測定もしくは気流解析が必要で、これらの検討は今後の課題とし、まずは客席位置における換気量簡易推定を行う。

劇場内CO₂濃度C_{in}は、外気CO₂濃度C_{out}、呼吸によるCO₂発生量M(m³/h)、呼気密度ρ_b(kg/m³)、呼気温度35℃と仮定³⁾、外気密度ρ_{out}(kg/m³)、劇場内空気密度ρ_{in}(kg/m³)、劇場の気積をV(m³)、観客数p(人)、一人当たりの呼気CO₂排出量M(15L/h/person)、外気供給量Q_{in}(m³/h)、室内排気量Q_{out}(m³/h)とすると、次に示す常微分方程式で表すことができる。

$$c_{out}\rho_{out}Q_{in} - c_{in}\rho_{in}Q_{out} + p\rho_b M = \rho_{in}V \frac{dc_{in}}{dt} \quad (1)$$

なお、供給される空気は全量外気と仮定すると次式が成り立つ。

$$\rho_{out}Q_{in} = \rho_{in}Q_{out} \quad (2)$$

以上より、室内排気量Q_{out}(m³/h)は次式で表すことができる。

$$Q_{out} = \frac{1}{\rho_{in}(c_{out} - c_{in})} \cdot \left(\rho_{in}V \frac{dc_{in}}{dt} - p\rho_b M \right) \quad (3)$$

観客数p(人)と一人当たりの呼気CO₂排出量MからCO₂発生量を算出し、実測したCO₂濃度(座席4隅および中央の5か所の居住域濃度平均値)を用いて客席位置換気風量を同定する。A映画館の結果を図5-1に、B映画館の結果を図5-2に示す。

濃度変動に追従するように同定した風量で濃度算出した結果が、図5-1および図5-2の赤太線である。算出した風量および観客一人当たりの換気量を図6-1(A映画館)、6-2(B映画館)に示

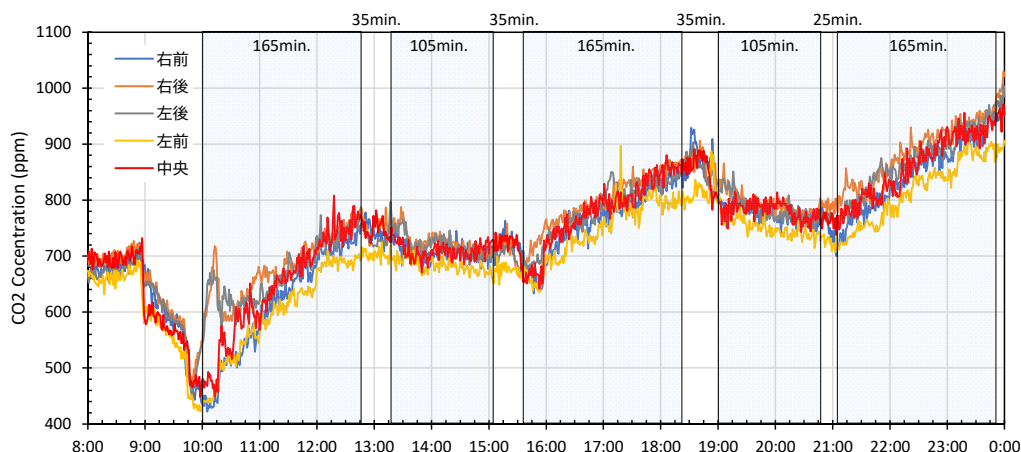


図 3 A 映画館の CO₂ 濃度変化

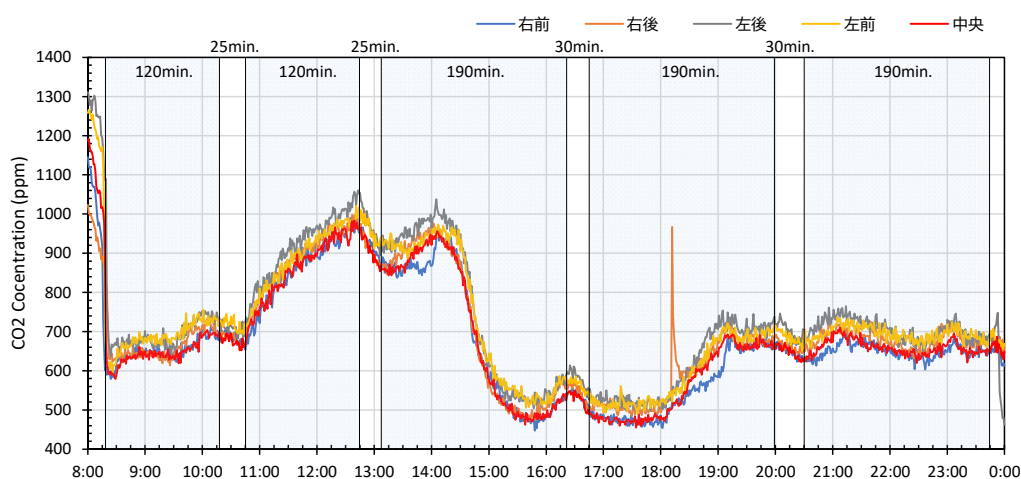


図 4 B 映画館の CO₂ 濃度変化

す。B 映画館は濃度が急激に下がる 9～10 時に 2000～8000m³/h の大容量換気を行ったと推定され、その後は 200～750m³/h 程度（換気回数で 0.1～0.35ACH）の換気状態であったと推定される。観客数は回によって変動しているのですが、その点を考慮し一人当たり換気量に換算したのが図 6 の点線である。なお、この結果は座席位置の濃度（居住域濃度）である。実際の換気量は、室内換気効率によって異なるため今後は排気位置の濃度を測定し、換気効率（標準化居住域濃度）⁴⁾として評価することになるが、今後、検討可能となれば、より安全な空間であることが定量的に示されるといえる。

C1.4. 推定換気量を用いた絶対湿度変動予測

空気中の湿気（水分）も換気に伴って移動（物質移動）するため、CO₂ と同様にトレーサーとして扱うことができる。一般に 0.5ACH 以上の換気量であれば、空間に存在する椅子やフロアカーペット、壁装などの湿気容量（空間湿気容量）はほぼ無視できるが、0.1～0.35ACH 程度に少なくなると、これら湿気容量が無視できなくなる。水分発生量として、観客の不感蒸発湿量を考慮し、また外調機使用を前提として、①外気給気加湿量で $\Delta x=1.0, 2.0\text{kg/DA}$ とした場合、および、②空間湿気容量を一質点として組み込み（(4) 式）、空気湿気容量の 0、2、4 倍の 3 水準として試算した。A 映画館、B 映画館の絶対湿度変動の同定結果を各々図 7-1 および図 7-2 に示す。

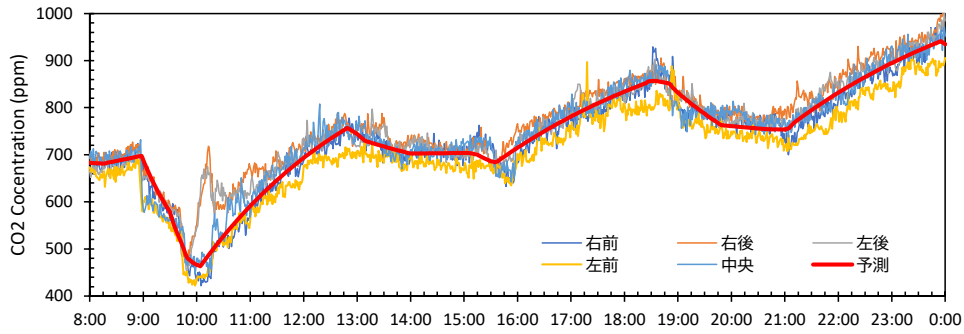


図 5-1 A 映画館の CO₂ 濃度同定結果

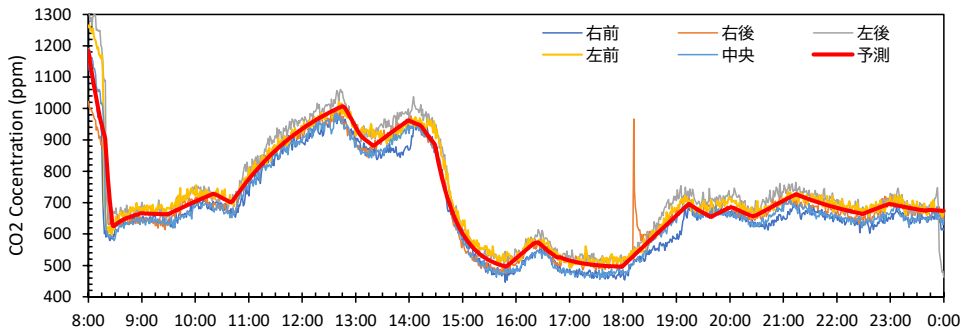


図 5-2 B 映画館の CO₂ 濃度同定結果

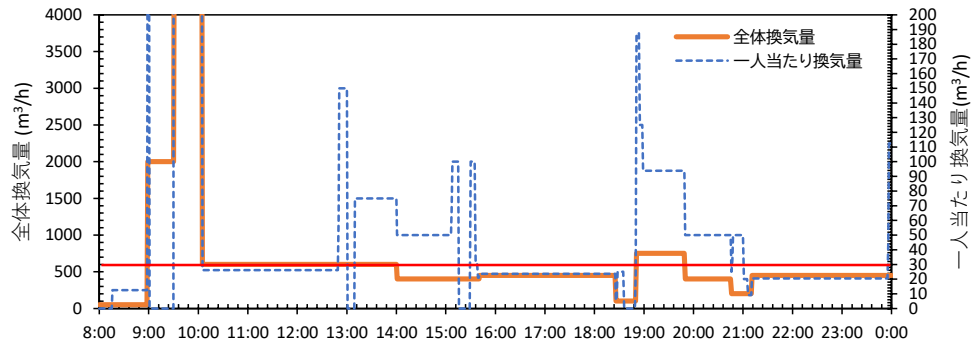


図 6-1 A 映画館の全体換気量および一人当たり換気量推定結果

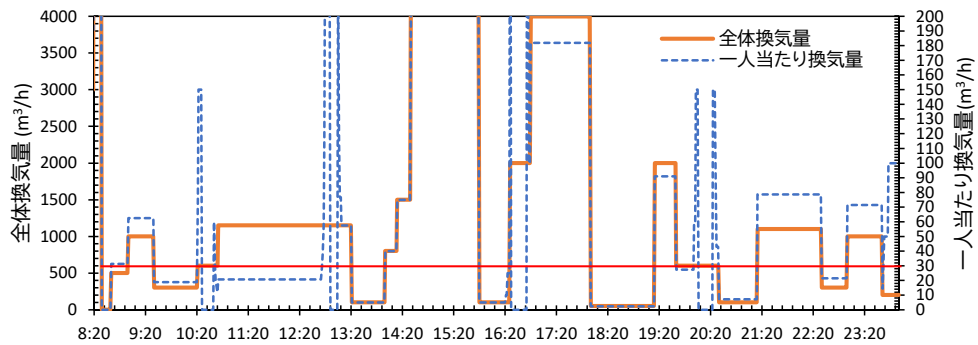


図 6-2 B 映画館の全体換気量および一人当たり換気量推定結果

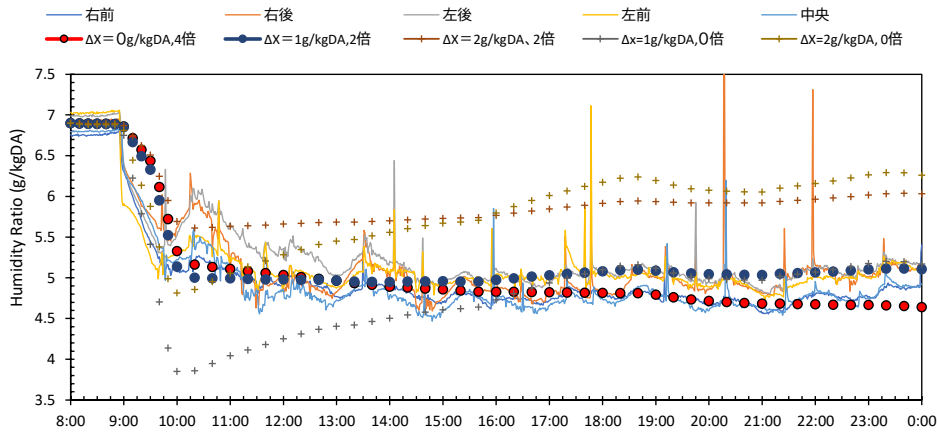


図 7-1 推定換気量を用いた A 映画館の絶対湿度同定結果

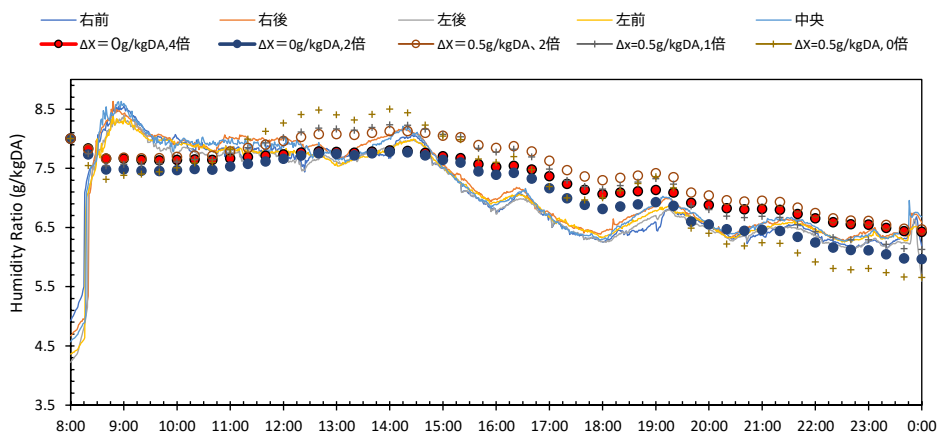


図 7-2 推定換気量を用いた B 映画館の絶対湿度同定結果

見ると、外調機加湿は $\Delta X=0\sim 0.5\text{g/kgDA}$ 、空間湿気容量は空気の 2~4 倍の組み合わせで当てはまりが良くなる。A・B 映画館は規模的にも内装仕上げもほぼ同じであり、両者の結果を合わせると空間湿気容量は空気湿気容量の 2 倍程度と考えるのが妥当であろう。

なお、ここでは外調機加湿（外気に対する加湿給気）としているが、エフェクト（水噴霧）に伴う水分発生量は考慮していない。エフェクトは 1 席 1 回あたり 1mL としても 100 席同時に噴出するとなると 100mL となることから、そうしたエフェクトが 60 分間に 10 回あれば 1000g/h の加湿になる。エフェクトのカウント及び噴出量については詳細データを持ち合わせていないが、もし映画館側よりこれらの詳細情報を得ることができれば、より精度の高い分析が可能となる。

$$\begin{aligned}
 & X_{out}\rho_{out}Q_{in} - X_{in}\rho_{in}Q_{out} + pW_1 + W_2 \\
 & = (\rho_{in}V + C) \frac{dX_{in}}{dt}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

なお、 X_{out} は外気絶対湿度(g/kgDA)、 X_{in} は室内絶対湿度(g/kgDA)、 W_1 は一人当たりの不感蒸泄量(40g/h/person に設定)、 W_2 は外調機使用を想定した外気給気への加湿量(g/kg)、 C は空間湿気容量(g)である。

この結果を見ると、A 映画館の場合、外調機加湿は $\Delta X=0\sim 1\text{g/kgDA}$ 、空間湿気容量は空気の 2~4 倍の組み合わせで実測絶対湿度をほぼ再現可能なことがわかる。B 映画館については、前半の絶対湿度の再現性は良くないが、16 時以降の状況を

C1.5. 空中浮遊微粒子の測定結果

A 映画館、B 映画館ともにパーティクルカウンターで空中浮遊微粒子の測定を実施している。パーティクルカウンターは Kanomax Model3889 (6 粒径)を用いた。

図 8-1 および図 8-2 に A 映画館の第 1 回目 (165 分の演目、アニメ映画) および第 2 回目 (105 分の演目、ハリウッド映画) の 2 演目の時系列粒子個数濃度 (片対数表示) を各々示す。演出効果 (エフェクト) により水噴霧およびスモーク等が発生することにより、粒径別粒子個数濃度が変化することがわかる。A 映画館第 1 回目の演目の場合、スタート時の粒子個数濃度に対し、各々 $0.3\mu\text{m}$: 4.2 倍、 $0.5\mu\text{m}$: 16.3 倍、 $1.0\mu\text{m}$: 61.1 倍、 $3.0\mu\text{m}$: 61.2 倍、 $5.0\mu\text{m}$: 5.3 倍、 $10.0\mu\text{m}$: 57.0 倍となった。 $1.0\mu\text{m}$ 、 $3.0\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ の他の粒径に対し 1 桁オーダーが大きく、エフェクトに伴って放出された粒径の特徴であると考えられる。

図 9-1 および図 9-2 に、エフェクトのない後半 30 分程度の粒子個数濃度からみかけの濃度減衰を算出した。パーティクルカウンターのすぐ隣に測定者が着席していたため、呼気の影響も否定できないが (つまり純粋な濃度減衰ではない)、ただ確かなのは、粒径が小さいほど減衰するのに時間を要する特徴がある。

図 10-1、10-2 に B 映画館第 1 回目および第 3 回目の粒子個数濃度 (片対数表示) を示す。A 映画館と異なり、エフェクト時のピークを明確に捉えることができなかった。

図 11-1 および図 11-2 に減衰していると思われる時間帯の濃度減衰を示す。第 1 回目の演目 (120 分の演目) は A 映画館と類似の変化を示すが減衰するのは遅く、第 3 回目 (190 分の演目) は、粒径の大きな粒子個数濃度の変動が大きい。 0.5 、 1.0 、 $3.0\mu\text{m}$ の粒径は減衰傾向にあるが、 $0.3\mu\text{m}$ は減衰している状況は捉えることができなかった。

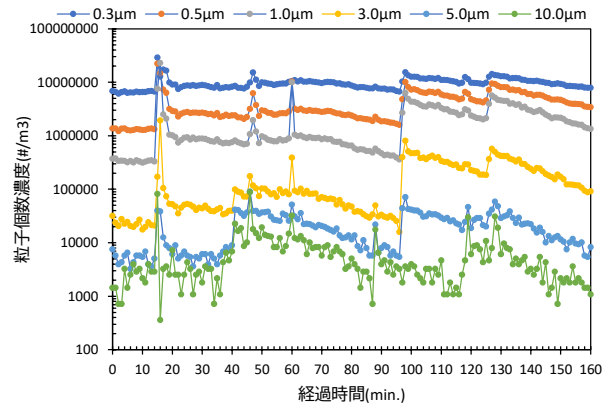


図 8-1 A 映画館第 1 回目の粒子個数濃度

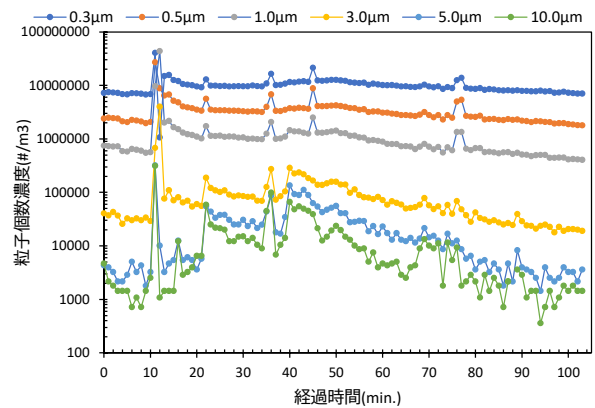


図 8-2 A 映画館第 2 回目の粒子個数濃度

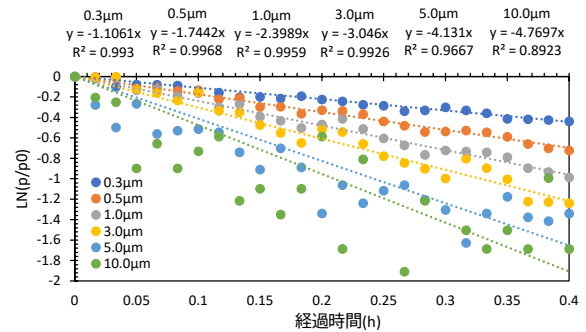


図 9-1 A 映画館第 1 回目 130~160 分の粒子個数濃度減衰

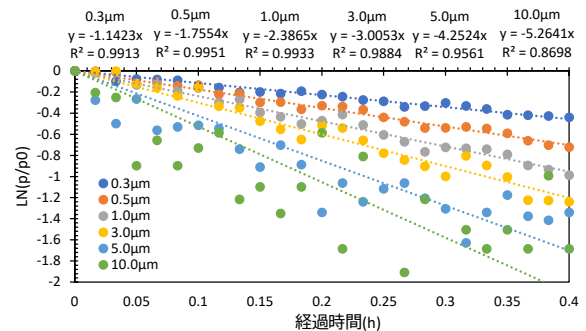


図 9-2 映画館第 2 回目 80~100 分の粒子個数濃度減衰

図 12-1、12-2 に A 映画館、B 映画館の第 1~5 回上映時の平均粒子個数濃度から算出した清浄度 (ISO-14644-1) を示す⁵⁾。A 映画館は粒径 $5.0\mu\text{m}$ の粒子個数濃度が class8 レベルを下回り、その他の粒径は class8 レベルを超える程度の濃度であることが確認できる。B 映画館は第 1 回目の $3.0\mu\text{m}$ 径および第 1~5 回の $0.3\mu\text{m}$ の粒子個数濃度が class8 レベルを超えているが、全般的に $1.0\mu\text{m}$ 以上の粒径は class8 を下回ることがわかる。この違いはエフェクト装置の特性 (エフェクト装置には 4DX と MX4D があり、2 つの映画館は異なるエフェクト装置を採用しているためミスト等に差があることが予想されるが詳細は不明である)、を反映している結果なのかもしれない。本来、粒径別に class を判断することはないが、個別に比較することで、清浄度合を判断することは可能と考える。

C1.6. 4D 上映映画館の環境効果技術

前述したとおり、日本の 4D 上映には 2 社の環境効果技術 (エフェクト) が用いられている。一つは韓国 4DX PLEX 社の「4DX」⁶⁾、もう一つはアメリカ Media Motion 社の「MX4D」⁷⁾ である。シートひじ掛け若しくは背もたれから風や水、香りなどを放出するエフェクトのほか、劇場内前部もしくは横上部から風や閃光、雪パウダー、フォッグなどのエフェクトがある。また、空気環境には基本的に影響しないと考えられるシート振動がある (ダストなどが舞う可能性はある)。以上のようなエフェクトは 4DX で 12 種類⁶⁾、MX4D で 10 種類⁷⁾ ある。このうち観客の顔等に直接空気や液水が噴きかかるエフェクトは、4DX では、「香り」、「雨」、「ミスト」、「エア」、「熱風」の 5 種類、MX4D は、「香り」、「風」、「水しぶき」、「エアブラスト」の 4 種類である。

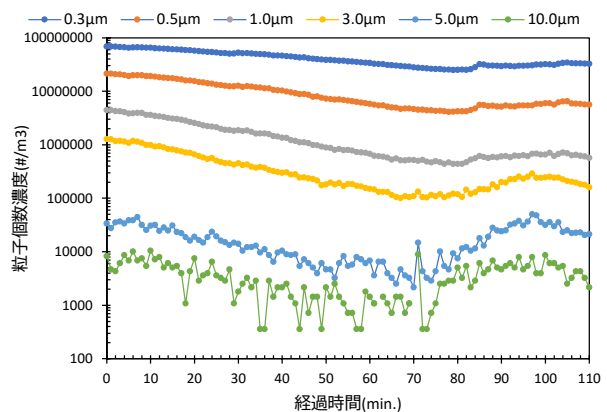


図 10-1 B 映画館第 1 回目の粒子個数濃度

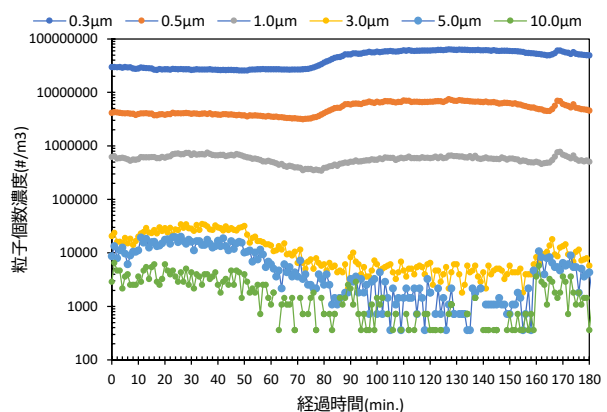


図 10-2 B 映画館第 3 回目の粒子個数濃度

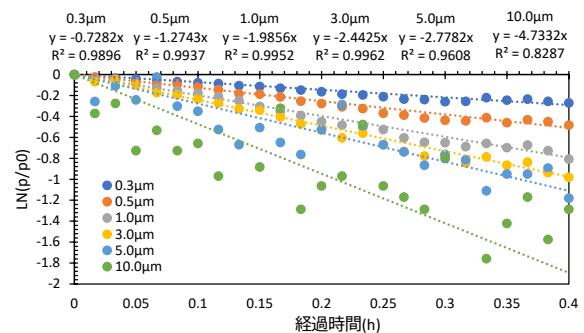


図 11-1 B 映画館第 1 回目 10~40 分の粒子個数濃度減衰

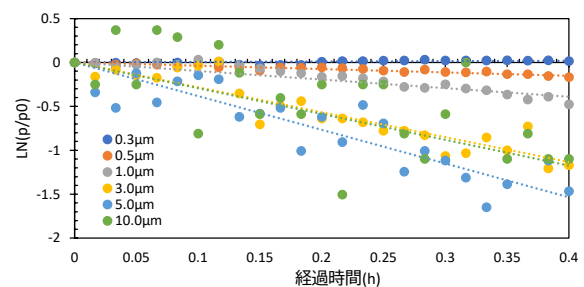


図 11-2 B 映画館第 3 回目 40~70 分の粒子個数濃度減衰

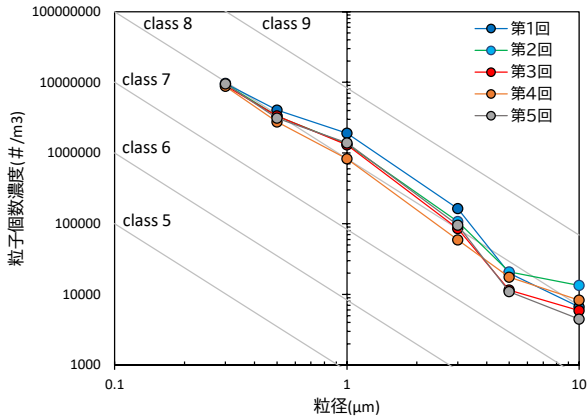


図 12-1 A 映画館の第 1~5 回の清浄度比較

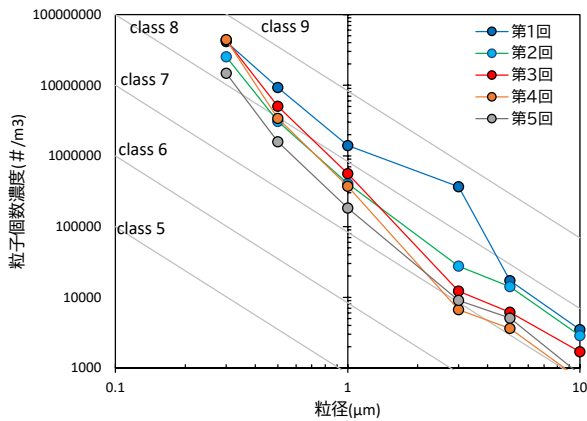


図 12-2 B 映画館の第 1~5 回の清浄度比較

これらのエフェクトのタイミングは 1 秒単位でプログラムされているが、調査では、環境計測と同時に測定者がエフェクトを記録している。

図 13-1~4 に、A・B 映画館の本編が始まってからの経過時間と 5 分刻みのエフェクトの回数を示す。空气中に浮遊する微粒子濃度が物質として放出される水、煙、香りは、いわゆるインパルス応答なので、スペクトル分析等の応用が考えられる。しかし、今回の測定結果は分解能の高いデータではないので、統計的手法でエフェクトと粒径密度の関係を簡易推定する。

まず、各粒子個数密度の 1 分間データのうち、 $\mu + 1.3\sigma$ よりも大きなデータ（全体の 10%）を抽出し、それ以外のデータとで差の検定を実施した。t 検定に先立ち、F 検定を実施している。A 映画館、B 映画館の分析結果を表 2-1~2-6 に示す。な

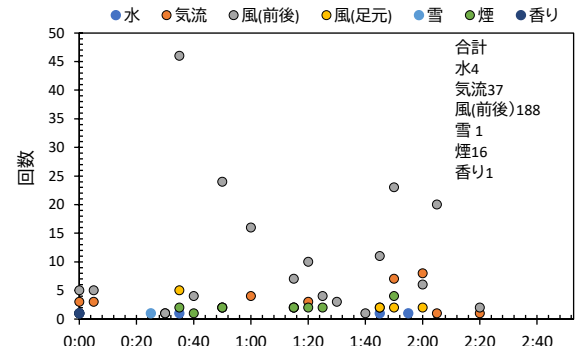


図 13-1 A 映画館第 1,3,5 回目演目のエフェクト記録

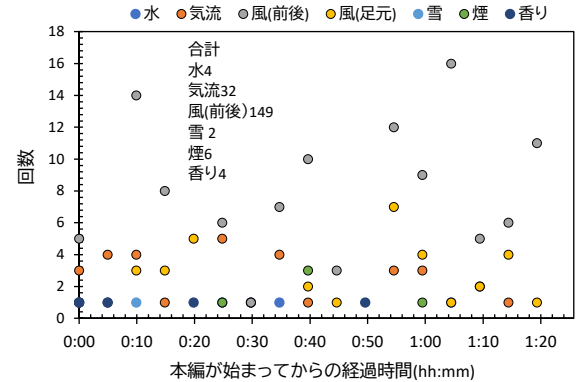


図 13-2 A 映画館第 2,4 回目演目のエフェクト記録

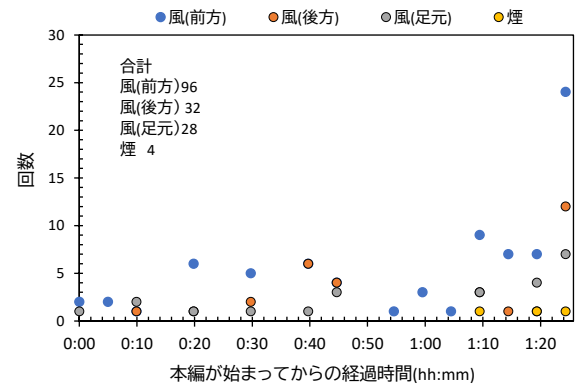


図 13-3 B 映画館第 1,2 回目演目のエフェクト記録

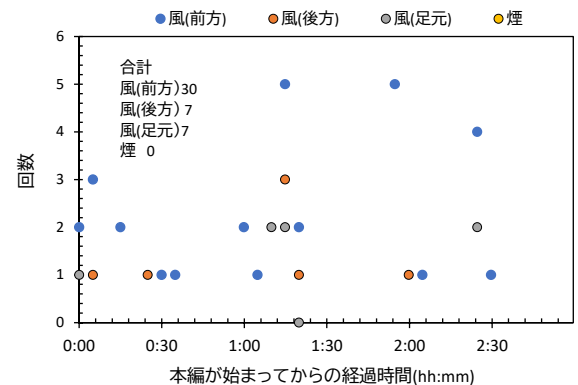


図 13-4 B 映画館第 3,4,5 回目演目のエフェクト記録

お、演目によって発生しなかったエフェクトやデータ欠損のあるエフェクトは分析対象から外している。

結果をみると、A 映画館の第 1 演目のエフェクト「水」の粒径は 3.0 μm、10.0 μm、エフェクト「煙」は 5 μm で統計的有意差があり、第 2 演目のエフェクト「水」は 0.3 μm、エフェクト「煙」は 0.3 μm、10.0 μm で有意差が生じている。A 映画館の第 1 演目、第 2 演目は同一映画館であるため、基本的に同じエフェクト装置を使用しているが、水エフェクトもいくつか種類があり、発生させる位置や量によって差が生じた可能性はある。

B 映画館は第 2 演目のエフェクト「煙」のみの記録で 1.0、3.0、5.0、10.0 μm の粒径で有意差があることが確認できた。B 映画館の煙はスモークジェネレーターが使用されており、そのリキッド成分はプロピレングリコール、脱イオン非界面活性剤、脱イオン水となっている。固定装置での空間内噴霧は、基本的に現場測定しかなく、また、リキッドエアロゾルは空間相対湿度に応じて蒸発に伴う粒径変化も生じることが想定されることから、その場での測定が欠かせない。

なお、暗い劇場内で時間を確認しながら手書きによる記録を行うというプリミティブな作業は困難を極めた。また、マスクをした状態だと香りに気が付かないことがあること、雨なのかミストなのか判別できない等、エフェクトの区別が難しい状況も多かった。今後、正確な発生量と時間のデータが得られれば、スペクトル分析等の手法の応用も考えられ、分析精度の向上が期待できる。

なお、「エアア」、「熱風」など気流に関連するエフェクトは、今回分析対象とはしていないが、これらの要素が物質の輸送にどの程度影響を及ぼすのか等は今後の検討課題である。

C2. 空調方式別の室内空気環境形成と空調負荷に関する検討

C2.1. 大空間の換気性能評価

表 2-1 A 映画館 第 1 演目の「水」の統計分析結果

水				
粒径	上側10%値	下側90%値	比率	p値
0.3um/m3	12115917	9274991.9	1.31	0.107
0.5um/m3	6416821.8	3709807.1	1.73	0.116
1.0um/m3	3632573.5	1652347.3	2.2	0.126
3.0um/m3	290484.5	144816.37	2.01	0.028 **
5.0um/m3	28048.3	18688.076	1.5	0.084
10.0um/m3	11510.15	5881.5379	1.96	0.043 *

表 2-2 A 映画館 第 1 演目の「煙」の統計分析結果

煙				
粒径	上側10%値	下側90%値	比率	p値
0.3um/m3	11119889	9139172.8	1.22	0.052
0.5um/m3	5097915.9	3698734.6	1.38	0.132
1.0um/m3	2684606.8	1638860.5	1.64	0.133
3.0um/m3	244326.98	136279.88	1.79	0.08
5.0um/m3	28182.975	17147.344	1.64	0.015 *
10.0um/m3	9292.525	5690.6	1.63	0.076

表 2-3 A 映画館 第 2 演目の「水」の統計分析結果

水				
粒径	上側10%値	下側90%値	比率	p値
0.3um/m3	13016065	9419117.3	1.38	0.001 ***
0.5um/m3	5645494.5	3110910.2	1.81	0.102
1.0um/m3	3867751.5	856038.4	4.52	0.165
3.0um/m3	349939.25	65812.4	5.32	0.137
5.0um/m3	57963.75	17070.8	3.4	0.066
10.0um/m3	35554.25	9452.4	3.76	0.079

表 2-4 A 映画館 第 2 演目の「煙」の統計分析結果

煙				
粒径	上側10%値	下側90%値	比率	p値
0.3um/m3	12149819	9650116.2	1.26	0.027 *
0.5um/m3	5241183	3109016.7	1.69	0.150
1.0um/m3	3711205.8	897783.93	4.13	0.183
3.0um/m3	322411.75	73153.067	4.41	0.169
5.0um/m3	40007.25	21859.2	1.83	0.114
10.0um/m3	30921.5	10687.8	2.89	0.020 *

表 2-5 B 映画館 第 2 演目の「煙」の統計分析結果

煙				
粒径	上側10%値	下側90%値	比率	p値
0.3um/m3	25494939	2527254	1	0.485
0.5um/m3	3168753.7	3092989.7	1.02	0.316
1.0um/m3	450011.2	379627.28	1.19	0.009 ***
3.0um/m3	37457.575	25038.707	1.5	0.016 **
5.0um/m3	19833.025	10807.453	1.84	0.001 ***
10.0um/m3	4022.35	2150.0133	1.87	0.002 ***

映画館は建築計画的な観点の分類からは、劇場タイプの形式に属し、床面積に対する一人当たりの占有面積は小さく（つまり密度が高く）、一方で天井が高く気積が大きいという特徴であるといわれている。

空間の換気性能評価には、前述した濃度測定値からの同定ではなく、瞬時一様拡散を仮定した炭酸ガス濃度減衰が一般的である。この方式は、空

間濃度を一定にしたうえで（一様拡散状態）その濃度減衰から Seidel 式で算出する方法である。気積の小さな単室であれば、一定の精度で換気量（漏気量含む）を把握することが可能である。劇場タイプのような大空間では、一般に、空気齢などの換気効率を前提とすることも多い²⁾。特に、個別分散空調システムは、温度に関して“むら”のないように制御される一方、換気に関しては、空気の滞留も起こり得るような吹出口・吸込口位置になっていることも少なくないことが一般的には指摘されており、状況に応じた適切な空気環境・換気性能の評価が求められる。

C2.2. 濃度分布予測に基づく空気質評価

劇場や映画館は上演プログラムによっては1時間以上の滞在となること、また隣席との距離が近い（密接状態となる）ことから、特措法¹⁰第24条第9項に基づく時短要請に係る施設となる。興行施設の用途毎に、その特徴を踏まえ、より安全であることを評価することは、経済的にも重要なことである。

予測には、Wells-Riley Equation^{8~10)} (5) 式を利用し、興行場の施設の用途の特徴を捉えた評価が可能かを検討する。

$$P = \frac{C}{S} = 1 - e^{-\frac{Iqpt}{Q}} \quad (5)$$

ただし、P:感染確率、C:感染ケース、S:感染可能性のあるケース、I:感染者数(person)、q:クオンタ発生量(quant/h)、p:呼吸量(m³/h/person)、t:滞在時間(h)、Q:換気量(m³/h)

この式に使用される換気量 Q は瞬時一様拡散を前提としており、前述したとおり、気積の大きな

劇場空間にはこのまま適用することができない。中央式空調なのか個別分散式空調なのかによっても値が異なると推定される。中央式空調の場合は、RA 率（一般には 0.85）をどこまで下げられるか、個別分散空調の場合は、OHU の熱交換器の有効換気量率や全熱エレメントの粒子移行率（特にロータリー式の場合は要注意）も加味した予測が求められる。そのほか、空気清浄装置（HEPA フィルター、ULPA フィルターや電子集塵、UVGI など含む）の効果も検討には含めて考える必要があると思われる。

吹出口および排気口の位置は、通常、場内の気流性状に大きく影響する。吹き出し位置と風量を把握した上で空間濃度分布を測定し、その実態を把握するとともに、CFD による気流解析を行うことで様々な状況をシミュレーションできる。

今回の検討では、一般的な空調方式である中央式空調と個別分散空調の2種類について、その特徴に基づいた予測式の検討を行った。

図 14、図 15 に各々中央式空調、個別分散空調の場合の換気状況等の概念図を示す。また、これらを加味した Wells-Riley Equation を各々(6)、(7)式に示す。

中央式空調の場合の修正 Wells-Riley Equation

$$P = 1 - e^{-\frac{I(q+RA\cdot Q)\cdot pt}{Q}} \quad (6)$$

ただし、RA:排気再利用率(0-1)

個別分散空調の場合の修正 Wells-Riley Equation

$$P = 1 - e^{-\frac{I(q+(1-\eta)+\gamma)\cdot Q)\cdot pt}{Q}} \quad (7)$$

ただし、η:有効換気量率(0-1)、γ:全熱交換器経由再移行率(0-1)

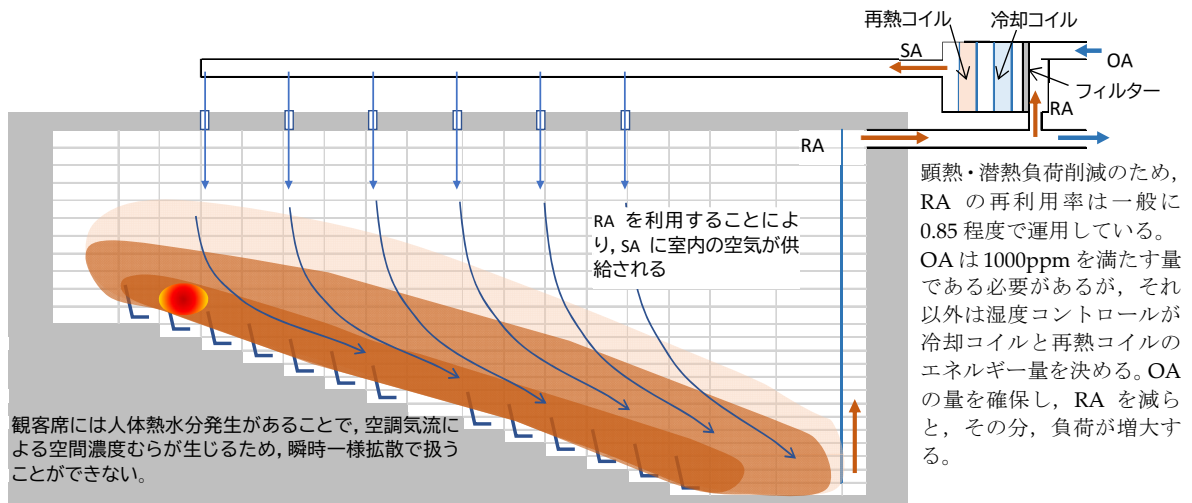


図 14 中央式空調における劇場内の換気状況等評価

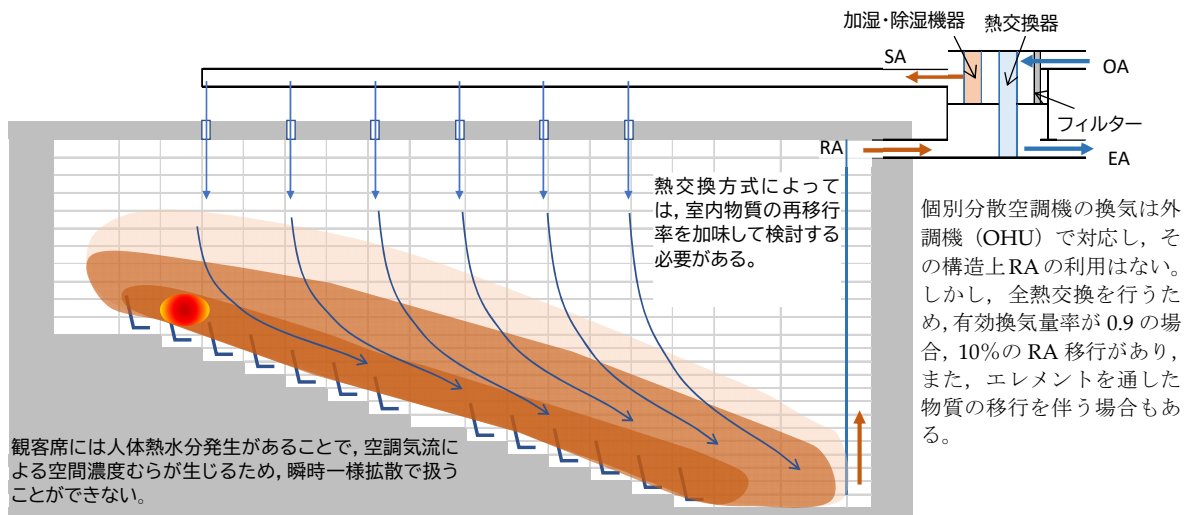


図 15 個別分散空調における劇場内の換気状況等評価

以上のような条件を踏まえた換気状況等を評価可能なモデルを構築することが最終的な目標である。図 14、図 15 に示した風向は、例であり、このほかにも、天井吹出、天井吸込み（排気）等、多様な方法が見られる。また、空調設備の温湿度処理により、同一風量でも、潜熱負荷すなわち運用コストや設備稼働状況にも影響を及ぼし、延いては空気環境にも波及することが想定される。従って、各々の省エネ性能の把握も必要となる。

C2.3. 外気導入量と負荷との関係

中央式空調で冷却コイルを用いる従来タイプは、

再熱も必要であるため省エネ性能は高くなく、また、排気空気を再利用する仕組みである。一方、外気処理を分離するビルマルチ等の個別分散方式空調システムは、ヒートポンプの性能によっては省エネになる可能性もある。そこで、制御方法をパラメータとした空調機負荷の試算を行った。

興行場の施設の用途によっては、観客数が多いため、潜熱負荷が大きくなることがある。空調機負荷を低減させるためには外気負荷（特に潜熱負荷）を小さくすることが求められる場合もある。

C2.3.1. 計算条件

計算条件を以下に示す。

室内 26℃ 50% (10.499 g/kgDA)、外気 33.6℃ 18.1 g/kgDA (54.1%) 東京 (t-h 基準)
 床面積 1500m² (100 人収容、面積密度 1.5m²/人)、天井高さ 3、6、9m
 一人当たり発生熱量 75W、水分発生量 30g/h、呼気 CO₂発生量 15L/h/person

C2.3.2. 一人当たり外気導入量が負荷に与える影響

潜熱負荷を削減するため OA と RA を混合するが、一般に OA 比率 (新鮮外気の導入量) は SA 全体の 15%程度であることが多い (すなわち排気空気(RA)を 85%利用) が、SA を全量 OA とする場合もある。この場合、当然のことながら OA が増加すると負荷が大きくなり省エネとならないことが一般的には知られている。そこで、本検討では、20,000m³/h を基準として、SA を 3,000m³/h、7,500m³/h、とした場合の顕熱・潜熱負荷、再熱負荷および除湿量を算出した(図 16)。また空間平均化として、CO₂濃度も算出した。SA 風量を低減すれば省エネルギーになり騒音問題も解決できるが、空間の CO₂濃度は上昇することが、一般的にはトレードオフの関係として成り立っている。衛生環境を確保しつつ省エネ性能を満たすためには、観客席まわりの空気流れの工夫が必要であろう。

C2.3.3. 排気再利用率が外気負荷に及ぼす影響

一人当たりの換気量として外気導入量を固定し、OA 比を変化させた場合について試算した。通常、OA 比が大きくなると冬期であれば顕熱負荷が、夏期であれば潜熱負荷が増えるが、ここでは OA 量が固定のため、顕熱負荷、潜熱負荷、除湿量は同一となる。一方、SA が減ると、当然ながら再熱負荷が大きく減少する。CO₂濃度は外気量が同一のため変わらない。今回は、外気処理のみを対象として検討を行うため、熱負荷が別途加算される。個別分散空調により外気処理を分離できれば、省

表 2 SA 風量をパラメータとした負荷比較

ケース	OA 比	SA(m ³ /h)	一人当たり外気導入量(m ³ /h/p)	
A1	0.15	3000	4.5	
A2	0.15	7500	11.25	
A3	0.15	20000	30	
ケース	顕熱負荷(kW)	潜熱負荷(kW)	再熱負荷(kW)	除湿量(kg/h)
A1	0.95	4.27	11.14	6.79
A2	2.36	7.84	27.85	12.48
A3	6.29	17.76	74.28	28.28

表 3 OA 風量を固定とし SA 風量をパラメータとした場合の外気負荷比較

ケース	OA 比	SA(m ³ /h)	一人当たり外気導入量(m ³ /h/p)	
B1	0.15	20000	30	
B2	0.5	6000	30	
B3	0.8	3750	30	
ケース	顕熱負荷(kW)	潜熱負荷(kW)	再熱負荷(kW)	除湿量(kg/h)
B1	6.29	17.76	74.28	28.77
B2	6.28	17.76	22.55	28.77
B3	6.28	17.76	14.23	28.77

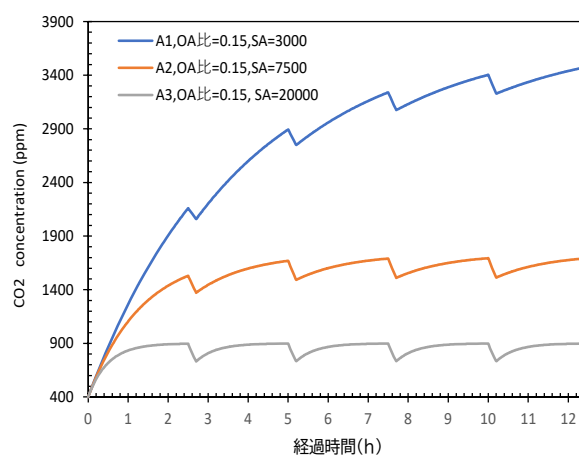


図 16 CO₂濃度変化(A1,A2,A3)

エネ性能と両立できる可能性がある。

D. 考察

D1. 映画館場内空気環境測定

観客席位置 (4 隅および中央) で測定した温湿度および CO₂濃度変動を事例的に把握した。調査の結果から、室内温度 28℃以下であること、相対湿度は 30~80%を常に保つこと、炭酸ガス濃度は

1500ppm 以下であることを、概ね満たしていることを確認した。さらに、粒子個数濃度の測定結果から、粒径が小さいほど減衰するのに時間がかかることを確認した。また、統計的にエフェクトと粒径の関係について分析した結果、エフェクトに応じて粒径が異なる可能性があることが示された。計測上の課題を整理して次年度につなげる。

D2. 空調方式別の室内空気の形成に関する評価および空調負荷の検討

今回の試算ケースは、映画館だけではなく劇場、多目的ホール等も含めた大空間施設に最大収容人員が入っている条件でシミュレーションを行った。気積の大きな空間は、測定タイミングによっても濃度を捉えることが難しい。設計時は装置容量や給排気位置を決定するが、運用によって換気性状延いては空気衛生環境に影響を及ぼしうることもあるため、今後の検討から課題を整理したい。

E. 結論

興行場の空気衛生に関する実態を明らかにするため、まずは2つの映画館（座席振動、圧縮空気、水噴霧、香り放出などのエフェクト機能のある映画館）を対象に空調・換気設備の測定を行い、その実態を明らかにするとともに、観客席における空気環境評価法について検討を進めた。実際の設備運転時における空気環境の実態を把握するためには、興行時に測定を行うことが必要である。しかし、換気性状等はCO₂の呼気排出があるため、評価になじみにくい。そこで、大空間での呼気排出をトレーサーとする簡易な評価法を検討した結果、観客数および空間容積に伴う濃度の非定常変化を考慮することで居住域の換気量を同定することが可能であることを示した。以下に得られた知見をまとめる。

1) 同定した換気量と観客人数とから映画館内の絶対湿度を再現し、空間湿気容量を適切に見込むことでほぼ実測値に近い値を算出できる

ことを確認した。

- 2) 管理すべき空気環境調整の基準を概ね満たしており、良好な環境形成に努めている。また、多様な状況に対応できる空調設備を備えており、観客数に応じた運用が可能となっている。
- 3) 粒子個数濃度の測定結果から、エフェクト時は1.0、3.0 および10.0 μm の粒子数が増加する傾向にあること、粒径が小さいほど減衰に時間を要することが確認できた。

大空間を対象とした空気環境評価の課題、また、設備運用や省エネルギーに起因する課題について以下の通り整理した。

- 1) 映画館等の実測評価：設備情報（採用している設備や運転、エフェクト付きの映画館は水噴霧量や空気質など）や運用状況の情報を得ながら、映画館の実測例を増やし、その実態を把握することが必要である。特に、居住域濃度の影響は高さ方向の分布や排気口での測定が必要であることから、これらの点の把握に努める。
- 2) 既存興行場の空調設備アンケート調査：基本的には中央式空調と個別分散空調の2パターンであるが、年代ごと、規模ごとに偏りがあると考えられる。また、空調設備は建築的な条件や地域条件、建設年代を反映した特殊解であることが多く、まずは既存興行場の空調設備状況を把握する必要がある。
- 3) 空間濃度性状の実験的把握：事例調査を重ねて実態を把握しつつ有益な知見を得るためにも、測定法の確立が重要である。少ないセンサーで空間濃度を把握する評価手法の開発、CFD等のシミュレーションとの併用などを今後進める。
- 4) 空気の質に関する評価法の構築：以上の検討を踏まえて、施設の用途毎に適する修正Wells-Riley Equationを構築する。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献・引用文献>

- 1) 興行場法第 2 条, 第 3 条関係基準条例準則, 昭和 59 年 4 月 24 日環指発 42 号, 各都道府県知事・各政令市市長宛, 厚生省環境衛生局長通知, 平成 27 年 7 月 31 日健発 0731 第 4 号一部改正
- 2) 空気調和・衛生工学会規格 SHASE-S 115-2017 室内換気効率(規準化居住域濃度)の現場測定法, 公益社団法人 空気調和・衛生工学会 2017
- 3) 米沢義道・伊藤一典・牛山喜久: 呼気温を指標とした体温計測, 医用電子と生体工学第 26 巻第 3 号, 7-13, 1998.9
- 4) 山田義昭・桑原亮一・何平・水谷国男: 換気効率指標の設計応用に関する検討, 一高天井空間における基準化居住域濃度について, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 605-608, 2000.9
- 5) 鍵直樹: 一般室内環境及びクリーンルームの粒子状物質について, 室内環境 vol.23, No.2, 171-179, 2020
- 6) 4DX, <https://www.cj4dx.com/jp/>, 令和 4 年 5 月 24 日閲覧
- 7) MX4D, <http://www.mx-4d.com/>, 令和 4 年 5 月 24 日閲覧
- 8) Rudnick SN, Milton DK: Risk of Indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration, Indoor air 2003, 13, 237-245
- 9) Chenjiyu Liang et. Al.: Is It Safe to Reopen Theaters During the COVID-19 Pandemic? Frontiers in Built Environment, March 2021, Volume 7, Article 637277
- 10) Catherine J. Noakes and P. Andrew Sleight: Applying the Wells-Riley equation to the risk of airborne infection in hospital environments: The importance of stochastic and proximity effects, Indoor Air 2008, 17-22 August 2008, Copenhagen, Denmark - Paper ID: 42
- 11) SHASE-S 115-2017 室内換気効率(規準化居住域濃度)の現場測定法, 公益社団法人 空気調和・衛生工学会
- 12) 佐藤要・倉渕隆・竹内仁哉・吉野一・鳥海吉弘・池村尚也: 高応答性濃度測定機器を用いた動的定常濃度に基づくトレーサガス実験法に関する検討 part1. 定常濃度分布測定, pp.145-148, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第 4 巻 (2019.9.18~20, 札幌)
- 13) 池村尚也・倉渕隆・竹内仁哉・吉野一・鳥海吉弘・佐藤要: 高応答性濃度測定機器を用いた動的定常濃度に基づくトレーサガス実験法に関する検討 part1. 空気齢分布測定, pp.149-152, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第 4 巻 (2019.9.18~20, 札幌)
- 14) 宮嶋舞佳・倉渕隆・竹内仁哉・吉野一・井上洋輔・李時桓: 空気循環系における動的定常濃度に基づくトレーサガス実験法(その 4)CFD 解析と実験室実験によるトレーサガス実験法の妥当性検討, pp.25-28, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第 4 巻 (2016.9.14~16, 鹿児島)
- 15) 池永徹博・絵内正道・荒谷登・林基哉: トレーサガスの濃度むらを利用した熱対流型換気の実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) D-2, pp.609-610, 1992/08
- 16) 新型インフルエンザ等対策特別措置法, (平成二十四年法律第三十一号), 令和三年法律第三十六号による改正

興行場における衛生的な環境確保のための研究
国内興行場内の微生物実態調査

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

映画館内の浮遊粒子状物質濃度の実態を把握するために、4D 映画上映時における室内粒径別浮遊粒子濃度、浮遊細菌と真菌濃度、落下細菌と真菌量の実測と分析を行った。

浮遊粒子濃度について、これまで興行場における測定報告は殆どない。これまでに行っているオフィスの浮遊粒子濃度の測定結果と比較すると、オフィスと同等かそれ以下になっている。

落下細菌と真菌の測定方法について、短時間の測定で得られた結果では、落下細菌と真菌数はその時の空気中の浮遊細菌と浮遊真菌濃度との間に殆ど相関がない。本研究で測定した落下細菌・真菌と浮遊細菌・真菌の間、または粒径別浮遊粒子濃度との間に相関関係が認められないのはそのためであると考えられる。映画上映中に浮遊細菌と浮遊真菌の測定が望ましいが、できなければ、 $\geq 2\mu\text{m}$ と $\geq 5\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度の測定値から浮遊細菌と浮遊真菌濃度を推測方法について検討する必要がある。一方、引き続き落下細菌と真菌のデータを蓄積し、それによる映画館内の微生物汚染評価の可能性について検討することも重要である。

本報でまとめたデータは、事例的であり、上映中の室内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度を代表できるものではないため、今後測定方法を含めた検討が必要である。また、落下菌による映画館内微生物汚染評価の可能性については、検討する必要がある。

A. 研究目的

本分担研究では、映画館内の浮遊粒子状物質濃度の実態を把握するために、4D 映画上映時における室内粒径別浮遊粒子濃度、浮遊細菌と真菌濃度、落下細菌と真菌量の実測を行った。

B. 研究方法

2022 年に映画館 A、映画館 B を対象に測定を行った。映画館 A においては、4D 映画 6 回上映中に落下細菌と真菌（曝露時間 5 分）、上映入れ替えの時間帯に浮遊細菌と浮遊真菌を測定した。映画館 B においては、4D 映画 5 回上映開始時に落下細菌と落下真菌の曝露時間を 1 時間とし、同時間帯に粒径別浮遊粒子濃度の測定を行った。ま

た、映画館 A と同様に上映入れ替えの時間帯に浮遊細菌と浮遊真菌を測定した。

細菌の培養に SCD 培地、真菌の培養に PDA（映画館 A）と DG18 培地（映画館 B）を用いた。細菌と真菌の培養温度と期間はそれぞれ 32℃の 2 日間と 25℃の 5 日間であった。浮遊粒子に粒径 6 段（0.3~0.5 μm , 0.5~0.7 μm , 0.7~1.0 μm , 1.0~2.0 μm , 2.0~5.0 μm , 0.5 μm ~）のパーティクルカウンタを用いた。測定箇所はスクリーン最前列と最後列の座席 2 か所であった。

C. 研究結果および考察

C1. 映画館 A

映画館 A では、落下細菌が検出されたのは 2 回目上映中（1cfu/（5 分・皿））と 3 回目上映中（1cfu/（5

分・皿)であった。浮遊細菌が4回目上映中では検出されなかった。ほかの5回上映中の浮遊細菌濃度を表1に示す。日本建築学会のオフィスビル室内浮遊細菌管理基準値の500cfu/m³よりはるかに低いことが分かった。

落下真菌と浮遊真菌については、検出されたのは3回目上映中アオカビのみであった(1cfu/(5分・皿))。

C2. 映画館 B

(1) 細菌

落下細菌数を図1に示す。2回目上映中の後方は31cfu/(皿・h)であり、他は12cfu/(皿・h)以下であった。落下細菌の基準はないが、1962年の渡辺ら(1)の冬期測定値の48~188cfu(衛生試験法)より少なかった。

浮遊細菌濃度を図2に示す。映画館の浮遊細菌濃度に関する基準値はないが、ここでは参考まで日本建築学会のオフィスビルの管理基準の500cfu/m³との比較を行う。その基準値を超えたのは1回目上映後の前方(1720 cfu/m³)、3回目上映後の前方(1010 cfu/m³)、4回目上映後の後方(4290 cfu/m³)であった。室内細菌の主な発生源は在室であることが知られているが、5回上映中の在室者数それぞれ16人、56人、20人、22人、14人であり、在室者数と浮遊細菌濃度の間に相関関係が認められなかった。それは、人数だけではなく、人のアクティビティーにも関係すると考えられる。

(2) 真菌

落下真菌数を図3に示す。4回目の上映のみが検出され、その数も非常に少なかった。真菌の主な発生源は外気の侵入によるもので、上映中の室内空気中の真菌が空調機に備えられている中性能フィルタによって殆どろ過されたと考えられる。

図4に浮遊真菌濃度を示す。*Cladosporium*(クロカビ)、*Yeast*(酵母)、*Aspergillus*(コウジカビ)、*Penicillium*(アオカビ)、*Mycelium*(胞子形成しないカビ)が検出された。映画館の浮遊真菌濃度に関する基準値はないが、ここで参考まで

日本建築学会のオフィスビル室内管理基準の50cfu/m³との比較を行う。その基準値を超えたのは2回目上映後(80cfu/m³)と3回目上映後(100cfu/m³)であった。浮遊微生物の測定は上映入れ替えの時間帯に行っていたため、人の出入りによるドアからの侵入があったものと考えられる。

(3) 粒径別浮遊粒子濃度

5回上映中における浮遊粒子濃度の経時変化を図5~図13に示す。1回目の上映中は前方のみを測定したが、2回目以後は後方の測定を追加した。図中の矢印はエフェクトのある時刻を示している。また、上映1と2は同じ映画、上映3~5は別の同じ映画であった。

1回目の上映後に粒径別浮遊粒子濃度がほぼ指数関数で減衰しており、空調機内のフィルタによるろ過効果が確認された。エフェクトがある時刻には粒子濃度の粒径別浮遊粒子濃度の上昇がみられた。

2回目の上映後に、エフェクトのある時刻に粒径別浮遊粒子濃度の上昇は1回目より顕著であった。また、エフェクトがある時刻に $\leq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度と $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度の顕著な上昇がみられた。

3~5回目の上映中の $\leq 1\mu\text{m}$ と $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は減衰するのがあれば、ほぼ横ばいのみみられた。また、エフェクトによる粒子濃度の変化は上映1と上映2のほどではなかった。これは、エフェクトが異なっていたためと考えられる。

浮遊粒子濃度について、これまで興行場における測定報告は殆どない。ここでは、柳らが²⁾行ったオフィスビルの測定結果との比較を行う。オフィスビルでは、0.3~0.5 μm は106p/L、0.5~1.0 μm は105p/L、1~2 μm は103p/L、2~5 μm は101~2p/L、5 μm ~は100.1~2p/Lであった。本調査の結果では、オフィスと同等かそれ以下になっている。

図14~図19に上映1~5における各粒径の四等分値を示す。上映1中の粒径別浮遊粒子濃度は最も高い値を示した。上映4中の0.3~0.5 μm の

浮遊粒子濃度は上映 1 と同程度であった。0.5 μm 以上の粒径別浮遊粒子濃度は全 5 回の上映中に同程度であった。

また、5 回上映の全ては後方より前方の濃度は高かった。映画館の還気は前方にあるスクリーンの下部にある空間を経由するため、後方より前方の濃度が高くなったと推察される。

D. 考察

D1. 落下細菌と真菌の測定方法について

浮遊粒子の室内空中での滞留時間はその粒子の終末沈降速度（以後沈降速度と略す）と、室内気流の速度と方向によって決まる。浮遊粒子の沈降速度を下記の式（1）に示す。

$$v = \frac{gD_p^2\rho_p}{18\mu} \quad (1)$$

v : 週末沈降速度 [cm/s]

g : 重力加速度 [cm/s²]

ρ_p : 粒子の密度 [g/cm³]

μ : 空気の粘度 [g/(cm·s)]

ここでは粒子の密度を 1g/cm³ と仮定し、式(1)から求めた沈降速度と無風状態での 1.5m を落下するのに所要時間を図 20 に示す³⁾。粒径 10μm 以下の粒子は無風状態で室内に長時間浮遊することが分かる（1μm:14.4h; 5μm:35min; 10μm:9min）。また、10μm 以下の粒子の沈降速度は 0.3cm/s (0.003m/s) 以下であり、空調・換気設備が運転する室内の気流によって容易に遠くまで（最終は還気口）運ばれるため、短時間の測定で得られた結果では、落下細菌と真菌数はその時の空気中の浮遊細菌と浮遊真菌濃度との間に殆ど相関がない。本研究で測定した落下細菌・真菌と浮遊細菌・真菌の間、または粒径別浮遊粒子濃度との間に相関関係が認められないのはそのためであると考えられる。落下細菌・真菌と浮遊細菌・真菌の間に相関関係にないことが柳らによって実証されている⁴⁾。

また、柳らは、6 病院、1 オフィス、1 住宅におけるバイオ粒子と非バイオ粒子の関係を実証

した結果、パーティクルカウンタによる測定した 1μm 以上、2μm 以上、5μm 以上の浮遊粒子濃度の測定値からバイオ粒子濃度を推測できることを示唆している⁵⁾。さらに、柳が行った実証試験では、浮遊細菌と浮遊真菌はそれぞれ $\geq 2\mu\text{m}$ と $\geq 5\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子濃度の間に有意な相関関係にあることを報告している⁶⁾。従って、映画上映中に浮遊細菌と浮遊真菌の測定が望ましいが、できなければ、 $\geq 2\mu\text{m}$ と $\geq 5\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度の測定値から浮遊細菌と浮遊真菌濃度を推測方法について検討する必要がある。一方、引き続き落下細菌と真菌のデータを蓄積し、それによる映画館内の微生物汚染評価の可能性について検討することも重要である。

D2. 浮遊細菌・真菌について

今回の測定は映画上映入れ替えの時間帯に行ったため、浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度はドアの開放状況および人の出入り頻度に影響される。今後の調査時に測定方法や測定タイミングを検討する必要があると考えられる。

E. 結論

本研究より、下記の事柄が明らかになった。

- ① 上映の入れ替えの時間帯、即ち、人の動きが多い時間帯に測定した浮遊細菌濃度と真菌濃度は低い値が多くみられたが、オフィスの 500cfu/m³（参考基準）を超えたのもあった。
- ② 上記の浮遊細菌と浮遊真菌濃度は上映中の室内濃度を代表できるものではないため、今後測定方法を含めた検討が必要である。
- ③ 落下菌による映画館内微生物汚染評価の可能性について検討する必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 渡辺弘ら, 映画館の空気性状, 生活衛生 6-2, 62-68, 1962.
- 2) 柳 宇, 三浦 邦夫, 入江 建久, 池田 耕一, 空調ダクト内付着粒子状物質の挙動と制御に関する研究, 空気調和・衛生工学会 論文集, Vol.27, No.86, 97-105, 2022.
- 3) 柳 宇, ウイルス感染拡大を抑えるために設備技術者ができることー感染とその制御, BE 建築設備, 第 71 巻, 第 7 号 (通巻第 834 号), 14-20, 2020.
- 4) 柳 宇, 高鳥浩介, 狩野文雄, 横地明, 青山敏信, 池田耕一, 木ノ本雅通, 三上壮介, 山崎省二, クリーンルームの微生物汚染評価ー最終報告, 第 26 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, 248-51, 2008.
- 5) 柳 宇, 鍵直樹, 池田耕一, 室内環境における浮遊細菌濃度リアルタイム測定の可能性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.666, 673-677, 2011. doi: 10.3130 /aije.76.673.
- 6) 柳宇, 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 2 報ーエアフィルタによる浮遊微生物粒子の捕集率とその評価. 日本建築学会環境系論文集, No.617, 53-56, 2007. doi: 10.3130 /aije.72.53_3.

表 1 映画館 A の浮遊細菌濃度

	曝露時間	細菌数	濃度[cfu/m ³]
1回目上映	09:35~10:00	19	8
2回目上映	12:45~13:20	11	3
3回目上映	15:05~15:40	5	1
5回目上映	20:45~21:10	12	5
6回目上映	23:55~24:00	13	26

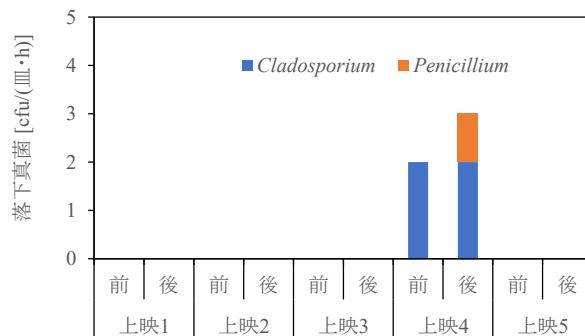


図 3 落下真菌数

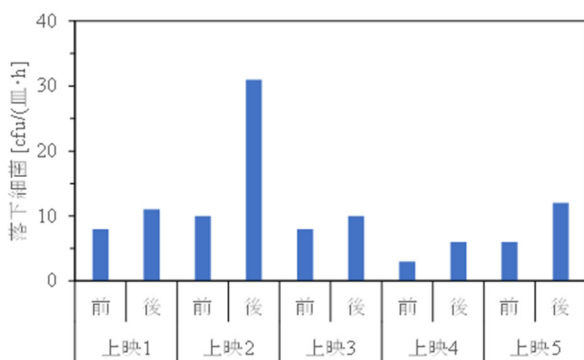


図 1 落下細菌数

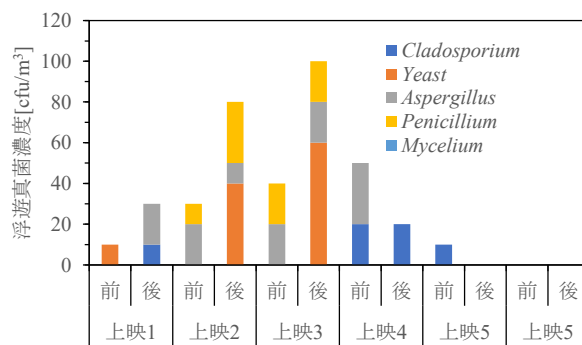


図 4 遊真菌濃度

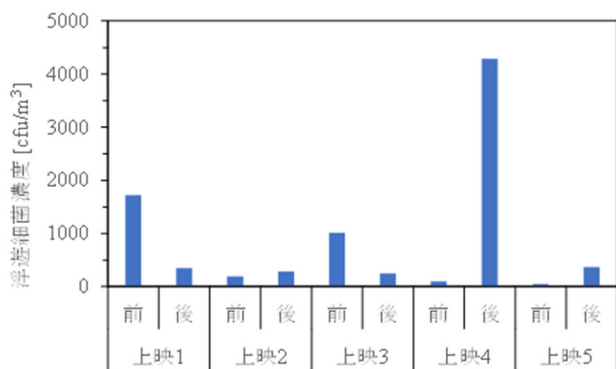
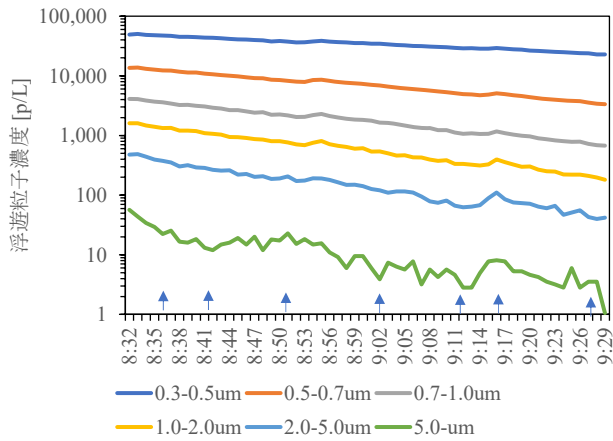
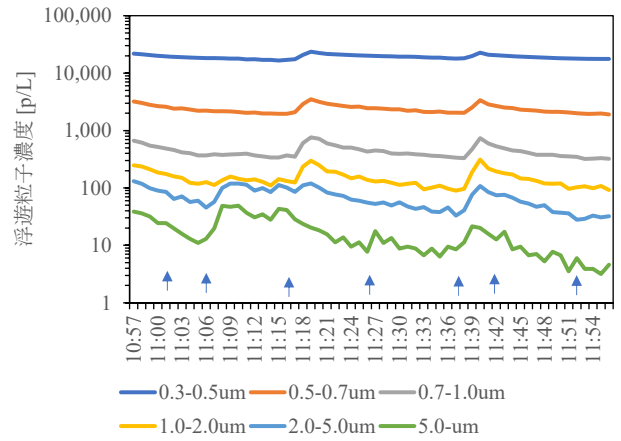


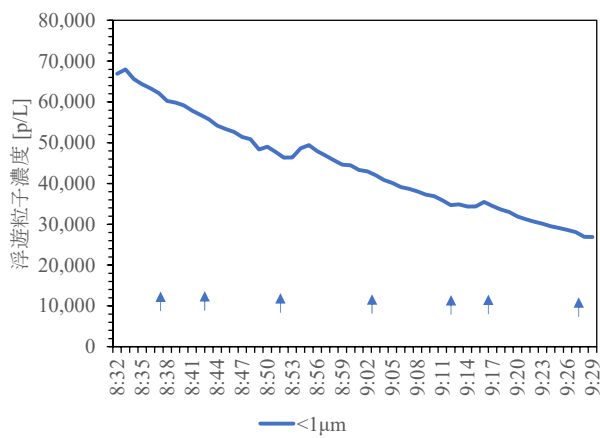
図 2 浮遊細菌濃度



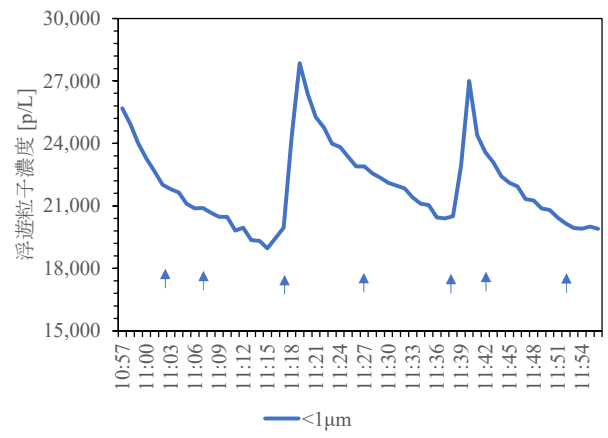
a. 粒径別浮遊粒子濃度



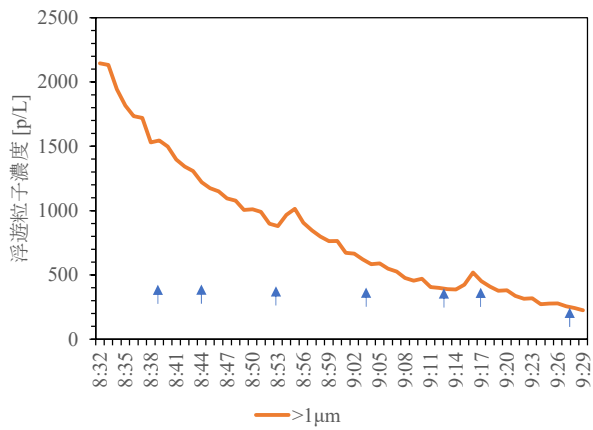
a. 粒径別浮遊粒子濃度



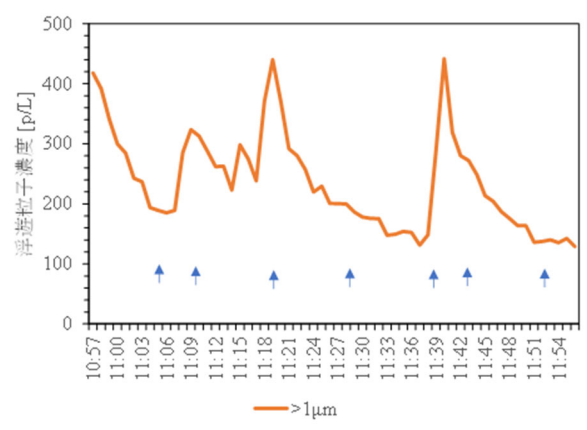
b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



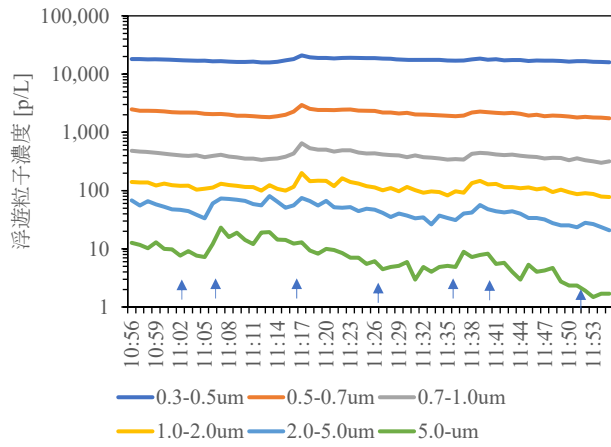
c. $> 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



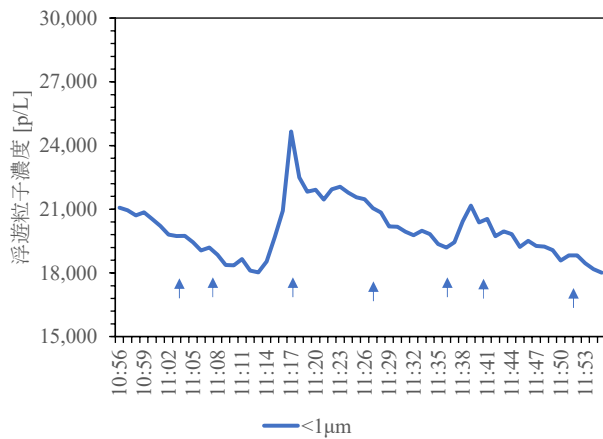
c. $> 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

図 5 浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 1、前)

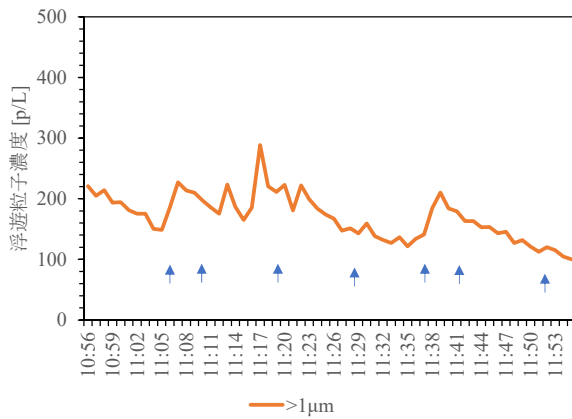
図 6 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 2、前)



a. 粒径別浮遊粒子濃度

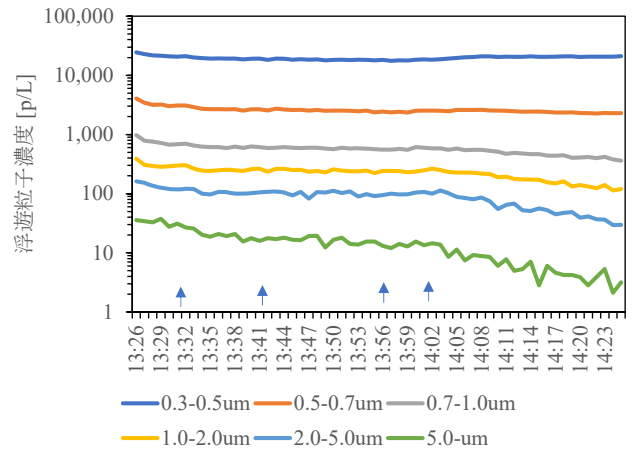


b. $\le 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

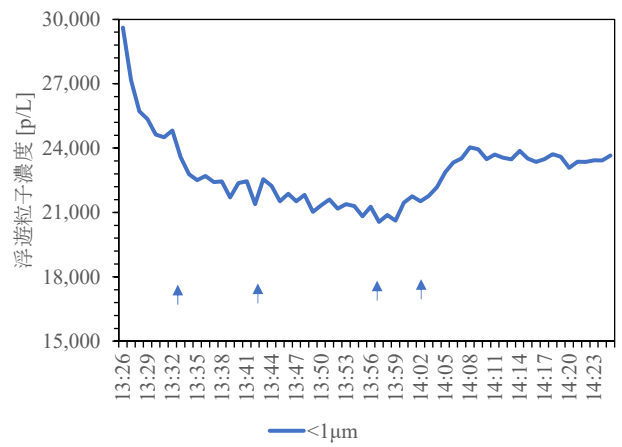


c. $\ge 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

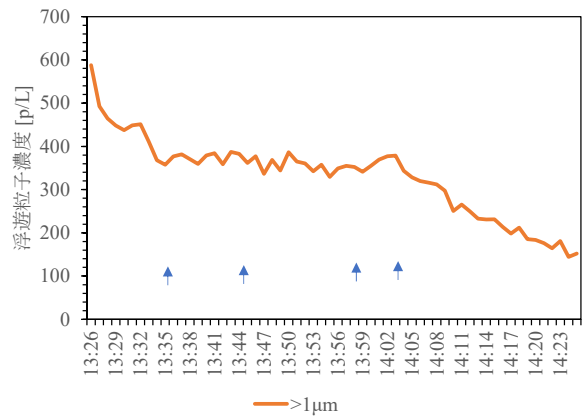
図7 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 2、後)



a. 粒径別浮遊粒子濃度

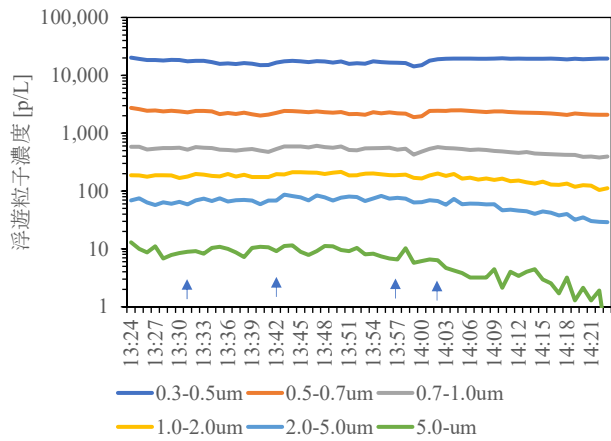


b. $\le 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

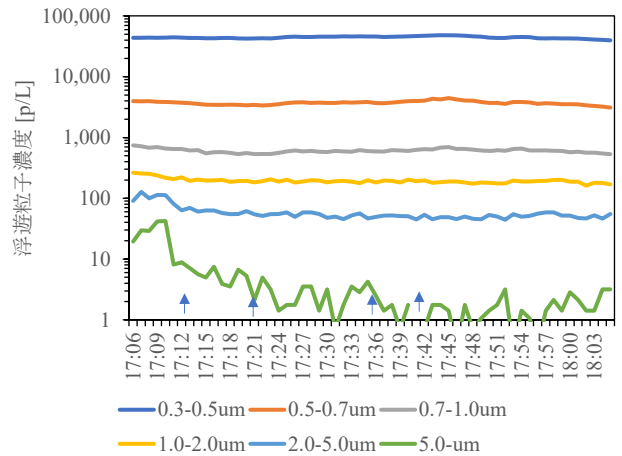


c. $\ge 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

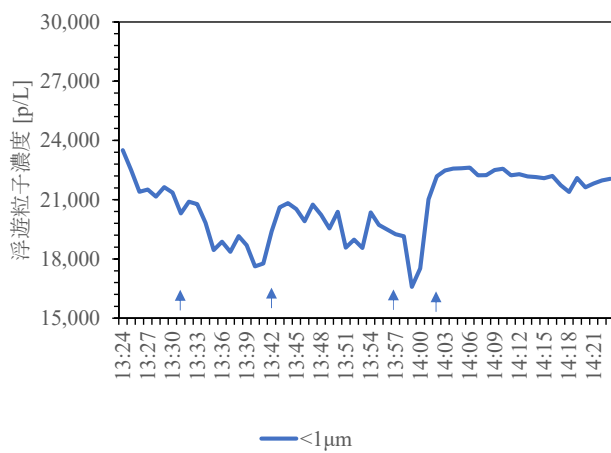
図8 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 3、前)



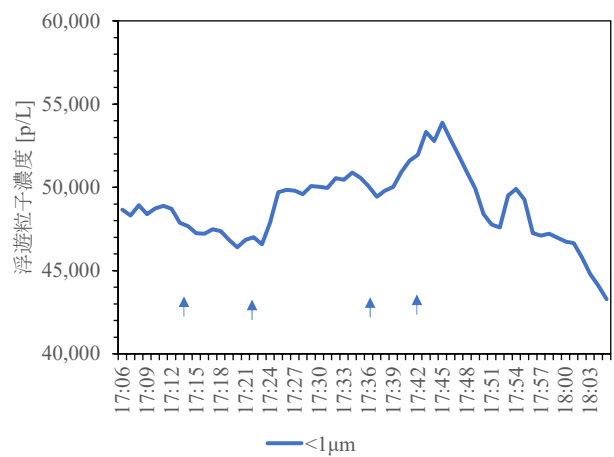
a. 粒径別浮遊粒子濃度



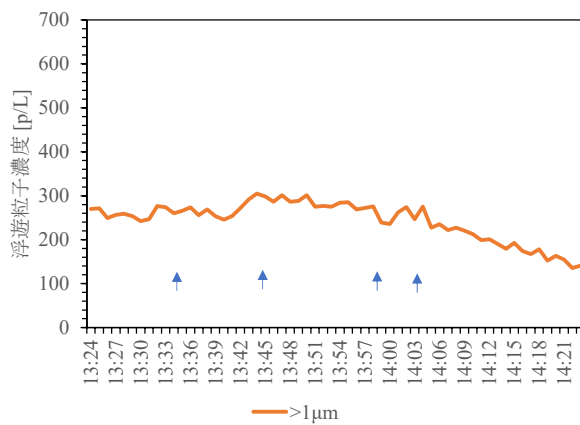
a. 粒径別浮遊粒子濃度



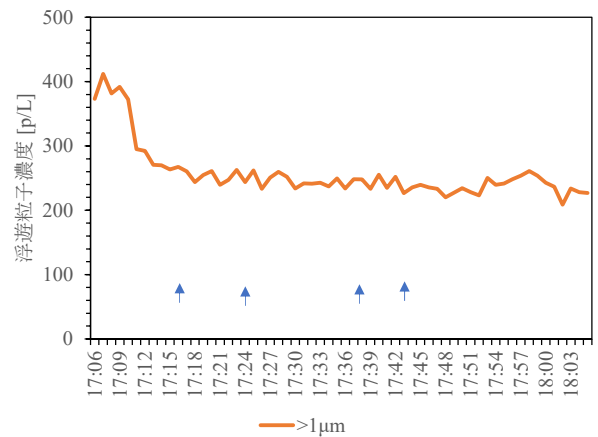
b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



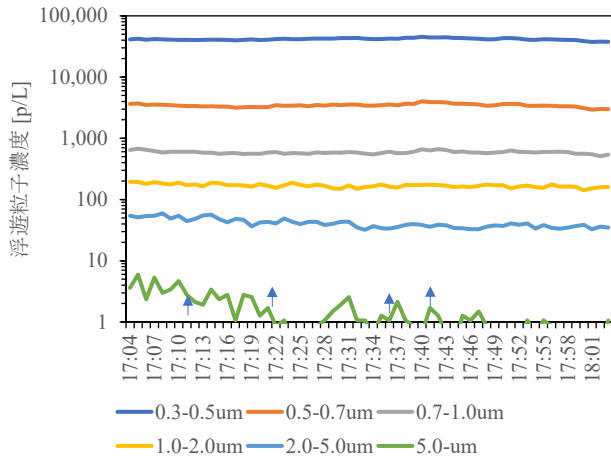
c. $\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



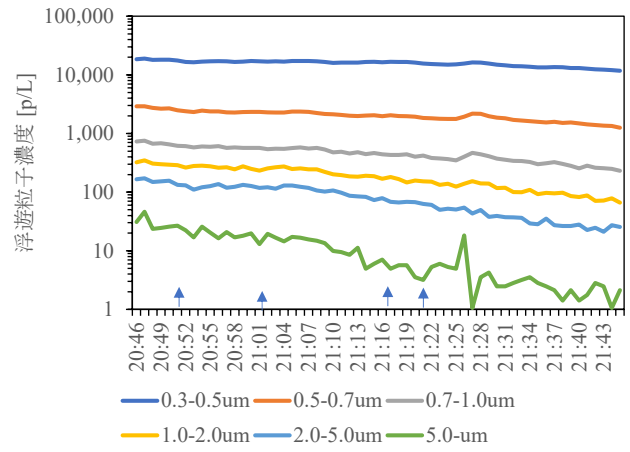
c. $\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

図9 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映3、後)

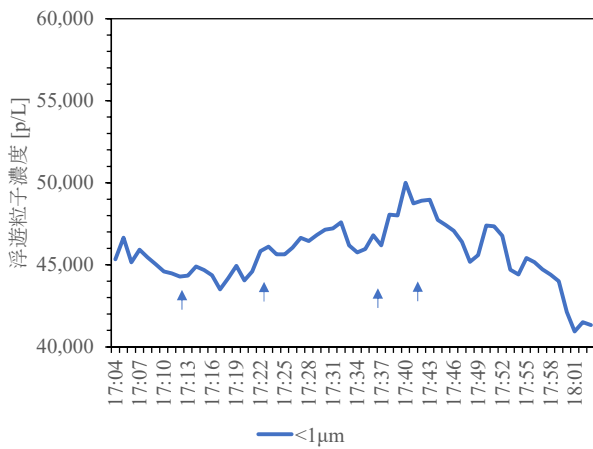
図10 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映4、前)



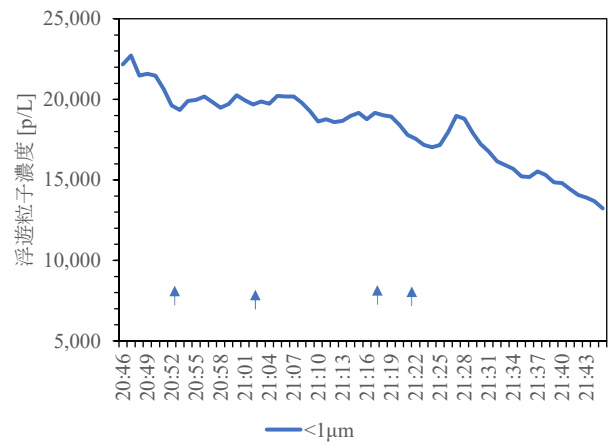
a. 粒径別浮遊粒子濃度



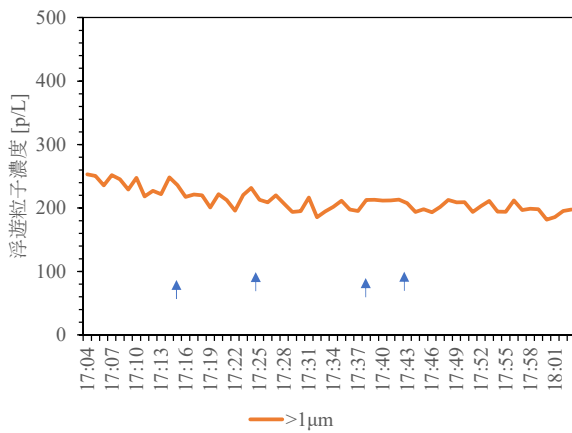
a. 粒径別浮遊粒子濃度



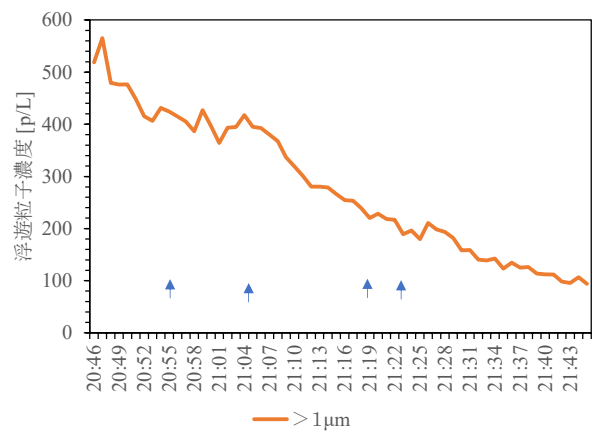
b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



b. $\leq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



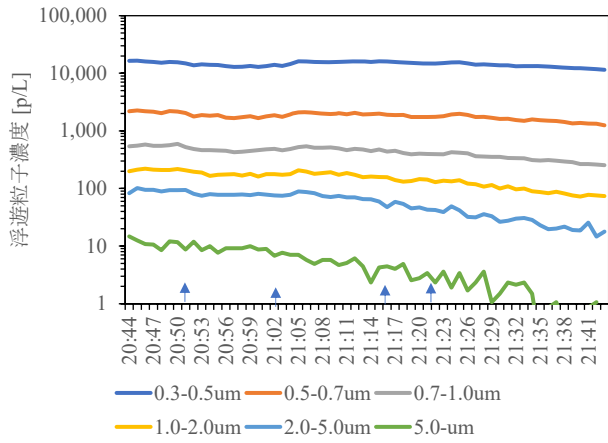
c. $\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



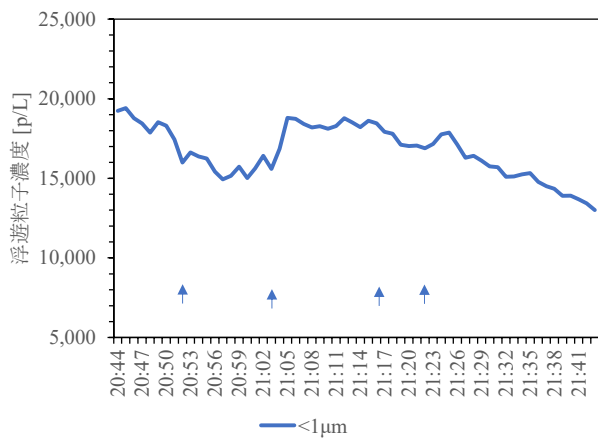
c. $\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

図 11 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 4、後)

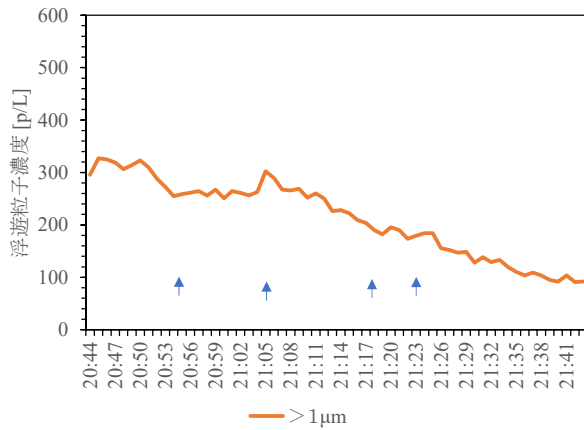
図 12 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 5、前)



a. 粒径別浮遊粒子濃度



b. $\le 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



c. $\ge 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

図 13 粒径別浮遊粒子濃度の経時変化
(上映 5、後)

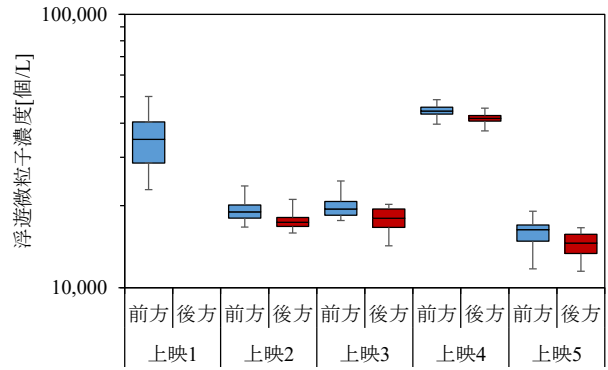


図 14 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(0.3~0.5 μm)

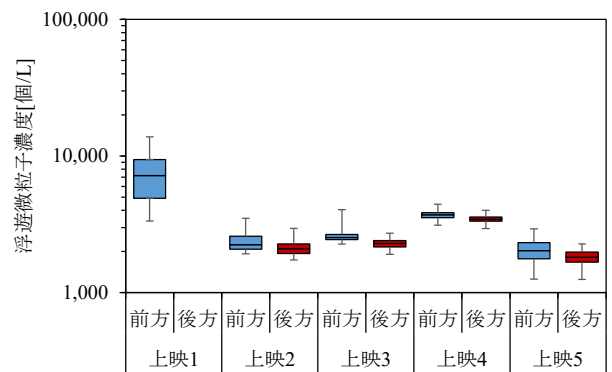


図 15 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(0.5~0.7 μm)

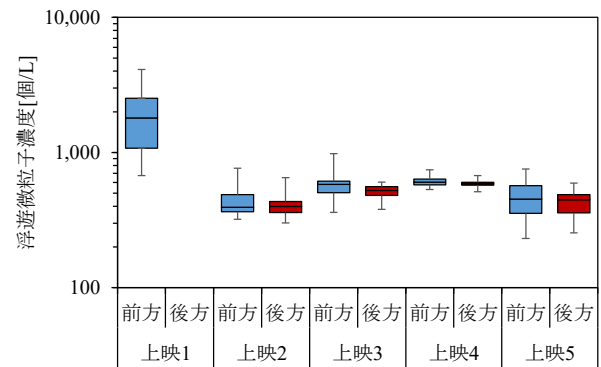


図 16 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(0.7~1.0 μm)

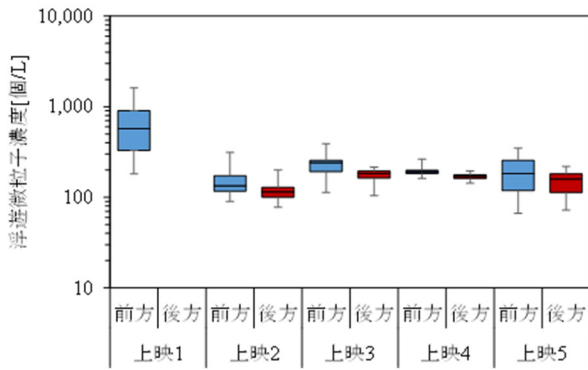


図 17 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(1.0~2.0μm)

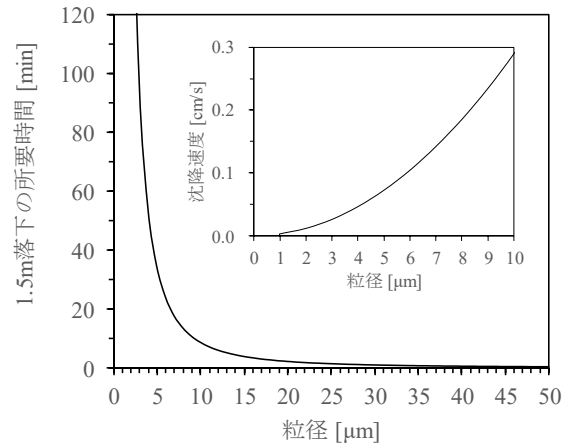


図 20 浮遊粒子の沈降特性

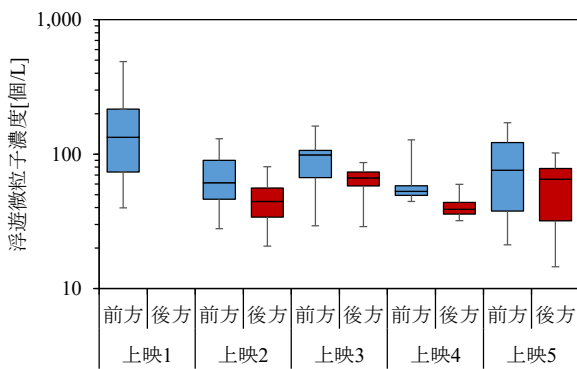


図 18 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(2.0~5.0μm)

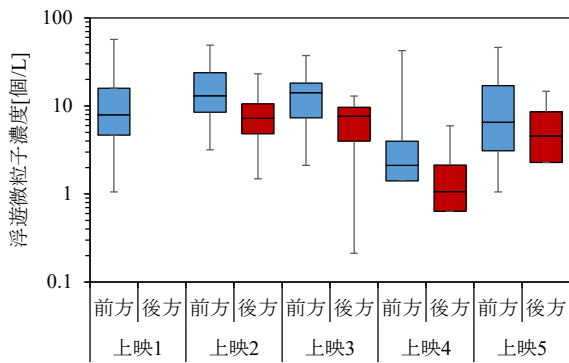


図 19 浮遊粒子濃度の四等分値比較
(5.0μm~)

興行場における衛生的な環境確保のための研究

加熱脱着 GCMS を用いた空気中の準揮発性有機化合物に関する捕集/分析方法の検討

研究分担者 戸次 加奈江 国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官

研究要旨

揮発性有機化合物（VOC）や準揮発性有機化合物（SVOC）などの室内汚染物質は、これまでアレルギーやシックハウス症候群などの要因として、空気やハウスダストを介した曝露の可能性が指摘されている。SVOC に関しては、ダスト等に吸着して分布するものが多く存在するものの、フタル酸エステル類やリン系難燃剤の中には空気を介し曝露される可能性も考えられる。しかしながら、他の成分と比べて空気中での濃度が低く、検出のためには長時間のサンプリングや早い流速（10 L/min etc.）でのサンプリングが必要となる。そこで本研究では、吸着材を充填した捕集管を用いたサンプリング方法と、加熱脱着—GCMS 装置を用いた分析法について検討することで、短時間での捕集及び分析の実施方法について検討することとした。

対象とした化合物は、フタル酸エステル類、リン系難燃剤、臭素系難燃剤、その他数種類の成分を含む 25 成分であり、これらを一定の温湿度条件下で自然拡散させた環境下で Tenax TA を充填した捕集管に空気捕集し（捕集時間：2 時間、8 時間、室温：25℃、35℃、湿度：50%、流速：100 ml/min）、サンプルを加熱脱着—GCMS 装置で分析し、各化合物を同定した。

その結果、対象とした 25 成分のうち、異なる条件下で捕集したサンプル全体を通して、16 成分が検出された。検出された成分は、濃度に差が見られたものの、温度条件及び流量に依存して濃度が高くなる傾向にあった。一方で、対象成分のうち臭素系難燃剤については、検出限界以下のものが多く見られたが、室温を高くしさらに捕集流量を増やすことで検出可能となる成分もあった。

本研究において、空気中の SVOC を中心とした測定方法を検討した結果、特に揮発性の低い成分においては、室内の温度や捕集流量が検出結果に大きく影響し、長時間捕集することで、検出可能となることが示唆された。今後は、こうした捕集条件も考慮し、実環境下での汚染実態を幅広く調べる必要性が考えられた。

A. 研究目的

近年、密閉化された室内における様々な化学物質による汚染と健康影響との関連が懸念されている。揮発性有機化合物（VOC）や準揮発性有機化合物（SVOC）などの室内汚染物質は、これまでアレルギーやシックハウス症候群などの要因として、空気やハウスダストを介した曝露の可能性が指摘されている。SVOC に関しては、ダスト等に吸着して分布するものが多く存在するものの、フタル

酸エステル類やリン系難燃剤の中には、比較的揮発性が高く空気を介した曝露の可能性も考えられる。また、ストックホルム条約（POPs 条約）において第一種指定有機化合物に指定される臭素系難燃剤は、これまでの報告からも空気中から検出されるものは極僅かであるが、有害性が高く健康への影響が懸念される。空気中の SVOC を対象とした測定方法については、これまで濾紙や吸着材を充填した個体捕集管を用いて空気採取したものを

溶媒抽出や加熱脱着により脱離させ、GCMSにより分析する方法が報告されている^{1) 2)}。そこで本研究では、これらの手法を参照し、室内濃度指針値が定められるフタル酸エステル類を初め、その他空気中での検出が報告される可塑剤・難燃剤成分を含む準揮発性有機化合物について、捕集及び分析法について検討することとした。

B. 研究方法

B1. 標準物質

実験室内において、SVOCが空気中へ放散する可能性を検討するため、表1に示すSVOC13成分標準混合試料（GLサイエンス）及び可塑剤・難燃剤を含む12成分の合計25種類の標準物質を用いた（Table1）。

B2. サンプルング及び分析方法

可塑剤及び難燃剤を含む数種類のSVOC標準物質を異なる温湿度条件下で自然拡散させ、流速100 ml/minで一定時間空気を捕集した（室温：25℃、30℃、湿度：50%）。これらのサンプルをTD—GCMS（TD-GCMS-QP2020 NX、島津製作所）で分析した（表2）。このとき、空気捕集にはコンディショニング済みのTenax-TA捕集管を用い、捕集流量は12Lまたは48Lとした。本研究で実施した成分分析は、株式会社島津製作所分析計測事業部、グローバルアプリケーション開発センターへ依頼し実施したものである。

C. 結果及び考察

C1. SVOCの同定

実験室内で自然拡散させた標準物質においては、揮発性の高い2E1H、DEP、Hexadecane、DBP、DEHP、DEHAが比較的高濃度検出される傾向が見られた。また、スキャンにより検出されたクロマトを同定したところ、標準試料に含まれる化合物以外にも25成分が検出され、これらにはNonane、Hexadecanoic acid, methyl esterなどの成分が含まれていた。

C2. 捕集条件の比較

温湿度の異なる条件下で捕集した各サンプルの分析結果を表3に示す。対象とした25成分のうち、9成分を除く全ての成分が、設定したいずれかの温湿度または捕集流量において検出された。DBA、PBBZ及びDBE-DBCHは、25℃条件下では検出されなかったものの、35℃条件下では微量ながらピークが確認された。さらに、BDE-3、DBA及びDBE-DBCHなど低濃度の成分については、捕集流量を12Lから48Lにすることでピーク面積が増加し、検出可能となることが確認された。

D. 結論

本研究において、空気中のSVOCを中心とした測定方法を検討した結果、特に揮発性の低い成分においては、室内の温度や捕集流量が検出結果に大きく影響し、長時間捕集することで、検出可能となることが示唆された。今後は、こうした捕集条件も考慮し、実環境下での汚染実態を幅広く調べる必要性が考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 竹内伸治. 室内空気中の可塑剤分析法の検討.
平成 27 年度厚生労働科学研究費補助金化学
物質リスク研究事業「室内環境における準揮
発性有機化合物の多経路曝露評価に関する研
究」分担研究報告書
- 2) 田原麻衣子. 室内空気中揮発性有機化合物
(VOC)・準揮発性有機化合物(SVOC)試験
法の開発. 平成 30 年度厚生労働行政推進調査
事業補助金化学物質リスク研究事業「室内空
気環境汚染化学物質の標準試験法の策定およ
びリスク低減化に関する研究」分担研究報告
書

表1 対象成分

Table1 対象成分

		化合物	略称	M.W.
SVOC13成分標準混合 試料	1	Dodecamethylcyclohexasiloxane		444
	2	Butyl hydroxy toluene		220
	3	n-Hexadecane		226
	4	n-Eicosane		282
	5	Di-n-butyl adipate	DBA	258
	6	Di(2-ethylhexyl)adipate	DEHA	371
	7	Di-ethyl phthalate	DEP	222
	8	Di-n-butyl phthalate	DBP	278
	9	Di(2-ethylhexyl)phthalate	DEHP	390
	10	Tri-n-butyl phosphate	TBP	266
	11	Tris(2-chloroethyl)phosphate	TCEP	285
	12	Triphenyl phosphate	TPP	326
	13	2-Ethyl-1-hexanol	2E1H	130
追加成分	14	Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate	TDCIPP	430
	15	Triphenyl phosphate	TPHP	326
	16	2,2,4-Trimethylpentane-1,3-diyl diisobutyrate	TXIB	286
BFR&NBFR	17	4-bromodiphenyl ether	BDE-3	249
	18	2,4-dibromodiphenyl ether	BDE-7	328
	19	4,4'-dibromodiphenyl ether	BDE-15	328
	20	2,4,4'-tribromodiphenyl ether	BDE-28	406
	21	2,2',4-tribromodiphenyl ether	BDE-17	406
	22	2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether	BDE-99	564
	23	1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromethyl)cyclohexan	DBE-DBCH	427
	24	Pentabromobenzene	PBBZ	472
	25	2-ethyl-hexyl tetrabromobenzoate	EH-TBB	549

表 2 分析条件

TD 部	チューブ加熱温度	250℃
	チューブデソープ流量	60mL/min
	チューブデソープ時間	10 min
	トラップ冷却温度	10℃
	トラップ加熱温度	250℃
	トラップデソープ時間	5 min
	ドライバージ	なし
	捕集管	TENAX-TA
	トラップ管	TENAX-TA (PN S225-23328-41)
	バルブ保温温度	250℃
	トランスファライン温度	250℃
	ジョイント温度	250℃
	内部標準	-----
チューブ待機温度	35℃	
トラップ待機温度	35℃	
GC 部	使用カラム	Ultra Alloy-PBDE 長さ 15m 内径 0.25mm 液相膜厚 0.05μm
	カラム温度	50℃(3 min)→20℃/min→300℃(3 min)
	キャリアガス	He
	キャリアガス制御	圧力一定
	入口圧	50 kpa
	注入方法	スプリット法
	スプリット比	10
MS 部	イオン源温度	230℃
	インターフェース温度	300℃
	測定モード	FAAST(スキャン,SIM 同時測定)
	走査範囲及びモニタイオン	m/z 50-1000 モニタイオンは Insight レポートを参照ください
	イベント時間	スキャン : 0.15sec,SIM:0.15sec
	イオン化法	電子イオン化 (EI)
エミッション電流	60 μ A(標準モード)	

表 3 分析結果(ピーク面積)

ID	化合物名	STD	BL1	BL2	25°C_12L		25°C_48L		25°C_12L		25°C_48L	
1	2-Ethyl-1-hexanol	327858	8752	9062	700267	1180956	2978107	2568302	1692764	1009232	3759880	4069831
2	Dodecamethylcyclohexasiloxane	347564	-	-	136530	229410	451305	404707	441010	288145	844467	953882
3	Butyl hydroxy toluene	346640	-	-	2313	6302	10957	11674	31277	22833	83862	115761
4	Diethyl Phthalate	441553	1547	5277	6324	9428	28438	22584	33788	24013	95892	120460
5	2,2,4-Trimethylpentane-1,3-diyl diisobutyrate	693134	841	485	526575	868992	2198535	1924359	1911506	1138671	4284752	4666404
6	n-Hexadecane	464415	1676	918	24921	41397	115980	97255	121469	78258	307489	364211
7	Tri-n-butyl phosphate	114416	-	-	869	1779	5033	4895	7052	4510	24047	30115
8	4-bromodiphenyl ether	30149	-	-	-	-	-	-	-	-	1468	1993
9	Tris(2-chloroethyl)phosphate	84755	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Di-n-butyl adipate	225314	-	-	-	-	-	-	1620	1474	6372	10025
11	2,4-dibromodiphenyl ether	46729	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromethyl) cyclohexan	462954	-	-	-	-	-	-	1037	710	2516	3425
13	Di-n-butyl phthalate	824141	17305	15940	117886	189206	398467	369054	539072	325438	1215155	1289902
14	4,4'-dibromodiphenyl ether	42595	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	1,2-Dibrom-4-(1,2-dibromethyl) cyclohexan	91830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Pentabromobenzene	62098	-	-	-	-	-	-	110	54	160	179
17	n-Eicosane	458706	3006	573	8147	13790	37154	33559	56927	32589	135108	137332
18	2,4,4'-tribromodiphenyl ether	15840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	2,2',4'-tribromodiphenyl ether	16597	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Tris (1,3-dichloroisopropyl) phosphate	93310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Triphenyl phosphate	2315105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Di (2-ethylhexyl) adipate	349122	-	-	4135	10001	28309	27497	53703	32305	140053	164013
23	Di (2-ethylhexyl) phthalate	468075	23888	12926	83344	151557	208958	182490	388824	248938	899664	1047815
24	2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether	8079	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	2-Ethylhexyl tetrabromobenzoate	1757162	2281	297	3086	4005	1024	1093	2600	5613	1824	1739

表 4 定性分析の結果

ピーク#	保持時間	ピーク開始	ピーク終了	面積	ピークテーブル TIC 化合物
1	1.162	1.005	1.305	103200763	Nonane
2	2.031	1.915	2.215	9079209	1-Hexanol, 2-ethyl-
3	3.994	3.945	4.090	1165254	2,5-Dihydroxybenzaldehyde, 2TMS derivative
4	4.336	4.305	4.435	1690929	Benzothiazole
5	4.505	4.470	4.540	488984	1,3-Dioxolane, 4-ethyl-5-octyl-2,2-bis(trifluoromethyl)-, trans-
6	4.572	4.540	4.620	2566428	Cyclopentasiloxane, decamethyl-
7	4.726	4.620	4.785	1688171	Dodecane
8	4.893	4.845	4.930	528657	Eicosane, 3-methyl-
9	5.261	5.230	5.295	680569	Heneicosane, 3-methyl-
10	5.365	5.295	5.390	1093408	Dodecane, 2-methyl-
11	5.412	5.390	5.480	1568189	Undecane, 2-methyl-
12	5.505	5.480	5.560	2000804	1-Nonadecanol, TMS derivative
13	5.668	5.615	5.700	3952145	Tridecane
14	5.808	5.765	5.840	541072	2-Nonanol, 2-methylpropionate
15	5.972	5.950	6.015	427667	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester
16	6.095	6.015	6.115	1139706	2,4-Dimethylpentanoic acid
17	6.141	6.115	6.190	3490822	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-
18	6.313	6.290	6.335	1065714	Dodecanal
19	6.364	6.335	6.395	4642897	Nonanoic acid, 9-oxo-, methyl ester
20	6.425	6.395	6.480	1697103	Tetradecane
21	6.615	6.590	6.655	910274	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-
22	6.695	6.655	6.725	620141	4-[(Z)-1-Hydroxy-2-(4-nitrophenyl)ethenyl]benzene-1,3-diol, 3 TMS derivative
23	6.749	6.725	6.765	1045742	2,6-Di-tert-butyl-4-hydroxy-4-methylcyclohexa-2,5-dien-1-one
24	6.789	6.765	6.840	4121562	Methyl 10-oxo-8-decenoate
25	7.086	7.060	7.115	451338	Hexadecane
26	7.309	7.280	7.335	1957382	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-
27	7.530	7.495	7.570	7277198	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate
28	7.628	7.570	7.650	446056	Tetradecanal
29	7.700	7.650	7.745	1029797	Hexadecane
30	7.796	7.755	7.820	470940	Benzene, (1-butylhexadecyl)-
31	8.001	7.980	8.020	469177	7-Hexadecenal, (Z)-
32	8.040	8.020	8.100	1165000	1-Tetradecanol
33	8.128	8.100	8.145	437913	Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester
34	8.217	8.145	8.250	964045	Heptyl triacontyl ether
35	8.275	8.250	8.295	763160	Heptadecane
36	8.321	8.295	8.390	4411504	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-
37	8.420	8.390	8.460	437888	Benzene, (1-butylhexadecyl)-
38	8.572	8.550	8.615	630711	Butyric acid, 2-phenyl-, dec-2-yl ester
39	8.728	8.705	8.765	644557	5,6,11,12-Tetrahydrodibenz(b,f)azocine
40	8.819	8.765	8.845	1172996	Hexadecane
41	8.890	8.845	8.935	748575	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-
42	9.137	9.095	9.170	1392036	1-Hexadecanol
43	9.197	9.170	9.250	2385100	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-
44	9.399	9.250	9.445	25016450	Hexadecanoic acid, methyl ester
45	9.832	9.795	9.870	396707	Heneicosane
46	9.984	9.955	10.015	1299125	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-
47	10.192	10.165	10.235	936620	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
48	11.065	11.035	11.115	1378693	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,5-diphenyl-
49	11.474	11.435	11.520	510760	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester
50	11.998	11.950	12.060	2553662	Bis(2-ethylhexyl) phthalate
				208753600	

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

興行場における衛生的な環境確保のための研究
COVID-19 の影響を踏まえた興行場の換気対策

研究分担者 林 基哉 北海道大学 大学院工学研究院 教授

研究要旨

興行場の室内空気環境の特徴を踏まえて、浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理、興行場における浮遊飛沫感染リスクの分析を行った。

新型コロナウイルスについては、これまでの感染事例から、室内空気中の浮遊飛沫（エアロゾル）による感染の可能性が指摘され、換気対策の必要性が指摘された。国内外で、浮遊飛沫（エアロゾル）感染の対策が講じられたが、換気性状と感染リスクの関係は定量的に把握することが出来ていない。二酸化炭素濃度は、換気量に左右されるため、空気中の浮遊飛沫の濃度と関係する。温湿度は、インフルエンザに関する研究によって、ウイルスの不活化速度に影響するとされている。絶対湿度が高い場合と低い場合に、不活化速度が低下するとされている。新型コロナウイルスについては、空気中の浮遊飛沫及びウイルスに関する研究が行われているが、その機序に関する結論が得られていない。建築物の室内空気環境に関する既往の調査結果によると、二酸化炭素の濃度が 2000 年以降高くなっていく傾向があり、浮遊飛沫（エアロゾル）感染対策の観点で、好ましくない。冬期の相対湿度が顕著に低くなっている傾向があり、インフルエンザウイルスの感染防止の観点では、好ましくない。

浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスクは、建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクなどの感染対策など、多数の要因の影響を受ける。また、感染者の行為や症状、被感染者の行為、滞在時間などによって、被感染者が吸引するウイルス量が変わる。換気量が少なく、行為の代謝量が多い場合に感染リスクが高くなる。興行場では、施設用途によってさまざまな行為があり、感染リスクには大きな幅がある。興行場においては、用途に応じた換気対策が必要であると考えられる。

A. 研究目的

2019 年 11 月に中国武漢市で「原因不明のウイルス性肺炎」が確認され、2020 年 3 月 11 日に WHO はパンデミック相当との認識を示した。我が国では、2 月 3 日に横浜港に寄港したクルーズ船で多数の感染者が確認され、その後、屋形船、スポーツジム、病院など様々な場所でクラスター感染が発生した。厚生労働省は、2 月 25 日に「クラスター対策班」を設置し、3 月 1 日にクラスター感染に共通する条件として「換気が悪く、人が密に集まって過ごすような空間、不特定多数の人が

接触する恐れが高い場所」を挙げ、換気対策の必要性を世界に先駆けて示した¹⁾。6 月 17 日に「熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について」²⁾を示し、11 月 27 日に「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法」³⁾を示し、必要換気量を満たしているかを確認する方法として、室内の二酸化炭素濃度の測定を挙げた。

1970 年に制定された「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）」では、室内の二酸化炭素（CO₂）濃度基準値が 1000ppm と

されており、特定建築物においては室内濃度の定期測定が行われ、その適合に向けて自治体が監視指導を行っている⁴⁾。CO₂濃度の基準はCO₂自体の人体影響によって定められているものではない。CO₂と共に発生する様々な空気汚染物質の人体影響を踏まえて、室内の空気環境を総合的に維持するための指標として定められている。従って、換気量を確保しこの基準値を持たすことで、新型コロナウイルスの感染をどの程度まで抑制できるかは明らかになっておらず、今後の調査研究が必要となっている。また、建築用途によって、COVID-19の感染リスクが異なると考えられるが、これまで建築用途を考慮した対策に関する研究は少ない。

本研究では、興行場の室内空気環境の特徴を踏まえて、適切な換気対策を実施することを目標に、以下の研究を行う。

A1. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

本報告では、室内空間中の飛沫の挙動と感染、室内環境とエアロゾル感染の関係、国内外の対策の動向に関するエビデンスを整理する。

A2. 興行場における浮遊飛沫感染リスクの分析

A1.に基づいて、浮遊飛沫感染機序を想定した上で、興行場内でも行為を設定して、COVID-19の感染リスクを想定する手法を策定する。さらに、室内空気環境の指標であるCO₂濃度と感染リスクの関係に関する試算を行う。

B. 研究方法

B1. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

COVID-19に与える、室内環境の影響に関する国内外の文献、厚生労働省「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究」等、国土交通省「ポスト COVID-19における空調・換気・通風計画のあり方検討委員会」等、日本建築衛生管理教育センター「新型コロナウイルス対策検討委員会」による調査研究による知見、国

内学会（日本公衆衛生学会、日本建築学会、空気調和・衛生工学会、臨床環境医学会等）、海外の調査研究（世界保健機関 WHO、米国疾病予防センターCDC、欧州空調・換気設備学協会 REHVA 等）の見解を収集し整理した。

以上の知見に基づいて、換気と湿度の関係性、エネルギー消費等の関連要因を踏まえた考察を行い、COVID-19をはじめ従来のインフルエンザ等の感染症対策のための室内湿度基準の考え方について検討した。最後に、建築物衛生法の空気環境基準に基づく換気空調設備の設計や維持管理における新興・再興感染症への対応のために必要となる研究課題を抽出した。

B2. 興行場における浮遊飛沫感染リスクの分析

室内環境中の感染対策の基本である換気及び空気清浄による浮遊飛沫濃度の抑制に注目した分析例を以下に紹介する。図1に、建築設備・維持管理と空間拡散感染の関係を示したフローを示す。建築設備の設計・施工、維持管理の状況が、換気量、捕集効率、室内温湿度に影響し、さらにはウイルスの減少率に影響する。温湿度の影響は、ウイルスの感染力低下（不活化）の速度に影響すると考えられるが、その程度は研究の過渡にあり定量的な評価はできない。市中感染の状況、在室密度や行為などの建物利用の状況等が、室内空間中の感染者数に影響する。また、感染者の症状やマスク利用によって、ウイルスの放出量が増加する。ウイルスの減少率と放出量から、室内濃度を求めることが出来る。被感染者が吸引するウイルスの量は、この室内濃度とマスクの利用によって算出される。そして、感染の有無については、被感染者の体調等の感染しやすさ（被感染性）の影響を受けると考えられる。このフローを用いて、被感染者数を算出するためには、様々な関係性に関する定量化が必要であり、条件及び関係性を仮定すればウイルス吸引量を算出することは可能である。ここでは、空間拡散感染に関する状況が

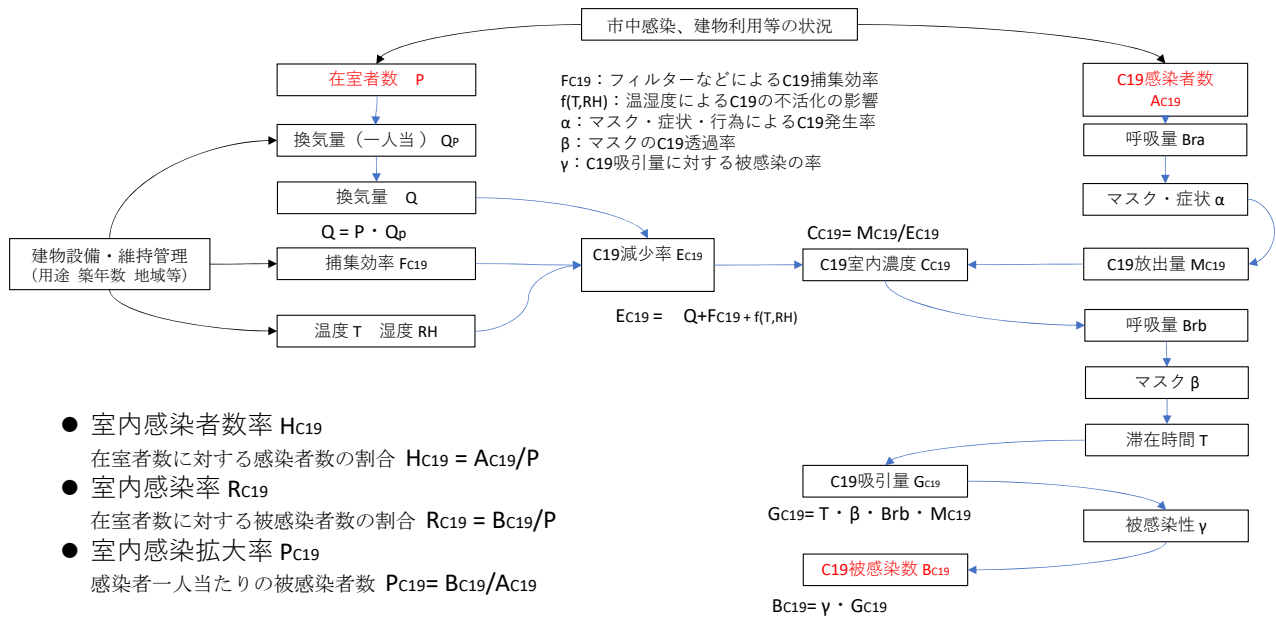


図1 建築設備の設計施工・維持管理と空間拡散感染の関係

ある程度明らかになっている広州のレストランの事例を基準に、作業レベルや室用途によってウイルス吸引量がどのように変化するか試算した結果を紹介する。この試算ではウイルス量をRNA数で表現する。インフルエンザウイルスは8つのRNAを持っており、コロナウイルスは1つのRNAを持っている。従って、新型コロナウイルスの場合、RNA数はウイルス数と一致する。

室内のCO₂濃度は、CO₂発生量と換気量から算出することが出来る。ただし、これらが変化する場合には濃度も変化することになるが、空間の大きさによってその変化の速度が異なる。従来、空間内瞬時一様拡散を仮定すれば、ザイデル式等によって濃度計算が可能である。発生量及び換気量に変化がないと、時間経過とともに換気によるCO₂の出入りが均衡して安定濃度に近づくことになる。人体からのCO₂の発生量は、活動レベルによって変化する。従って、室内での発生量は、在室人数や室用途によって異なる。室内燃焼がない場合や、厨房のレンジフード等によって燃焼ガスが発生場所から速やかに排出される場合には、室内でのCO₂発生源は人体のみであると考えら

れる。また、CO₂量は換気によって削減されるが、空気清浄機によって削減されることはない。

CO₂の発生量は、在室者数と活動レベルの影響下にあるのに対して、RNA発生量は、感染者数と活動レベルの影響下にあると考えられる。なお、活動量は呼吸量に関係し、さらにRNA発生量に関係すると考えられる。一般に大きい室では、在室人数が多いことが想定され、設計換気量が大きくなっている。しかし、感染者数は感染状況や建築用途によって異なると考えられる。具体的には、クラスター感染の場合には、初期の感染者数は少ないが、時間経過とともに多くなりRNA発生量が多くなることになる。

C. 研究結果

C1. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

C1.1. 浮遊飛沫 (エアロゾル) 感染の機序

室内環境中でのウイルス感染の経路は、図2に示すように多様である。新型コロナウイルスの感染者からのウイルス発生量には、オーダーレベルのばらつきがあり、人体に侵入した後の感染の機序に不明な点が多い。従って、空調換気性状と感染の関係を定量的に評価することは非常に難しい。

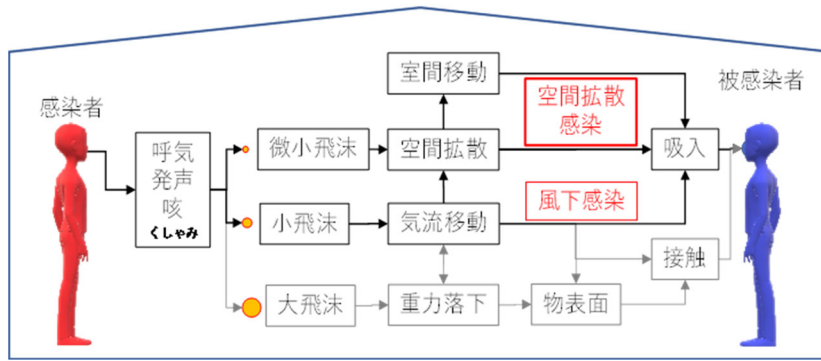


図 2 室内環境中の飛沫の挙動と感染経路

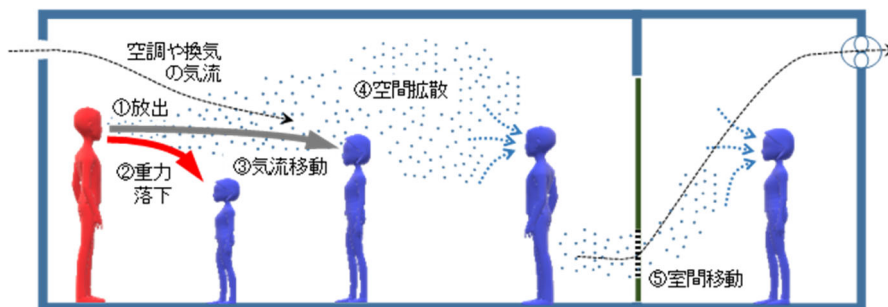


図 3 室内空気中の飛沫の挙動

図 3 に示すように、室内空気中のウイルスを含む飛沫(エアロゾル)は多様な挙動を示す。飛沫の粒径は、 $0.3\mu\text{m}$ 程度からその 1000 倍程度まで幅があると考えられる。大きな飛沫は重力落下するが、微小飛沫は、空気中に浮遊し続ける。また、微小飛沫の水分蒸発は速く、より軽くなり、より浮遊しやすくなる。また、空調換気等による室内気流の影響も受ける。このような状況を踏まえ、気流移動による風下での感染「風下感染」と空間拡散飛沫による感染「空間拡散感染」と仮に表現した。室内では「風下感染」と「空間拡散感染」が同時に発生していると考えられる。室内気流に変化がなく、人の位置関係が一定であると「風下感染」のリスクが高まり、換気量が少ないと空間内の浮遊飛沫濃度が高くなり「空間拡散感染」のリスクが高まる。さらに、高濃度の室から室間移動し他室の感染リスクを高めると考えられる。

空間拡散感染の対策として、換気による浮遊飛沫の排出、空気清浄機等による浮遊飛沫の捕集が

挙げられる。これらは、室内の浮遊飛沫濃度を低減し被感染者へのウイルス到達を抑制する方法である。いずれの場合も、感染者の近傍での排出と補修が効果的であるが、室内空間内での感染者の位置を特定することは難しいため、空間内の平均濃度を下げることが対策の基本である⁵⁾⁻¹⁷⁾。

日本における新型コロナウイルスの感染拡大の初期には、感染対策に必要な情報が不足し、温湿度の影響については、インフルエンザなどのそれ以前のウイルス感染に関する知見を参考にする必要があった。インフルエンザウイルス感染者から放出されるウイルス量は感染者によってオーダーレベルの差がある⁸⁾。また、インフルエンザウイルスに対しても、ウイルスを含む飛沫が人体に侵入した後の挙動や感染に関する機序には不明な点が多い。感染者から放出される飛沫の挙動は粒径によって異なるが、その挙動の違いがどれほど感染に影響するのか、という最も重要な点についても明らかになっていない。感染者の隔離施設につい

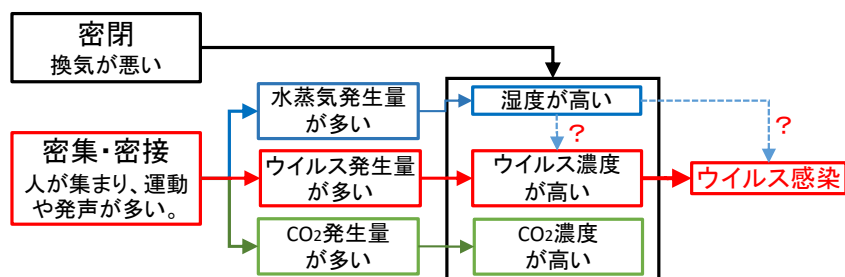


図4 クラスタ感染空間の室内空気環境の特性

ては、空気感染を防ぐための換気等の基準^{9)・16)}があったが、この基準を満たす建築物は極めて少なく、感染予防の条件とすること不可能であった。初期にクラスタ感染が発生した屋形船、レストラン、スポーツジムの室内環境の特徴として、人の密度が高いことに加え、換気が悪く、鍋料理や運動による水蒸気発生が多いことが挙げられた(図4)。人が多く運動や発声が多いと水蒸気発生量が多くなり湿度が高くなる。換気量が少なく水蒸気排出量が少なく湿度が高くなる。ウイルスや二酸化炭素(CO₂)も同様に発生量が多くなり、換気量が少ないと濃度が高くなる。従って、湿度やCO₂濃度が高い室内環境は、ウイルス濃度が高くなる特性を持つ。また、被感染者が運動や発声などで呼吸量が多くなると、ウイルスの吸引量が多くなり、感染リスクが高まると考えられる。

湿度がインフルエンザウイルスの感染に与える機構は明らかになっていない¹⁸⁾。インフルエンザウイルスに関する実験では、湿度が低いと空気中のウイルスの生存時間(感染力の持続時間)が長くなる。また、湿度が高い場合も生存時間が長くなる。気道粘膜の維持のために低湿度を避ける必要があるが、ウイルスの生存時間の点では高湿度も避ける必要があることを示唆している。クラスタ感染が発生した空間では、ウイルス濃度が高いことに加え湿度が高いことによって感染リスクが2重に高められた可能性が否定できなかった。

C1.2. 室内空気環境とウイルス感染

これまでに、温湿度とインフルエンザウイルス

の気中生存率に関する実験、室内空間での挙動や気中濃度の予測が試みられている。J.H.Hemmes他は、気中ウイルスの死滅率の変化を測定し、温湿度の影響を調べ、インフルエンザウイルスの死滅速度は、相対湿度15-40%の場合に対して、50~90%では顕著に速いことを示した¹⁹⁾。また、G.J.Harperは、気中ウイルスの生存時間を測定し、相対湿度が34~36%の場合より50~51%の場合の方が顕著に短いことを示した²⁰⁾。この結果を受け、Jeffrey Sharman他は、絶対湿度の重要性を指摘し²¹⁾、倉渕他は絶対湿度と生存率の関係性を整理して大略的に絶対湿度倍増で生存率が1/10になるとした²²⁾。F.L.Schaffer他は、インフルエンザウイルスは、50~80%RHで非常に不安定であることを示し²³⁾、Anice C.他は、動物曝露実験で20℃の条件では低湿と高湿の場合に感染伝搬力が高いことを示した²⁴⁾。

1970年に施行された建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準では、相対湿度の範囲を40~70%としている。相対湿度の下限値の検討においては、インフルエンザウイルスの感染抑制が要因として挙げられている。冬期の相対湿度維持に必要なエネルギー消費、設備容量などの観点も配慮され、インフルエンザウイルス感染抑制に必要な最低限の相対湿度が設定されたと考えられる²⁵⁾。「ビルディングの環境衛生基準に関する研究」(小林陽太郎他)では、基準値の概念としては、理想値、目標値、推奨値、許容最低限度といった各段階があることを示し、相対湿度については単独に設定する意味は少ないとしつつ、推奨値を55~70%とし

表 1 飛沫の水分蒸発と粒径変化^{34),35),36)}

Evaporation time T_e (sec)	Initial diameter r_0 (μm)	Decrease rate dr/dt ($\mu\text{m}/\text{sec}$)	Reference
0.001	1	17.20	1)
0.08	10	5.64	1)
0.8	20	4.03	2)
1.3	40	2.88	1)
2	50	2.59	3)
24	200	1.32	3)

1) W. C. Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*, John Wiley & Sons (1982).
 2) Morawska L et al.: Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*. 40, 256–269. (2009)
 3) Xie X et al.: How far droplets can move in indoor environments – revisiting the Wells evaporation–falling curve. *Indoor air*. 17: 211–225. (2007)

許容限度の例として 35～70%を示した²⁶⁾。2003 年の建築物衛生法関連政省令改正に先んじた 2002 年 7 月の建築物衛生管理検討会（吉澤晋他）においては、「現時点では、主としてインフルエンザウイルス生存時間の観点から基準値を引下げを合理化する科学的知見は得られていないので、基準値を改訂するには至らない。温湿度条件とインフルエンザウイルスの生存時間の関係についての再現試験が行われており、この結果が得られ次第、相対湿度の基準値を再検討することが適当である」とされた²⁵⁾。

2017～2019 年に行われた厚生労働科学研究「建てる。温湿度がエアロゾル中のウイルスによる感染に与える影響は、エアロゾルの空気中の挙動への影響、物体に付着したエアロゾルへの影響、人体内における挙動及び感染への影響等が考えられる。

エアロゾルの空気中の挙動については、咳等によるエアロゾルの挙動の再現実験や気流解析等が行われている。既往の研究では、空気中のエアロゾル中の水分蒸発による粒径の縮小によってエアロゾルの到達距離が長くなることが示されている²⁸⁾。従って、粒径が小さく質量が小さいエアロゾルは、より長く空気中を浮遊することになる²⁹⁾。室内空気中のエアロゾル中のウイルスの活性は、相対湿度が 70%の時に高くなることが報告されている³⁰⁾。一方、人工唾液を用いたエアロゾル中のウイルスの活性は、相対湿度が 68～88%の場合よ

建築物衛生管理基準の検証に関する研究²⁷⁾では、湿度基準の検証のために、湿度がインフルエンザウイルスの感染に与える影響に関するエビデンス収集と検討が行われた。低温、乾燥状態ではインフルエンザウイルスの感染リスクが増大することが疫学研究で報告され、感染リスクは絶対湿度の低下率と強く関係していることが示唆された。また、鳥インフルエンザウイルスの不活性化実験では、絶対湿度が大きく関係している。以上から、相対湿度の下限値を 40%より低くする妥当性は現時点ではないとされた。

新型コロナウイルスに関する研究は、途上よりも 40～60%の場合の方が高いとする報告がある³¹⁾。

物体に付着したエアロゾルへの影響については、温度が 24～35℃、相対湿度が 20～80%の範囲で実験が行われ、相対湿度が高いとウイルスの活性が低下すること示されている³²⁾。

人体内における挙動及び感染への影響については、低温低湿の環境によって人体のウイルス感染防御機能が低下することが従来知られている^{33,34)}。

温湿度がエアロゾル中のウイルスに与える影響については不明な点が多い。インフルエンザウイルスに関する研究においても、感染力を測定したエアロゾルの粒径分布、時間経過とともに生じる物理的変化が十分に把握されていない。また、実際の環境中でのエアロゾルの挙動、物理的変化

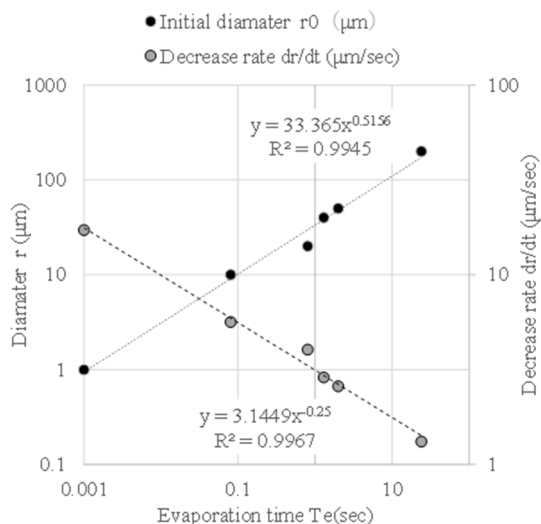


図5 飛沫の粒径と蒸発時間(表1をグラフ化)

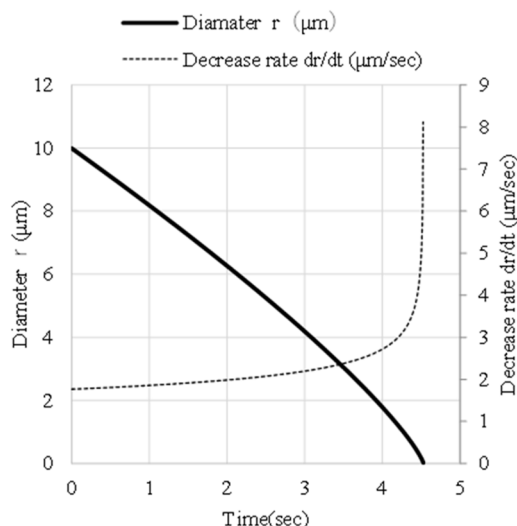


図6 飛沫粒径の変化(初期粒径 10μm)

を踏まえた、感染力の把握を行う必要がある。現在、実環境中のエアロゾルの物理的変化に関する研究、BSL3施設におけるチャンパー内のエアロゾルの感染力の実験が行われている。このような実験結果を検証し、実環境における温湿度の影響を早急に解明することが望まれる。

室内空気環境が、エアロゾルの粒径変化や空気中挙動に与える影響については、物理学的研究が従来行われている。前述の通り、人体から放出される飛沫の粒径には一定の巾があるため、粒径ごとの挙動に留意する必要がある。室内空気中では飛沫中の水分が蒸発し粒径が減少することが知られている。表1に、飛沫の水分蒸発の粒径変化を示し、図5には同表をグラフで示したものを示す。粒径が小さいほど粒径変化速度が大きくなることを示している。図6には、粒径変化速度(dr/dt)の近似式を用いて、初期粒径 10μm の場合の粒径変化を試算した結果を示す。実際には、室内空気の温湿度によって最終粒径が決まると考えられるが、この試算結果は 10μm の飛沫は 5秒以内に最終粒径になることを示している。最終粒径については、相対湿度 50%以下では元の飛沫の大きさの 40%程度、相対湿度 90%では元の飛沫の大きさの 50%程度になるとされている

37)。飛沫中の水分の率については、症状や人体内の発生場所などによって異なると考えられるため、今後の研究と新たな知見が望まれる。粒径によって、落下速度が異なると共に、浮遊性状にも影響することが知られている。図7は、温湿度が浮遊飛沫数の変化に与える影響に関する実験³⁸⁾のである。本実験では、不活化した新型コロナウイルスの懸濁液をステンレス製のチャンパー内に噴霧した後の浮遊飛沫(エアロゾル)数の推移を、パーティクルカウンター(KANOMAX Model3889)で測定した。浮遊飛沫(エアロゾル)数は、粒径によって異なる推移を示した。粒径 0.5μm 以上の数は概ね初期より減少するが、粒径 0.3μm 以下の数は約 3.5 時間(210分)にわたって次第に増加した後に緩やかに減少した。この現象の原因には、A:飛沫からの水分蒸発による粒径の減少、B:飛沫の分裂による粒径の減少、C:重力沈降や静電気による表面への吸着などが考えられる。なお、この実験では静電気防止スプレーによって静電気の影響を抑えている。また、予備実験でチャンパー内に表面結露が発生した場合に急激に浮遊飛沫(エアロゾル)数が減少したことから、表面結露が発生しないようにチャンパー天井部の温度低下を抑えるために保冷剤下部を断熱した。

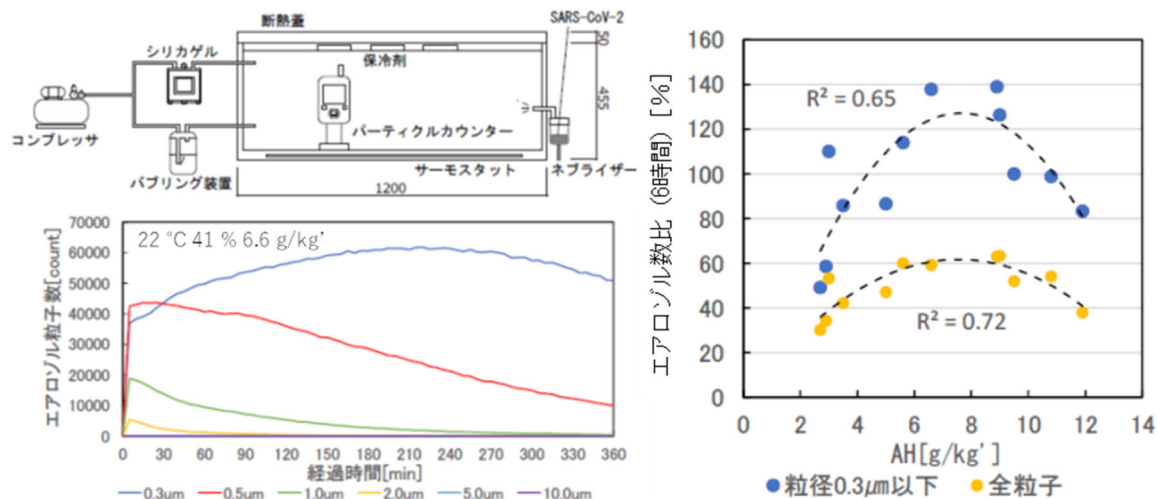


図 7 温湿度が浮遊飛沫数に与える影響に関するチャンバー実験³⁸⁾

同図右に、初期の飛沫数に対する 6 時間（360 分）後に浮遊している飛沫数の比（エアロゾル数比）を示す。エアロゾル数比は、絶対湿度 AH（温度及び相対湿度）の影響を受けることが示された。温度 20℃ の場合、相対湿度が 40～70RH% のエアロゾル数比が大きくなることとなった。絶対湿度 AH が低い場合には 0.3μm の比率が小さく、絶対湿度 AH が高い場合には 0.3μm の比率が比較的に大きい。このような絶対湿度の影響に関する仮説としては、絶対湿度 AH が低いことによって、静電気による吸着効果が顕著となって特に粒径が小さい浮遊飛沫（エアロゾル）の数が減少した。また、絶対湿度 AH が高いことによって、浮遊飛沫からの水分蒸発による粒径減少や分裂が抑制されること、部分的な表面の濡れによって吸着が促進されたことによって、浮遊飛沫（エアロゾル）数が減少したことが考えられた。本実験は、小型のチャンバー（約 0.2 m³）を用いて行われたため、実際の室内空間での挙動と異なる可能性があるが、温湿度が浮遊飛沫（エアロゾル）の挙動に影響することを示した。また、温湿度と感染力との関係については、今後の実験の成果が望まれる。

建築空間内での浮遊飛沫の挙動に関する測定例は少ない。冬期暖房時（室内温度 21℃、室内相対湿度 13%）に、教室内でネブライザーから浮遊飛

沫を放出し、換気扇、空気清浄機の効果を測定した例³⁹⁾を以下に示す。本実験は、発生後のエアロゾル数の変化の状況が、新型コロナウイルスの懸濁液の場合と比較的近い、経口補水液（OS-1）を用いて実施された。図 8 に、放出開始後の浮遊飛沫数をパーティクルカウンター（KANOMAX Model3889）で測定した全粒径合計値を示す。同図右上のグラフは換気扇を停止した場合の結果であるが、浮遊飛沫（エアロゾル）は 5 分程度で空間内に拡散し、その数は少なくとも 60 分間にわたって全く減少しなかった。同図右下に、換気扇を運転した場合を示すが、発生終了後に浮遊飛沫数は減少し、外気濃度に近づく変化を示した。空気清浄機を運転した場合も、同様の減少がみられた。この実験では、冬期暖房時の低湿度環境においては、浮遊飛沫は空気と同様の挙動を示し、換気量及び空気清浄機の相当換気量に対応した濃度減少が生じることが確認された。

図 9 に、教室で換気扇を停止した状態での浮遊飛沫（エアロゾル）数の粒径ごとの推移を示す。合計値（0.3μm、0.5μm、1.0μm）は、60 分間にわたり大きな変化はないが、0.3μm は増加するとともに、0.5μm と 1.0μm は減少した。前述の浮遊飛沫（エアロゾル）中の水分蒸発による秒単位の粒径変化に比べると、本実験の変化が大幅に遅いこと

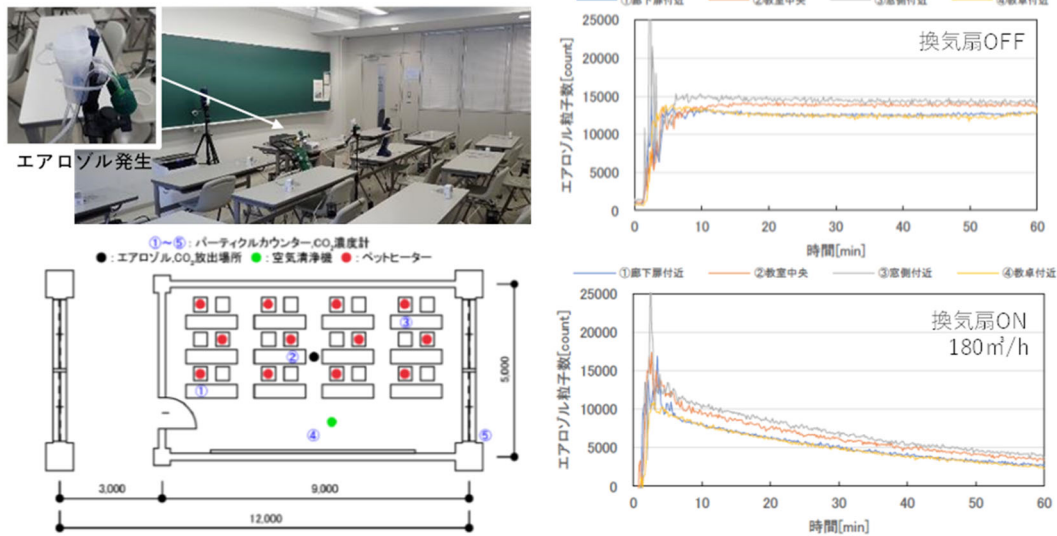


図8 換気及び空気清浄機を用いた教室の浮遊飛沫数に関する実験³⁹⁾

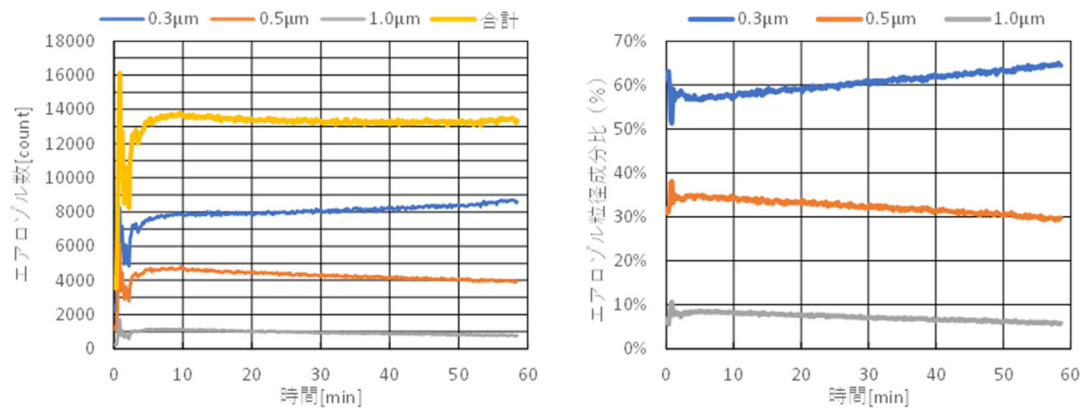


図9 浮遊飛沫の粒径別の推移(教室・換気扇 OFF)³⁹⁾

から、水分蒸発とは別の原因で粒径の小さな浮遊飛沫(エアロゾル)が増加している可能性がある。原因の候補としては、大きな飛沫が分裂して小さな飛沫を発生させたことが考えられる。

C1.3. 建築物の室内空気環境の実態

日本では、1960年代の建築物の大型化や高層化に伴って、建築物の衛生環境の悪化に伴う健康影響が指摘された⁴⁰⁾。1970年に「建築物における衛生環境の確保に関する法律(建築物衛生法)」が制定され、空調、給水等について建築物環境衛生管理基準が定められた⁴¹⁾。建築物衛生法では、興行所、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校、旅館の特定用

途に使用される建築物を「特定建築物」とし、自治体による立入検査等の監視指導対象としている。また、1980年代には米国において建材などの化学物質によるシックビル症候群が発生し、その対策として材料や換気の基準が検討された。日本では、2003年の建築基準法改正、いわゆるシックハウス対策法において、ホルムアルデヒド等の化学物質の使用制限、換気設備の設置義務が求められることとなった。建築物衛生法についても、制定後の建築物の省エネルギー化、シックハウス問題等の建築物に係る状況の変化に対応するため、2002年に政省令改正が行われ特定建築物の対象、空調・換気設備の対象、空気環境の管理項目の追加などの見直しが行われた。建築物衛生法

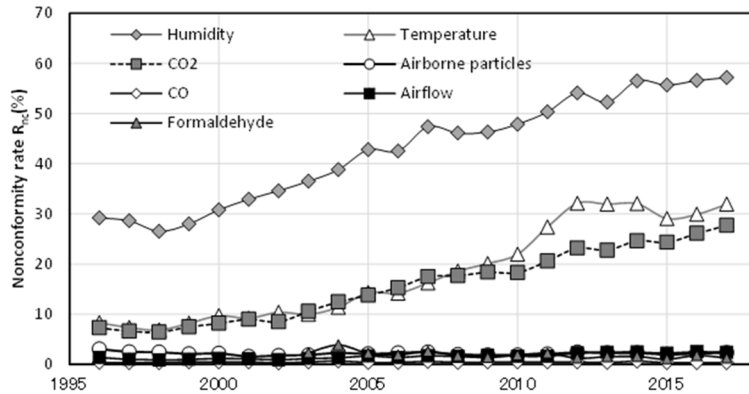


図 10 特定建築物における空気環境の不適率

に基づく建築物衛生管理は、ビルメンテナンス業、自治体、衛生管理に関する教育研究組織による他国に類を見ない組織的な体制によって支えられている。日本では、住宅におけるシックハウス症候群が顕在化した。大型の建築物においてシックビル症候群が顕在化しなかった要因として、建築物衛生法に基づく換気確保が挙げられている。建築物衛生法の建築物衛生管理基準では、室内の浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに関する基準値を設けている。一酸化炭素は、燃焼や喫煙によって発生し、中毒など人体に有害な影響をもたらすことを踏まえて、基準値が 10ppm となっている。二酸化炭素は、それ自体が人体に与える影響のみによって基準値が定められていない。二酸化炭素とともに発生する人体からの臭気、燃焼ガス中の汚染物質の影響を想定した総合指標として、二酸化炭素濃度を国際基準に準じて 1000ppm としている。空気調和・衛生工学規格では、人体から発生する二酸化炭素量に基づき、1 人あたりの必要換気量を約 30m³ 毎時とし、居室の在室密度に応じた必要換気量を示している。相対湿度の基準は、前述のインフルエンザ等の感染症の対策の他に、カビ、ダニの繁殖によるアレルギー疾患の予防等を踏まえて、40～70%とされている。

これらの基準への適合は、測定業者による定期的測定によって確認され、自治体の立入検査によ

って指導が行われている。全国の自治体の立入検査結果は、行政報告例として集計され概況が公表されている。図 10 に空気環境の基準に対する不適率 (Nonconformity rate Rnc%) を示す。湿度、温度、二酸化炭素濃度は不適率が高く 1999 年度以降に継続的な上昇が見られる。また、温度は 2011 年度から 2014 年度に一時的な上昇が見られる。空気環境の不適率の上昇要因として、1999 年の省エネルギー法改正にともなう換気量、設定温度の調整、個別空調の普及、2011 年の東日本大震災後の節電に伴う設定温度の調整の影響の可能性が伺える。したがって、このような変化が特定建築物だけではなく建築物全般で起きている可能性は否定できない。二酸化炭素の不適率の上昇は、換気が不足している建築物の増加を意味していると考えられる。また、相対湿度の不適率の増加は、主に冬期の低湿度の増加によるものであり、加湿の能力不足が広がっていることを示している。二酸化炭素の不適率増加は、ウイルス感染のリスクが上昇していることを示していると考えられる。また、相対湿度の不適率の増加は、従来のインフルエンザの感染リスクが高まっていることを示している。しかし、新型コロナウイルスの場合は、前述のように相対湿度の感染力への影響は不明である。高齢者施設等福祉施設は、健康ハイリスクの入居者が利用する建築物である。上記の建築物衛生法の特定建築物は不特定多

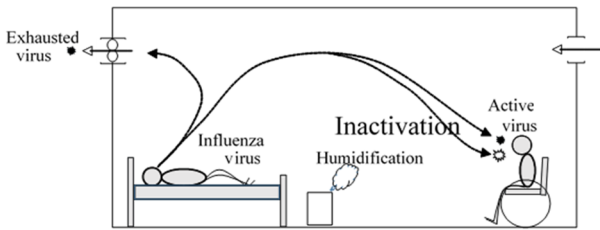


図 11 室内のインフルエンザウイルスの挙動

数の利用者を想定しているために、福祉施設については、保健所などの自治体が立入検査などで空気環境を調査することはない。このため、保健所などはインフルエンザ等の感染症対策の観点で、温湿度等の適切な維持、換気の必要性などの、室内空気環境に関する啓発を行ってきた。しかし、立入検査や行政指導に必要な法的根拠が明確ではないために、室内空気環境に関する情報収集が十分に行われておらず、実態が把握されていなかった。このような状況の中で、2012年から国立保健医療科学院を中心に大学などの研究機関によって、建築・空調設備、維持管理体制、室内空気環境等の実態に関する調査が行われている^{42)・44)}。

従来のインフルエンザの感染対策では、冬期に換気量を確保し湿度を維持することが求められている。換気量を増やすと水蒸気排出量が増え加湿負荷が増大してしまう。このため、換気量を適正に制御して湿度を維持することが必要となる。インフルエンザの空気感染予防のためには気中インフルエンザウイルス濃度の低減が必要である。このためには湿度を維持して気中インフルエンザウイルスの生存率を低下させ、換気量を確保して気中インフルエンザウイルス濃度を希釈することが必要である(図 11)。しかし、これらの方法は換気による熱損失及び加湿のためのエネルギー消費を増大させることとなる。効率的にエネルギーを使用してインフルエンザ空気感染予防を行うためには、換気量及び加湿量の最適設定が必要となる。しかし、新型コロナウイルスの感

染予防に適した湿度域が従来のインフルエンザの場合と異なる可能性は否定できない。

図 12 に、国内の特別養護老人ホームの冬期室内環境の測定結果を示す。図中の左に示す室内温度は、ほとんどの時間に 25~26℃の範囲にあり、建築物衛生法の基準(17~28℃)を満たしている。しかし、相対湿度はほとんどの時間に 40%以下になっており、上記基準(40%以上)を満たしていない。同図右に示す 1 人当たり換気量は、CO₂濃度基準(1000ppm)を満たす 30 m³/人をほとんどの場合超えている。この図の一人当たり換気量は、CO₂濃度から算出したものである。CO₂濃度が 1000ppm よりも十分低いことからこのような結果となった。換気量が多い理由は、換気設備の風量が大きいこと、泄処理時の臭気対策のための窓開け、インフルエンザ等の感染症対策のための窓開けによる考えられた。暖房によって室温が比較的高めに維持されているとともに換気量が多いために、相対湿度が低くなっていると考えられた。すべての施設で、インフルエンザ等の集団感染の防止、皮膚の乾燥防止のために、多数の加湿器が用いられ湿度維持が試みられていたが、上記の原因によって低湿度になっていた。このような状況は、以下のような問題点と関係していると考えられた。加湿器への給水、清掃が職員の負担になっている上、加湿器内のレジオネラ等の細菌汚染による感染リスクが発生している。窓開けによる空気の流れの変化によって、個室で発生する臭気が廊下に流出し、施設全体に臭気を広げており、職員に精神的負担をもたらしている。このように湿度や換気の制御が十分にできていない状況は、新型コロナウイルス感染症の集団感染の制御の観点からも問題である。特に空気の流れが計画されていない状況は、浮遊飛沫(エアロゾル)感染の対策を計画することを困難にしている。

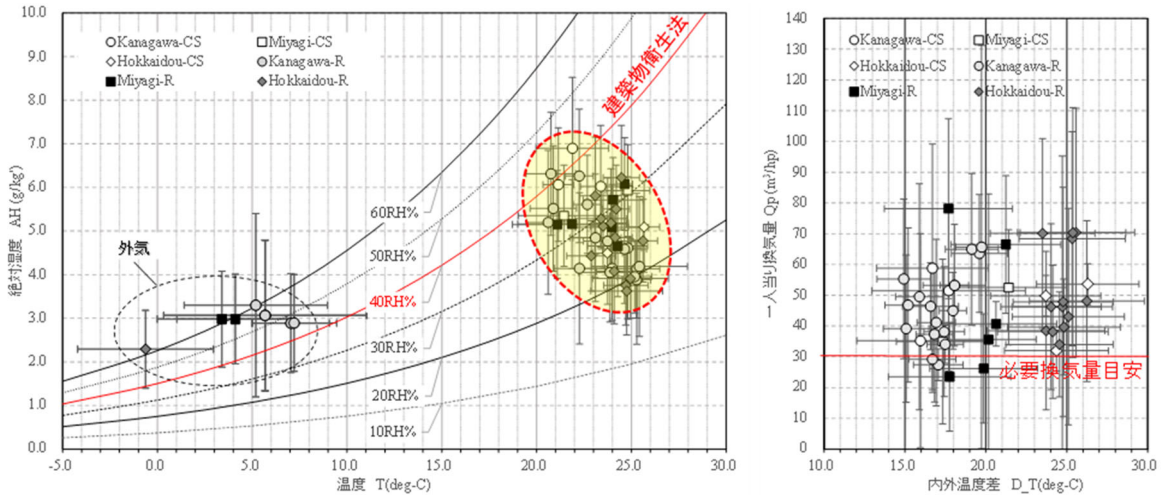


図 12 国内の高齢者施設（特別養護老人ホーム）の室内空気環境

表 2 試算に用いた数値

	滞在時間	在室人数	感染者数	呼吸量
広州事例	1.5 h	21 人	1 人	1.00 m ³ /h
安静	3.0 h	10 人	1 人	0.45 m ³ /h
中作業	3.0 h	10 人	1 人	2.40 m ³ /h
マスク効果：ウイルスの50%が通過				

C2. 興行場における浮遊飛沫感染リスクの分析

はじめに、作業レベルを考慮したウイルス RNA 吸引数に関する試算を行った。作業レベルによって呼吸量に変化し、CO₂ 排出量及びウイルス排出量に変化すると考えられる。表 2 に示すように、室内における作業レベル、滞在時間、在室人数、感染者数、呼吸量を想定し、ウイルス RNA 吸引数を試算した。広州のレストランの事例については、多人数がテーブルで飲食した状況から安静時よりも多くの呼吸量を設定した。感染者から放出される RNA 数には大きな幅があるため、呼気 10L 中の RNA 数を既往の研究⁸⁾に基づいて、平均値 (Mean) を 250 とし最大値 (Max) を 2500 とした。また、室内感染者数を 1 名と仮定した。マスクの効果については、既往研究及び実際の着用実態を踏まえ RNA 透過率 50% とした。広州のレストランの事例^{46),47)} では、滞在時間 1.5 時間、在室者

数 21 名、感染者数 1 名、呼吸量 1 m³/h と想定した。安静や中作業の場合に、RNA 数が広州レストランの事例に対してどの程度の比になるかを算出した結果を図 13 に示す。図中のプロットのラベルは、作業レベル・在室者一人当たりの換気量を示している。図中の安静 30 (作業レベルが安静で一人当たり換気量が 30 m³/(h・人)) の場合、広州レストランに対する RNA 吸引数比は、マスクなし Mean (マスクなしで RNA 発生量が平均レベル) の場合で 0.09 である。中作業 30 の場合は、マスクなし Mean の RNA 吸引数比は、2.42 となる。マスクありの場合は、それぞれ 0.02、0.6 となる。

また、換気量が 60 になると、RNA 吸引数比は 30 の場合の 0.5 になる。同図の横軸に安定 CO₂ 濃度を示す。同図は、安定 CO₂ 濃度が高い場合 (換気量が少ない場合、CO₂ 発生量が多い場合、これら両方の場合) に、RNA 吸引比が大きくなる傾向があることを示している。しかし、安定 CO₂ 濃度の場合でも、マスクの有無及び RNA 発生量によって、RNA 吸引数比に大きな差が生じている。このことから、CO₂ 濃度は換気の不足や空間拡散感染リスクを推察する参考にはなるが、CO₂ 濃度によって個々の室内における空間拡散感染のリスクを定量的に判断することは難しいと考えられる。

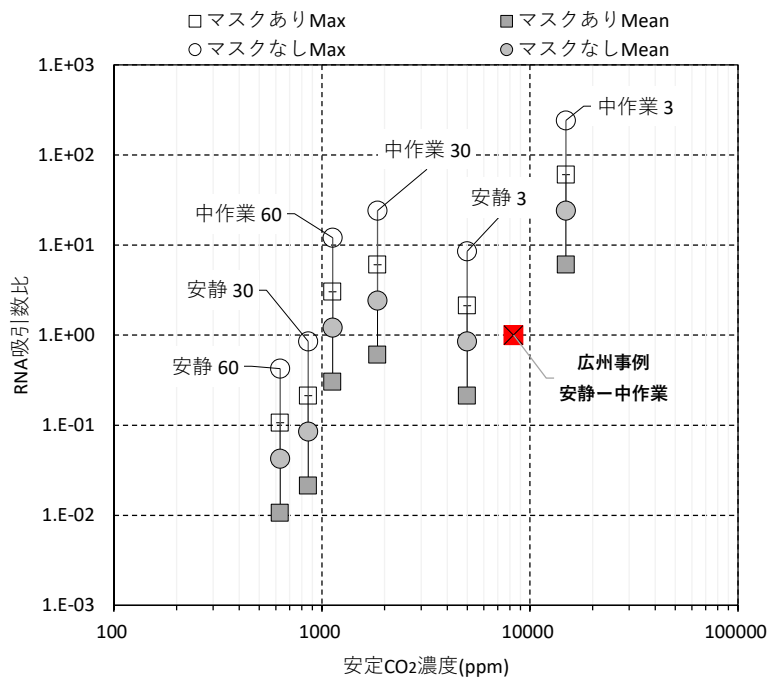


図 13 作業レベルを考慮したウイルス RNA 吸引数比に関する試算結果

次に、室用途を考慮したウイルス RNA 吸引数比に関する試算を行った。室用途によって、作業レベル、在室時間等の条件が想定できる。図 14 に、病室等（病院の病室、高齢者施設等の福祉施設の寝室）、事務室、教室（大学等の講義室）、住宅、飲食店を例に、感染者が 1 人の場合の RNA 吸引数比を試算した結果を示す。図中のプロットのラベルは、用途・在室時間・マスクの有無（M:マスクあり、:マスクなし）・在室者一人当たりの換気量を示している。例えば、「学校 8M30」は、学校で在室時間 8 時間、マスクあり、一人当たり換気量 30 $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ の場合を示す。なお、在室者数は、病室等 4 人、事務室 100 人、教室 40 人、住宅 4 人、飲食店 20 人として試算している。また、呼吸量は、病室等 0.45、事務室 0.6、教室 0.6、住宅 0.45、飲食店 1.0 (m^3/h) として試算している。病室等では、在室時間が長い上マスクなしを想定しているために、一人当たり換気量が 30 の場合の RNA 発生量が平均値 (Mean) の RNA 吸引数比は 1.7 で、1.0 (広州事例) より大きい。また、これまでのクラスター感染が発生した病院で測定された換気量に近

い場合 (1 人当たり換気量が 1.0 の場合と 5.0 の場合) 48) には、RNA 吸引数比がそれぞれ 10.2、51.0 と非常に大きくなった。住宅も在室時間が長いとともにマスクなしを想定しているために、一人当たり換気量が 30 の場合の RNA 吸引数比は 0.85 であり、1.0 (広州事例) に近い。事務室と教室では、マスクありと想定している。一人当たり換気量が 30 の場合の RNA 吸引数比は、事務室で 0.01、教室で 0.03 と比較的小さくなった。事務室の方が教室より小さくなった理由は、在室人数が多いことである。より小規模で在室者数が少ない事務室の場合、在室者数に対する感染者数の率が高くなるため RNA 吸引数比が大きくなる。飲食については、一人当たり換気量が 30 の場合の RNA 吸引数比は、在室時間が 1 時間の場合に 0.07、4 時間の場合に 0.28 となった。なお、基準とした広州事例ではクラスター感染に相当する感染が発生しているため、RNA 吸引数比が 1.0 では感染抑制が期待できないと考えられる。

横軸の安定 CO_2 濃度との関係を見ると、安定 CO_2 濃度が高いと RNA 吸引数比が高い傾向が大

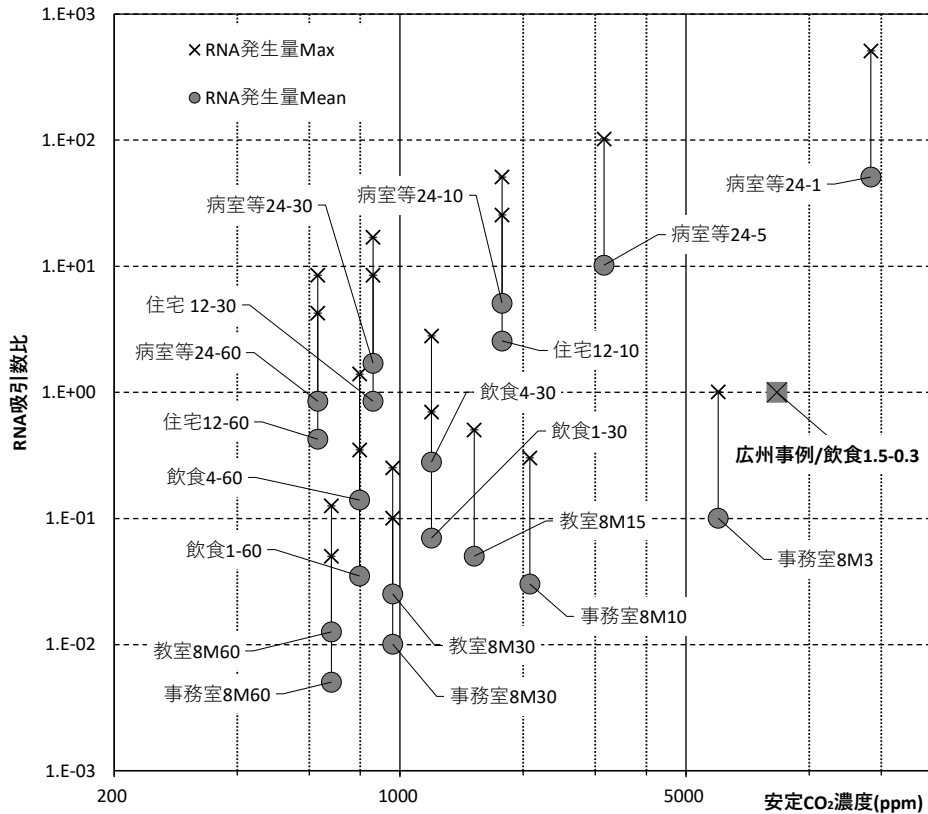


図 14 室用途を考慮したウイルス RNA 吸引数比に関する試算結果

略的にはみられるが、同一の安定 CO₂ 濃度においても、RNA 吸引数比には 102 以上の開きがある。この幅の要因には、在室時間、作業レベル、マスクの有無、RNA 発生量がある。CO₂ 濃度だけでなく、これらの要因にも配慮することが重要である。今回の試算は、新型コロナウイルスの初期の集団感染事例（広州事例）を基準にしている。その後発生している変異株の感染力はより高い場合がある。この場合には、より高いレベルの空間拡散感染対策が必要であると考えられる。興行場における行為は多様であるため、既往のエビデンスでは正確に、代謝量、呼吸量を想定することは難しい。入手可能な資料を参考⁴⁹⁾に、興行場における主な行為による代謝量を想定した。表 3 に、興行場における主な行為と観客の代謝量、代謝量から算出した呼吸量をします。さらに、在室者に占める行為者の率（行為者率）を想定し、一人当たり換気量が 30 m³ / (h・人) の場合の行為者及び観客の呼気吸引量を示す。呼気吸引量は以下の式のように、

呼吸量と換気量から算出した室内空気中の呼気の濃度に呼吸による吸引量を乗じて算出したものである。なお、 $\alpha = 0.45$ とし、 β は 100%、50%、10%、5% の場合について、呼気吸引量を算出した。 $\beta = 100\%$ の場合は、観客がいない場合に相当する。この状況は、映画館、遊戯施設、ライブハウスのように観客がすべて行為者である施設、観客席がなく競技の練習をする施設で見られる状況であると考えられる。 β が小さい場合は、行為者に対して観客が多い場合に相当する。音楽ホール、劇場、競技場（スポーツ施設）で見られる状況であると考えられる。

$$M_{ra} = \alpha \cdot MET \cdot \dots \cdot \text{式 1}$$

M_{ra} : 呼気発生量 (Release rate of respiratory air)
 α : 呼吸量換算係数
 (Ratio of respiratory air rate toward MET)
 MET : 代謝量 (Metabolic equivalent)

表 3 興行場における行為の想定と呼気吸引量

施設	行為	METs		呼吸量 (m/h)				室内平均呼吸量 (m/h)				行為者の呼気吸引比 (対安静)				観客の呼気吸引量比 (対安静)				引用文献 1) の記述	
		行為者	観客	行為者	観客	100%	50%	10%	5%	100%	50%	10%	5%	100%	50%	10%	5%				
映画館	映画	1.5	1.5	1.5	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	映画を見る	
	4 Dx	2.5	2.5	1.5	1.13	1.13	0.68	1.13	0.90	0.72	0.70	6.3	5.0	4.0	3.9	3.8	3.0	2.4	2.3	楽な労力	
遊戯施設	ゲーム	2.3	5.0	1.5	1.04	2.25	0.68	1.64	1.16	0.77	0.72	13.3	9.4	6.3	5.9	5.5	3.9	2.6	2.4	アクティブビデオゲーム：楽な労力-ブートキャンプトレーニング	
	ダンス	3.0	7.8	1.5	1.35	3.51	0.68	2.43	1.55	0.85	0.76	29.2	18.6	10.2	9.2	8.1	5.2	2.8	2.5	社交ダンス-ディスコ	
音楽ホール	クラシック等	2.3	2.3	1.5	1.04	1.04	0.68	1.04	0.86	0.71	0.69	5.3	4.4	3.6	3.5	3.5	2.9	2.4	2.3	チェロ演奏-指揮	
ライブハウス	ロック等	5.5	5.5	1.5	2.48	2.48	0.68	2.48	1.58	0.86	0.77	30.3	19.3	10.5	9.4	8.3	5.3	2.9	2.6	マーチングバンド：早いペース	
劇場	演劇・歌舞伎等	5.0	5.0	1.5	2.25	2.25	0.68	2.25	1.46	0.83	0.75	25.0	16.3	9.3	8.4	7.5	4.9	2.8	2.5	教会でスピリチュアルダンスを踊る	
	バレエ	5.0	6.8	1.5	2.25	3.06	0.68	2.66	1.67	0.87	0.77	34.8	21.8	11.4	10.1	8.9	5.6	2.9	2.6	リハーサル-公演	
競技場 スポーツ施設	バレーボール	3.0	6.0	1.5	1.35	2.70	0.68	2.03	1.35	0.81	0.74	20.3	13.5	8.1	7.4	6.8	4.5	2.7	2.5	全般-試合	
	バスケットボール	4.5	8.0	1.5	2.03	3.60	0.68	2.81	1.74	0.89	0.78	39.1	24.2	12.3	10.9	9.4	5.8	3.0	2.6	練習-試合	
	バトミントン	5.5	5.5	1.5	2.48	2.48	0.68	2.48	1.58	0.86	0.77	30.3	19.3	10.5	9.4	8.3	5.3	2.9	2.6	練習	
	テニス	4.5	8.0	1.5	2.03	3.60	0.68	2.81	1.74	0.89	0.78	39.1	24.2	12.3	10.9	9.4	5.8	3.0	2.6	ダブルス-シングルス	
	卓球	4.0	4.0	1.5	1.80	1.80	0.68	1.80	1.24	0.79	0.73	16.0	11.0	7.0	6.5	6.0	4.1	2.6	2.4	全般	
	柔道・剣道	5.3	10.3	1.5	2.39	4.64	0.68	3.51	2.09	0.96	0.82	60.8	36.3	16.6	14.2	11.7	7.0	3.2	2.7	2.7	武術：初心者-ほとほとのペース
	体操	3.8	3.8	1.5	1.71	1.71	0.68	1.71	1.19	0.78	0.73	14.4	10.1	6.6	6.1	5.7	4.0	2.6	2.4	全般-試合	
	水泳	4.8	4.8	1.5	2.16	2.16	0.68	2.16	1.42	0.82	0.75	23.0	15.1	8.8	8.0	7.2	4.7	2.7	2.5	2.5	背泳ぎ-バタフライ
	アイスホッケー	8.0	10.0	1.5	3.60	4.50	0.68	4.05	2.36	1.01	0.84	81.0	47.3	20.3	16.9	13.5	7.9	3.4	2.8	2.8	全般-試合
	スケート	7.0	7.0	1.5	3.15	3.15	0.68	3.15	1.91	0.92	0.80	49.0	29.8	14.4	12.4	10.5	6.4	3.1	2.7	2.7	スケート-一般
	カーリング	4.0	4.0	1.5	1.80	1.80	0.68	1.80	1.24	0.79	0.73	16.0	11.0	7.0	6.5	6.0	4.1	2.6	2.4	2.4	全般
	基準施設	安静 (MET=1)	1.0	1.0	1	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

1) 国立健康・栄養研究所 中江、田中、宮地、改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』 2012年4月11日改定
 出版 2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. Med Sci Sports Exerc. 2011, 43(8):1575-1581.

$$C_{ra} = \frac{\beta \cdot M_{ra-play} + (1 - \beta) \cdot M_{ra-view}}{Q_p} \quad \cdot \text{式 2}$$

$S_{ra-play}$: 行為者の呼気吸引量
 (Player's suction rate of respiratory air)

C_{ra} : 呼気濃度

(Respiratory air concentration)

$M_{ra-play}$: 行為者からの呼気発生量

(Release rate of respiratory air from player)

$M_{ra-view}$: 観客からの呼気発生量

(Release rate of respiratory air from viewer)

β : 在室者数に対する行為者の割合

(Rate of number of players toward number of people in a space)

Q_p : 一人当たりの換気量

(Ventilation rate a person)

$$S_{ra-play} = M_{ra-play} \cdot C_{ra} \quad \cdot \text{式 3}$$

$$S_{ra-view} = M_{ra-view} \cdot C_{ra} \quad \cdot \text{式 4}$$

$S_{ra-view}$: 行為者の呼気吸引量

(Viewer's suction rate of respiratory air)

表 3 に示すように、施設及び行為の種類、行為者の率によって、行為者及び観客の呼気吸引量は大きく異なる。また、呼吸量が多い行為者の方が観客よりも呼気吸引量が多くなる。

図 15 に、表 3 に示す行為者と観客の呼気吸引量の試算結果を示す。行為者については、 β 場大きいほど、呼気吸引量が大きくなる。行為ごとに見ると、アイスホッケー、スケート、柔

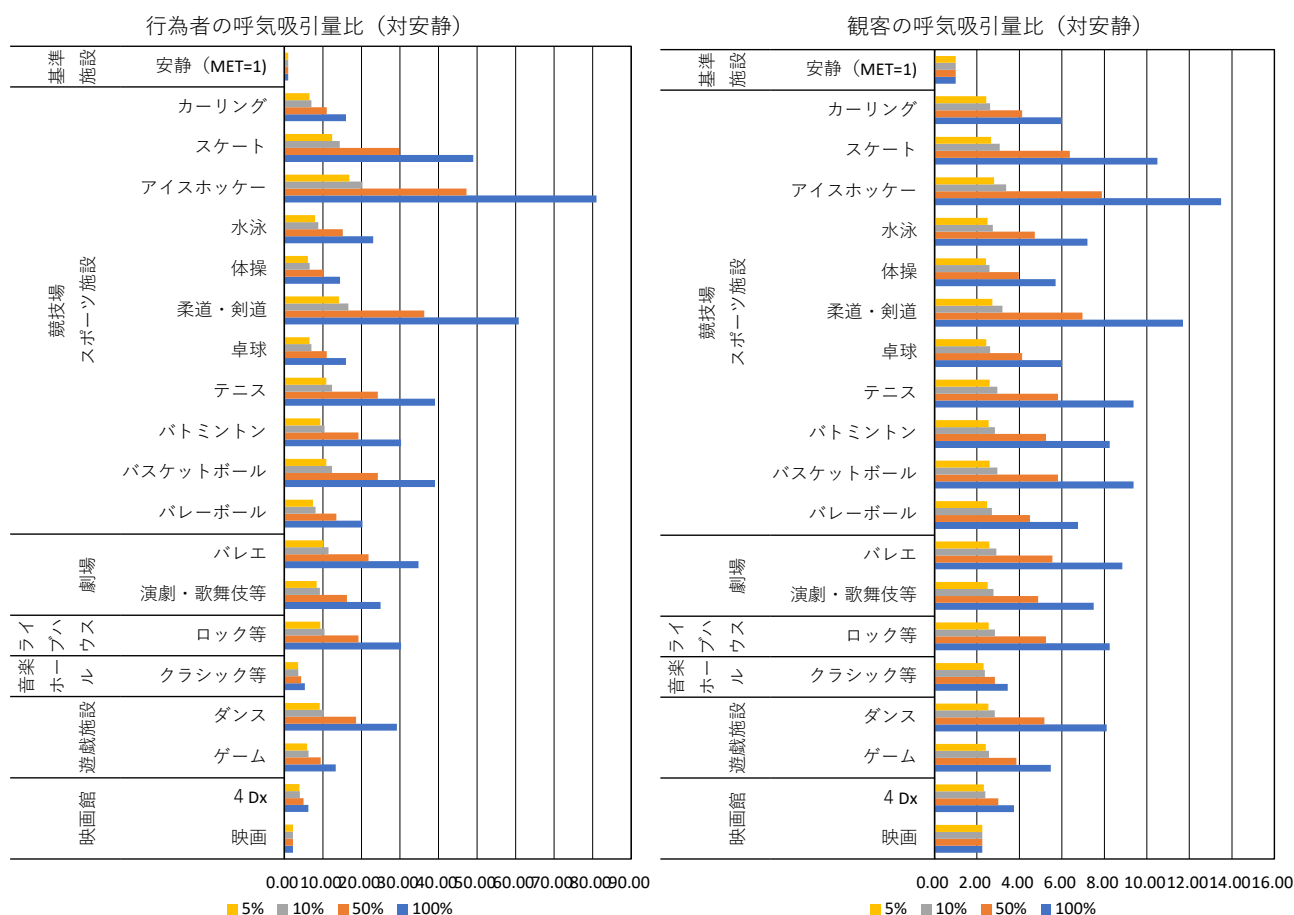


図 15 興行場における呼気吸引量比(対安静)の試算結果

道・剣道、テニスバスケットボードの順に多い。映画、4 Dx、クラシック等は比較的少ない。ただし、同図に示す基準施設・安静 (MET=1) の場合に比べると、いずれも大きい。一人当たり換気量を $30 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{人})$ としおり、安静 (MET=1) の場合の行為者の呼気吸引量は、 $0.45 \text{ m}^3/\text{h}$ となる。また、この条件での室内 CO_2 濃度は建築物衛生法の基準値 1000ppm になると考えられる。従って、試算対象の興行場及び行為では、いずれもこの CO_2 濃度基準を満たさないと考えられる。すなわち、興行場では、呼吸量が安静時よりも大きくなるため、事務所などを想定した必要換気量を満たす換気設計では、 CO_2 濃度基準を満たさないことがこの計算で確認できる。また、浮遊飛沫及びウイルスの RNA については、呼吸量が多いことによって呼気量と吸引量

がともに増加することで、呼気吸引量が 2 重に増加することになる。これによって、代謝量及び呼吸量が大きい行為については、浮遊飛沫及びウイルス RNA の吸引量が顕著に増加することとなる。なお、呼吸量とウイルス RNA の脳出量の関係、ウイルス吸引量と感染リスクの関係は不明であるため、今後の研究によって明らかにされることが望まれる。今後は、施設の用途(行為)に応じた、呼気の発生と吸引の時間を考慮して、浮遊飛沫及びウイルス RNA による感染リスクの分析を行う必要がある。また、室内環境によって影響される可能性がある浮遊飛沫の挙動と感染力の変化の考慮が望まれる

D. 結論

D1. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

(1) 浮遊飛沫（エアロゾル）感染の機序

従来の感染症の感染経路には、接触感染、飛沫感染、空気感染があるが、近年パンデミックが憂慮されてきたインフルエンザウイルスについては、空気感染の可能性は低いとされてきた。新型コロナウイルスについては、これまでの感染事例から、室内空気中の浮遊飛沫（エアロゾル）による感染の可能性が指摘され、換気対策が求められた。国内外で、浮遊飛沫（エアロゾル）感染の対策が講じられたが、換気性状と感染リスクの関係は定量的に把握することが出来ていない。このため、現実的に可能な換気対策を講じてきた。

(2) 室内空気環境とウイルス感染

室内空気環境の指標である二酸化炭素については、換気量に左右されるため、空気中の浮遊飛沫の濃度と関係する。温湿度については、インフルエンザに関する研究によって、ウイルスの不活化速度に影響するとされている。絶対湿度が高い場合と低い場合に、不活化速度が低下するとされており、建築物衛生法の温度及び湿度の基準は、一定の妥当性があると考えられている。しかし、新型コロナウイルスについては、空気中の浮遊飛沫及びウイルスに関する研究が過渡であり、その影響の機序に関する結論が得られていない。

(3) 建築物の室内空気環境の実態

建築物の室内空気環境に関する既往の調査結果によると、二酸化炭素濃度が2000年以降高い傾向があり、浮遊飛沫（エアロゾル）感染対策の観点で好ましくない。同様に、冬期の相対湿度が顕著に低い傾向があり、インフルエンザウイルスの感染防止の観点で好ましくない。

(4) 興行場における浮遊飛沫感染リスクの分析

浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスクは、建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクなどの感染対策など、多数の要因の影響を受ける。また、感染者の行為や症状、被感染者の行為、滞在

時間などによって、被感染者が吸引するウイルスRNA量が変わり、感染リスクの程度を規定すると考えられる。主には、換気量が少なく、行為の代謝量が多い場合に感染リスクが高くなると考えられる。興行場では、施設用途によってさまざまな行為を想定する必要がある。行為に伴う代謝量を想定すると、感染リスクに大きな幅がある。しかし、換気設計ではこのような幅が考慮されていないため、代謝量が多い行為が行われる興行場では、浮遊飛沫（エアロゾル）感染のリスクが高くなっていると考えられる。興行場においては、用途に応じた換気対策が必要であると考えられる。

<謝辞>

厚生労働省の新型コロナウイルス感染症対策本部、クラスター対策班、国立感染症研究所、国立保健医療科学院、北海道総合研究機構、自治体・保健所等の新型コロナウイルス感染症対策関係の皆様、日本建築学会、空気調和・衛生工学会、日本臨床環境医学会、建築環境・省エネルギー機構等の新型コロナウイルス感染症対策関係の委員会各位からご助言ご協力をいただき、記して謝意を表す。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Motoya Hayashi, State of Poor Ventilation and Indoor Air Environment in Buildings - Environmental Hypersensitivity from Perspective of a Building Environmental Hygiene Researcher -, Indoor Environment, Vol25, No1, pp.1-8, 2022.
- 2) Takashi Kurabuchi, U. Yanagi, Masayuki Ogata, Masayuki Otsuka, Naoki Kagi, Yoshihide Yamamoto, Motoya Hayashi and Shinichi Tanabe, Operation of air-conditioning and sanitary equipment for SARS-CoV-2 infectious disease control. Japan Architectural Review, 4, 423-434,

2021. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12238>

2. 学会発表

- 1) 山崎佑基, 菊田弘輝, 玉村壮太, 林基哉, 室内環境が新型コロナウイルスの空気感染に与える影響に関する実験法, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 2) 松永崇孝, 菊田弘輝, 吉住佳子, 林基哉, 学校教室を対象とした新型コロナウイルス感染症対策における換気と空気清浄の効果検証, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 厚生労働省, “商業施設の管理権限者へ向けて「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法”, 2020.04.03
- 2) 厚生労働省, “熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について”, 2020.06.17
- 3) 厚生労働省, “冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法”, 2020.11.27
- 4) 厚生労働省, “建築物における衛生的環境の確保に関する法律（昭和 45 年法律第 20 号）”, 2015.3.20
- 5) Li, Y., et al. (2007) “Role of Ventilation in Airborne Transmission of Infectious Agents in the Built Environment: A Multidisciplinary Systematic Review.” *Indoor Air* 17 (1): 2–18.
- 6) Menzies D et al. (2000) Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers. *Annals of Internal Medicine*, 133(10):779–789.
- 7) Quin H, Li Y, Sun H, Nielsen PV, Huang X, Zheng X (2010) Particle removal efficiency of the portable HEPA air cleaner in a simulated hospital ward. *Build. Simul.* Vol. 3, No.3 pp.215-224.
- 8) Kevin P Fennelly, Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control, *THE LANCET Respiratory Medicine* VOLUME 8, ISSUE 9, P914-924, SEPTEMBER 01, 2020.
- 9) ASHE (2013) Literature Review: Room Ventilation and Airborne Disease Transmission. Edit. Memarzadeh F. Chicago.
- 10) Bloch AB et al.(1985) Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. *Pediatrics*, 75(4):676–683.

- 11) CDC (2003). Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 52 (RR-10).
- 12) WHO (2009) Natural ventilation for infection control in health-care settings. WHO Press Geneva.
- 13) WHO (2014) Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care. World Health Organization, Geneva.
- 14) Gesellschaft für Aerosolforschung, “GAeF position paper on understanding the role of aerosol particles in SARS-CoV-2 infection” (2020); https://ae00780f-bbdd-47b2-aa10-e1dc2cdeb6dd.filesusr.com/ugd/fab12b_0b691414cfb344fe96d4b44e6f44a5ab.pdf
- 15) World Health Organization (WHO), “Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?” (2021); who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted.
- 16) S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), “Scientific brief: SARS-CoV-2 transmission” (2021); www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html.
- 17) 国立感染症研究所（掲載日：2022年3月28日），新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の感染経路について（niid.go.jp）
- 18) Thomas P. Weber, Nikolaos I. Stilianakis, Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: A critical review, *Journal of infection* 57. pp.261-373, 2008
- 19) Hemmes JH, Winkler K, Kool SM. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1962; 28: 221–33.
- 20) G.J.Harper, Airborne micro-organism : Survival tests with four virus J.Hyg ; pp.479-486, 1961.
- 21) Jeffrey Sharman, Melvin Kohn : Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality *PNAS* vol.106 no9; pp.3243-3248, March 3 2009.
- 22) 倉渕隆,小笠原岳,熊谷一清,浅利雄太郎:インフルエンザの感染に影響するインフルエンザウイルス生存率と絶対湿度の関係について,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 1339-1343, 2009.9
- 23) F.L.Shaffer, M.E.Soergel and D.C.Straube, Survival of airborne influenza virus: Effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids, *Arch Virol*.1976;51(4):263-73. doi: 10.1007/BF01317930.
- 24) Anice C. Lowen, Samira Mubareka, John Steel, Peter Palese ,Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature, *PLoS Pathogens* · November 2007
- 25) 「建築物環境衛生管理に関する調査研究」平成22年度研究報告書,財団法人ビル管理教育センター,2011
- 26) 小林陽太郎他,「ビルディングの環境衛生基準に関する研究」昭和40年度厚生科学研究報告書,昭和41年3月
- 27) 林基哉他,「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」平成29年度厚生労働科学研究報告書,2020年3月
- 28) Rosti ME, Olivieri S, Cavaiola M, Seminara A, Mazzino A, 2020. Fluid dynamics of COVID-19 airborne infection suggests urgent data for a scientific design of social

- distancing. *Nature research, Scientific Reports*, (2020) 10:22426.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-80078-7>
- 29) Zhao L, Qi YH, Luzzatto-Fegiz P, Cui Y, and Zhu YY, 2020. *Nano Lett.* 2020, 20, 7744–7750.
<https://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c03331>
- 30) Dabisch P, Schuit M, Herzog A, Beck K, et al, 2020. The influence of temperature, humidity, and simulated sunlight on the infectivity of SARS-CoV-2 in aerosols, *Aerosol Science and Technology*,
<https://doi.org/doi:10.1080/02786826.2020.1829536>
- 31) Smither SJ, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS, 2020. Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity, *Emerging Microbes & Infections*, 9:1, 1415-1417.
<https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1777906>
- 32) Biryukov J, Boydston JA, Dunning RA, Yeager JJ, Wood S, Reese AL, Ferris A, Miller D, Weaver W, Zeitouni NE, Phillips A, Freeburger D, Hooper I, Ratnesar-Shumate S, Yolitz J, Krause M, Williams G, Dawson DG, Herzog A, Dabisch P, Wahl V, Hevey MC, Altamura LA. Increasing Temperature and Relative Humidity Accelerates Inactivation of SARS-CoV-2 on Surfaces. *American Society for Microbiology*. 2020; 5(4): e00441-20.
<https://msphere.asm.org/content/5/4/e00441-20>
- 33) Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A, 2020. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annual Review of Virology*, 7:83–101. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-012420-022445>
- 34) W.C.Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles*, John Wiley & Sons (1982).
- 35) Morawska L et al.: Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*. 40, 256–269. (2009)
- 36) Xie X et al.: How far droplets can move in indoor environments – revisiting the Wells evaporation–falling curve. *Indoor air*. 17: 211–225. (2007)
- 37) Yang W and Marr LC: Dynamics of Airborne Influenza A Viruses Indoors and Dependence on Humidity. *PlosOne*, 6: e21481. (2011)
- 38) 山崎佑基, 菊田弘輝, 玉村壮太, 林基哉, 室内環境が新型コロナウイルスの空気感染に与える影響に関する実験法, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 39) 松永崇孝, 菊田弘輝, 吉住佳子, 林基哉, 学校教室を対象とした新型コロナウイルス感染症対策における換気と空気清浄の効果検証, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 40) Furuya Shousuke: *Building Maintenance Low*, Teikokuchiho-gyoseigakkai, pp.15-19, 1971 (in Japanese) 古谷章介: *ビル管理法*, 帝国地方行政学会, pp.15-19, 1971
- 41) Ministry of health, labour and welfare : Act on environmental health in buildings, 2015.3.20 (in Japanese) 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和 45 年法律第 20 号)”, 2015.3.20
- 42) 金勲, 阪東美智子, 林基哉, 大澤元毅. 高齢者施設のおい環境と対策に関する全国調査, 日本建築学会環境系論文集

2018.4;83(746):393-401.

- 43) 開原典子, 林基哉, 金勲, 大澤元毅, 阪東美智子, 小林健一, 本間義規, 巖爽, 菊田弘輝, 羽山広文, 特別養護老人ホームの温熱環境に関する実態調査, 日本建築学会環境系論文集, Vol.83 No.745, 2018.3 ; pp.267-276.
- 44) 林基哉, 本間義規, 巖爽, 菊田弘輝, 羽山広文, 加用現空, 鈴木信恵, 開原典子, 金勲, 阪東美智子, 小林健一, 大澤元毅. 寒冷地の高齢者施設における室内生活環境の年間特性 フィンランド・エスポー及び北海道・札幌における室内温熱空気環境の実態. 日本建築学会環境系論文集. 2019 ; 84 (761) : 699-708.
- 45) M HAYASHI, K KOBAYASHI, H KIM, N KAIHARA, The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan. J. Natl. Inst. Public Health, 69 (1).69-72. 2020.
<https://www.niph.go.jp/journal/data/69-1/202069010008.pdf>
- 46) M Hayashi et al. Measures against COVID-19 concerning Summer Indoor Environment in Japan. Japan Architectural Review, 3, 608–620, 2020. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12183>
- 47) K Kurabuchi et al. Operation of air-conditioning and sanitary equipment for SARS-CoV-2 infectious disease control. Japan Architectural Review, 4, 423–434, 2021. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12238>
- 48) 厚生労働省, “新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について”, 2021.04.07
- 49) 国立健康・栄養研究所 中江、田中、宮地、改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』 2012年4月11日改定

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）

興行場における衛生的な環境確保のための研究

研究成果の刊行に関する一覧表

論文発表

なし

総説

なし

書籍

なし

学会発表

なし

令和4年3月28日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・主任研究官
(氏名・フリガナ) 開原 典子・カイハラ ノリコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和4年3月24日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 北海道大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 寶金清博

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究院・教授(氏名・フリガナ) 林 基哉・ハヤシ モトヤ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和4年4月13日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 工学院大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 伊藤 慎一郎 (公印省略)

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究
- 3. 研究者名 (所属部署・職名) 建築学部・教授
(氏名・フリガナ) 柳 宇・ヤナギ ウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究
- 3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 島崎 大・シマザキ ダイ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和4年3月28日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・主任研究官
(氏名・フリガナ) 戸次 加奈江・ベッキ カナエ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曽根 智史

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 統括研究官

(氏名・フリガナ) 本間 義規・ホンマ ヨシノリ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること

国立保健医療科学院長 殿

機関名 京都大学

所属研究機関長 職 名 大学院工学研究科長

氏 名 榎木 哲夫

次の職員の令和3年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 興行場における衛生的な環境確保のための研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究科・准教授

(氏名・フリガナ) 伊庭 千恵美・イバ チエミ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。