

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 $10 \text{ CFU}/(5 \text{ 分} \cdot \text{皿})$ 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 †
事務所(細菌)	500	0.5 †
高齢者施設 (真菌)	500	2.5 †
高齢者施設 (細菌)	500	0.5 †

\*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

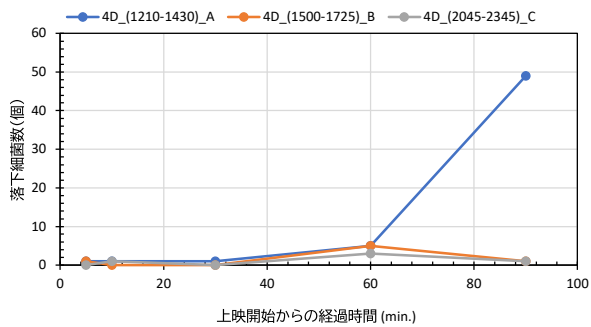


図2 A映画館4Dの落下細菌個数

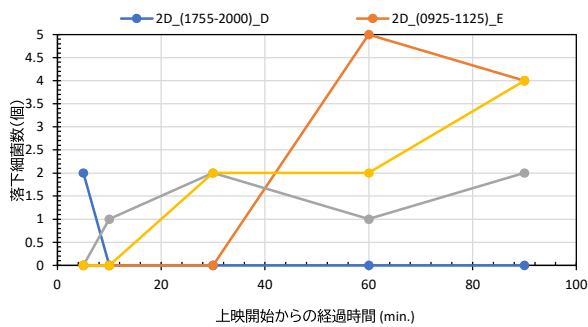


図3 A映画館2Dの落下細菌個数

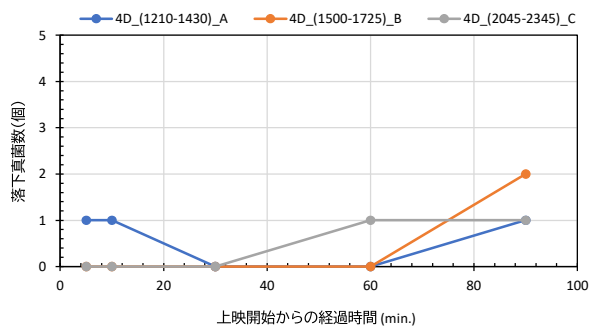


図4 A映画館4Dの落下真菌個数

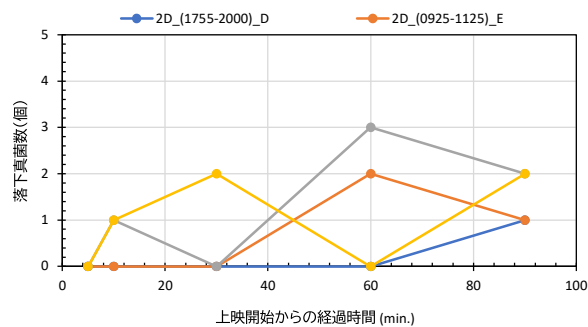


図5 A映画館2Dの落下真菌個数

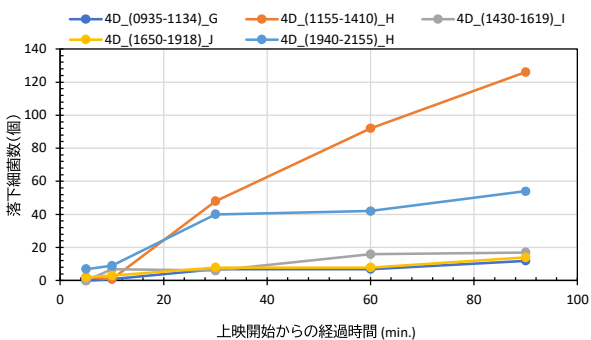


図6 B映画館4Dの落下細菌個数

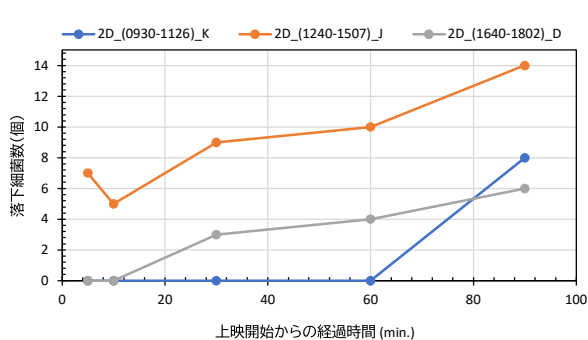


図7 B映画館2Dの落下細菌個数

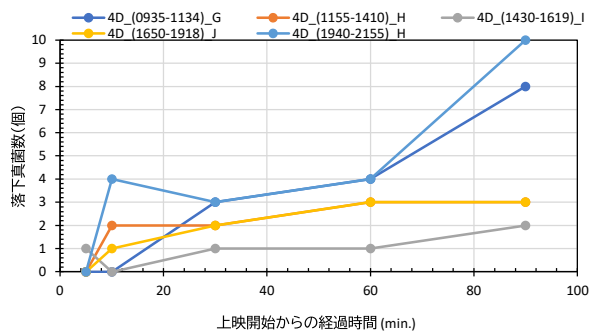


図8 B映画館4Dの落下真菌個数

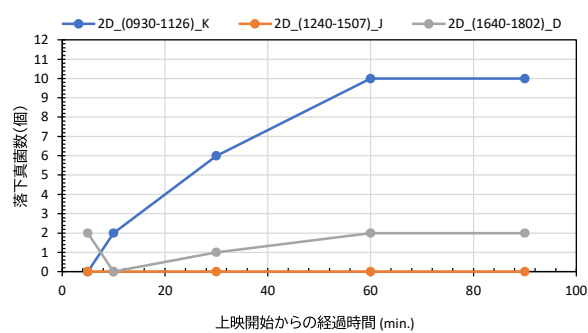


図9 B映画館2Dの落下真菌個数

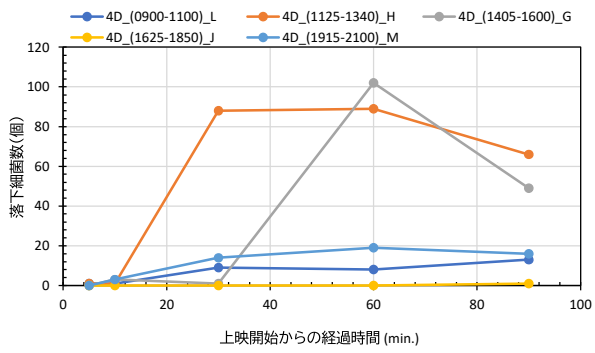


図 10 C 映画館 4D の落下細菌個数

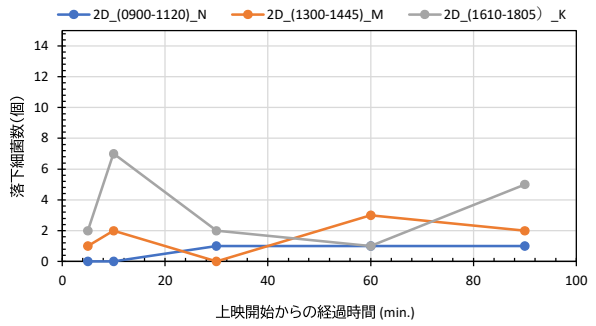


図 11 C 映画館 2D の落下細菌個数

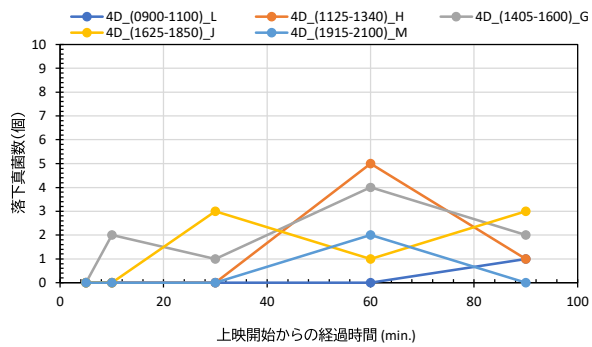


図 12 C 映画館 4D の落下真菌個数

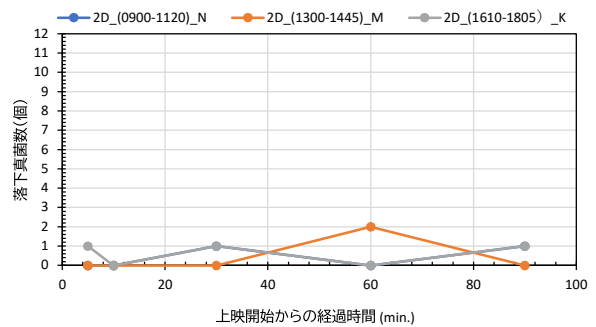


図 13 C 映画館 2D の落下真菌個数

(このページは空白です)