

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5年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 開原 典子

令和6（2024）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5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	上席主任研究官
研究分担者	林 基哉	北海道大学	特任教授
	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	准教授
協力団体	全国興行生活衛生同業組合連合会		
研究協力者	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	
	山岸 拓也	国立感染症研究所	
	黒須 一見	国立感染症研究所	

令和6年（2024）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. 13
島崎大、伊庭千恵美		
2. シネマコンプレックスの温熱環境と衛生器具等利用に関する実態調査	---	p. 21
開原典子、柳宇、伊庭千恵美、島崎大、戸次加奈江、本間義規、 林基哉、菊田弘輝、山崎和生		
3. 映画館の映画上映中の浮遊と落下粒子状物質の実態調査	-----	p. 37
柳宇		
4. 夏期における映画館観覧場の落下菌調査とその分析	-----	p. 49
本間義規、島崎大、戸次加奈江、伊庭千恵美、開原典子		
5. 加熱脱着GCMSを用いた空気中のにおい成分に関する分析	-----	p. 57
戸次加奈江		
6. COVID-19の影響を踏まえた興行場の換気対策	-----	p. 69
林基哉、菊田弘輝、山岸拓也、黒須一見		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 87



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）の夏期実測（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シアター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。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



## 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

調査施設は、令和4年度に行った冬期調査<sup>1)～4)</sup>と同じ都内近郊の3つのシネマコンプレックスであり、4D観覧場を1つと、2D観覧場約10を持つ施設である。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。

##### （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つのシネマコンプレックスについて行い、1つの施設あたり、4D観覧場の場合は1つの観覧場を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、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℃ の 2 日間と 25℃ 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 $\mu\text{m}$ 、0.5~0.7 $\mu\text{m}$ 、0.7~1.0 $\mu\text{m}$ 、1.0~2.0 $\mu\text{m}$ 、2.0~5.0 $\mu\text{m}$ 、5.0 $\mu\text{m}$ ~) 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)

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、D 映画館と E 映画館の 4D 映画上映後に前方と後方のミスト吹出口表面の付着細菌を採取した。

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、MACHERY-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。 $\beta$  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)

施設内観覧場において、通常営業時の約 2 週間、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度 (HOBO、mx1102a を 1 台使用) のみ、1 分間隔で連続的に測定を行った。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を対象とし 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。昨年度の検討では、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 $0.002445(\text{CFU}/(5 \text{ 分間} \cdot \text{皿})) / (\text{CFU}/\text{m}^3)$ 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する。

（9）加熱脱着 GCMS を用いた空気中における成分に関する分析

株式会社島津製作所による 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 装置で成分を同定・定量した。

（10）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。

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て、その利用状況を計測した。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。

給排水設備や水質に関する基準としてイギリス(BS8580)と中国(GB55020)を参照し、後者において人体に直接接触する噴水設備の水質は国家基準 GB5749 の要件に準拠することから、映画館での4D上映での水の噴霧効果は当該の基準が準用されることが示唆された。

興行場等の換気・空気質について、イギリス(BS5925)、中国(GB50736)、ベルギー(NBN D 50-0001)の3か国の基準を参照したところ、いずれも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(28.8[m<sup>3</sup>/h])はオフィスと同程度であり、中国(11-14[m<sup>3</sup>/h])、ベルギー(11.5-16.1[m<sup>3</sup>/h])よりも多いことが分かった。

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。

同データベースにて、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、いずれも、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。

## 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* は最も優占的に検出された。

(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* (子嚢菌)、*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、細菌と同様に給水システム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。

(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、人体由来の汚染物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。昨年度報告書に記載した 11・12 月の映画館観覧場測定結果をもとに 1m<sup>3</sup>当たりの個数濃度への換算方法の考察を引き続き行うとともに、今年度は、夏期（8・9 月）の映画館観覧場内の落下菌測定を実施・評価した。

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（A、B、C 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（A、B、C 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。

（浮遊微生物量の評価法に関する検討）

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。

（加熱脱着 GCMS を用いた空気中の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ものの、継続した調査を行うことで、今後とも実態を把握しておく必要があると考えられ、特に、興行場は、感受性や健康状態の異なる多数の人々が利用する場であることから、継続した衛生管理を行う上でも実態調査は必要と考えられた。

（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 COVID-19 の影響を踏まえた興行場の換気対策

クラスター発生時の換気性状については、CO<sub>2</sub> 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

令和 5 年度の研究によって、以下の知見が得られた。

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）の夏期実測（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、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。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) 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 p.300-306,2023.04.

- 6) 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, P.4-9, 2023

### 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) .

## 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

## <参考文献>

- 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) 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調査研究果 第1報 4D と2D 映画館における生菌と浮遊微生物粒子の測定結果. 2023年日本建築学会大会学術講演梗概集, 1393-1395.
- 3) 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, 1395-1396.
- 4) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 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, 1397-1398.
- 5) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 林基哉. 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 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年度日本建築学会大会 (in press) .

- 6) 興行場法第2条、第3条関係基準条例準則,  
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzanbu/0000126004.pdf> (accessed 2024.3.15)
- 7) 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) .

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 首席主任研究員  
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

海外の文献調査やデータベースに基づいて、各国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等を抽出し、明らかにすることを目的とした。

興行場に限らず一般建築の衛生管理について、昨年度までの ASHRAE や ISO 規格の調査に続いて、入手できる範囲で各国の基準を調査した。中国では GB55020-2021 という建物の給排水設備に関する規格を、イギリスでは BS 8580-1:2019 という建物の水システムにおけるレジオネラ菌のリスクアセスメントに関する規格を取り上げ、その内容についてまとめた。また、中国、イギリス、ベルギーの換気に関する基準から、劇場やコンサートホール、講堂という用途の建物における1人あたり換気量の推奨値を確認した。国際室内環境質・気候学会が公開する室内環境質ガイドラインデータベースを参照し、各国の室内空気質および室内換気に関する法規制を検索、公共施設や興行場等における基準項目や基準値、適用される用途を確認した。

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術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。

昨年度に続き、海外の文献調査やデータベースに基づいて、各国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を抽出し、明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

B1. 各国の換気・水質確保に関する基準の調査（伊庭）

2022年度まで、アメリカの ASHRAE およびヨーロッパを中心とする ISO（International Organization for Standardization）、DIN EN（ドイツ規格協会 DIN が発行するドイツの国家規格）

が発行する規格・ガイドラインから、興行場を含む一般建築の空気質や換気、衛生管理について調査したため、本年度はさらにインターネットで閲覧できる各国の換気・衛生管理に関する基準やガイドラインを集め、関連する項目をまとめた。

B2. 室内環境質ガイドラインデータベースによる各国の基準の調査（島崎）

国際室内環境質・気候学会（the International Society of Indoor Air Quality and Climate: ISIAQ）が公開する、室内環境質ガイドラインデータベース（the Indoor Environmental Quality (IEQ) guidelines database<sup>1)</sup>）を参照し、各国の興行場等を対象とした、①室内空気質、ならびに、②室内換気に関する法規制を検索した。検索の範囲は以下とした。

- ①室内空気質(Indoor Air Quality)  
・ Applicable environment

- commercial buildings
- non-residential
- public buildings
- Applicable occupant
  - worker を除く

## ②室内換気(Ventilation)

- Applicable environment
  - Bowling
  - Dance
  - Gaming
  - Museum
  - Theater (または Theatre)

## C. 調査結果および考察

### C1. 各国の換気・水質確保に関する基準の調査

表 1 に、入手した基準・ガイドラインの一覧を示す。

給排水設備や水質に関する基準はイギリス(BS8580)と中国(GB55020)のものが確認できた。BS8580 では、「レジオネラ属菌のリスク評価は法的要件であるため、この基準は、特に病院内、広範な医療業界、レジャーセンター、学校内など、水道システムの安全管理を担当するすべての人にとって非常に貴重なものとなっている。」との記述があり、特に噴水やプール、建物内の水設備でのレジオネラ属菌増殖に対して設計・管理上の配慮が求められている。また、スプレー式加湿器では、「微生物の増殖を防ぐため、システムは定期的な運転と洗浄のプロセスを組み込むことによって停滞を避けるための細心の注意を含め、加湿器に良質の水を供給することに重点を置く。」とされている。

GB55020 では、一般規定として、自ら建設した水道施設の給水管を都市部の給水管に直接接続すること、飲料水管を建物の再生水や再利用雨水などの飲料水管以外に接続することが固く禁止され、飲料水供給システムは、パイプラインや設備の逆流によって汚染されてはならず、確実な

逆流防止対策を講じることとされている。また、貯水・加圧設備の汚染防止、排水設備から汚水や廃水を安全かつ確実に排出することについても、様々な規定がある。特に、スイミングプール、娯楽・レジャー施設の給水システムについては、水質の定期・非定期検査項目とその閾値、衛生基準値が細かく規定されている。なお、人体に直接接触する噴水設備の水質は、現在の国家基準「飲料水の衛生基準」GB5749 の要件に準拠するとされており、例えば映画館での 4D 上映で水が噴霧される場合は、この基準が準用される可能性があると考えられる。

換気・空気質については、イギリス(BS5925)、中国(GB50736)、ベルギー(NBN D 50-0001)、チェコ(No. 303/2022)、デンマーク(DS 447)、フィンランド(NBC-D2)の 6 か国の基準を参照した。この中で、チェコ、デンマーク、フィンランドの基準からは興行場の換気に関連しそうな項目が読み取れなかったため、残る 3 か国の基準を確認した。

BS5925 では、建物の用途別の換気量として、「Theatres」の項目がある。これは劇場を指していると考えられるが、同じ換気量の建物用途として、Factories、Open plan の Office、Shops, department store and supermarkets があり、映画館も同じ枠に入るのはと推察される。この用途の建物では、1 人あたり 8 [L/s]、最低でも 5 [L/s]の換気を行うことが推奨されている。8 [L/s]は、28.8 [m³/h]となるため、日本のオフィスの目安である 30 [m³/h]に近い。なお、Theatres 以外の 3 つの用途では、1 人あたりに加えて、面積あたりの換気量も規定されている。また、喫煙者の多少によって、必要換気量が変わることも示されている。

GB50736 では、High density buildings の一つとして「theater, concert hall, conference hall, multi-function hall, meeting room」という用途が挙げられており、1m²あたりの人数を P とし

て、 $P \leq 0.4$  の時、1人あたりの換気量が 14 [m<sup>3</sup>/h]、 $0.4 < P \leq 1.0$  の時 12 [m<sup>3</sup>/h]、 $1.0 < P$  の時 11 [m<sup>3</sup>/h]、となっている。用途が「amusement hall, bowling alley」となると、それぞれ上記の P の値に対し 30、25、23 [m<sup>3</sup>/h]、「gym」の場合は 40、38、37 [m<sup>3</sup>/h]となっていることから、建物使用者の代謝量に応じて換気量が規定されていることがうかがえる。なお、一般のオフィスは日本と同じ1人あたり 30 [m<sup>3</sup>/h]である。

NBN D 50-0001 でも用途別に換気量が規定されており、映画館等に最も近い「Auditorium, conference room」において、床面積 1m<sup>2</sup>あたり 23 [m<sup>3</sup>/h]とされている。映画館では、施設管理部分を除いた客席部分での1席あたりの床面積は 0.5~0.7 [m<sup>2</sup>]であることが多く、1人あたりにすると 11.5~16.1[m<sup>3</sup>/h]となり、中国の GB50736 と同程度であることがわかる。

表 1 調査した各国の換気や衛生管理に関する基準・ガイドライン名称

国	基準・ガイドライン名称
イギリス	BS8580-1:2019 Water Quality. Risk assessments for Legionella control
	BS5925: 1991 Code of practice for Ventilation principles and designing for natural ventilation
中国	GB55020-2021 建筑给水排水与节水通用规范 General code for design of building water supply and drainage and water saving
	GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning for Civil Buildings
ベルギー	NBN D50-0001 1991 The NBN D50-001 Standard and the Wallon Regulations on ventilation
チェコ	Government Regulation No. 303/2022

デンマーク	DS 447: 2021 Ventilation for buildings – Mechanical, natural and hybrid ventilation systems
フィンランド	NBC-D2 Indoor Climate and Ventilation of Buildings Regulations and Guidelines 2003

## C2. 室内環境質ガイドラインデータベースによる各国の基準の調査

当該の the Indoor Environmental Quality (IEQ) guidelines database<sup>1)</sup>では、室内空気質および室内換気に関し、以下の 36 国・1 地域の法令やガイドラインが収録されていた。

- ・カナダ ・米国 ・ブラジル ・英国
- ・フランス ・ドイツ ・ベルギー
- ・オランダ ・デンマーク ・ノルウェー
- ・スウェーデン ・フィンランド
- ・スペイン ・ポルトガル ・イタリア
- ・ギリシャ ・スロベニア ・ハンガリー
- ・ルーマニア ・ブルガリア ・ポーランド
- ・チェコ ・エストニア ・ラトビア
- ・リトアニア ・ロシア
- ・ナイジェリア ・南アフリカ ・UAE
- ・インド ・中国 ・香港 ・タイ
- ・オーストラリア ・マレーシア ・韓国
- ・日本

検索結果を表 2-1 (室内空気質) および表 2-2 (室内換気) に示す。

### ①室内空気質(Indoor Air Quality)

公共施設または商業施設を対象とした法令やガイドラインは 8 カ国・地域 (ブラジル、中国、香港、ナイジェリア、ノルウェー、ポルトガル、南アフリカ、タイ) において設定されていたものの、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。

ブラジルは、Resolucao 09/2003 – ANVISA において 5 項目 (室温、相対湿度、CO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、空

気由来真菌)を対象としていた。

中国は、China National Indoor Air Quality Standard (CNIAQS)において2項目(ラドンおよび空気由来全菌数)を対象としていた。

香港は、IAQ objectives for offices and public placesにおいて9項目(CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, ホルムアルデヒド, TVOCs, ラドン, 空気由来全菌数)、A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public placesにおいて2項目(室温, 相対湿度)を対象としており、いずれも「優(excellent class)」および「良(good class)」の基準値が設けられていた。うちNO<sub>2</sub>とホルムアルデヒドは、8時間平均値と1時間(NO<sub>2</sub>)または30分(ホルムアルデヒド)平均値が設けられていた。

ナイジェリアは、National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021において11項目を対象としており、その内訳は香港と大部分が共通していたものの、CO<sub>2</sub>が含まれず、風速が含まれていた(CO, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, ホルムアルデヒド, TVOCs, ラドン, 空気由来全菌数, 室温, 相対湿度, 風速)。

ノルウェーは、Indoor air quality および Thermal conditions に関する各ガイドラインにおいて、室温のみを対象としていた。

ポルトガルは、SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021において、9項目(CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, ホルムアルデヒド, TVOCs, ラドン, 空気由来全菌数, 空気由来真菌)を対象としていた。

韓国は、IAQ Management Actにおいて、2項目(PM<sub>10</sub>,ホルムアルデヒド)を対象としていとされた。

タイは、Notification of indoor air quality for public buildings B.E 2565 (2022)において、12項目(CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, ホルムアルデヒド, TVOCs, 全菌数, 全真菌数, 室温, 相対湿度, 風速)を対象としていた。その内訳は香港や

ナイジェリアと大部分が共通していたものの、NO<sub>2</sub>とラドンは含まれず、PM<sub>2.5</sub>が含まれていた。

各項目別に比較すると、CO<sub>2</sub>は800~1250ppm、COは1.7~9ppm、ホルムアルデヒドは30~100µg/cm<sup>3</sup>、NO<sub>2</sub>は<21~100µg/cm<sup>3</sup>、PM<sub>10</sub>は20~200µg/cm<sup>3</sup>と各国間で差が見られた。とりわけ、香港およびナイジェリアは厳しい基準値・ガイドライン値を採用していた。

## ②室内換気(Ventilation)

室内換気については、アジアの3カ国(中国、シンガポール、タイ)において、興行場等の施設に特化した法令が定められていた。

中国では、ボウリング場、博物館および展示ホール、映画館観客席を対象に、General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildingsにおいて、人口密度(0.4人/m<sup>2</sup>以下・0.4-1.0人/m<sup>2</sup>・1.0人/m<sup>2</sup>超)に応じた最小換気量が設定されており、各値はいずれも映画館(11-14m<sup>3</sup>/時間/人)<博物館(15-19m<sup>3</sup>/時間/人)<ボウリング場(23-30m<sup>3</sup>/時間/人)であり、利用者の運動量を反映していた。

シンガポールでは、SS 553: 2016 Code of practice for air-conditioning and mechanical ventilation in buildingsにおいて、ダンスホールおよび劇場・映画館観客席を対象に、最小換気量が設定されており、前者が10.5L/秒/人(37.8m<sup>3</sup>/時間/人)、後者が3L/秒/人(10.8m<sup>3</sup>/時間/人)であった。

タイでは、EIT 031010-60 Ventilation for acceptable indoor air quality standard by the Engineering Institute of Thailand (EIT) and Air Conditioning Engineering Association of Thailand (ACAT)において、博物館、カジノ・ゲームセンター、音楽室・映画館・ダンスルームを対象とした推奨換気量が定められており、博物館、カジノ・ゲームセンターは3.8L/秒/人(13.7m<sup>3</sup>/時間/人)、音楽室・映画館・ダンスルームが5L/

秒/人 (18 m<sup>3</sup>/時間/人) であった。各国とも、用途に応じて同程度の換気量が設定されていることが示された。

## E. 結論

- ・給排水設備や水質に関する基準としてイギリス(BS8580)と中国(GB55020)を参照し、後者において人体に直接接触する噴水設備の水質は国家基準 GB5749 の要件に準拠することから、映画館での 4D 上映での水の噴霧効果は当該の基準が準用されることが示唆された。
- ・興行場等の換気・空気質について、イギリス (BS5925)、中国(GB50736)、ベルギー(NBN D 50-0001)の 3 か国の基準を参照したところ、いずれも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 (28.8 [m<sup>3</sup>/h]) はオフィスと同程度であり、中国(11-14[m<sup>3</sup>/h])、ベルギー(11.5-16.1[m<sup>3</sup>/h]) よりも多いことが分かった。
- ・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。
- ・同データベースにて、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、いずれも、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。

## <引用文献・URL>

- 1) ISIAQ STC34, Indoor Environmental Quality Guidelines Database, September 2020. <https://www.ieqguidelines.org/> (アクセス日: 2024 年 4 月 30 日)
- 2) BS8580-1:2019 Water Quality. Risk assessments for Legionella control

- 3) BS5925: 1991 Code of practice for Ventilation principles and designing for natural ventilation
- 4) GB55020-2021 建筑给水排水与节水通用规范 General code for design of building water supply and drainage and water saving
- 5) GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning for Civil Buildings
- 6) NBN D50-0001 1991 The NBN D50-001 Standard and the Wallon Regulations on ventilation
- 7) Government Regulation No. 303 /2022
- 8) DS 447: 2021 Ventilation for buildings – Mechanical, natural and hybrid ventilation systems
- 9) NBC-D2 Indoor Climate and Ventilation of Buildings Regulations and Guidelines 2003

## 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

表 2-1 各国の商業施設・公共施設における室内空気質に係る法規制・ガイドライン

Country	Guideline Category	Guideline Name	Year Published	Applicable Environment	Applicable Occupation	Pollutants	Value	Averaging Time
Brazil	Government Regulation	Resolucao 092/2003 - ANVISA		2003 Commercial buildings	General population	Temperature	21-26°C	8 hour
Brazil	Government Regulation	Resolucao 092/2003 - ANVISA		2003 Commercial buildings	General population	RH	35-65%	8 hour
Brazil	Government Regulation	Resolucao 092/2003 - ANVISA		2003 Commercial buildings	General population	Carbon Dioxide (CO2)	1000 ppm	8 hour
Brazil	Government Regulation	Resolucao 092/2003 - ANVISA		2003 Commercial buildings	General population	PM10	80 µg/m3	8 hour
Brazil	Government Regulation	Resolucao 092/2003 - ANVISA		2003 Commercial buildings	General population	Airborne mold	750, 110 < 1.5 CFU/m3	8 hour
China	Government Guideline	China National Indoor Air Quality Standard (CNIAQS), "Hygienic Norm of IAQ"		2002 Commercial buildings	General population	Radon	400 Bq/m3	8 hour
China	Government Guideline	China National Indoor Air Quality Standard (CNIAQS), "Hygienic Norm of IAQ"		2002 Commercial buildings	General population	Total airborne bacteria	2,500 CFU/m3	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Carbon Dioxide (CO2)	800 ppmv (excellent class), 1,000 ppmv (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Carbon Monoxide (CO)	1.7 ppmv (excellent class) 6.1 ppmv (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	PM10	20 µg/m3 (excellent class), 100 µg/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	PM2.5	40 µg/m3 (excellent class), 150 µg/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Nitrogen Dioxide (NO2)	100 µg/m3 (excellent class), 200 µg/m3 (good class)	1 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Nitrogen Dioxide (NO2)	50 µg/m3 (excellent class), 120 µg/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Ozone (O3)	30 µg/m3 (excellent class), 100 µg/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Formaldehyde	70 µg/m3 (excellent class), 100 µg/m3 (good class)	30 min
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Formaldehyde	200 µg/m3 (excellent class), 600 µg/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)	150 Bq/m3 (excellent class), 167 Bq/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Radon	500 CFU/m3 (excellent class), 1,000 CFU/m3 (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Temperature	20-25.5°C (excellent class) < 25.5°C (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	IAQ objectives for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Temperature	40-70% (excellent class) < 70% (good class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	Temperature	20 to < 25.5°C (Excellent Class), < 25.5°C (Good Class)	8 hour
Hong Kong	Government Guideline	A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places		2003 Commercial buildings	General population	RH	40 to < 70% (Excellent Class), < 70% (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Temperature	20 to < 25.5°C (Excellent Class), < 25.5°C (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	RH	40 to < 70% (Excellent Class), < 70% (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Air movement	< 0.2 m/s (Excellent Class), < 0.3 m/s (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Carbon Monoxide (CO)	< 1.7 ppbv (Excellent Class), < 8.7 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	PM10	< 21 ppbv (Excellent Class), < 80 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Nitrogen Dioxide (NO2)	< 21 ppbv (Excellent Class), < 80 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Ozone (O3)	< 25 ppbv (Excellent Class), < 61 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Formaldehyde	< 24 ppbv (Excellent Class), < 81 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Formaldehyde	< 87 ppbv (Excellent Class), < 261 ppbv (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)	< 150 Bq/m3 (Excellent Class), < 200 Bq/m3 (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Radon	< 500 CFU/m3 (Excellent Class), < 1000 CFU/m3 (Good Class)	8 hour
Nigeria	Government Regulation	National Environmental (Air Quality Control) Regulations, 2021		2021 Public buildings	General population	Airborne bacteria	< 1000 CFU/m3	8 hour
Norway	Government Guideline	Indoor air quality		Non-residential	General population	Temperature	19-22°C	8 hour
Norway	Government Guideline	Thermal conditions		Non-residential	General population	Temperature (operativo)	10-26°C	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Carbon Dioxide (CO2)	1250 ppm	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	PM10	50 µg/m3	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	PM2.5	25 µg/m3	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)	600 µg/m3	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Formaldehyde	100 µg/m3	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Radon	300 Bq/m3	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Airborne mold	= Outdoor [CFU/m3]	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Total airborne bacteria	= Outdoor [CFU/m3] + 350	8 hour
Portugal	Government Regulation	SAÚDE E AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA Portaria n.º 138-G/2021		2021 Commercial buildings	General population	Carbon Monoxide (CO)	9 ppm	8 hour
South Korea	Government Regulation	IAQ Management Act		2020 Commercial buildings	General population	PM10	200 µg/m3	Ceiling limit
South Korea	Government Regulation	IAQ Management Act		2020 Non-residential	General population	Formaldehyde	100 µg/m3	Ceiling limit
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Temperature	24-26°C	8 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	RH	50-65%	8 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Carbon Dioxide (CO2)	1000 ppm	8 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	PM2.5	< 25 µg/m3	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	PM10	< 50 µg/m3	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Total Volatile Organic Compounds (TVOCs)	< 1000 ppb	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Formaldehyde	< 9 ppm	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Carbon Monoxide (CO)	< 0.08 ppm < 100 µg/m3	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Ozone (O3)	< 0.05 ppm	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Total bacteria count	< 500 CFU/m3	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Total fungal count	< 500 CFU/m3	24 hour
Thailand	Government Guideline	Notification of indoor air quality for public buildings B.E. 2565 (2022)		2022 Public buildings	General population	Air movement	< 0.3 m/s	24 hour

表 2-2 各国の興行場等施設における室内換気に係る法規制・ガイドライン

Countries	Guideline Category	Guideline Name	Year Published	Ventilation Parameter	Applicable Environment	Value	Notes
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Bowling room	30 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 0.4 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Bowling room	25 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 1.0 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Bowling room	23 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density > 1.0 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Museum and other exhibition halls	19 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 0.4 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Museum and other exhibition halls	16 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 1.0 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Museum and other exhibition halls	15 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density > 1.0 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Theater auditorium	14 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 0.4 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Theater auditorium	12 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density ≤ 1.0 per person/m <sup>2</sup>
China	N/A	General code for heating, ventilation and air-conditioning of civil buildings	N/A	Minimum ventilation	Theater auditorium	11 m <sup>3</sup> /h/person	For the personnel density > 1.0 per person/m <sup>2</sup>
Singapore	Government Standard	SS 553: 2016 Code of practice for air-conditioning and mechanical ventilation in buildings	2016	Minimum ventilation	Dance hall	10.5 l/s/person (7 l/s per m <sup>2</sup> floor area)	Air class 1. Dance halls refer to night clubs. The outdoor air supply in discotheques requires 50% Air class 1.
Singapore	Government Standard	SS 553: 2016 Code of practice for air-conditioning and mechanical ventilation in buildings	2016	Minimum ventilation	Theatres and cinemas seating area	3.8 l/s/person (2 l/s per m <sup>2</sup> floor area)	
Thailand	Government Standard	EIT 031010-60 Ventilation for acceptable indoor air quality standard by the Engineering Institute of Thailand (EIT) and Air Conditioning Engineering Association of Thailand	2017	Ventilation	Publics (Museum (children))	3.8 l/s/person (0.6 l/sm <sup>2</sup> )	The EIT standard follows ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013
Thailand	Government Standard	EIT 031010-60 Ventilation for acceptable indoor air quality standard by the Engineering Institute of Thailand (EIT) and Air Conditioning Engineering Association of Thailand	2017	Ventilation	Publics (Museum/exhibition)	3.8 l/s/person (0.3 l/sm <sup>2</sup> )	The EIT standard follows ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013
Thailand	Government Standard	EIT 031010-60 Ventilation for acceptable indoor air quality standard by the Engineering Institute of Thailand (EIT) and Air Conditioning Engineering Association of Thailand	2017	Ventilation	Sport and entertainment (Casino, gaming center)	3.8 l/s/person (0.9 l/sm <sup>2</sup> )	The EIT standard follows ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013
Thailand	Government Standard	EIT 031010-60 Ventilation for acceptable indoor air quality standard by the Engineering Institute of Thailand (EIT) and Air Conditioning Engineering Association of Thailand	2017	Ventilation	Music room, theater, dance room	5 l/s/person (0.6 l/sm <sup>2</sup> )	The EIT standard follows ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013

(このページは空白です)

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  
シネマコンプレックスの温熱環境と衛生器具等利用に関する実態調査

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	上席主任研究官
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
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院	生活環境研究部	上席主任研究官
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
研究分担者	本間 義規	国立保健医療科学院		統括研究官
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
研究協力者	山崎 和生	山崎技術士事務所		所長

#### 研究要旨

興行場の室内空気環境等の実態や興行場の用途毎の特質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求められている。本報では、興行場における衛生的な環境確保を目的として、大規模映画館であるシネマコンプレックスの室内温熱環境と衛生器具の使用状況について、実態を把握した。

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。

シネマコンプレックスの大便器利用の実態調査の結果、施設側の上映スケジュールによる利用者数のコントロールや、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、施設内の人の流れを概ね制御可能であることから、利用者が不便を感じない個数を備えているといえる。また、シネマコンプレックスでは人手が不足する傾向にあることから、トイレの維持管理におけるデジタル技術の活用にも期待したい。

#### A. 研究目的

##### A1. 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度

興行場法に定める興行場の衛生措置は、条例で定められることが法で規定されているが、興行場の室内空気環境の実態等について、地方自治体への技術的助言に資する情報が不足している。

興行場法は、建築物における衛生的環境の確保に関する法律（建築物衛生法）のように、建物の規模や用途で対象を定めておらず、興行場の許可施

設としては、多様な施設がある。また一方で、現在の地方自治体への技術的助言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、様々な興行内容による室内環境への影響や衛生管理を踏まえた衛生基準の情報整備が必要になっている。

本調査では、前年度に続き、興行場のうち、映画館において、同一施設に複数の観覧場を有するシネマコンプレックスの温熱環境を含む多面的な衛

生管理の調査を行い、エビデンスを集積することを目的としている。

## A2. 衛生器具の使用状況に関する調査

これまでに、全自治体（都道府県、指定都市等、特別区）の興行場法施行条例、同施行細則、同規則について、衛生器具の数に関する内容を整理した結果、基準を有するのは調査自治体157のうち117（約75%）であった。基準を有する場合にも、人数に対する場合と、面積に対する場合とがある。また、面積基準の場合には、観覧場の床面積の合計について傾斜配分になっている場合と、定員数に対して傾斜配分になっている場合があり、傾斜配分もいくつかのパターンを有している状況が確認された。なお、適当数とのみ表示している場合には、基準を有しないものとしてカウントした。

本調査では、衛生器具の適正数に関する内容について、男性用便器（大便器）と女性用便器の利用状況について、現場調査により実際の一端を把握することを目的としている。

## B. 研究方法

### B1. 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度

本報告の調査施設は、冬期調査<sup>1)~4)</sup>と同じ都内近郊の3つのシネマコンプレックスであり、4D観覧場を1つと、2D観覧場約10を持つ施設である。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。

#### B1.1. 調査A（詳細調査）

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つのシネマコンプレックスについて行い、1つの施設あたり、4D観覧場の場合は1つの観覧場を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、調査は、2023年8月～9月に実施した。

#### B1.2. 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、2023年8～10月に実施した。

## B2. 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。表-1に3つのエリアの衛生器具の設置数を示す。

施設内の衛生器具等に関閉センサー及び人感センサー等を設置して、その利用状況を計測した。大便器利用については、ブース扉に関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。

## C. 研究結果

### C1. 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度<sup>5)</sup>

#### C1.1. 調査 A (詳細調査)

図1に、各施設の観覧場における上映中の温度の結果を示す<sup>注1), 注2)</sup>。各施設、冬期夏期の差は小さく、ほぼ同じ温度(平均約23℃～約25℃)に管理されている。日内の変動も小さいが、観覧場内5か所の分布も小さいことがわかる。なお、各施設とも施設のある自治体の条例の基準を満たしている(本報の対象施設の基準は、「興行場法第2条、第3条関係基準条例準則」<sup>6)</sup>と同じである)。

図2に、相対湿度の結果を示す<sup>注1), 注2)</sup>。温度とは異なり、施設により運用に差があることがわかる。具体的には、施設Cの場合、冬期・夏期によらず観覧場内は約50%RHとなるよう湿度調整されていることがわかる。施設Dや施設Eの場合、相対湿度の基準の範囲で外気を多く導入していることがわかる。また、各施設とも、温度同様に、平面的な空間分布は小さく、日内の変動も小さい。

図3に、二酸化炭素濃度の結果を示す<sup>注1), 注2)</sup>。こちらも施設により運用に差があることがわかる。平均値においてはいずれの施設も冬期・夏期ともに1,000ppm以下となっているが、なかでも施設Dは外気を多く導入し常時1,000ppm以下となる運用を目指している。なお、温湿度と同様に、各施設とも条例の基準を満たしている。

#### C1.2. 調査 B (2週間の連続測定)

本調査は全ての観覧場で行い、結果を得ているものの、施設Cの4D観覧場の夏期の結果を示す。測定開始後、2日目～3日目、9日目～10日目が、混雑日となっている。

図4に、温度の結果を示す。測定期間を通じて、各日の変動は小さく、観覧場内の日平均値は約23℃～約24℃であった。条例の基準を満たしており、混

雑日においても、大略的には混雑日以外(以下、通常日という)と同様となっている。

図5に、相対湿度の結果を示す。観覧場内の日平均値は約35%RH～約62%RHであった。通常日、混雑日にかかわらず、条例の基準を満たしている。

図6に、絶対湿度の結果を示す。観覧場内の日平均値は約7g/kg(DA)～約11g/kg(DA)であった。

図7に、二酸化炭素濃度の結果を示す。概ね1,000ppm以下になるように管理されていることがわかる。

### C2. 衛生器具の使用状況

図8に、調査施設の混雑日と通常日の上映スケジュールの例を示す。施設側の運営として、各観覧場の演目をずらして幕間を調整し、利用者が無計画とならないようにしている。

図9に、満員である場合の観覧場以外の施設内に滞在する人数(観覧場以外の施設内人数)と、施設の総定員比(施設内の人数/施設定員)を算出した結果を示す。調査対象の施設では、上映開始時刻の10分前から観覧場に入場できるようになることを踏まえ、利用者によっては、早くから施設にいる場合もあるものの、観覧場以外の施設内人数について、図8に示す上映スケジュールを基に、上映時刻前後10分間は、観覧場の定員の人数が施設内にいると仮定して算出した。図より、混雑日は平均約12%、通常日は平均約10%であり、混雑日・通常日を通じて最大でも総定員比50%以下であることがわかる。

以降、実測の結果を図10～図15に示す。図中の1,2,8,9,12,15,16,22,23日目が混雑日として想定されている日であった。

図10に、大便器ブースの扉が閉まった回数<sup>注3)</sup>を示す。男性用・女性用ともに、通常日より混雑日の使用回数が多い。男性用の場合、最も使用回数の少ない通常日の場合でも、使用回数の最も多い混雑日約1/4倍である。一方、女性用の場合は、

最も使用回数の少ない通常日の場合、最も使用回数の多い混雑日の約 1/5 倍である。また、大略的には、男性用も女性用も使用回数の多い日と少ない日は、連動している傾向にある。エリアの使用頻度をみると、エントランスが最も多く、次いでシアター内、メインロビーであることがわかる。

図 11～図 13 に、表 1 に示したブースについて、ブースごとに、回数、日平均（回数/日）、時間平均（回数/h）を示す。図 11 はエントランス、図 12 はメインロビー、図 13 はシアター内である。どのエリアであっても、日による使用回数の“多い/少ない”の傾向は類似している。また、これらのブースは、エリアが異なる場合にも、混雑日・通常日ともに、使用されやすいブースの順は変わらない傾向にある。女性用のブースの場合、エントランスでは E8 と E1、メインロビーでは M10 と M9、シアター内では T2 と T1 の使用頻度が最も高い一方で、エントランスでは E6 と E5、メインロビーでは M6 と M5、シアター内では T7 と T6 の使用頻度が低い。すなわち、入口に近いブースは使用頻度が高く、入り口から遠いブースは使用頻度が低い傾向にある。

以降、利用の多い女性用について、結果を示す。

図 14 に、混雑日と通常日の日内の大便器ブースの使用回数（女性用の場合）を示す。混雑日・通常日ともに、各観覧場上映までに 25 分間の幕間が設けられているが、その時間に大便器ブースの利用が増えることが確認できる。また、19 時以降の利用が日中に比べて少ないこともわかる。

図 15 に、エリア別に混雑日と通常日の日内の大便器ブースの使用回数（女性用の場合）を示す。エントランスとメインロビーは、観覧券を持っていない人も利用できるが、エントランスの方がメインロビーよりも利用者が多く混雑する傾向にある。メインロビーで利用者がいない或いは少ない場合にも、エントランスで混雑或いは多い場合がある。

## D. 考察

### D1. 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度<sup>1)</sup>

事例的にはなるが、興行場のうち大規模映画館であるシネマコンプレックスの観覧場は、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 の演出による室内環境への影響の程度は、本報告と同様の施設では、その演出の効果や客数の変動に対応できる設計がなされていることが推測される。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ことが重要である。

### D2. 衛生器具の使用状況

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（多い/少ない）となっていないことも考えられる。映画館は、1 演目ごとに観客が入れ替わる。施設内のおおよその利用者人数は、施設側の上映スケジュールによって、コントロールされている。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、施設内の人の流れを概ね制御していることを前提とするものの、本調査の施設における大便器ブースは利用者が不便と感ぜない個数を備えているといえる。

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のと同時に、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、営業側の人手不足の解消につながるのと同時に、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。

## E. 結論

興行場の室内空気環境等の実態や興行場の用途毎の特質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求められている。本報では、興行場における衛生的な環境確保を目的として、大規模映画館であるシネマコンプレックスの室内温熱環境と衛生器具の使用状況について、実態を把握した。

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。

シネマコンプレックスの大便器利用の実態調査の結果、施設側の上映スケジュールによる利用者数のコントロールや、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、施設内の人の流れを概ね制御可能であることから、利用者が不便を感じない個数を備えているといえる。また、シネマコンプレックスでは人手が不足する傾向にあることから、トイレの維持管理におけるデジタル技術の活用にも期待したい。

注釈)

注1：図1～図3の凡例は、アルファベットは施設を示し、アルファベットに続く数字“1”は4D観覧場を示し、続く数字は、観覧場の測定点の平面分布であり、スクリーンに向かい右前を“1”、右後を“2”、“左後を”3“、左前を”4“、中央を”5“である。また、末尾の”w“は冬期調査（2022年11月）・”s“は夏期調査（2023年8～9月）を示している。

注2：図中の赤色の破線は、「興行場法第2条、第3条関係基準条例準則」における各要素の基準を示している。

注3：回数には、掃除の目的で扉の開閉を行ったものも含まれている。

<謝辞>

本研究にご協力いただいた全国興行生活衛生同業組合連合会及び、各映画館の関係各位に謝意を表す。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) U Yanagi, Noriko Kaihara, Dai Simazaki, Kanae Bekki, Yoshinori Homma, Chiemi Iba, Atsuto Asai and Motoya Hayashi. Bacterial Flora on Mist Outlet Surfaces in 4D Theaters and Suspended Particle Concentration Characteristics during 4D Movie Screenings. *microorganism* 2023. 6; 11(7). DOI:10.3390/microorganisms11071856

### 2. 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調査研究 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年度日本建築学会大会 (近畿); 2023.9; 京都. p.1393-4
- 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調査研究 第2報 4Dと2D映画館付着細菌叢の解析結果. 2023年度日本建築学会大会 (近畿); 2023.9; 京都. p.1395-6
- 3) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 林基哉. 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第3報 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定. 2023年度日本建築学会大会 (近畿); 2023.9; 京都. p.1397-8
- 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吹出口と床面の付着真

菌叢. 2023年室内環境学会学術大会; 2023.11; 沖縄. p.214-5

- 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. 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第4報 4D映画館ミスト吹出口の付着細菌叢. 2024年度日本建築学会大会 (in press) .
- 6) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 林基哉. 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 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年度日本建築学会大会 (in press) .
- 7) 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) .
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.

15)

## 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) 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) 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調査研究果 第1報 4D と2D 映画館における生菌と浮遊微生物粒子の測定結果. 2023 年日本建築学会大会学術講演梗概集, 1393-1395.
- 3) 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, 1395-1396.
- 4) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 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, 1397-1398.

- 5) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 伊庭千恵美, 戸次加奈江, 林基哉. 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 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年度日本建築学会大会 (in press) .
- 6) 興行場法第2条、第3条関係基準条例準則,  
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzentu/0000126004.pdf>  
(accessed 2024.3.15)
- 7) 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) .

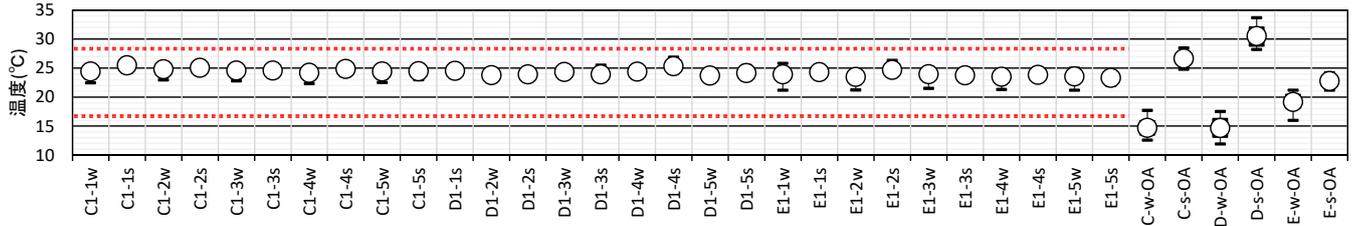


図1 観覧場の温度分布<sup>注1), 注2)</sup> (施設C~E, 開演時間~終演時間まで, OA:外気)

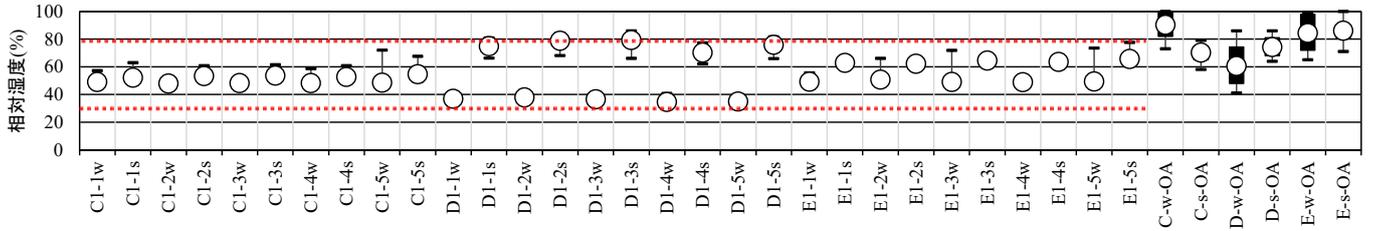


図2 観覧場の相対湿度分布<sup>注1), 注2)</sup> (施設C~E, 開演時間~終演時間まで, OA:外気)

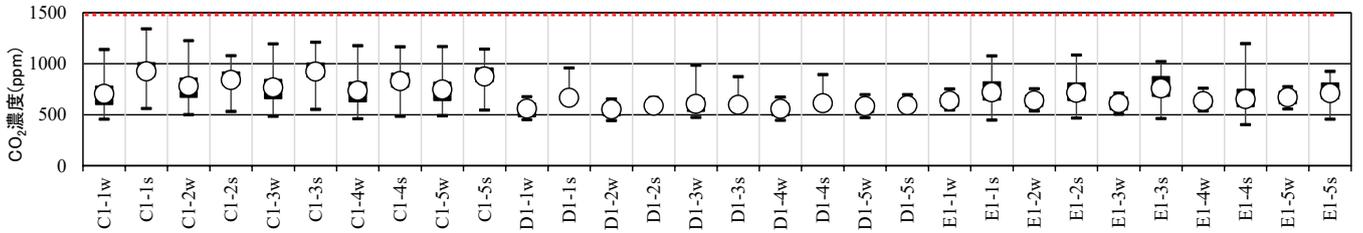


図3 観覧場の二酸化炭素濃度分布<sup>注1), 注2)</sup> (施設C~E, 開演時間~終演時間まで, OA:外気)

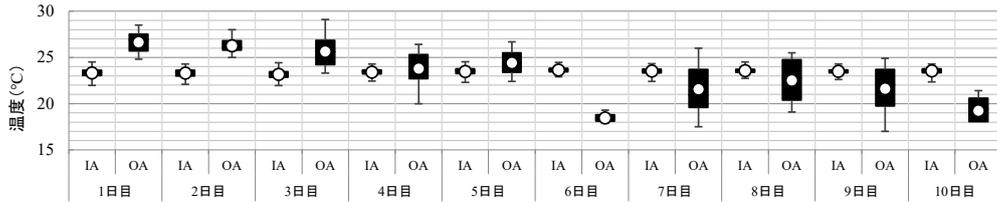


図4 観覧場の温度（施設C, 各日の開演時間～終演時間まで, IA:観覧場内, OA:外気）

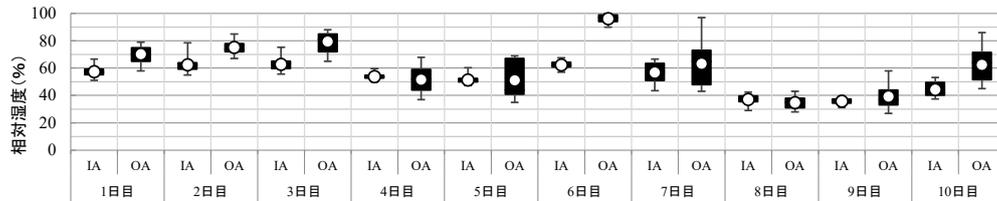


図5 観覧場の相対湿度（施設C, 各日の開演時間～終演時間まで, IA:観覧場内, OA:外気）

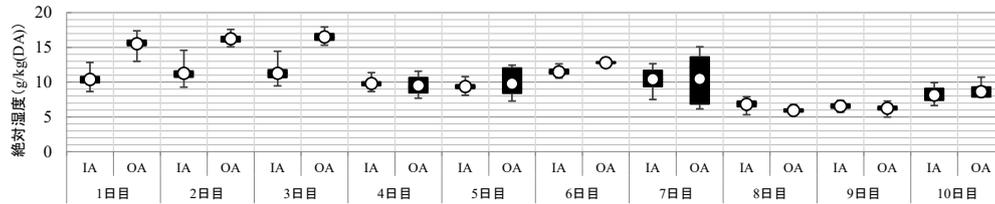


図6 観覧場の絶対湿度（施設C, 各日の開演時間～終演時間まで, IA:観覧場内, OA:外気）

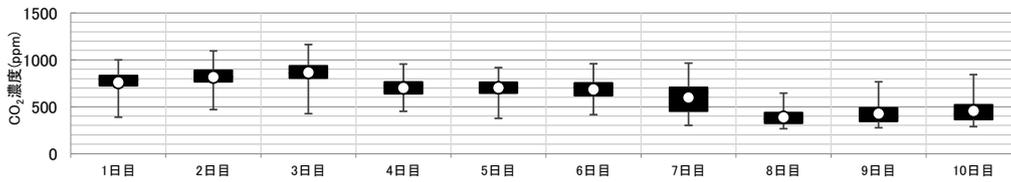
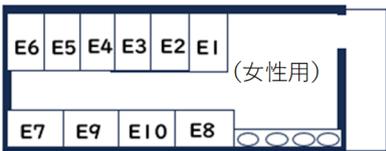
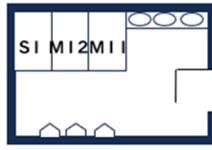
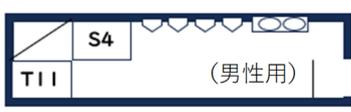
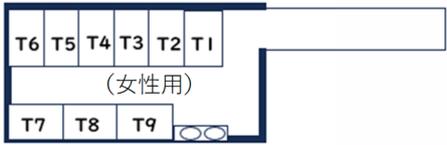
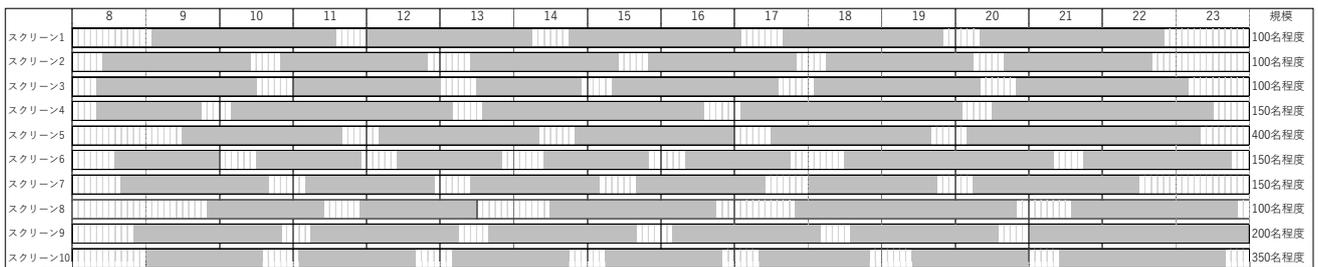


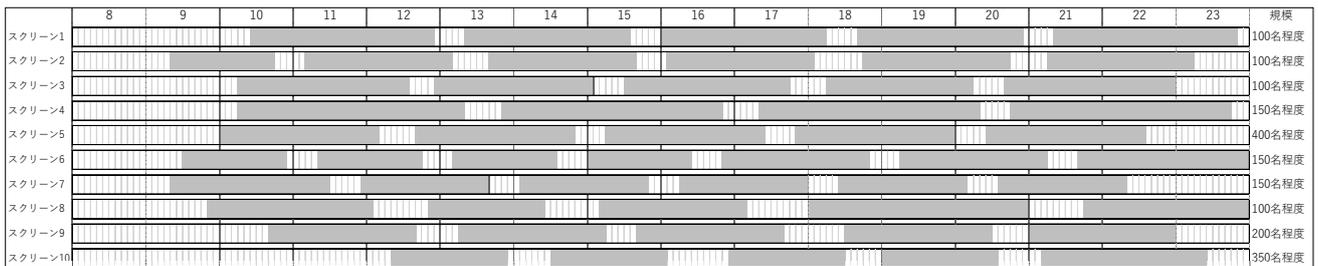
図7 観覧場の二酸化炭素濃度（施設C, 各日の開演時間～終演時間まで）

表1 衛生器具の設置数

			エントランストイレ	
男性用	大便器	3		
	小便器	11		
	手洗い器	3		
女性用	大便器	10		
	手洗い器	4		
			メインロビートイレ	
男性用	大便器	3		
	小便器	3		
	手洗い器	3		
女性用	大便器	10		
	手洗い器	3		
だれでもトイレ		1		
			シアター内トイレ	
男性用	大便器	2		
	小便器	4		
	手洗い器	2		
女性用	大便器	9		
	手洗い器	2		

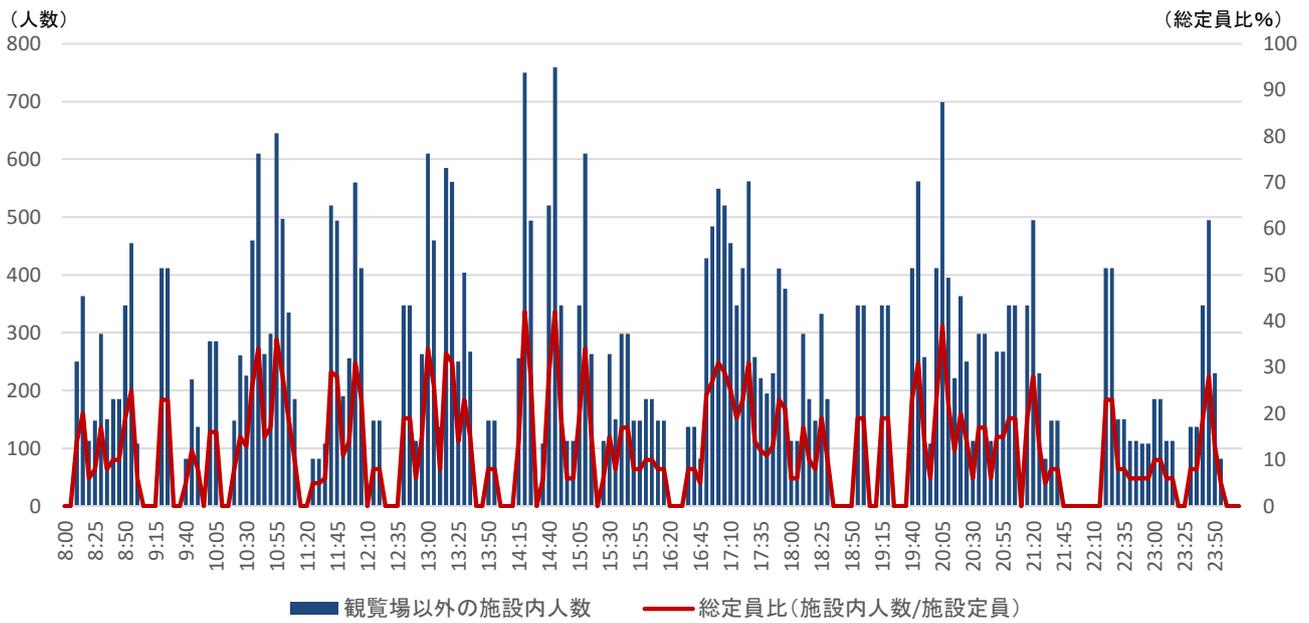


1) 混雑日の例

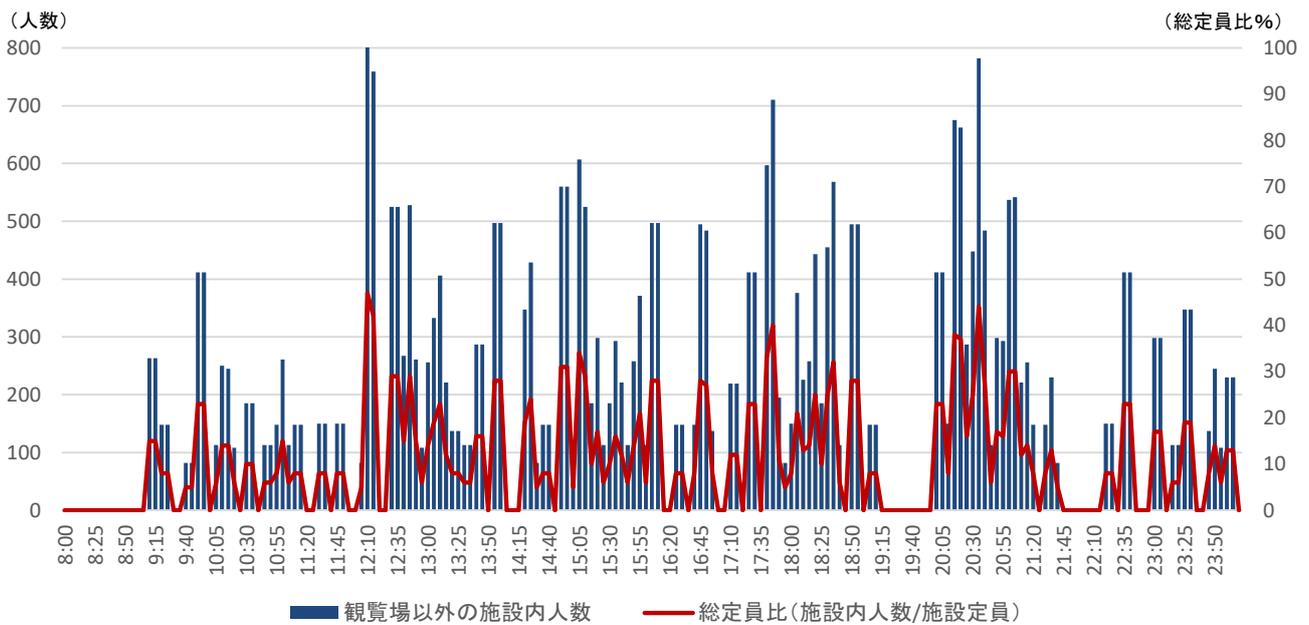


2) 通常日の例

図8 上映スケジュールの例

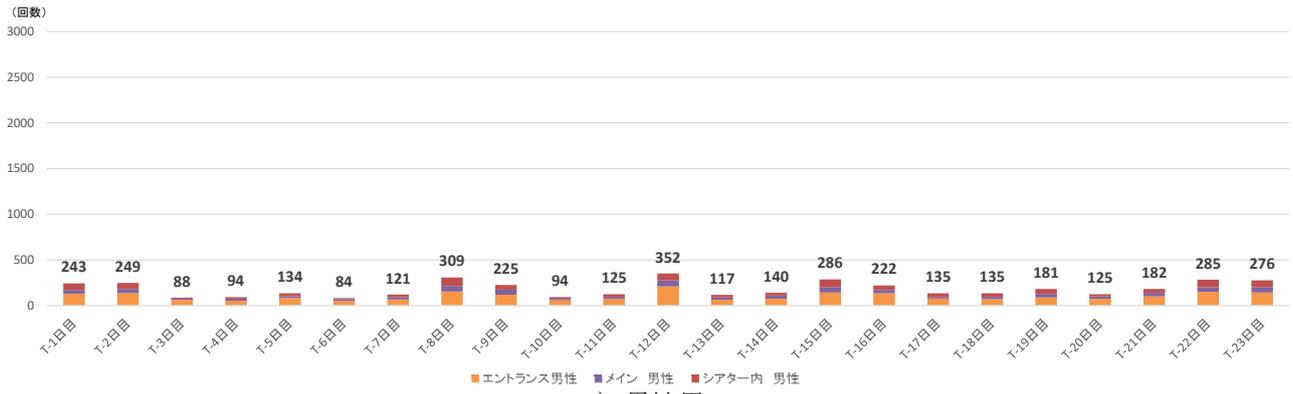


1) 混雑日の例

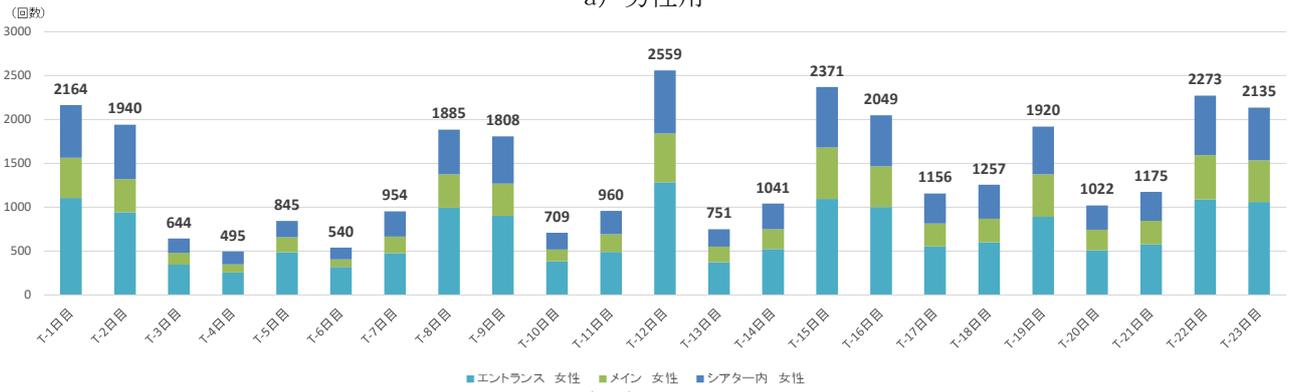


2) 通常日の例

図9 観覧場以外の施設内人数と総定員に対する割合 (満員である場合)

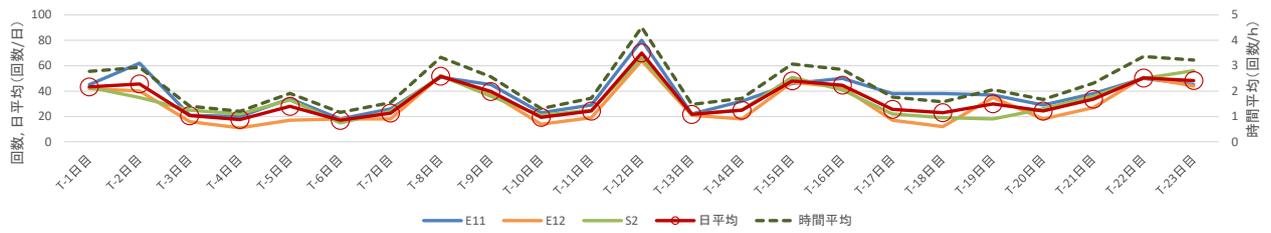


a) 男性用

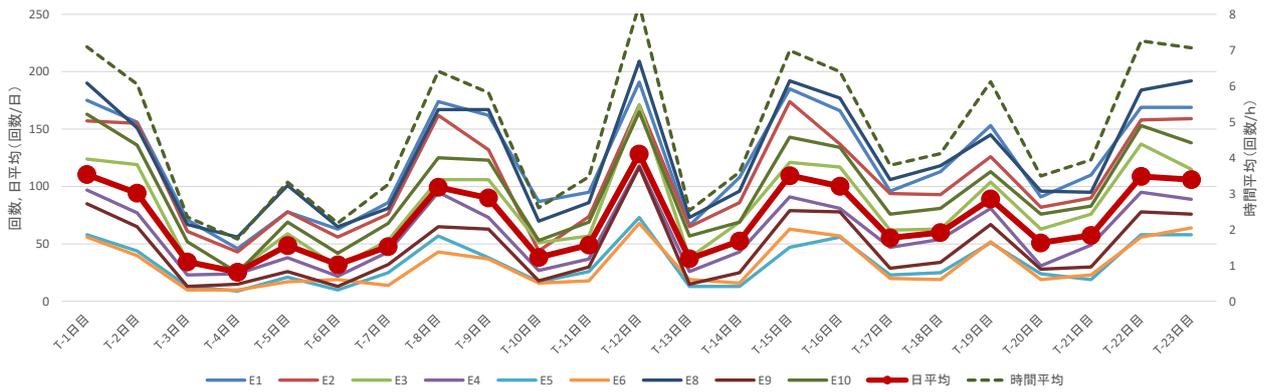


b) 女性用

図 10 大便器ブースの使用回数 (エリア別)

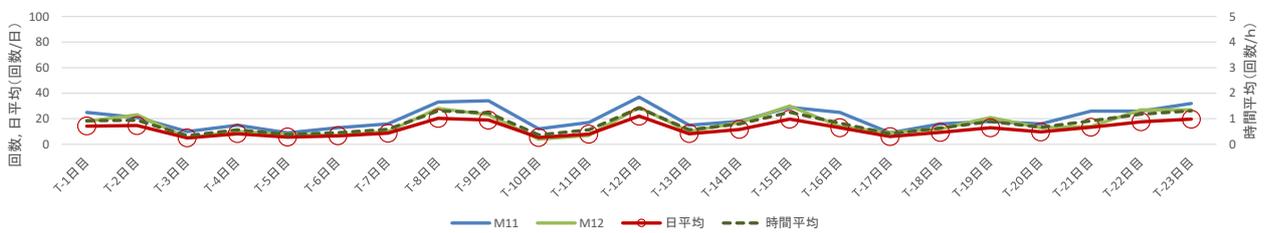


a) 男性用

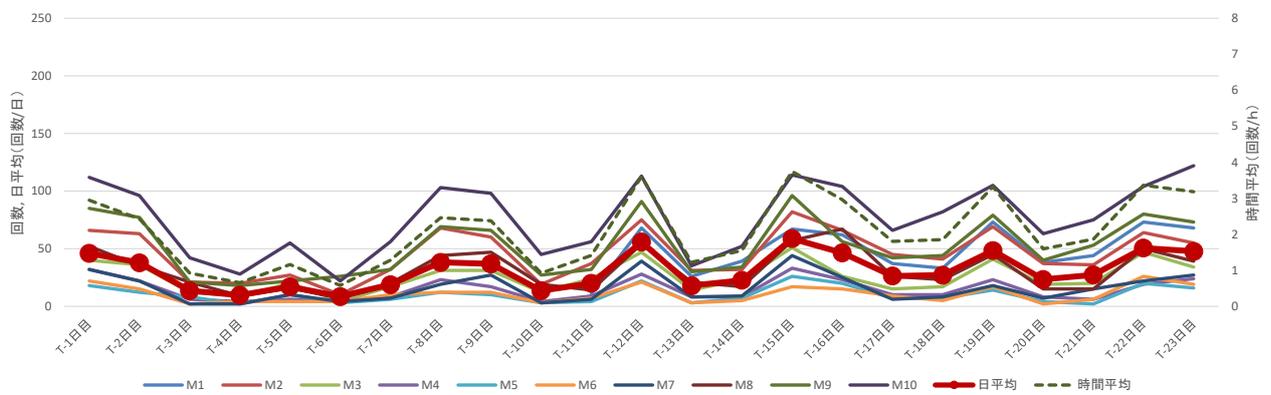


b) 女性用

図 11 大便器ブース別の使用回数 (エントランス)

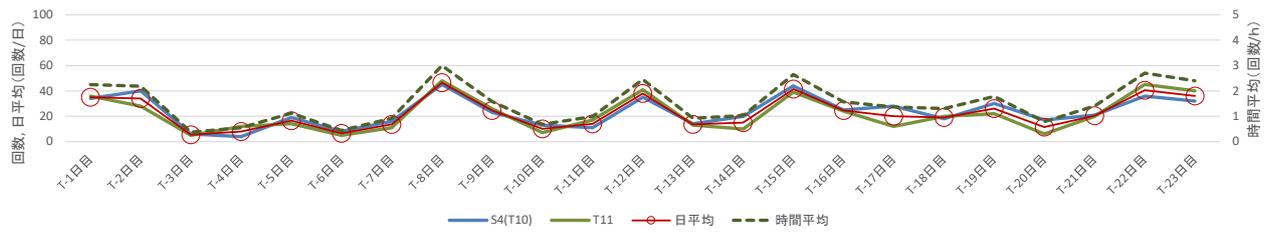


a) 男性用

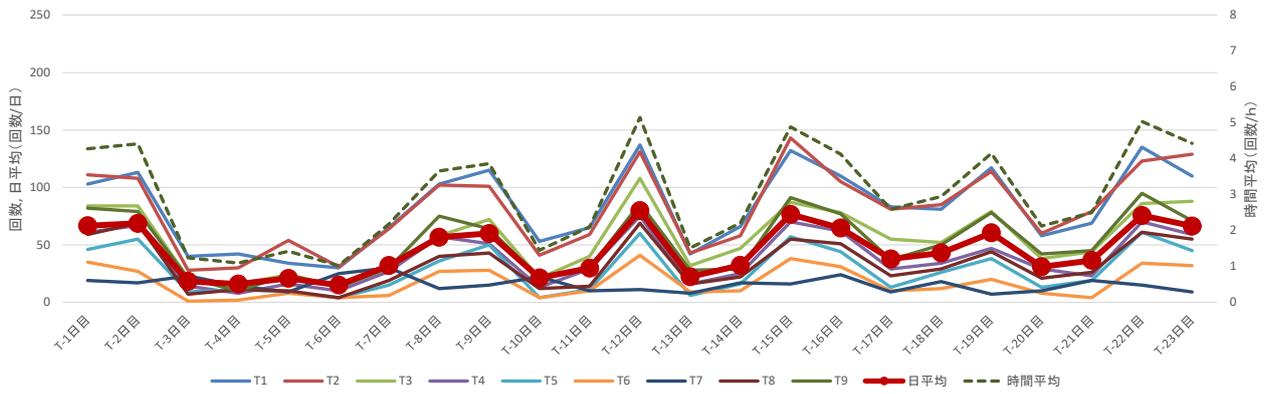


b) 女性用

図 12 大便器ブース別の使用回数 (メインロビー)

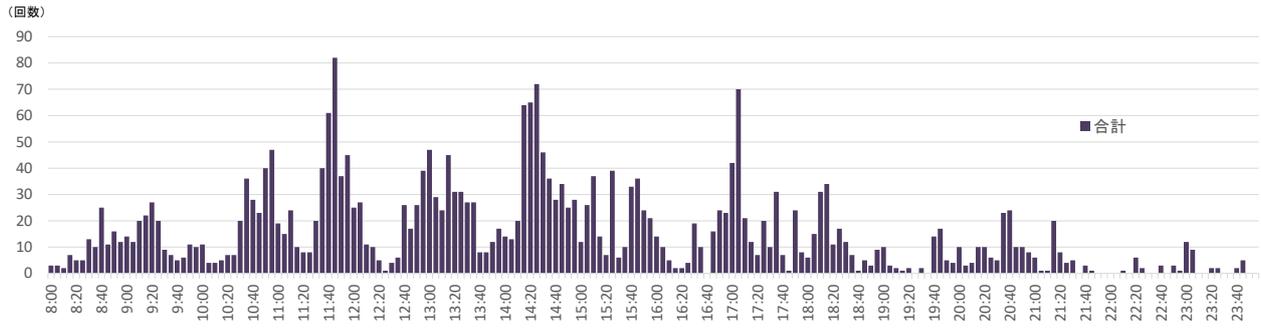


a) 男性用

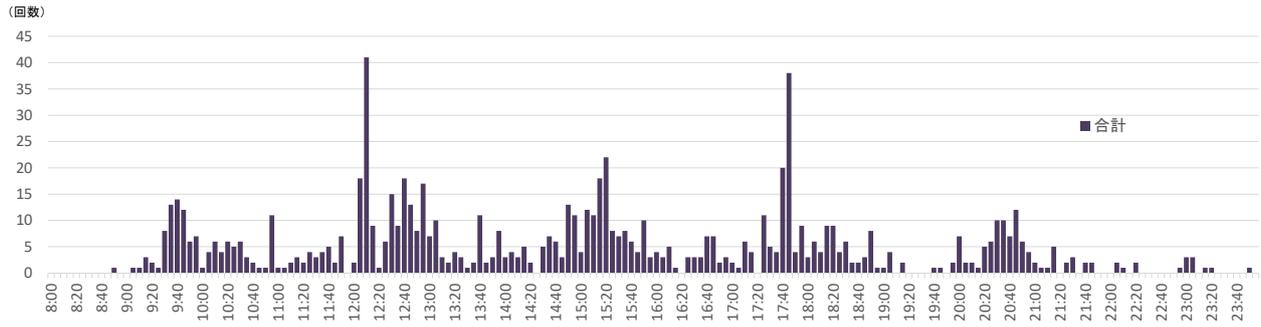


b) 女性用

図 13 大便器ブース別の使用回数 (シアター内)

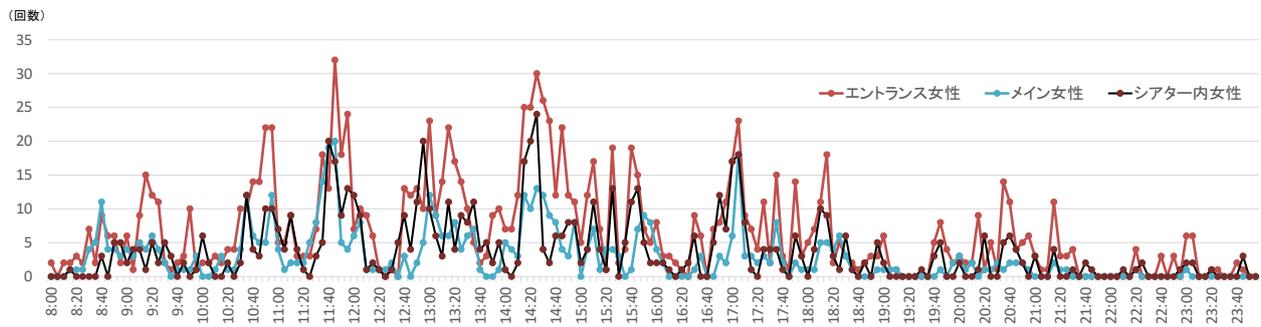


(T-12 日目の場合, 混雑日)

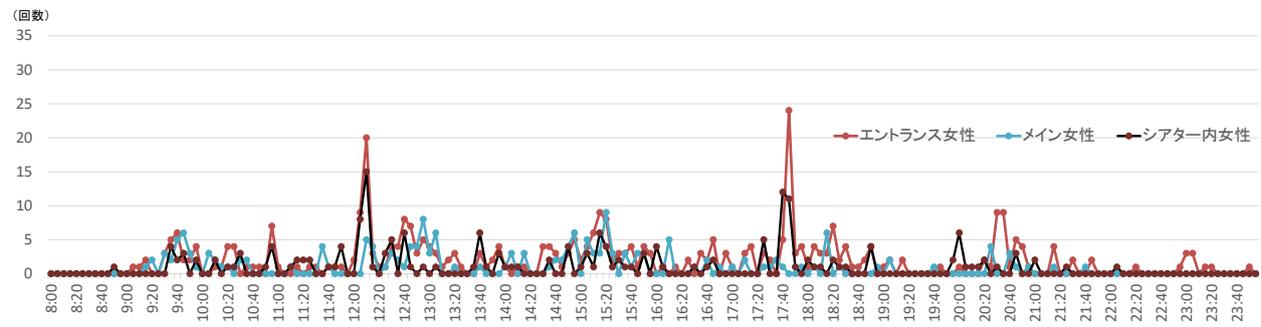


(T-13 日目の場合, 通常日)

図 14 日内の大便器ブース使用回数 (混雑日と通常日, 女性用)



(T-12 日目の場合, 混雑日)



(T-13 日目の場合, 通常日)

図 15 エリア別の日内の大便器ブース使用回数 (混雑日と通常日, 女性用)

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  
映画館の映画上映中の浮遊と落下粒子状物質の実態調査

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

2023年夏期に4D映画13上演、2D映画10上映の計23の映画上映中における落下細菌・真菌と粒径別浮遊微粒子濃度、映画上映後の床面付着細菌・真菌と4D映画館のミスト噴出口表面の付着細菌叢の測定と解析を行った。本研究で得られた主な結果は次に示す通りである。① 4D映画上映中の浮遊粒子濃度の上昇はエフェクトによるものである。全体的に2Dより4Dの $<1\mu\text{m}$ と $>1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度が有意に高かった。② 落下細菌については、夏期が冬期と同様に2D上映中より4D上映中の方が有意に多かった。③ 落下真菌については、1時間の曝露でも数cfuしか検出されなかった。また、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、従来の10分間の曝露では映画館内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度の評価は難しい。④ 湿潤環境を好む細菌と真菌がミストの噴出口表面と床面から優位的に検出されたことから、ミストの給水システムが何らかの影響を与えている可能性が示唆された。

A. 研究目的

本研究では、映画上映中の浮遊と落下粒子状物質の実態を把握するために、4D映画と2D映画上映時間帯の粒径別浮遊微粒子、落下細菌と落下真菌、上映前後の浮遊細菌と浮遊真菌、床面とミスト噴出口表面の付着細菌と付着真菌の測定を行った。

昨年度では、2022年11月（冬期）の浮遊粒子と生菌の測定結果について報告した。ここでは、2023年の8月と9月（夏期）に実施した同様な浮遊粒子、生菌、菌叢の測定結果について報告する。

B. 研究方法

B1. 浮遊粒子と生菌

2023年8月23日に東京都内にある映画館D、9月23日に千葉県内にある映画館E、29日東京都内にある映画館Cを対象に測定を行った。測定当日各映画館上映別の鑑賞者数を表1~表3に示す。

表1 映画館Cの席数と鑑賞者数

	ID	上映状況	鑑賞者数
鑑賞人数 (測定員数)	C1	4D 上映1	36
		4D 上映2	26
		2D 上映3	27
		2D 上映4	23
		4D 上映5	34
	C2-1	2D 上映1	34
	C2-2	2D 上映2	71
	C2-3	2D 上映3	58

表2 映画館Dの席数と鑑賞者数

	ID	上映状況	鑑賞者数
鑑賞人数 (測定員数)	D1	4D 上映1	11
		4D 上映2	36
		4D 上映3	24
		4D 上映4	17
		4D 上映5	16
	D2-1	2D 上映1	41
	D2-2	2D 上映2	19
	D2-3	2D 上映3	27

表 3 映画館 E の席数と鑑賞者数

	ID	上映状況	鑑賞者数
鑑賞人数 (測定員数)	E1	4D 上映1	9
		4D 上映2	46
		4D 上映3	96
		4D 上映4	34
		4D 上映5	62
	E2-1	2D 上映1	25
	E2-2	2D 上映2	51
	E2-3	2D 上映3	24

浮遊粒子、細菌（落下細菌、付着細菌、浮遊細菌）と真菌（落下真菌、付着真菌、浮遊真菌）の測定方法や微生物の培養方法などは昨年と同様であった。

## B2. 細菌叢と真菌叢

### B2.1. DNA 抽出

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、MACHERY-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。

### B2.2. DNA の増幅と塩基配列の決定

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。

### B2.3. DNA の塩基配列と解析

DNA の品質は 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。

## B3. 統計解析方法

本研究では、4D 映画館と 2D 映画館の粒子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 SPSS Statistics Ver29 を用いたマン・ホイットニーの U 検定を行った。データは中央値および四分位範囲、平均値で表示した。統計的に有意水準を  $p < 0.05$  とした。β 多様性は、重み付け UniFrac 距離を用いた主座標分析（PCoA）により示す。なお、各サンプルの菌叢を比較するために、重み付けの UniFrac 距離行列を算出した。

## C. 研究結果

### C1. 粒径別浮遊粒子濃度

昨年度の報告書に、エフェクトによる浮遊粒子濃度上昇が確認されたことを述べている。ここでは、夏期の測定結果について述べる。

図 1 と図 2 に夏期における 4D と 2D 映画上映中の粒径別浮遊粒子濃度を示す。D 映画館の  $> 1\mu\text{m}$  においては、4D スクリーンと 2D スクリーンの間に有意な差が認められなかった。それを除いた全ての画館では、2D 映画より 4D 映画の  $< 1\mu\text{m}$  と  $> 1\mu\text{m}$  の浮遊粒子濃度が有意に高かった。

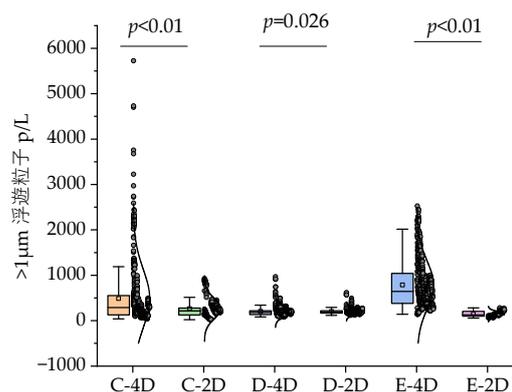


図 1 4D と 2D の浮遊粒子濃度の比較 ( $< 1\mu\text{m}$ )

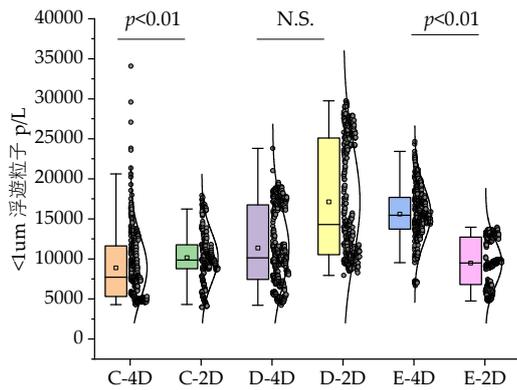


図2 4Dと2Dの浮遊粒子濃度の比較 (>1 $\mu\text{m}$ )

## C2. 生菌 (細菌)

### C2.1. 落下細菌

図3に夏期に測定した落下細菌の結果を示す。図3には四等分値と平均値のほか、測定値の分布、検定の結果を併せて示す。

冬期と同様に映画上映中の2Dスクリーンより4Dスクリーンの落下菌数は有意に多かった。

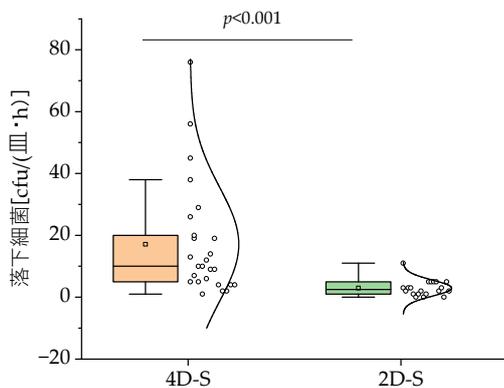


図3 4Dと2Dの落下細菌数の比較

### C2.2. 付着細菌

図4に夏期に測定した付着細菌の結果を示す。23 $\text{cm}^2$ は付着真菌採取用粘着テープの面積である。冬期では4Dスクリーンより2Dスクリーンの方が有意に多かったが、夏期では4Dスクリー

ンと2Dスクリーンの付着細菌数の間に有意な差が認められなかった。

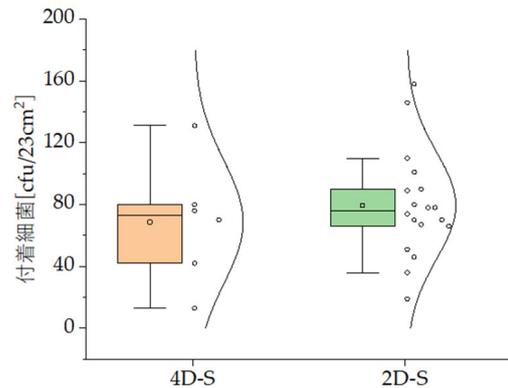


図4 4Dと2Dの付着細菌数の比較

### C2.3. 浮遊細菌

昨年と同様に、浮遊細菌については映画上映中に測定ができなかったため、上映入れ替えの時間帯に測定を行った。従って、その結果は上映中の室内浮遊細菌濃度を表すものではなく、測定時に人の出入りの影響(人数とそのアクティビティー)を受けると考えられる。

図5に夏期に測定した浮遊細菌濃度の結果を示す。昨年の冬期では、4Dより2Dの浮遊細菌濃度が有意に高かったが、今年度の夏期ではその有意な差が認められなかった。細菌の主な発生源は在室者であるため、上記の結果は上映入れ替えの時間帯の出入りする人数とそのアクティビティーに関係するものと考えられる。

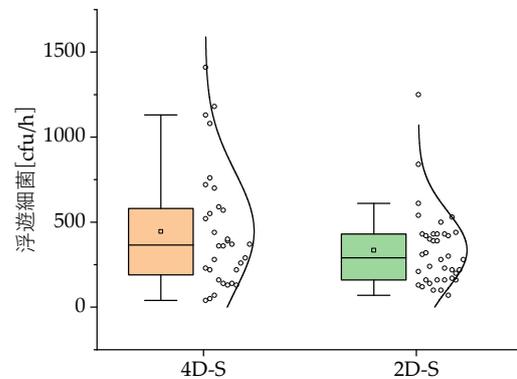


図5 4Dと2Dの浮遊細菌濃度の比較

### C3. 生菌（真菌）

#### C3.1. 落下真菌

図 6 に夏期に測定した落下真菌の結果を示す。冬期と同様に夏期でも 4D スクリーンと 2D スクリーンの落下真菌の間に有意な差が認められなかった。落下真菌数は一桁であり、前述した落下細菌数より少なかった。細菌の主な発生源は在室者に対し、真菌の主な発生源は外気由来である。

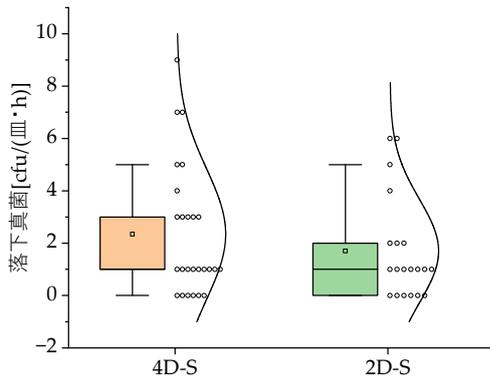


図 6 4D と 2D の落下真菌数の比較

#### C3.2. 付着真菌

図 7 に今年度夏期に測定した付着真菌の結果を示す。冬期と同様に夏期でも 4D スクリーンと 2D スクリーンの落下真菌の間に有意な差が認められなかった。

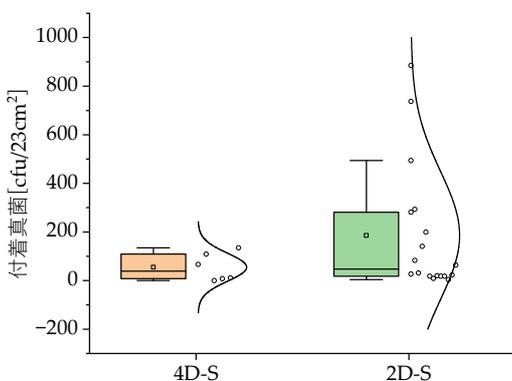


図 7 4D と 2D の付着真菌数の比較

### C3.3 浮遊真菌

図 8 に今年度夏期測定した浮遊真菌濃度の結果を示す。昨年の冬期では、4D スクリーンより 2D スクリーンの浮遊細菌濃度が有意に高かったが ( $p<0.05$ )、今年度の夏期ではその有意な差が認められなかった。

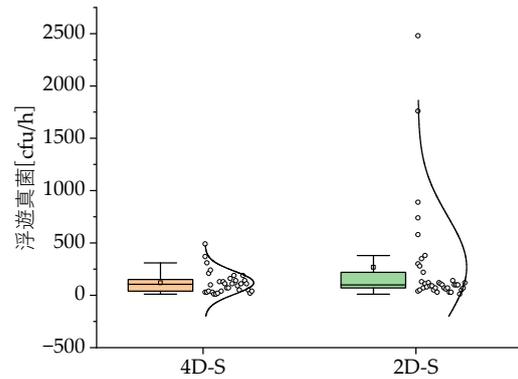


図 8 4D と 2D の浮遊真菌濃度の比較

### C4. 菌叢解析

#### C4.1. 細菌叢

##### (1) 細菌門

図 9 と図 10 に 4D スクリーンと 2D スクリーンで検出された相対構成比トータルで 1% 以上の細菌門を示す。4D では、*Proteobacteria* 門（プロテオバクテリア門，グラム陰性細菌門，大腸菌や緑膿菌を含む）、*Firmicutes* 門（フィルミクテス門，グラム陽性細菌門，腸内細菌や皮膚常在菌，病原菌あるいはヨーグルトなどの発酵食品を通じて人間にも比較的なじみの深いグループである。）、*Actinobacteria* 門（アクチノバクテリア門，放線菌を含む）、*Bacteroidetes* 門（バクテロイデス門，グラム陰性の細菌グループ）、*Cyanobacteria* 門（シアノバクテリア門，藍色細菌）が優先的に検出された。これらの細菌門は大学の研究室<sup>1)</sup>やオフィスビル<sup>2)</sup>などからも優先的に検出されている。2D では、上記の 5 門のほか、*Patescibacteria* 門が検出された。

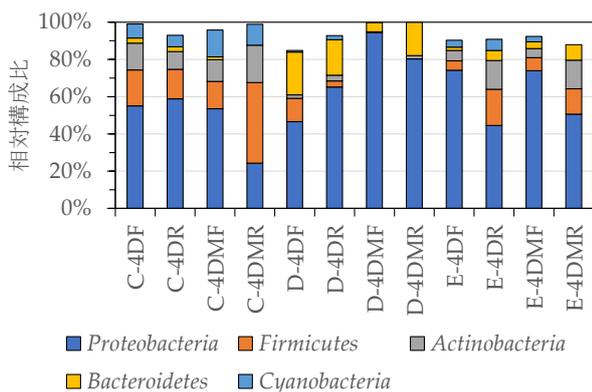


図 9 4D スクリーン 優占細菌門

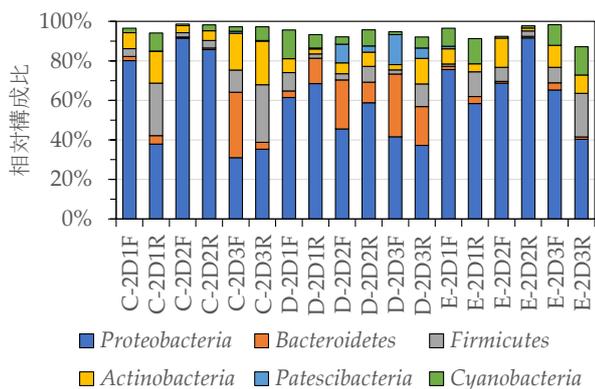


図 10 2D スクリーン 優占細菌門

## (2) 細菌属

図 11 と図 12 に 4D 映画館と 2D 映画館の検出された相対構成比 1%以上の細菌属を示す。夏期では、上位 20 属のうち、冬期と同様に *Methylobacterium*、*Novosphingobium*、*Legionella*、*Bradyrhizobium* が検出されたほか、水環境に適している *Sphingomonas*、*Enhydrobacter*、*Paenibacillus*、*Brachybacterium* も優占属として検出された。冬期に最も高い相対構成比で検出された *Pseudomonas* は夏期での相対構成比が 0-1.7%であった。一方、夏期に最も優占的に検出されたのはバイオフィルムを形成する細菌 *Methylobacterium* であった。この細菌は浴室でよく検出されることが知られている。また、冬期と夏期ともに *Legionella* が優占的に検出されたが、同属で同定できた細菌種のうち、*L. pneumophila* が含まれていなかった。

4D スクリーンから検出された優占細菌 38 属のうち、2D スクリーンで優占種として検出されていないのは 16 属があり、そのうちの 11 属は水環境に生育が適しているものであった

(*Bdellovibrio*, *Brachybacterium*, *Brachymonas*, *Bradyrhizobium*, *Calothrix PCC-6303*, *Dermacoccus*, *Halomonas*, *Legionella*, *Phenylobacterium*, *Sphingobacterium*, *Thermomonas*)。

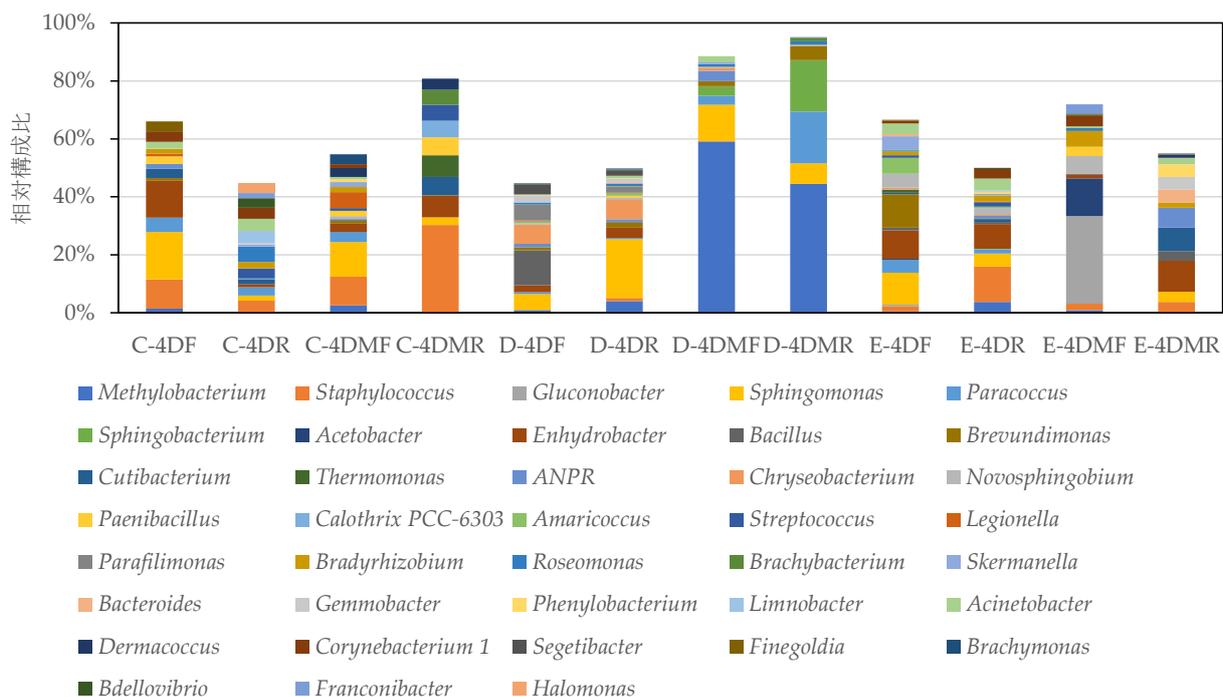


図 11 4D スクリーンの優占細菌属

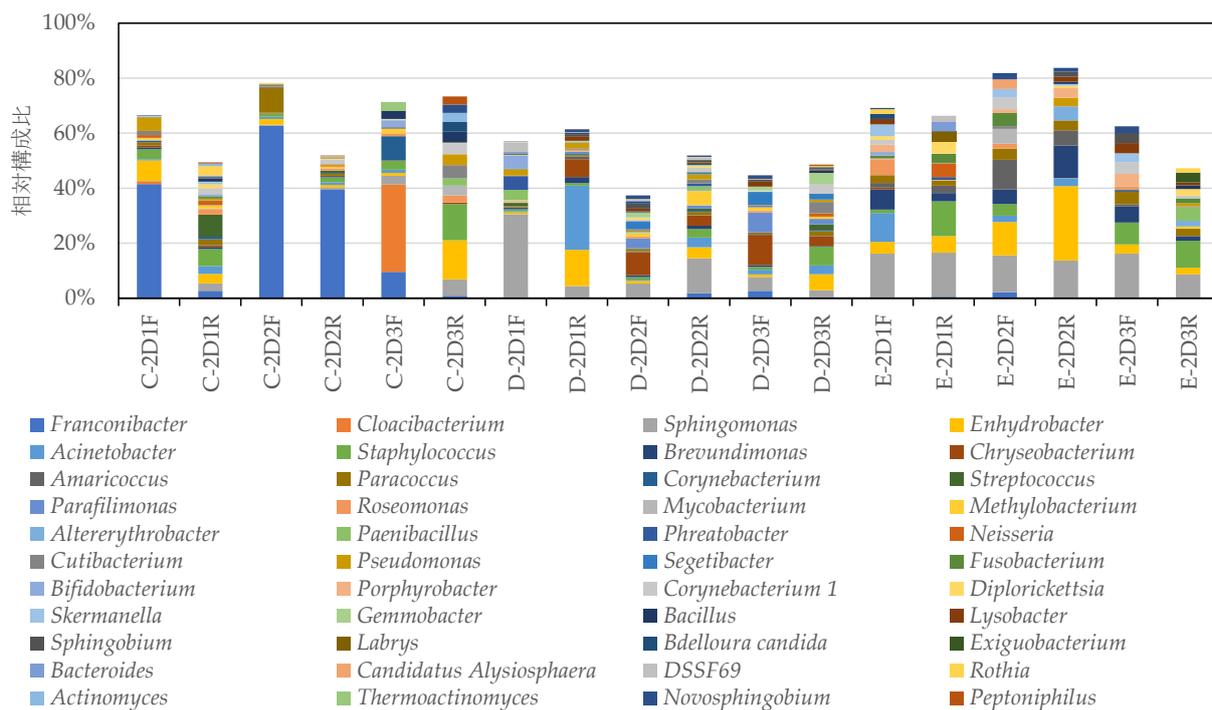


図 12 2D スクリーンの優占細菌属

### (3) $\alpha$ 多様性

細菌の豊かさと均等性を表す Chao1、Observed species、Shannon 指数においては、4D スクリーンと 2D スクリーンの間に有意な差が認められなかった。一方、細菌の近縁性を表す PD whole tree においては、2D より 4D の方が有意に低かった (図 13)。すなわち、4D スクリーンには近縁細菌種が多かった。

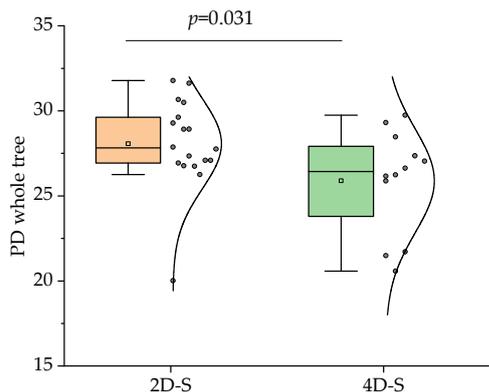


図 13 4D と 2D スクリーンの PD whole tree 指数

### (4) $\beta$ 多様性

図 14 に 4D スクリーンの主座標分析 (weighted) の結果を示す。映画館 C と D のそれぞれ前方と方向のミスト噴出口の付着細菌叢、D と E 映画館のそれぞれ床表面の付着細菌叢が類似している。この傾向は冬期も同様であった。

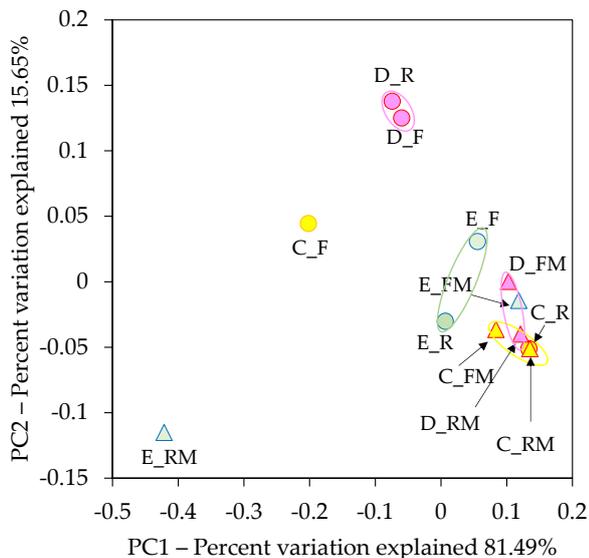


図 14 主座標分析の結果 (Weighted)

## C4.2. 真菌叢

### (1) 真菌門

図 15 と図 16 のそれぞれに 4D スクリーンと 2D スクリーンの優占真菌門を示す。これまで、子囊菌門 (*Ascomycota*) と担子菌門 (*Basidiomycota*) は全体の 60~70%以上検出されることが報告されている。E 映画館の 4D スクリーンの後方床表面 (E-4DR) と E 映画館 2D スクリーンの 1 回目上映の前方床面 (E-2D1F) で特定できなかった真菌門はそれぞれ 72%と 75%であった。他は担子菌門と子囊菌門を併せると全体の 60%以上であった。

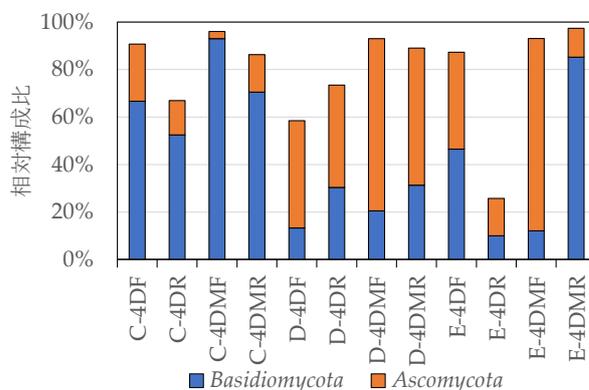


図 15 4D 映画館優占真菌門

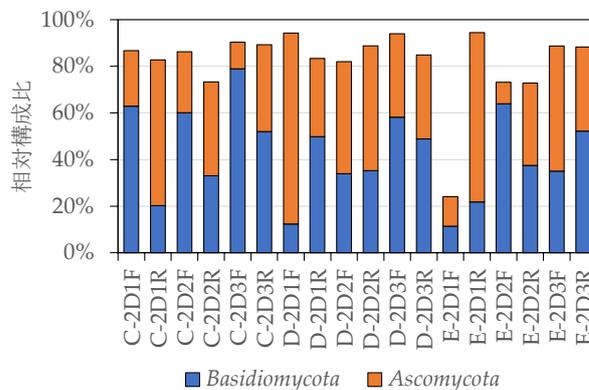


図 16 2D 映画館優占真菌門

### (2) 真菌属

図 17 と図 18 に 4D スクリーンと 2D スクリーンの付着真菌属のうち相対構成比最大で 3%以上優占真菌属を示す。

ミストの噴出口表面においては、D 映画館 4D スクリーンの前列に *Cladosporium* (64.6%)、後列に後列に *Knufia* (46.9%) で最も高い優占率

で検出された。後列に *Cladosporium* (8.0%) も高い優占率で検出された。*Cladosporium* と *Knufia* は高湿環境に適している真菌である。また、*Knufia* が洗濯機内から検出されたことが報告されている。また、他の箇所から検出されず、E映画館4Dスクリーン前列のミスト噴出口表面から検出されたのは酵母の *Zygoascus* であった (4.1%)。

図17と図18に示す優占真菌属のうち、2Dスクリーンから検出されず、4Dスクリーンだけが検出された優占真菌は11属があり、そのうち7属は担子菌 (*Antrodiella*、*Cabalodontia*、*Hyphoderma*、*Lentinus*、*Strobilurus*、*Trechispora*、*Trichaptum*)、4属は子囊菌 (*Cladophialophora*、*Exophiala*、*Knufia*、*Zygoascus*) であった。この11属は何れも高湿環境に適している。

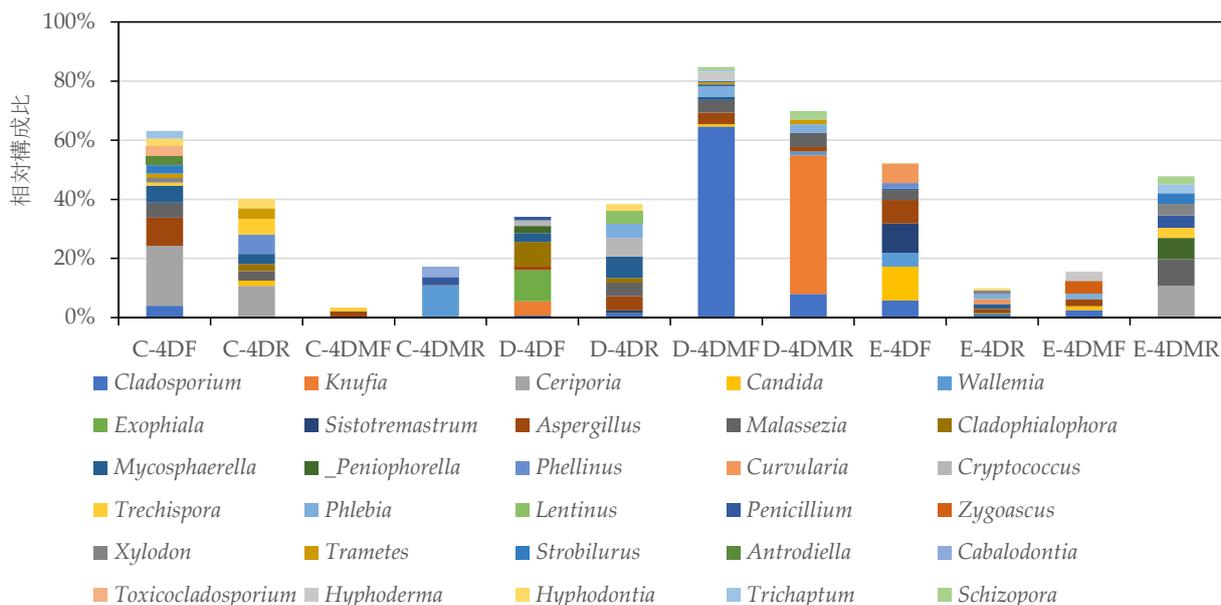


図17 4Dスクリーンの優占真菌属

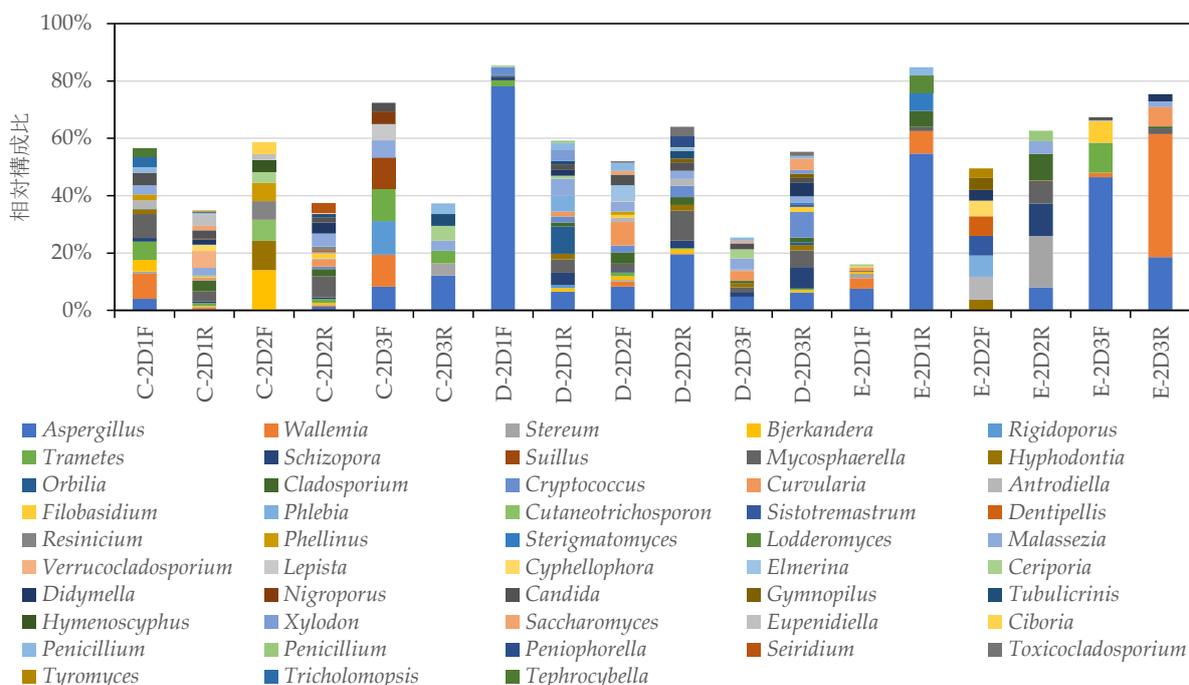


図18 2Dスクリーンの優占真菌属

(3)  $\alpha$  多様性

図 19 と図 20 に 4D スクリーンと 2D スクリーンにおける PD whole tree と Shannon 指数の比較を示す。2D スクリーンに比べ、4D スクリーンの細菌は近縁種が多く、豊かさと均等性が低かった。

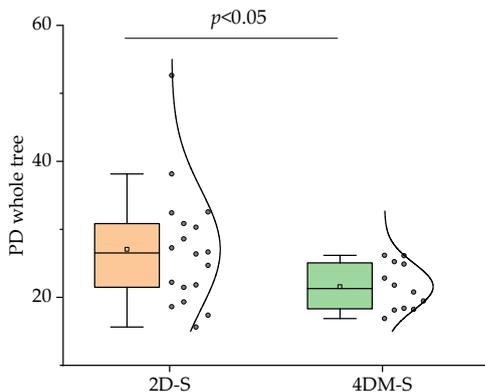


図 19 4D と 2D スクリーンの PD whole tree 指数

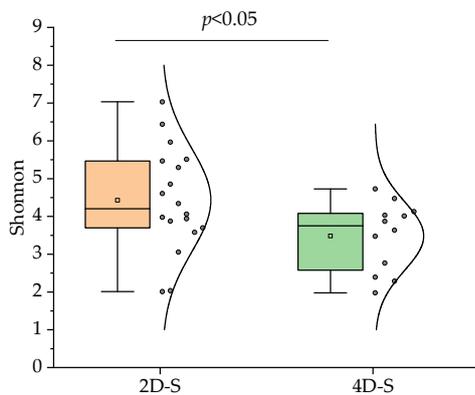


図 20 4D と 2D スクリーンの Shannon 指数

(4)  $\beta$  多様性

図 21 に 4D スクリーンの主座標分析 (weighted) の結果を示す。C、D、E 映画館の 4D スクリーン前後例の床表面、前後列のミスト噴出口表面、C、E の前後列の床表面と噴出口表面、D 映画館の 4D スクリーンの後列の床表面とミスト噴出口表面の真菌叢が類似していることが分かった。

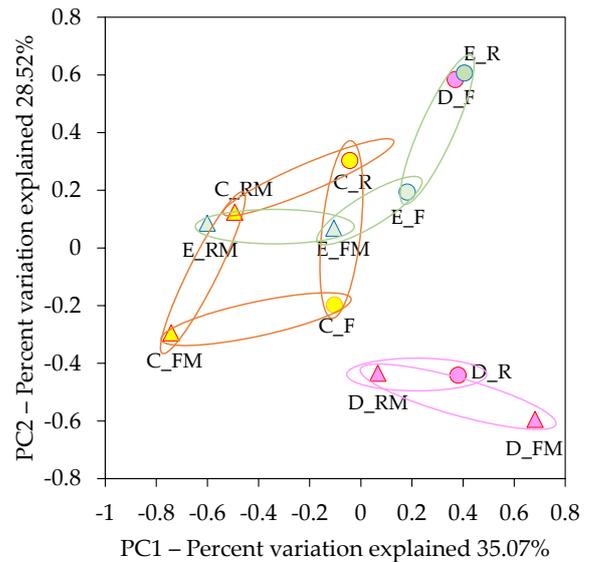


図 21 主座標分析の結果 (Weighted)

D. 考察

D1. 浮遊粒子

$< 1\mu\text{m}$  と  $> 1\mu\text{m}$  の浮遊粒子濃度はともに、2D より 4D の方が有意に高かった。これは、エフェクト時に濃度の急な上昇、すなわち、浮遊粒子の発生があったためであると考えられる。

D2. 生菌

落下細菌と付着細菌については、夏期は冬期と同様に 2D スクリーンより 4D スクリーンの方が有意に多かった。上映中に浮遊細菌濃度の測定ができず、直接にエフェクトによる細菌の発生を確認することができなかったが、以上の浮遊粒子濃度の結果と併せて考えると、エフェクトにより粒子のみならず、浮遊細菌の発生もあったと推察される。

一方、付着真菌については冬期の 2D 映画館より夏期の 2D スクリーンが有意に多かったが、この傾向は冬期と異なっている。付着微生物は空中から落下する微生物のほか、床面清掃の状況に大きく影響を受ける。落下真菌については、1 時間の曝露で数 cfu しか検出されなかった。また、細菌と真菌とともに、落下菌数と付着菌数の多少において一致する傾向が見られなかった。

### D3. 細菌叢と真菌叢

細菌叢の $\alpha$ 多様性の解析結果では、2D スクリーンに比べ、4D スクリーンの細菌の豊かさと均等性が低く、近縁種が多かった。また、4D スクリーンから優占的に検出された 38 属のうち、2D スクリーンで優占種として検出されていないのは 16 属があり、そのうちの 11 属は水環境に生育が適していることから、4D スクリーンの細菌叢が 2D スクリーンの細菌叢と異なり、ミストによる影響があったと考えられる。

$\beta$ 多様性の解析結果では、4D スクリーン前後のミスト噴出口表面と床表面の菌叢が類似していることから、ミストから細菌の発生があったと考えられる。

真菌叢の $\alpha$ 多様性の解析結果では、冬期と同様に 2D より 4D スクリーンの真菌の豊かさと均等性が低く、近縁種が多かった。すなわち、4D スクリーンと 2D スクリーンの菌叢が異なる。このことは、細菌属の測定結果からも説明できる。すなわち、2D スクリーンから検出されず、4D スクリーンだけが検出された優占真菌は 11 属があり、そのうち 7 属は担子菌 (*Antrodiella*、*Cabalodontia*、*Hyphoderma*、*Lentinus*、*Strobilurus*、*Trechispora*、*Trichaptum*)、4 属は子嚢菌 (*Cladophialophora*、*Exophiala*、*Knufia*、*Zygoascus*) であり、何れも高湿環境に適している。

$\beta$ 多様性の解析結果では、4D スクリーンの前後のミスト噴出口表面と床表面の菌叢が類似していることから、ミストから真菌の発生があったと考えられる。

### E. 結論

本研究より、下記の事柄が分かった。

- ① 4D 映画上映中の浮遊粒子濃度の上昇はエフェクトによるものである。全体的に 2D より 4D の $<1\mu\text{m}$  と $>1\mu\text{m}$  の浮遊粒子濃度が有意に高かった。
- ② 落下細菌については、夏期が冬期と同様に 2D 上映中より 4D 上映中の方が有意に多かった。

- ③ 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 分間の曝露では映画館内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度の評価は難しい。
- ④ 湿潤環境を好む細菌と真菌がミストの噴出口表面と床面から優占的に検出されたことから、ミストの給水システムが何らかの影響を与えている可能性が示唆された。

### F. 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. 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（印刷中）。
- 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（印刷中）。

## 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) Yanagi, U; Kato, S.; Nagano, H.; Ito, K.; Yamanaka, T.; Momoi, Y.; Kobayashi, H.; Hayama, H. Dispersion characteristics of oral microbial communities in a built environment. *Jpn Archit Rev.* **2022**; 5(2):225–232. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12261>.
- 2) 新村美月、柳 宇、鍵直樹、金 勲、畑中未来：クール・ヒートピットにおけるマイクロバイオームの実態解明 第 1 報：室内とピット内の細菌叢の比較。日本建築学会環境系論文集 **2020** ; 85 (770) : 259-266. <http://doi.org/10.3130/aije.85.259>.

(このページは空白です)

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  
夏期における映画館観覧場の落下菌調査とその分析

研究分担者	本間 義規	国立保健医療科学院	統括研究官
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官
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
研究代表者	開原 典子	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官

研究要旨

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。昨年度報告書に記載した 11・12 月の映画館観覧場測定結果をもとに 1m<sup>3</sup> 当たりの個数濃度への換算方法の考察を引き続き行うとともに、今年度は、夏期（8・9 月）の映画館観覧場内の落下菌測定を実施・評価した。

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（A、B、C 劇場それぞれ 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（A、B、C それぞれ p=0.24、0.03、0.06）。また、同一上映方式に対する観覧場間の多重比較（Steel-Dwass 法）では、真菌に関し B 観覧場が 5%有意水準で他より高く、細菌については A 観覧場と B 観覧場とで 1%有意水準で差があることがわかった。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。

A. 研究目的

興行場法第2条、第3条関係基準条例準則では、機械換気設備の管理及び空気環境の基準を図1のように定めている。

建築物衛生法には浮遊微生物の規定はないが、食品衛生分野、学校、化粧品工場等では落下菌基準が存在する。例えば弁当及びそごいの衛生規範について（昭和54年6月29日、環食第161号）<sup>1)</sup>では、製造場内の各作業区域において落下細菌数（生菌数）、落下真菌数（カビ及び酵母の生菌数）の定めがある。この基準に照らすと観覧室は清潔作業区域（微生物を殺菌あるいは除去した後の製品を扱う区域）、場内は準清潔作業区域（汚染微生物を

II 入場者の衛生に必要な措置基準準則（法第3条第2項関係）  
営業者は、興行場について、換気、照明、防湿及び清潔その他入場者の衛生に必要な措置を次の基準（以下「措置基準」という。）により講じなければならない。  
（機械換気設備の管理及び空気環境の基準）  
3 機械換気設備の管理及び空気環境の基準は、次の各号によること。  
(2) 空気環境の基準は、次の各号であること。  
空中落下細菌（生菌）数（5分間開放の平板培地培養法）  
（ア）観覧室は、上映(演)直後（開始から10分以内に測定）において、座面で30個以内であること  
（イ）場内は営業中において座面で50個以内であること

図1 空気環境基準・空中落下細菌(生菌)数

殺菌あるいは除去するために加熱調理を行う区域)に相当する。

本研究の目的は、第一に準則に定められている落下細菌(生菌)数の意味を解釈すること、すなわち、どのレベルの清浄度を期待しているのか(していたのか)を理解した上で、食品加工工場、学校、化粧品工場等で示されている落下菌或いはエアサンプリングによる細菌個数濃度等との比較を行うことである。

その上で、夏期の映画館内の実測結果と既存基準とを比較することが第二の目的である。

## B. 研究方法

映画館の落下菌数実測をもとに微生物汚染状況とその評価法を検討することが本研究の目的である。日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013<sup>2)</sup>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基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。昨年度の検討では、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 $0.002445(\text{CFU}/(5 \text{ 分間} \cdot \text{皿})) / (\text{CFU}/\text{m}^3)$ 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する。

## C. 研究結果

### C1. AIJESに基づく落下菌個数の推定

日本建築学会環境基準における学校の落下菌基準は、細菌10 CFU/(5分・皿)である(しかし2009

年4月1日から学校環境衛生の基準からは除外されており、給食室、水質のみ細菌の規定がある)。学校に関しては標準的な教室寸法及び児童数が推定できるため、浮遊菌濃度に換算することができるが、一般には室用途に応じて微生物発生源および発生量が異なるので単純比較はできない。

学校に関しては、エアサンプラーによる浮遊微生物濃度と落下菌数より次の換算係数を得ることができる。すなわち、真菌 $0.005(\text{CFU}/5 \text{ 分} / \text{皿}) / (\text{CFU}/\text{m}^3)$ 、及び細菌 $0.001(\text{CFU}/5 \text{ 分} / \text{皿}) / (\text{CFU}/\text{m}^3)$ である。学校教室の天井高さ等は事務所、高齢者施設等とほぼ同様と仮定すると、この換算係数を使って凡その目安を得ることは可能である。

表1 用途別微生物濃度AIJ維持管理基準提案値<sup>2)</sup>と換算値<sup>\*1</sup>

	浮遊菌濃度 (CFU/m <sup>3</sup> )	落下菌個数 (CFU/(5分・皿))
学校(真菌)	2000	10 <sup>*2</sup>
学校(細菌)	10000	10 <sup>*2</sup>
事務所(真菌)	50	0.25 <sup>†</sup>
事務所(細菌)	500	0.5 <sup>†</sup>
高齢者施設 (真菌)	500	2.5 <sup>†</sup>
高齢者施設 (細菌)	500	0.5 <sup>†</sup>

\*1 AIJ提案値を換算したものに†を付す。

\*2 学科環境衛生基準に記載があったが、2009年から除外。

### C2. 夏期(8、9月)における3映画館の落下真菌・細菌測定結果

令和5年8月23日、令和5年9月23日および令和5年9月29日にA、B、Cの3か所の映画館劇場内で落下真菌・細菌をサンプリングした。各々の映画館では、4D上映と2D上映を合わせて7或いは8演目について実測しているが、8月と9月とでは上映演目が異なるため、両者の数は同一ではない(表2)。また、3館合わせて14種類の映画を対象に全23演目の測定を実施しているが、このうち6種類は同じ演目を複数回(2或いは3回)測定している。

表2 各映画館の4D、2Dの実測日と各演目数

	実測日	4D	2D
A映画館	R5/8/23	3 <sup>*</sup>	4
B映画館	R5/9/23	5 <sup>*</sup>	3
C映画館	R5/9/29	5 <sup>*</sup>	3

※4D 観覧場は各映画館とも一観覧場のみ。2Dに関しては異なる観覧場で測定。

4D、2D 観覧場ともに、客席の座面上に DG18 培地（真菌用）および SCD 培地（細菌用）を各 5 枚設置し、上映開始からの経過時間（5 分、10 分、30 分、60 分、90 分）毎に 1 枚ずつ蓋を閉めていく方法でサンプリングを行った。なお、従前同様、4D 観覧場はエフェクトにより座席が震動するため、粘着性テープをシャーレ裏面に貼り付けて簡易固定している。現場での測定のためサンプリング終了後、即座に培養できないため移動時など可能な限り低温保存し、科学院のインキュベーターにて DG18 は 25℃5 日間、SCD は 32℃2 日間培養し、コロニー数をカウントした。

培養結果を図 2～13 に示す。A 映画館の落下細菌数は概ね 5 個以下と少ないが、4D（1210-1430 上映回）は 90 分測定時のみ 49 個の落下菌数となった。この時に増えた理由は定かではないが、これまでの経験を踏まえると、エフェクトにより粒径の比較的大きな物質が落下したと考えられる。また A 映画館の真菌落下数は 5～90 分で 2～4 個であり、こちらも少ない。細菌、真菌とも時間比例していない。F 検定、t 検定を行った結果、4D と 2D との間に有意差は見られなかった。

図 6、図 7 は B 映画館（4D,2D）の落下細菌個数の時系列グラフである。B 映画館 4D 上映は時間経過につれ個数が増えていることが確認でき、特に 1155-1410 の上映回は落下細菌個数が多い（90 分時 126 個）。1940-2155 の上映日も同一演目であるが、落下細菌個数は 2 番目に高い（しかし、90 分時 54 個であり、1155-1410 上映回の約 43%）。エフェクト自体が他の 4D 演目と比べ多いこと、また日中上演時の方が、観客数が多いことが原因と考えられる。さらに 2D の落下細菌個数

も漸増傾向がみられることが他の映画館と異なる特徴である。

図 8、図 9 は B 映画館の落下真菌個数の時系列グラフである。個数自体は最大 10 個（90 分、4D1940-2155 の上映回）であるが、時間経過とともに増加する状態が確認できる。空調時には気流の影響を受けるため、測定場所により偏分布が生じる可能性があるが、空調停止時に均等拡散していた浮遊真菌が落下してきた場合も同様の結果になることが想定される。今回は一般観客がいる中での実測のため、気流状態のモニタリングは行えなかったが、もし測定できているならばこの点の考察は可能であろう。

図 10、11 は C 映画館 4D、2D の落下細菌個数の時系列グラフである。図 10 より 4D(1125-1340 上映回)は、30 分時測定培地のカウント数 88、60 分時測定培地カウント数 89、90 分時測定培地カウント数 66 となっており、また、1405-1600 上映の回も 60 分時測定培地カウント数 102 となっている。これら以外の落下細菌数は少ないことから、上映演目のエフェクトの差、観客数の違いの影響であると推測できる。図 12、13 に C 映画館 4D、2D の落下真菌個数の時系列グラフを示す。菌数は 0～5 個の範囲であるが、4D のほうが多い印象である。特に 4D(1125-1340 上映回)、4D(1405-1600 上映回)が多い印象であるが、4D（1625-1850 上映回）も単純平均では多い。

## D. 考察

以上の測定結果から、同一映画館における 4D 観覧場と 2D 観覧場との差異を検討する。落下菌データは細菌・真菌ともに上映回毎に 5 点（シャーレ開放時間 5、10、30、60、90 分）あるが、これらのデータをそのまま t 検定することはできない。浮遊微粒子の均質な空間分布を仮定すれば、単位時間データに調整できるので（この調整を暴露時間調整済落下菌数と呼ぶ）、曝露時間調整済落下菌数を用いて F 検定及び t 検定を実施した。結果を

表 3～5 に示す。

表 3 A 映画館における 4D、2D の落下菌個数の平均値の差の検定結果

真菌 (DG18)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	0.120	0.104
p 値	0.841	
細菌 (SCD)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	0.472	0.219
p 値	0.238	

表 4 B 映画館における 4D、2D の落下菌個数の平均値の差の検定結果

真菌 (DG18)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	0.390	0.389
p 値	0.995	
細菌 (SCD)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	2.932	0.948
p 値	0.035*	

表 5 C 映画館における 4D、2D の落下菌個数の平均値の差の検定結果

真菌 (DG18)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	0.122	0.107
p 値	0.851	
細菌 (SCD)		
平均(CFU/5 分・皿)	4D	2D
	2.036	0.591
p 値	0.056	

t 検定の結果、B 映画館の細菌は 4D、2D との間に有意水準 5%で有意差が確認された。C 映画館については有意水準 5%を少し超えているけれども差が認められる。真菌(DG18)についてはA、B、Cとも有意差は認められなかった。この結果より、細菌については真菌に比べるとエフェクト或いは空気調和設備、気積等何某かの影響を受けていることが推定される。

次に異なる 3 つの映画館の暴露時間調整済落下真菌・細菌個数を多重比較(Steel-Dwass 法)にて検定を行った。その結果、4D・真菌に関しては A (0.120 CFU/(5 分・皿)、以下単位省略)、B(0.390)間及び B(0.390)、C(0.122)間において有意水準 5%

で差が認められた。A(0.120)、C (0.122) には有意差が認められなかった。2D・真菌に関しては A(0.104)、B (0.389)、C(0.107)間で有意差は認められなかった。

4D・細菌に関しては A(0.472)と B(2.932)との間で有意水準 1%の差がみられた。A、C (2.036)間、B、C 間ともに有意差は求められなかった。2D・細菌に関しては A (0.219)、B (0.948)、C (0.591)間で有意差は認められなかった。

なお、これらの値はいずれも準則に定められている観覧室の値(上映開始後 10 分以内の測定、シャワーレ 5 分間開放時の落下菌(生菌)数 30)と比較すると、1/10～1/100 のオーダーで小さいことがわかる。また、この落下菌数を昨年度検討した係数  $0.002445(\text{CFU}/(5 \text{ 分間} \cdot \text{皿})) / (\text{CFU}/\text{m}^3)$  で換算した結果を表 6 に示す。

表 6 浮遊真菌・細菌濃度(CFU/m<sup>3</sup>)への換算

	浮遊真菌濃度 (CFU/m <sup>3</sup> )	
	4D	2D
A映画館	49.1	42.5
B映画館	159.5	159.1
C映画館	49.9	43.8
	浮遊細菌濃度 (CFU/m <sup>3</sup> )	
	4D	2D
A映画館	193.0	89.6
B映画館	1199.2	387.7
C映画館	832.7	241.7

真菌については、AIJES 事務所維持管理基準 (50CFU/m<sup>3</sup>) と比較すると、B 映画館 4D、2D とも基準値を超えるが、高齢者施設、学校の基準値は超えていない。因みに A 映画館 4D、2D、C 映画館 4D、2D の暴露時間調整済落下真菌数とも事務所基準値(50CFU/m<sup>3</sup>)にほぼ近い値となっている。細菌に関しては B 映画館 4D、C 映画館 4D については事務所基準値 (500CFU/m<sup>3</sup>) を超えているが、A 映画館 4D、2D、B 映画館 2D、C 映画館 2D については事務所基準値以内に収まる結果となった。

## E. 結論

入場者の衛生に必要な措置基準（法第3条第2項関係）に定め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。また、今回の夏期実測で得られた落下細菌個数は0.219～2.932であり、最も落下細菌個数の多い場合でも10倍の差が生じることが推定された。

次に、実測した落下菌個数から浮遊菌濃度に換算し AIJES 基準と比較した結果、4D 観覧場の場合、事務所ビルの浮遊細菌濃度基準値を超えなかったのは A 映画館のみで、B、C 映画館は事務所基準値を超えることがわかった。真菌については、B 映画館に関しては事務所基準を超えるが A、C 映画館も超えてはいないが基準値に近い値であった。

また実測結果を用いて、4D、2D の違いについて統計的分析を行った。映画館ごとの4D 観覧場と2D 観覧場の比較をした結果、真菌については2つの観覧形態に差がないこと、細菌に関しては、B 映画館では4D が2D よりも統計的な有意差が見られる結果となった。映画館同士の多重比較を実施した結果、真菌については B 映画館の4D 観覧場が A、C の4D 観覧場よりも統計的に有意差があることがわかった。

## 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・引用文献>

- 1) 弁当及びそごいの衛生規範について、(昭和54年6月29日、環食第161号、各都道府県・各政令市・各特別区衛生主管部(局)長あて厚生省環境衛生局食品衛生課長通知)
- 2) 日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説、丸善、2013
- 3) 日本防菌防黴学会：防菌防黴ハンドブック、724-734、技法堂出版、1986
- 4) 吉沢晋・菅原文子：建築空間における空中浮遊微粒子の評価方法に関する研究(第5報)、空中浮遊粒子濃度と落下量の関係、日本建築学会計画系論文報告集第391号、32-38、昭和63年9月

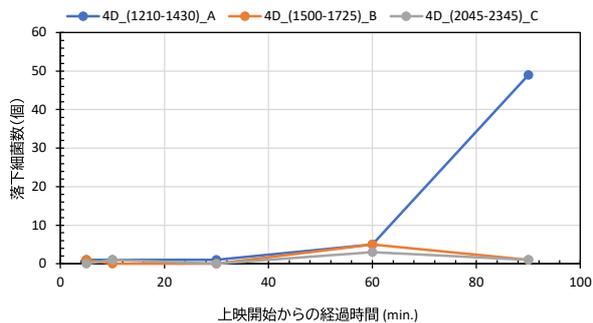


図2 A映画館4Dの落下細菌個数

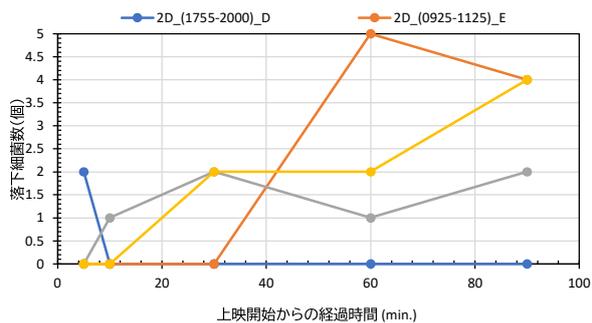


図3 A映画館2Dの落下細菌個数

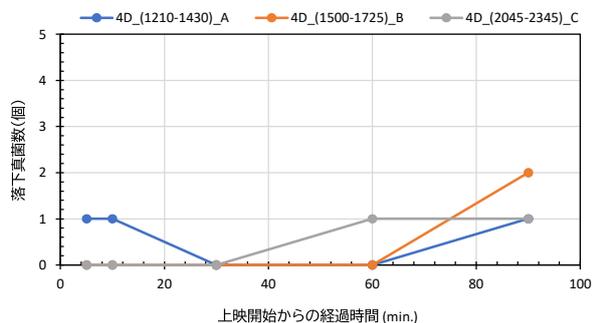


図4 A映画館4Dの落下真菌個数

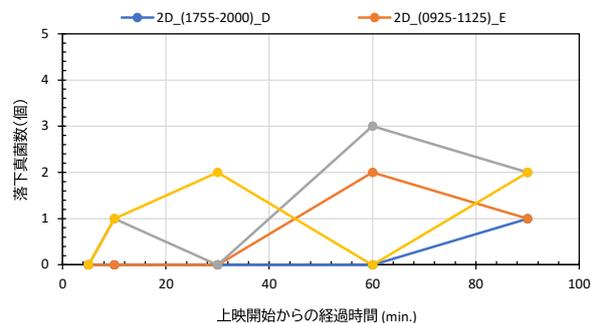


図5 A映画館2Dの落下真菌個数

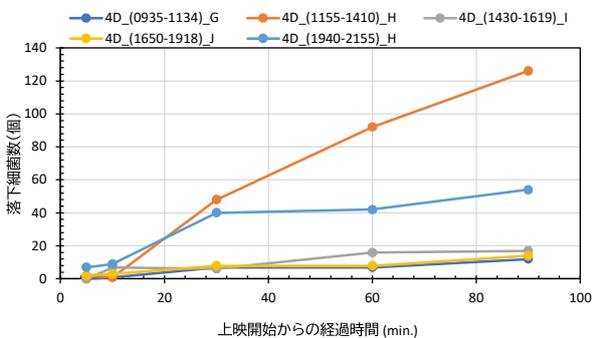


図6 B映画館4Dの落下細菌個数

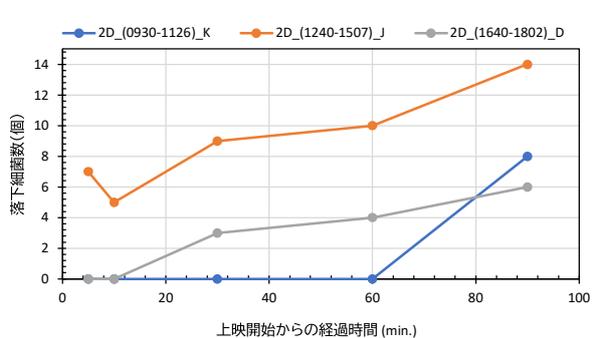


図7 B映画館2Dの落下細菌個数

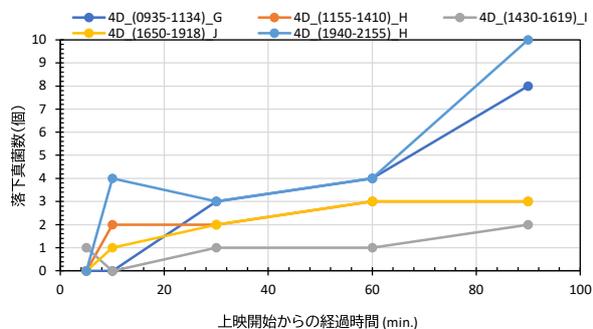


図8 B映画館4Dの落下真菌個数

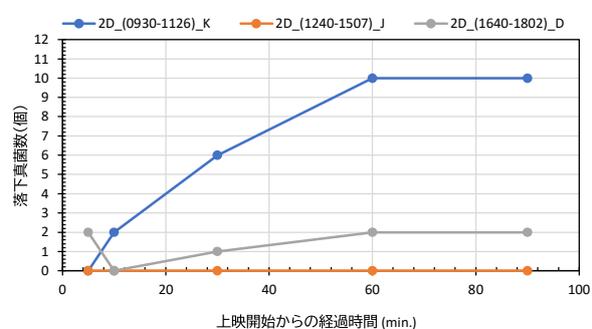


図9 B映画館2Dの落下真菌個数

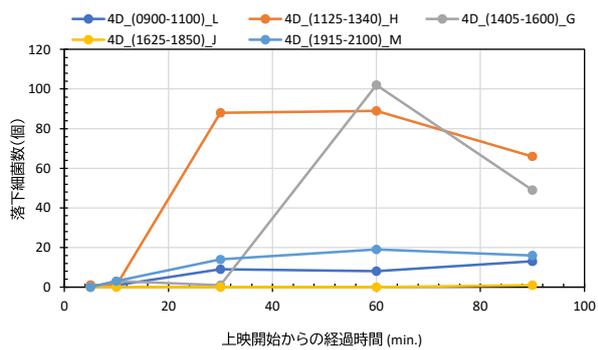


図 10 C 映画館 4D の落下細菌個数

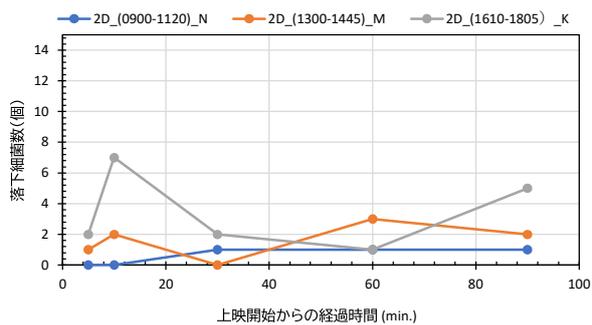


図 11 C 映画館 2D の落下細菌個数

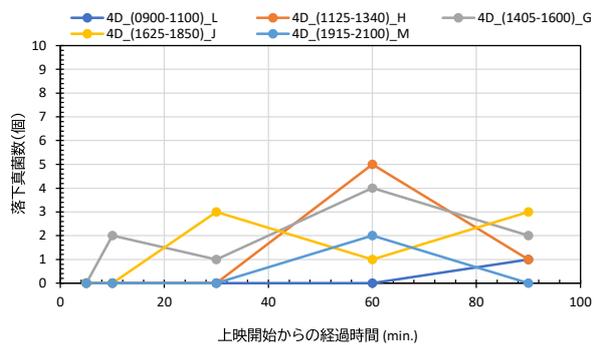


図 12 C 映画館 4D の落下真菌個数

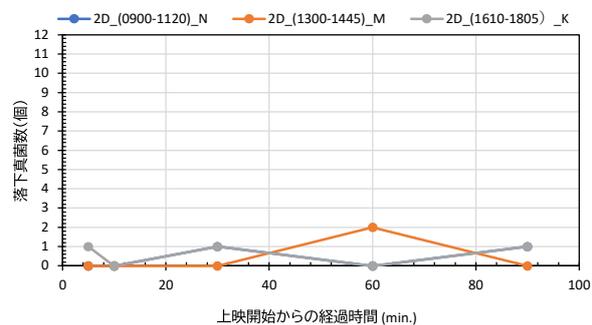


図 13 C 映画館 2D の落下真菌個数

(このページは空白です)

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 を用いた空気中のにおい成分に関する分析

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

空気中には多種類の化学物質が存在し、我々は主に吸入及び経皮曝露を介してこのような化学物質に日常的に曝露されることで、健康影響を引き起こす可能性が指摘されている。幅広い世代を対象とした娯楽施設として多くの人々が利用する映画館では、上映のための様々な機器や客席などの設備、4Dのエフェクトに使用される香料、さらに飲食も可能であることから食べ物に由来した様々なにおい成分など、多種類の化学物質が存在する。近年、においによる香害を訴える患者も増えてきていることや、室内化学物質との関連性が指摘されているシックハウス症候群の要因も定かでないことなどから、未だ、多方面から室内化学物質を対象とした研究が行われている。

本研究では、特に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、株式会社島津製作所による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、各演目ごとに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。

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ものの、継続した調査を行うことで、今後も実態を把握しておく必要があると考えられ、特に、興行場は、感受性や健康状態の異なる多数の人々が利用する場であることから、継続した衛生管理を行う上でも実態調査は必要と考えられた。

A. 研究目的

空気中には多種類の化学物質が存在し、我々は主に呼吸を介してこうした化学物質に日常的に曝露されることで、健康を損なう可能性も指摘されている。特に映画館では、設置された様々な機器

や客席などの設備、食べ物、4Dのエフェクトに使用される香料など、においに由来した様々な化学物質が存在する。また近年、においによる香害を訴える患者も増えてきていることや、室内の化学物質との関連性の強いシックハウス症候群の要

因も定かでないことなど、様々な健康影響と化学物質との関連性が示唆されている。

そこで本研究では、株式会社島津製作所による 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実施した。

## B. 研究方法

### B1. 対象物質

株式会社島津製作所による 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が登録されたデータベースに含まれる 145 成分を対象とする (表 1)。

### B2. サンプリング及び分析方法

4D 及び 2D 映画上映中の空気中のにおい成分を分析するため、流速 100 ml/min で一定時間空気を捕集した。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 12 L とした。本研究で実施した成分分析には、株式会社島津製作所社製 GC/MS 異臭分析システムを用いた。

## C. 研究結果及び考察

### C1. におい成分の定性/定量

分析の対象とした 145 成分のうち、4D 及び 2D のいずれかから検出された成分は 65 種であり、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) であった。また、2D から検出された成分は 59 成分であり、4D から検出された成分は、61 成分であった。さらにこのとき、フェノール、2,4-ノナジエンール、メシチルオキサイド、1-ウンデカノール及びグアヤコールについては、4D のみから検出され、ボルネオール、2-エチル-1-ヘキサノール、5-メチル-2-フルフラール及びベルベノールについては、2D のみから検出された。2-エチル-1-ヘキサ

ノールについては、プラスチックの可塑剤の加水分解による生成や接着剤、塗料などが発生源となっていることが知られており、その健康リスクへの懸念から、室内環境指針値の検討物質としても挙げられている。実際に、調査を行った映画館内には、材質の一部にプラスチックが使用された客席などが多数設置されていることや、壁紙や絨毯などが整備されていることから、こうした設備や内装材が発生源の一つとなり、影響している可能性も示唆された。

4D 及び 2D のいずれの場所からも検出された 55 成分のうち、厚生労働省がシックハウス対策の取り組みの一環として、健康への有害な影響を受けないレベルとの判断により設定された室内濃度指針値が定められる成分としては、キシレン、トルエン、パラジクロロベンゼン、スチレンが含まれていたが、いずれも指針値を上回る濃度のものは無いことを確認している。

## E. 結論

本調査において検出された、映画館内の空気中のにおい成分については、主に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の影響が比較的大きいと考えられたが、内装材や施設に由来した有害性のある成分も含まれていたことから、多数の人々が利用する場としても、継続した衛生管理を行っていく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

表1 分類別成分表

分類	化合物
カビ系	2,4,6-トリクロロアニソール,ボルネオール
果物	$\beta$ -ピネン,オクタナール,n-デカナール,ペラルゴン酸,カプロン酸,n-ドデカナール,3-ヘプタノン,アセトフェノン, $\alpha$ -ピネン,2-ウンデカノン,エナント酸,ヘキシルアセテート,2-オクタノン,2-メチル酪酸エチル,バルベノン, $\gamma$ -オクタラクトン,1-ウンデカノール, $\gamma$ -デカラクトン
食品・植物系	フェノール,リナロール,ベンゼンメタノール,カプロラクタム,サリシリアルデヒド,ベンゾフェノン,2-メチルピラジン,酪酸,2-メチル酪酸,2-エチル-1-ヘキサノール,フェニルアセトアルデヒド,2-フェニルエタノール,クマリン
その他	5-メチル-2-フルフラール,グアヤコール
防虫剤系	L-メントール,p-ジクロロベンゼン,カンファー,ナフタレン,サリチル酸メチル,バルベノール
溶剤・油系	ヘキサナール,1-ドデカノール,m-キシレン,ベンゾチアゾール,オクタノ酸,トルエン,ブチルセロソルブ,1-オクタノール,o-キシレン,1-テトラデカノール,2,4-ノジエナール,メチルメタクリレート,2-ヘキサノン,2-ノネナール,メシチルオキサイド,スチレン,1-ペンタノール,2-ヘプタノン,1,2,4,5-テトラメチルベンゼン,2-メチルナフタレン,p-キシレン,2-デセナール,1-メチルナフタレン

表2 対象成分

	化合物	保持時間	臭いの種類	質量	確認イオン
1	プロピオン酸	2.27	酢, 酢酸, 酪酸	73	74.00-45.00
2	ペンタナール	2.51	チーズ, 油の酸化	58	57.00-44.00
3	アセトイン	2.63	ヨーグルト, バター	88	45.00-43.00
4	メチルメタクリレート	2.67	アクリル樹脂	69	100.00-99.00
5	ジメチルジスルフィド	3.25	硫黄, 玉ねぎ, 腐ったキャベツ	94	79.00-61.00
6	イソ酪酸	3.33	チーズ, ヨーグルト	73	88.00-43.00
7	酢酸-sec-ブチル	3.47	甘い溶剤	87	43.00-56.00
8	1-ペンタノール	3.69	ブタノール	70	55.00-42.00
9	トルエン	3.75	溶剤, ペンキ, シンナー	91	65.00-51.00
10	5-ヘキセン-2-オン	3.85	セメダイン, ゴム, 甘いメロン, 酢酸エチル	55	83.00-98.00
11	酪酸	3.97	チーズ, ヨーグルト	60	73.00-55.00
12	2-ヘキサノン	4.19	シンナー, セメダイン, 熟したメロン	100	58.00-85.00
13	メチルオキシサイド	4.43	甘い溶剤	83	98.00-55.00
14	ヘキサナール	4.53	油, フライ油	56	82.00-72.00
15	酢酸-n-ブチル	4.96	バナナ	43	56.00-73.00
16	2-メチルピラジン	5.27	落花生, 雑巾	94	67.00-53.00
17	イソ吉草酸	5.85	酸, 足の裏, ブルーチーズ	60	87.00-69.00
18	2-メチル酪酸エチル	6.12	リンゴ	102	115.00-85.00
19	2-メチル酪酸	6.16	酸, 足の裏, ブルーチーズ	74	87.00-57.00
20	エチルベンゼン	6.49	溶剤, ペンキ, キシレン	91	106.00-77.00
21	プロピレングリコール-1-モノメチルエーテル-2-アセテート	6.64	溶剤	43	58.00-72.00
22	m-キシレン	6.77	溶剤, ペンキ	91	106.00-77.00
23	p-キシレン	6.80	溶剤, ペンキ	91	106.00-77.00
24	吉草酸	7.10	酸, 足の裏, ブルーチーズ	60	73.00-55.00
25	3-ヘプタノン	7.16	熟したメロン	57	85.00-72.00
26	2-ヘプタノン	7.29	甘い溶剤	58	114.00-99.00
27	スチレン	7.38	樹脂, 発泡スチロール	104	78.00-103.00
28	o-キシレン	7.41	溶剤, ペンキ	91	106.00-65.00
29	ブチルセロソルブ	7.70	溶剤	57	100.00-75.00
30	エトキシエチルアセテート	7.72	溶剤	72	59.00-43.00
31	2-エチルピラジン	7.99	落花生, ナッツ, ローストアーモンド	107	108.00-80.00
32	2,3-ジメチルピラジン	8.04	落花生, ナッツ	108	67.00-109.00
33	ジエチルジサルファイド	8.19	ニンニク, ガス, ニラ	122	94.00-66.00
34	$\alpha$ -ピネン	8.53	柑橘, 木	93	121.00-136.00
35	$\beta$ -ピネン	8.53	柑橘, 木	93	121.00-136.00
36	イソカブロン酸	8.81	酸, 足の裏, ブルーチーズ	57	73.00-83.00
37	2-ヘプタナール	9.03	油の酸化, ゴマ	83	97.00-68.00
38	5-メチル-2-フルフラール	9.15	焦げ	110	109.00-81.00
39	ベンズアルデヒド	9.20	杏仁豆腐, ビターアーモンド	106	77.00-105.00
40	ジメチルトリスルフィド	9.40	硫黄, タクアン	126	111.00-79.00
41	カブロン酸	9.55	酸, ドライフルーツ	60	87.00-73.00
42	フェノール	9.62	樹脂	94	66.00-65.00
43	メチルスチレン	9.67	発泡スチロール	118	103.00-115.00
44	2-オクタノン	9.79	チーズ, フルーツ	58	43.00-128.00
45	o-クロロフェノール	9.84	消毒, 塩素	128	100.00-92.00
46	2-n-プロピルピリジン	9.92	落花生, ナッツ	93	120.00-106.00
47	オクタナール	10.13	柑橘, ミカンの皮	84	56.00-110.00
48	ヘキシルアセテート	10.31	洋ナシ	84	69.00-56.00
49	2,4-ヘプタジエナール	10.31	柑橘	81	110.00-79.00
50	p-ジクロロベンゼン	10.42	防虫剤	146	111.00-75.00
51	5-エチル-2-メチルピリジン	10.58	落花生, 雑巾	121	106.00-77.00
52	2-エチル-1-ヘキサノール	10.68	樹脂, カーベット, 車	83	57.00-70.00
53	リモネン	10.74	柑橘	93	121.00-136.00
54	シネオール	10.80	ハッカ	139	111.00-154.00
55	ベンゼンメタノール	10.82	バラ	108	77.00-90.00
56	フェニルアセトアルデヒド	11.03	ハチミツ, 菜の花	91	120.00-65.00
57	サリシルアルデヒド	11.05	樹脂の焦げ, 辛い	122	121.00-104.00
58	o-クレゾール	11.19	消毒, 獣	108	77.00-90.00
59	アセトフェノン	11.50	樹脂, さくらんぼ (チェリー)	105	120.00-77.00
60	1-オクタノール	11.54	カメムシ, 酸化した油	56	70.00-84.00
61	o-プロモフェノール	11.54	消毒, 塩素	172	174.00-93.00
62	5-ノナノン	11.56	甘い, フルーツ	85	142.00-100.00
63	エナント酸	11.56	チーズ, ドライフルーツ	60	87.00-101.00
64	p-クレゾール	11.60	消毒, 獣	107	77.00-90.00
65	m-クレゾール	11.62	消毒, 獣	108	107.00-79.00
66	6-クロロ-o-クレゾール	11.76	消毒, 塩素	107	142.00-77.00
67	ベンジルメルカプタン	11.85	エポキシ接着剤, 硫黄	91	77.00-65.00
68	グアヤコール	11.89	スモーク, 正露丸	109	53.00-81.00
69	3-エチル-4-メチルピリジン	11.89	タバコ, ピリジン	121	106.00-79.00
70	2-メトキシ-3-イソプロピルピラジン	11.91	ゴボウ, ビーマン	137	152.00-124.00
71	2-ノナノン	11.93	チーズ, ヨーグルト	58	71.00-142.00
72	ソルビン酸エチル	12.07	甘い, カaramel	140	125.00-95.00
73	リナロール	12.11	フローラル	93	121.00-136.00
74	2-ノナノール	12.13	カメムシ, 油	45	98.00-129.00
75	2-フェニルエタノール	12.38	ハチミツ, 菜の花	92	122.00-103.00

	化合物	保持時間	臭いの種類	質量	確認イオン
76	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	12.47	コールタール, 石油	119	134.00-115.00
77	イソホロン	12.58	薬品, 焦げた樹脂, 弱いハッカ	82	138.00-95.00
78	バルベノール	12.97	ハッカ, メントール, ユーカリ	94	109.00-137.00
79	カンファー	13.10	防虫剤, ハッカ, 樟脳	95	152.00-108.00
80	2-ノネナール	13.22	カメムシ, 油の酸化, 枕, バジヤマ	83	96.00-70.00
81	p-エチルフェノール	13.31	獣, 絨毯, 羊毛	107	122.00-77.00
82	オクタノール	13.33	綿実油, 油様酸, 酸化した油	73	101.00-115.00
83	2,4-ジクロロフェノール	13.43	消毒, 農薬	162	126.00-98.00
84	2,3-キシレノール	13.52	溶剤, ベンキ, 石油	107	122.00-91.00
85	2-イソブチル-3-メトキシピラジン	13.52	ゴボウ, ビーマン, 土	124	151.00-94.00
86	ボルネオール	13.54	カビ, 目薬, 墨汁	95	110.00-139.00
87	L-メントール	13.60	ハッカ	95	123.00-138.00
88	2-プロモ-p-クレゾール	13.63	消毒, 樹脂	186	188.00-107.00
89	ナフタレン	13.83	防虫剤, ナフタレン, 口臭	128	102.00-126.00
90	2-メチルイソボルネオール	13.86	カビ, 目薬, 墨汁	95	135.00-150.00
91	サリチル酸メチル	13.88	湿布, サロンパス	120	152.00-65.00
92	α-テルピネオール	13.90	柑橘, 木	136	59.00-43.00
93	p-ジブロモベンゼン	13.95	防虫剤, パラゾール, 塩素系溶剤, スチレン	236	155.00-75.00
94	n-デカナール	14.00	柑橘	57	112.00-128.00
95	2,6-ジクロロフェノール	14.03	消毒, 塩素, カルキ	162	164.00-126.00
96	バルベノン	14.16	柑橘, 木, ヒノキ, 杉	107	135.00-150.00
97	2,4-ノナジエナール	14.19	油, フライ油	81	53.00-67.00
98	2-フェノキシエタノール	14.27	弱いバラの香り, 弱いハチミツ	94	45.00-107.00
99	ベンゾチアゾール	14.51	機械油	135	108.00-91.00
100	フェニル酢酸	14.61	ハチミツ	91	136.00-92.00
101	ベンジルアセトン	14.67	フルーツ, バイン	148	105.00-133.00
102	ゲラニオール	14.74	バラ	123	111.00-69.00
103	γ-オクタラクトン	14.85	ピーチ, マンゴー	85	100.00-124.00
104	p-プロピルフェノール	14.85	樹脂, 獣	107	136.00-77.00
105	カプロラクタム	14.87	杏仁豆腐, ベンズアルデヒド	113	56.00-84.00
106	ペラルゴン酸	14.92	ドライフルーツ様酸	73	115.00-129.00
107	2-デセナール	14.93	カメムシ, 油の酸化	70	110.00-121.00
108	4,6-ジクロロ-o-クレゾール	14.97	消毒	141	176.00-111.00
109	p-エチルグアヤコール	15.19	スモーク, 焦げ	137	152.00-122.00
110	2,4-ジクロロアニソール	15.38	カビ	176	161.00-133.00
111	2-ウンデカノン	15.40	チーズ, フルーティ	71	112.00-170.00
112	インドール	15.54	防虫剤, ナフタレン, 口臭	117	90.00-63.00
113	2-メチルナフタレン	15.66	コールタール, 重油	142	141.00-115.00
114	2,4-デカジエナール	15.84	キュウリ	81	152.00-95.00
115	1-メチルナフタレン	15.93	コールタール, 重油	142	115.00-89.00
116	2,4,6-トリクロロアニソール	16.08	カビ	195	210.00-167.00
117	オイゲノール	16.39	木	164	149.00-131.00
118	カプリン酸	16.41	蠟	73	129.00-143.00
119	2,4-ジブロモフェノール	16.41	消毒	252	250.00-171.00
120	2,4,6-トリクロロフェノール	16.45	消毒, 樹脂	196	160.00-198.00
121	1-ウンデカノール	16.62	柑橘, カメムシ	83	126.00-111.00
122	4,5-エポキシデセナール	16.75	金属, カーペット, 中華鍋, 印刷カタログ	68	81.00-152.00
123	2,6-ジブロモフェノール	16.89	消毒, 塩素, カルキ	252	250.00-143.00
124	スカトール	16.98	防虫剤, ナフタレン, 口臭	130	131.00-103.00
125	メチルオイゲノール	17.02	木, サウナ	178	163.00-147.00
126	バニリン	17.08	バニラ	152	123.00-109.00
127	n-ドデカナール	17.16	柑橘	82	57.00-96.00
128	2,4,6-トリクロロアニリン	17.30	カビ	195	159.00-124.00
129	p-ブロモキシレノール	17.31	消毒, 樹脂, 薬品	200	202.00-121.00
130	α-イオノン	17.45	スミレ, フローラル, 柔軟剤, リンス	121	192.00-136.00
131	ジェオスミン	17.48	カビ, 下水管, 泥, 土	112	125.00-149.00
132	クマリン	17.79	桜餅	146	118.00-90.00
133	イソオイゲノール	17.80	木	164	149.00-131.00
134	γ-デカラクトン	18.01	ピーチ, マンゴー	85	128.00-100.00
135	1-ドデカノール	18.05	蠟, ワックス	111	140.00-83.00
136	β-イオノン	18.26	スミレ, フローラル, 柔軟剤, リンス	177	192.00-162.00
137	2,6-ジブロモ-p-クレゾール	18.49	消毒, 塩素, カルキ	266	185.00-187.00
138	ジブチルヒドロキシトルエン ; BHT	18.54	樹脂	205	220.00-177.00
139	2-メチル-3-フリルジスルフィド	18.98	ビタミン (B1)	113	226.00-85.00
140	2,4,6-トリブロモアニソール	20.18	カビ	344	329.00-301.00
141	ベンゾフェノン	20.36	樹脂, 杏仁豆腐	182	105.00-77.00
142	2,4,6-トリブロモフェノール	20.49	消毒, 樹脂	330	332.00-250.00
143	1-テトラデカノール	20.71	蠟, 甘い油	97	111.00-125.00
144	γ-ドデカラクトン	20.79	ピーチ, マンゴー	85	128.00-110.00
145	ジベンジルジサルファイド	25.43	ゴム	91	246.00-181.00

表 3 分析条件

TD 部	チューブ加熱温度	280°C
	チューブデソープ流量	60mL/min
	チューブデソープ時間	5min
	トラップ冷却温度	-20°C
	トラップ加熱温度	250°C
	トラップデソープ時間	5min
	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°C
	トランスファライン温度	250°C
	ジョイント温度	250°C
	内部標準	----
	チューブ待機温度	40°C
トラップ待機温度	50°C	
GC 部	使用カラム	InertCap 5MS/Sil 長さ 30m 内径 0.32 mm 液相膜厚 0.5µm
	カラム温度	50°C(5min)→10°C/min→250°C(10min)
	キャリアガス	He
	キャリアガス制御	圧力一定
	入口圧	44.5kpa
	注入方法	スプリット法
	スプリット比	5
MS 部	イオン源温度	200°C
	インターフェース温度	250°C
	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 45-500
	イベント時間	スキャン:0.1sec,SIM:0.3sec
	イオン化法	電子イオン化(EI)
	エミッション電流	60µA(標準モード)

表4 分析結果

匂い	化合物	μg/m <sup>3</sup>								
		4D					2D			
		1	2	3	4	5	1	2	3	
柑橘, 木	β-ピネン	20.93	13.74	10.49	10.24	10.49	12.36	7.08	11.50	
柑橘, ミカンの皮	オクタナール	10.84	10.23	10.10	10.31	8.76	10.50	8.54	12.06	
油, フライ油	ヘキサナール	6.01	5.09	4.86	4.50	4.55	5.92	3.68	5.51	
ハッカ	L-メントール	4.07	4.24	4.34	4.30	3.67	5.29	3.16	5.70	
柑橘	n-デカナール	3.96	4.26	4.65	4.50	3.82	5.19	3.78	5.39	
ドライフルーツ様酸	ペラルゴン酸	3.38	4.46	4.41	4.69	2.91	3.73	4.29	6.15	
蠟, ワックス	1-ドデカノール	2.77	2.98	2.86	2.85	2.50	3.78	2.96	3.55	
溶剤, ペンキ	m-キシレン	2.42	2.07	1.60	1.67	1.40	3.07	1.66	2.05	
柑橘	リモネン	2.31	2.21	2.01	2.22	2.14	3.68	0.92	2.19	
酸, ドライフルーツ	カプロン酸	2.29	0.00	0.00	2.94	1.86	2.47	3.19	4.64	
機械油	ベンゾチアゾール	2.12	2.09	2.12	2.12	2.00	0.45	0.44	0.52	
柑橘	n-ドデカナール	1.86	1.92	1.97	1.90	1.67	0.00	0.00	2.23	
綿実油, 油様酸, 酸化した油	オクタン酸	1.59	2.08	1.75	1.91	1.26	1.97	2.03	2.79	
溶剤, ペンキ, シンナー	トルエン	1.59	1.55	1.47	1.43	1.30	1.66	1.60	1.64	
樹脂	フェノール	1.47	1.41	1.42	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	
溶剤	ブチルセロソルブ	1.40	0.00	1.18	0.00	1.00	1.70	1.62	1.71	
熟したメロン	3-ヘプタノン	1.35	1.19	0.99	0.95	0.84	1.16	1.09	1.36	
カメムシ, 酸化した油	1-オクタノール	1.32	1.25	1.21	1.19	1.02	1.49	1.30	1.87	
フローラル	リナロール	1.27	1.14	1.27	0.91	0.00	0.00	0.09	0.00	
樹脂, さくらんぼ (チェリー)	アセトフェノン	1.00	1.04	1.02	1.04	0.81	1.02	1.13	1.35	
防虫剤	p-ジクロロベンゼン	0.94	0.86	0.72	3.20	3.01	2.37	0.83	2.56	
溶剤, ペンキ	o-キシレン	0.94	0.82	0.65	0.67	0.56	1.16	0.73	0.87	
バラ	ベンゼンメタノール	0.89	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.60	1.10	
蠟, 甘い油	1-テトラデカノール	0.89	1.17	1.07	0.96	0.84	1.06	0.79	1.06	
柑橘, 木	α-ピネン	0.82	0.60	0.48	0.47	0.48	0.55	0.34	0.52	
油, フライ油	2,4-ノナジエナール	0.73	0.81	0.00	0.89	0.65	0.00	0.00	0.00	
チーズ, フルーティー	2-ウンデカノン	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	
防虫剤, ハッカ, 樟脳	カンファー	0.69	0.60	0.52	0.50	0.41	0.70	0.47	0.61	
アクリル樹脂	メチルメタクリレート	0.69	0.62	0.00	0.75	0.50	0.00	0.50	0.95	
チーズ, ドライフルーツ	エナント酸	0.61	0.80	0.76	0.81	0.52	0.69	1.13	1.41	

		μg/m <sup>3</sup>								
匂い	化合物	4D					2D			
		1	2	3	4	5	1	2	3	
シンナー, セメダイン, 熟したメロン	2-ヘキサノン	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	
洋ナシ	ヘキシルアセテート	0.48	0.45		0.38	0.32	0.42	0.21	0.45	
カメムシ, 油の酸化, 枕, バジャマ	2-ノネナール	0.47	0.44	0.47	0.34	0.27	0.48	0.37	0.55	
甘い溶剤	メシチルオキサイド	0.45	0.39	0.00	0.33	0.29	0.00	0.00	0.00	
樹脂, 発泡スチロール	スチレン	0.41	0.40	0.34	0.37	0.33	0.36	0.23	0.39	
ブタノール	1-ペンタノール	0.36	0.37	0.28	0.33	0.28	0.40	0.32	0.41	
杏仁豆腐, ベンズアルデヒド	カプロラクタム	0.35	0.00	0.56	0.00	0.00	0.71	0.89	1.12	
チーズ, フルーティー	2-オクタノン	0.30	0.28	0.00	0.25	0.23	0.00	0.26	0.00	
甘い溶剤	2-ヘプタノン	0.29	0.23	0.19	0.18	0.16	0.17	0.17	0.20	
樹脂の焦げ, 辛い	サリシアルデヒド	0.21	0.18	0.17	0.16	0.13	0.34	0.31	0.48	
防虫剤, ナフタレン, 口臭	ナフタレン	0.20	0.22	0.20	0.20	0.16	0.20	0.19	0.26	
湿布, サロンパス	サリチル酸メチル	0.19	0.18	0.18	0.19	0.15	0.21	0.22	0.33	
樹脂, 杏仁豆腐	ベンゾフェノン	0.17	0.18	0.19	0.19	0.17	0.19	0.21	0.25	
コールドール, 石油	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	0.16	0.14	0.13	0.14	0.12	0.00	0.09	0.15	
落花生, 雑巾	2-メチルピラジン	0.12	0.11	0.09	0.09	0.09	0.13	0.10	0.14	
リンゴ	2-メチル酪酸エチル	0.08	0.10	0.08	0.10	0.07	0.09	0.05	0.08	
コールドール, 重油	2-メチルナフタレン	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.07	0.10	
柑橘, 木, ヒノキ, 杉	ベルベノン	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.05	
カビ	2,4,6-トリクロロアニソール	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
カビ, 目薬, 墨汁	ボルネオール	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.52	
ピーチ, マンゴー	γ-オクタラクトン	0.00	0.30	0.29	0.27	0.00	0.00	0.08	0.00	
柑橘, カメムシ	1-ウンデカノール	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ピーチ, マンゴー	γ-デカラクトン	0.00	0.33	0.34	0.29	0.24	0.00	0.00	0.39	
チーズ, ヨーグルト	酪酸	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.62	0.87	
酸, 足の裏, ブルーチーズ	2-メチル酪酸	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	
樹脂, カーペット, 車	2-エチル-1-ヘキサノール	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.28	0.36	
ハチミツ, 菜の花	フェニルアセトアルデヒド	0.00	0.09	0.12	0.09	0.08	0.00	0.13	0.00	
ハチミツ, 菜の花	2-フェニルエタノール	0.00	0.16	0.00	0.00	0.12	0.20	0.13	0.24	
桜餅	クマリン	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	
焦げ	5-メチル-2-フルフラール	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	
スモーク, 正露丸	グアヤコール	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

		μg/m <sup>3</sup>								
匂い	化合物	4D					2D			
		1	2	3	4	5	1	2	3	
ハッカ, メントール, ユーカリ	ベルベノール	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.00	
溶剤, ペンキ	p-キシレン	0.00	2.97	1.95	2.06	1.64	0.00	2.06	2.90	
カメムシ, 油の酸化	2-デセナール	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
コールタール, 重油	1-メチルナフタレン	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	

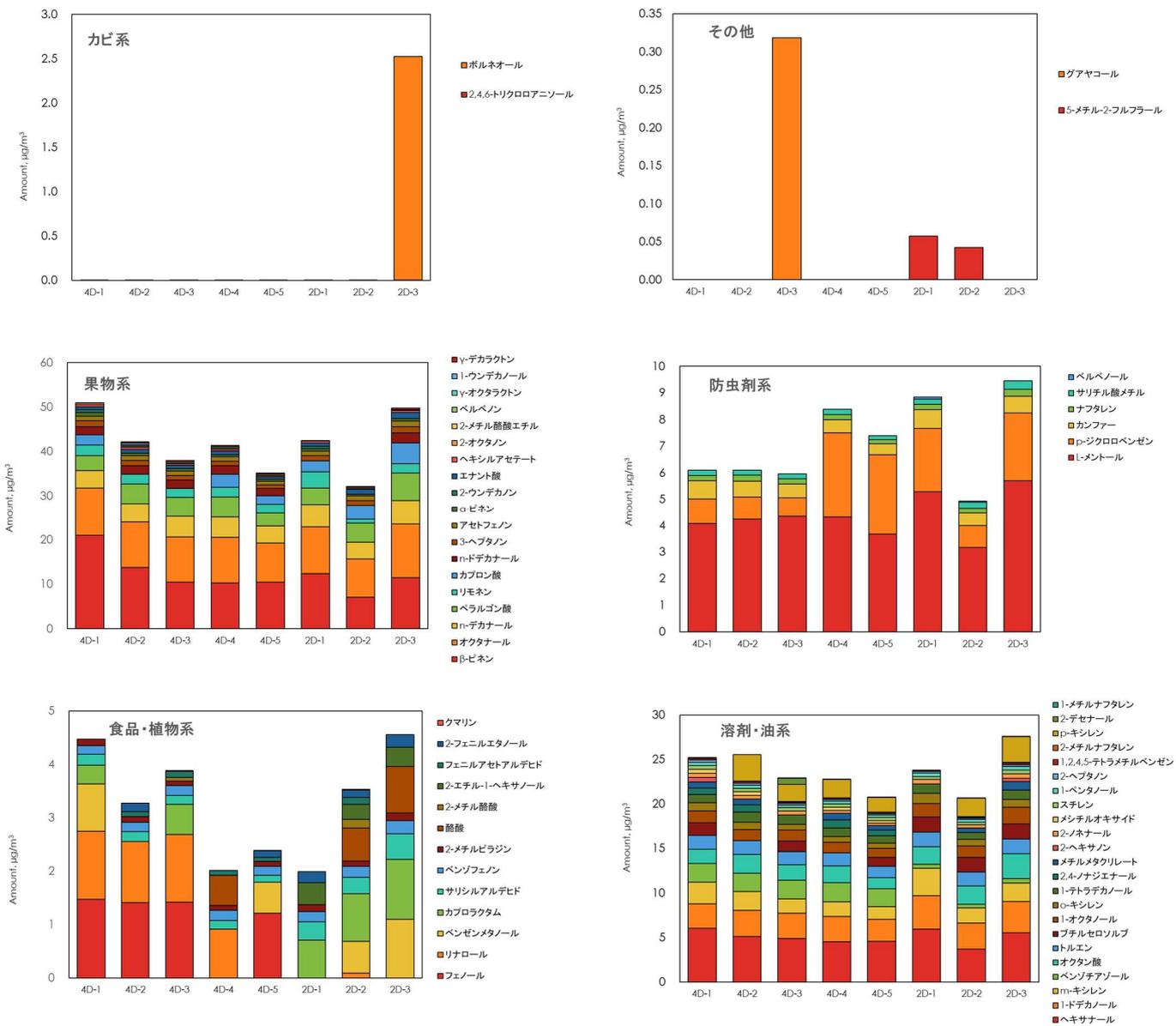


図 1 分析結果

(このページは空白です)

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	特任教授
研究協力者	菊田 弘輝	北海道大学 大学院工学研究院	
研究協力者	山岸 拓也	国立感染症研究所	
研究協力者	黒須 一見	国立感染症研究所	

研究要旨

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気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。

A. 研究目的

アイスアリーナは、建築物衛生法の特定建築物の特定用途の中の興行場に分類される。これまでのアイスアリーナの空気環境に関する研究では、整氷車の排気ガスによる空気汚染対策等が検討されている<sup>1) - 6)</sup>。アイスリンクでは、氷の安定や霧の防止を重視した空調換気設備と運用が求められ<sup>7)</sup>、密度が高い冷気がアイスリンク上に停滞することで、換気量が少なくなることが指摘されている。米国ではアイスホッケーの試合に伴う新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) のクラスターの報告がある<sup>8)</sup>。日本では、2021年の夏期に行われた全国高等学校選抜アイスホッケー大会で、事前合宿ばかりではなくアイスアリーナで感染が発生した。このため、アイスアリーナの換気性状の測

定が行われ、防護パネルに囲まれたアイスリンクの冷気溜まりが確認された<sup>9)</sup>。

2022年1月に釧路アイスアリーナでアイスホッケーの試合が行われ、COVID-19の大規模なクラスターが発生した。釧路アイスアリーナ、日本アイスホッケー連盟、北海道、釧路保健所、国立感染症研究所が感染状況に関する調査を行った結果、アイスリンクから客席までの比較的大きな距離を隔てた感染経路が確認され、浮遊飛沫による感染（エアロゾル感染）<sup>10) - 12)</sup>の可能性が指摘された。エアロゾル感染対策の立案のために、北海道大学工学研究院環境空間デザイン学研究室が協働し、換気性状とエアロゾル拡散性状の測定、対策立案と効果検証が、2022年2月～6月に行われた。調査及び検証を踏まえた対策が、対象施設で行われ

るとともに、日本アイスホッケー連盟の対策に随時反映された<sup>13)</sup>、<sup>14)</sup>。

## B. 研究方法

2022年2月～3月に行われた冬期のクラスター発生時の実態に関する調査とエアロゾル対策効果の検証を行った。

## C. 研究結果

### C1. クラスタ事例の概要

#### C1.1. COVID-19 クラスタの概要

2022年1月15日及び16日に北海道釧路市の釧路アイスアリーナで行われたアジアリーグアイスホッケーの試合が開催され、選手及び関係者、大会運営の関係者、観客によるCOVID-19のクラスターが発生した。

図1に示すように、選手及びチーム関係者が発症した後、観客及び大会関係者の発症が増加した。陽性者172の内、観客は102名(59%)を占めた。選手42名中の陽性者は42名(100%)、チーム関係者17名中の陽性者は13名(76%)、大会関係者(アイスリンク上)14名中の陽性者は5名(36%)、大会関係者(アイスリンク外)62名中の陽性者は10名(16%)、観客867名中の陽性者は102名(12%)であった。ゲノム解析では、オミクロン株(B.1.1.529系統)と一致した。

図2に示すように、観客の来場者数に対する陽性者数の比は、1月15日、16日の両日に共通した偏りが見られた。西側(J,A,B,C)は11～29%であり、特に西側中央席は24～29%で顕著に高かった。北側及び東側(D,E,F)は0～6%で比較的低かった。東側と南側(H,G)は7～12%で比較的高かった。南側(I)は0%で低かった。

アイスリンク上では、選手同士の接触、選手と大会関係者の接近があったが、観客と選手及びチーム関係者の間には接触及び接近はなかったと考えられた。複数の選手及びチーム関係者の発症は比較早いことから、試合の時点で感染源となっ

ていたと考えられた。アイスリンク上の選手から発生したウイルスを含むエアロゾルがアイスリンクから客席に流れたことで、観客が感染した可能性が指摘された<sup>15)</sup>。

なお、アイスホッケーの試合は、20分のピリオド(Period)を15分の休憩を挟んで3回(1P, 2P, 3P)行なう計約2時間であり、休憩時間に整氷車(電気式)による作業が行われる<sup>16)</sup>。

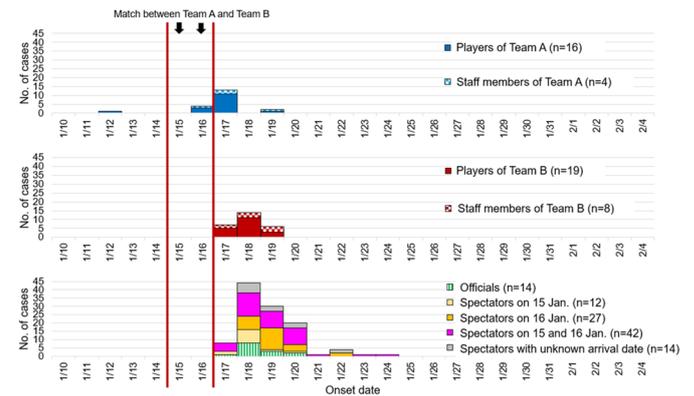


図1 The number of the infected

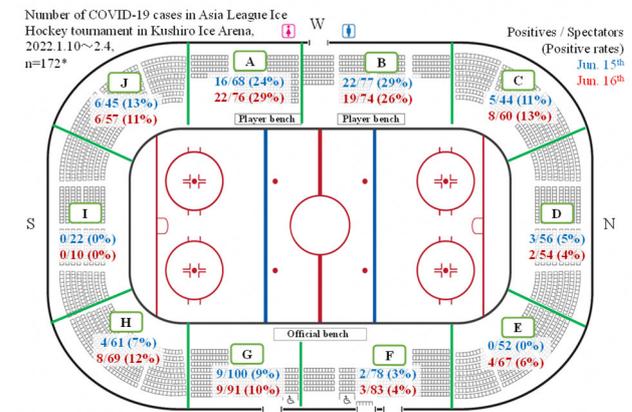


図2 The distribution of the infected

#### C1.2. 釧路アイスアリーナの建築・設備の概要

釧路アイスアリーナは、建築面積6663㎡、延床面積7564㎡、収容人数3739人(固定席2539人、立見1200人)、鉄筋コンクリート造の施設である。図3に示すように、アイスホッケーアイスリンク1面(60m×30m)を有する。

アイスリンクの西側に選手ベンチ、東側にオフィシャルベンチがある。アイスリンクはアイスパックから観客を守るための透明の防護パネルで囲まれている。アイスリンク周囲のパネルの氷表面からの高さは、全周にある腰壁状の不透明のパネルは107cm、東側（サイドライン）の透明防護パネルは180cm、南側及び北側（エンドライン）の透明防護パネルは240cmである<sup>16)</sup>。

図4に示すように、西側の選手ベンチ部分（図2のA,B）には防護パネルが無い。同図に示すようにアイスリンク内の冷気は、選手ベンチから流出することがスモークを用いて可視化されている。一方、オフィシャルベンチの南側（図2のG,F）は、防護パネルがある。ただし、オフィシャルベンチ付近の（図2のG,F）のゴール収納部分には開口部があるが、試合時には閉鎖されている。開口部には隙間があるが、スモークの可視化ではこの部分からの冷気の流出は見られなかった。

図5に示すように、空調機（AHU2台）が2階北側に設置されている。図5及び図6に示すように、アイスリンクの西側と東側の天井付近の2本のダクト（900Φ）につながる各ダクト9ヶ所の円形給気口（350Φ）からアイスリンク中央側に向け、斜め下方に給気される。2階通路の北側に2つの還気口があり、空調機につながっている。天井付近に排気ファンが6台ある。空調換気的设计値は、以下の通りである。外気量は12000(m<sup>3</sup>/h)で、給気風量は42000(m<sup>3</sup>/h)である。排気量は、12000(m<sup>3</sup>/h)である。外気量は必要換気量30 m<sup>3</sup>/(h・人)の400人分である。

試合が行われた両日の外気条件は、図7に示すように15日の午後は北風が夜にかけて強くなり、16日の午後は特に強くなかった。また、図8に示すように測定時のサーモカメラ（testo 883）によるアリーナ内の表面温度（3月1日13:28）は、給気口15℃、天井面8℃、客席5℃、アイスリンク表面-2℃で、上下に大きな温度差がある。このよう

な上下温度差は、クラスター発生時も同様であったと考えられる。



図3 Inside of Kushiro Ice Arena



図4 Cold airflow from the rink to the player bench

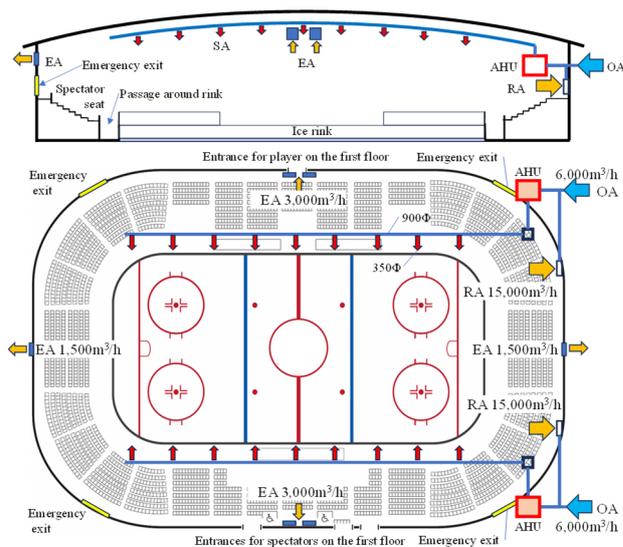


図5 Air conditioning and ventilation facilities of the arena

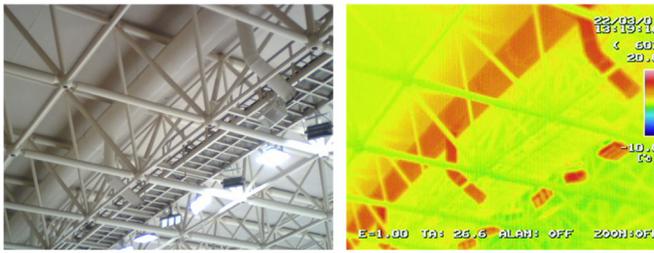


図 6 Air supply ports and temperature

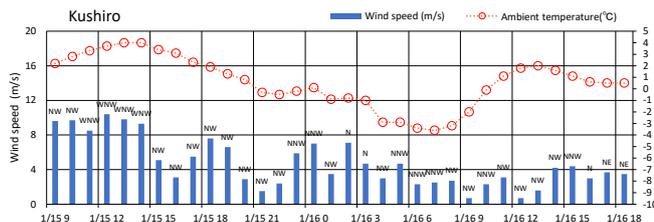


図 7 Climate condition at the cluster

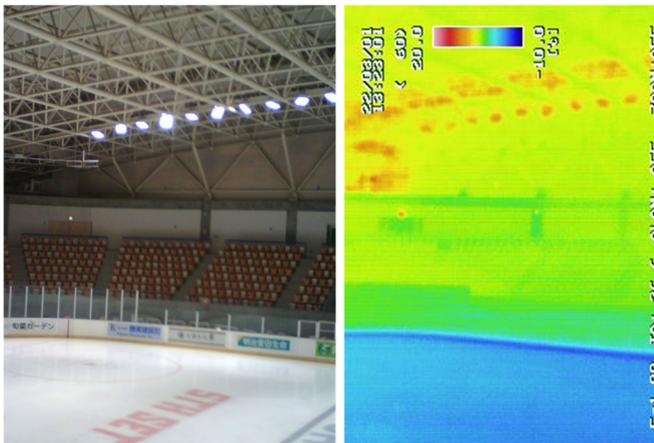


図 8 Thermos-camera image of the inside of the arena

## C2. 空調換気性状の調査

### C2.1. 調査の概要

調査は、2022年2月～3月に行われた。建物及び空調換気設備に関する調査を行い、換気性状及びエアロゾル拡散性状に関する以下の測定を行った。

#### (1) 換気性状

アイスアリーナの換気性状を把握するために、アイスリンク内でボンベからCO<sub>2</sub>を発生させ、ア

イスリンク内、客席等の濃度（T&D TR-72）を測定し、各測定点の濃度減衰から換気回数を算出した<sup>17)</sup>。

#### (2) エアロゾル拡散性状

試合時の選手の運動によるエアロゾル拡散性状を確認するために、アイスリンク内でスモークジェネレータ（Sharelife 400W, ANTARI FLR-5）からパーティクルを発生させた。アイスリンク内に広がった後に、図9に示す練習試合を行った。各所のパーティクル濃度（ワッティー株式会社 HYPM PM2.5 センサー, 0.3～10.0μm）を測定し、クラスター発生時のエアロゾル拡散性状に関する基礎データとした。



図 9 Reproduction of the ventilation

characteristic at the cluster by a period game

## C3. 換気性状の測定と結果

### (1) 換気性状

アイスリンク内に向けてボンベからCO<sub>2</sub>を発生させ、各所の高さ1.6mの濃度が概ね1000ppm以上になった5分間で、計14kgを発生させた。その後の濃度推移から換気回数を算出した。測定はクラスター発生時の空調換気設備運転を再現し、室内温度が安定している状況で実施した。図10及び図11に示すように、温湿度・CO<sub>2</sub>濃度測定器（T&D TR-72）を設置して連続測定（10秒間隔）を行った。なお、図12に示すように、測定時（3月1日の12時～15時）は、南西の風が強かった。

アイスリンクの換気性状について、以下の結果が得られた。図 13 に示すように、アイスリンクの温度は高さ 0.6m と 2.8m で約 2°C の差があった。選手ベンチは、南側ではアイスリンクの 1.6m に近い温度であるが、北側は比較的高かった。オフィシャルベンチ、西側の通路は 6~7°C で比較的高かった。客席は、7°C 程度で比較的高かった。CO<sub>2</sub> 濃度は、図 14 に示すように、発生停止時(0.1hour) にアイスリンク中央の高さ 0.6m で 2000ppm に達したが、アイスリンク中央の高さ 2.8m では 700ppm 程度であった。アイスリンク内の測定点全体を通じ、高さ 1.6m が 0.6m よりも濃度が低く推移した。図 15 に示すように、選手ベンチはアイスリンクの高さ 1.6m と比較的近い濃度で、南側が北側よりも概ね高く推移した。オフィシャルベンチと西側の通路は、選手ベンチよりも低く推移した。西側客席は、アイスリンク、選手ベンチ、通路よりも低く推移し、800ppm 以下であった。このように、アイスリンクの低層(0.6m)、中層(1.6m)と選手ベンチ、西側通路、西側客席の順で、濃度が高く推移した。

図 16 に、CO<sub>2</sub> 濃度減衰(0.25~0.45 hour) から算出した換気回数を示す。同一の大空間内で不均一となっている状況で、各測定点への CO<sub>2</sub> の流入と流出の差によって生じる CO<sub>2</sub> 濃度減少から算出したものである<sup>17)</sup>。アイスリンクの高さ 0.6m の換気回数(1/h)は東が 2.3 で最も高く、その他は 1.2~1.4 であった。アイスリンクの高さ 1.6m の換気回数は 0.8~1.4 で、高さ 0.6 と同程度であった。高さ 2.8m の換気回数は 0.5 であり、0.6m 及び 1.6m よりも小さかった。選手ベンチは、1.4 と 2.1 であり、アイスリンクの高さ 0.6m 及び 1.6m と大きく異ならなかった。オフィシャルベンチは 0.9 であり、アイスリンクの 1.6m と同程度であった。西側の通路は北が 0.4 で南が 1.6 であり、南側が大きかった。この傾向は選手ベンチと同様であった。客席は、0.0~0.3 であり、小さかった。図 14 及び図 15 に示す濃度推移を踏まえる

と、アイスリンク内の空気は、特に南側の選手ベンチを介して、通路、客席に流れ、客席ではある程度停滞したと考えられた。

## (2) エアロゾル拡散性状

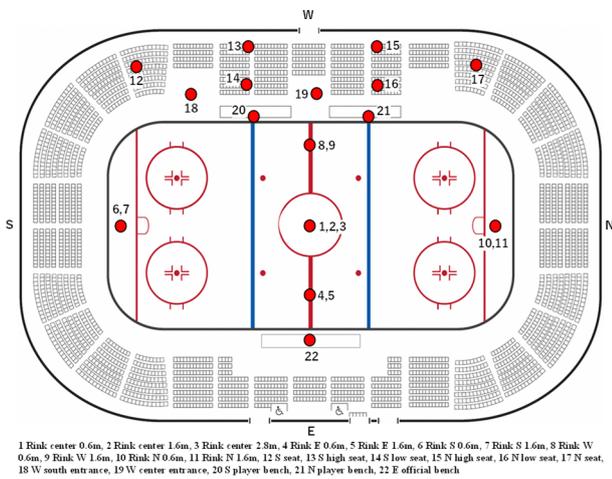
選手の運動によるエアロゾル拡散性状を確認するために、アイスリンクの南側と北側でスモークジェネレータからパーティクルを発生させた後に、プロリーグの選手が練習試合を行った。以上の条件で、各所のパーティクル濃度(重量濃度)を PM センサーで測定した。なお、測定時の外気温は 2.0°C、アリーナ内の温度は、アイスリンク高さ 0.6m が 4.0°C、2.8m が 6°C、選手ベンチが 4.5°C、客席は 5.0~6.0°C 程度で上下温度差があった。

図 17 に、スモーク発生開始後のパーティクル濃度の推移を示す。スモークの発生に伴って、西側の南入口、選手ベンチで濃度が上昇し、続いて西側の中央入口の濃度が上昇した。なお、選手ベンチ南側は初期にデータの欠損があった。客席では、0.1hour 以降に濃度のピークが見られ、0.2hour 以降に濃度の減少が見られた。

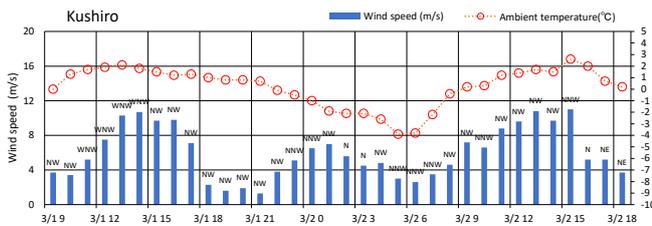
スモークを停止し、同図の 0.27hour から 20 分間(0.33 hour) 練習試合が行われた。なお、練習試合中はアイスリンク内のパーティクル濃度の測定は出来なかった。図 18 に、練習試合中の濃度減衰から算出した換気回数を示す。選手ベンチ及び西側通路の換気回数は、0.9~1.6 であり、練習試合が行われなかった場合の CO<sub>2</sub> による換気回数(0.4~2.1) と大きく異ならなかった。しかし、客席の換気回数は、1.1~1.6 であり、CO<sub>2</sub> による換気回数(0.0~0.3) よりも顕著に大きくなった。この差の要因として、選手の動きが気流及びエアロゾル拡散に影響し、アイスリンクから客席へのエアロゾルの拡散が早いとともに客席での濃度減衰が早くなった可能性が考えられた。



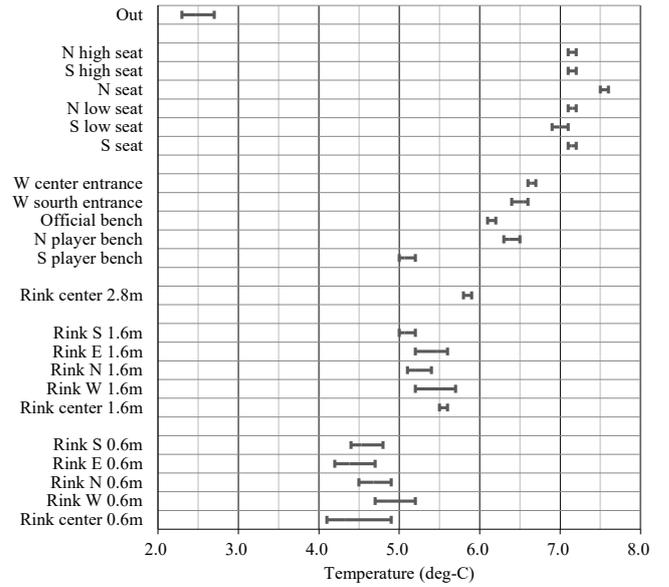
☒ 10 Measurements of CO<sub>2</sub> and particles in ice rink



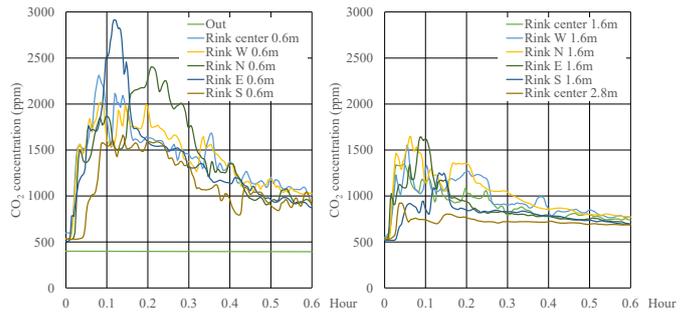
☒ 11 Measurement points



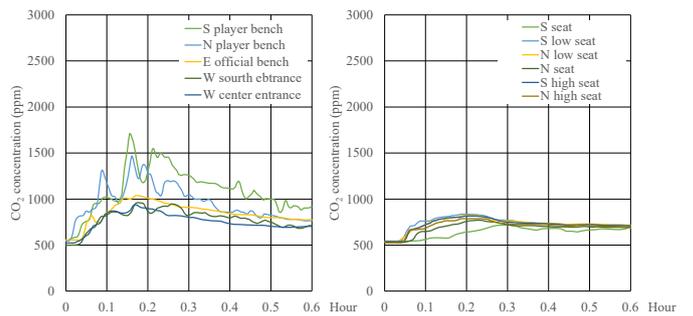
☒ 12 Outside conditions of measurements



☒ 13 Temperatures of measurements (13:00~13:36)



☒ 14 CO<sub>2</sub> concentrations in ice rink



☒ 15 CO<sub>2</sub> concentrations in player benches and audience seats

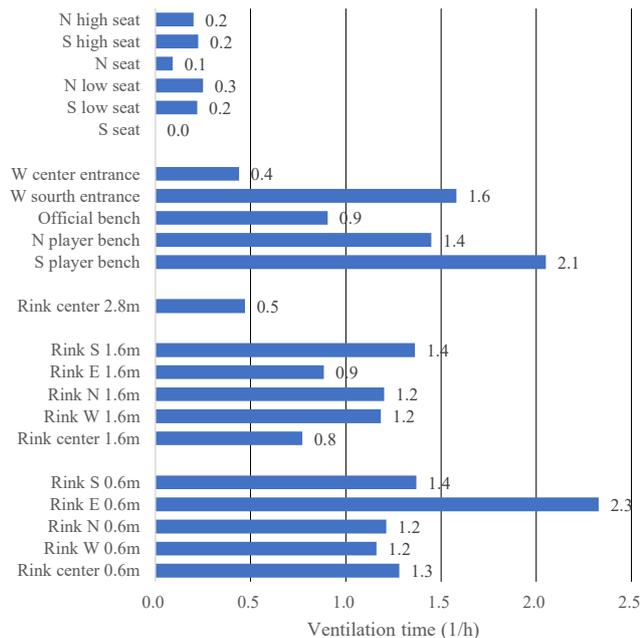


図 16 Ventilation times using CO<sub>2</sub> concentration decay

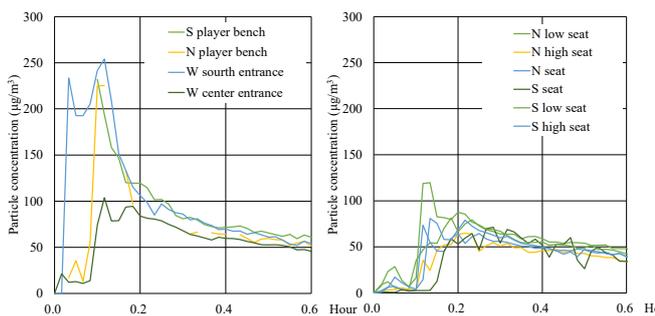


図 17 Particle concentrations of training game

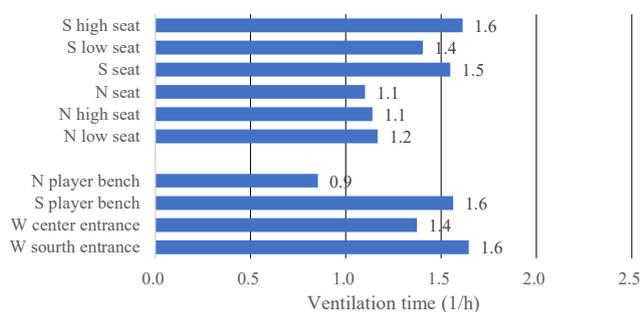


図 18 Ventilation times particle concentration decay

#### C4. クラスター発生時の CO<sub>2</sub> 濃度及びウイルス濃度の試算

ウイルスを含むエアロゾルによる感染（エアロゾル感染）のリスクは不明な点が多い<sup>18) - 32)</sup>。以下のような仮定に基づいてウイルス濃度及び吸引量を試算し、エアロゾル感染が指摘された広州のレストランにおける事例<sup>27), 33), 34)</sup>と比較した。

感染者からのウイルス放出量には大きな幅があるとされ<sup>35), 36)</sup>、代謝量や咳の有無によって大きく変わる。代謝量も運動量によって変わり、アイスホッケーの試合は運動が激しく代謝量は安静時の10倍に及ぶ可能性がある<sup>37)</sup>。ウイルス吸引量はマスクの効果、呼吸量の影響を受ける。呼吸量は代謝量の影響を受ける。なお、クラスター発生時には、選手、レフリー、観客のほとんどはマスクをしていなかった。

対象のクラスターでは、選手から放出されたウイルスを含むエアロゾルが客席に到達し、観客が吸引することで感染した可能性が指摘されている。また、西側客席の感染率が他の席に比べて顕著に高いとともに、アイスリンクから西側客席へのエアロゾルの拡散が確認されているため、西側客席に注目した。

アイスリンクで発生した CO<sub>2</sub> 及びパーティクルをウイルスのトレーサーとし、アイスリンク上の選手・レフリー及び西側客席の観客のウイルス吸引量を試算した。トレーサーが単位量発生した場合の濃度応答  $r(t_i)$  が既知となれば、図 19 に示すように任意の発生パターンに対する濃度  $C(t_i)$  を、単位応答の積み上げ(畳み込み積分)によって算出することが出来る。外気濃度を  $C_{out}$  とすると、任意の発生  $m(t_i)$  がある場合の濃度  $C(t_i)$  を、以下のように示すことが出来る。

$$C(t_i) = \sum_{k=0}^{i-1} \{m(t_{i+k}) \cdot r(t_{i+k})\} + C_{out} \quad \dots \cdot 1$$

図 20 に、CO<sub>2</sub> 発生時の濃度変化を示す。同図の Space1 は、アイスリンク内、選手ベンチ、西側通

路を含む、アリーナの低層で比較的濃度の高い空間としている。Space2は、西側観客席である。それぞれの空間内の測定点の平均値をSpace1(Measured)とした。また、この後半の20分間の濃度減衰曲線を延長した濃度をSpace1(predicted)とした。同様に、Space2(measured)、Space2(predicted)とした。

Space1の濃度が上昇した後にSpace2の濃度が上昇してピークを示し、その後に減衰した。減衰は、Space1の方がSpace2よりも早くなった。

クラスター発生時の試合における3ピリオドと休憩の計2時間のSpace1とSpace2の濃度を算出した。図21は、この間の選手からの発生パターンである。表1に示すように、CO<sub>2</sub>の発生量は、選手の代謝量が大きい(10.0 Mets)ことを想定し、一人当たりの発生量を0.132 m<sup>3</sup>/(h・人)とし、アイスリンク内の選手22人から2.90 m<sup>3</sup>/hのCO<sub>2</sub>発生があると仮定した。

図22は、アイスリンク内で発生したCO<sub>2</sub>によるSpace1及びSpace2の濃度推移である。いずれの空間でもピリオドの時間に濃度が上昇し、第3ピリオド終了時に最も高くなった。なお、選手は休憩時には、この空間の外にある控室に移動するため、CO<sub>2</sub>の発生はないとした。実際には、アイスリンク外の観客などからもCO<sub>2</sub>が発生するため、より高濃度になったと考えられる。

表1に示すように、安静時の呼気中のウイルス量を244(copies/10L)と仮定し、選手の代謝量(10.0 Mets)を考慮して、ウイルス発生量を2440(copies/10L)とした。この発生量は、呼気中のインフルエンザウイルスのRNA数<sup>20)</sup>を参考にしたものである。インフルエンザウイルス中のRNA数が8で、新型コロナウイルスのRNA数が1であることを考慮して、呼気中のウイルスRNA数(copies)を設定した。この仮定は、ウイルスの吸引量を広州レストランの事例(表1のA cluster case in a restaurant)<sup>18),19)</sup>に対して相対的に比較するために設定したもので、感染リスクを定量

するものではない。以上の設定に基づいて、アイスリンク内で1930.5×10<sup>3</sup>(copies/h)のウイルス発生を仮定した。

図23は、アイスリンク内の選手の半数にあたる計22人から発生したウイルスによる、Space1及びSpace2のウイルス濃度の推移である。ウイルス濃度の推移はCO<sub>2</sub>濃度の場合と類似し、第3ピリオド終了時に最高濃度になった。選手及びレフリーが吸引するアイスリンク内で216(copies/m<sup>3</sup>)、観客が吸引する客席で151(copies/m<sup>3</sup>)に達した。

図24は、Space1の選手及びレフリーとSpace2の観客のウイルスの吸引量を示す。選手及びレフリーは試合中のみ吸引量が増加する推移となり、観客の吸引量は、休憩時を含めて連続的に増加した。選手及びレフリーの吸引量は452(copies×10<sup>3</sup>)となり、観客の吸引量は115(copies×10<sup>3</sup>)となった。

広州レストランのクラスター事例をモデルに、空間内の約半数が感染した吸引量を試算すると、吸引時間1.5時間、換気量3.0 m<sup>3</sup>/(h・人)、代謝量1.5 Mets、感染者1名、空間内人数21人とする、同様の算出方法による吸引量は113(copies×10<sup>3</sup>)となる。従って、選手及びレフリーの感染リスクは非常に高かった可能性があると考えられる。また、西側客席の観客の感染リスクは否定できない状況であったと考えられる。また、広州レストランの事例は武漢株であったが、釧路アイスアリーナのクラスターはオミクロン株によるものであったため、より感染リスクが高かった可能性があると考えられる。

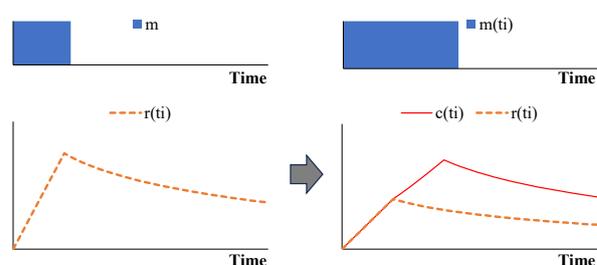


図19 Concentration response and integration

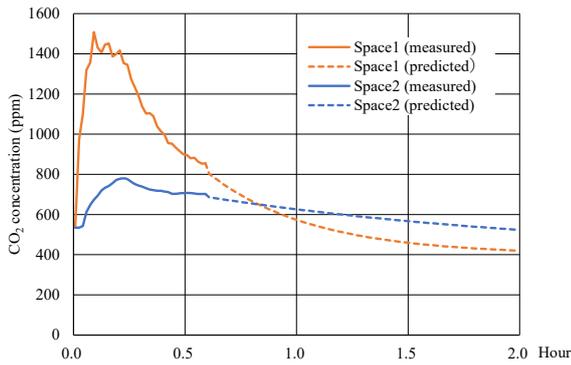


図 20 CO<sub>2</sub> concentration responses

表 1 Release of CO<sub>2</sub> and virus

CO <sub>2</sub>	Release (m <sup>3</sup> /h)
Players*	2.90
Virus (SARS-CoV-2)	Release (copies/h) × 10 <sup>3</sup>
Players **	1930.5
A cluster case in a restaurant ***	13.16

\* 22 players on the ice rink, Mets 10, Respiration of a player 3600 ℓ/h

\*\* 22 players on the ice rink are infected, Mets 10,

RNA of respiration 1950/8 (copies /10L), Respiration of a player 3600 ℓ/h

\*\*\* spectators, Mets 1.5, Respiration of a spectator 540 ℓ/h

\*\*\* A person is infected, Mets 1.5, Ventilation rate a person 3 (m<sup>3</sup>/hp)

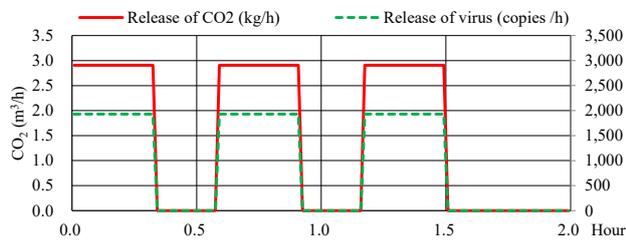


図 21 Release pattern of CO<sub>2</sub> and virus

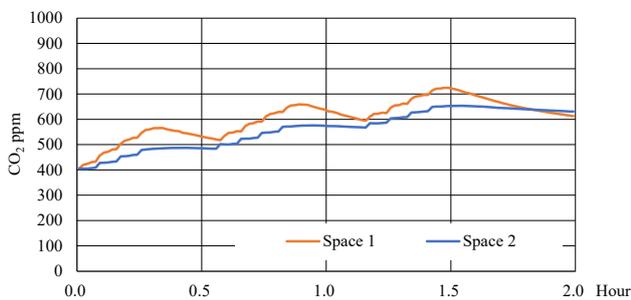


図 22 Predicted CO<sub>2</sub> concentrations

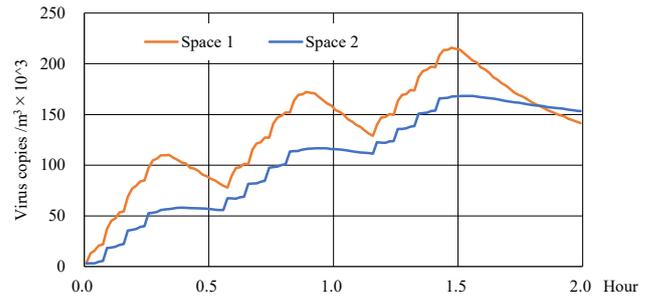


図 23 Predicted virus concentrations

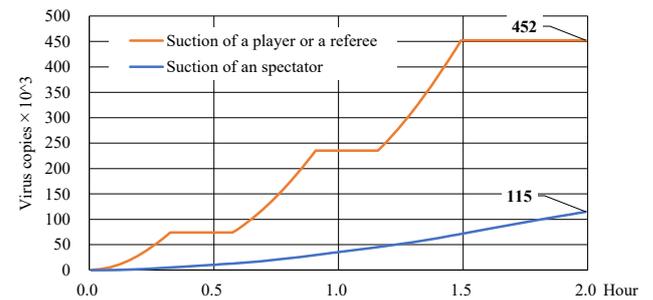


図 24 Predicted suction rates of virus

## C5. エアロゾル感染対策の検証

アイスリンクから客席へのエアロゾルの拡散を抑制することでクラスターを防止する方法を検討し、以下の対策案を作成した。図 25 及び図 26 に示すように、選手出入口の一つにファンを設置(図中の Exhaust fan、以後は対策ファンと記す)し、アリーナ空間の下層に停滞する冷気を排出することで、アイスリンクから客席へのエアロゾルの上昇を抑制する。

対策案の効果を検証するために、表 2 に示す 4 条件のエアロゾルの拡散性状の測定を行った。対策ファンの運転の有無に加えて、外気の取入れの必要性を確認するために 2 階非常口の開放の有無を条件に加えた。なお、対策ファン停止時は、対策ファンを設置したドアを閉鎖して、通気を止めた。

図 27 に示すように、アイスリンク中央でスモークジェネレーターからパーティクルを高さ 0.8m で発生させ、図 28 に示す測定点のパーティクル数(カノマックス パーティクルカウンター Model 3889)を測定した。同図に示すように、スモークは水平方向に広がり、図 4 に示すように選

手ベンチに流出した。測定時の外気条件は、図 29 に示すように風が強く、2 階非常口を開放した条件では、開口部の気流に影響したと考えられた。

図 30～図 33 に、スモークによる可視化を行った結果を示す。条件 1 では、図 30 に示すようにスモークは下層に広がりながら南側の選手ベンチから流出するとともに、アイスリンクの北側に広がった後に全体に広がった。選手ベンチ裏に設置された対策ファンの影響によって、南側に流れた可能性が伺える。条件 2 では、図 31 に示すように条件 1 と同様に主にアイスリンクの北側に広がったが、条件 1 よりもスモークの希釈が早く進んだ。クラスター発生時の条件である条件 3 では、図 32 に示すように、条件 1 よりも高くスモークが広がり、同様にアイスリンクの北側に広がった。さらに、選手ベンチから流出し、北側の選手ベンチの裏にある客席（図 2 の B）の 4 段目まで目視できる程度に上昇した。また、南側の選手ベンチの裏にある客席（図 2 の A）の 2 段目まで目視できる程度に上昇した。条件 4 では、図 33 に示すように、条件 3 の条件で残った客席のスモークが次第に透明になった。

スモーク停止後 16 分後の画像を比較すると、アイスリンクのスモークの状況は以下ようになった。条件 1 ではアイスリンク全面で低層に残った。条件 2 はアイスリンク全面で少ない。条件 3 と条件 4 では北側に残った。客席については、条件 3 では明らかにスモークが残ったが、条件 1、条件 2、条件 4 では、客席のスモークは確認できなかった。以上の可視化実験の結果から、クラスター発生時の条件（条件 3）では、アイスリンク上のエアロゾルは西側客席の少なくとも中段まで上昇したと考えられる。対策ファンはアイスリンク上のエアロゾルの客席への上昇を抑制すること、非常口の開放は客席のエアロゾルを希釈する効果が期待されることが示された。

図 34 及び図 35 に、測定点のパーティクル濃度の推移を示す。この濃度は、パーティクル粒径  $1\mu\text{m}$

以上  $10\mu\text{m}$  以下の合計値である。いずれの測定点でも小粒径の比率が高く、 $1\mu\text{m}$  未満のパーティクルは測定限界を一時超えた。このため、 $1\mu\text{m}$  以上のパーティクル濃度を用いて分析を行った。

図 34 に示す通路の濃度は、選手ベンチのある西側の通路では、スモーク発生後に次第に上昇した。対策ファンを運転している条件 1 と条件 2 の場合の濃度上昇に対して、対策ファンを停止している条件 3 と条件 4 の場合の濃度上昇は顕著に大きかった。オフィシャルベンチのある東側の通路では、上昇がほとんど見られなかった。対策ファンの有無によらず、アイスリンク内のエアロゾルは東側客席へほとんど流れていないことが確認された。

図 35 に示す客席の濃度は、対策ファンを運転している条件 1 と条件 2 では比較的強く推移したが、対策ファンを停止している条件 3 と条件 4 では、顕著に高くなった。

条件 1 では、スモーク発生後に西側の南客席の下で濃度上昇が見られた。条件 2 では、西側の南客席の下が若干高い状況が続き、西側の北客席の下、西側の北客席の上、西側の南客席の上でも若干の濃度上昇が見られた。条件 3 では、いずれの客席でも濃度上昇が見られた。その中では西側の北客席の上の濃度上昇が遅かった。条件 4 では、客席の上では高い状況が続いたが、客席の下では低下傾向が見られた。また、いずれの測定点でも変動が大きく、非常口の開口を介して外部の強風の影響があったと考えられる。濃度推移の状況は、スモークの可視化結果と概ね整合している。

図 29 に示すように、測定時（3 月 19 日の 12 時～14 時）は、北東から北北東の風が強かった。非常口を開放している条件 2 と条件 4 では、主に東側の非常口の開口部から外気が流入したと考えられる。外部風の影響による濃度変動が発生したと考えられる。

図 36 に、対策ファン運転時のスモーク発生後の平均濃度と標準偏差を示す。対策ファンに近い西側通路の濃度が比較的高くなった。また、条件 1 よ

りも条件 2 の濃度が高く、非常口の開放によるアリーナ内の気流変化が影響した可能性が考えられた。図 37 に、対策ファン停止時のスモーク発生後の平均濃度と標準偏差を示す。条件 3 と条件 4 の平均濃度に大きな差はないが、非常口の開放によってむしろ濃度が上昇した。条件 2 の場合と同様に、非常口の開放によるアリーナ内の気流変化が影響した可能性が考えられた。

表 3 に、各条件の結果の概要を示す。同表の基準化濃度は、条件 3,4 のスモークの発生時間が条件 1,2 の場合の 1.5 倍であるため、条件 1,2 の平均濃度を 1.5 倍に修正したものである。基準化濃度は、対策ファンの運転によって顕著に低くなった。また、非常口を開放した条件 2,4 の濃度は、閉鎖時に比べて若干高くなった。クラスター発生時の条件に近い、条件 3 と比較すると、基準化濃度は、条件 1 では 7%、条件 2 では 29%、条件 4 では 112%となり、対策ファンの効果が確認される一方、外気取入れ効果の不安定性が確認された。

以上の結果から、対策ファンによる排気はアイスリンク上のエアロゾルの客席への拡散を抑制する効果を持つことが期待できると考えられた。対策ファンの排気のためには給気のための開口が必要であるが、強風時には外気流入によるアリーナ内の気流変動が生じ、エアロゾルの拡散に影響する可能性がある。外気取入れの方法や外気条件の配慮が望まれること示唆された。

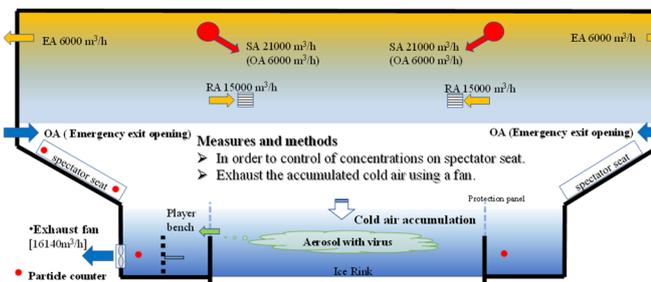


図 25 Ventilation measures and exhaust fan

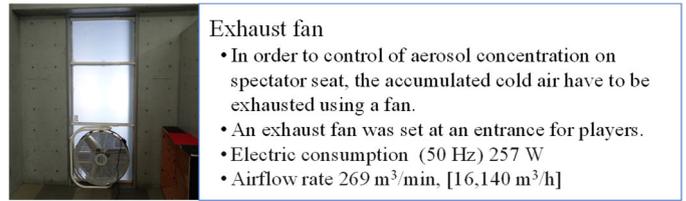


図 26 Exhaust fan to improve ventilation

表 2 Conditions of measurements to evaluate ventilation

	Condition 1	Condition 2	Condition 3*	Condition 4
Exhaust fan**	ON	ON	OFF	OFF
Emergency exit ***	close	open	close	open

\*Condition 3 is the most similar condition of cluster case

\*\*Exhaust fan on the first floor behind the player bench, 1,6140 m³/h

\*\*\*Emergency exit on the second floor (open area :4 exit ×1.0 m²=4.0 m²)



図 27 Release of particle and diffusion

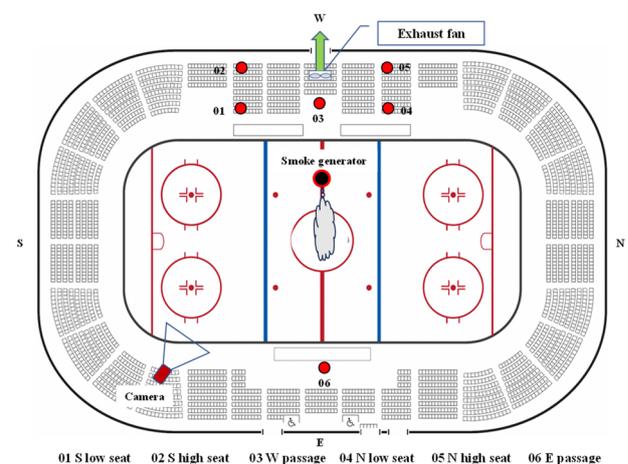


図 28 Measurement points of particle

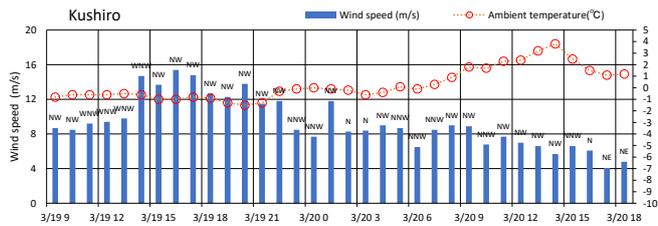


図 29 Outside conditions of measurements

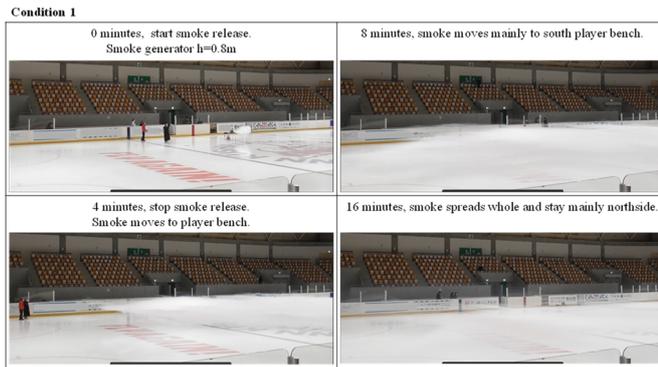


図 30 Visualization using smoke on condition 1

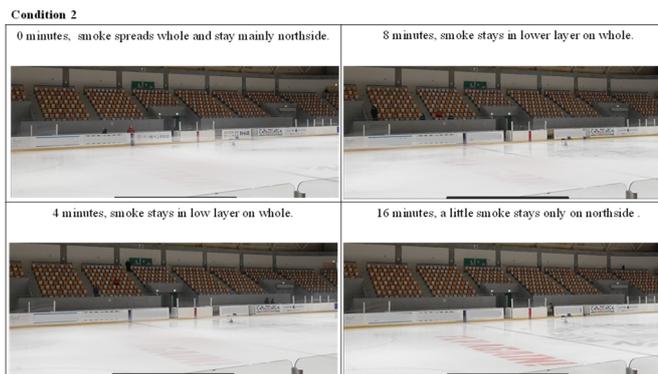


図 31 Visualization using smoke on condition 2

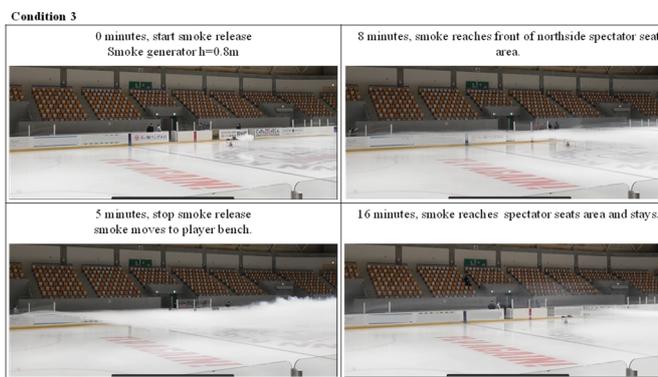


図 32 Visualization using smoke on condition 3

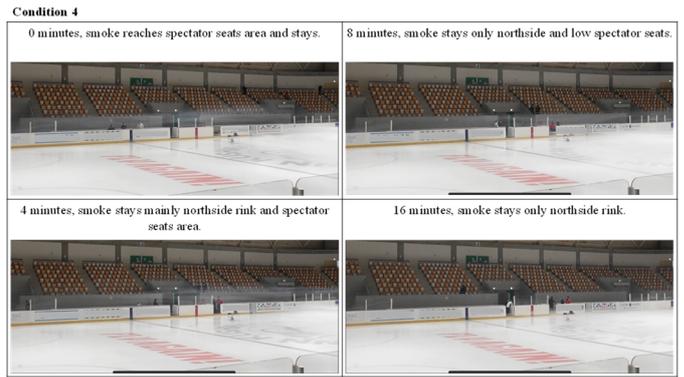


図 33 Visualization using smoke on condition 4

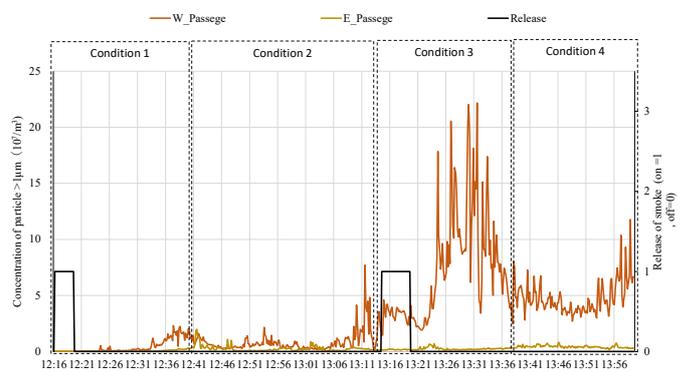


図 34 Particle concentrations of passages

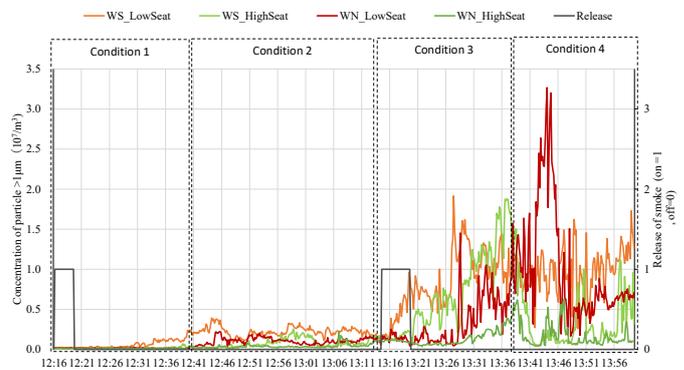


図 35 Particle concentrations of audience seats

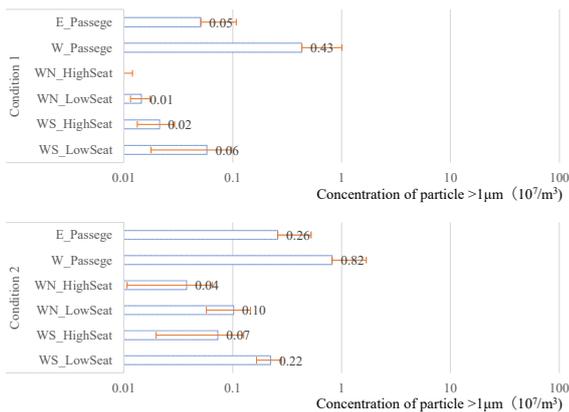


図 36 Particle concentrations of condition 1,2

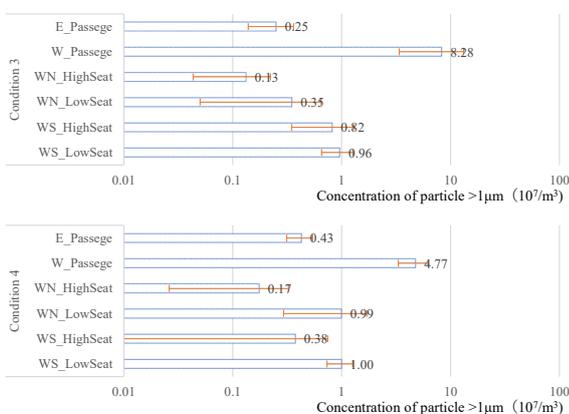


図 37 Particle concentrations of condition 3,4

表 3 Effect of exhaust fan

	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
Average concentration*	0.03	0.11	0.57	0.64
Normalized concentration**	0.04	0.16	0.57	0.64
Ratio to condition 3***	7%	29%	100%	112%

\*Concentration of particle >1 $\mu$ m (10<sup>7</sup>/m<sup>3</sup>)

\*\*Normalized using release time (condition 1,2= 4min.condition3,4=6min)

\*\*\* Condition 3 is the most similar condition of cluster case

## D. 結論

クラスター発生時の換気性状については、CO<sub>2</sub>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

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。

本研究は、北海道大学工学研究院 環境空間デザイン学研究室 菊田弘輝、同研究室の学生、大学院生、北海道釧路保健所、北海道保健福祉部、北海道立衛生研究所、国立感染症研究所 の各位によって実施された。また、釧路市、釧路市スポーツ振興財団、日本アイスホッケー連盟、釧路アイスホッケー連盟、アジアリーグアイスホッケージャパンオフィスおよび両チーム関係者の協力があった。記して謝意を表す。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, *Atmosphere*, 2023.11.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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 p.300-306, 2023.04.
- 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), p.150-150, 2023.01.10.
- 6) 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 p.43-49, 2023.01.

- 7) 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, P.4-9, 2023

## 2. 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  
る調査研究 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,日本建築学  
会学術講演梗概集,p1393-1394,2023-07
- 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  
調査研究 第 2 報 4D と 2D 映画館付着細菌  
叢の解析結果,日本建築学会学術講演梗  
概,p1395-1396, 2023-07
- 3) 開原 典子, 柳 宇, 本間 義規, 島崎 大,  
伊庭 千恵美, 戸次 加奈江, 林 基哉, 映画  
館における室内空気質実態に関する調査研究  
第 3 報 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃  
度の測定,日本建築学会学術講演梗概  
集,p1397-1398,2023-07
- 4) 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

## 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) Dong-Won Yoon; Kiyoung Lee; Yukio  
Yanagisawa; John D. Spengler Paul  
Hutchinson. Surveillance of indoor air  
quality in ice skating rinks. "Environment  
International Volume 22, Issue 3", 309-314,  
1996.
- 2) Philip Demokritou; Qingyan Chen;  
Chunxin Yang; John Spengler. THE  
IMPACT OF VENTILATION ON AIR  
QUALITY IN INDOOR ICE SKATING  
ARENAS." Design and operation of HVAC  
systems, 407-412, 2000.
- 3) H. Guo; S.C. Lee and L.Y. Chan. Indoor air  
quality in ice skating rinks in Hong Kong.  
Environmental Research 94, 327-335, 2004.
- 4) Yukiko Abe; Yasushi Kondo and Yasuhiro  
Nagasawa. Measurement and CFD  
Simulation on Air Quality in Indoor Ice  
Skating Arena, The Society of Heating, Air-  
Conditioning Sanitary Engineers of Japan  
No94, 2004.
- 5) Health Canada. Best practices for  
improving air quality in ice arenas,  
<https://www.canada.ca/en/health-canada>,  
2021.
- 6) United states Environmental Protection  
Agency. Indoor Air Quality and Ice Arenas,  
[https://www.epa.gov/indoor-air-quality-  
iaq/indoor-air-quality-and-ice-arenas](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-air-quality-and-ice-arenas), 2024.
- 7) ASHRAE, ASHRAE Handbook-  
Registration 1998. Chapter34-"Ice Rink",  
1988.
- 8) David Atrubin; Michael Wiese; Becky  
Bohinc. An Outbreak of COVID-19  
Associated with a Recreational Hockey  
Game — Florida, June 2020, Centers for  
Disease Control and Prevention, Weekly /

- October 16, 2020 / 69(41);1492–1493, 2020.
- 9) National Institute of Infectious Diseases. Case of Novel Coronavirus Infection (COVID-19) at the National High School Selection Ice Hockey Tournament, (IASR Vol. 42 p227-228: 2021.10), <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2488-idsc/iasr-news/10667-500p02.html>, 2021. (In Japanese).
  - 10) World Health Organization (WHO). Coronavirus Disease (COVID-19) How Is It Transmitted? 2021, Available online: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted> (accessed on 30 December 2023).
  - 11) National Institute of Infectious Diseases. Infection Routes of SARS-CoV-2. 28 March 2022. Available online: <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/11053-covid19-78.html> (accessed on 1 October 2022). (In Japanese).
  - 12) 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), 2023.
  - 13) Japan Ice Hockey Federation. "Japan Ice Hockey Federation Tournament Novel Coronavirus Infection Response Manual (Spectator Version)", 2022.
  - 14) National Institute of Infectious Diseases. Case of COVID-19 at the Asian League Ice Hockey Tournament, IASR Vol. 43,143-145: June 2022.
  - 15) Japan Ice Hockey Federation. "Generalization of various measures against new coronavirus infections in JIHF projects", 2023.
  - 16) International Ice Hockey Federation. "2018-2022 Official International Rules of Ice Hockey", International Ice Hockey Federation, 2018.
  - 17) SHASE, SHASE102-2003, Ventilation requirement for acceptable indoor air quality, 2003.
  - 18) World Health Organization. COVID-19 Cases WHO COVID-19 Dashboard. Available online <https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c> (accessed on 4 March 2024).
  - 19) Doremalen, N.van; Bushmaker, T.; Morris, D.H.; Holbrook, M.G.; Gamble, A.; Williamson, B.N.; Tamin, A; Harcourt, J.L.; Thornburg, N.J.; Gerber, S.I.; et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med.* 2020, 382, 1564–1567, 2020.
  - 20) Stadnytskyi, V.; Bax, C.E.; Bax, A.; Anfinrud, P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *PNAS.* 2020, 117(22), 11875–11877, doi:10.1056/NEJMC2004973, 2020.
  - 21) Smither, S.J.; Eastaugh, L.S.; Findlay, J.S.; Lever, M.S.; Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. *Emerging Microbes & Infections* 2020, 9(1), 1415–1417, doi:10.1080/22221751.2020.1777906, 2020.
  - 22) Schuit, M.; Ratnesar-Shumate, S.; Yolitz, J.; Williams, G.; Weaver, W.; Green, B.; Miller, D.; Krause, M.; Beck, K.; Wood, S.; et al. Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly

- Inactivated by Simulated Sunlight. *The Journal of Infectious Diseases* 2020, 222(4), 564–571, 291 doi:10.1093/INFDIS/JIAA334, 2020.
- 23) Vuorinen, V.; Aarnio, M.; Alava, M.; Alopaeus, V.; Atanasova, N.; Auvinen, M.; Balasubramanian, N.; Bordbar, H.; Erästö, P.; Grande, R.; et al. Modeling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors. *Safety Science* 2020, 130, 104866, doi:10.1016/J.SSCI.2020.104866, 2020.
- 24) Miller, S.L.; Nazaroff, W.W.; Jimenez, J.L.; Boerstra, A.; Buonanno, G.; Dancer, S.J.; Kurnitski, J.; Marr, L.C.; Morawska, L.; Noakes, C. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air* 2021, 31(2), 314–323, doi:10.1111/INA.12751, 2021.
- 25) Lewis, D. Superspreading drives the COVID pandemic—and could help to tame it. *Nature* 2021, 590(7847), 544–546, doi:10.1038/D41586-021-00460-X, 2021.
- 26) Azimi, P.; Keshavarz, Z.; Laurent, J.G.C.; Stephens, B.; Allen, J.G. Mechanistic transmission modeling of COVID-19 on the *Diamond Princess* cruise ship demonstrates the importance of aerosol transmission. *PNAS*. 2021, 118(8), e2015482118, doi:10.1073/pnas.2015482118, 2021.
- 27) Li, Y.; Qian, H.; Hang, J.; Chen, X.; Cheng, P.; Ling, H.; Wang, S.; Liang, P.; Li, J.; Xiao, S.; et al. Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *Build Environ.* 2021, 196, 107788, doi:10.1016/J.BUILDENV.2021.107788, 2021.
- 28) Dai, H.; Zhao, B. Association of the Infection Probability of COVID-19 with Ventilation Rates in Confined Spaces. *Build Simul* 2020, 13, 1321–1327, doi:10.1007/s12273-020-0703-5, 2020.
- 29) Li, B.; Cai, W. A Novel CO<sub>2</sub>-Based Demand-Controlled Ventilation Strategy to Limit the Spread of COVID-19 in the Indoor Environment. *Build. Environ.* 2022, 219, 109232, doi:10.1016/J.BUILDENV.2022.109232, 2022.
- 30) Burridge, H.C.; Fan, S.; Jones, R.L.; Noakes, C.J.; Linden, P.F. Predictive and Retrospective Modelling of Airborne Infection Risk Using Monitored Carbon Dioxide. *Indoor and Built Environment* 2022, 31(5), 1363–1380, doi:10.1177/1420326X211043564, 2022.
- 31) Peng, Z.; Jimenez, J.L. Exhaled CO<sub>2</sub> as a COVID-19 Infection Risk Proxy for Different Indoor Environments and Activities. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2021, 8(5), 392–397, doi:10.1021/acs.estlett.1c00183, 2021.
- 32) Santarpia, J.L.; Rivera, D.N.; Herrera, V.L.; Morwitzer, M.J.; Creager, H.M.; Santarpia, G.W.; Crown, K.K.; Brett-Major, D.M.; Schnaubelt, E.R.; Broadhurst, M.J.; et al. Aerosol and Surface Contamination of SARS-CoV-2 Observed in Quarantine and Isolation Care. *Sci. Rep.* 2020, 10, doi:10.1038/s41598-020-69286-3, 2020.
- 33) Motoya Hayashi; U Yanagi; Kenichi Azuma; Naoki Kagi; Masayuki Ogata; Shoichi Morimoto; Hirofumi Hayama; Taro Mori;

Koki Kikuta; Shin-ichi Tanabe; Takashi Kurabuchi; Hiromi Yamada; Kenichi Kobayashi; Hoon Kim; Noriko Kaihara. Measures against COVID-19 concerning Summer Indoor Environment in Japan, Japan Architectural Review Volume 3, Issue 4, 2020.

- 34) Huang, C.; Wang, Y.; Li, X.; Ren, L.; Zhao, J.; Hu, Y.; Zhang, L.; Fan, G.; Xu, J.; Gu, X.; et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet* 2020, *395*, 497–506, doi:10.1016/S0140-6736(20)30183-5, 2020.
- 35) Kevin P Fennelly, Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med*, <https://doi.org/10.1016/2020>, 2020.
- 36) Yuan Liu et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two hospitals, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>, 2020.
- 37) Ainsworth BE; Haskell WL; Herrmann SD; Meckes N; Bassett DR Jr; Tudor-Locke C; Greer JL; Vezina J; Whitt-Glover MC; Leon AS. Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values., *Med Sci Sports Exerc.*1575-1581, 2011

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

- 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) 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 p.300-306,2023.04.
- 6) 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, P.4-9, 2023

#### 書籍

なし

#### 総説

なし

#### 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) 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
- 6) 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) .
- 7) 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) .
- 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) .

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5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) 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。

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5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・特任教授

(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。

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 今村 保忠 (公印省略)

次の職員の令和5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 (21LA1005)

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 曾根 智史

次の職員の令和5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6年3月29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5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 曾根 智史

次の職員の令和5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 京都大学工学研究科

所属研究機関長 職 名 研究科長

氏 名 立川康人

次の職員の令和5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。