

保育施設における感染症予防のための空気質管理方法と換気ガイドライン策定に関する研究

○横川 慎二（電気通信大学） 石垣 陽（電気通信大学）

喜多村 紘子（産業医科大学） 齋藤 彰（宮城県結核予防会）

Abstract— In the trend to rebuild society from the effects of COVID-19, measures for social welfare facilities for children and the elderly are being delayed. When infectious disease clusters occur in such facilities, the social impact is excellent, as families and staff are forced to take leave from work. On the other hand, they do not necessarily have sufficient personnel or budgets, so self-help activities by facility staff are essential. In this study, we analyzed facility operation and operational coordination status to identify issues. Based on these results, it will be necessary to study and present an autonomous cycle model for social risk reduction and to verify its effectiveness.

Index terms— COVID-19, Nursery school, Kindergarten, Geriatric care facility, Infectious disease control

1 はじめに

COVID-19をはじめとする感染症の拡大を抑制することは、事業者にとって重要かつ緊急の責務である。2020年頭より現在まで継続しているCOVID-19の拡大抑制の方策として、リモートワークや遠隔授業への移行が様々な事業分野で実施された。しかし、それらの方策は全ての業務に適しているとは言い難く、製造業や建設業の現場、高齢者介護施設、医療施設、運輸業、一部のサービス業等においては採用が難しいものである。これらの職場におけるリスクを適切に評価し、安全・安心を確保することが、事業継続の要素として重要性を増している。

これまで我々は、COVID-19の感染予防のための換気改善に関する研究、事業を進めてきた¹⁻¹²⁾。その中で、令和4年4月にクラスターが発生した保育園を調査した際、換気設備、窓、布団の位置に依存して昼寝時に発生したと考えられる局所クラスターの事例（Fig.1）に遭遇した。保育園、幼稚園などでは、年齢によっては園児がマスクをすることが出来ないという事情がある。特に、午睡の際には事故防止の観点からマスク着用は厳禁である。さらに、社会福祉施設は施工から長年経過した建物を使用していることも多く、一般の飲食店や事務所と同じ対策が適用し難いことも判明した。現在、我が国には29,474件の保育園¹³⁾と、9,121校の幼稚園¹⁴⁾、6,655校の幼保連携型認定こども園¹⁴⁾が運営されており、それらの施設の多くが同様の課題に直面していると考えられる。ところが保育園は厚生労働省の所管、幼稚園と幼保連携型認定こども園は文部科学省の所管となっており、統一的な対処がとられにくい環境にある。

また、このような施設においては、COVID-19により職員の業務負担が大幅に増加しており、対策効率を上げる支援策の必要性が非常に高い場所ともいえる。一方で制約の多い場所・場面では、ファシリティの対処だけでは改善が難しく、マネジメントから現場に至るまでの業務オペレーションの自律サイクルの体制構築が必要であることが、製造業の品質管理や、労働安全衛生管理などの知見から予想される。さらに、全国の約4万5千施設にノウハウを展開するには、改善に向けた計画を支援するフィードバック機能を持ったオン

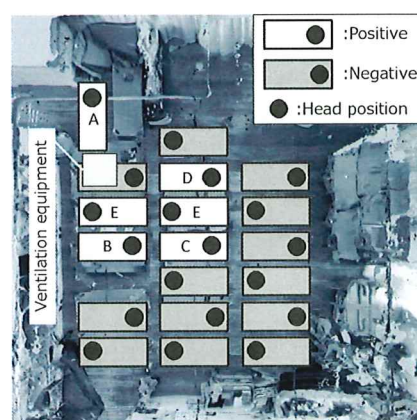


Fig. 1: Example of a nap cluster in a nursery school (bird's eye view).

ライン診断システムの開発と社会実装が必要と考えられる。

働く人口が減少してゆく今後の社会では、業務を通じた現任訓練によって知識やスキルを職場で育成、伝承することは非効率となりつつある。そこで、異分野で発展してきた枠組みを整理して一般化し、リスク情報学や教育工学を応用してシステム化、体系化する取り組みは、テレワークやクラウドワーキングによって組織や個人の創造・生産活動に至るまで自律分散化が進む未来の社会における教育とリスク管理の体系、すなわちリスク管理工学として新たな分野を切り拓くものと考えられる。

一般的なリスク工学では、ハザードを確定し、その大きさ、起こる可能性（頻度）、起きた時の影響度などからリスクが見積もられる。しかし、働く人の行動を対象とする場合、リスクを低減させる緩衝要因も考慮する必要がある。これらの点を、社会的に重要な感染症対策から取り残されつつある保育園・幼稚園を主体とした調査分析と、研究成果の大規模社会実装によって実証することにより、自律サイクルを持つ社会システムにおけるリスク管理研究の、先鋭となることが期待される。その成果は、今後進んでゆくであろう自律分散社会において、IoTやAIの恩恵から取り残されがちな組織を、ただ一つも取り残さないための社会基盤

の要素の一つになるとも考えられる。

2 COVID-19対策における換気の位置付け

経済産業省は、具体的活動としてコロナ禍における事業継続計画（Business Continuity Planning: BCP）の公表・登録を積極的に行うことを要請している¹⁵⁾。既にインフラ産業、製造業、公共交通などの各社が既に策定していたBCPを点検し、登録・公開している。しかし、その中で換気の徹底などを挙げている組織はまだ少なく、望ましくない事象が発生した際の応急対策にとどまるものも多い。安定的に事業の継続を可能にするには、応急対策に続いて「問題の原因を調査して取り除き、二度と同じ原因で問題が起きないための対策」としての再発防止が必要となる。そのためには、現状分析が必要であり、その結果に基づく改善を行うことが必須である。さらに、他事業所への水平展開や事業そのものの拡大を可能にするためにも、「発生する問題を予測し適切な防御策を設計段階に作り込む」未然防止の活動に進めることが必要である^{16, 17)}。

COVID-19の感染経路は接触感染、飛沫感染、エアロゾル感染に区分される¹⁸⁾。感染の未然防止を行うためには、この経路のいずれに対しても、多重化して対処を施すことが必要である。特にエアロゾル感染は、空气中に広範囲にわたって漂う微細な粒子を吸い込むことにより感染するもので、世界保健機構（World Health Organization: WHO）や米疾病対策センター（Centers for Disease Control and Prevention）、そして我が国の国立感染症研究所がCOVID-19の主要な拡散経路と認めたものである。その代表的な対策は十分な換気とされ、換気設備の強化やメンテナンス、窓開けなどの改善が図られている。

換気の感染抑制の効果は、様々なウィルス等に対して検証されており、十分な換気によりはしか、水痘瘡、インフルエンザ、SARSなどの伝染・拡散を抑制できる事が広く知られている。例として、中学校での結核集団感染において十分とは言えない換気が高い感染率につながった可能性が指摘されている¹⁹⁾。また、空間が狭くなるほど、結核の感染リスクが高まることも示されている²⁰⁾。いいかえれば、密閉・密集の環境が空気感染のリスクを高めると考えられる。これに対して、様々な研究の結果、時間あたりの空気交換率（Air Change per Hour; ACH）が2以下の場合、集団感染や高確率の感染が発生することが数多く報告されている^{19, 21-23)}。COVID-19についても、当初から同様な結果が報告されており²⁴⁾、換気の高重要性は高いといえる。

これらの研究成果を反映して厚生労働省から示された換気の指針²⁵⁾では、「換気の悪い密閉空間」はリスク要因の一つに過ぎず、「一人あたりの必要換気量を満たすだけで、感染を確実に予防できるということまで文献等で明らかになっているわけではない」としながら、①機械換気（空気調和設備、機械換気設備）による場合には、ビル管理法の考え方に基づく必要換気量（一人あたり毎時30 m³）が確保され、空気環境の基準の一つとしてCO₂の含有率が1,000 ppmに保たれていること、②窓の開放による方法では換気回数を毎時2回以上（ACH≥2）確保するために30分に1回以上、数分間程度窓を全開することが求められている。

これらの対策は、その目的が感染リスクを低下させるためであることを認識することが重要である。式(1)

によって示される、結核の空気感染リスク推定の古典的モデルであるWells-Riley model^{26, 27)}を例に挙げると、理解が容易である。

$$P = \frac{D}{S} = 1 - \exp\left(-\frac{I p q}{Q} t\right) \quad (1)$$

ここで、 P は被感染者が感染する確率、 D は感染者数、 S は被感染者数、 I は閉鎖室内での感染者数[人]、 p は呼吸量[m³/h]、 q は感染者の呼気による粒子発生率 [1/h]、 t は室内滞在時間、そして Q は換気量 [m³/h]である。ACHは換気量 Q に比例するため、式(1)に基づくACHが高いほど感染確率が低下すること、滞在時間が短いほど感染確率が低いことがわかる。

このように、リスクを低下させるためには換気量 Q を上げる、室内滞在時間 t を下げる、呼吸量 p を無駄に上げない（激しい運動をしない）、飛散する粒子発生率を下げる（効果の高い空気清浄機を用いる）なども効果があることがわかる。いいかえれば、換気の改善は感染リスクを下げるという本質的な目的の一方策であり、適正な数値を見極めて、そのレベルまで改善を施す必要がある。

3 予備調査

これまで我々は、集団感染（クラスター）の発生した保育園・幼稚園への立ち入り調査を行い、いずれも施設管理または安全組織運営に何らかの問題を抱えていたことがわかった。

3.1 クラスター発生状況に関する調査結果

施設規模の異なる7つの保育園において、クラスター発生時の状況に関するインタビューを実施した。いずれの施設も、令和4年1月から6月の期間に、クラスターが発生したと自主判定されている。インタビューの結果、Fig.2に示されるように、施設の規模を示す日常的に施設に滞在する人数と、同時に感染した人数の間には特に傾向はみられない。また、Fig.3に示される園内での園児および職員を含む感染率と休園日数の間にも明確な傾向は見られず、5つの園では2～6日の休園期間を設けていた。残りの2つの園では休園期間は特に設けられていなかったが、対象クラスの一時的閉鎖は実施されていた。

特に明確な傾向がなかったという結果は、行政や保

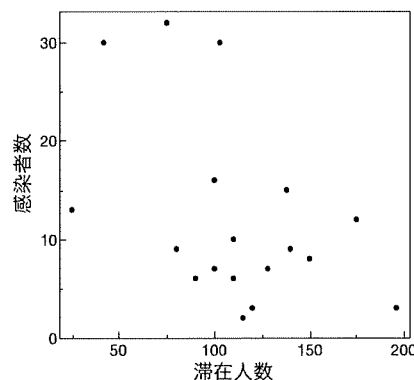


Fig. 2: Relationship between the number of people staying at the facility on a daily basis and the number of people infected during the same period of the cluster outbreak.

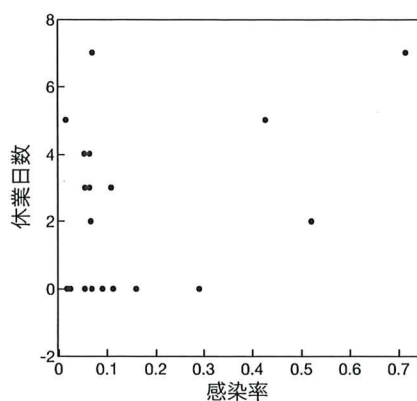


Fig. 3: Relationship between infection rate and number of days closed during cluster outbreak.

健所による明確な基準が設けられていた訳ではないことを示しており、インタビューにおいても、各施設において試行錯誤的な判断と対策の実施を行なっていることがわかった。

現在では、文部科学省より「学校での児童生徒等や教職員の新型コロナウイルスの感染が確認された場合の対応ガイドライン」²⁸⁾が示されており、学級閉鎖の基準としては、下記の状況に該当し、学級内で感染が広がっている可能性が高い場合が対象となっている。

- ① 同一の学級において複数の児童生徒等の感染が判明した場合
- ② 感染が確認されたものが1名であっても、周囲に未診断の風邪等の症状を有する者が複数いる場合
- ③ 1名の感染者が判明し、複数の濃厚接触者が存在する場合
- ④ その他、設置者で必要と判断した場合
(*ただし、学校に2週間以上来ていない者の発症は除く)

また、学級閉鎖の期間は5～7日程度を目安に、感染の把握状況、感染の拡大状況、児童生徒等への影響等を踏まえて判断する、とされている。

インタビューした7つの保育園では、概ね上記のガイドラインと同様の判断がなされていることがわかる。より広範囲の調査を要するものの、クラスター発生時の影響として想定する期間、規模として妥当なものと考えられる。

3.2 施設・設備に関する調査結果

インタビューを実施した保育園を含む14の施設に

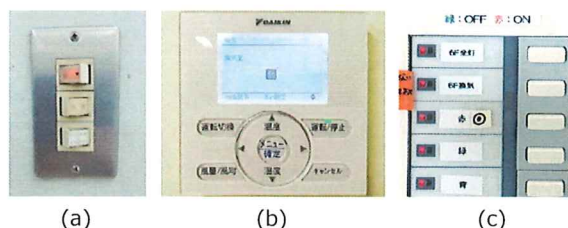


Fig. 4: Examples of hard-to-understand switches. (a) Light up when off. (b) Complicated to set up. (c) Red is on.

において、施設及び換気設備に関する調査を実施した。同時に5つの項目に関して、職場のリーダー格の方々に、自分の所属する施設のレベルを問うアンケートを実施した。

- 1) 建築時の換気計算結果や設備の設置場所
- 2) 換気設備のメンテナンス方法と管理状況
- 3) 日常の換気装置の操作方法と管理状況
- 4) CO₂センサーの使用方法
- 5) 空気清浄機の使用法

その結果、換気設備の運用に関する課題、換気設備の清掃に関する課題、空気清浄機の活用に関する課題、消毒液や使い捨てハンドタオルの運用に関する課題、の4点についてがあることがわかった。

換気設備の運用に関する課題としては、そもそも換気装置のスイッチが入っていない例が多く見られた。この理由として、Fig.4に示したように、操作盤のインターフェイスとなるスイッチの表示や操作方法が統一されておらず、現場の職員が望ましい運用が出来ないことが挙げられる。対策として、スイッチ脇に操作方法を掲示する、教育・訓練で情報共有を行う、日常管理の中にスイッチの状態確認を組み込むことなどが挙げられる。

換気設備の清掃については、外気の取り入れと排出を行う通気口、いわゆる換気ガラの清掃が行き届いていないことが多いことがわかった。中には、施設が建築されてから10数年間、一度も清掃が行われていない例もあった。保育園では、午睡などの必要から布団の上げ下ろしが毎日行われることなどから、綿埃の発生が多い環境となっている。この綿埃が換気設備によって回収され、換気ガラの部分に堆積して換気能力を低下させている場所が大半であった。Fig.5に示した例では、換気ガラの清掃によって当該換気口の換気量が11 m³/hから176 m³/hに改善した。すなわち、換気量が16倍に改善したことになる。前述の Wells-Riley model から、感染リスクが低下することが示唆される。

空気清浄機の活用については、適切な空気清浄機の選定と設置が出来ていない場合があった。保育園では、立地によって窓開けが出来ない場合がある。近隣より園児の「声」に対する騒音苦情がくる場合があるためである。また、真夏や真冬など外気温が高い、もしくは低い場合にも、十分な窓開けが難しい。その際には、清浄能力の高い空気清浄機を用いることが望ましい。いわゆる HEPA フィルタ (High Efficiency Particulate Air

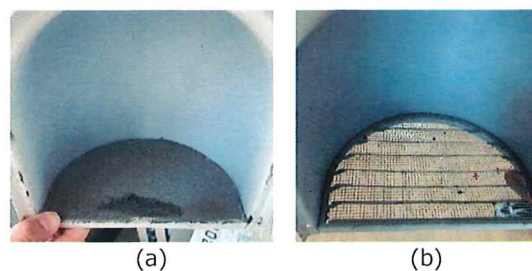


Fig. 5: Example before and after cleaning of louver panel of ventilation equipment. (a) Before cleaning (11 m³/h). (b) After cleaning (176 m³/h).



Fig. 6: Example of improper paper towel installation.

Filter)は「定格風量で粒径が $0.3 \mu\text{m}$ の粒子に対して 99.97%以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が 245 Pa 以下の性能を持つ (JIS Z 8122)」ため、十分な風量を有する HEPA 空気清浄機であれば、感染予防としての効果が期待される。ところが、HEPA フィルタを採用していない空気清浄機が用いられているものも少なくなかった。さらに、空気取入口が塞がれていたり、窓や換気口の近くに設置されていて能力が発揮できていない場合も多い。さらに、HEPA の能力はアルコール噴霧によって低下する⁹⁾ことが周知されておらず、過剰な清掃によってウイルス飛沫核の除去性能が低下しているなどの課題もあった。

消毒液や使い捨てハンドタオルの運用については、消毒液の適切な濃度や使用量、使い捨てハンドタオルの設置方法に関する知識が不足している例がみられた。例えば Fig.6 のように、手洗い時の感染拡大を防止するために使い捨てのハンドタオルを用いている場合でも、取り出し口が上を向いて設置している場合には、手から落ちた水滴によって下の紙が汚染され、使い捨ての意味をなさない場合がある。このような知識は医療の現場などではよく知られるものであるが、保育園などでは周知されてはいなかった。

以上に挙げたような点は、知識やノウハウの共有の問題であり、わかりやすいガイドブックや教材によって展開することが必要と考えられる。

3.3 感染症に関する業務連携に関する調査結果

9つの保育園において、感染症対策に関する施設、及び職員の業務連携に関するアンケート調査を実施した。以下の5つの項目に関して、職場のリーダー格の方々に、自分の所属する職場のレベルを問うアンケートである。

- 1) 職場のチームワークと情報共有
- 2) 職場の会合等の実施状況
- 3) 他の同業施設、関連組織等との連携
- 4) 知識・環境を向上させる取り組み
- 5) 職場の 5S (「整理」「整頓」「清掃」「清潔」「しつけ」とルール遵守について

チームワークと情報共有については、ほとんどの施設において感染状況などの日常運営情報が収集され、2つの保育園では情報の可視化による共有の取り組みが行われていた。逆に1つの保育園では、情報の収集管理が出来ていない状況にあった。

職場の会合については、定期的な会合は行っていない1つの保育園を除いて、ほとんどの保育園では感染症に関する職場会合を持っていることがわかった。ただし、積極的な情報交換の場を設けている保育園と、

保健所等の通達の伝達程度にとどまる保育園がほぼ半々という結果である。

他の組織との連携については、5つの保育園では他の組織との連携は重大な局面のみに限るという回答であり、独自の自助努力や判断による感染症対策が主となっていることが伺える。

知識・環境の向上に関する取り組みについては、全ての保育園において一部のメンバーから大半のメンバーによる知識習得と環境向上の努力がなされているとの回答であった。ただし、前節で述べた施設・設備に関する調査結果とは矛盾する結果となっている。すなわち、感染症対策としての重要な知識・環境が明確になっていないためとも考えられる。

職場の 5S とルールの遵守については、全ての保育園において 5S が順守されており、ルール違反もないという結果になった。メンバーがその意義を説明することも出来るという回答もあった。この点は、感染症に関わらず、保育園・幼稚園の業務として必要となる点であり、必要なルールを遵守する土壌があることを示している。

以上の結果より、適切な感染予防策の情報共有と、ノウハウに関する他の施設との連携が、適切な業務遂行において有効と考えられる。

4 感染予防ワークショップの実施

これまでの現状分析の結果から、有効な感染症対策の啓蒙のためには、現場の職員に向けた正確な情報発信と効果の高い教育が必要と考えられる。

そこで、「間違い探し」形式のワークショップを設計し、実際の保育園の保育室を用いて実施した。参加者の職場である保育室に、主に施設・設備に関する調査結果に基づく「適切ではない」事例を12例仕込み、時間を決めて参加者に探していただくようにした。また、その場で正解の解説を行い、自分が見つけれられた事例と見つけれなかった事例について、確認してもらった。さらに、実施した日から1週間から10日後に参加者にアンケートを行い、ワークショップ当日に間違いに気がついたか否かと、間違いの理由について回答してもらった。

一例として、Fig. 7 に示した消毒用アルコールの濃度については、ワークショップの際に発見できたとの回答が 75%、わからなかったという回答が 25%であった。一方で、「消毒用アルコール濃度として最も適切な数値を選択してください」という質問については、25%程度が 8.3%、50%程度が 0%、正解の 75%程度が 91.7%、95%程度が 0%という結果となった。すなわち、当日間



Fig. 7: Example of Infection Prevention Workshop. (a) An example of error. (b) Explanation at the site.

違いを発見(断言)できなかった参加者も、正確な数字を覚えられたものと考えられる。

このように、実際の職場での体験型ワークショップは、正確な情報の伝達とその定着について、有効であるものと考えられる。さらに、同僚と一緒に参加することによって、その後の議論や情報共有の促進の効果も期待されると考えている。

参加者からの自由記述による感想の一つには、「物事を決めていく時には利便性やコスト面など、総合的に考えていかなくてはなりません、保育園という場ではやはり安全を第一に考えていかなくてはならない」と今回のワークショップで感じました」のように、一つ一つの事例の意味だけでなく、安全に対する意識改善の効果もあったと思われる。今後、これらのワークショップ教材を作成し、展開可能な形で公表することを検討したい。

5 まとめ

COVID-19の影響から社会を再構築する流れの中で、児童・高齢者などの社会福祉施設の対策は取り残されつつある。それら施設で感染症クラスターが発生すると、家族や職員も休業を強いられるなど社会的インパクトが大きい。一方で、必ずしも潤沢な人員や予算を保有している訳ではないため、施設職員の自律自助の活動による対策が要となる。本研究では、そのための施設運用と業務連携に関する現状分析を行い、課題を示した。これらの結果に基づき、社会的リスク低減の自律サイクルモデルを検討、提示し、その効果を検証する活動が、今後必要になると考える。

謝辞

本研究は、エスベック地球環境研究・技術基金による支援を受けています。

参考文献

- 1) 横川慎二, 石垣陽, 遠藤駿, 高原廉, 川内雄登, Ambient Intelligence (環境知能) によるフリーアドレススペースのリスク評価, 第11回横幹連合コンファレンス, C-1-4 (2020).
- 2) H. Kitamura, Y. Ishigaki, T. Kuriyama, T. Moritake, CO2 Concentration Visualization for COVID-19 Infection Prevention in concert halls, *Environmental and Occupational Health Practice*, Vol.3, 2021-0010-OA (2021).
- 3) S. Endo and S. Yokogawa, Analysis of the trends between indoor carbon dioxide concentration and plug-level electricity usage through topological data analysis, *IEEE Sensors Journal*, Vol.22, pp.1424-1434 (2022).
- 4) Y. Ishigaki, Y. Kawauchi, S. Yokogawa, A. Saito, H. Kitamura, and T. Moritake; "Ventilatory effects of excessive plastic sheeting on the formation of SARS-CoV-2 in a closed indoor environment," *Environmental and Occupational Health Practice*, Vol.5, 2022-0024-OA (2023).
- 5) Y. Ishigaki, S. Yokogawa, T. Kato, Evaluation and risk communication of effects of alcohol exposure on disposable procedure masks and portable air purifiers, *medRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2022.04.07.22273564>
- 6) Hiroko Kitamura, Yo Ishigaki, Hideaki Ohashi, and Shinji Yokogawa; "Ventilation improvement and evaluation of its effectiveness in a Japanese manufacturing factory," *scientific reports*, Vol.12, 17642 (2022).
- 7) Y. Ishigaki, S. Yokogawa, Y. Minamoto, A. Saito, H. Kitamura, and Y. Kawauchi; "Pilot Evaluation of Possible Airborne Transmission in a Geriatric Care Facility Using Carbon Dioxide Tracer Gas: Case Study," *JMIR Form. Res.*, Vol.6, e37587 (2022).
- 8) S. Yokogawa, Y. Ishigaki, H. Kitamura, A. Saito, Y. Kawauchi, T. Hiraide, Estimation of Air Change Rate by CO2 Sensor Network in a Workplace with COVID-19 Outbreak, *Environmental and Occupational Health Practice*, in press.
- 9) Y. Ishigaki, K. Enoki, S. Yokogawa, Accuracy verification of low-cost CO2 concentration measuring devices for general use as a countermeasure against COVID-19, *medRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2021.07.30.21261265>.
- 10) 横川慎二, 石垣陽, CO2 センサーを用いた空気品質管理の要点, ビルと環境, No.177, pp.4-15 (2022).
- 11) 石垣陽, 横川慎二, 換気の可視化による新型コロナ感染予防, ビルと環境, No.177, pp.19-29 (2022).
- 12) 令和3年度東京都と大学との共同事業; 地域参加による換気の可視化向上プロジェクト, https://www.seisakukikaku.metro.tokyo.lg.jp/basic-plan/daigaku/kyodo-jigyo.html#item_dentsu (2022年10月22日閲覧).
- 13) 厚生労働省, 社会福祉施設等調査: 結果の概要 (令和2年), <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/23-22c.html> (2022年10月22日閲覧).
- 14) 文部科学省, 学校基本調査: 結果の概要 令和4年度 (速報), https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/c_housa01/kihon/kekka/1268046.html (2022年10月22日閲覧).
- 15) 経済産業省, “コロナ禍における事業継続に向けたBCP (事業継続計画) の公表・登録”, <https://www.meti.go.jp/covid-19/bcp/index.html>, (2022年10月22日閲覧).
- 16) 鈴木和幸, 未然防止の原理とそのシステム, 日科技連出版社 (2004).
- 17) 田中健次, システムの信頼性と安全性, 朝倉書店 (2014).
- 18) 石垣陽, 感染症対策としての空気の品質管理 -CO2濃度の例-, 品質, Vol. 51, pp. 321-325 (2021).
- 19) Menzies D, *et al.*, Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers, *Annals of Internal Medicine*, Vol. 133, No.10, pp. 779-789 (2000).
- 20) Li, Y., *et al.*, Role of Ventilation in Airborne Transmission of Infectious Agents in the Built Environment: A Multidisciplinary Systematic Review, *Indoor Air*, Vol. 17, No. 1, pp. 2-18 (2007).
- 21) 古谷博行, 室内CO2濃度測定による結核感染リスクの推定に関する総説, 結核, Vo. 93, No. 8, pp. 479-

483 (2018).

- 22) 豊田誠, 中学校結核集団感染の環境要因に関する検討, 結核, Vol. 78, pp. 733–738 (2003).
- 23) 松本健二, 辰巳朋美, 有馬和代, 他, 環境要因が影響した結核集団感染の1例, 結核, Vol. 86, pp. 487–491 (2011).
- 24) Li, Y., *et al.*, Probable Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Poorly Ventilated Restaurant, *Building and Environment*, Vol. 196, p.107788 (2021).
- 25) 厚生労働省, “「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法”, <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf> (2022年10月22日閲覧).
- 26) Wells, W.F., Airborne contagion and air hygiene, Cambridge, MA, *Harvard University Press* (1955).
- 27) Riley E.C., G. Murphy, and R.L. Riley, Airborne spread of measles in a suburban elementary school, *American Journal of Epidemiology*, Vol. 107, pp. 421-432 (1978).
- 28) 文部科学省初等中等教育局健康教育・食育課, “学校で児童生徒等や教職員の新型コロナウイルスの感染が確認された場合の対応ガイドラインの再周知等について,” https://www.mext.go.jp/content/2022_0113-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf (2022年10月22日閲覧).