

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

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

研究分担者 島崎 大 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官
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

研究要旨

海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、NPO等評価機関による認証制度、ならびに、興行場等を含む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、明らかにすることを目的とした。

欧州規格ならびにISOの建物内の空気質と換気に関わる規格では、使用者の占有率と建物由来の汚染物質排出量に応じた設計換気量の決定方法、室内空気質の測定・評価方法、および目標とする室内空気質を達成するための設計方法が詳細に記述されていた。WHO本部は室内空気質汚染と健康に係るファクトシートを2022年に公開したが、興行場等の施設は特段の対象とはしていなかった。韓国の室内空気質に関する法規制では、映画館や展示場等の不特定多数が使用する施設、電車等の公共交通機関、医療施設等が対象に含まれていた。米国を中心として、民間やNPO等の評価認証機関が健康・安全・環境配慮等に関する建築物の評価や格付けを行っており、興行場を含む複合施設において認証を取得している事例が確認され、衛生管理を向上させる手段としても有効と考えられた。

A. 研究目的

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

昨年度に続き、海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、NPO等評価機関による認証制度、ならびに、興行場等を含む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、明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

(1) ISOおよびヨーロッパ規格、COVID-19（伊庭）

ISO（International Organization for Standardization）およびDIN EN（ドイツ規格協会DINが発行するドイツの国家規格）から文献を入手し、関連する項目をまとめた。また、COVID-19パンデミック後に海外の映画館が活動を再開するにあたり、環境調査をした事例についても調べた。

(2) WHO、韓国、民間等評価機関（島崎）

WHO本部および各地域事務局が発行する室内空気質に関連するガイドライン、ならびに、韓国における室内空気質に関する法規制を参照し、当研究が対象とする興行場に関する規制や推奨事項を探索した。また、海外のNPO等が推進する室内環境に係る各評価・認証制度を参照し、衛生的な環境確保に関する評価指標を概観した。

C. 調査結果および考察

(1) ISO およびヨーロッパ規格

主に建物内の空気質と換気に関わる規格について、簡単に内容をまとめる。

DIN EN 16798-1¹⁾, 16798-3²⁾ および ISO 17772-1³⁾は、”Set of EPB standards”と呼ばれる建物のエネルギー性能評価方法の国際調和を目的とした一連の規格の一部である。DIN EN 16798-1 の Scope には、熱環境、室内空気質、照明および音響に関する室内環境パラメータの要件を規定し、建物システム設計およびエネルギー性能計算のためにこれらのパラメータを確立する方法を規定すると書かれている。本規格では、屋内環境品質を、建物使用者の期待度に対応した4つのレベル（表 1）に分類しており、通常のレベルは「Medium」であるとしている。

表 1 室内環境品質のカテゴリ¹⁾

(Table 4 Categories of indoor environmental quality より)

Category	Level of expectation
IEQ _I	High
IEQ _{II}	Medium
IEQ _{III}	Moderate
IEQ _{IV}	Low

NOTE In the tables only the category numbers are used without the IEQ_x symbol.

室内空気質については、発生源の制御、換気、およびフィルタ/空気清浄という手段によって制御されなければならないとし、設計換気量を求める方法について規定されている。例えば、健康に関して影響を与える物質の発生源が特定された場合、それらが健康閾値を下回るような換気量とすることや、室内で検知される個々の汚染物質を希釈するために必要な換気量の計算方法などが示されている。興行場のような非住宅建物については、人が利用しない時間帯にも、材料から放出される汚染物質濃度を制限するために、最低限必要な換気量や運転時間を決定することとされている。また、

空気をフィルタまたは同様の装置に通すことで、屋外の空気取り入れ口からの浮遊汚染物質（花粉、カビ、粉塵など）の量を削減すること、室内空気中の汚染物質の量を減らすために、二次空気や還気をフィルタまたはその他の空気清浄装置に通過させることにも触れられている。

DIN EN 16798-1 付属書 B.3 には、室内空気質と換気量の基準が示されている。非住宅用途の建物については、使用者の占有率 (Occupancy) と建物由来の汚染物質排出量により、換気量が計算できるとされている。例えば、表 2 には、映画館と同様の活動量（座位）であるオフィスのような場所で、その環境に適応していない外来者に必要な、1人あたりの換気量が示されている。各カテゴリは、予測される不満足者率で区分されている。一方、表 3 では、建物からの汚染物質排出量に応じて、床面積あたりの換気量が示されている。

付属書では、10m²のオフィスの場合が例示されているが、オフィスの占有率が 0.1 人/m²とされているため、カテゴリ III で Low polluting building を選択すると、表 3 から 10m²×0.4 L/s・m²=4 L/s となり、一方、10m²×0.1 人/m²=1 人に対しては表 2 からカテゴリ 3 で 4 L/s 必要とされているので、その和として、8 L/s が設計換気量として求められる。映画館のように占有率の高い施設では、同じ面積でも使用人数が多くなるため、より多くの換気量が必要となることが推測される。

DIN EN 16798-3 には、非住宅建物について、計算された設計換気量を達成するための換気・空調システムの技術的要件と、省エネルギー性能を計算する方法が述べられている。空気浄化の方法として、空気清浄機については述べられていないが、フィルタによる外気の浄化については、屋外の粒子汚染レベルと必要な供給空気の質、特定の状況（稼働時間、粉塵負荷、特殊な局所汚染状況など）に応じて、様々なレベルでのろ過が必要であるとされている。

ISO 17772-1 にも、DIN EN 16798-1 と同様に

設計換気量を求める手順が示されており、付属書には、WHO による、健康への影響を考慮した室内・外気の汚染物質の閾値の記載もある。

ISOには数多くの専門委員会(TC)と分科会(SC)が設置されているが、TC146/SC6が室内の空気質に関する活動を行っている⁴⁾。その中で規格化されたISO 16000シリーズでは、室内空気のサンプリング方法、様々な化学物質の分析方法等が示されている。例えば、ISO 16000-8⁵⁾は、建物内の換気状態の指標として、局所的な空気の平均空気齢を決定するための単一トレーサーガスの使用について述べたものである。建物の換気要件が満たされているかどうか、室内空気質に問題がある建物の換気の適切性の推定、室内の汚染物質排出源の分布の評価に利用される。

ISO/TC 205によって規格化されたISO 16814⁶⁾は、建物および暖房、換気、空調システムの設計での使用を目的とした、許容可能な屋内環境(熱、音響、照明および室内空気質IAQ)を実現するための新築・改修方法を規定する一連の国際規格の1つである。ISO 16814は、IAQを表現する方法と、優れたIAQを達成するという目標を設計プロセスに組み込む方法を対象とする。この方法の目的は、室内空気汚染物質を、一般的な温熱環境下で汚染物質が有害な影響を及ぼさない濃度レベル以下に制御することである。選択した方法に応じて、設計者はさまざまなアプローチを適用して良好なIAQを達成できる。

このように、欧州規格・ISOでは、設計換気量の決定方法、室内空気質の測定・評価方法、および目標とする室内空気質を達成するための設計方法が詳細に記述されている。

(2) COVID-19に係る海外の映画館の空気質管理の動向

COVID-19による行動の制限が緩和された後、ドイツの映画館では入場者に安全な環境を提供する取り組みが強化された。連邦政府文化メディア委員会(BKM)の資金提供を受け、フラウンホーファ

ー研究所が、「Covid-19感染症パンデミック時の屋内空気衛生と映画館における空気浄化技術の使用に焦点を当てた」CineCovプロジェクトを実施することが、2021年12月にプレスリリースされた⁶⁾。実際の映画館で、鑑賞者の体温による空気温度への影響を考慮するための温度制御されたダミー人形と、代替ウィルス粒子を用いて、既存の換気設備に加え、新規の空気浄化技術(活性酸素や

表2 座位・成人・外来者を対象とした人からの排出物を希釈するのに必要な設計換気量¹⁾

(Table B.6 Design ventilation rates for sedentary, adults, non-adapted persons for diluting emissions (bio effluents) from people for different categories より)

Category	Expected Percentage Dissatisfied	Airflow per non-adapted person L/s (per person)
I	15	10
II	20	7
III	30	4
IV	40	2.5

表3 さまざまなタイプの建物からの排出物を希釈するための設計換気量¹⁾

(Table B.7 Design ventilation rates for diluting emissions from different type of buildings より)

Category	LBP-1* L/s・m ²	LBP-2** L/s・m ²	LBP-3*** L/s・m ²
I	0.5	1.0	2.0
II	0.35	0.7	1.4
III	0.2	0.4	0.8
IV	0.15	0.3	0.6

*LPB-1: Very low-polluting building

**LPB-2: Low-polluting building

***LPB-3: Non low-polluting building

UV-C を使用するもの) を使用した場合と使用しない場合の、粒子数の低減効果が比較された。MedKlinn による、フラウンホーファー研究所の報告書の抜粋⁷⁾によれば、既存の換気設備の希釈効果でも希釈効果はあり、実験ではウィルス粒子数やTVOCのレベルはドイツ連邦環境庁によって定められた閾値内となったものの、空気浄化技術と比較して効率が低いことが示された。映画館が満員になる前に換気が十分に作動していない場合や十分な新鮮な空気が導入されない場合は、空気浄化技術の追加を検討することが推奨されている。

アメリカにおいては、COVID-19 パンデミック後に、国内の映画館が引き続き、連邦、州、地方の公衆衛生要件を満たしているかを確認できるサイトが設けられた⁸⁾。また、2021年3月のアメリカの空調に関する雑誌の記事⁹⁾によると、アメリカに本社を置く映画館運営会社が、各映画館の空調設備のフィルタを高性能なものに変更したことに加え、バイポーライオン空気浄化システムを設置するなど、空気質を維持するための投資がなされたことを紹介しており、従来よりも映画館での空気質に注目が集まっていることがうかがえる。

(3) WHO

WHO 本部により、2022年7月26日付(同年11月28日改定)で室内空気質汚染と健康に係るファクトシート” Household air pollution and health”が公開されていた¹¹⁾。

当ファクトシートでは、世界の24億人が室内大気質汚染を生じる燃料(木炭、練炭等の固形燃料)を暖房や調理に使用しており、燃料の燃焼(不完全燃焼)により生じる一酸化炭素やPM2.5等の物質により生じる室内大気質汚染は320万人の死亡に寄与していること、そのうち5歳以下の死亡数は23.7万人に上ること、主な死因は脳卒中、虚血性心疾患、COPD、肺がん等であることが示された。

WHO は室内空気質ガイドラインを開発、普及啓発を行うとともに、クリーン燃料への転換に係

る技術支援や人材育成を実施していること、室内燃料に係る国別データベースを運用し、持続可能な開発目標(SDG)ゴール7.1.2の指標として国連に報告していることが示された。

一方、当ファクトシートはCOVID-19に関する情報や、興行場等の不特定多数が短時間滞在する施設に関する情報は含まれていなかった。

(4) 韓国

同国では、環境省が所管する Indoor air quality control act¹²⁾が室内空気質に関する規制を定めており、適用対象は図書館、博物館、映画館、展示場等、不特定多数が使用する施設であった。また、電車等の公共交通機関も対象に含まれていた。

具体的な基準項目や適用の要件など詳細については同法の省令¹³⁾にて規定されていた。各項目を表4に示す。興行場等を含む施設を対象に、8項目(PM10, PM2.5, 二酸化炭素, ホルムアルデヒド, 一酸化炭素, 二酸化窒素, ラドン, 総VOCs)が定められていた。なお、本邦の特定建築物を対象とした、建築物環境衛生管理基準にて規定されている項目は、7項目(浮遊粉じん, 一酸化炭素, 二酸化炭素, 温度, 湿度, 気流, ホルムアルデヒド)である。規制対象が異なるため一概に比較はできないものの、韓国の基準項目は浮遊粉じんをPM10, PM2.5に分けて設定していること、二酸化窒素, ラドン, 総VOCsが含まれること、一方で温湿度や気流は含まれないことが特色であった。なお、映画館等の興行施設のうち、「室内公演場・室内体育施設等」については別立てとなっており、PM10のみ基準値が設定されていた。また、「医療施設・高齢者療養施設等」についても同法の範疇に含まれており、多くは映画館等よりも厳しい基準値であるとともに、微生物に係る基準項目(浮遊細菌, かび)も設定されており、健康上のリスクが高い患者への考慮がうかがえた。

表 4 韓国 Indoor air quality control act における基準項目¹³⁾

汚染物質	映画館・博物館・美術館・ 公衆浴場・地下街・地下鉄・ 葬儀場等	室内公演場・室内体育施設等	医療施設・高齢者療養施設等
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	200	75
PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50	-	35
二酸化炭素 [ppm]	1000	-	1000
ホルムアルデヒド [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	-	80
総浮遊細菌 [CFU/ m^3]	-	-	800
一酸化炭素 [ppm]	10	-	10
二酸化窒素 [ppm]	0.1	-	0.05
ラドン [Bq/ m^3]	148	-	48
総VOCs [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	500	-	400
かび ⁸⁾ [CFU/ m^3]	-	-	500

(5) 民間等認証機関

米国を中心に、民間や NPO 等の評価認証機関が健康・安全・環境配慮等に関する建築物の評価や格付けを行っており、海外の興行場を含む複合施設において、認証を取得している事例がみられた。以下に代表的な認証プログラムを示す。

i) LEED O+M¹⁴⁾

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) は、非営利団体 U.S. Green Building Council が開発、運用し、Green Business Certification Inc. が認証の審査を行っている。各評価項目の合計ポイントに応じて4段階の認証レベル(プラチナ・ゴールド・シルバー・標準)が設けられている。

多種多様な建設プロジェクトに対応できるよう、複数の認証プログラムに区分されており、建築物の日常的な運用管理に係るものは O+M - Building Operations and Maintenance (大きな改修工事を伴わない、運用や保守向上のための改善)である。最新バージョンは 4.1、評価は 7 カテゴリー・22 項目であり、そのうち室内環境質に関する項目は以下の 5 項目であった。

- ・最低限の室内空気質
- ・たばこコントロール
- ・グリーン清掃
- ・室内環境質の効率
- ・統合的ペストコントロール

ii) WELL Health-Safety Rating¹⁵⁾

非営利団体 International WELL Building Institute が開発、運用しており、COVID-19 パンデミックをふまえ、2020 年より新たに開始された、建築物の健康・安全性に特化したプログラムである。(なお、既往の WELL プログラムは主に建築物の快適性に注目している。)感染症対策、BCP、空気質・水質管理等の 5 カテゴリー・29 項目から構成されており、室内環境質(空気質および水質)に関する項目は以下の 5 項目であった。

- ・換気の評価
- ・空気処理システムの評価と管理
- ・レジオネラ管理計画の策定
- ・空気質および水質の監視
- ・カビおよび湿気の管理

iii) fitwel¹⁶⁾

米国疾病対策センター (CDC) および米国一般調達局 (GSA) が共同提案、非営利団体 The Center for Active Design (CfAD) が運用している、居住用・商用建築物に関する Building Health 認証である。最新バージョン 2.1 における評価項目(商用・複数テナント向け)は 12 カテゴリー・65 項目から構成されており、そのうち室内環境質に関するものは以下の 2 カテゴリー・項目であった。

○室内環境 (8 項目)

- ・全面禁煙
- ・アスベスト対策

- ・室内空気質の管理計画
- ・室内空気質の測定
- ・室内空気質の測定結果の共有
- ・グリーン購入計画
- ・化学物質使用、貯蔵箇所の換気
- ・統合的ペストコントロール

○飲料水（3項目）

- ・水へのユニバーサルアクセス
- ・ボトル給水設備
- ・水質

E. 結論

- ・欧州規格ならびに ISO の建物内の空気質と換気に関わる規格では、興行場に特化したものではないものの、使用者の占有率と建物由来の汚染物質排出量に応じた設計換気量の決定方法、室内空気質の測定・評価方法、および目標とする室内空気質を達成するための設計方法が詳細に記述されていた。
- ・WHO 本部は 2022 年に室内空気質汚染と健康に係るファクトシート” Household air pollution and health”を公開し、室内空気質ガイドラインの普及啓発や室内で用いる燃料のクリーン燃料への転換、SDGs 7.1.2 のモニタリングに注力していた。一方、当ファクトシートには COVID-19 や興行場等に関する情報は含まれていなかった。
- ・韓国の Indoor air quality control act では映画館や展示場等の不特定多数が使用する施設、電車等の公共交通機関、ならびに、医療施設等が対象に含まれていた。規制項目は 8 項目 (PM10, PM2.5, 二酸化炭素, ホルムアルデヒド, 一酸化炭素, 二酸化窒素, ラドン, 総 VOCs) であり、医療施設等に対しては厳しい基準値と微生物に係る基準項目（浮遊細菌, かび）が設定されていた。
- ・米国を中心として、民間や NPO 等の評価認証機関が健康・安全・環境配慮等に関する建築物の

評価や格付けを行っていた。海外の興行場を含む複合施設において、各認証を取得している事例がみられており、興行場を対象とした衛生管理を向上させる手段としても有効であると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 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.

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

<引用文献>

- 1) DIN EN 16798-1:2022-03, Energy performance of buildings – Ventilation for buildings – Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
- 2) DIN EN 16798-3:2017-11, Energy performance of buildings – Ventilation for buildings – Part 3: For nonresidential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems
- 3) ISO 17772-1:2017, Energy performance of buildings – Indoor environmental quality – Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings
- 4) 伊藤一秀, ISO/TC146/SC6 (Indoor Air)における換気・空気質関連標準化の動向, 第5回空気環境シンポジウム, 2014.03, pp9-12, [http://www.phe-kyudai.jp/pdf/ISO_Indoor-Air\(Ito\)MS.pdf](http://www.phe-kyudai.jp/pdf/ISO_Indoor-Air(Ito)MS.pdf)
- 5) ISO 16000-8:2007, Indoor air – Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions (Reviewed and confirmed in 2016)
- 6) ISO 16814:2008, Building environment design – Indoor air quality – Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy (Reviewed and confirmed in 2019)
- 7) Fraunhofer IBP, Press Release, The CineCov project studies the ventilation situation in movie theaters, https://www.ibp.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/pi_2021-12_cinemas-good-ventilation-ensures-low-risk-of-infection.html (アクセス日 : 2023年5月15日)
- 8) MedKlinn, Extract of Indoor air hygiene and use of air purification technologies in movie theaters during the Covid-19 pandemic (CineCov) - final report (Reference: IBP-Bericht FM-005/2022/200 by Fraunhofer IBP) , 2022. https://my.medklinn.com/wp-content/uploads/2022/08/Extract_of_Fraunhofer_Institute_IBP_Final_Report_.pdf
- 9) National Association of Theatre Owners (NATO), Cinemasafe, <https://www.cinemasafe.org/>, (アクセス日 : 2023年5月16日)
- 10) Ted Craig, Movie Theaters Invest in HVAC Upgrades to Create Safe Environment Increased filtration, ionization prove most popular options, Air Conditioning, Heating & Refrigeration News, March 29, 2021. <https://www.achrnews.com/articles/144674-movie-theaters-invest-in-hvac-upgrades-to-create-safe-environment>
- 11) World Health Organization, Household Air Pollution, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- 12) Korea Ministry of Environment, Indoor Air Quality Control Act, https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG
- 13) Korea Ministry of Environment, Enforcement Rules of the Domestic Indoor Air Quality Management Act; Ministry of Environment Ordinance No. 918; Annex 2 Maintenance Standards.
- 14) U.S. Green Building Council, LEED rating system, <https://www.usgbc.org/leed>

- 15) International WELL Building Institute,
WELL Health-Safety Rating,
<https://v2.wellcertified.com/en/health-safety/overview>
- 16) Active Design Advisors, Inc., Fitwel |
World's Leading Healthy Building
Certification System, <https://www.fitwel.org>