

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 上席主任研究官

研究要旨

興行場では新しい演出が求められることから、新たな興行内容の実態等を踏まえた衛生基準への提言に資する科学的根拠の構築が必要となっている。本研究班では、①国内外の衛生基準調査、②実態調査、③衛生管理手法の確立について、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。

国内外の衛生基準の調査では、これまでに、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ているが、継続して国内外の情報集積を行い、必要に応じて情報を更新した。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。

実態調査では、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、各都道府県等の条例について、衛生項目別に分析し、その課題を抽出するとともに、現場調査として、興行場のうち映画館のシネマコンプレックスの観覧場（2D観覧場と4D観覧場）の実測（入場者数、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）と維持管理に関するヒアリングを行い、温熱環境を含む多面的な衛生管理に関するエビデンスを集積した。調査を行った施設の観覧場は、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おり、4Dと2Dの観覧場で大略的には温湿度二酸化炭素濃度に大きな差はみられなかった。また、新型コロナウイルス感染症の換気対策として、映画館でもシネマコンプレックスのような空気調和設備等が備えられた施設では、二酸化炭素濃度1,000ppm以下の運転が可能であることも確認された。安心安全な施設の維持には、空気調和設備等の適切な維持管理を継続するとともに、4D装置を有する場合は吹出口を含めた給水システムの適切な衛生管理を継続することが重要である。4Dのエフェクト効果などによる映画館特異的な発生源の影響を調べるため、GCMS/異臭分析システムを用い、映画館内の4D及び2D観覧場におけるにおい成分の測定を行ったところ、有害性が懸念されるレベルのものは検出されなかった。衛生器具の利用に資するため施設内の滞在人数を算出したところ、満員の際にも施設の観覧場以外には総定員比の半分以下となるように上映スケジュールが計画されており、衛生器具を利用する最大人数はコントロールされていた。準則（法第3条第2項関係）にある観覧場の落下菌数30或いは場内の落下菌数50について検討したところ、日本建築学会環境基準AIJES-A0002-2013に掲載されている他の建物用途の基準（0.5～10、換算値含む）と比較すると3～5倍以上大きいことが示された。また、落下真菌については、1時間の曝露でも数cfuしか検出されず、1時間の曝露で落下細菌は0～60cfuしか検出されていないことから、5分から10分間程度の曝露ではスクリーン内の浮遊細菌と真菌の評価は難しいといえる。このように、興行場の映画館のシネマコンプレックスにおいて、これまでに明らかにならなかった上映中の室内環境及び衛生状況のエビデンスを集積した。

衛生管理手法の確立では、安心安全な興行場の室内衛生環境の確保を目指して、浮遊飛沫（エアロゾル）感染リスクの検討を行い、建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクの感染対策等、多数の要因の影響を受ける可能性を分析した。また、興行場のスポーツ施設に該当するアイスアリーナについて、空調換気性状と COVID-19 集団感染との関連性、エアロゾル感染対策の立案と効果検証を行い、施設の特徴を踏まえた空調換気設備の設計と運転制御、感染対策が必要であることを示した。

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	谷川 力 ペストコントロール協会
島崎 大 国立保健医療科学院	山崎 和生 山崎技術士事務所
戸次 加奈江 国立保健医療科学院	菊田 弘輝 北海道大学
本間 義規 国立保健医療科学院	山岸 拓也 国立感染症研究所
伊庭 千恵美 京都大学	黒須 一見 国立感染症研究所

A. 研究目的

興行場における衛生管理の体制および法規制等、営業・行政・関連団体の実態を踏まえた効果的な通知に資する情報整備を目的としている。通知では十分に想定されていない映画館の 4D 上映等の新たな興行内容もあり、衛生管理の実態を踏まえた効果的な通知の基礎情報として、国内外を見渡した衛生基準の情報整備、実測等含めた実態把握、指導助言に資する衛生管理手法の確立が求められている。

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】

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）

興行場の衛生措置に関する国内の関連法規を整理し、関連団体等へのヒアリング等を通じて、現状の法を取り巻く課題と構造を整理する。

B1-2. 海外の規制と技術に関する調査（島崎/伊庭/柳）

興行場の衛生措置について海外の規制を整理し、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。

B2. 実態調査【R3-R5】

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）

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等を行い、衛生項目別に分析しその課題を整理する。

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）

施設の規模や新旧および空調方式の違いを踏まえて、実測調査を行う。映画館等の 4D 等を有す

興行場における衛生的な環境確保のための研究



図 1 研究の構造

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、水質調査等や維持管理状況について、施設にてヒアリング及び観察調査を行う。

(1) 調査対象

4D を備えた映画館（シネマコンプレックス）について、冬期と夏期に調査（3 施設全 33 観覧場）を行った。各施設は、4D 観覧場を 1 つと、2D 観覧場約 10 を持っている。観覧場の規模は、4D では客席が 100 名以下、2D では 100 名以下から約 400 名の客席を有しているものであった。

(2) 調査 A（温湿度及び二酸化炭素濃度等 温熱環境の調査）

施設内観覧場において、通常の上映中に、温度および相対湿度、二酸化炭素濃度（HOBO、mx1102a を使用）を 1 分間隔で測定した。詳細調査として、測定機器を座席の肘掛けに固定し、1 つの観覧場内で、平面的に 5 点（スクリーンに向かい右前、右後、左後、左前、中央）を測定した。4D 観覧場では、映画のシーンに合わせ、客席のシートが動くとともに、水しぶきや、香り等の五感を刺激する特殊効果が連動する仕組みとなっているため、機器の設置位置は、これら水しぶき等が直接機器にかからないように設置するとともに、4D の演出を記録した。調査は、3 つ各シネマコンプレックスとも、4D 観覧場の場合は

開演から終演までの約 5 演目を連続して測定し、2D 観覧場の場合は規模の異なる 3 つの観覧場について各 1 演目ずつ測定した。3 つの施設とも、冬期調査は 2022 年 11 月に、夏期調査は 2023 年 8 月～9 月に実施した。

(3) 調査 A (落下細菌・真菌)

SCD 培地 (落下細菌) と DG18 培地 (落下真菌) を用いて、上映開始から 1 時間の曝露を行った。SCD と DG18 の培養条件はそれぞれ 32°C の 2 日間と 25°C の 5 日間であった。

(4) 調査 A (付着細菌・真菌)

4D 映画館においては、上映 1～5 の最終上映 5 の後、2D 映画館においては上映 1～3 (全て異なるスクリーン) の各上映の後に最前列 (前) と最後列 (後) の椅子下部の床表面付着細菌と真菌を粘着テープ (S 社) で採取した。

(5) 調査 A (粒径別浮遊微粒子濃度)

映画上映の時間帯に、6 段階の粒径別 (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 、5.0 μm ～) 浮遊粒子濃度の測定できるパーティクルカウンタ (A 社) を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。

(6) 調査 A (細菌叢と真菌叢)

4D 映画館においては最終の上映 5 の後、2D 映画館においては上映 1～3 (全て異なる観覧場) の各上映の後に最前列 (前) と最後列 (後) の床表面付着細菌を拭き取りキット ST-25 で採集した。サンプリング箇所は通路を避けるために椅子の下部とした。また、冬期では、D 映画館と E 映画館の 4D 映画上映後、夏期では C、D、E 映画館の 4D 映画上映後に前方と後方のミスト噴出口表面の付着細菌と付着真菌を採取した。

DNA の抽出は、付着菌のサンプルを採取した後、綿棒をストマッカー (MiniMix 100 P CC Interscience) で処理し、3 mL の DNA フリー水とサンプル溶液 2 mL を合わせ、ストマッカー Biomaster 装置で DNA を抽出した。その後、処理したサンプルをストマッカーバッグから取り出

し、1.5 mL 試験管に入れ、4 °C、3000 rpm で 30 分間遠心分離 (KUBO-TA5911) して細菌を抽出した。NucleoSpin®Tissue キット (740952、MACHEREY-NAGEL) を用い、ボルテックスミキサーで処理液を混合することにより、DNA を精製した。

DNA の増幅と塩基配列の決定は、各サンプルについて、細菌は 16S リボソーム RNA (rRNA) 遺伝子の可変領域 4 (V4)、真菌は ITS2 領域の解析を行った。

DNA は品質を Agilent 2200 TapeStation を用いて確認し、解析に必要な品質と量の核酸濃度を含むすべてのサンプルを解析した。生成した配列ライブラリーを結合し、再増幅した PCR 産物を AMPure XP ビーズ (ビーズ量比 1:1) で精製し、配列ライブラリーの品質を向上させた。データ解析は QIIME (Ver.1.9.0、Silva 132 Database) を用いて行った。

4D 観覧場と 2D 観覧場の粒径別浮遊粒子濃度および生菌 (落下細菌・付着細菌・浮遊細菌; 落下真菌・付着真菌・浮遊真菌) の違いについて、統計ソフト IBM SPSS Statistics Ver29 を用いたマン・ホイットニーの U 検定を用いた。データは中央値および四分位範囲 (IQR)、平均値で表示した。 p 値 < 0.05 を統計的に有意であるとみなした。 β 多様性は、重み付け UniFrac 距離を用いた主座標分析により示す。各サンプルの菌叢を比較するために、QIIME 2 を用いて重み付け UniFrac 距離行列を算出した。

(7) 調査 B (2 週間の連続測定)

上映中の通常営業時の観覧場内において、冬期調査と同様に、温湿度及び二酸化炭素濃度 (HOBO、mx1102a を 1 台使用) を 1 分間隔で連続的に 2 週間程度測定した。機器の設置場所は、観覧場の排気側とした。調査は、各施設の全ての観覧場 (各施設約 10 の観覧場) を対象に、冬期調査は 2022 年 11～12 月に、夏期調査は 2023 年 8～10 月に実施した。

(8) 浮遊微生物量の評価法に関する検討

日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013 では、事務所、学校、住宅、病院、高齢者福祉施設、食品工場、化粧品工場、医薬品工場の微生物による室内空気汚染に関する設計および維持管理規準の提案値が示されている。現在はエアサンプラーを用いた空中浮遊菌濃度が主流であり、各用途施設における浮遊菌濃度の設計基準及び維持管理基準が提案されている。唯一、学校のみ両方の数値が示されており、換算係数を求めることができる。その係数を用いて事務所、高齢者施設の落下菌個数を算出し、その後の結果の比較に用いる。

浮遊微生物の落下は、発生源から拡散した浮遊微粒子の重力沈降である。これまでの検討では、ストークスの法則から、映画館の天井高さ(気積)とコロニー平均密度、培地開放時間を仮定して $0.002445(\text{CFU}/(5 \text{ 分間} \cdot \text{m}^3))/(\text{CFU}/\text{m}^3)$ を導出した。この結果を用いて 3 映画館の夏期(8、9月)の落下菌実測の結果を分析した。

(9) 空気中の準揮発性有機化合物(SVOC)の分析

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°C、30°C、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。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 12 L または 48 L とした。

(10) 空気中のイソシアネートの分析

拡散サンプラーを屋内外に設置しサンプリングを実施した後、メタノール:硫酸:トルエン(= 3:3:5、v/v) で液抽出し濃縮したものを試料としイソシアネート誘導体を LC-MS/MS で分析した。また、比較のためアクティブサンプラーにより 0.1 L/min の流速でサンプリングを行った。SCX-DBA サンプラーは、アセトニトリルで抽出後、濃縮したものを同様の方法で分析した。

(11) 加熱脱着 GCMS を用いた空気中のにおい成分に関する分析

GCMS/異臭分析システムを用い、過去の異臭問題で特定された異臭成分に関するデータベース 145 成分を対象とし、映画館内の 4D 及び 2D シアターにおけるにおい成分の測定を行った。空気の捕集には、Tenax TA を充填した捕集管を用い、演目ごとに 2 時間(流速: 100 ml/min) ずつ空気を捕集し、得られたサンプルは、加熱脱着-GCMS 装置でにおい成分を同定・定量した。

(12) 換気に関する実態とその評価法に関する検討

4D 観覧場の実測調査結果から、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、及び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た連続測定を行う。

映画館観覧場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いるため、大空間の換気性能評価に関する課題点を整理した。また、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。

(13) 衛生器具の使用状況に関する調査

調査対象施設は、興行場法の施設の映画館のうち、シネマコンプレックスとした。調査を行ったシネマコンプレックスは、1フロアに 10 の観覧場を持ち、総定員は 2,000 名程度である。施設内の 3 つのエリア(エントランス、メインロビー、シアター内)に便所が設置されている。なお、シアター内は、鑑賞券を持っていないと入れないエリアとなっている。

エリアの利用傾向調査として、都内近郊の 1 つのシネマコンプレックスの混雑日と通常日を対象に、2022 年 11 月~12 月に調査を行った。具体的には、当該施設の 3 箇所の便所(施設入口付近(以降、エントランスという)、券売機売店等の

メインロビー（以降、メインロビーという）、検札後のシアター内（以降、シアター内という）を対象に、10時半から14時半までの計4時間のそれぞれの便所の利用者の傾向を記録するとともに人数を男女別にカウントした。

詳細調査として、衛生器具の利用実態について、施設内の衛生器具等に開閉センサー及び人感センサー等を設置し使用状況を計測した。大便器利用については、ブース扉に開閉センサーを設置し、各センサーから発せられる通知メールやアラーム履歴を収集し、発報機器名、時間を記録している。また、施設利用の人数と利用者の利用傾向を把握するために、観覧場の人数を測定するとともに、上映演目及び上映時間等の情報を記録した。機器の設置場所は、施設内の3つのエリアを対象とした。測定は、2024年2月から3月の2か月間行われた。

B3. 衛生管理手法の確立【R3-R5】

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）

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、そのリスクを検討した。また、施設の消毒・換気対策に関する情報を整理し、啓発資料を作成に資する情報を集積した。

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）

興行場の安心・安全につながる衛生対策の知見整備として、映画館の4D上映等の新しい装置の維持管理のヒアリング調査等から課題を抽出した。

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（本間/山崎/林）

特定建築物の個別空調方式の行政指導等マニ

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に資する情報を整備した。

C. 研究結果

C1. 国内外の衛生基準の調査

興行場法第2条、第3条関係基準条例準則の条文ごとに、国内の関連法規（建築物衛生法、建築基準法、消防法、バリアフリー新法（高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律）等）との関連条文整理を行った。一方、興行場に関する衛生基準の設置等の権限は、保健所設置し及び特別区へ移譲されているため、各自治体の条例・規則・細則等の衛生基準に関する項目について、抽出し整理した。

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アリングは重要であるといえる。

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。

欧州規格ならびにISOの建物内の空気質と換気に関わる規格では、興行場に特化したものではないものの、使用者の占有率と建物由来の汚染物質排出量に応じた設計換気量の決定方法、室内空気質の測定・評価方法、および目標とする室内空気質を達成するための設計方法が詳細に記述されていた。

給排水設備や水質に関する基準としてイギリスと中国を、興行場等の換気・空気質について、イギリス、中国、ベルギーの3か国の基準を参照し、後者では興行場の用途に応じて推奨される換気量が異なること、イギリスの推奨換気量はオフィスと同程度であり、中国およびベルギーよりも多いことが分かった。

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、電車等の公共交通機関、ならびに、医療施設等が対象に含まれていた。

The Indoor Environmental Quality (IEQ) guidelines database により各国の法規制やガイドラインを参照したところ、公共施設または商業施設を対象とした室内空気質に関する法令やガイドラインは 8 カ国・地域に存在したものの、映画館などの興行場を対象とした法令等は見受けられなかった。一方、興行場等を対象とした室内換気に関する法令やガイドラインは 3 カ国に存在しており、用途に応じて、各国とも同程度の最小換気量または推奨換気量が定められていた。

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ドラインは、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。

C2. 実態調査

(温度・湿度・二酸化炭素濃度)

実態調査の結果、映画館の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なされている。4D 上映における水やにおい等の演出が温度・相対湿度・二酸化炭素濃度に及ぼす影響は、空気調和設備の能力や維持管理等によるものが大きい。安心安全な観覧場の衛生環境確保のため、適切な維持管理を継続することが重要である。

(付着細菌叢)

優占率上位 20 の細菌属について、冬期では 13

属 (65%)、夏期では 8 属 (40%) は水環境に適しているものであった。また、ミスト吹出口の付着細菌と床面の付着細菌が一致しているなどことから、吹出口を含めた給水システムの適切な衛生管理は必要であることが明らかになった。

細菌叢の α 多様性指数 Chao1, Observed species, Shannon, PD whole tree を解析した結果、季節別の細菌の豊かさと均等性の間に有意な差が認められなかったが、冬期の PD whole tree が有意に低かった。即ち、冬期に近縁な細菌が多かった。

夏期と冬期のミスト吹出口表面からそれぞれバイオフィルムを形成する *Pseudomonas* と *Methylobacterium* は最もと優占的検出された。

(付着真菌叢)

2D 観覧場から検出されず、4D 観覧場から検出された優占真菌は 11 属があり、このうちの *Knufia* (子囊菌)、*Trechispora* (担子菌) は床表面からも優占的に検出されたことから、ミストによる真菌の発生があったことが示された。

同 4D 観覧場の前列または後列の噴出口表面から湿潤環境に適している *Cladosporium*, *Malassezia*, *Malassezia*, *Zygoascus* が夏季と冬季共に検出された。

α 多様性では、2D 観覧場に比べ、4D 観覧場のミスト噴出口表面付着真菌の豊かさは劣るものの、近縁菌が多いことから、ミスト噴出口表面付着真菌が特有な真菌叢を有している。

β 多様性では、夏季と冬季共に 4D 観覧場前後のミスト噴出口表面の真菌叢が類似している。

ミスト噴出口表面の優占真菌は高湿環境に適しているため、細菌と同様に給水系統にある真菌が室内環境に影響を与えている可能性がある。

(落下細菌)

1 時間の曝露でも数 cfu しか検出されなかった。また、1 時間の曝露で落下細菌は 0~60 cfu しか検出されていないことから、従来の 10 分間の曝露では観覧場内の浮遊細菌と真菌の評価は難しい。

(浮遊微生物量の評価法に関する検討)

観覧場内の浮遊微生物濃度は、人体由来の汚染質発生量と換気量とのバランスで決定する。呼吸域濃度は、観覧場内の観覧者人数、着席位置、また空調設備の運転状況等多くのファクターが影響する。現場実測結果はあくまで一事例でしかないが、同一観覧場内 2D、4D の微生物汚染状況の比較は可能である。

測定結果を分析した結果、同一観覧場内では、2D、4D の真菌落下菌数は統計的な有意差が見られず（それぞれ $p=0.84$ 、 0.99 、 0.85 ）、一方、細菌落下数については有意差が見られる観覧場もあった（それぞれ $p=0.24$ 、 0.03 、 0.06 ）。また 4D に関しては 2D よりも細菌数が多い傾向にあることがわかった。

準則（法第 3 条第 2 項関係）にある観覧場の落下菌数 30 或いは場内の落下菌数 50 は、日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013 に掲載されている他の建物用途の基準（0.5～10、換算値含む）と比較すると 3～5 倍以上大きいことがわかった。

（空気中の準揮発性有機化合物（SVOC）の分析）

特に揮発性の低い成分について、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。

（空気中のイソシアネートの分析）

1 週間の長期サンプリングが可能となったことで、低濃度であっても高感度に長期のモニタリングが可能となった。

（加熱脱着 GCMS を用いた空気中のにおい成分に関する分析）

分析の結果から、対象とした 145 成分のうち、4D 及び 2D シアターの各演目の中で検出された成分は 61 成分あり、これらの成分を臭いの系統ごとに分類すると、カビ系（2 種）、果物（19 種）、食品・植物系（13 種）、防虫剤系（6 種）、溶剤・油系（23 種）、その他（2 種）というように、果物や溶剤・油系の成分が比較的多い傾向にあった。また、2D から検出された成分は 59 成分で、4D から検出された成分は 61 成分であったが、2D から

検出された成分の中には、4D と重なるものも多数含まれていたことから、これらは 4D のエフェクトの影響によるものではなく、上映中の飲食や衣類などに由来する人の行動や建物の建材や機材などに由来する成分が多く影響していると考えられた。

得られた結果は、有害性が懸念されるレベルではない。

（衛生器具の使用状況に関する調査）

シネマコンプレックスにおいて、施設内に 10 観覧場程度を有する構成になり、基準の緩和について同 準則 9 項、ただし書きについて同 準則 8（3）に示されてはいるものの、興行場法の対象施設は多様であり、1 つの基準では施設の運用状況により適当数となっていない（多い場合、或いは少ない場合がある）ことも考えられる。映画館は、1 演目ごとに観客が入れ替わる。観覧場以外の施設内に滞在する利用者の人数は、施設側が上映の開始と終了時刻をずらすことや、上映開始前に入場できるタイミングをコントロールすること等によって、一定程度コントロールされている。観覧場以外の施設内に滞在する利用者の人数を算出したところ、満員の際にも施設の観覧場以外には総定員比の半分以上となる運営計画となっていた。

ワンフロアに計画されているシネマコンプレックスの場合、施設入り口付近、券売機付近、観覧場のあるシアター内の概ね 3 つのエリアにトイレが設置されていることが多く、観覧場は上映開始前に入場できる時刻をコントロールしている。また、ショッピングモール等複合施設内にある場合には、シネマコンプレックスに入るまでに、他の場所のトイレを利用している場合もある。施設計画の際に、運用計画等を踏まえて、適正数を設置することは、利用者の利便性の向上につながるとともに、営業者の維持管理等の負担を軽減する効果があると考えられる。

デジタル技術の活用により使用頻度等が可視化できれば、便器の清掃や物品の補充等の維持管理

についても、営業者側の人手不足の解消につながるとともに、効率的に行うことができる可能性がある。一方、利用者にとっても、ブースの混雑情報が得られることは、利便性の向上につながる可能性がある。調査結果からは、エントランスのブースが混雑している際に、メインロビーのブースが空いている場合があることが示されている通りである。

C3. 衛生管理手法の確立

C3.1. 浮遊飛沫感染に関するエビデンス整理

(浮遊飛沫 (エアロゾル) 感染の機序)

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。

(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。

(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。

C3.2. 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。

C3.3. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

COVID-19 パンデミックに際し、政府機関によって換気の必要性が啓発された。夏期の熱中症、冬期の寒さ対策を踏まえた換気対策を示すなど、WHO 等の国外の情報、国内のクラスター調査の知見を踏まえ、日本独自の対策が発信された。また、感染抑制に必要な換気量、空気の流れに関する定量的な知見が非常に少ないと共に、変異株の流行の影響に関する定量的な推定も困難である中、国立感染症研究所はエアロゾル感染に関する整理を行い、政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会は、エアロゾル感染対策として、空気の流れを考慮した効率的な換気方法を示した。これらの対応は、今後の新興再興感染症への対策に影響し、パンデミック時の空調換気運転のあり方、建築設備の設計と維持管理に関する課題を提起した。

C3.4. 集団感染と浮遊飛沫感染対策に関する調査

クラスター発生時の換気性状については、CO₂ をトレーサーとしてアイスリンク内と客席の換気回数を示した。クラスター発生時のエアロゾル拡散性状については、スモークを用いて練習試合

時の選手の運動の影響を確認した。また、換気性状の測定結果に基づいて、アイスリンク内の選手及びレフリー、西側の客席の観客の感染リスクに関する試算を行い、選手等から観客へのエアロゾル感染の可能性を示した。

しかし、実際のクラスター発生時と測定及び分析の条件には、以下の相違点が挙げられる。実際のクラスター発生時には、休憩時に整氷車が使用され、整氷作業に伴うアイスリンク内空気の攪拌があったと考えられる。また、選手及び観客等の出入りによって出入口での通気やアリーナ内の気流変化が発生したと考えられる。従って、実際のクラスター発生時には、アイスリンクの冷氣溜まりから客席へのエアロゾルの移動、客席での拡散は、本測定及び分析の結果よりも顕著であった可能性がある。

エアロゾル感染対策の検証では、アイスリンク内空気の客席への拡散を抑制するために、西側の低層に排気ファンを設置した。スモークを用いた検証を行い、有意な効果を確認した。

しかし、試合中の選手の運動、整氷作業、観客の移動などによる空気の攪拌が、対策ファンの効果に一定の影響を及ぼす可能性がある。

本研究は、特定建築物の興行場に分類されるアイスアリーナにおける空調換気性状と COVID-19 クラスターとの関連性、エアロゾル感染対策の立案と効果検証を行った。アイスアリーナには、アイスリンクの氷の維持、透明防護ガラスの結露や曇りの防止、霧の発生防止などの特有の条件がある。このため、アイスリンク上の空気の安定維持を優先した、空調換気設備と運転制御が行われている。このような特有の空調換気性状の下で、アイスリンク内で選手などから発生したウイルスが冷氣溜まり中で蓄積する。さらに、透明防護パネルがない選手ベンチから流出して客席に拡散することで、観客を含めた大きなクラスターが発生した。

興行場の用途、空調換気性状は多様であるため、

感染リスクにも大きな差があると考えられる。このような多様性を踏まえた空調換気設備の設計と運転制御、感染対策が必要であることを、釧路アイスアリーナにおける COVID-19 クラスターの調査分析の結果は示したと考えられる。

D. 結論

興行場では新しい演出が求められることから、新たな興行内容の実態等を踏まえた衛生基準への提言に資する科学的根拠の構築が必要となっている。本研究班では、①国内外の衛生基準調査、②実態調査、③衛生管理手法の確立について、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した。

国内外の衛生基準の調査では、これまでに、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ているが、継続して国内外の情報集積を行い、必要に応じて情報を更新した。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。

実態調査では、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、各都道府県等の条例について、衛生項目別に分析し、その課題を抽出するとともに、現場調査として、興行場のうち映画館のシネマコンプレックスの観覧場（2D 観覧場と 4D 観覧場）の実測（入場者数、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）と維持管理に関するヒアリングを行い、温熱環境を含む多面的な衛生管理に関するエビデンスを集積した。調査を行った施設の観覧場は、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おり、4D

と 2D の観覧場で大略的には温湿度二酸化炭素濃度に大きな差はみられなかった。4D 上映における水やにおい等の演出が温度・相対湿度・二酸化炭素濃度に及ぼす影響は、空気調和設備の能力や維持管理等によるものが大きいといえる。また、新型コロナウイルス感染症の換気対策として、映画館でもシネマコンプレックスのような空気調和設備等が備えられた施設では、二酸化炭素濃度 1,000ppm 以下の運転が可能であることも確認された。安心安全な施設の維持には、空気調和設備等の適切な維持管理を継続するとともに、4D 装置を有する場合は吹出口を含めた給水システムの適切な衛生管理を継続することが重要である。4D のエフェクト効果などによる映画館特異的な発生源の影響を調べるため、GCMS/異臭分析システムを用い、映画館内の 4D 及び 2D 観覧場におけるにおい成分の測定を行ったところ、有害性が懸念されるレベルのものは検出されなかった。衛生器具の利用に資するため施設内の滞在人数を算出したところ、満員の際にも施設の観覧場以外には総定員比の半分以下となるように上映スケジュールが計画されており、衛生器具を利用する最大人数はコントロールされていた。準則（法第 3 条第 2 項関係）にある観覧場の落下菌数 30 或いは場内の落下菌数 50 について検討したところ、日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013 に掲載されている他の建物用途の基準（0.5～10、換算値含む）と比較すると 3～5 倍以上大きいことが示された。また、落下真菌については、1 時間の曝露でも数 cfu しか検出されず、1 時間の曝露で落下細菌は 0～60 cfu しか検出されていないことから、5 分から 10 分間程度の曝露ではスクリーン内の浮遊細菌と真菌の評価は難しいといえる。このように、興行場の映画館のシネマコンプレックスにおいて、これまでに明らかになっていなかった上映中の室内環境及び衛生状況のエビデンスを集積した。

衛生管理手法の確立では、安心安全な興行場の室内衛生環境の確保を目指して、浮遊飛沫（エア

ロゾル）感染リスクの検討を行い、建築物、空調換気設備、維持管理、空気清浄やマスクの感染対策等、多数の要因の影響を受ける可能性を分析した。また、興行場のスポーツ施設に該当するアイスアリーナについて、空調換気性状と COVID-19 集団感染との関連性、エアロゾル感染対策の立案と効果検証を行い、施設の特徴を踏まえた空調換気設備の設計と運転制御、感染対策が必要であることを示した。

これら一連のエビデンスの集積により、興行場の建築設備の設計と維持管理や運用の在り方に関する課題の提起が可能となる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yanagi, U; Kaihara, N.; Simazaki, D.; Bekki, K.; Homma, Y.; Iba, C.; Asai, A.; Hayashi, M. Bacterial Flora on Mist Outlet Surfaces in 4D Theaters and Suspended Particle Concentration Characteristics during 4D Movie Screenings. *Microorganisms* 2023, 11, 1856. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071856>
- 2) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, *Atmosphere*, 2023.11.
- 3) 山田裕巳,本間義規,阪東美智子,林基哉; 宿泊施設の衛生的環境に関する実態調査 住宅宿泊事業法施行期の長崎・京都・大阪における室内環境調査; 日本建築学会環境系論文集 813,p.857-868,2023.11.
- 4) 浅岡凌,海塩渉,鍵直樹,林基哉,澤地孝男,上野貴広; 新型コロナウイルス感染症蔓延時のオフィスにおける室内環境質の実態 (その1): 室内環境の2時点比較および感染症対策との関連; 日本建築学会環境系論文集 808,p.547-555,2023.06.
- 5) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ;*Atmosphere* 14(1) 150-150, 2023.01.10
- 6) 林基哉, 環境工学からの情報発信・予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載> コロナ備忘録), 日本建築学会建築雑誌,p36-39,2023.01
- 7) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態,室内環境 25,p33-40,2022
- 8) 林基哉, 【特集】 COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60 巻 5 号, 2023. 01.31
- 9) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49,2023.01
- 10) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策 (その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況,日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p300-306,2023.04
- 11) 柳宇: 新型コロナウイルス対策として空調・換気設備ができること. 住まいと電気, 第34, 第8号, 5-8. 2022. ISSN 2187-8412.
- 12) 柳宇: エアロゾル感染を考える. 近代建築, Vol.76, 2-3, 2022. ISSN 0023-1479.
- 13) Watanabe K, Yanagi U, et al. Bacterial communities in various parts of air-conditioning units in 17 Japanese houses. *Microorganisms*. 2022, 10(11), 2246. doi:10.3390/microorganisms10112246

2. 総説

なし

3. 書籍

なし

4. 学会発表

- 1) 浅井敦人、柳 宇、開原典子、本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、林基哉：映画館における室内空気質実態に関する査研究 第 1 報 4D と 2D 映画館における生菌と浮遊微粒子の測定結果、2023 年日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1393-1394.
- 2) 柳 宇、開原典子、本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、浅井敦人、林基哉：映画館における室内空気質実態に関する査研究 第 2 報 4D と 2D 映画館付着細菌叢の解析結果、2023 年日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1395-1396.
- 3) 開原典子、柳 宇、本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、林基哉：映画館における室内空気質実態に関する査研究 第 3 報 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定、2023 年日本建築学会大会学術講演梗概集、pp1397-1398.
- 4) 浅井敦人、柳 宇、開原典子、本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、林基哉：冬期の 4D 映画館におけるミスト噴出口と床面の付着真菌叢、2023 年室内環境学会学術大会講演要旨集、pp.214-215.
- 5) 柳 宇、開原典子、本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、浅井敦人、林基哉：シアターにおける室内空気質実態に関する査研究 第 4 報 4D 映画館ミスト噴出口の付着細菌叢、2024 年日本建築学会大会学術講演梗概集 (in press) .
- 6) 開原典子、柳 宇、開本間義規、島崎大、伊庭千恵美、戸次加奈江、林基哉：シアターにおける室内空気質実態に関する査研究 第5報 観覧場内における4D 上映中の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定2024年日本建築学会大会学術講演梗概集 (in press) .
- 7) 松永 崇孝 , 菊田 弘輝 , 林 基哉,換気と空気清浄によるエアロゾル除去性能の評価,日本建築学会学術講演梗概集,p1561-1562,2023-07
- 8) 開原典子, 柳宇, 島崎大, 戸次加奈江,本間義規, 伊庭千恵美, 菊田弘輝, 林基哉. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その7 映画館の上映中の室内空気質実態調査. 第83回日本公衆衛生学会総会 (in press) .
- 9) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下における居住リテラシーに関するWEB調査 その2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
- 10) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07
- 11) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ蘭慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
- 12) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
- 13) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-

2094,2022.07

- 14) 戸次加奈江、内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 拡散サンプラーを用いた空気中イソシアネートの捕集及び分析. 2022年室内環境学会学術大会; 2022. 12.1-2; 東京. 同講演集
- 15) 戸次加奈江、内山茂久、稲葉洋平、牛山明. 簡易測定法による空気中イソシアネートの濃度調査. 第93回日本衛生学会学術総会; 2022. 3.2-3; 東京. 同講演集
- 16) 柳宇, 林基哉, 中野淳太, 開原典子, 菊田弘輝, 本間義規, 長谷川兼一. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態その1 中央方式と個別方式における空気環境の比較. 第81回日本公衆衛生学会総会; 2022.10.7-9; 甲府 (ハイブリッド形式). 日本公衆衛生雑誌. 2022;69(10 特別付録):251.
- 17) 林基哉, 菊田弘輝, 長谷川麻子, 柳宇, 中野淳太, 鍵直樹, 長谷川兼一, 東賢一, 本間義規, 小林健一, 阪東美智子, 金勲, 開原典子. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態その2 COVID-19事例における空調換気の調査. 第81回日本公衆衛生学会総会; 2022.10.7-9; 甲府 (ハイブリッド形式). 日本公衆衛生雑誌. 2022;69(10 特別付録):441.
- 18) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 戸次加奈恵, 伊庭千恵美, 菊田弘輝, 林基哉. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態その4 興行場の衛生管理と室内環境. 第81回日本公衆衛生学会総会; 2022.10.7-9; 甲府 (ハイブリッド形式). 日本公衆衛生雑誌. 2022;69(10 特別付録):441.
- 19) 本間義規, 開原典子, 柳宇, 林基哉, 菊田弘輝, 島崎大, 戸次加奈恵, 伊庭千恵美. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態その5 映画館内における浮遊微粒子の空間挙動把握. 第81回

日本公衆衛生学会総会; 2022.10.7-9; 甲府 (ハイブリッド形式). 日本公衆衛生雑誌. 2022;69(10 特別付録):441.

- 20) 伊庭千恵美, 島崎大, 柳宇, 開原典子, 戸次加奈恵, 本間義規, 林基哉. 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態その6 海外の規制等に関する文献調査. 第81回日本公衆衛生学会総会; 2022.10.7-9; 甲府 (ハイブリッド形式). 日本公衆衛生雑誌. 2022;69(10 特別付録):442.

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