

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

2022年冬期と2023年夏期に映画館C、D、Eの4Dスクリーンと2Dスクリーンにおける映画上映中の落下細菌・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スクリーンのミスト噴出口表面の付着細菌叢・真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、冬期と夏期と共に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分間の曝露ではスクリーン内の浮遊細菌と真菌の評価は難しい。④ 夏期と冬期と共に、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る可能性が示唆された。

A. 研究目的

この50~60年間においては、映画館内の空気質実態に関する研究報告が殆ど見当たらない。近年特殊効果の演出ができる4D映画は多くみられるようになった。エフェクト（風、ミスト、煙、ストロボなど）によるダイナミックな演出ができる4D映画では、これまでの2D映画にない臨場感を得られるが、ミストなどの衛生管理が前提条件となっている。しかし、現状ではその実態が把握されていない。4D映画館の室内空気質について、Scopus、Google Scholar、PubMedのデータベースを用いた検索を行ったところ、ヒット数は0であった<sup>1)</sup>。

本研究では、映画館における環境衛生の適正な管理が行えるために、4D映画と2D映画上映中の室内空気質実態の調査を行った。

B. 研究方法

B1. 測定対象と測定時期

測定期間は2022年冬期と2023年夏期であった。以下に季節別での各映画館における測定日を示す。

(1) 冬期

映画館C：2022年11月21日

映画館D：2022年11月25日

映画館E：2022年11月29日

各映画館において4Dでは同スクリーンの5上演（計15上映）、2Dでは異なるスクリーン各1上映（計9上映）中及びその前後に測定を行った。

(2) 夏期

映画館C：2023年9月29日

映画館D：2023年8月23日

映画館E：2023年9月29日

測定は前述冬期と基本的に同様であったが、映画館 D において、4D スクリーンの 5 上映のうちの 1 上映は 2D 映画であった。

## B2. 測定項目と方法

### B2.1. 落下細菌・落下真菌

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

### B2.2. 付着細菌・真菌

4D スクリーンにおいては最終の上映 5 の後、2D スクリーンにおいては上映 1~3（全て異なるスクリーン）の各上映の後に、最前列と最後列の椅子下部の床表面付着細菌と付着真菌を粘着テープ（S 社）で採取した。

### B2.3. 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（0.3~0.5µm、0.5~0.7µm、0.7~1.0µm、1.0~2.0µm、2.0~5.0µm、5.0µm~）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。

### B2.4. 細菌叢と真菌叢

#### B2.4.1. 測定箇所とサンプリング方法

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

#### B2.4.2. 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、MACHEREY-NAGEL）を用い、ボルテックスミキサーで処理液を混合することにより、DNA を精製した。

#### B2.4.3. 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。

#### B2.4.4. 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 スクリーンと 2D スクリーン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。

## C. 研究結果

### C1. 生菌（細菌）

#### C1.1. 落下細菌

図 1 に夏期と冬期に測定した落下細菌の結果を示す。図 1 には、四等分値と平均値のほか、測定値の分布を示している。図 1 中の S は夏期、W は冬期、4D は 4D スクリーン、2D は 2D スクリーンを表す。図中に検定の結果を併せて示す。

夏期と冬期と共に映画上映中の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。一方、季節による有意な差が認められなかった。

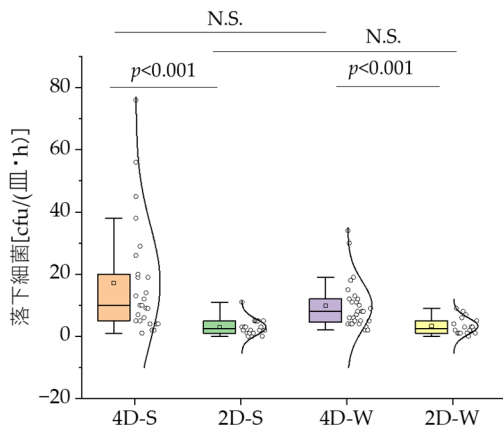


図1 4Dと2Dの落下細菌数の比較

### C1.2. 付着細菌

図2に夏期と冬期に測定した付着細菌の結果を示す。23cm<sup>2</sup>は付着真菌採取用粘着テープの面積である。4Dスクリーンと2Dスクリーンと共に冬期より夏期の付着細菌数が有意に多かった。また、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、夏期ではその有意な差が認められなかった。

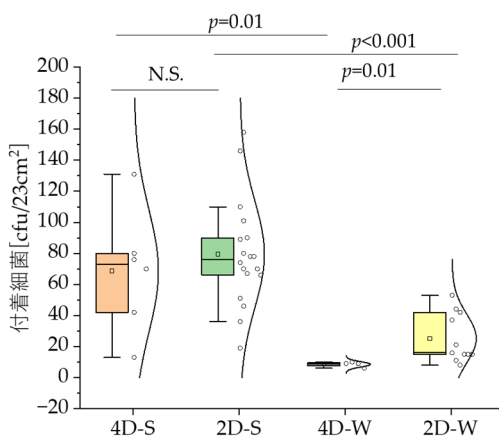


図2 4Dと2Dの付着細菌数の比較

### C1.3. 浮遊細菌

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、また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3に夏期と冬期に測定した浮遊細菌濃度の結果を示す。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、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と考えられる。

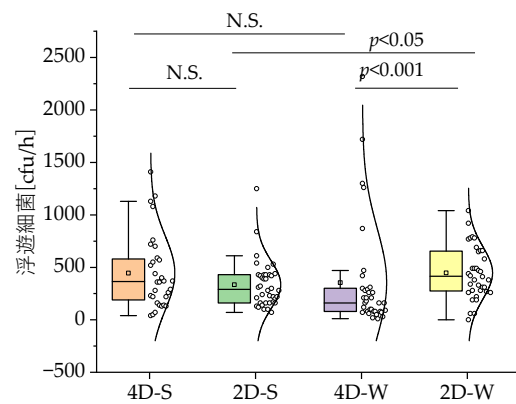


図3 4Dと2Dの浮遊細菌濃度の比較

## C2. 生菌(真菌)

### C2.1. 落下真菌

図4に夏期と冬期に測定した落下真菌の結果を示す。細菌と同様に冬期より夏期の4Dスクリーン内の落下真菌数が有意に多かった。また、落下真菌数は数cfuであり、前述した落下細菌数より少なかった。

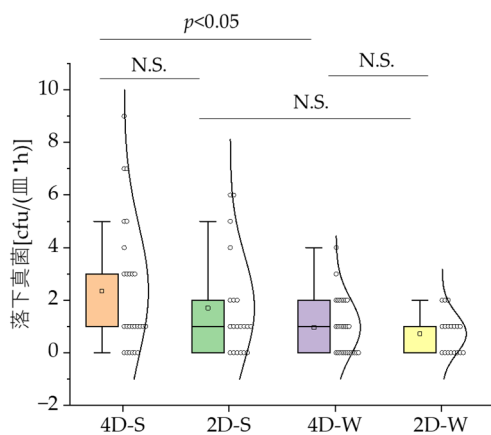


図4 4Dと2Dの落下真菌数の比較

### C2.2. 付着真菌

図5に夏期と冬期に測定した付着真菌の結果を示す。2Dスクリーンにおいては、冬期より夏期の付着真菌数が有意に高かったが、他においては有意な差が認められなかった。

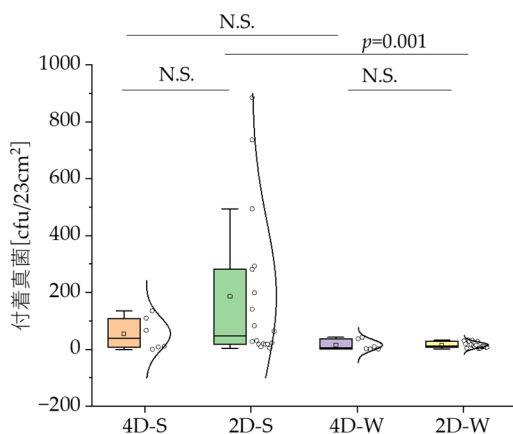


図5 4Dと2Dの付着真菌数の比較

### C2.3. 浮遊真菌

図6に夏期と冬期に測定した浮遊真菌濃度を示す。冬期では、4Dスクリーンより2Dスクリーンの浮遊真菌濃度が有意に高かったが、夏期ではその有意な差が認められなかった。また、4Dスクリーンでは、冬期より夏期の浮遊真菌濃度が有意に高かった。

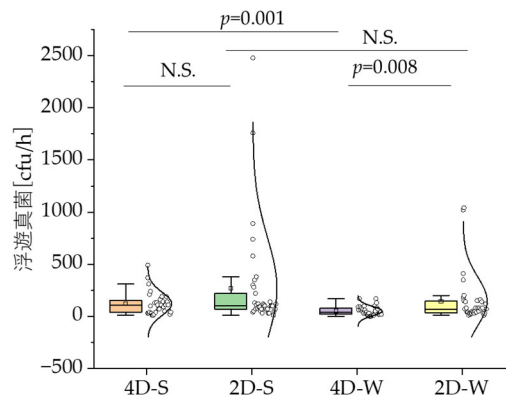


図6 4Dと2Dの浮遊真菌濃度の比較

## C3. 菌叢

### C3.1. 細菌叢

#### C3.1.1. 細菌門

##### (1) 冬期

図7と図8に4Dスクリーンと2Dスクリーンの付着細菌門のうち相対構成比(占有率)が1%以上の優占細菌門を示す。

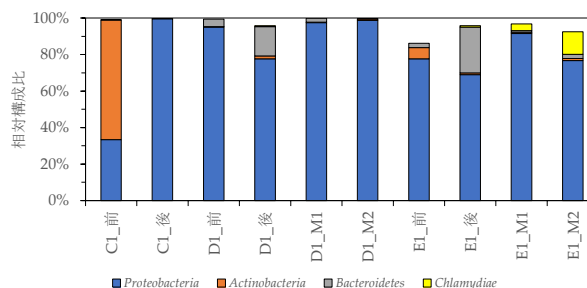


図7 4Dスクリーンの優占細菌門-冬期

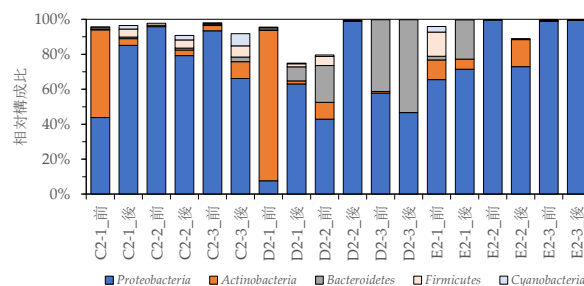


図8 2Dスクリーンの優占細菌門-冬期

4Dスクリーンでは、*Proteobacteria*門(プロテオバクテリア門、グラム陰性細菌門、緑膿菌を

含む) が圧倒的に多く検出された。C 映画館の前方などに *Actinobacteria* 門 (アクチノバクテリア門、放線菌を含む)、D 映画館と E 映画館の後方などに *Bacteroidetes* 門 (バクテロイデス門、グラム陰性の細菌のグループ)、E スクリーンのミスト噴出口から *Chamydiae* 門 (クラミジア門、グラム陰性細菌の門) が優位に検出された。

2D スクリーンについては、4D スクリーンと同様に *Proteobacteria* 門、*Actinobacteria* 門、*Bacteroidetes* 門が優位に検出されたほか、*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を含む)、*Cyanobacteria* 門 (シアノバクテリア門、藍色細菌) も優位に検出された。

*Proteobacteria* 門、*Actinobacteria* 門、*Bacteroidetes* 門、*Firmicutes* 門、*Cyanobacteria* 門はこれまで筆者らが実施した病院、オフィスビル、住宅、学校などの測定からも優位に検出されているが<sup>2-4)</sup>、*Chamydiae* 門は優位に検出されることはなかった。即ち、ミスト噴出口表面から一般環境中と異なる細菌門も優位に検出されている。

#### (2) 夏期

図 9 と図 10 に 4D スクリーンと 2D スクリーンの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。

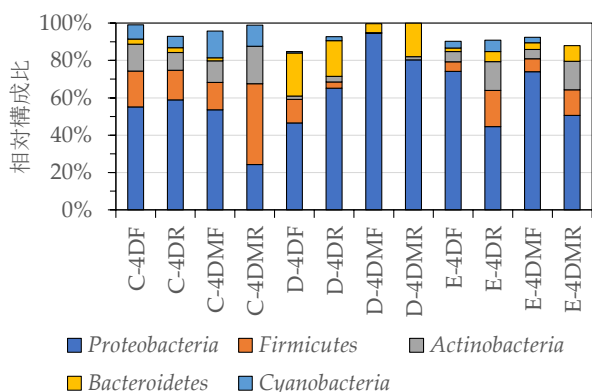


図 9 4D スクリーンの優占細菌門-夏期

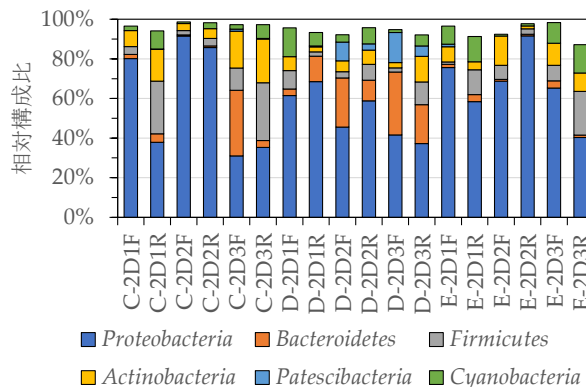


図 10 2D スクリーンの優占細菌門-夏期

4D スクリーンでは、*Proteobacteria* 門、*Firmicutes* 門、*Actinobacteria* 門 *Cyanobacteria* 門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>4)</sup>やオフィスビル<sup>2)</sup>などからも優位的に検出されている。2D スクリーンでは、上記の 5 門のほか、*Patescibacteria* 門が検出された。

### C3.1.2. 細菌属

#### (1) 冬期

図 11 と図 12 のそれぞれに 4D スクリーンと 2D スクリーンの付着細菌属のうち相対構成比が 1% 以上の細菌属を示す。

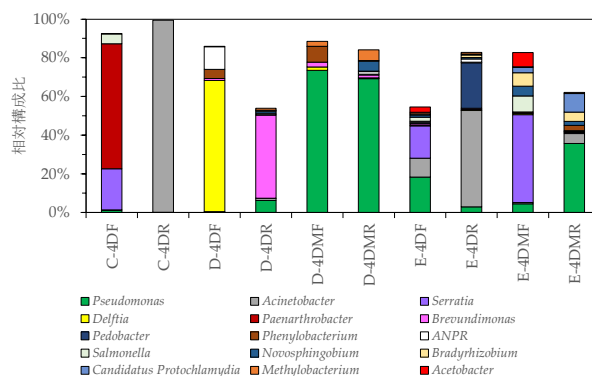


図 11 4D スクリーンの優占細菌属-冬期

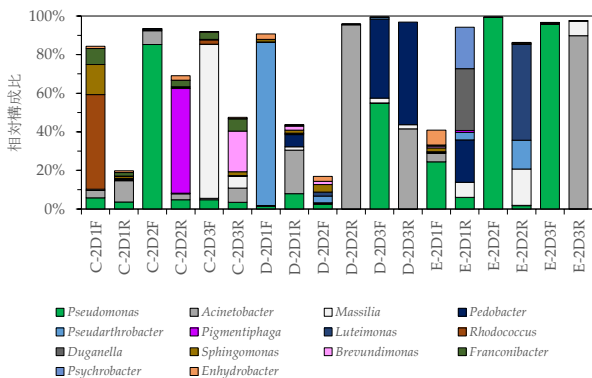


図 12 2D スクリーンの優占細菌属-冬期

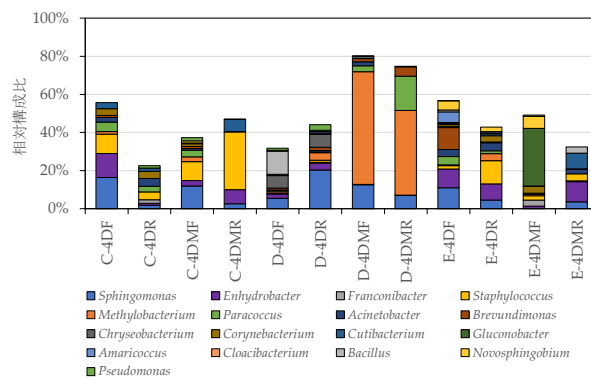


図 13 4D スクリーンの優占細菌属-夏期

4D スクリーンと 2D スクリーンから共通して *Pseudomonas*、*Acinetobacter*、*Pedobacter*、*Brevundimonas* の 4 属が検出される一方、異なる細菌属が多かった。

D 映画館の 4D スクリーン前方のミスト噴出口 (D-4DMF) 後方の噴出口 (D-4DMR)、E 映画館の 4D スクリーン前方の噴出口 (E-4DMF) と後方の噴出口 (E-4DMR) から検出された *Pseudomonas* の相対構成比はそれぞれ 74%、69%、5%、36%であった。*Pseudomonas* 属の菌種について、リード数 100 以上で検出されたのは *P. koreensis*、*P. stutzeri*、*P. putida* であった。また、D1 のミスト噴出口表面から *Methylobacterium* 属も優位に検出された。この細菌はバイオフィルムを形成するものであり、浴室などからよく検出されることが知られている。また、他の箇所から検出されていない *Chamydiae* 門の *Candidatus Protochlamydia* 属と *Neochlamydia* 属が E 映画館 4D スクリーン前方と後方のミスト噴出口、前方の床面 (前者細菌属のリード数はそれぞれ：2465、7162、725；後者細菌属のリード数：799、2222、354) から検出されたことから、ミスト中の細菌は映画館内に飛散したことが推察される。

(2) 夏期

図 13 と図 14 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 1%以上の細菌属を示す。

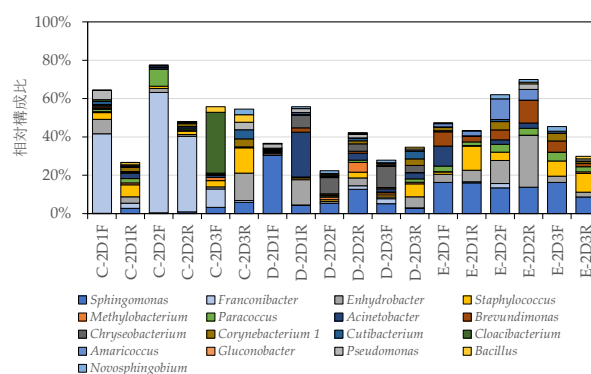


図 14 2D スクリーンの優占細菌属-夏期

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*、*Brachyбактерium* 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*、*Brachyбактерium*、

*Brachymonas*, *Bradyrhizobium*,  
*Calothrix PCC-6303*, *Dermacoccus*, *Halomonas*,  
*Legionella*, *Phenylobacterium*,  
*Sphingobacterium*, *Thermomonas*).

### C3.1.3. α 多様性

図 15 に季節別の 4D スクリーンと 2D スクリーンの PD whole tree 指数、図 16 に Shannon 指数を示す。4D と 2D それぞれ、夏期より冬期の方は近縁菌種が多く、細菌の豊かさと菌叢性が低かった。また、夏期と冬期は共に 2D スクリーンより 4D スクリーンの方は近縁菌種が多かった。

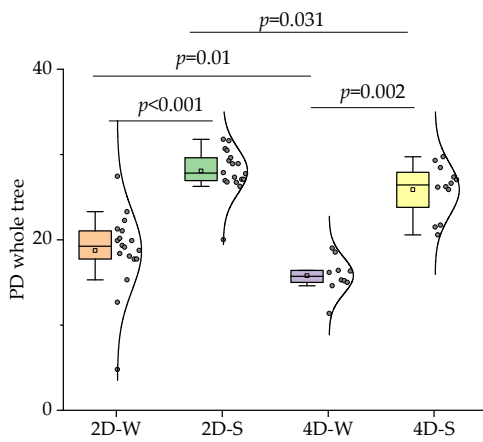


図 15 PD whole tree 指数

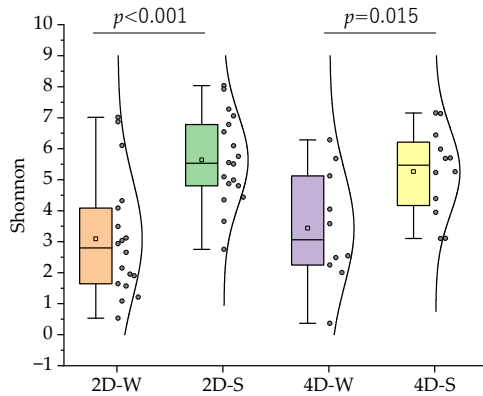


図 16 Shannon 指数

### C3.1.4. β 多様性

図 17 と図 18 に夏期と冬期における 4D スクリーンの主座標分析 (weighted) の結果を示す。

夏期では、映画館 C と映画館 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。冬期も同様な傾向がみられた。

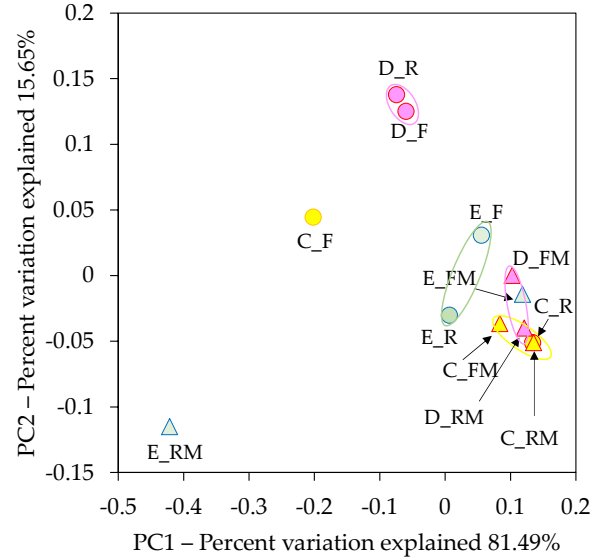


図 17 主座標分析の結果-夏期

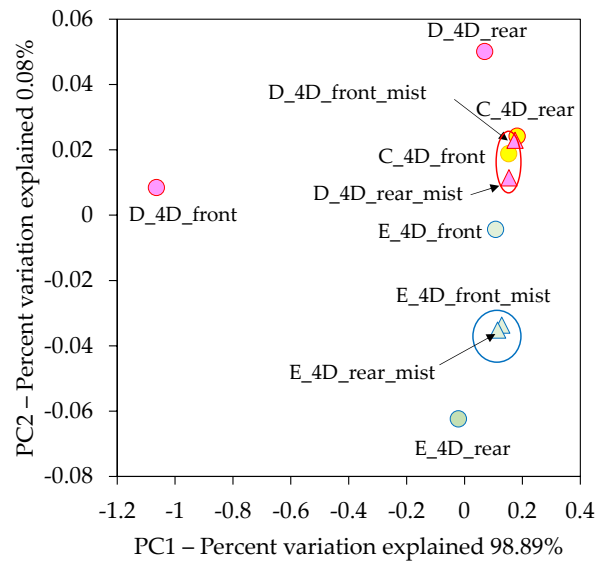


図 18 主座標分析の結果-冬期

### C3.2. 真菌叢

#### C3.2.1. 真菌門

##### (1) 冬期

図19と図20に4Dスクリーンと2Dスクリーンの検出された相対構成比トータルで1%以上の真菌門を示す。

4Dスクリーンについて、C映画館では担子菌(Basidiomycota)の相対構成比は子囊菌(Ascomycota)より大きいですが、他では子囊菌の方が大きかった。また、全体的に子囊菌と担子菌が全体の60%以上を占めた。

2Dスクリーンについて、D映画館の2上映の前方の子囊菌と担子菌の相対構成を併せても40%を下回っていたが、他は70%以上を占めていた。

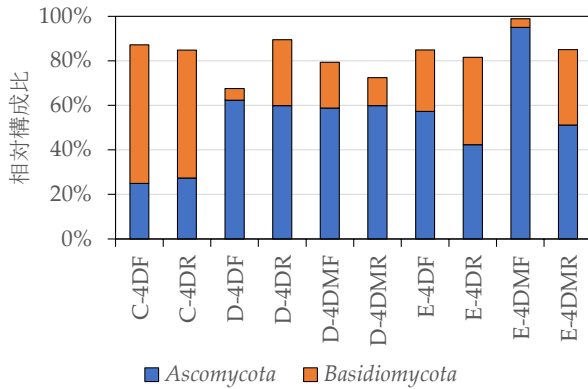


図19 4Dスクリーンの優占真菌門-冬期

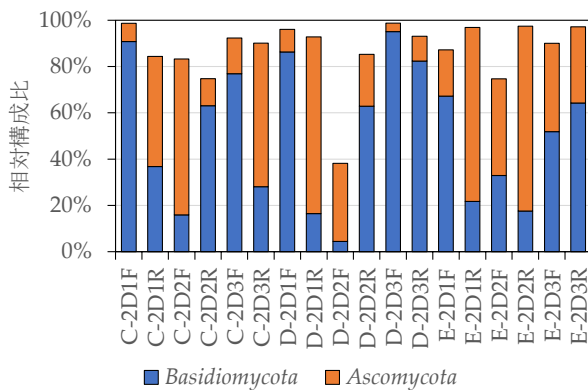


図20 2Dスクリーンの優占真菌門-冬期

##### (2) 夏期

図21と図22に4Dスクリーンと2Dスクリーンの検出された相対構成比トータルで1%以上の真菌門を示す。

4Dスクリーンについて、E映画館上映2の子囊菌と担子菌の相対構成を併せても20%程度であったが、他は70%以上を占めていた。

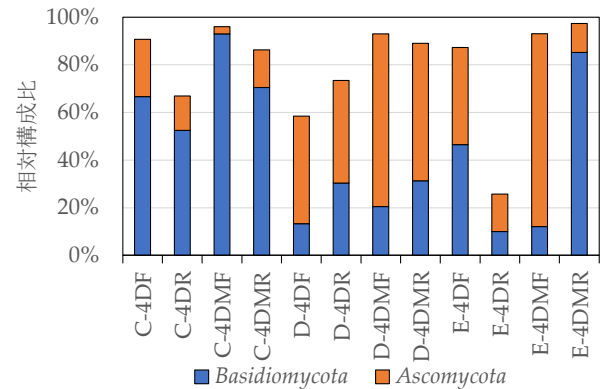


図21 4Dスクリーンの優占真菌門-夏期

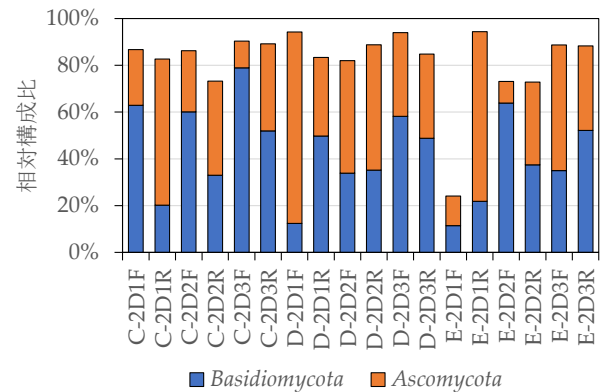


図22 2Dスクリーンの優占真菌門-夏期

#### C3.2.2. 真菌属

##### (1) 冬期

図23と図24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1%以上の真菌属を示す。4Dスクリーンについて、ミストの噴出口表面から以下に示す高湿性真菌が顕著に検出された。

Dスクリーン前方：*Knufia* (39%)、*Cladosporium* (17%)、*Candida* (1.1%)

Dスクリーン後方：*Cladosporium* (48%)、*Candida* (1.8%)



E スクリーン前方 : *Zygoascus* (74%)  
 E スクリーン後方 : *Zygoascus* (26 %)、  
*Knufia* (1.2%) *Cladosporium* (8%)、  
*Trametes* (3%)。

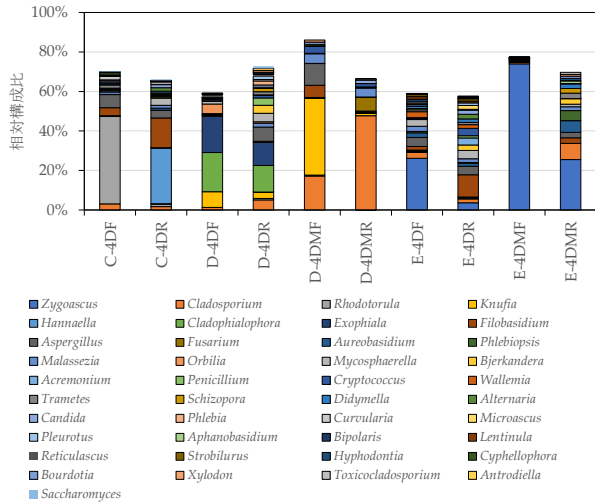


図 23 4D スクリーンの優占真菌属—冬期

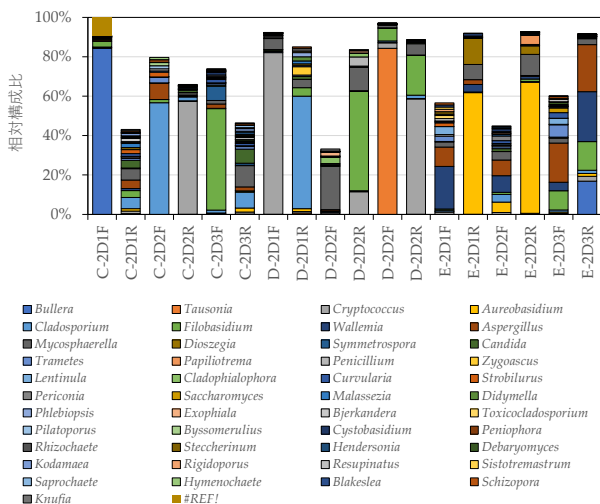


図 24 2D スクリーンの優占真菌属—冬期

(2) 夏期

図 25 と図 26 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 1%以上の真菌属を示す。

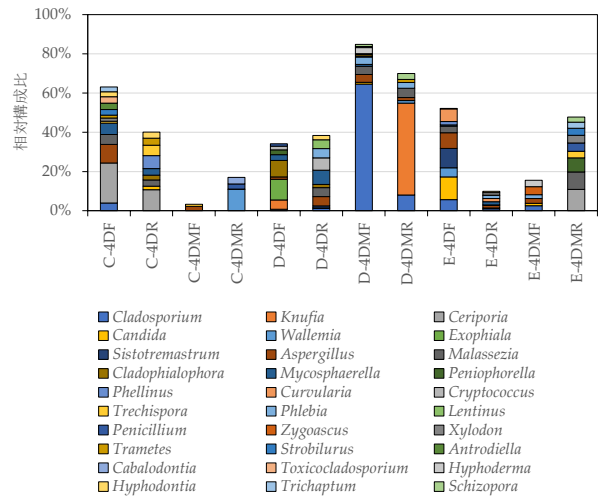


図 25 4D スクリーンの優占真菌属—夏期

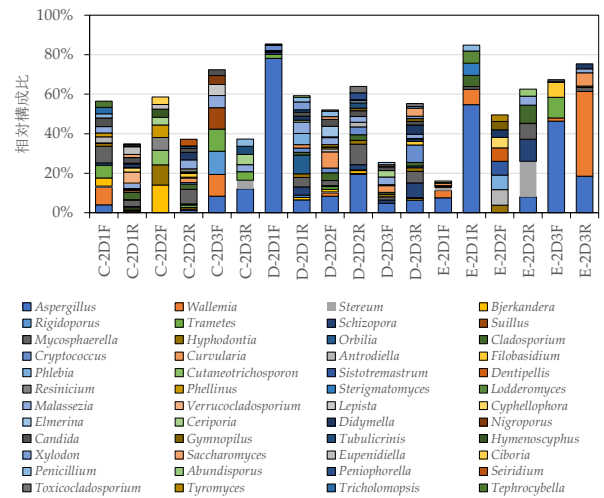


図 26 2D スクリーンの優占真菌属—夏期

4D スクリーンについて、ミストの噴出口表面から以下に示す高湿性真菌が顕著に検出された。

D スクリーン前方 : *Cladosporium* (64%)、*Phlebia* (3.7%)、*Hyphoderma* (3.1%)、*Schizopora* (1.1%)。

D スクリーン後方 : *Knufia* (47%)、*Cladosporium* (8.0%)、*Phlebia* (2.9%)、*Trametes* (1.5%)、*Schizopora* (3.0%)。

E スクリーン前方 : *Zygoascus* (4.1%)、*Hyphoderma* (3.2%)、*Cladosporium* (2.5%)、*Phlebia* (2.0%)、*Candida* (1.3%)。

E スクリーン後方 : *Ceriporia* (11%)、*Strobilurus* (3.5%)、*Trechispora* (3.4%)、*Schizopora* (2.7%)。

夏期においては、上記 4D スクリーンのミスト噴出口から検出されている高湿性真菌のうち、2D スクリーンから検出されていないのは *Hyphoderma*、*Knufia*、*Zygoascus*、*Strobilurus*、*Trechispora* の 5 属であった。さらに、この 5 属のうちの *Knufia* (担子菌)、*Trechispora* (担子菌) の 2 属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と考えられる。

### C3.2.3. α多様性

図 27 に季節別の 4D スクリーンと 2D スクリーンの PD whole tree 指数、図 28 に Observed species 指数、図 29 に Shannon 指数を示す。4D スクリーンと 2D スクリーンが共通して、夏期より冬期の真菌が豊かであり、2D より 4D は近縁菌種が多かった。また、菌種の均等性の中に有意な差がみられた。

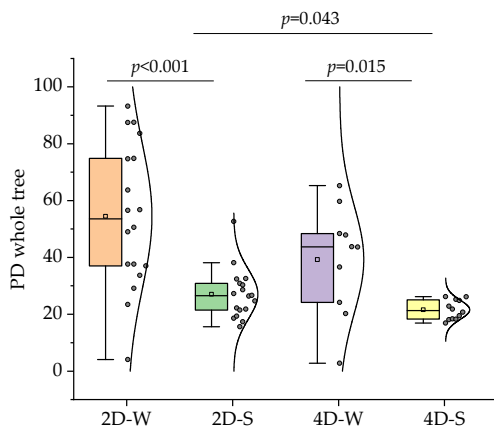


図 27 PD whole tree 指数

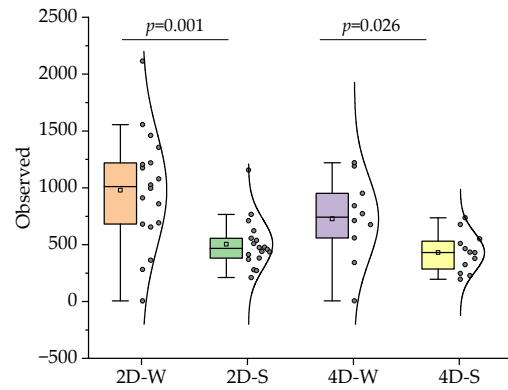


図 28 Observed species 指数

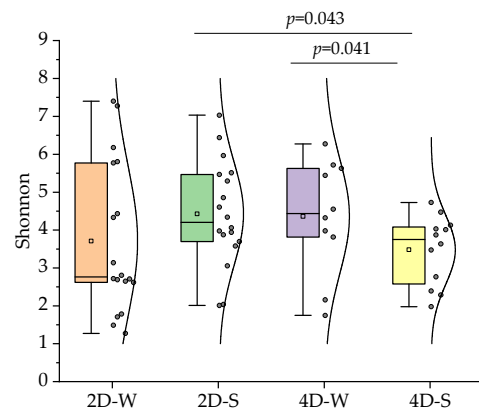


図 29 Shannon 指数

### C3.2.4. β多様性

図 30 と図 31 に夏期と冬期における 4D スクリーンの主座標分析 (weighted) の結果を示す。

夏期では、4D スクリーンの前列と後列の真菌層が類似しているほか、噴出口と床表面の真菌叢も類似している。冬期も同様な傾向がみられた。

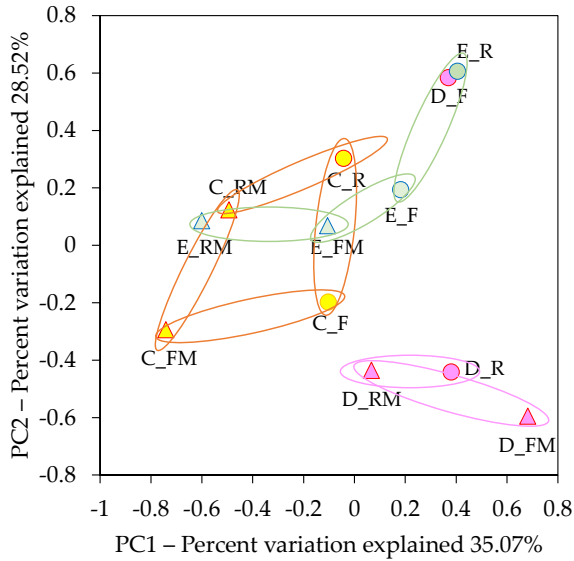


図 30 主座標分析の結果—冬期

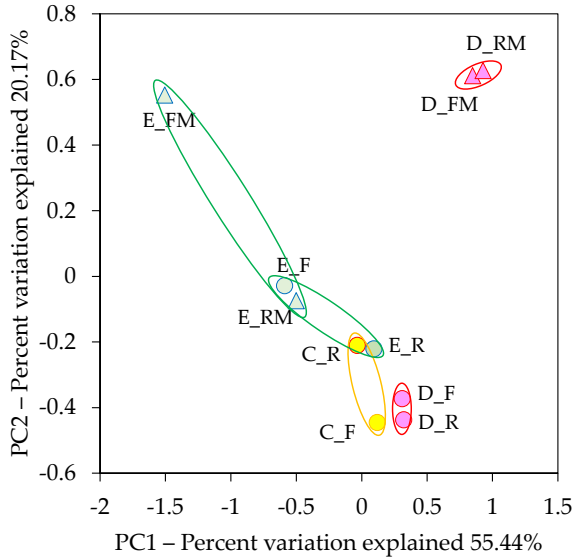


図 31 主座標分析の結果—夏期

#### C4. 粒径別浮遊粒子濃度

図 32 と図 33 に冬期と夏期における 2D と 4D の浮遊粒子濃度の比較を示す。<math><1\mu\text{m}</math> の浮遊粒子濃度においては、4D スクリーンと 2D スクリーンと共に夏期の方が有意に低い値を示した。また、2D より 4D の濃度が有意に高かった。> <math>1\mu\text{m}</math> の浮遊粒子濃度においても上記と同様な結果が得られた。

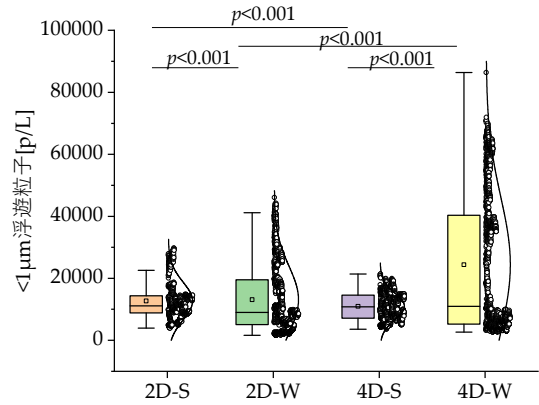


図 32 2D と 4D の浮遊粒子濃度の比較 (<math><1\mu\text{m}</math>)

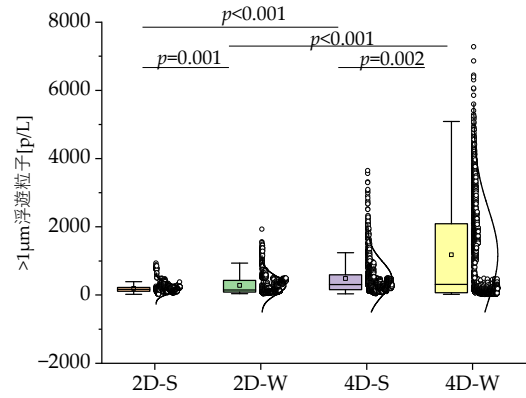


図 33 2D と 4D の浮遊粒子濃度の比較 (<math>>1\mu\text{m}</math>)

## D. 考察

### D1. 浮遊粒子と生菌

<math><1\mu\text{m}</math> と <math>>1\mu\text{m}</math> 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。

落下細菌と付着細菌については、夏期と冬期ともに 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測される。

一方、付着真菌については冬期の 2D スクリーンより夏期の 2D スクリーンが有意に多かったが、他において有意な差が認められなかった。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。

## D2. 細菌叢と真菌叢

細菌叢について、細菌属では *Pseudomonas*、*Acinetobacter*、*Brevundimonas*、*Pedobacter* が、4D スクリーンと 2D スクリーンの両方で、1%以上の相対構成比で共通して検出された。これまで、*Brevundimonas* は小売店、屋内環境、教室、新生児集中治療室で検出され、*Pedobacter* は飲料水や土壌で検出されている。他の場所では検出されていない *Chamydiae* 門の *Candidatus Protochlamydia* は、スクリーン E の前後列のミスト噴出口で検出され、それぞれ 2465、7162 および 725 のリードがカウントされた。同様に、スクリーン E の前後列のミスト噴出口表面および後列の床面からは、相対構成比 0.4% の *Chamydiae* 門 *Neochlamydia* 属が、リード数 799、2222 および 354 で検出され、ミスト中の菌がスクリーンに飛散していたこと示された。また、床面から上記 2 種類の細菌が検出されたことから、スクリーン内の空気の流れが関係していると考えられる。すなわち、スクリーン内の気流は、前述の通り、一般的に天井から前方のスクリーンに向かって流れ、客席に到達した後、ミストとともに放出された菌の一部が床面に落下する。*Candidatus Protochlamydia* は地下水から、温泉から分離されたアメーバ (*Acanthamoeba*) HS-T3 は、ネオクラミジア属は飲料水系から検出されている。これら 2 つの属は、水中で生活することができる細菌です。この 2 属に加え、4D スクリーンで多く検出され、2D スクリーンでは 1%以上の相対構成比で検出されなかったセラチア、サルモネラ、ノボスフィンゴビウム、ブラディリゾビウム、メチロバクテリウムは水環境に適した細菌であり、ミスト供給システムに関連している

と推測される。ことは、 $\beta$  多様性の解析結果からも説明できる。すなわち、スクリーン D とスクリーン E の前後のミスト噴出口表面の細菌叢が類似している。

真菌叢につて、2D スクリーンから検出されていないのは *Hyphoderma*、*Knufia*、*Zygoascus*、*Strobilurus*、*Trechispora* の 5 属であった。さらに、この 5 属のうちの *Knufia* (担子菌)、*Trechispora* (担子菌) の 2 属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と考えられる。

$\alpha$  多様性では、2D スクリーンに比べ、4D スクリーンのミスト噴出口表面付着真菌の豊かさを劣るものの、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することが考えられる。

$\beta$  多様性では、4D スクリーン前後のミスト噴出口表面の真菌叢が類似しているのは、同じ水道を起源とするためと考えられる。前述したように、ミスト噴出口表面の優占真菌は高温環境に適しているため、細菌と同様に給水系統の真菌が室内環境に影響を与えている可能性がある。なお、本調査では培養法を用いていないため、検出された菌が生菌であるかどうかは判断できない。

## 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、冬期と夏期と共に 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 分間の曝露ではスクリーン内の浮遊細菌と真菌の評価は難しい。

- ④ 夏期と冬期と共に、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：スクリーンにおける室内空気質実態に関する査研究 第1報 4D と 2D スクリーン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：スクリーンにおける室内空気質実態に関する査研究 第2報 4D と 2D スクリーン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：スクリーン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、pp.1397-1398.
- 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 スクリーン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：スクリーン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：スクリーン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（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; 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) 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>.
- 3) Watanabe K, Yanagi U, Shiraishi Y, Harada K, Ogino F, Asano K. Bacterial communities in various parts of air-conditioning units in 17 Japanese houses. *Microorganisms*. **2022**, 10(11), 2246. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112246>
- 4) 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>.