

令和5年度（2023年） 博士論文

# 保育者・幼児の身体活動に着目した 都市部の保育施設の換気計画に関する研究

Study on Ventilation Planning Focused on the Physical Activity of Nursery  
Teachers and Young Children in Urban Nursery Facilities

横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府（博士課程後期）  
都市イノベーション専攻 建築環境工学研究室

21WA002 種市 慎也 (Shinya TANEICHI)

指導教員

教授 田中 稲子 (Ineko TANAKA)

2024年3月



## 論 文 要 旨

本研究は、都市部に開設する保育施設の換気の問題点及び換気計画のあり方を提示することを目的に、保育室の空気環境や保育者・幼児の生理量の実態把握、気流解析による換気性状の把握を行った。換気量を推定することで、換気量不足の主な原因は保育者・幼児の身体活動の影響であることを明らかにした。また、換気行為から保育施設を類型化したことにより、特に問題を抱えやすい施設は機械換気型であることを示した。さらには、保育活動を加味した必要換気量を推定し、その値から Ya 施設の設計換気量の見直しを行った結果、保育室の換気改善が確認された。以上の結果を踏まえて、保育施設の換気指標値の提案及び保育施設を運用する際の配慮事項をはじめて提示した研究である。

第1章「序論」では、待機児童問題の解消のために保育施設の設置基準が緩和され、保育施設の量的拡大が優先されてきたが、近年は待機児童数も改善傾向を示しており、今後は保育施設の「量」ではなく、成育環境としての「質」が問われる転換期を迎えていることを記述した。また、これまでの保育施設を対象とした環境調査では、保育室の CO<sub>2</sub> 濃度が高いという報告はあるものの、その主な原因については明らかにされておらず、解明していく必要性を指摘した。さらに、保育施設の環境基準や換気基準の策定に向けて、保育室の環境データや人の生理量に関わるデータを蓄積していく必要性についても言及した。これらの背景から本研究の目的を示し、期待される効果や保育施設を対象とした音環境・温熱環境・空気環境の関連研究、建築計画・生理学に関する先行研究を整理することで、本研究の位置づけを明らかにした。

第2章「保育施設の空気環境の実態と換気行為・意識の影響」では、都市部の保育施設の温熱環境・空気環境の実態を把握するために、横浜市で実施した実測調査の結果を示した。具体的には、換気行為が多くみられた中間季の温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、TVOC（総揮発性有機化合物）を示し、環境実態やこれらに影響を及ぼす要因を検討した。その結果、換気行為から窓開け換気型、機械換気型、併用型と3種類に保育施設を類型化することが出来た。窓開け換気型では温熱環境の課題、機械換気型と併用型では空気環境の課題を有することが確認された。これは、現在のコロナ対策による窓開け換気の敢行において、熱中症リスクについても配慮が求められる結果と言える。また、保育者の換気意識と CO<sub>2</sub> 濃度の関係を分析した結果、窓開けのルールや換気設備の運転方針の存在が CO<sub>2</sub> 濃度の低下に有意に影響していたことを定量的に明らかにした。

第3章「都市部の保育施設が抱える換気の問題点の整理」では、2011 年～2022 年に横浜市の保育施設で実施した実測調査のデータを用いて多角的な分析を行った。具体的には、季節ごとの温熱・空気環境の実態を理解した上で、CO<sub>2</sub> 濃度の実測値から換気量の推定を実施

した。その結果、機械換気型の推定換気量は、20 m<sup>3</sup>/h の充足率が 0～75%、30 m<sup>3</sup>/h の充足率が 0～38%であり、窓開け換気型・併用型と比べると最も低い傾向であった。特に昼食以降の時間帯には顕著に充足率が減少し、30 m<sup>3</sup>/h を確保出来ていた施設は 0%であった。そのため、機械換気設備のみの運用では、換気量が不足することが明らかであると言える。そして、2 章と本章の調査結果より、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を運用・設計面の双方から考察し、整理した。

第 4 章「保育活動中の身体活動の実態と生理量・室内環境の関係」では、横浜市の保育施設 2 園でのコロナ禍夏季の実測調査、さらには親子を対象とした実験室実験から、保育者・幼児を想定した人の身体活動量をはじめとする生理反応の実態把握を行った。実測調査の結果より、コロナ禍夏季は感染症対策による窓開け換気が多くみられたが、保育室の温熱・空気環境はいずれも良好であった。また、この実測環境における保育者・幼児の平均皮膚温度及び鼓膜温度の結果から、熱中症等の健康影響が生じないことが窺え、建築環境・人の生理量の双方から良好な環境であったことが確認された。さらに、保育者・幼児の METs 値は、現行の換気基準で想定されている METs 値 (1.0～1.7METs) よりも高いことが定量的に明らかとなった。次に、実験室実験の結果より、三軸加速度センサを搭載した活動量計の METs 値を用いることで、CO<sub>2</sub>呼出量の推定が可能であることを示した (誤差率：女性 13.6%、幼児-7.4%)。また、懸念事項であった幼児の推定をする際には、田中の補正式で METs 値を補正し、田島式を使用 (年齢係数の補正なし) することで精度が高くなることが確認された。

第 5 章「実事例に基づく室内空気環境の改善策の検討と効果検証」では、4 章で得られた METs 値を用いて、保育施設で必要となる換気量を推定した。その結果、幼児では建築基準法の 20 m<sup>3</sup>/h に概ね収まる一方で、保育者は 19～81 m<sup>3</sup>/h と高い値を示した。そのため、保育者の比率が大きくなる小規模保育施設では、多くの換気量が必要になる可能性が示唆された。また、換気の問題がみられた Ya 施設を対象に改善策の検討を実施した。推定した必要換気量を基に、設計換気量の見直しを行った結果、一人当たり 30 m<sup>3</sup>/h となり SHASE-S 102 の推奨値と同様であることが確認された。また、その際の換気性状は良好であり、保育室の CO<sub>2</sub>濃度分布は概ね 1000ppm を下回る結果であった。さらには、Ya 施設の欄間窓の改修工事による換気量の改善効果を冬季の実測調査から検証した。その結果、欄間窓の設置によって、117～1162 m<sup>3</sup>/h の換気量の増加が確認され、換気改善に有益に作用していたことが示された。

第 6 章「総括」では、1 章から 5 章までの研究結果を踏まえて、保育施設の換気指標値の提案や保育施設を運用する際の配慮事項を提示した。最後に、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を改めて整理し、保育施設の適切な換気計画について運用・設計面の双方から本研究の総括としてまとめた。また、研究の課題点や展望についても示した。



# 目次

## 第1章 序論

1. 1 研究背景.....	2
1. 1. 1 都市部の保育施設が抱える社会的問題の現状と今後.....	2
1. 1. 2 保育施設の室内環境基準に関する課題.....	5
1. 1. 3 現行の換気基準に関する課題.....	6
1. 2 研究目的.....	8
1. 3 関連する既往研究の整理.....	10
1. 4 本研究の位置づけ.....	14
1. 5 本論文の構成.....	15
1. 6 小括.....	17
参考文献 — 第1章 —.....	18

## 第2章 保育施設の空気環境の実態と換気行為・意識の影響

2. 1 はじめに.....	26
2. 2 調査概要.....	26
2. 2. 1 実測調査に関する基本事項.....	26
2. 2. 2 調査対象施設に関する基本情報.....	28
2. 2. 3 実測期間中の気象データ.....	42
2. 2. 4 測定データの取り扱い.....	43
2. 3 調査結果.....	44
2. 3. 1 中間季の室内温湿度の実態.....	44
2. 3. 2 中間季の室内 CO <sub>2</sub> 濃度と TVOC の実態.....	46
2. 3. 3 換気行為の状況と保育施設の類型化.....	48
2. 4 考察.....	50
2. 4. 1 換気行為が室内温熱・空気環境に及ぼす影響.....	50
2. 4. 1. 1 窓開け換気型の保育施設の特徴.....	50
2. 4. 1. 2 機械換気型の保育施設の特徴.....	51
2. 4. 1. 3 併用型の保育施設の特徴.....	53
2. 4. 1. 4 都市部の保育施設が抱える温熱・空気環境の課題整理.....	54

2. 4. 2 換気意識が室内空気環境に及ぼす影響.....	55
2. 4. 2. 1 保育施設の窓開けルールの影響.....	55
2. 4. 2. 2 保育施設の換気設備の運転方針の影響.....	56
2. 4. 2. 3 窓開け換気に対する意識の影響.....	57
2. 4. 3 保育室内環境に影響を及ぼすその他の要因検討.....	58
2. 5 小括.....	59
参考文献 — 第2章 —.....	60

### 第3章 都市部の保育施設が抱える換気の問題点の整理

3. 1 はじめに.....	62
3. 2 分析方法.....	62
3. 2. 1 本研究で用いる換気指標について.....	62
3. 2. 2 分析対象とする横浜市の保育施設.....	63
3. 2. 3 換気量の推定方法.....	65
3. 2. 4 CO <sub>2</sub> 発生量の推定方法.....	67
3. 3 分析結果.....	73
3. 3. 1 季節別の室内温湿度の実態.....	73
3. 3. 2 季節別の室内CO <sub>2</sub> 濃度とTVOCの実態.....	75
3. 3. 3 換気行為別の換気量の推定結果.....	78
3. 4 考察.....	81
3. 4. 1 現行の換気基準との比較.....	81
3. 4. 2 設計換気量との比較（Ya施設を事例に）.....	83
3. 4. 3 都市部の保育施設が抱える換気の問題点.....	85
3. 5 小括.....	87
参考文献 — 第3章 —.....	87

### 第4章 保育活動中の身体活動の実態と生理量・室内環境の関係

4. 1 はじめに.....	92
4. 2 調査概要.....	92
4. 2. 1 コロナ禍の夏季における保育施設の実態調査.....	92
4. 2. 1. 1 （調査A）保育室内の環境実測.....	93
4. 2. 1. 2 （調査B）保育者・幼児の生理反応測定.....	93

4. 2. 2	親子の生理反応に関する実験室実験.....	96
4. 2. 2. 1	被験者の選択と身体特性.....	96
4. 2. 2. 2	夏場を想定した実験室実験の概要.....	97
4. 3	コロナ禍の夏季における実態調査の結果・考察.....	102
4. 3. 1	(調査 A) 保育室の環境実測の結果.....	102
4. 3. 2	(調査 B) 保育者・幼児の生理反応の結果.....	104
4. 3. 2. 1	体温調節反応について.....	104
4. 3. 2. 2	身体活動量について.....	106
4. 3. 3	考察.....	108
4. 3. 3. 1	実測環境が保育者・幼児の生理量に及ぼす影響.....	108
4. 3. 3. 2	保育活動中の身体活動量と換気設計上の課題.....	112
4. 4	親子の生理反応に関する実験室実験の測定結果・考察.....	114
4. 4. 1	環境温度が体温調節反応に及ぼす影響.....	114
4. 4. 2	環境温度と母親の温冷感申告の関係.....	116
4. 4. 3	呼気から得られる VCO <sub>2</sub> と身体活動量の結果.....	117
4. 4. 4	呼気と加速度計から得られる身体活動量の比較.....	119
4. 4. 5	CO <sub>2</sub> 呼出量の測定値と推定値の比較.....	121
4. 5	小括.....	126
参考文献 — 第 4 章 — .....		127

## 第 5 章 実事例に基づく室内空気環境の改善策の検討と効果検証

5. 1	はじめに.....	132
5. 2	調査概要.....	132
5. 2. 1	必要換気量の推定方法.....	132
5. 2. 2	気流解析に関する基本事項.....	133
5. 2. 2. 1	解析対象施設の選定と解析モデルの構築.....	133
5. 2. 2. 2	保育活動毎の CO <sub>2</sub> 発生量の設定.....	136
5. 2. 2. 3	解析条件について.....	138
5. 3	分析結果.....	140
5. 3. 1	保育施設で必要とされる換気量の推定結果.....	140
5. 3. 2	気流解析による換気性状の把握と換気の改善策の検討.....	142
5. 3. 2. 1	園外活動による在室人数の影響 (Case1) .....	142

5. 3. 2. 2 換気設備の目詰まりの影響 (Case2) .....	145
5. 3. 2. 3 天井扇の運転強度の効果 (Case3) .....	146
5. 3. 2. 4 活動量に基づいた必要換気量の効果 (Case4) .....	148
5. 3. 2. 5 排煙窓による窓開け換気の効果 (Case5) .....	151
5. 4 実測調査による開口部改修の効果検証.....	153
5. 4. 1 調査概要.....	153
5. 4. 2 調査結果.....	155
5. 4. 2. 1 コロナ禍の冬季における CO <sub>2</sub> 濃度・温湿度の実態.....	155
5. 4. 2. 2 改修前後の CO <sub>2</sub> 濃度の比較.....	157
5. 4. 2. 3 欄間窓の設置及び換気口の清掃による換気量の改善効果.....	158
5. 5 小括.....	160
参考文献 — 第5章 — .....	161

## 第6章 総括

6. 1 都市部の保育施設における換気計画のあり方.....	164
6. 1. 1 保育施設における換気指標値の提案.....	164
6. 1. 2 保育施設を運用する際の配慮事項.....	166
6. 2 本研究のまとめ.....	168
6. 3 今後の課題と展望.....	170
参考文献 — 第6章 — .....	171

## 巻末

・ 注釈一覧.....	173
・ 参考文献一覧.....	177
・ 謝辞.....	189
・ 付録	
付録A 複合建築物に開設する保育施設の基本事項.....	192
付録B 保育施設に求められる保育環境.....	193
付録C 保育施設の室内環境の参考指標について.....	194
付録D 換気基準で想定している環境及び活動量について.....	196
付録E 2019 年中間季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報.....	199
付録F 保育施設の従前用途利用について.....	223

---

付録G	実測対象施設の保育スケジュール.....	225
付録H	中間季の実測調査結果（各園の詳細について） .....	226
付録I	保育施設の建築的影響の検討.....	242
付録J	0歳児の平均的な身長・体重の算出.....	243
付録K	2022年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報.....	244
付録L	2022年夏季の実測調査結果（その他の施設） .....	250
付録M	アンダーカット等の微小隙間の影響.....	253
付録N	Ya施設の外部環境の解析.....	256
付録O	Next Urban Lab 取り組みについて.....	258
・研究業績一覧（博士課程 在籍時） .....		263



# 第 1 章

## 序論

## 1. 1 研究背景

### 1. 1. 1 都市部の保育施設が抱える社会的問題の現状と今後

2001 年 3 月に発出された「待機児童解消に向けた児童福祉施設最低基準に係る留意事項等について（雇児保第 11 号）」によって、園庭を所有しない保育施設においても、周辺の公園等を園庭の代替場として認めるという保育施設の設置基準の緩和が講じられた。これは、共働き世帯の増加や就業形態の変化[1]に伴い、保育施設の利用率が増え（図 1-1）、待機児童問題を解消するためにとられた措置である。国が待機児童数を公表するようになった 1995 年以降から長きに渡り、この待機児童問題が大きな社会問題の一つであった。特に直近で最も待機児童数の多かった 2017 年には、首都圏（埼玉・千葉・東京・神奈川）、近畿圏（京都・大阪・兵庫）の 7 都府県（指定都市・中核市含む）とその他の指定都市・中核市の待機児童数の合計は 18,799 人と、都市部<sup>注 1)</sup>で全体の 72.1%を占めていた[2]。そのため、保育施設数は現在に至るまで増加の一途を辿っており（図 1-2）、特に都市部においては保育施設の量的拡大が重要視されてきたと言える。しかし、図 1-1 に示すように 2017 年を機に待機児童数は減少傾向に転じ、現在では 2,680 人と大きく改善されている状況である[3]。

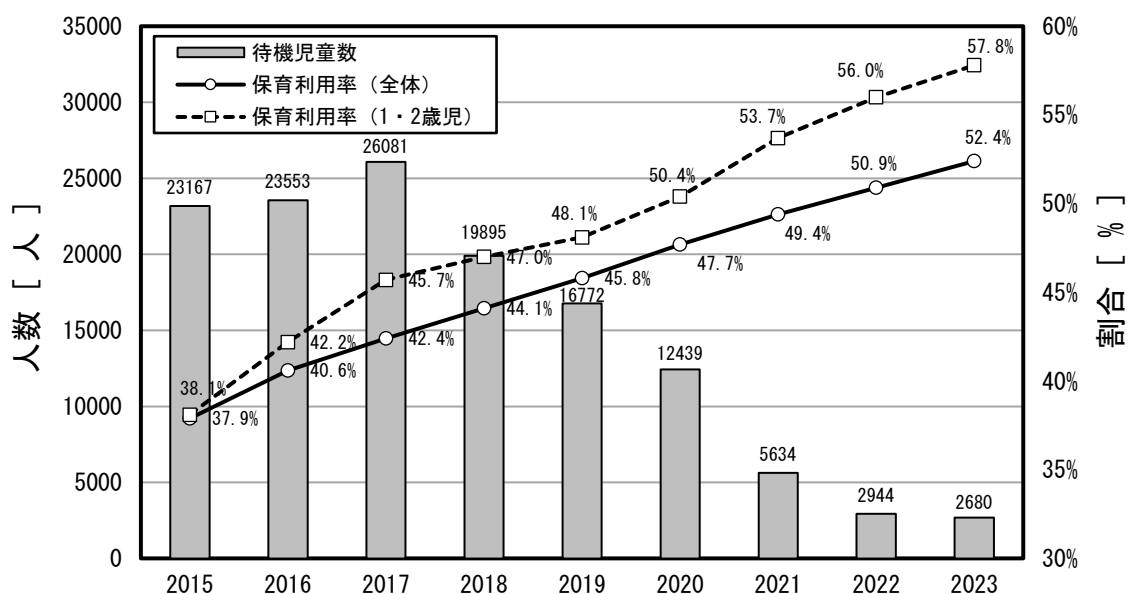
上述したように、都市部では待機児童問題を背景に、オフィスビルや商業施設、集合住宅等の一画を利用して開設する保育施設（以下、複合型<sup>注 2)</sup>）が多くみられるようになった[4, 5, 6]＜付録 A＞。この複合型の保育施設では、これまでに対応出来なかった保育時間の長時間化や一時保育等の多様な保育ニーズに対応している[7]。一方で、園庭を持つ保育施設が非常に少ないことから[8]、園庭を所有している保育施設と比べて、子どもの遊びの種類や触れることのできる自然環境が少なくなることが指摘されている[9]。そのため、近隣の公園等において園外活動を実施しているものの、実施する時間帯が限定されること（午前中のみの実施が大半）や、子どもの遊び場として十分な設備を有する公園等がない場合もあり、園庭機能の代替には一部課題が残る。このように、都市部の保育施設の特徴として、「園庭を持たない」という点が挙げられ、上述した子どもの遊びや自然環境との触れ合いの減少に留まらず、後述する子どもの成育環境として様々な問題が生じている。

例えば、マンション等の居住施設に開設している複合型の保育施設では、3 割程度が騒音トラブルの経験があり、近隣への騒音影響等にも気遣う必要がある[8]。このように、複合型の保育施設では、独立して開設する保育施設（以下、独立型<sup>注 2)</sup>）と比べて、保育時間中に保育者が配慮すべき点が増え、負担を強いられていることが窺える。



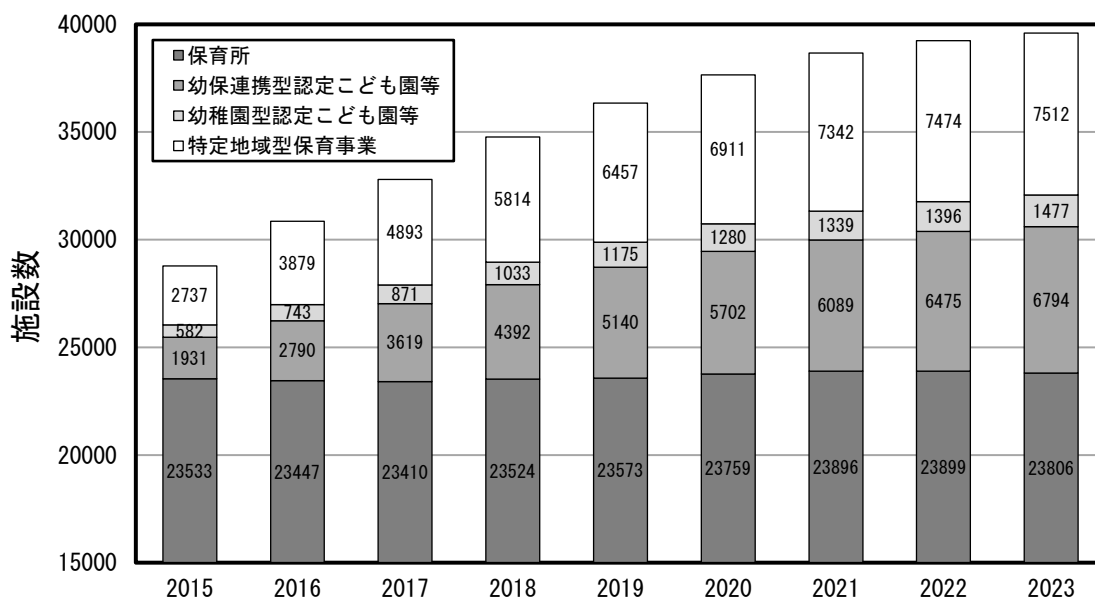
その他にも複合型の保育施設では、建物管理の観点から窓開け換気の実施や空気調和設備の調整等が、独立型の保育施設と比べて制限が設けられることも多く、保育室内の空気環境や音環境の問題が度々指摘されてきた[10, 11, 12, 13, 14]。特に空気環境の観点では、保育活動中のCO<sub>2</sub>濃度が高いという報告[10, 11, 12]が複数あり、機械換気設備の運用のみでは換気が不十分な可能性も推察された。しかし、複合型の保育施設では「窓が開けられない」、「窓が開けづらい」という施設も存在しており、一時的な換気量の確保も困難な状況である[12, 14]。この理由として、前述した外部への音漏れを気にしている場合や管理会社から窓開けを禁止されていること等が挙げられるものの、昨今の新型コロナウイルスの対策として窓開け換気的重要性[15]が謳われており、日常的な換気の実施は必須であると言える。特に、発達途上の子どもを預かる保育施設においては、安全・健康面の観点からも配慮が必要である。したがって、今後は冒頭で述べた保育施設の量的拡大ではなく、保育室の成育環境としての「質」が求められる大きな転換期を迎えているといえ、そのあり方については多角的な検討が求められる。

#### [＜付録A＞ 複合型の保育施設に関する基本事項](#)



[3]の統計データを基に作成

図 1-1 待機児童数と保育利用率の年次推移



[3]の統計データを基に作成

図 1-2 保育施設数と年次推移と内訳

### 1. 1. 2 保育施設の室内環境基準に関する課題

保育施設では、「保育所保育指針（厚生労働省告示第百十七号）」に基づき、子どもの健康及び安全を確保し、保育に適切な環境を整えることが求められている。また、定行[16]は、保育室の室内環境は、1日の大半を過ごす子どもたちの心身に直接影響を与えるため、空間や環境を整備していくことは重要であると指摘している。このように、保育を行う上で、子どもの健康・安全・発達の観点から、適切な成育環境を整備することが求められているものの、保育施設の明確な室内環境基準は存在していないのが現状である<付録B>。目安として、保育所における感染症対策ガイドライン[17]や家庭的保育の安全ガイドライン[18]が存在している程度で、空気環境に関する物理的な環境指標は示されていない。一方で、学校施設に分類される幼稚園においては、「学校環境衛生基準（文部科学省告示第六十号）」が適用され、換気指標の一つであるCO<sub>2</sub>濃度の基準値（1500ppm以下）が示されている。上述した保育所における感染症対策ガイドラインは、新型コロナウイルスの影響を踏まえて、2021年8月に換気に関する項目が更新されたものの、「定期的な換気」、「こまめな換気」という文言の追記に留まり、CO<sub>2</sub>濃度等の具体的な空気環境指標は未だに明記されていない。そのため、室内の環境調整は各園に委ねられているのが現状であり、昨今の新型コロナウイルスの感染状況を踏まえると、その調整方法には懸念が残る。実際、保育施設においても新型コロナウイルスの集団感染は多く確認されており、高齢者福祉施設、医療機関、学校・教育施設等に次いで4番目の多さであった[19]。

上記のように、保育施設では、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（昭和二十五年法律第二百一号（以下、建築物衛生法））」が適用されない場合、保育室の空気環境は各園の環境調整方針に委ねられ、具体的な数値での規制はないということになる。このように保育施設の室内空気環境に関わる基準が十分に整備されていない背景として、前項で指摘した待機児童問題の解消を目標とした保育施設の量的整備が優先され、子どもの過ごす保育環境の質が適切に評価されてこなかったことが挙げられる。これまでに保育室内の空気環境の課題[10, 11, 12]や窓が開けられない施設の存在[13]が黙認されてきたのは、この室内環境基準が存在していなかったことも一因であると考えられ、保育施設の室内空気環境の目安を示すことは極めて重要であると言える<付録C>。また、この保育施設の室内環境基準の必要性は、複数の研究報告からも指摘されている[20, 21]。

[<付録B> 保育施設に求められる保育環境](#)

[<付録C> 保育施設の室内環境の参考指標について](#)

### 1. 1. 3 現行の換気基準に関する課題

建築物の室内空気環境が悪化すると、人の健康にも悪影響を及ぼすことから、室内の汚染空気を外に排出し、新鮮空気を取り入れることが必要である。例えば、CO<sub>2</sub>濃度は1000ppmを超えると呼吸数が増加し、さらに上昇した場合、眠気や頭痛、めまい、呼吸困難等の健康影響が生じるとされている[22, 23]。浮遊粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>やPM<sub>10</sub>、UFP等）は、粒子サイズや曝露期間によって、呼吸器や循環器、発がん等への健康影響が報告されている[24, 25, 26]。揮発性有機化合物（VOC）は、シックハウス症候群・化学物質過敏症に伴う頭痛、めまい、湿疹等の発症リスクが懸念されている[27, 28]。そのため、これらのリスクを最小限とするために、建築物が有すべき必要換気量や換気回数の基準値が定められている。具体的には、国民の生命、健康及び財産の保護を図るために建築物の最低限の技術的基準を示した「建築基準法（昭和二十五年法律第二百一号）」や、多数の者が利用する建築物の衛生的な環境確保を目標とした「建築物衛生法（昭和二十五年法律第二百一号）」が存在している。特に、上述したシックハウス症候群は国内でも大きな社会問題となり、2003年に建築基準法が改正され、使用建材の制限や全ての居室での24時間換気設備の設置等が義務付けられた[29]。

このような背景を踏まえて、建築基準法では一人当たりの必要換気量を20 m<sup>3</sup>/hと定めている。しかし、1章1節で指摘したように、保育施設の空気環境の課題は幾つか報告されており[10, 11, 12]、換気量が十分とはいえない。この原因として、①外気CO<sub>2</sub>濃度が上昇していること、②建築基準法の必要換気量が安静状態を想定していることが挙げられる。以下に詳細を示す。

まず①については、外気 CO<sub>2</sub> 濃度 350ppm を想定して必要換気量を求めており、現在の外部環境とは傾向が異なることが影響している。現在の外気 CO<sub>2</sub> 濃度は、気象庁を参考にする  
と 420ppm 程度[30]、都市部ではさらに値が高く、東京都江戸川区では 440～480ppm 程度  
[31]、埼玉県では 430～480ppm 程度[32]である。しかし、必要換気量は、人体由来の臭気除  
去を目的とした様々な汚染物質の総合的な換気指標として位置付けられており、CO<sub>2</sub> 自体の  
毒性によって定められたものではない。そのため、外気 CO<sub>2</sub> 濃度の上昇を理由に必要換気量  
の増加を図るのは不合理であり、省エネルギーの観点でも望ましくないと言える[33]。

一方で、②については、建築基準法で想定している活動状況が、保育施設の実態と異なっ  
ていることが影響している。人の身体活動量の違いによって、呼気から発生する CO<sub>2</sub> 量は変  
化する<付録D>。そのため、図 1-3 に示すように室内の活動状況に関しては勘案すべき事  
項であり、保育室の空気環境に課題が生じている事実も踏まえると、実際の保育活動に沿っ  
た換気設計が必要であると言える。しかし、保育施設の活動量に関する調査例は、歩数や活  
動時間による評価が大半であり[34, 35, 36]、保育活動中の身体活動量 (METs) や代謝量を提  
示している研究例は少ない。したがって、保育施設での必要換気量を提示するためには、保  
育活動中の身体活動量を明らかにし、定量的データを蓄積していくことが求められる。

検討しない事項	検討すべき事項
<input checked="" type="checkbox"/> 外気CO <sub>2</sub> 濃度の上昇 <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 室内で発生するCO<sub>2</sub>量の増加には影響していない</li> <li>▶ 外気CO<sub>2</sub>濃度の上昇を理由に必要換気量の増加を図るのは不合理であり、省エネルギーの観点でも望ましくない[33]</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> 人の身体活動量の影響 <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 活動は、人の呼気から発生するCO<sub>2</sub>量に影響する</li> <li>▶ 特に保育施設においては、活動が多岐に渡り、活動量が大きい ため、配慮すべき項目である と考えられる。</li> </ul>

図 1-3 現行の換気基準で検討すべき事項の整理

[<付録D> 換気基準で想定している環境及び活動量について](#)

## 1. 2 研究目的

前節では、待機児童問題の解消のために保育施設の設置基準が緩和され、保育施設の量的拡大が優先されてきたが、近年は待機児童数も改善傾向を示しており、今後は保育施設の「量」ではなく、成育環境としての「質」が問われる転換期を迎えていることを記述した。また、これまでの保育施設を対象とした環境調査では、保育室のCO<sub>2</sub>濃度が高いという報告はあるものの、その主な原因については明らかにされておらず、解明していく必要性が窺えた。そして、保育施設の環境基準や換気基準の策定に向けて、保育室の環境データや人の生理量に関わるデータを蓄積していく必要性について論じた。

そこで、本研究では横浜市の保育施設を対象に、保育室の空気・温熱環境や保育者・幼児の生理量等の実態把握を行い、都市部に開設する保育施設の換気計画のあり方について示すことを目的とする。具体的には、以下に示す2点に取り組むこととする。

- ① 換気行為が多くみられる中間季に実測調査を行うことで、室内空気環境の実態把握と換気行為の影響について分析する。換気行為は、保育者の意識や施設管理者の方針の影響も大きいと考えられるため、横浜市を対象に実施したアンケート結果[6]と双方から分析を行い、保育者の意識が室内空気環境に及ぼす影響についても分析を試みる。そして、これまで横浜市中で継続的に実施してきた実測データ[10, 12 等]も併せて換気量の分析を行うことで、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を整理する。
- ② 保育者・幼児の保育活動中における身体活動量や皮膚温度等の生理量を把握し、換気計画に資するデータを蓄積する。具体的には、熱中症等の健康影響が危惧される夏季・向暑季の適切な換気方法を、保育室の環境データと皮膚温度、鼓膜温度の双方から検討する。また、得られた身体活動量の値から保育施設で必要とされる換気量の推定を試みる。最終的には、①で換気の問題を抱えていたYa施設を対象に、ハード・ソフト面の対策を講じ、その過程で明らかとなった設計・運用面の問題を整理し、都市部の保育施設の換気計画のあり方について論じる。

本研究で期待される学術的・社会的な波及効果を以下に3点示す

- ① 都市部の保育施設を対象とした空気環境の研究例は少ないため、特に換気の問題点について換気量や換気行為の観点から明らかにする点は、今後の保育施設をはじめ、複合施設の換気設計や運用において有用なエビデンスとなり得る。
- ② 保育活動中の保育者・幼児の身体活動量、皮膚温度等の生理データを蓄積する点は、必要換気量の推定にも必要な情報であるため、今後の保育施設の空気環境の基準値策定や換気ガイドラインの作成等にも資するデータであり、保育施設の換気計画に貢献する成果が期待される。また、学術論文等にてサイテーションされ得る基礎的資料とも言える。
- ③ 都市部に開設する窓が開けられない保育施設の具体的な改善事例とその定量的な効果検証を示すことは、複合建築物に新たに保育施設を開設する（新規若しくは用途変更）際の具体事例として参照され得る基礎的なデータとなることが期待される。

### 1. 3 関連する既往研究の整理

本研究に関連する既往研究として、建築環境工学の観点では保育施設における音環境や温熱環境、空気環境等の室内環境に関する研究が挙げられる。また、建築計画の観点では、保育施設の平面計画や施設計画等に関する研究、生理学の観点では保育者・乳幼児の活動量や皮膚温度、深部体温等に関する研究等が挙げられる。本研究の位置づけを明確にするためにも、これらの先行研究を整理し、その概要を以下に示す。

#### ・建築環境工学の音環境分野における関連研究

志村によって、子どもとのコミュニケーションは音声ばかりで行われるものではないが、乳幼児期の子どもの聴力の発達状況を加味すると、保育室内は音の敏感さを守るものであることが求められるとしている[37]。特に、食事の時間帯は子どもにとっても楽しいコミュニケーションの場となる一方で、大声を出さなければ伝わらない状況下では、声音に含まれる感情性を十分に読み取れず、他の子ども達や保育者の声の大きさにも影響し、騒音がさらに増す一因になる可能性を指摘している。しかし、都市部の保育施設では、幹線道路沿いに立地することもあり、大型車両が通過した際には、50Hz 帯域で 10dB 程度音圧レベルが上昇した[13]ことが確認されており、外部騒音に対する配慮も必要である。また、駅ビル等をテナント利用する際には、窓開け換気が実施出来ない場合もあり、機械換気設備による換気に頼るほかないが、騒音低減の措置も取られておらず、午睡時間にも高い騒音レベルであったことも確認されている[38]。その他にも、騒音下の教室内では、音声等による情報伝達量が大きく低下することや学習における知識構築を阻害する可能性があるとしており、音響環境の改善は子どもの学習環境による知識構造を確実なものとし、読み書き能力を発達させると指摘されている[39]。したがって、子どもの言語コミュニケーション及び言語学習能力等を阻害しないためにも、保育施設の適切な音環境の実現が重要視されている。

野口らは、保育室に求められる吸音性能を検証するために、現場実験を行った結果、平均吸音率 0.25 以上の条件では、耳の痛みがなく、音が聞き取りやすくかつ発生音の抑制の必要がなくなり、子ども・保育者が互いに聞くことや音・声を活用し楽しむこと等、より良い保育実践へとつながることを示している[40]。また、川井は保育施設における音環境の設計指針の必要性について指摘し、日本の現状や海外基準の整理を行うことで、今後取り組むべき課題について示した[41]。そして、2020 年に「学校施設の音環境保全基準・設計指針[42]」にて、これまで存在していなかった保育施設の音環境に関する物理的な推奨値等を示すに至っており、保育施設の空気環境においても参照されたい点であると言える。



### ・建築環境工学の温熱環境分野における関連研究

保育室の温湿度データは、環境条件を示す基本情報とも言えるため、前述した音環境の調査や後述する空気環境の調査においても併せて測定されることが多く、多数の調査報告が存在している。特に保育室には、身体特性の異なる保育者と乳幼児が滞在するため、上下温度に着目した研究報告が複数されている。例えば、藤井らは、保育室の温湿度にはムラがあり、特に子どもの領域範囲で温度変化が大きく、冬季の窓際では最大 10℃の差が生じたと報告している[43]。源城は長崎市内の保育所の実測調査を行い、保育室によって上下温度差の生じる高さが異なったことを報告している[44]。その他にも水平・上下面で温度差が生じているという指摘がいくつか報告されている[45, 46]。

都市部ではないものの、青木らによって、東海、北陸、東北地方の幼稚園・保育所等を対象としたアンケート調査及び実測調査が継続的に実施されており、保育室の温熱環境の実態把握とインフルエンザ対策に関する研究が複数報告されている[47, 48, 49, 50, 51]。インフルエンザ対策として空気清浄機・加湿器を設置している割合は地域によって異なり、これは地域の外気候によって加湿・換気の重視度が異なっていることが影響していた。また、いずれの地域においても温度よりも相対湿度の方で調整が難しいことが分かり、環境測定の結果からも環境基準へ該当割合が相対湿度の方で低かった。

また、保育室の温度が活動量に及ぼす影響についても僅かながらに報告がある。例えば、生方らは保育室内の温熱環境が活動強度に影響を及ぼし、それは特に床面から 0.1m 付近の室温の影響が大きいことを報告した[52]。白石らは、幼稚園の室内温熱環境が幼児の身体活動量に与える影響について検討し、寒冷日より温暖日の方が子どもの活動強度及び活動時間が長くなる傾向があることを指摘し、活動へ影響の可能性を示している[53]。このように幼児の活動と活動強度の関係性が示されている。そして、保育施設では 0～5 歳までの乳幼児が同じ施設で活動し、年齢によって活動状況が異なることから、これらの発育状況を加味した温熱環境基準の必要性も報告されている[46, 54]。

### ・建築環境工学の空気環境分野における関連研究

保育施設の空気環境に着目した研究例は、これまで僅少であったが、新型コロナウイルスの影響で多くみられるようになった。ここでは、本論文の着想に至ったコロナ前の調査例を示す。例えば、井場らは、横浜市の小規模保育施設では外部からの交通音や防犯・排気ガスへの配慮等で窓が開けづらい環境であったことをヒアリングから確認している[10]。一方で、中間季だったことから窓開け換気が積極的に実施され、調査施設の室内 CO<sub>2</sub> 濃度はいずれも概ね良好であったものの、調査施設数は3園に留まっていた。宮島らは、横浜市の保育施設を対象とした夏季・冬季の調査から、保育室の CO<sub>2</sub> 濃度、TVOC（総揮発性有機化合物）の値が高い傾向があることを示し、換気量が不足している可能性を示した[12, 55]。これらの結果から、保育者・施設管理者の意識や設備の管理状況、建築の物理的な要因が室内空気環境に大きな影響を与えているものと考え、アンケート調査を実施したところ、換気活動や機器の手入れなどの管理は現場に任せられ、保育者の負担が大きいことが窺えた[6]。さらには、換気設備の設置位置を把握しているかの問いには、施設代表者と保育者で認識に差がみられ、かつ窓の開閉時間にも差がみられたことから、室内空気環境への影響が予想された。また、東京都の保育施設を対象とした調査結果からも、保育室の CO<sub>2</sub> 濃度が高い傾向が確認されている[11, 43]ものの、その主な原因は言及されていない。その他にも、都市部を対象とした調査ではないものの、温熱環境分野の関連研究で示した青木ら、源城らの調査報告においても、同様に CO<sub>2</sub> 濃度が高い施設の存在は報告されており[44, 49, 56]、その原因を解明することや保育施設共通の室内空気環境基準の必要性が窺い知れる。

また、海外では保育施設の空気環境に関する調査例が日本よりも多く実施されている。フランスの都市部に立地する保育施設を対象とした調査では、室内平均 CO<sub>2</sub> 濃度が 1200 ± 400ppm であり、換気量はほとんどの施設で 15 m<sup>3</sup>/h（フランスの換気基準の下限）を下回っていた[57]。デンマークで実施された調査では、20 の保育施設と園児 635 名を対象に、環境要素と病欠日数の関係性を分析した結果、換気回数と園児の病欠日数に負の相関が認められた[58]。この調査では、室内平均 CO<sub>2</sub> 濃度が 643ppm と低く、1000ppm を超えた施設が1園のみの良好な空気環境であったが、健康影響が推察されるものであった。韓国では、保育施設の換気設備のフィルタ性能によって、浮遊粒子状物質の浸透率が異なり、MERV11 より性能の低いフィルタでは、外気の粒子状物質を除去するのに不十分であることを示した[59]。日本では前段落の通り CO<sub>2</sub> 濃度の測定が大半であるが、海外では浮遊粒子状物質や人の健康影響にも視点を当てた研究が実施されており、環境指針の策定にも貢献している。

その他にも熱流体解析ソフトを使用した研究は、住宅やオフィスの一室、大規模建築を対象にしたものなど種々様々である。なお、都市部の保育施設を対象とした研究例は、ほとんどみられないが、本研究においても参考になり得るため、幾つか以下に示す。例えば、赤林らは、住宅の高気密化に伴い、居室で発生する汚染質が快適性に影響を及ぼすと考え、住宅で発生する汚染質の拡散状況を解析し、冷暖房などを使用しない中間季には気流が0.1m/s程度で安定するものの、ソファなどの家具が循環する気流に影響を及ぼすことを指摘した[60]。また、高田らは高齢者介護福祉施設の建物全体を計算モデル化し、換気量の大きい館内の厨房室の影響が大きいことを示した[61]。このように、室内の建具や換気設備によって換気性状が定まるため、これらを把握することの重要性が窺える。

#### ・建築計画分野における関連研究

建築計画分野では、保育施設の建築的特徴や地域とのつながり、園外活動、屋外遊技場（園庭の代替場所）など多岐に渡る研究例がみられる。本研究では、保育施設の育成空間として室内に焦点を当てているため、室内環境に影響を及ぼす建築的特徴に関する研究例を示す。

小池らによって東京都のA型認証保育所では、園庭を持つ保育施設が非常に少ないことが確認されている[8]。そして、この園庭の有無によって、遊びの種類や触れることのできる自然環境に差がみられることも指摘されている[9]。具体的には、園庭の代替場である公園よりも、保育施設の園庭の方が多様で創造的な遊びが行われており、保育室の遊びの延長のような発展的な遊びが確認されていた。

また、小池らは保育施設の建築的特徴を把握するために、日本全国の保育施設を対象にアンケート調査を実施した結果、独立型の保育施設が87.6%を占めていることを示した[4]。一方で、橋本らは東京都心3区の保育施設を対象に、施設状況を把握し、複合型の保育施設が9割程度を占め、独立型の施設が少ないことを明らかにしている[5]。このように都市部と地方の保育施設で、建築的特徴の違いがあることが窺える。また、ワンルーム型<sup>注2)</sup>の保育室では、通路空間と保育空間を融合しているため、保育者のアイコンタクトがとりやすいことや閉塞感が緩和されるという空間的特徴を指摘している。その他にも、田邊らによって、保育施設の空間形態の類型化が行われ、保育室とテラスを介して園庭と繋がる「テラス型」の空間構成が最も多く、矩形、一文字型、L字型の園舎形態が多いという知見を得ている[62]。

### ・生理学分野における関連研究

本研究では、幼児の活動量に着目することから、子どもの生理学に関する関連研究を整理する必要がある。保育施設の活動量に関する調査例は、1章1節3項に示したように歩数や活動時間による評価が大半である[34, 35, 36]。例えば、石沢らは、東京都の同一保育施設に通う4、5歳児の284名を対象に、活動量の調査を行い、1日の平均歩数と強度別活動時間を把握した[34]。保育者と保護者から見た主観的な活動評価との関係性を分析し、両者からみた活発である子どもの方が、活発ではない子どもよりも有意に歩数と強度別活動時間が高くなったことを報告している。野中らは、愛知県の2保育施設に通う3～5歳児の42名を対象に、活動量の調査を行い、園庭の広さが幼児の身体発達に及ぼす影響を検討した[35]。3、4歳児では、園庭の広い園の方で歩数が有意に高く、走行以上の活動時間は全年齢で顕著な差がみられたと報告している。田中らは、東京都、神奈川県保育施設で、1日の平均歩数4473～6398歩の差が施設間で生じていたと報告した[36]。しかし、これら活動量の差が生じている要因として、建築的・空間的特徴の影響を検討している研究例は少なく、2021年以降に実施された野中ら[35]や西本ら[63]の調査くらいであった。近年は、測定する機器による系統誤差についても検討されており、現在一般的に用いられる加速度センサを用いた活動量計と旧来式のものにおいて、歩数に差はみられるものの、相対的な位置づけは同様に評価出来ていると報告されている[64]。しかし、上述した研究例は、国内外の身体活動に関わるガイドラインに示されている活動時間での評価[65, 66]や先行研究による歩数の評価[67]が基本である。したがって、これら保育施設での活動量を身体活動量(METs)として示すことが出来れば、保育施設の換気設計に関わる研究にも応用出来ると期待される。

### 1. 4 本研究の位置づけ

前節にて、保育施設の建築的特徴は多様化し、それに伴い保育室内の音環境、温熱環境、空気環境も多様化していると推察される。特に温熱、空気環境の観点では、調査施設で測定された物理的指標を、空気調和設備や換気行為、外気候などの観点から考察を行い、知見を得ている。しかし、これらが人へ及ぼす影響については検討が不十分であり、これまでの保育施設の成育環境に関する研究例は、建築環境工学の観点でのみの指摘に留まっていると考えられる。つまり、実際に環境基準や換気ガイドライン等に活用され得る研究成果とするには、保育施設の計画的観点や人の生理学的観点が不足していると言える。そのため、本研究では建築環境工学の観点に加えて、建築計画、生理学の多角的な視点から、データを分析・考察することで、今後の換気計画に資する学術的知見を示すこととする。

## 1. 5 本論文の構成

本論文の構成を図 1-4 に示す。各章の詳細は以下の通りである。

第1章では、待機児童問題の背景と現状、今後の成育環境としてのあり方、保育施設の環境基準や換気基準が存在していない問題点等を示す。また、本研究の目的や方法、期待される効果、保育施設を対象とした音環境、温熱環境、空気環境の関連研究や建築計画、生理学に関する関連研究を示し、本研究の位置づけを明らかにする。

第2章では、都市部の保育施設の温熱環境・空気環境の実態を把握するために、横浜市で実施した実測調査の概要と結果を示す。具体的には、換気行為が多くみられた中間季の温湿度、CO<sub>2</sub>濃度、TVOC 値を示し、環境実態やこれらに影響を及ぼす要因を検討する。さらには、換気行為による施設の類型化や保育者の意識影響との関係性を明らかにする。

第3章では、2011～2022 年まで継続的に測定を行ってきた環境データを活用して、保育施設が抱える換気の問題点を整理する。具体的には 2 章で類型化した保育施設ごとに換気量の推定及び比較を行い、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を整理する。

第4章では、温熱・空気環境の課題を抱えやすい夏季の適切な換気方法を検討するために実施した2つの調査結果を示す。まず保育現場での環境測定及び保育者・幼児の生理量測定から、保育活動中の身体活動量の実態把握、実測環境が生理量に及ぼす影響を検討する。また、夏場を想定した実験室実験から、母親・幼児の生理量・心理量を把握し、安静時と活動時の生理反応の実態を明らかにし、現場実測で得られた生理量の妥当性も検討する。

第5章では、4章で得られた身体活動量の値から、保育施設で必要とされる換気量の推定を試みる。また、1章で空気環境の課題がみられた Ya 施設を対象に気流解析を行い、既存の設計換気量と推定した必要換気量の CO<sub>2</sub>濃度分布を比較し、その改善効果を検討する。さらには、Ya 施設の開口部の改修工事の効果を実測調査から検証し、改修工事前後の改善効果を定量的に明らかにする。

第6章では、1章から5章までの研究結果を用いて多角的に都市部の保育施設の換気計画のあり方について考察する。そして、本研究の総括として、複合建築物に開設する都市部の保育施設が抱える①換気の問題点と②換気計画のあり方について、設計・運用面の双方から論述する。

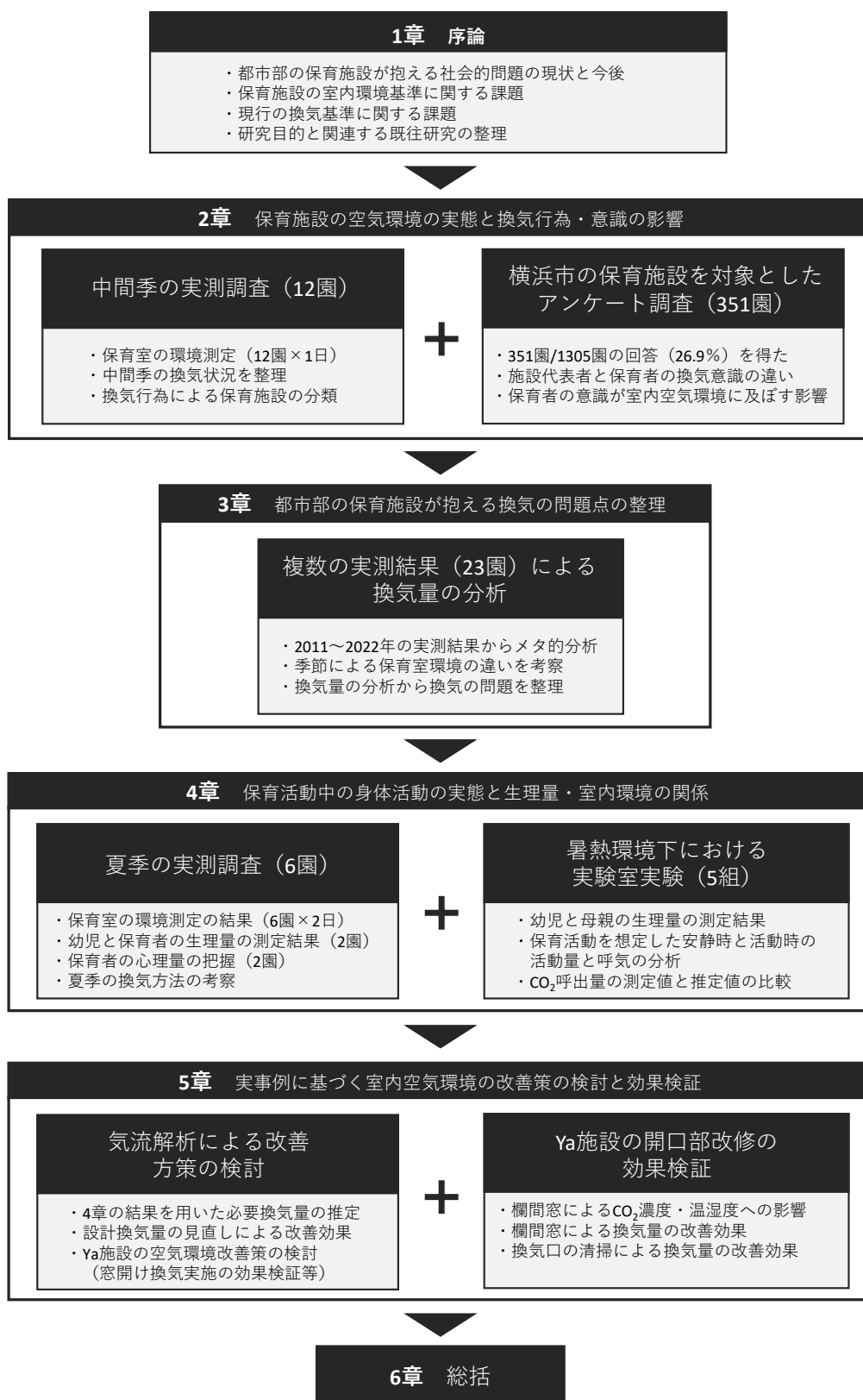


図 1-4 本研究の構成

## 1. 6 小括

本章では、複合建築物に保育施設を開設するに至った待機児童問題の背景と現状、今後の成育環境としてのあり方、保育施設の環境基準や換気基準が存在していない問題点等を示した。また、本研究に関連する既往研究として、保育施設の音環境、温熱環境、空気環境の建築環境工学に関わる知見をはじめ、建築計画分野、生理学に関する様々な関連研究を整理して、本研究の位置づけを明らかにした。これによって保育施設の環境基準や換気基準等に資する研究成果とするには、まだまだ検討の余地があることを指摘した。そして、本研究の目的や期待される効果についても提示し、本研究の論文構成についてフロー図（図 1-4）を用いて示したことをここに記し、本章の小括とする。

## 注釈

- 注1) こども家庭庁の「保育所等関連状況取りまとめ[3]」では、首都圏（埼玉、千葉、東京、神奈川）、近畿圏（京都、大阪、兵庫）の7都府県とその他の政令指定都市、中核市を都市部として位置付けているため、本論文においても準拠した。本研究では、神奈川県横浜に開設する保育施設を調査対象とし、都市部の保育施設として位置付けている。
- 注2) 本研究では保育施設のための建物を独立型、オフィスビルや商業施設などに開設する保育施設を複合型とする。また、各年齢児の保育室が別空間となっている場合を個室型、同一空間となっている場合をワンルーム型とする。

## 参考文献 ー第1章ー

- [1] 内閣府 男女共同参画局：男女共同参画白書 令和5年度版 第1節働き方や就業に関する意識の変遷、家事・育児等・働き方の現状と課題，p. 4, 2023
- [2] 厚生労働省：保育所等関連状況取りまとめ（平成29年4月1日），p. 6, 2017
- [3] こども家庭庁：保育所等関連状況取りまとめ（令和5年4月1日），pp. 2-3, 2023
- [4] 小池孝子，近藤ふみ，定行まり子：保育施設の物理的環境指標に関する考察 ー全国認可保育所の施設環境実態調査を通してー，日本建築学会技術報告集，Vol. 21, No. 48, pp. 759-764, 2015
- [5] 橋本あかり，竹宮健司：東京都心3区における保育所の施設運営・計画に関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 9-10, 2018
- [6] 宮島光希，田中稲子，松橋圭子，種市慎也：都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究，人間と生活環境，Vol. 27, No. 2, pp. 85-93, 2020
- [7] 横浜市 HP：保育所・保育施設（施設・事業の種類と概要），  
[https://www.city.yokohama.lg.jp/minami/kurashi/kosodate\\_kyoiku/hoiku/906.html](https://www.city.yokohama.lg.jp/minami/kurashi/kosodate_kyoiku/hoiku/906.html)，  
（最終閲覧日：2023. 10. 28）
- [8] 小池孝子，定行まり子：東京都区部における複合型保育所の施設環境に関する研究，日本建築学会計画系論文集，Vol. 71, No. 605, pp. 47-53, 2006
- [9] 小池孝子，定行まり子：都市部における保育施設の屋外保育環境について 東京都区部における複合型保育所の施設環境に関する研究 その2，日本建築学会計画系論文集，Vol. 73, No. 628, pp. 1197-1204, 2008



- [10] 井場優芽, 田中稲子, 太田篤史, 山本理貴, 松橋圭子, 三輪律江: 都市部の小規模保育施設における窓開閉による室内環境調整の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 791-792, 2015
- [11] 江川紀美子, 小池孝子, 定行まり子: 小規模保育所における既存建物の活用と保育環境について 都市部における保育施設整備に関する研究 その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 427-428, 2019
- [12] 宮島光希, 田中稲子, 張晴原: リモネンに着目した保育施設の室内空気汚染の実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 953-954, 2018
- [13] 船場ひさお: 保育施設における音環境の現状 -首都圏に新設された保育施設の実態調査から-, 日本音響学会誌, Vol. 72, No. 3, pp. 152-159, 2016
- [14] 志村洋子: 子どもと保育者の音声コミュニケーション空間としての保育室, チャイルド・サイエンス, Vol. 11, pp. 22-27, 2015
- [15] 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, 2022
- [16] 定行まり子: 建築の視点から保育の評価のあり方を考える, 保育学研究, Vol. 56, No. 1, pp. 44-55, 2018
- [17] こども家庭庁: 保育所における感染症対策ガイドライン 2018 年度改訂版, 2023
- [18] NPO 法人 家庭的保育全国連絡協議会: 家庭的保育の安全ガイドライン 改訂版, 2019
- [19] 厚生労働省: データからわかる-新型コロナウイルス感染症情報-, <https://covid19.mhlw.go.jp/> (最終閲覧日: 2023. 8. 23)
- [20] 源城かほり, 横江彩: 乳幼児の快適性・健康性保持のための保育室内空気環境の実態調査 その1 コロナ禍における 2020 年夏季及び冬季実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1525-1526, 2021
- [21] 山口温, 杉森光人: 保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その1 窓開放状況と二酸化炭素濃度への影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 625-626, 2023
- [22] Susan A. Rice: Health effects of acute and prolonged CO<sub>2</sub> exposure in normal and sensitive populations, Second annual conference on carbon sequestration, Alexandria, pp. 1-10, 2003

- [23] Wisconsin department of health services: Carbon Dioxide -Health effects-,  
<https://www.dhs.wisconsin.gov/chemical/carbondioxide.htm#:~:text=These%20may%20include%20headaches%2C%20dizziness,ppm%3A%20average%20outdoor%20air%20level.>  
(最終閲覧日 : 2023.10.28)
- [24] Jesus A Araujo, Andre E Nel: Particulate matter and atherosclerosis; role of particle size, composition and oxidative stress: Particle and Fibre Toxicology, Vol.6, No.24, pp.1-19, 2009
- [25] Dana Loomis, Yann Grosse, Béatrice Lauby-Secretan, Fatiha El Ghissassi, Véronique Bouvard, Lamia Benbrahim-Tallaa, Neela Guha, Robert Baan, Heidi Mattock, Kurt Straif: The carcinogenicity of outdoor air pollution, THE LANCET Oncology, Vol.14, No.13, pp.1262-1263, 2013
- [26] Alina Vodonos, Yara Abu Awad, Joel Schwartz: The concentration-response between long-term PM<sub>2.5</sub> exposure and mortality; A meta-regression approach, Environmental Research, Vol.166, pp.677-689, 2018
- [27] 堀雅宏 : 室内環境指標としての総揮発性有機化合物 (TVOC) , 室内環境, Vol.13, No.1, pp.9-19, 2010
- [28] 地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター : VOC 排出対策ガイド -基礎から実践・評価法まで-; 基礎編 第1章 VOC の排出と環境等への影響 1.3 健康影響等,  
[http://create.iri-tokyo.jp/results/vocguide/1\\_1\\_3.html#navi](http://create.iri-tokyo.jp/results/vocguide/1_1_3.html#navi) (最終閲覧日 : 2023.10.28)
- [29] 国土交通省 : 建築基準法に基づくシックハウス対策について,  
[https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_000043.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000043.html)  
(最終閲覧日 : 2023.10.25)
- [30] 気象庁 : 大気中二酸化炭素濃度の経年変化,  
[https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2\\_trend.html](https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html) (最終閲覧日 : 2023.10.25)
- [31] 江戸川区 HP: 区役所本庁舎屋上で大気中の二酸化炭素濃度の測定をしています,  
<https://www.city.edogawa.tokyo.jp/e086/kurashi/kankyo/inochi/ondanka/co2sokutei.html> (最終閲覧日 : 2023.10.25)

- [32] 埼玉県 HP：二酸化炭素濃度の観測結果,  
<http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/CO2/co2data.html> (最終閲覧日 :  
2023.10.25)
- [33] 空気調和・衛生工学会：必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方,  
2021
- [34] 石沢順子, 佐々木玲子, 松寄洋子, 吉武裕：幼児の身体活動に関する客観的評価と保護  
者および保育者による主観的評価との関係, 生涯スポーツ学研究, Vol.16, No.1, pp.1-  
10, 2019
- [35] 野中壽子, 亀丸武臣, 小泉大亮, 渡邊明宏：保育所における幼児の身体活動量と運動能  
力の関係, 発育発達研究, Vol.90, pp.28-36, 2021
- [36] 田中千晶, 田中茂穂：幼稚園および保育所に通う日本人幼児における日常の身体活動量  
の比較, 体力科学, Vol.58, pp.123-130, 2009
- [37] 志村洋子：保育活動と保育室内の音環境 音声コミュニケーションを育む空間をめざし  
て, 日本音響学会誌, Vol.72, No.3, pp.144-151, 2016
- [38] 上野佳奈子, 宮塚健, 野口紗生, 船場ひさお, 倉斗綾子：音環境に着目した保育施設の  
実態調査, 日本建築学会環境系論文集, Vol.82, No.732, pp.87-95, 2017
- [39] 白石君男：聴覚に関わる社会医学的諸問題「学校教育における音響環境と聴覚補償」,  
AUDIOLOGY JAPAN, Vol.55, No.4, pp.207-217, 2012
- [40] 野口紗生, 上野佳奈子：保育室に求められる吸音性能に関する現場実験, 日本建築学会  
技術報告集, Vol.25, No.60, pp.719-723, 2019
- [41] 川井敬二：保育施設の音環境保全に向けて 海外規準と我が国における取り組み, 日本  
音響学会誌, Vol.72, No.3, pp.160-165, 2016
- [42] 日本建築学会：日本建築学会環境基準 AIJES-S0001-2020 学校施設の音環境保全規準・  
設計指針, 2020
- [43] 藤井里咲, 定行まり子：保育所における1歳児の生活行為からみた空間・環境に関する  
研究 関東圏内の2園における温熱空気環境に着目して, 日本建築学会計画系論文集,  
Vol.81, No.729, pp.2383-2391, 2016
- [44] 源城かほり：保育所における乳幼児の室内環境に関する調査研究, 空気調和・衛生工学  
会大会学術講演論文集, Vol.6, pp.121-124, 2017
- [45] 龍有二, 山田愛羅：乳幼児に対する温熱環境の計測と評価 ―保育室内の上下・水平温度  
分布に着目して―, 日本建築学会九州支部研究報告, pp.225-228, 2020

- [46] 杉森光人, 山口温: 保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その2 年齢別保育室の温熱環境とアンケート調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 627-628, 2023
- [47] 青木哲, 今枝弘貴, 水谷章夫: 東海地方の幼稚園・保育所における空気清浄機・加湿器の設置状況, 日本建築学会技術報告集, Vol. 22, No. 50, pp. 195-198, 2016
- [48] 青木哲, 水谷章夫: 岐阜地域の幼稚園における冬季の保育室内温湿度環境の実態と改善に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 82, No. 739, pp. 821-830, 2017
- [49] 青木哲, 種市慎也, 水谷章夫: 北陸地方の幼稚園・保育所における空気清浄機・加湿器の設置状況と冬季インフルエンザ対策, 日本建築学会技術報告集, Vol. 24, No. 58, pp. 1135-1138, 2018
- [50] 種市慎也, 青木哲, 須藤美音, 水谷章夫: 幼稚園・保育所等におけるインフルエンザ対策の室内温湿度環境への影響(その1) 南東北地方の施設を対象としたアンケート調査と冬季実測調査を用いた検討, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 86, No. 779, pp. 59-67, 2021
- [51] 青木哲, 須藤美音: 東北地方の幼稚園・保育所における冬季の室内環境と感染症予防 その3 北東北地方における保育室内の温湿度環境と二酸化炭素濃度の実態把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 947-948, 2020
- [52] 生方萌佳, 伊香賀俊治, 平田潤一郎, 林侑江: 幼稚園の温熱環境が幼児の身体活動量に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, Vol. 6, pp. 217-220, 2016
- [53] 白石冴香, 伊香賀俊治, 村田義郎, 市原真希, 張本和芳, 中島侑江: 冬季における幼稚園の温熱環境と園児の身体活動量に関する日別比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 101-102, 2018
- [54] 山口温, 杉森光人: 保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その1 窓開放状況と二酸化炭素濃度への影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 625-626, 2023
- [55] 宮島光希, 田中稲子: 保育室内での有機エアロゾル生成の可能性に関する研究 -都市部の保育施設の実態調査を通して-, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 42, 2018
- [56] Genjo, K.: Assessment of Indoor Climate for Infants in Nursery School Classrooms in Mild Climatic Areas in Japan, Buildings, Vol. 12, No. 7, pp. 1-27, 2022

- [57] N. Canha, C. Mandin, O. Ramalho, G. Wyart, J. Riberon, C. Dassonville, O. Hanninen, S. M. Almeida and M. Derbez: Assessment of ventilation and indoor air pollutants in nursery and elementary schools in France, *Indoor Air*, Vol.26, pp.350-365, 2015
- [58] B. Kolarik, Z. Jovanovic Andersen, T. Ibfelt, E. Hoj Engelund, E. Møller, E. Vaclavik Bräuner: Ventilation in day care centers and sick leave among nursery children, *Indoor Air*, Vol.26, pp.157-167, 2016
- [59] J. Park, J. Yoo and J. Jeong, Impact of ventilation methods on indoor particle concentrations in a daycare center, *Indoor Air*, Vol.32, pp.1-10, 2022
- [60] 栗屋義明, 赤林伸一, 有波裕貴, 須田周史, 小前草太: 住宅を対象とした効率的な換気制御手法に関する研究 その1 対象モデルの概要及び室内温度・気流分布のCFD解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.995-996, 2019
- [61] 高田暁, 今井悠喜, 銚井修一, 小椋大輔, 伊庭千恵美: 多数室換気解析に基づく室内環境の改善策の検討 高齢者介護福祉施設における冬期の室内環境に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol.85, No.770, pp.249-258, 2020
- [62] 田邊伶夢, 青木隆太郎, 山田あすか: 保育施設における平面構成の変遷に関する研究 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.17-18, 2018
- [63] 西本雅人, 櫻井安積, 山口仰, 日比野拓: 保育施設における3年間の体力の伸びからみる園内の歩数に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.87, No.800, pp.1856-1867, 2022
- [64] 田中千晶, 引原有輝, 井上茂, 田中茂穂: 幼児の日常生活における1日の歩数の歩数計間比較, 発育発達研究, Vol.93, pp.12-21, 2022
- [65] 文部科学省: 幼児期運動指針,  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/undousisin/1319771.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/undousisin/1319771.htm) (最終閲覧日: 2023.11.12)
- [66] World Health Organization: WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128> (最終閲覧日: 2023.11.12)

- [67] Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Beets, M. W., Belton, S., Cardon, G. M., Duncan, S., Hatano, Y., Lubans, D. R., Olds, T. S., Raustorp, A., Rowe, D. A., Spence, J. C., Tanaka, S., Blair, S. N.: How many steps/day are enough? for children and adolescents, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, Vol.8, No.78, pp.1-14, 2011

## 第 2 章

### 保育施設の空気環境の実態と 換気行為・意識の影響

### 2. 1 はじめに

本章では、都市部の保育施設の空気環境及び温熱環境の実態を把握することを目的に、横浜市の保育施設 12 園を対象に実測調査を実施した。中間季の保育室における温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、総揮発性有機化合物（以下、TVOC）の環境実態の特徴を示し、これらの物理量に影響を及ぼす因子を検討する。具体的には、換気行為との関連性や保育者の換気意識が室内空気環境に及ぼす影響を明かにすることを本章の目的としている。

### 2. 2 調査概要

#### 2. 2. 1 実測調査に関する基本事項

横浜市で実施したアンケート調査[6]の回答において、「実測調査に協力可能」かつ「保育面積の規模が概ね同等」であった保育施設の中から、都市部に多くみられる複合型 8 施設と独立型 4 施設の計 12 施設を実測調査の対象として選定した。調査期間は、真夏日もほとんどなく、平均気温が 22～26℃程度で換気行為が多くみられた 2019 年 9 月 13 日～27 日に、各保育施設で 1 日測定を実施した。なお、調査中には換気行為や園外活動の実施状況、空調機器や薬品類の使用状況といった環境調整行為に関わるアンケート調査を併せて実施した。その他にも、調査依頼のために事前訪問した際には、施設の運営方針に関するヒアリング調査を実施している<付録E>。

実測調査は、個室型においては各年齢児室、ワンルーム型においては各年齢児の保育エリアごとに温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度の測定を行った（図 2-1～図 2-3）。機器の詳細な設置位置については、次項で示す各園の平面図に表記している。なお、3、4 歳児室では CO<sub>2</sub> 濃度の測定は行っておらず、6 施設の 0 歳児室では TVOC の測定を行っている。0～2、5 歳児室の温度と相対湿度、CO<sub>2</sub> 濃度の測定には CO<sub>2</sub> 温湿度データロガー（T&D, TR-76Ui）を、3、4 歳児室の温度と相対湿度の測定は温湿度データロガー（ESPEC, RS13）を、TVOC の測定は PID 式 VOC 濃度計（理研計器株式会社, TIGER）を用いて、1 分間隔で連続測定を実施した<sup>注3)</sup>。これらの測定機器は、直射日光や空調機器の直接的な影響が小さく、子ども達の手が触れない場所（高さ 90～120cm）に設置した。また、屋外の温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度についても併せて測定を実施した（図 2-4～図 2-6）。

[<付録E> 2019 年中間季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報](#)





図 2-1 温湿度計の設置位置

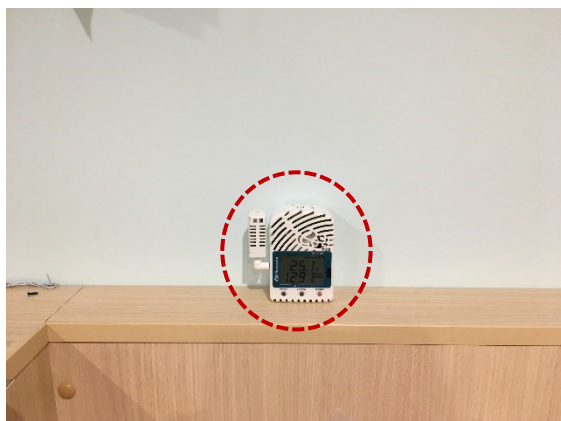


図 2-2 CO<sub>2</sub> 濃度計の設置位置



図 2-3 TVOC 計の設置位置



図 2-4 外気温湿度の測定位置



図 2-5 外気 CO<sub>2</sub> 濃度の測定位置



図 2-6 外気の測定設置の様子

### 2. 2. 2 調査対象施設に関する基本情報

実測調査の対象とした保育施設の保育区分、立地している用途地域、施設形態、保育室形態、開設年（建築年）、建物構造、階数、換気システム、在籍人数、保育面積、天井高さ等の基本的な建物・運営情報をまとめた概要表を表 2-1 に示す。なお、園名については便宜上の事由から記号を用いて、対象施設が特定されないように配慮し命名している。

同表より保育区分は、10 施設が認可で、2 施設が認可外であった。用途地域<sup>注4)</sup>は、商業系地域が 8 施設、住居系地域が 4 施設であった。施設形態は、前項でも述べた通り独立型が 4 施設、複合型が 8 施設であった。保育室形態は、個室型が 4 施設、ワンルーム型が 8 施設であった。開設年は、2010 年以降が 10 施設、それ以前が 2 施設であり、最も新しい園が 2018 年（3 園）、最も古い園が 1998 年（1 園）であった。なお、4 施設が用途変更で開設に至っているが、いずれの施設も専有部の床面積が 200 m<sup>2</sup>未満のため、現行基準であれば用途変更の確認申請が不要であり、従前用途での利用が可能である＜付録 F＞。建物構造は、RC 造が 7 施設、SRC 造が 4 施設、木造が 1 施設であった。複合建築物がビルやマンションが多かったため、RC 造が多くなっていた。階数は 1, 2 階に立地することが多く、9 施設が占めていた。換気システムは、第 1 種換気が 8 施設、第 3 種換気が 4 施設であった。複合型に開設することも多いため、給排気の機械換気設備が整った第 1 種換気が多かった。保育対象は、0～2 歳が主となる小規模保育施設が 6 施設、全年齢対象の保育施設が 6 施設であった。また、異年齢保育を実施している保育施設が 6 施設みられた。保育面積は、保育人数の影響を受けるため乳幼児一人当たりの保育面積を算出したところ、認可保育施設で求められる児童福祉法の最低基準は全ての施設で満たしていた。ただし、認可外保育施設の Yc 施設の 0 歳児室においては、乳児室基準（1.65 m<sup>2</sup>）は満たしているものの、ほふく室基準（3.3 m<sup>2</sup>）は満たしておらず、最低限の保育面積で設計されていることが確認された。しかしながら、天井高さは 3.8m と高く、保育室の容積的には十分にあると考えられる。

各施設の平面構成や施設の特徴などについては次頁に後述する。また、各保育施設の保育スケジュールは、付録に添付する＜付録 G＞。

[＜付録 F＞ 保育施設の従前用途利用について](#)

[＜付録 G＞ 実測対象施設の保育スケジュール](#)

表 2-1 実測対象施設の概要用

園名	保育区分	用途地域 <sup>(注4)</sup>	施設形態	保育室形態	開設年 (建築年)	構造	階	換気 システム	室名	年齢 [歳]	園児数 [人]	保育者数 [人]	建築面積 <sup>※1</sup> [㎡]	保育面積 <sup>※2</sup> [㎡]	天井高さ [m]
Ya	認可	商業系地域	複合型	ワンルーム型	2011 (2011)	RC	3階/4階	第1種	Ya0	0	7	3	477.9	34.6	2.8
									Ya1	1	16	5		50.9	
									Ya2	2	12	4		43.7	
									Ya3	3	21	2		48.6	
									Ya4	4	21	2		45.5	
Yb	認可	商業系地域	複合型	ワンルーム型	2018 (2018)	RC	3+4階/5階	第3種	Yb5	5	18	2	236.5	46.9	2.4
									Yb0	0	6	3		21.4	
									Yb1	1	10	3		34.8	
									Yb2	2	12	3		28.0	
									Yb3-4	3+4	28	2		57.0	
Yc	無認可	商業系地域	複合型	ワンルーム型	2018 (2008)	RC	1階/29階	第1種	Yc5	5	14	1	171.5	28.5	3.8
									Yc0	0	15	3		41.5	
									Yc1	1	12	3		46.7	
									Yc2	2	9	2		34.3	
									Yd0-1	0+1	12	5		73.5	
Yd	認可	住居系地域	独立型	個室型	2015 (2015)	RC	1+2+3階 /3階	第1種	Yd2	2	9	3	202.4	31.0	2.4
									Yd3	3	10	1		34.2	
									Yd4	4	11	1		35.2	
									Yd5	5	10	2		31.3	
									Ye0-1	0+1	21	8		80.8	
Ye	認可	住居系地域	独立型	個室型	2012 (2012)	SRC	1+2階/2階	第1種	Ye2	2	13	3	291.2	34.9	2.4
									Ye3-5	3+4+5	42	5		119.9	
									Yf0-1	0+1	11	6		52.5	
									Yf2	2	10	3		44.5	
									Yf3	3	13	2		37.1	
Yf	認可	商業系地域	複合型	個室型	2013 (2013)	RC	1+2階/6階	第1種	Yf4	4	13	1	251.5	47.4	2.5
									Yf5	5	13	1		54.3	
									Yg0	0	3	2		32.0	
									Yg1-2	1+2	16	6		62.5	
									Yh0-1	0+1	7	5		23.4	
Yg	認可	商業系地域	複合型	ワンルーム型	1998 (1993)	RC	3階/3階	第3種	Yh2	2	4	1	93.9	27.8	2.4
									Yi0	0	6	2		32.4	
									Yi1	1	8	3		30.0	
									Yi2	2	10	3		29.7	
									Yi3	3	12	2		30.1	
Yh	無認可	商業系地域	複合型	ワンルーム型	2018 (2018)	RC	1階/6階	第3種	Yi4	4	12	1	363.0	30.1	2.6
									Yi5	5	12	1		29.6	
									Yj0	0	5	2		26.5	
									Yj1	1	9	3		26.5	
									Yj2	2	10	3		26.5	
Yi	認可	住居系地域	独立型	個室型	2012 (2012)	SRC	1+2階/2階	第1種	Yk0	0	5	2	161.9	37.7	2.6
									Yk1	1	6	2		28.3	
									Yk2	2	7	2		34.7	
									Yl0	0	6	2		21.4	
									Yl1	1	7	2		24.8	
Yj	認可	住居系地域	複合型	ワンルーム型	2014 (1975)	SRC	2階/11階	第1種	Yl2	2	8	2	114.9	21.3	2.4

※1 複合型は保育施設が有する部分のみの建築面積としている ※2 保育エリアの面積としている

・Ya 施設の基本情報

Ya 施設は、駅ビルの3階に開設する複合型の保育施設である（図 2-7）。家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-8）であり、園庭が無いため、駅ビル屋上の公園で園外活動を実施している。また、目の前に高速道路が存在するため、窓際では外部の交通音が聞こえる。その他にも開けられる窓が排煙窓しかない点が特徴の保育施設である（図 2-9）。

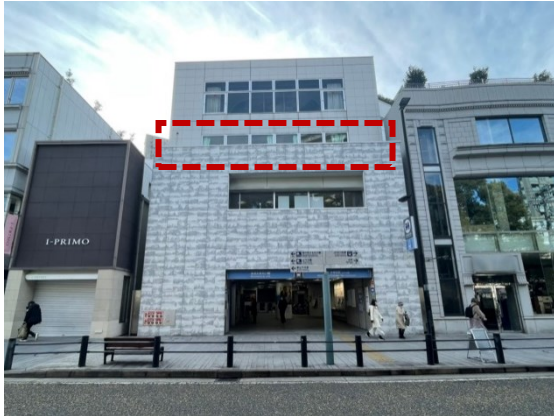


図 2-7 Ya 施設の外観



図 2-8 Ya 施設の保育室の様子

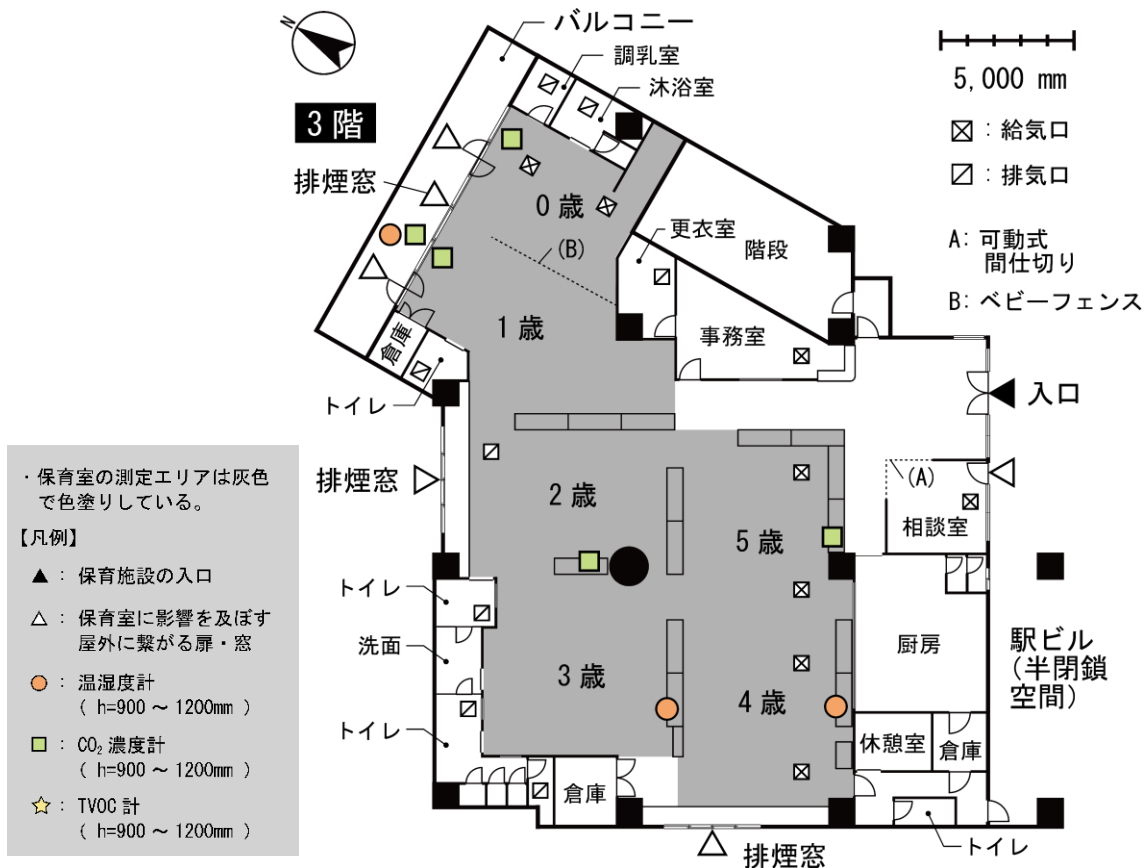


図 2-9 Ya 施設の平面図



### ・Yb 施設の基本情報

Yb 施設は、フィットネスジムの上階（3～5 階、入り口は1 階）に開設する複合型の保育施設である（図 2-10）。施設の周りには、ビルが多く立ち並び、幹線道路に面していることから車や人通りも多いが、保育室では外部の騒音等は気にならない環境であった。保育室は、家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-11）である。地上の園庭はないため、園外活動を実施することも多いが、屋上には広場があるため、夏場はそこにプールを設けて、水遊びができる環境を有している。また、施設の開口部は図 2-12 に示すように、北西側に多くの引き違い窓（上部は排煙窓）があるため、窓開け換気を実施しやすい点の特徴であり、日当たりも良い環境である。



図 2-10 Yb 施設の外観



図 2-11 Yb 施設の保育室の様子

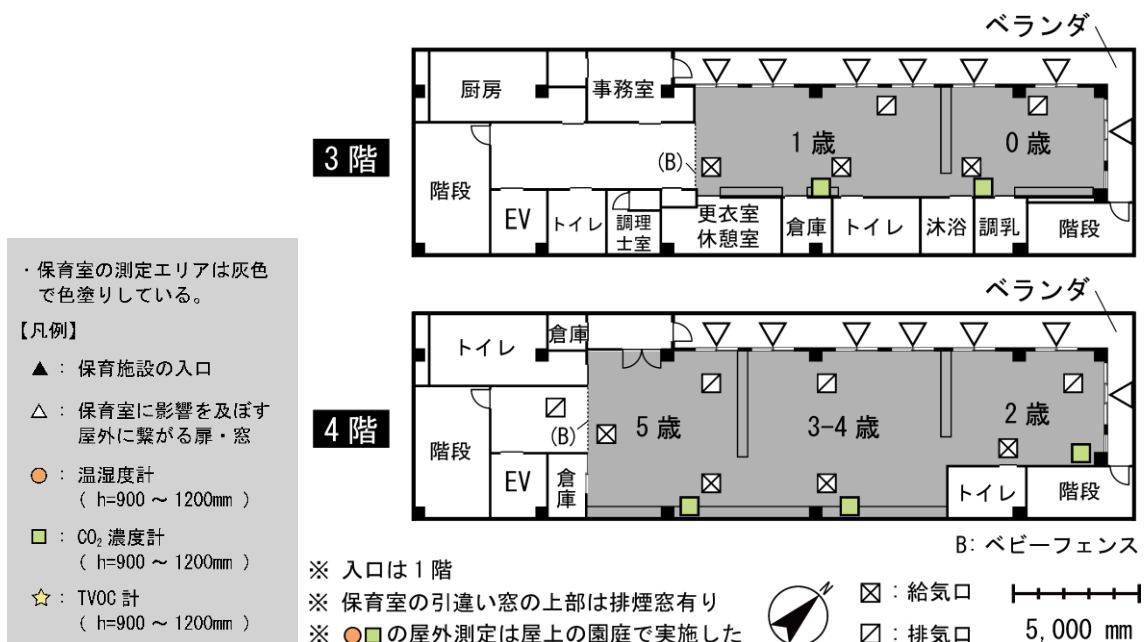


図 2-12 Yb 施設の平面図

### ・Yc 施設の基本情報

Yc 施設は、マンション（全 29 階）の 1 階部分に開設する複合型の保育施設である（図 2-13）。施設の周りには、同様の高層マンションが立ち並んでおり、敷地内には保育施設のほかにスーパーや専門ショップ等がテナントとして存在している。高層マンションの敷地内には緑も多く綺麗に整備されており、目の前の大通りの交通音などが気にならない環境であった。保育室は、家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-14）である。施設内に園庭を有さないため、園外活動が必須となるが、目の前に広いウッドデッキが並んでいるため、水遊び等の際はここを利用している。また、開口部はYa 施設と同様に、排煙窓しか存在しておらず、かつ南面のみであるため、風通しが良いとは言い難い（図 2-15）。しかし、天井高さが 3.8m と高く、室容積が大きい点は特徴的である。



図 2-13 Yc 施設の外観



図 2-14 Yc 施設の保育室の様子

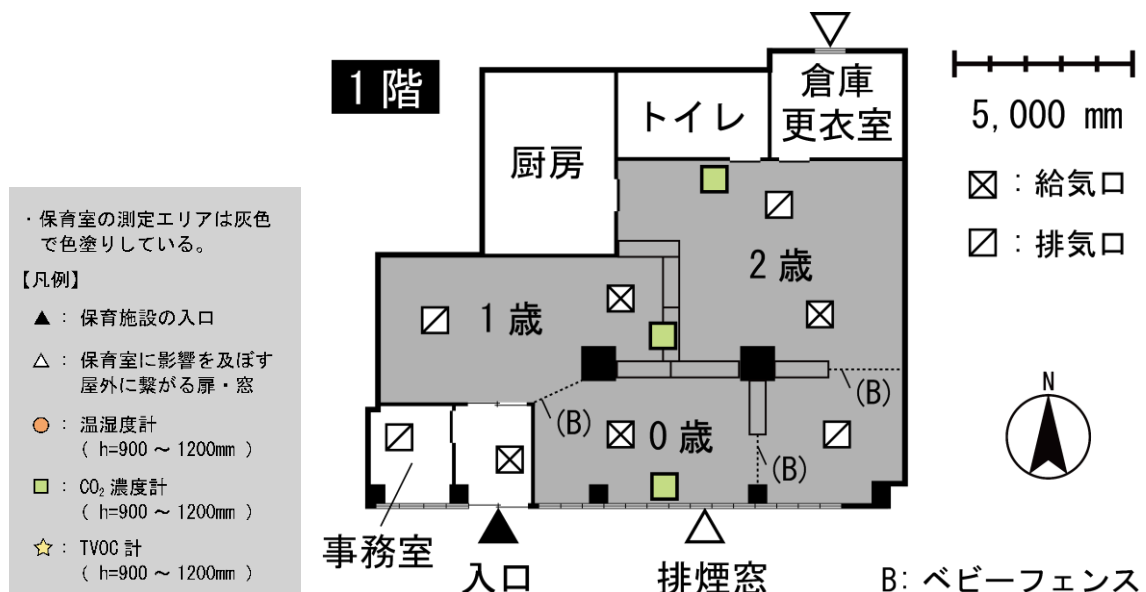


図 2-15 Yc 施設の平面図

・Yd 施設の基本情報

Yd 施設は、大通り前に面する独立型の保育施設である（図 2-16）。施設の横には、高齢者福祉施設や学校が並んでおり、類似した機能の建物が存在しており、それ以外は住宅が多く点在しており、人通りは多い。保育室は、年齢児毎に部屋が異なる個室型（図 2-17）である。また、図 2-18 に示す通り、施設の北西側（入口と反対側）には、大きな園庭があるため、ここで子どもたちが遊ぶことが出来るが、保育施設のすぐ近くに大学があるため、散歩で大学構内へ行くことも多い園である。独立型であるため、保育室の開口部は多く、風通しも良い施設だと考えられる。



図 2-16 Yd 施設の外観



図 2-17 Yd 施設の保育室の様子

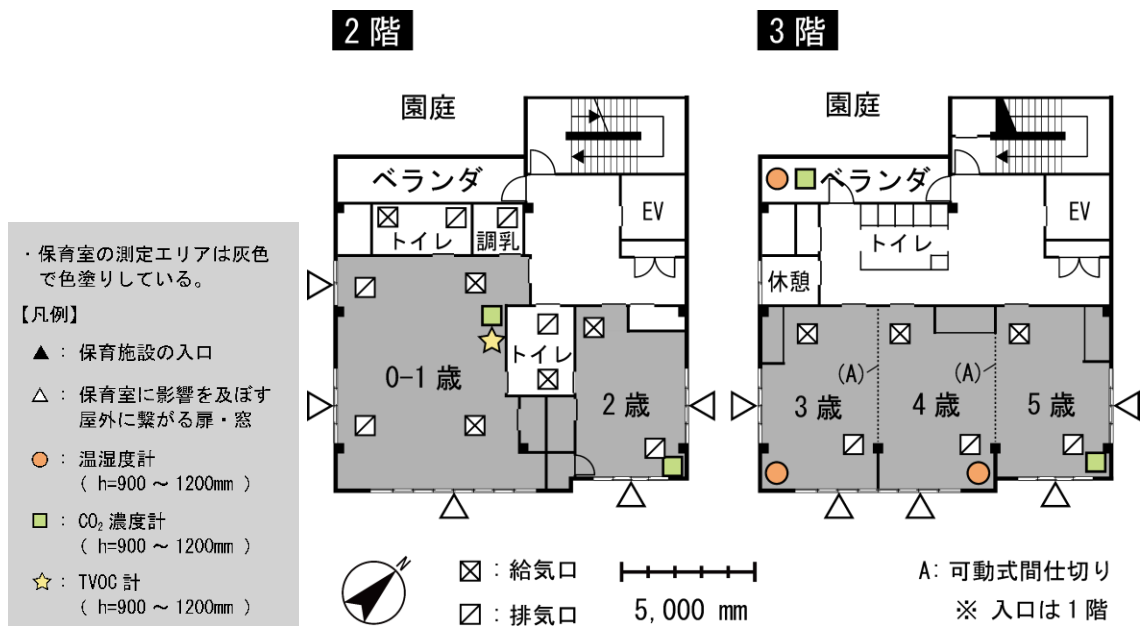


図 2-18 Yd 施設の平面図

### ・Ye 施設の基本情報

Ye 施設は、最寄り駅から徒歩 15 分程度離れており、小道路に面する独立型の保育施設である（図 2-19）。同図からも窺える通り、施設付近には緑が多く、住宅が多く点在しており人通りは他の園と比べると少ない方である。保育室は、年齢児毎に部屋が異なる個室型である。また、図 2-20 に示す通り、保育室は個室型であるが、異年齢保育を実施している。独立型であるため、広々とした園庭を有しており、開口部も多いため、換気行為がしやすい園であると言える。



図 2-19 Ye 施設の外観

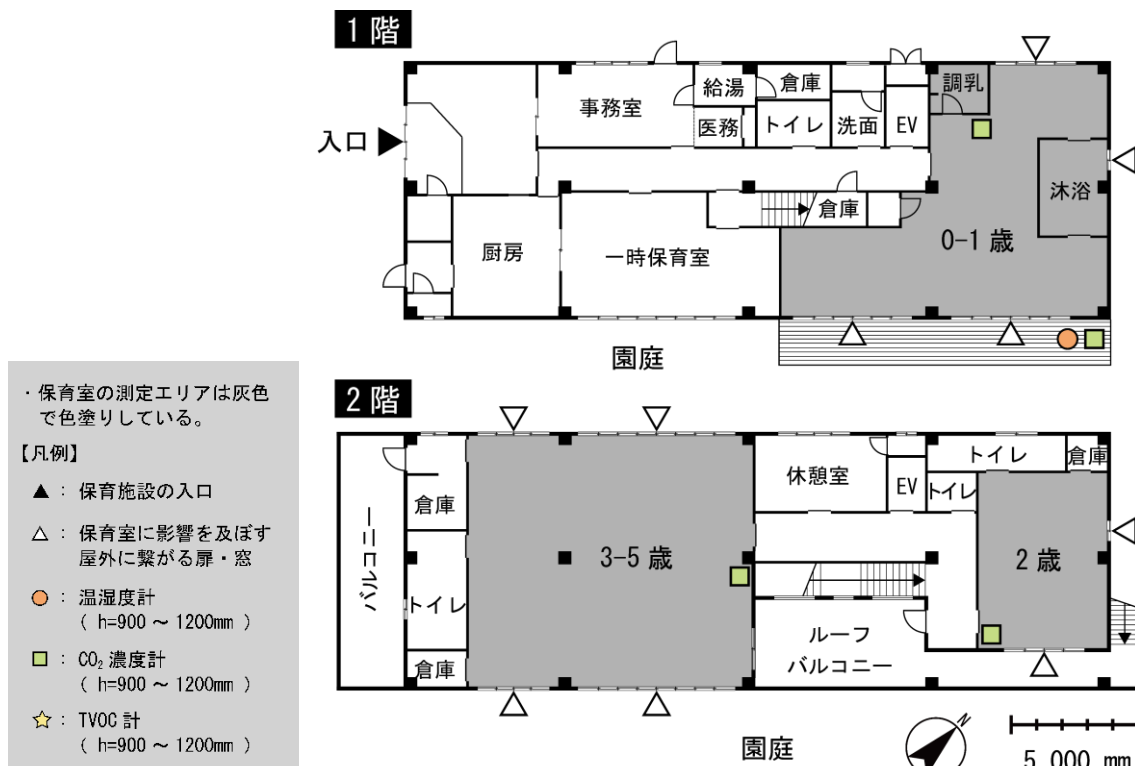


図 2-20 Ye 施設の平面図



### ・Yf 施設の基本情報

Yf 施設は、高齢者福祉施設と併設した 1、2 階に開設する複合型の保育施設である（図 2-21）。最寄り駅から徒歩 2 分という立地であり、人通りが多い環境である。そのため、当園は防犯対策への意識が他園と比べて高い施設であった。敷地内には、小さな庭を有しているが、遊べるほどの大きさではないため園外活動が必須となる。保育室は、基本的に年齢児毎に部屋が異なる個室型である（図 2-22）。図 2-23 に示すように、3、4 歳児室と 0・1 歳、2 歳児室の間には可動式の間仕切壁を有しているため、状況に応じて部屋のレイアウトを調整できる点は特徴的である。開口部は、南面の入り口側、北面の 5 歳児室側は引き違い窓であるが、その他の西側の窓は小さな排煙窓となっている。



図 2-21 Yf 施設の外観



図 2-22 Yf 施設の保育室の様子

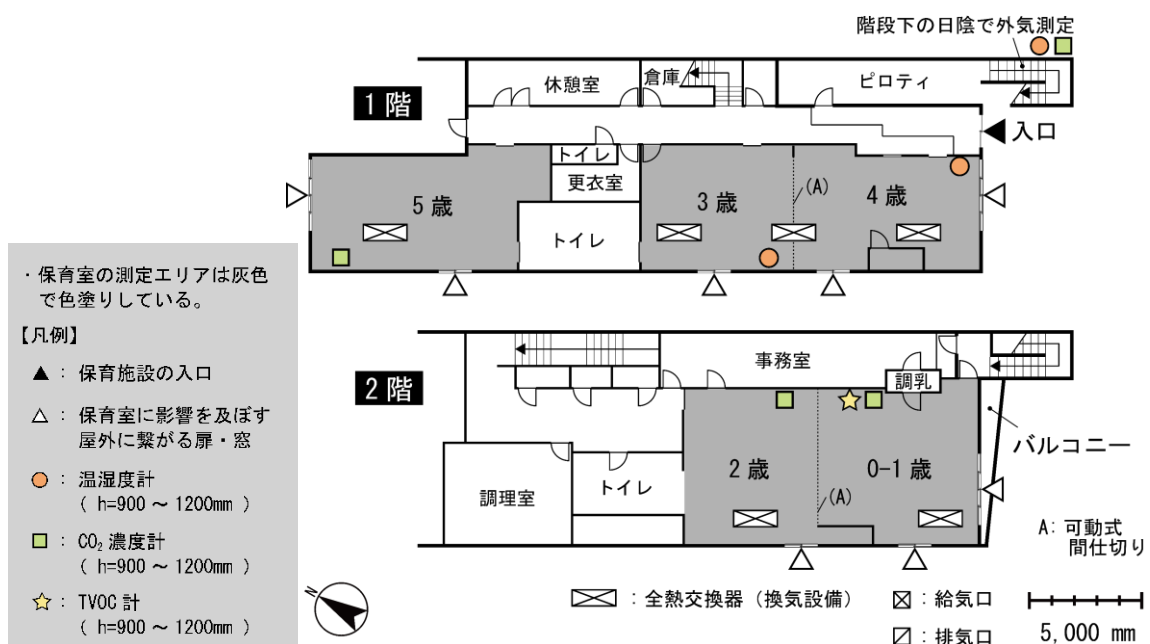


図 2-23 Yf 施設の平面図

### ・Yg 施設の基本情報

Yg 施設は、下階に飲食店がある3階に開設する複合型の保育施設である（図 2-24）。目の前に大通りがあるため、人通りが多い環境である。施設の最上階にあるため、大きなルーフバルコニーを有しているが、コンクリートのため遊びには適しておらず、プールや水遊び以外ではほとんど使用しない。保育室は家具等で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-25）である。また、上述したルーフバルコニーに対して、大きな開口部がある点が特徴的であり、北面にも開口を有するため、風通しはとても良い施設である（図 2-26）。



図 2-24 Yg 施設の外観（出典：Google Map）



図 2-25 Yg 施設の保育室の様子

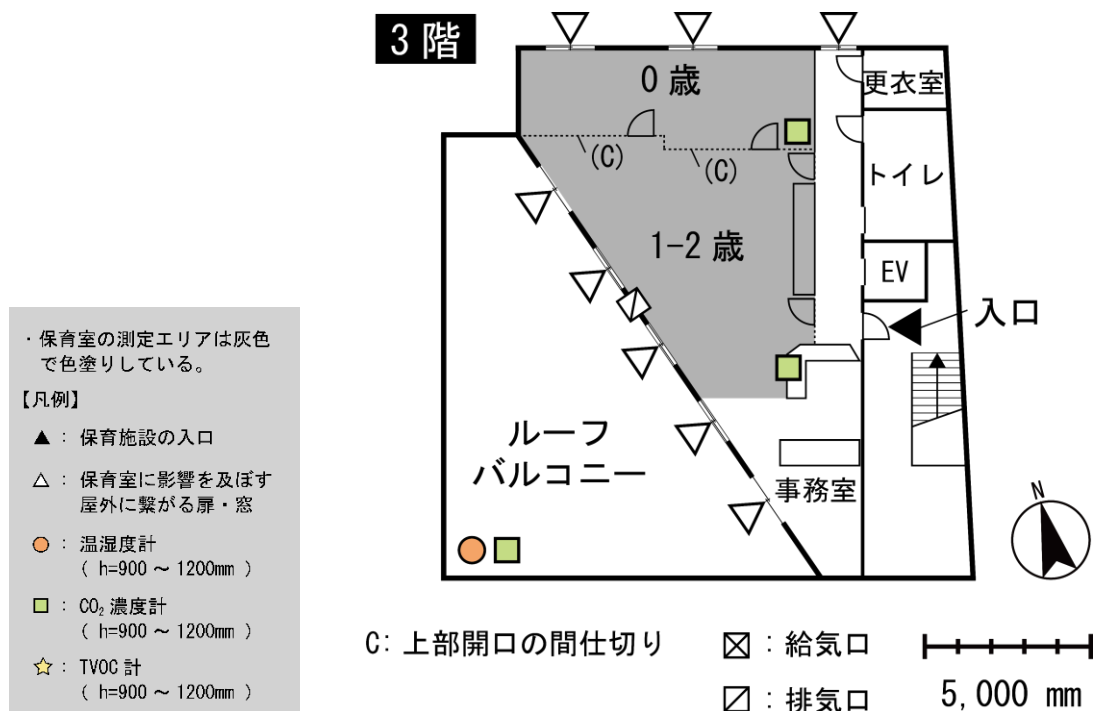


図 2-26 Yg 施設の平面図

### ・Yh 施設の基本情報

Yh 施設は、マンション（全6階）の1階部分に開設する複合型の保育施設である（図 2-27）。大通りから1本内に入った通りに立地しており、周辺はマンションが立ち並ぶ住宅街である。施設付近の交通量は多いが、騒音が気になるほどではない環境である。施設の入り口付近に小さな庭は有しているが、遊べるほどの大きさではないため、園外活動は必須である。保育室は家具等で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-28）である。保育室に対する主たる開口部は、南東の引き違い窓である（図 2-29）。反対側の厨房や沐浴・トイレ室にも排煙窓は存在しているが、保育室に繋がる扉は基本的に閉鎖状態とするため、実質1方向の開口部となり、風通しがいいとはいえない園である。また、第3種換気システムであり、保育室は給気口しか有していないため、換気経路への意識が重要となる。

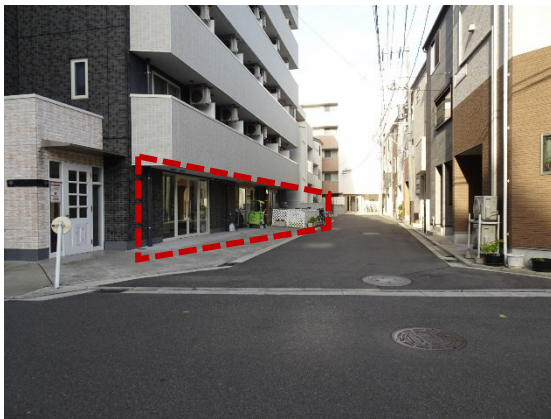


図 2-27 Yh 施設の外観



図 2-28 Yh 施設の保育室の様子

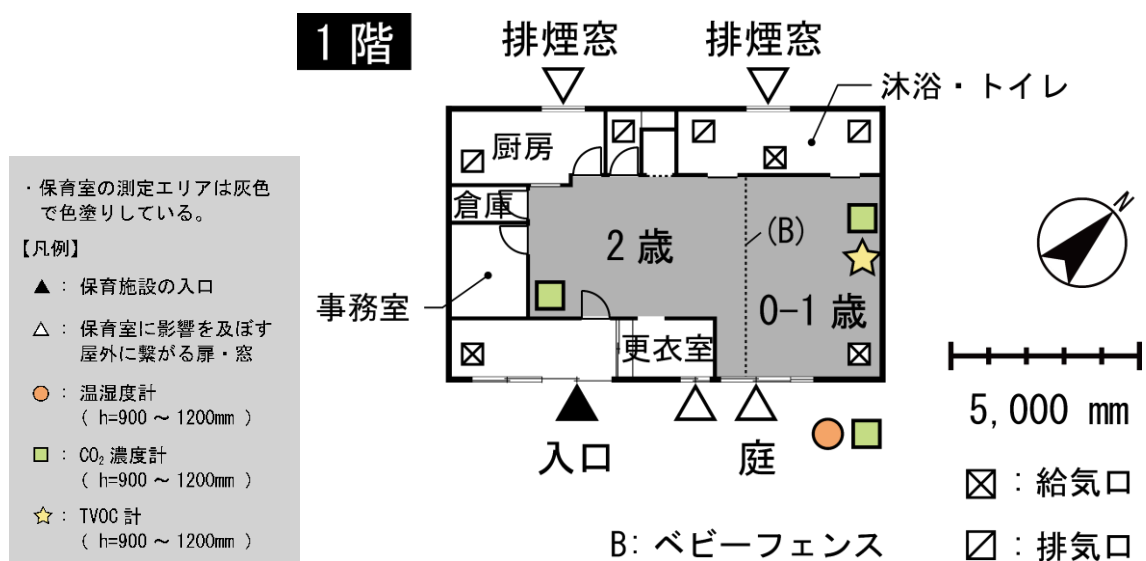


図 2-29 Yh 施設の平面図



・Yi 施設の基本情報

Yi 施設は、大学の敷地内に開設する独立型の保育施設である（図 2-30）。施設の付近は、大学施設と植栽が主であり、人通りは教員や学生、職員が主である。保育室は、年齢児毎に部屋が異なる個室型（図 2-31）である。図 2-32 に示す通り、施設の南側には、大きな園庭があり、ここで子どもたちが遊ぶことが可能であるが、大学構内を散歩することもある。また、独立型であるため、保育室の開口部は多く、風通しも良い施設だと考えられる。



図 2-30 Yi 施設の外観



図 2-31 Yi 施設の保育室の様子

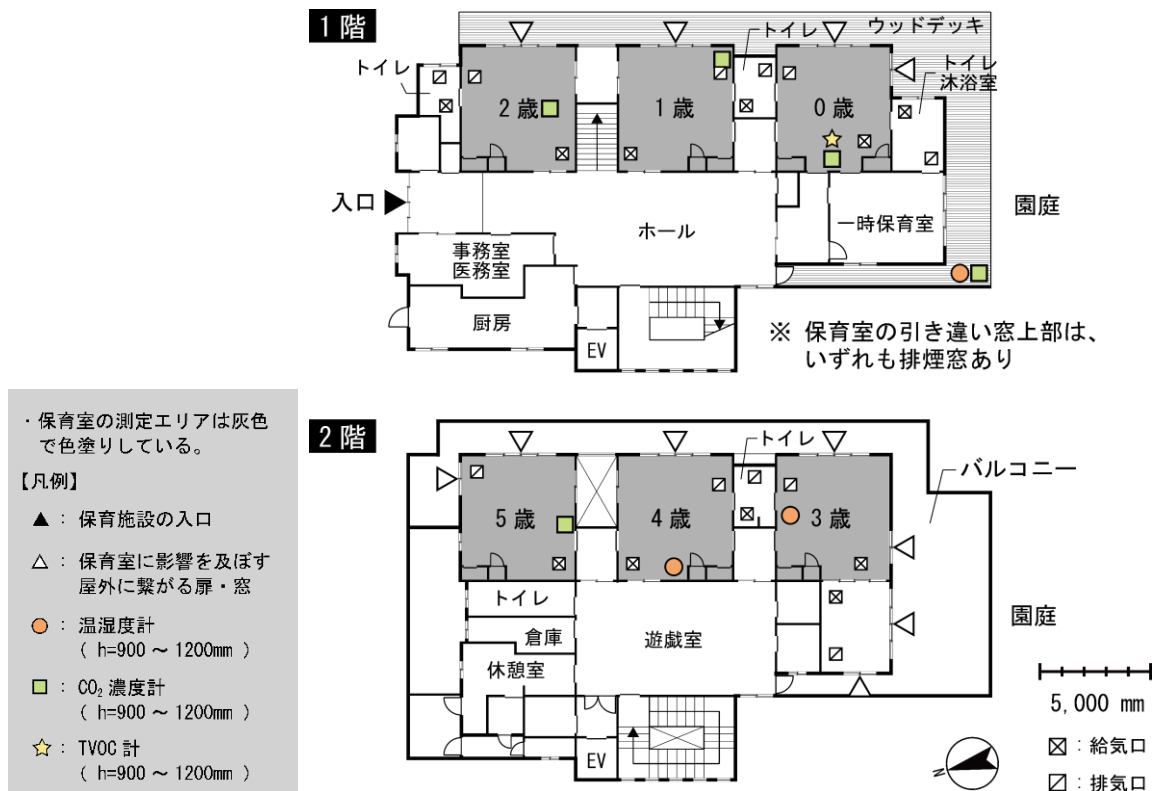


図 2-32 Yi 施設の平面図

### ・Yj 施設の基本情報

Yj 施設は、最寄り駅から徒歩 7 分の住宅街に開設する独立型の保育施設である（図 2-33）。施設付近の交通量は、特別多いわけでもなく、比較的静かな環境である。保育室は、可動式間仕切りや家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-34）である。独立型であるため保育室の開口部は、3 面に引き違い窓があり、風通しは良いと考えられる（図 2-35）。換気システムは第 3 種換気であり、保育室は給気口のみであるため、排気設備を有しているトイレの換気設備の重要性を利用者が把握しているかどうかは気になる点である。



図 2-33 Yj 施設の外観



図 2-34 Yj 施設の保育室の様子

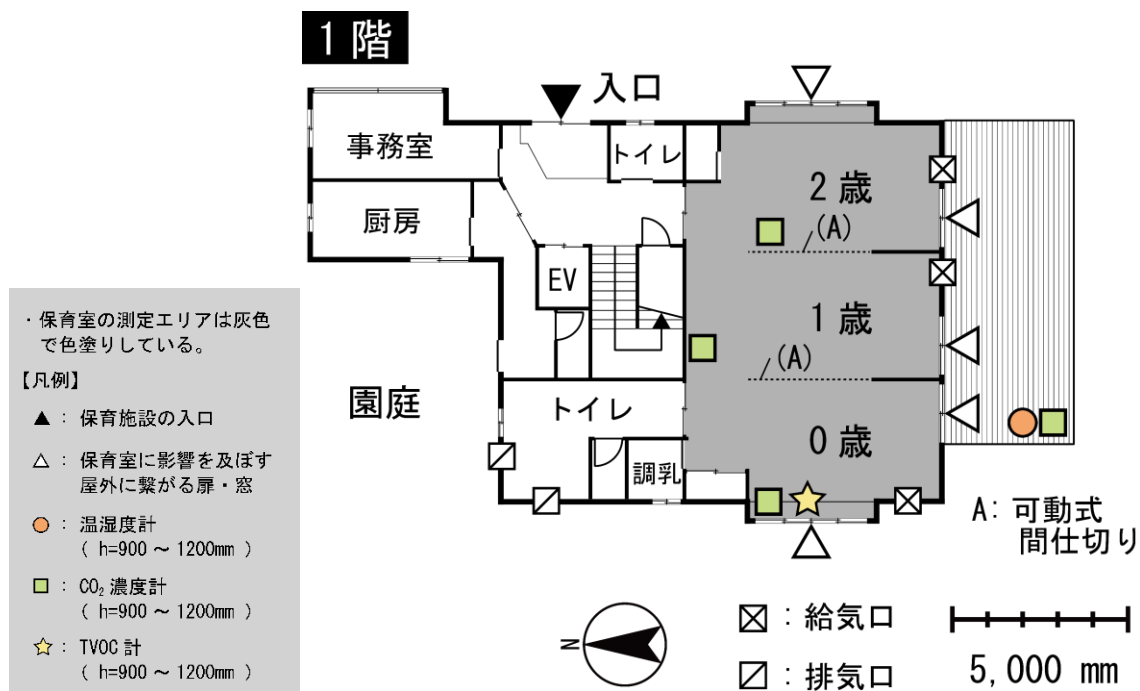


図 2-35 Yj 施設の平面図

### ・Yk 施設の基本情報

Yk 施設は、マンション（全7階）の1、2階部分に開設する複合型の保育施設である（図2-36）。最寄り駅から徒歩3分という立地であり、大通りに面しているため、人通りが多い環境である。また、交通量や飲み屋街も多いため、治安はあまり良くなく、当園は防犯対策への意識が他園と比べて高い施設であった。敷地内には、園庭がないため園外活動が必須となる。保育室は家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図2-37）である。図2-38に示す通り、主たる開口部は、東側の引き違い窓と南側の非常用扉である。非常用扉は基本閉鎖状態のため、実質開口部は1面であることや、付近の治安や交通量による騒音で、窓開け換気の実施がしにくい環境であると予想される。

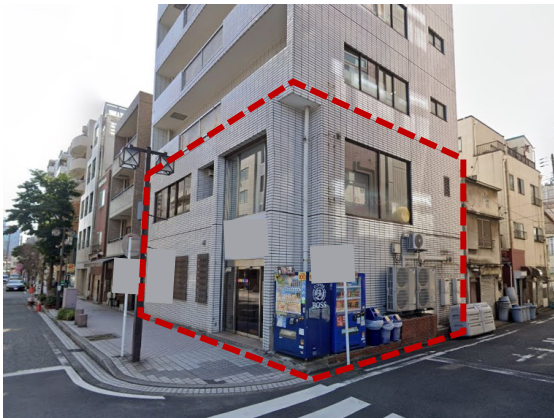


図 2-36 Yk 施設の外観（出典：Google Map）



図 2-37 Yk 施設の保育室の様子

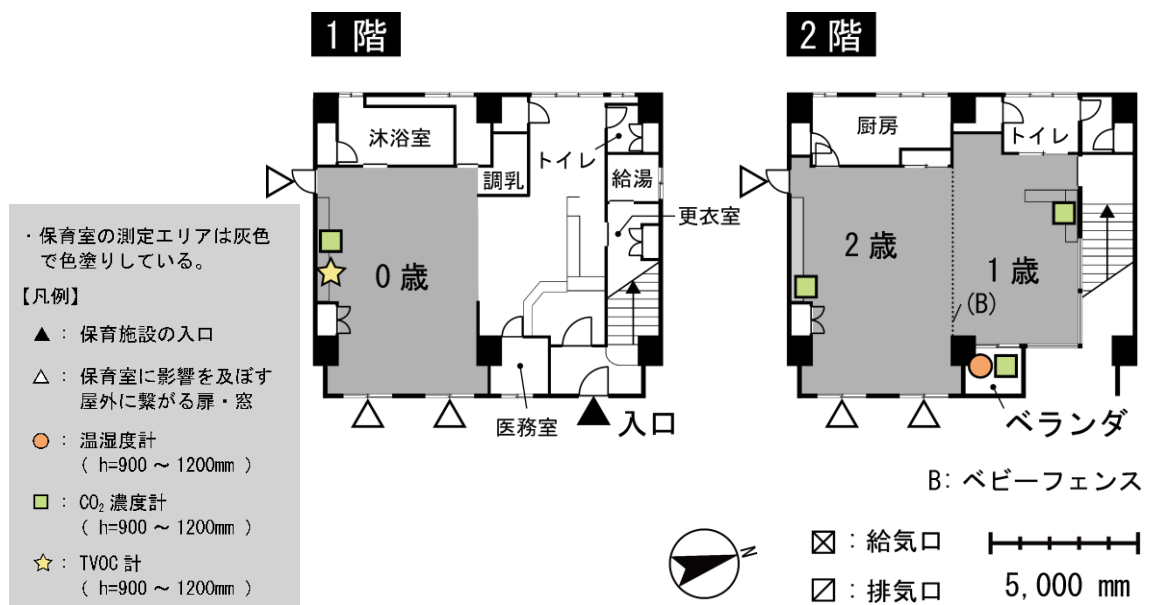


図 2-38 Yk 施設の平面図



・YI 施設の基本情報

YI 施設は、オフィスビル（全 11 階）の 2 階部分に開設する複合型の保育施設である（図 2-39）。大通りに面しているため、交通量や人通りが多い環境であるものの、保育室では外部の騒音がほとんど聞こえない環境であった。また、敷地内には、園庭がないため園外活動が必須であり、付近の公園で園外活動を実施している。保育室は家具で保育エリアを仕切るワンルーム型（図 2-40）である。図 2-41 に示す通り、主たる開口部は、北側の窓であるが全て排煙窓のみであり、Ya 施設、Yc 施設と同様の特徴を有しており、風通しは良くないと考えられる。

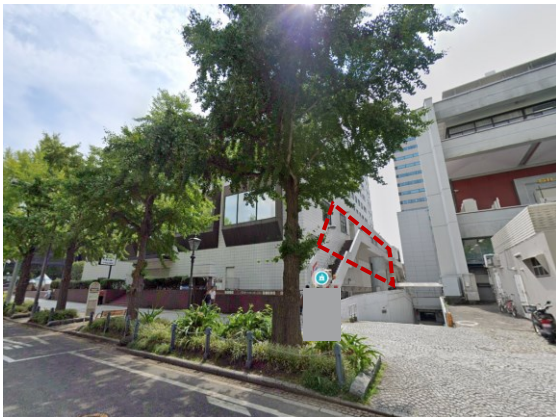


図 2-39 YI 施設の外観（出典：Google Map）



図 2-40 YI 施設の保育室の様子

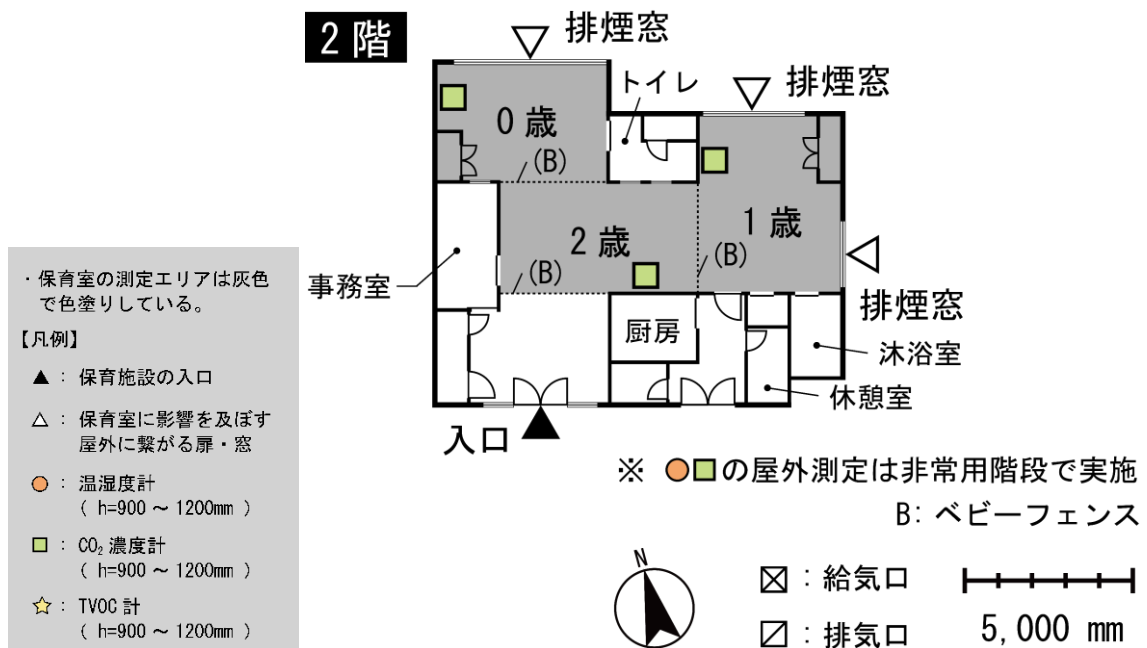


図 2-41 YI 施設の平面図

## 2. 2. 3 実測期間中の気象データ

1 項で示したように、実測期間は 1 日であるため外気条件が測定日によって異なる。そのため、横浜市気象台のデータ[68]を基に各測定日の気象条件をまとめた一覧を表 2-2 に示す。なお、外気で測定した温湿度については、測定精度に課題<sup>注 5)</sup>がみられたため、本章では気象庁のデータを用いることとした。CO<sub>2</sub>濃度については、測定値を用いる。

表 2-2 実測日と気象条件について

園名	測定日 (2019年9月)	天候	気象条件		測定項目		
			平均気温※	平均湿度※	温湿度	CO <sub>2</sub> 濃度	TVOC
Ya	18日	雨時々曇り	20.9℃	87.7%	○	○	
Yb	13日	曇り	23.8℃	61.7%	○	○	
Yc	27日	晴れ	26.6℃	60.3%	○	○	
Yd	27日	晴れ	26.6℃	60.3%	○	○	○
Ye	18日	雨時々曇り	20.9℃	87.7%	○	○	
Yf	20日	晴れ	25.7℃	54.4%	○	○	○
Yg	20日	晴れ	25.7℃	54.4%	○	○	
Yh	25日	晴れ時々曇り	26.7℃	57.4%	○	○	○
Yi	26日	曇後晴れ	25.7℃	60.0%	○	○	○
Yj	24日	晴れ	28.4℃	58.1%	○	○	○
Yk	19日	晴れ時々雨	25.8℃	55.5%	○	○	○
Yl	17日	晴れ	29.6℃	59.4%	○	○	

※ 在園時間（10～16時）の平均値を表記している



### 2. 2. 4 測定データの取り扱い

本研究の分析では、共通の在園時間のみを検討対象とするために、各保育施設の保育活動の流れに基づき、10 時～16 時（6 時間）の測定データのみを用いた。なお、測定不備が考えられた Yc0、Yf5 の温湿度データは本分析から除いている。

都市部の保育施設の空気環境の特徴を把握するためには、測定した保育室の環境評価を実施する必要がある。しかし、1 章 1 節 2 項で指摘した通り、保育施設の空気環境に関する具体的な環境基準が存在しないのが現状である。そのため、施設運用時の室内環境基準の目安として、「学校環境衛生基準」と「建築物衛生法」を用いることとする。保育施設の指標として、「保育所における感染症対策ガイドライン[17]」も存在するが、CO<sub>2</sub> 濃度や中間季の室内温湿度の目安がないこと等を踏まえて、参考値としては採用しないものとした。

## 2. 3 調査結果

本節では、中間季の実測調査で得られた温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、TVOC 値の実測データから都市部の保育施設の環境的特徴を把握する。なお、各環境要素の各園の細かな経時変化に関する結果・考察については付録に収録する＜付録H＞。

### ＜付録H＞ 中間季の実測調査結果（各園の詳細について）

#### 2. 3. 1 中間季の室内温湿度の実態

実測期間中における各保育室の温度、相対湿度の箱ひげ図を図 2-42、図 2-43 にそれぞれ示す。図 2-42 より、平均室内温度の最低値は Yf3 の 24.3℃、最高値は Yg1-2 の 30.0℃であった。学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値を参考にした際の適合率<sup>注 6)</sup>を表 2-3 に示す。基準値は、いずれも 18～28℃であり、適合率は 93.0%であった。表 2-2 の通り外気温が高い実測日も存在するため、基準値の上限を超える保育室も 7 室確認された。特に Yg 施設では、Yg1-2 で 30.0℃、Yg0 で 28.7℃と高い値を示していた。これは、Yg 施設がエアコンを使用せず、窓開け換気を主とする環境調整方針であったことが理由として挙げられる。

図 2-43 より、平均室内相対湿度の最低値は Yg1-2 の 40.5%、最高値は Ye0-1 の 74.8%であった。表 2-3 の適合率をみると、学校環境衛生基準（30～80%）は 100%満たすものの、建築物衛生法（40～70%）は 91.1%の適合率となっていた。これは、雨天日に測定した Ya 施設、Ye 施設の影響だと言える。また、実測日の測定結果からは問題が確認されなかったが、Yb 施設、Yf 施設、Yi 施設では保育室内の湿気やカビの臭い、子どものアレルギーの増加等が指摘されていた。現在、幼稚園児・小児の気管支喘息やアトピー性皮膚炎等のアレルギー疾患の有症率は増加傾向[69]にあり、上記のような雨天時には、保育室内の相対湿度も高まりやすく、アレルギーであるカビの発生も危惧される[70]。そのため、中間季においても雨天時には、室内相対湿度の調整に配慮することが子どもの健康のために必要であると考えられる。

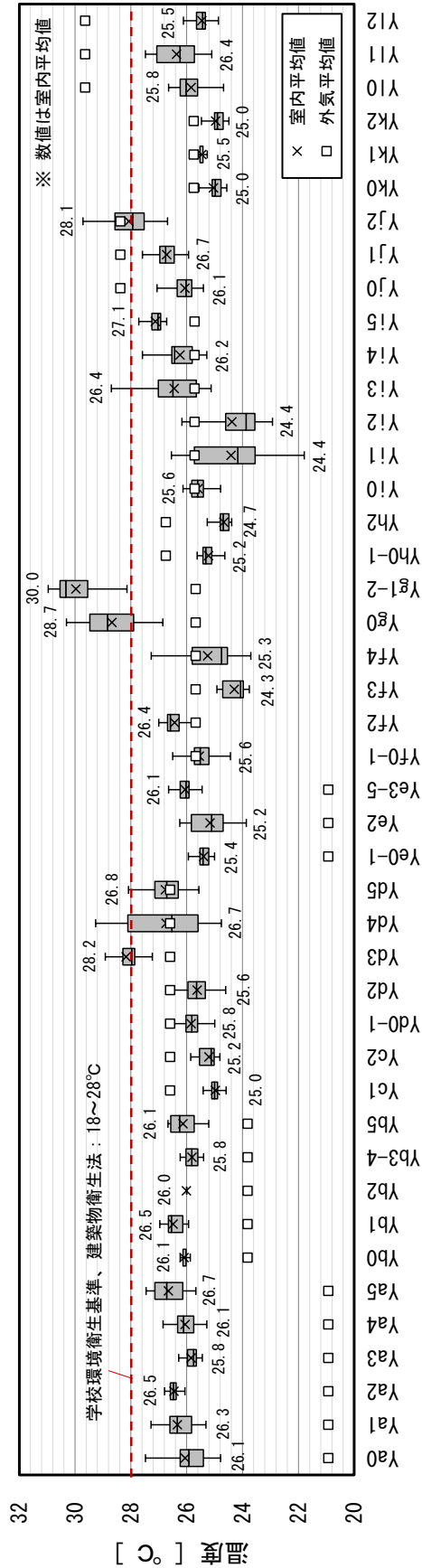


図 2-42 中間季における各保育室の温度 (箱ひげ図)

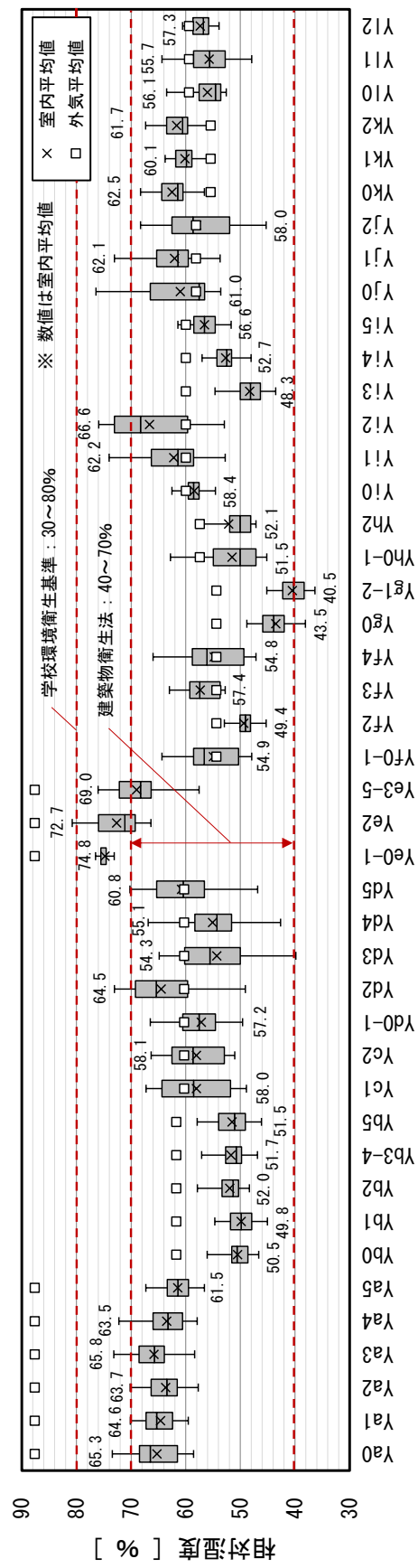


図 2-43 中間季における各保育室の相対湿度 (箱ひげ図)

2. 3. 2 中間季の室内 CO<sub>2</sub> 濃度と TVOC の実態

図 2-44 より、平均室内 CO<sub>2</sub> 濃度の最低値は Yg0 の 493ppm、最高値は Yd2 の 1336ppm であった。低い値を示した Yg 施設は本章 1 節で指摘した通り、窓開け換気を主とする環境調整方針であったため、最も外気 CO<sub>2</sub> 濃度<sup>注7)</sup>に近い値となっている。一方で高い値を示した Yd 施設は、窓開け換気と機械換気を併用していたが、保育室の担当保育者によって換気行為が異なっていた。そのため、最も窓開けの頻度が少なく、かつ換気設備を間欠運転していた Yd2 は、CO<sub>2</sub> 濃度が高い結果となった。このような個室型である Yd 施設、Ye 施設、Yf 施設、Yi 施設では、保育室間の CO<sub>2</sub> 濃度差がワンルーム型と比べて大きく、担当保育者の違いによる換気行為の影響が窺えた。また、適合率は、学校環境衛生基準（1500ppm）で 97.6%、建築物衛生法（1000ppm）で 70.6%であった（表 2-3）。この結果は、窓開け換気の実施が容易となる中間季においても、建築物衛生法で求められる 1000ppm 以下の実現が困難であることを示す結果であると言える。

次に TVOC を測定した施設のうち、Yf 施設、Yh 施設、Yi 施設、Yj 施設の 4 施設は、厚生労働省の指針値である 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を下回っていた（図 2-44）。しかし、Yh 施設においては、CO<sub>2</sub> 濃度が 1000ppm を超えているため、換気が十分であるとは言い難く、そもそもの VOC 発生源が少なかったことが推察される。また、指針値を大幅に超過した Yd 施設と Yk 施設では、VOC の発生源として、エタノールを主成分とするアルコール消毒剤を、机拭き等の清掃作業において高頻度で使用していたこと、ならびに薬品の使用後に窓開け換気を実施していないことが理由として考えられた。そのため、アルコール消毒剤等の薬品を使用した後は、窓開け換気によって空気を入れ換える必要があると言える。これは、現在のコロナ禍のように、感染症対策としてアルコール類の使用が顕著になる時期には、特に配慮が必要であると思われる。

表 2-3 温湿度及び CO<sub>2</sub> 濃度の各種基準への適合率

分類	学校環境衛生基準		建築物衛生法	
	基準値	適合率	基準値	適合率
温度	18～28℃	93.0%	18～28℃	93.0%
相対湿度	30～80%	100%	40～70%	91.1%
CO <sub>2</sub> 濃度	1500ppm	97.6%	1000ppm	70.6%

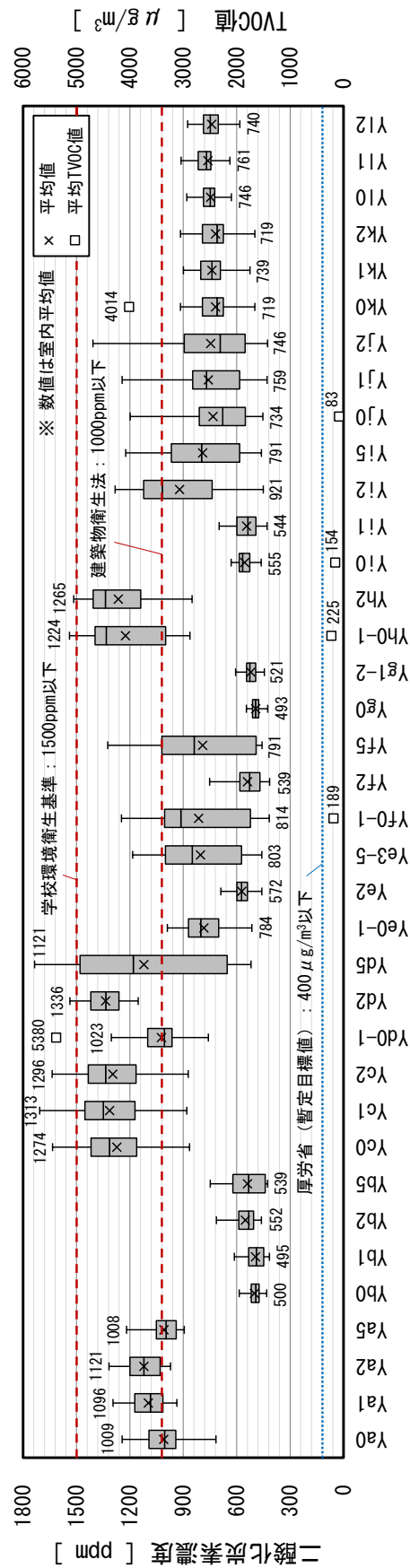


図2-44 中間季における各保育室のCO<sub>2</sub>濃度とTVOC値（箱ひげ図）

### 2. 3. 3 換気行為の状況と保育施設の類型化

前項にて、保育室内の温熱・空気環境は保育者の換気行為の影響を大きく受けることが確認された。そこで、各園の換気行為の状況を整理した結果を表 2-4 に示す。まず、前節 2 項でも指摘したように Ya 施設、Yc 施設、Yl 施設の 3 施設は、排煙窓以外に自由に開放できる開口部を有していない状況であった。さらに、建物管理者側から、排煙窓を用いた窓開け換気が禁止されている事実も確認された。この理由として、Ya 施設と Yl 施設では、排煙窓が法的に常時閉鎖と定められていることや、過去に排煙窓のワイヤーが故障したことがあり、その故障防止のために日常利用を禁ずるというものであった。Yc 施設は、過去に排煙窓を開けたまま放置したことがあり、翌日に大雨で保育室内が浸水し、保育運営に大きな支障が出た経緯から、通例的に禁止されているという上記 2 園とは異なる理由であった。また、窓開け換気が実施可能ではあるが、外部環境や防犯の都合上、窓開け換気を実施しないという方針の施設が Yh 施設、Yk 施設の 2 施設存在した。この両園が立地する環境（前章 2 節参照）を鑑みると、保育施設の設計段階で配慮する必要があると言える。

また、機械換気設備の使用を保育活動の内容で調整して、間欠運転するという施設も Yc 施設、Yd 施設、Yf 施設、Yg 施設の 4 施設確認された。特に Yc 施設に関しては、窓開け換気が自由に実施できないことが上記で確認されたことから、機械換気設備は 24 時間運転することが空気環境の観点では望ましい。しかし、夏季冬季には換気設備から流入してくる外気が保育者にとって不快であることから、特に換気設備を使用しないとの回答が得られ、施設設計者の意図と相反した利用状況であることが確認された。

以上のように都市部に多くみられる複合型の保育施設では、施設管理や立地環境等の影響によって、換気行為の自由度が顕著に低いことが明らかであり、保育室内の環境にも影響を及ぼしている。そこで、実測調査時に記入を依頼したアンケート結果を基に、在園時間の半分以上を窓開け換気する施設を「窓開け換気型」、窓開け換気をしない・実施出来ない施設を「機械換気型」、窓開け換気（在園時間の半分以下）と機械換気を併用していた施設を「併用型」として分類した（表 2-4）。

表 2-4 各保育施設の換気行為の状況と施設分類

	窓開け換気の実施状況		機械換気設備の 使用状況	環境調整行為による 施設分類
	制限の有無	実施状況		
Ya	あり	実施なし	常時運転	機械換気型
Yb	なし	実施あり（常時）	常時運転	窓開け換気型
Yc	あり	実施なし	間欠運転	機械換気型
Yd	なし	実施あり	間欠運転	併用型
Ye	なし	実施あり	常時運転	併用型
Yf	なし	実施あり	間欠運転	併用型
Yg	なし	実施あり（常時）	間欠運転	窓開け換気型
Yh	なし	実施なし	常時運転	機械換気型
Yi	なし	実施あり	常時運転	併用型
Yj	なし	実施あり（半分以上）	常時運転	窓開け換気型
Yk	なし	実施なし	常時運転	機械換気型
Yl	あり	実施なし	常時運転	機械換気型

※ 窓開け換気を保育時間の半分以上実施している施設を窓開け換気型、窓開け換気が禁止もしくは未実施の施設を機械換気型、それ以外を併用型として分類した

## 2. 4 考察

前節にて、保育室内の温熱・空気環境の実態と都市部の保育施設の換気行為の状況を把握し、保育施設を類型化することが出来た。本節では、類型化した保育施設の特徴や施設形態、保育区分、保育者の換気意識等が保育室内環境に及ぼす影響について考察する。

### 2. 4. 1 換気行為が室内温熱・空気環境に及ぼす影響

#### 2. 4. 1. 1 窓開け換気型の保育施設の特徴

窓開け換気型の代表例として、図 2-42 で最も室温が高かった Yg 施設を選定し、室温の経時変化を図 2-45 に示す。外気温は 24～27℃程度で推移しているものの、室温は Yg0、Yg1-2 とともに 30℃に到達する時間帯が存在している。中でも、Yg1-2 の方が高い室温を示し、午睡中（12：30～14：50）は常時 30℃を超える結果となっている。これは、西側のルーフバルコニーからの照り返しの影響だと考えられる（図 2-26）。そのため、エアコンを使用せずに、窓開け換気を主とする環境調整方針では、中間季においても室温が高い可能性がある。そして、このような施設は Yg 施設以外にも存在している可能性があり、熱中症の発症リスクについても検討する必要がある。特に乳幼児は、大人に比べて体温調節機能が十分に備わっていない[71]ため、特段の配慮が必要であると言える。

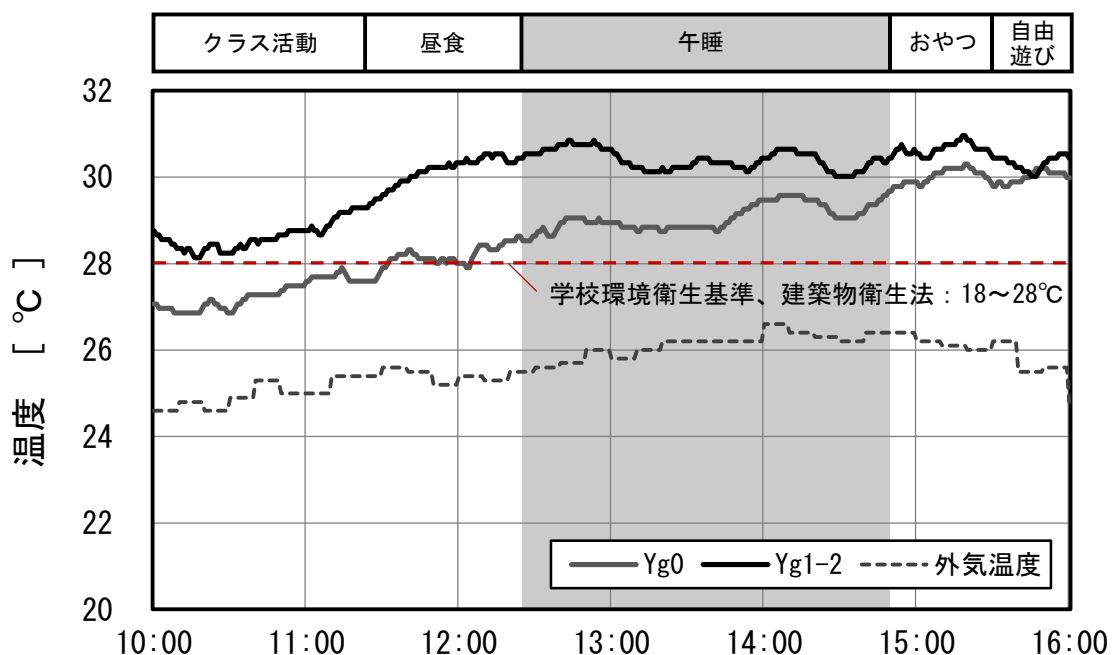


図 2-45 窓開け換気型の室内温度の経時変化（Yg 施設を例に）



#### 2. 4. 1. 2 機械換気型の保育施設の特徴

機械換気型の代表例として、図 2-44 で CO<sub>2</sub> 濃度が高かった Ya 施設、Yc 施設、Yh 施設を選定し、特徴的であった保育室の CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化を図 2-46 に示す。Ya2 では、1 日を通して概ね 1000ppm を超える結果となっていた。活動強度の低い午睡時間に最も CO<sub>2</sub> 濃度が減少し 1000ppm 程度となったものの、午睡後には CO<sub>2</sub> 濃度がすぐに上昇した。これは、換気量が不足している可能性に加え、Ya 施設の換気設備の位置が影響していると考えられる。図 2-9 に示すように、排気口は隣接するトイレ・沐浴室等に 7 つ設置されており、保育室には 1 つのみである。このトイレ・沐浴室への扉は、引き戸であり指はさみ防止用の隙間が設けられているが、基本は閉鎖状態である。そのため、第 1 種換気であるものの給気口から排気口までの換気経路を遮る扉の影響が大きく、空気が十分に交換されなかったと推察される。

Yc1 では、1 日を通して常時 CO<sub>2</sub> 濃度が上昇傾向にあり、15 時には 1500ppm を超える結果となった。アンケートでは、換気設備の使用を保育活動によって調整しているとの回答であったが（表 2-4）、実際には実測日に換気設備を使用していなかった。換気設備を使用しなかった理由としては、「使用するのを忘れていた」、「給気口から流入する外気が不快であるため、日常的な使用を避けていた」等の回答が保育者から得られた。当該施設は天井高さが 3.8m と高く、室容積が大きいこと CO<sub>2</sub> 濃度の上昇が 1500ppm 程度に留まったと考えられる。しかし、窓開け換気の実施が建物管理者から原則禁止されているため、空気環境の観点では換気設備の使用が必要であるとともに、保育者の意識と行動の乖離を解決すべきとも言える。

Yh2 では、散歩に行く時間帯に CO<sub>2</sub> 濃度が減少し 1000ppm を下回るものの、子どもが在室している時間帯には 1000ppm を超え、活動強度の低い午睡中にも 1400ppm 程度であった。Yh 施設の給気口は保育室に設置されているが、排気口は保育室上部のトイレ、洗面にしか存在しない（図 2-29）。そのため、Ya 施設の考察で記述したように、排気口を有する室は扉（引き戸）で閉じられているため、換気経路が十分に確保されていないことが影響していると考えられる。特に Yh 施設の一部の扉は、アンダーカットやガラリ、指はさみ防止用の隙間等が存在せず、ほとんど閉ざされている状況であった。さらには、第 3 種換気であるため、排気側が十分に機能しない際に、給気側の換気量が著しく減少し、CO<sub>2</sub> 濃度が高くなったと推察される。

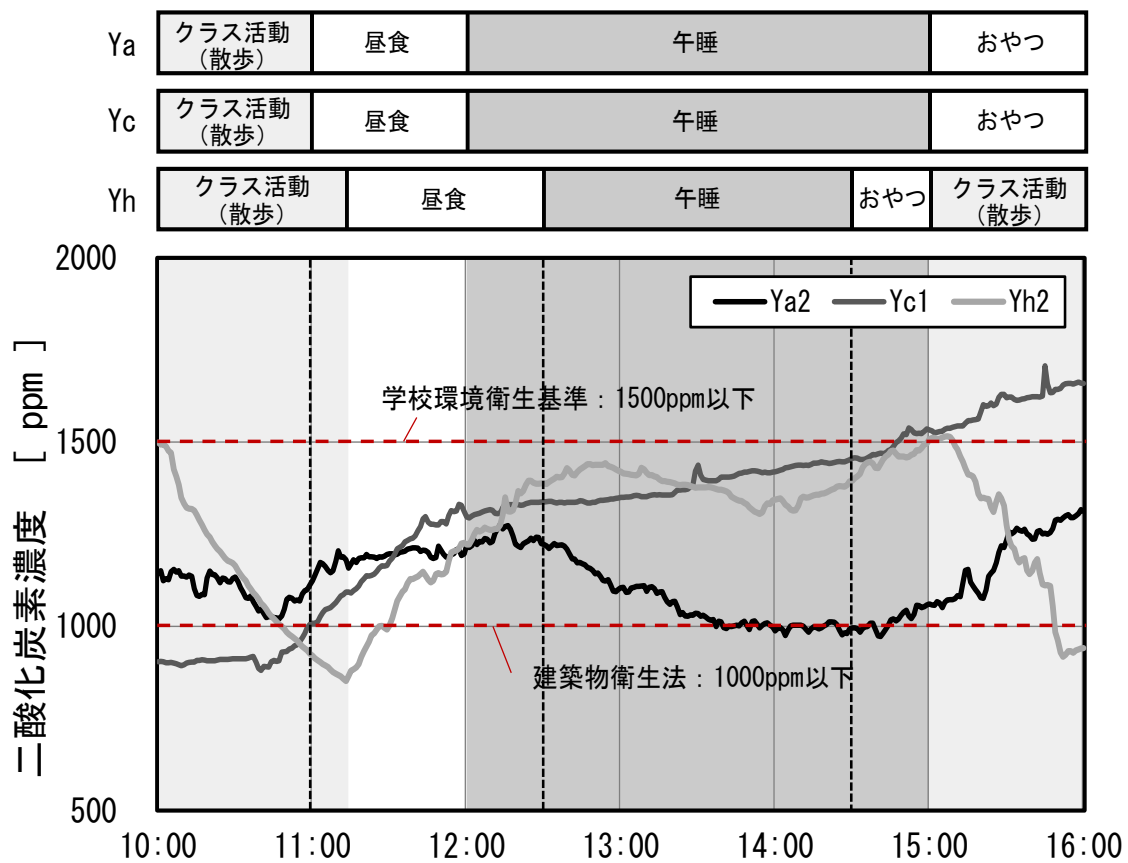
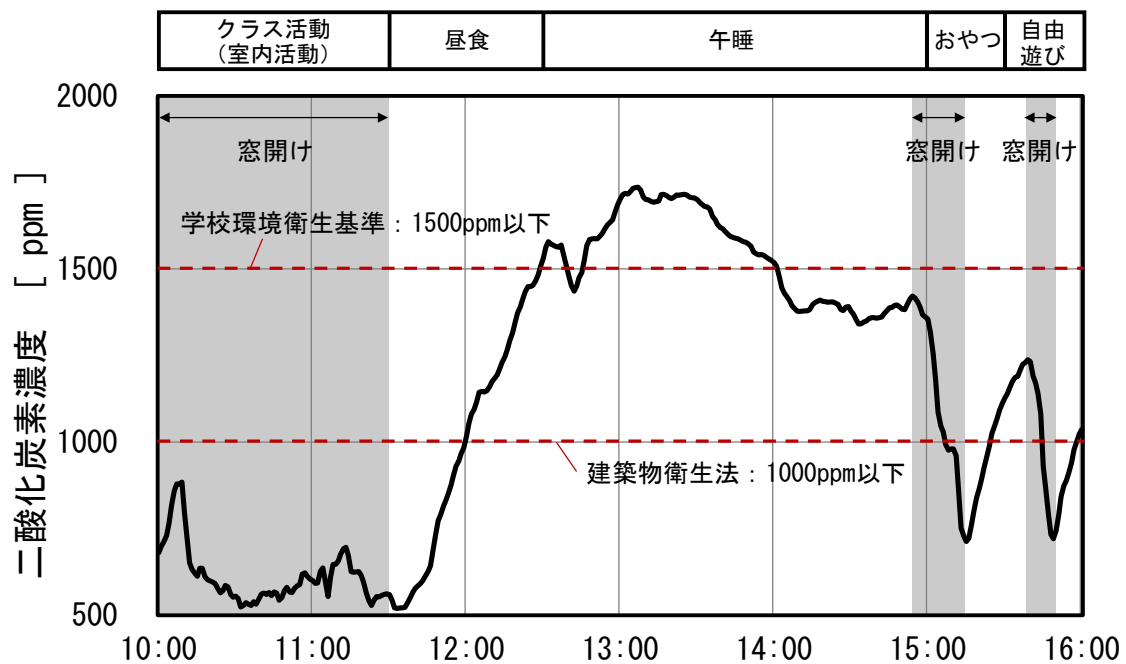


図 2-46 機械換気型の CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化 (Y<sub>a</sub>, Y<sub>c</sub>, Y<sub>h</sub> 施設を例に)

## 2. 4. 1. 3 併用型の保育施設の特徴

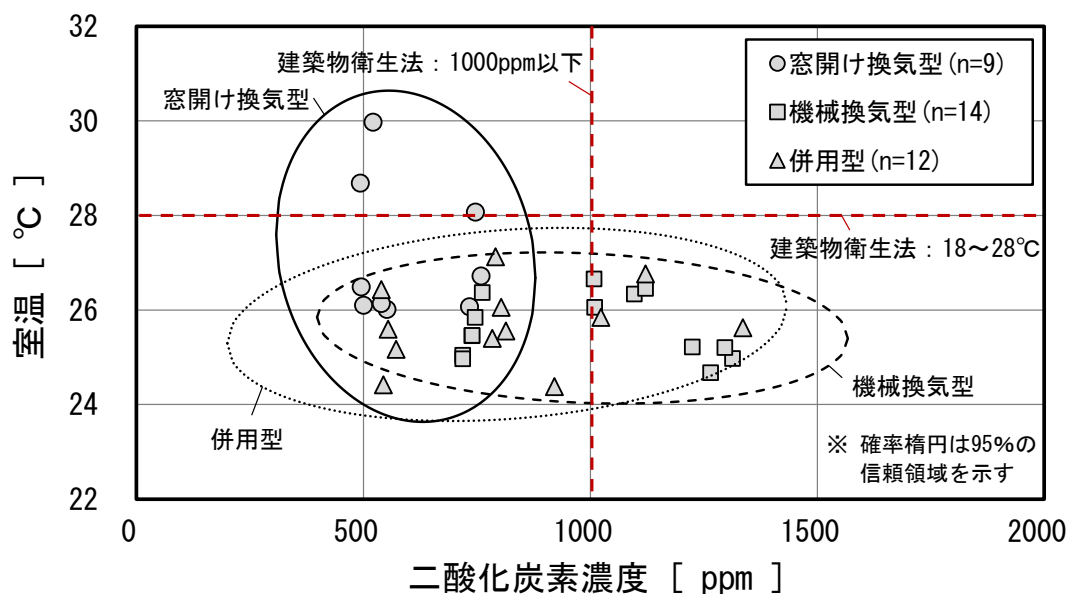
併用型の代表例として、図2-44でCO<sub>2</sub>濃度の変動が最も大きかったYd施設を選定し、特徴的であったYd5のCO<sub>2</sub>濃度の経時変化を図2-47に示す。Yd5では、クラス活動時に窓開け換気を実施していたため、CO<sub>2</sub>濃度が600ppm程度であった。しかし、昼食時にはCO<sub>2</sub>濃度が急激に上昇し、13時頃には1700ppmに達した。午睡時には、緩やかにCO<sub>2</sub>濃度が減少したものの、1000ppmを超えていた。15時、15時半頃に実施した窓開け換気によって1000ppmを下回る時間帯もみられたが、すぐに上昇する傾向が確認された。このことから、5歳児のような活動強度の高い年齢児室では、CO<sub>2</sub>濃度の変動が大きくなると考えられる。図2-44からも、5歳児かつ個室型であるYf5とYi5のCO<sub>2</sub>濃度の変動幅は、大きいことが確認できる。

図2-47 併用型のCO<sub>2</sub>濃度の経時変化 (Yd施設を例に)

## 2. 4. 1. 4 都市部の保育施設が抱える温熱・空気環境の課題整理

換気行為別の温熱・空気環境の課題点を整理するために、保育室毎の平均  $\text{CO}_2$  濃度と室温の関係を図 2-48 に示す。なお、同図には 95% 確率楕円を併せて表記している。窓開け換気型は、 $\text{CO}_2$  濃度が 500~700ppm 程度であるものの、室温は  $28^\circ\text{C}$  を超える室も存在し、確率楕円の分布が縦に大きいことが窺える。そのため、窓開け換気型の保育施設の場合、空気環境は良好であるものの、熱中症への配慮は別途必要である。また、コロナ禍では窓開け換気が積極的に実施されるようになったため、このような課題を抱えている保育施設は増加していると推察される。機械換気型では、室温が  $25\sim 26^\circ\text{C}$  と良好であるものの、 $\text{CO}_2$  濃度が 1000ppm を超える保育室が半数以上存在し、確率楕円の分布は横に大きいことが確認できる。そのため、機械換気型の保育施設の場合、中間季においても空気環境の課題が顕著である。併用型では、一部  $\text{CO}_2$  濃度が高い室が存在するため、確率楕円の分布は機械換気型と同様である。しかし、併用型は、窓開け換気の実施が可能であるため、 $\text{CO}_2$  濃度が高まりやすい時間帯を適切に把握できれば、解決が図れると考えられる。

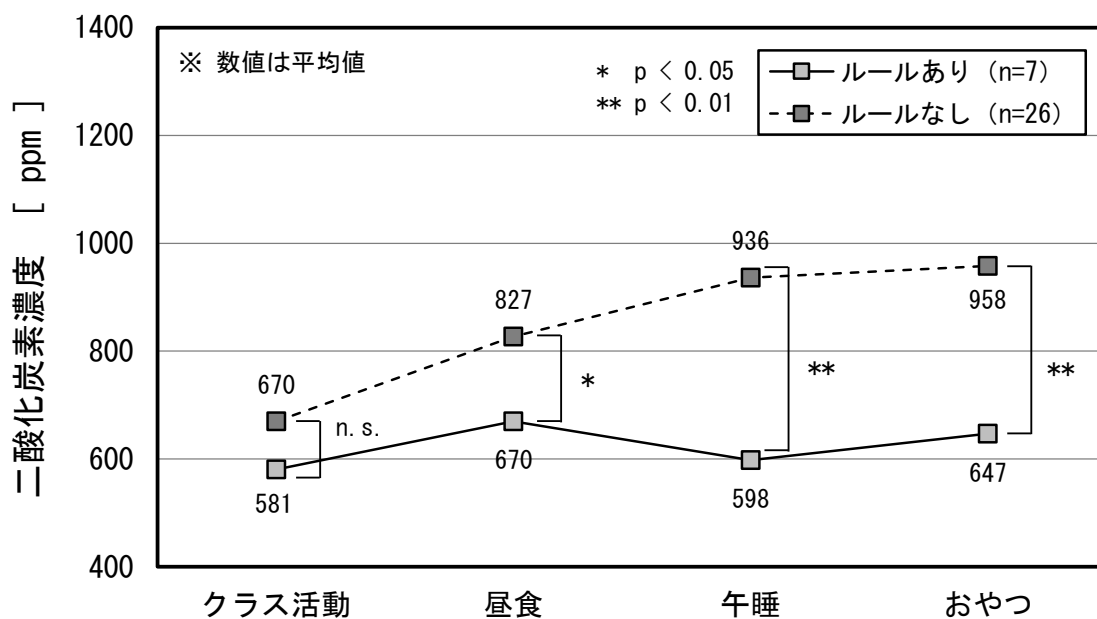
次に、換気行為別の  $\text{CO}_2$  濃度及び室温の平均値で有意差検定 (Welch の t 検定) を実施した<sup>注8)</sup>。その結果、窓開け換気型—機械換気型、窓開け換気型—併用型において、有意差 ( $p < 0.05$ ) がみられ、換気行為は保育室の温熱・空気環境の形成に影響していると言える。しかし、本結果は、換気行為の自由度が高い中間季の結果であるため、冷暖房の使用等で窓の開閉が少なくなる夏季・冬季には深刻化する可能性が高いと考えられる。

図 2-48 保育室の平均  $\text{CO}_2$  濃度と温度の関係 (換気行為別)

## 2. 4. 2 換気意識が室内空気環境に及ぼす影響

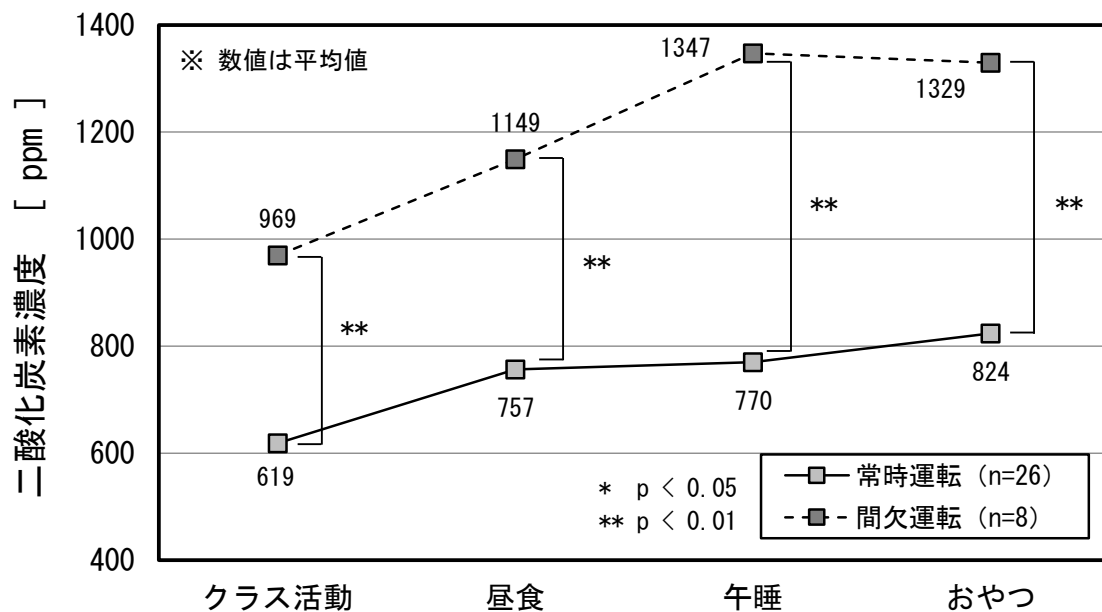
## 2. 4. 2. 1 保育施設の窓開けルールの影響

保育施設によっては、窓の開閉や換気設備の使用方法にルールが設けられている場合があり、この施設の換気ルールが保育者の換気行為に影響し、室内空気環境を形成していると考えられる。そこで、保育施設の施設代表者から回答を得たアンケート結果[6]と実測結果の双方から分析を行い、室内空気環境に及ぼす影響を定量的に把握する。図2-49は、窓開けのルール別におけるCO<sub>2</sub>濃度の平均値を保育活動別に示したものであり、横軸は保育活動を4分類<sup>注9)</sup>して示している。なお、窓開け換気の実施不可に対する「ルールあり」という回答は分析から除いている。その結果、ルールなしの施設では保育活動が進むにつれ、CO<sub>2</sub>濃度が増加傾向である一方で、ルールありの施設では、CO<sub>2</sub>濃度が概ね横ばいであった。また、ルールありの群は、ルールなしの群と比べて、昼食 ( $p < 0.05$ )、午睡 ( $p < 0.01$ )、おやつ ( $p < 0.01$ ) の時間帯にCO<sub>2</sub>濃度が有意に低くなった。そのため、窓開けのルールは、保育者の換気行為に対して、効果的に影響していると考えられる。

図2-49 窓開けのルール別におけるCO<sub>2</sub>濃度の変化

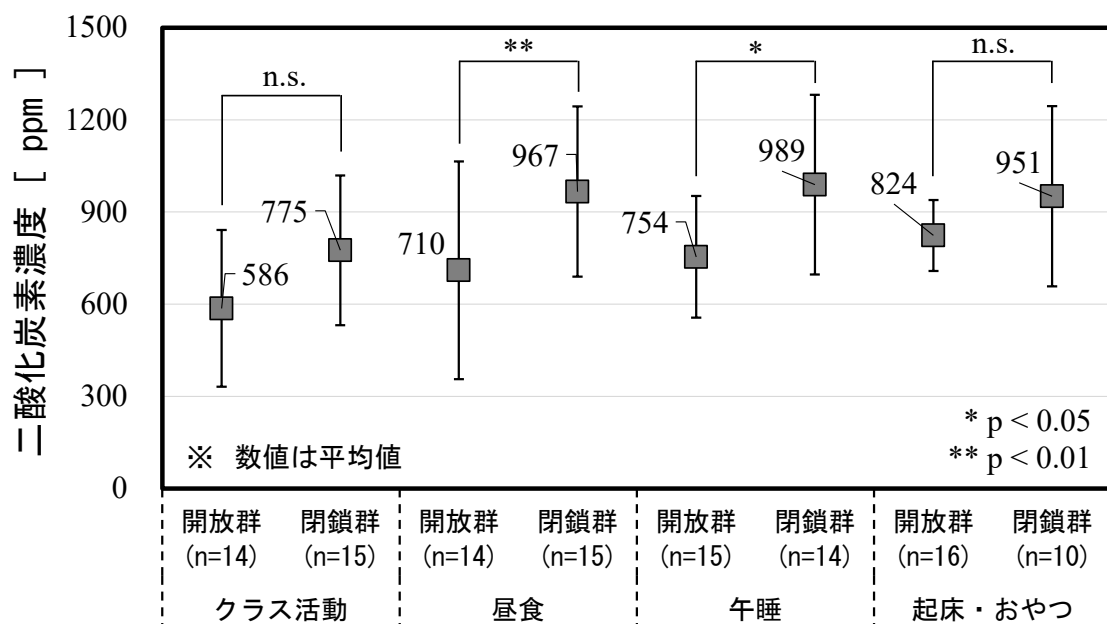
## 2. 4. 2. 2 保育施設の換気設備の運転方針の影響

次に、換気設備の運転方針別における  $\text{CO}_2$  濃度の平均値を図 2-50 に示す。その結果、換気設備を常時運転している群よりも、間欠運転をしている群において、 $\text{CO}_2$  濃度の上昇が大きいがことが窺える。また、常時運転の群は、間欠運転の群と比べて、いずれの時間帯においても  $\text{CO}_2$  濃度が有意 ( $p < 0.01$ ) に低くなり、350~577ppm の差がみられた。表 2-4 で指摘したように、換気設備を間欠運転する場合、使用すること自体を失念する可能性も図 2-46 で確認されたため、特段の理由がない限りは換気設備を常時運転させることが空気環境の維持管理をする上で、大切であると言える。

図 2-50 換気設備の運転方針別における  $\text{CO}_2$  濃度の変化

## 2. 4. 2. 3 窓開け換気に対する意識の影響

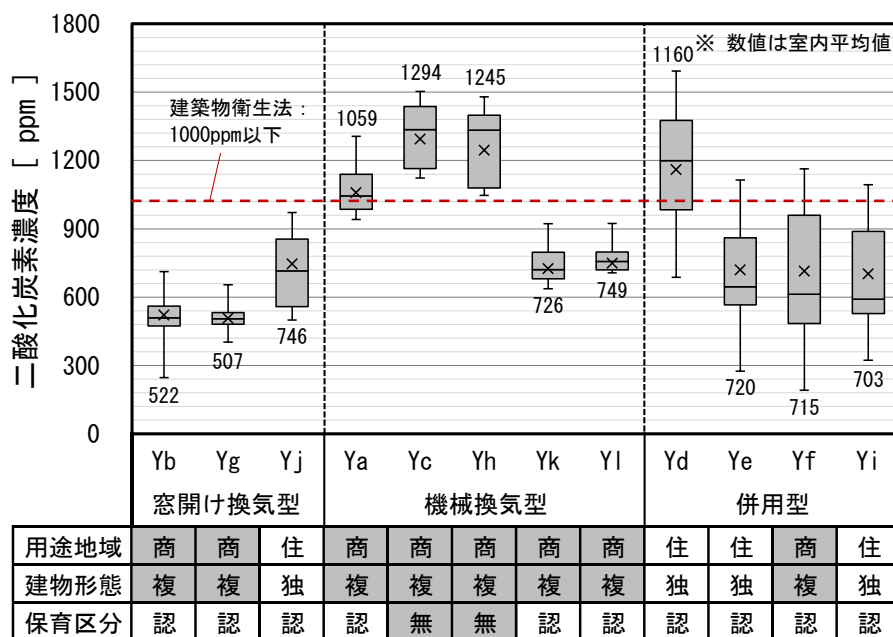
図 2-49、図 2-50 では、施設の換気ルールが室内空気環境に及ぼす影響を確認できた。特に図 2-49 では、保育施設の窓開けルールが保育者の意識に作用している可能性が考えられたため、ここでは、保育者（0～2 歳児担当）から回答を得たアンケート結果[6]を基に、窓の開閉に関して、開けない・1 分未満を閉鎖群、1～10 分・10 分以上を開放群として分類し、保育活動別の CO<sub>2</sub> 濃度の平均値を図 2-51 に示す。その結果、昼食・午睡の時間帯において閉鎖群と開放群で差がみられ、開放群で有意に CO<sub>2</sub> 濃度が低くなった。したがって、保育施設の換気ルールや保育者自身の窓開け換気に対する意識は、窓を開放することにより有益に働いており、この換気意識によって CO<sub>2</sub> 濃度の低減に作用していることが定量的に明らかとなった。

図 2-51 窓開けの開放群・閉鎖群における CO<sub>2</sub> 濃度の平均値 (±SD)

## 2. 4. 3 保育室内環境に影響を及ぼすその他の要因検討

前節までに換気行為や保育者の換気意識が、室内空気環境に影響していることが確認された。この換気行為は、表 2-4 で指摘したように、保育施設によって制限が設けられる場合がある。また、アンケート結果[6]からは、窓の開閉が複合型の保育施設で少なく、この複合型が商業系地域に多く開設していることが明らかとなっている。つまり、この換気行為の制限は、保育施設の開設する用途地域<sup>注4)</sup>や建物形態が大きく影響していると予想される。そこで、図 2-52 に換気行為別の CO<sub>2</sub> 濃度（箱ひげ図）と用途地域・建物形態の一覧を併せて示す。その結果、用途地域（商業系地域－住居系地域）、建物形態（独立型－複合型）では、CO<sub>2</sub> 濃度の平均値に有意差はみられなかった＜付録 I＞が、空気環境の課題を有する機械換気型の施設は、いずれも商業系地域ならびに複合型の保育施設であることが確認された。データ数は少ないものの、商業系地域に複合型として開設する場合は、換気行為が制限され、空気環境の課題が生じる可能性が窺えた。また、機械換気型の保育施設のうち 2 施設は無認可であり、認可と比べて、有意（ $p < 0.05$ ）に CO<sub>2</sub> 濃度が高い傾向もみられたため、保育施設の設置基準や運営の影響も考えられる。したがって、上記の影響を明らかにするためには、引き続きデータを収集していく必要がある。

## ＜付録 I＞ 保育施設の建築的影響の検討

図 2-52 換気行為別における各保育施設の CO<sub>2</sub> 濃度（箱ひげ図）



## 2. 5 小括

本章では、横浜市の保育施設を対象とした中間季の実測調査を実施し、室内温熱・空気環境の実態を把握した。その結果、換気行為から窓開け換気型、機械換気型、併用型と3種類に保育施設を類型化することが出来た。窓開け換気型では温熱環境の課題、機械換気型と併用型では空気環境の課題を有することが確認された。これは、現在のコロナ禍を踏まえるとコロナ対策による窓開け換気の敢行による熱中症リスクについても配慮が求められる結果と言える。また、保育者の換気意識と空気環境の関係を分析した結果、窓開けのルールや換気設備の運転方針の存在がCO<sub>2</sub>濃度の低下に有意に影響していたことを定量的に明らかにした。さらに、保育施設の立地環境と室内環境との因果関係の可能性もみられたが、この点についてはデータ数が不足したため今後の検討課題である。

### 注釈

- 注3) 機器の測定精度は、温度で±0.5℃、相対湿度で±5%RH、CO<sub>2</sub>濃度で±50ppm±読み値の5%、TVOCで表示値の±5%±1デジットである。
- 注4) 都市計画法で定められた14の用途地域を既報[6]にて、「住居系地域」、「準住居系地域」、「商業系地域」、「工業系地域」に4分類したため、この分類に準じて分析を実施した。
- 注5) 外気で測定した温湿度は自然通風方式を採用して測定を行ったが、気象庁のデータ（気象庁は強制通風方式）との差が2℃程度生じており、日射による放射影響等を最小限に出来なかったと考えられるため、気象庁のデータを用いることとした。
- 注6) 学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値に適合している割合を「適合率」として定義した。適合率は、10時～16時に測定した保育施設の全データを母数に算出を行った。
- 注7) 外気CO<sub>2</sub>濃度の測定は、Yc施設を除いた11施設で実施した。一部施設では、窓開け換気に伴う室内側からの流出の影響や機械設備の排気の影響がみられた。そのため、上記の影響がみられなかった7施設（Yb施設、Yf施設、Yg施設、Yh施設、Yi施設、Yj施設、Yl施設）の値を平均化して外気CO<sub>2</sub>濃度の代表値として用いることとした。5施設の平均CO<sub>2</sub>濃度は428.9ppmであったため、本論文の分析では430ppmを都市部の外気CO<sub>2</sub>濃度の代表値として採用している。
- 注8) 本研究における有意差検定はいずれも同一の手法（Welchのt検定）であり、有意水準は5%未満とする。
- 注9) 2章4節で示した換気行為別におけるCO<sub>2</sub>濃度の経時変化は、保育活動によって異なる傾向を示していたため、クラス活動、昼食、午睡、おやつの時間帯に分類して分析を行った。活動時間については、各保育施設の保育プログラムに準じて分類している。

### 参考文献 ー第2章ー

- [6] 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也: 都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究, 人間と生活環境, Vol. 27, No. 2, pp. 85-93, 2020
- [17] こども家庭庁: 保育所における感染症対策ガイドライン 2018 年度改訂版, 2023
- [68] 気象庁: 過去のデータ検索 (最終閲覧日: 2023. 10. 25)
- [69] 厚生労働省 厚生科学審議会疾病対策部会: リマウチ・アレルギー対策委員会報告書, p. 17, 2011
- [70] 小峯裕己, 小座野貴弘, 末永義明, 長谷川永: 住宅室内のカビ汚染と防止に関する研究 その 1 人工的な汚れのある建材上へ湿性カビ 4 種類が発生しにくい温湿度範囲の特定, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 61, No. 484, pp. 33-41, 1996
- [71] 井上芳光: 子どもと高齢者の熱中症予防策, 日本生気象学会雑誌, Vol. 41, No. 1, pp. 61-66, 2004

## 第 3 章

### 都市部の保育施設が抱える 換気の問題点の整理

### 3. 1 はじめに

前章では、横浜市の保育施設で中間季の実測調査を実施し、室内温熱・空気環境の実態を把握し、換気行為別に環境要素の課題点を明らかにした。その一因として、換気設備の換気量不足が予想されたため、本章では換気量の分析から都市部の保育施設が抱える換気の問題点を整理する。また、夏季・冬季は中間季と比べ外気温度が高温・低温になり、換気行為が少なくなる[6]。そこで、前章の結果に加えて、2011年～2022年に横浜市の保育施設で実施した実測データ[10, 12, 55]と併せてメタ的分析を行い、幅広く問題点の把握を試みる。

### 3. 2 分析方法

#### 3. 2. 1 本研究で用いる換気指標について

換気に関する指標として、換気量や換気回数等が挙げられる。換気量は一人当たり  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ 、換気回数は住宅の居室等で  $0.5 \text{ 回/h}$  以上、それ以外で  $0.3 \text{ 回/h}$  以上が求められており、建築基準法の基準値として定められている。しかし、いずれの指標も汚染源として設定している物質が異なる。換気量では、人の呼気に含まれる  $\text{CO}_2$  の除去<付録D>を目的としており、換気回数では、建材から発生するホルムアルデヒドの除去[72]を目的に基準値が定められている。また、空気調和・衛生工学会規格の SHASE-S 102-2011[73]では、建築物衛生法の  $\text{CO}_2$  濃度  $1000\text{ppm}$  を設計基準濃度とし、必要換気量を  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  と算定している。この値は、昨今の新型コロナウイルスの影響を踏まえて、感染症対策の換気方法としても厚生労働省から推奨されている[15]。なお、SHASE-S 102 は 2023 年 5 月に改訂され、設計基準濃度は ASHRAE 基準に基づいた外気濃度+ $700\text{ppm}$  となっているが、必要換気量は変わらずに  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  が示されている[74]。換気回数についても、厚生労働省から  $2.0 \text{ 回/h}$  以上が推奨されている[15]が、これは建築基準法で想定していたホルムアルデヒドの除去が算定根拠ではない。WHO の換気基準の根拠として用いられている「結核とはしかの拡散[75]」と「換気回数が毎時 2 回未満の診療室[76]」の間に、関連がみられたことを参照し、算定根拠としている[77]。

上述したように、法基準等で用いられている換気指標はいくつか存在するが、算定根拠は様々である。前章では、 $\text{CO}_2$  濃度の実測値を用いて各園の換気状況を示し、換気設備の換気量不足の可能性について言及した。本章では、保育活動によって  $\text{CO}_2$  呼出量が増加する点についても取り扱い、1 章 1 節 3 項に記載した身体活動量の影響を検討する。したがって、本研究では  $\text{CO}_2$  濃度を基にした換気量を用いて換気の問題点を整理することとした。

### 3. 2. 2 分析対象とする横浜市の保育施設

本章で換気量の分析対象とする保育施設は表 3-1 に示す 21 園である。表 2-1 に示した 12 園に、9 園を加えたものである。調査を実施した時期は、中間季が 19 園、夏季が 2 園、冬季が 3 園であった（重複する施設も含む）。なお、いずれの保育施設も 2 章 2 節 1 項に示した同一の測定手法を用いているため、測定方法については本項では割愛する。

同表より施設形態は、独立型が 8 施設、複合型が 13 施設であり、複合型が多くなった。保育室形態は、個室型が 8 施設、ワンルーム型が 13 施設であり、ワンルーム型が多くなった。そのため、都市部の保育施設では、アンケート結果[6]からも窺える通り、複合型・ワンルーム型の保育施設が多いことが再確認された。開設年は、2010 年以降が 18 施設、それ以前が 4 施設であり、最も新しい園が 2018 年（3 園）、最も古い園が 1998 年（1 園）であった。建物構造は、RC 造が 13 施設、SRC 造が 4 施設、木造が 4 施設であった。複合建築物がビルやマンションが多かったため、RC 造が最も多くなっていた。階数は 1、2 階に立地することが多く、18 施設が占めていた。換気システムは、第 1 種換気が 8 施設、第 3 種換気が 9 施設、不明が 4 施設（いずれも過去の調査[10, 12, 55]）であった。

### 第3章 都市部の保育施設が抱える換気の問題点の整理

表 3-1 分析対象とする保育施設の概要一覧

ID	Facility type	Room type	Establishment year	Structure	Floor	Ventilation method	Room ID	Age	Number of children**	Number of nursery teacher**	Room area [m <sup>2</sup> ]	Ceiling height [m]	Survey period
A	Complex-type	One-room type	2014	RC	1st /3rd	-	A1-2	1-2	23	8	89.6	2.5	Aug. 2018 (1day)
B	Complex-type	Individual-room type	2011	RC	1st /3rd	-	B0-1	0-1	8	4	38.2	2.5	Aug. 2018 (1day)
C*	Independent-type	Individual-room type	2011	Wood	1st-2nd /2nd	Class 3	C0-1	0-1	18 (14)	6 (6)	69.8	2.5	1st: Dec. 2017 (1day)
							C2	2	16 (16)	3 (3)	52.7		2nd: Sep. 2018 (1day)
D	Complex-type	One-room type	2011	RC	2nd /2nd	-	D0	0	6 (6)	3 (3)	37	3.5	1st: Dec. 2017 (1day)
							D1	1	14 (14)	4 (4)	48.3		2nd: Sep. 2018 (1day)
							D2	2	12 (12)	4 (4)	60.8		2nd: Sep. 2018 (1day)
E	Independent-type	Individual-room type	2005	Wood	1st /2nd	Class 3	E0-1	0-1	8	4	25.1	2.5	Sep. 2018 (1day)
F	Independent-type	Individual-room type	2018	Wood	1st /3rd	-	F0-1	0-1	7	4	25	2.5	Sep. 2018 (1day)
H	Complex-type	One-room type	2010	RC	1st /3rd	Class 3	H1	1	7	1	15.6	2.6	Oct. 2011 (2day)
							H2	2	5	1	11.2		Oct. 2011 (2day)
I	Complex-type	One-room type	2012	RC	1st /5th	Class 3	I0	0	7	3	25.2	2.6	Nov. 2011 (2day)
							I1	1	13	3	25.3		Nov. 2011 (2day)
							I2	2	12	4	23.9		Nov. 2011 (2day)
T	Independent-type	One-room type	2013	RC	1st /1st	Class 3	T0	0	7	3	20.2	2.6	Nov. 2011 (2day)
							T1	1	12	3	44.7		Nov. 2011 (2day)
							T2	2	11	3	27.5		Nov. 2011 (2day)
Ya	Complex-type	One-room type	2011	RC	3rd /4th	Class 1	Ya0	0	7 (9)	3 (3)	34.6	2.8	1st: Sep. 2019 (1day)
							Ya1	1	16 (16)	5 (4)	50.9		1st: Sep. 2019 (1day)
							Ya2	2	12 (16)	4 (4)	43.7		2nd: Jan. 2022 (21day)
							Ya3	3	21 (22)	2 (3)	48.6		2nd: Jan. 2022 (21day)
							Ya4	4	21 (20)	2 (2)	45.5		2nd: Jan. 2022 (21day)
Yb	Complex-type	One-room type	2018	RC	3rd-5th /5th	Class 3	Yb0	0	6	3	21.4	2.4	Sep. 2019 (1day)
							Yb1	1	10	3	34.8		Sep. 2019 (1day)
							Yb2	2	12	3	28.0		Sep. 2019 (1day)
							Yb3-4	3-4	28	2	57.0		Sep. 2019 (1day)
							Yb5	5	14	1	28.5		Sep. 2019 (1day)
Yc	Complex-type	One-room type	2018	RC	1st /29th	Class 1	Yc0	0	15	3	41.5	3.8	Sep. 2019 (1day)
							Yc1	1	12	3	46.7		Sep. 2019 (1day)
							Yc2	2	9	2	34.3		Sep. 2019 (1day)
Yd	Independent-type	Individual-room type	2015	RC	1st-3rd /3rd	Class 1	Yd0-1	0-1	12	5	73.5	2.4	Sep. 2019 (1day)
							Yd2	2	9	3	31.0		Sep. 2019 (1day)
							Yd3	3	10	1	34.2		Sep. 2019 (1day)
							Yd4	4	11	1	35.2		Sep. 2019 (1day)
							Yd5	5	10	2	31.3		Sep. 2019 (1day)
Ye	Independent-type	Individual-room type	2012	SRC	1st-2nd /2nd	Class 1	Ye0-1	0-1	21	8	80.8	2.4	Sep. 2019 (1day)
							Ye2	2	13	3	34.9		Sep. 2019 (1day)
							Ye3-5	3-5	42	5	119.9		Sep. 2019 (1day)
Yf	Complex-type	Individual-room type	2013	RC	1st-2nd /6th	Class 1	Yf0-1	0-1	11	6	52.5	2.5	Sep. 2019 (1day)
							Yf2	2	10	3	44.5		Sep. 2019 (1day)
							Yf3	3	13	2	37.1		Sep. 2019 (1day)
							Yf4	4	13	1	47.4		Sep. 2019 (1day)
							Yf5	5	13	1	54.3		Sep. 2019 (1day)
Yg	Complex-type	One-room type	1998	RC	3th /3th	Class 3	Yg0	0	3	2	32.0	2.4	Sep. 2019 (1day)
Yh	Complex-type	One-room type	2018	RC	1st /6th	Class 3	Yg1-2	1-2	16	6	62.5	2.4	Sep. 2019 (1day)
							Yh0-1	0-1	7	5	23.4		Sep. 2019 (1day)
Yi	Independent-type	Individual-room type	2012	SRC	1st-2nd /2nd	Class 1	Yh2	2	4	1	27.8	2.6	Sep. 2019 (1day)
							Yi0	0	6	2	32.4		Sep. 2019 (1day)
							Yi1	1	8	3	30.0		Sep. 2019 (1day)
							Yi2	2	10	3	29.7		Sep. 2019 (1day)
							Yi3	3	12	2	30.1		Sep. 2019 (1day)
Yj	Independent-type	One-room type	2018	Wood	1st-2nd /2nd	Class 3	Yi4	4	12	1	30.1	2.6	Sep. 2019 (1day)
							Yi5	5	12	1	29.6		Sep. 2019 (1day)
							Yj0	0	5	2	26.5		Sep. 2019 (1day)
							Yj1	1	9	3	26.5		Sep. 2019 (1day)
							Yj2	2	10	3	26.5		Sep. 2019 (1day)
Yk	Complex-type	One-room type	2007	SRC	1st-2nd /7th	Class 1	Yk0	0	5	2	37.7	2.6	Sep. 2019 (1day)
							Yk1	1	6	2	28.3		Sep. 2019 (1day)
							Yk2	2	7	2	34.7		Sep. 2019 (1day)
Yl	Complex-type	One-room type	2014	SRC	2nd /11th	Class 1	Yl0	0	6	2	21.4	2.4	Sep. 2019 (1day)
							Yl1	1	7	2	24.8		Sep. 2019 (1day)
							Yl2	2	8	2	21.3		Sep. 2019 (1day)

\* This facility is located in Kamakura City, adjacent to Yokohama City, and is shown for reference.

\*\* The numbers in parentheses are at the time of the second survey.

### 3. 2. 3 換気量の推定方法

本章では、実測調査で得られた  $\text{CO}_2$  濃度の値を用いて換気量の算出を試みる。これは、実測で得られた  $\text{CO}_2$  濃度の値をトレーサガスとし、瞬時一様拡散を仮定して推定するものである。換気量の推定方法は、表 3-2 に示すように、空気調和・衛生工学会規格 SHASE-S 116[78] にて様々な方法が示されており、主に濃度減衰法、連続発生法、一定濃度法の3種類のトレーサガス測定法に大別される。今回は、 $\text{CO}_2$  濃度の実測値を用いるため、図 2-46、図 2-47 に示した  $\text{CO}_2$  濃度の経時変化や発生源に関する特徴を踏まえた上で推定方法を選定する必要がある。具体的には、保育室内において  $\text{CO}_2$  の発生源となるのは、保育者と子どもの呼気であり、これは連続的に発生するものである。そのため、3種類のトレーサガス測定法の中で、連続発生法による推定が適切であると言える。また、同図より、保育活動によって  $\text{CO}_2$  濃度の値が変化していることが窺えるため、換気量の時間的変化に対応できる必要がある。そのため、これらを踏まえると、今回の推定方法として最も適切なものは、連続発生法の逆数濃度平均法であると確認できる（表 3-2）。この逆数濃度平均法は、連続発生法で唯一換気量の変動が許容されている（式 1、式 2）。

各パラメータの設定は以下の通りである。 $\text{CO}_2$  発生量 ( $m$ ) は、次項で算出する  $\text{CO}_2$  呼出量 ( $\text{PCO}_2$ ) を用いた（式 3）。室内  $\text{CO}_2$  濃度 ( $C_i$ ) は、図 2-46、図 2-47 に示したように保育活動毎で  $\text{CO}_2$  濃度の傾向に差がみられたため、保育活動毎の実測平均値を採用した。なお、測定開始時点 ( $C_i(t_1)$ )、測定終了時点 ( $C_i(t_2)$ ) の  $\text{CO}_2$  濃度も保育活動の開始・終了時としている。外気  $\text{CO}_2$  濃度 ( $C_o$ ) は、2章の実測結果から得られた 430ppm<sup>注7)</sup>を都市部の外気  $\text{CO}_2$  濃度の代表値とした。有効混合容積 ( $V_{\text{emz}}$ ) は、保育室もしくは保育エリアの室容積とした。

表 3-2 換気量の推定方法と適用条件等について[78]

測定法		適用条件					測定対象	
		初期のみ室内濃度を 一様にできる	常時室内濃度を 一様にできる	平均排気濃度 が測定できる	有効混合容積が 既知である	換気量の時間変 化が無視できる	換気量又は 換気回数	換気量変動 への適用性
濃度減衰法	濃度減衰二時点法	—	○	—	—	—	換気回数	△
	濃度減衰多時点法	—	○	—	—	○	換気回数	■
	ステップダウン排 気濃度法	○	—	○	—	○	換気回数	■
	パルス法	—	—	○	—	○	換気量	■
(供給) 連続発生 法	逆数濃度平均法	—	○	—	○	—	換気量	△
	濃度平均法	—	○	—	○	○	換気量	■
	定常濃度法	—	—	○	—	○	換気量	■
一定濃度法		—	○	—	—	—	換気量	△

**注記 1** 上記以外に有効混合容積と換気量を同時に求める断続発生（供給）法がある。附属書 B 参照。  
**注記 2** 測定対象の中で、“換気回数”を対象とするものでも、有効混合容積が既知であれば、それと測定された換気回数を乗じることで換気量に換算可能である。  
**注記 3** “○”は各方法を用いて測定対象量を測定するための必要条件を表し、“—”は必要条件でないことを示す。  
**注記 4** “換気量変動への適用性”の部分における“△”は測定法の前提となる基礎方程式が換気量の時間変化を許容しているので、一定の適用妥当性があることを示す。“■”は測定法の前提となる基礎方程式が、換気量が一定であることを想定しているので、適用困難であることを意味する。

・ 逆数濃度平均法

$$\overline{Q} = \left( \frac{m}{C_i - C_o} \right) + \frac{V_{emz}}{t_2 - t_1} \cdot \log_e \frac{C_i(t_1) - C_o}{C_i(t_2) - C_o} \quad \cdots \quad (\text{式 1})$$

$$\left( \frac{m}{C_i - C_o} \right) = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{m(t)}{C_i(t) - C_o} dt \quad \cdots \quad (\text{式 2})$$

【凡例】

$\overline{Q}$  : 時間平均換気量 [m<sup>3</sup>/h]                       $m$  : CO<sub>2</sub> 発生量[m<sup>3</sup>/h]  
 $C_i$  : 室内 CO<sub>2</sub> 濃度 [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]                       $C_o$  : 外気 CO<sub>2</sub> 濃度 [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]  
 $V_{emz}$  : 有効混合容積 [m<sup>3</sup>]  
 $t$  : 時刻 ( $t_1$  : 測定開始時点、 $t_2$  : 測定終了時点) [h]

**備考** : 有効混合容積内の濃度分布を常に一様とし、測定開始時点から終了時点までの時間平均換気量を求める方法である。換気量は測定期間中一定である必要はないが、測定中の瞬時濃度、瞬時トレーサガス発生（供給）量、有効混合容積の値が必要となる。



3. 2. 4 CO<sub>2</sub>発生量の推定方法

前項の逆数濃度平均法を用いるためには、式1、2に示したパラメータの情報が必要であり、 $m$ ：CO<sub>2</sub>発生量を除いては、実測値や建物情報から得られる情報である。このCO<sub>2</sub>発生量については、田島らの提案式[79]（以下、田島式）を用いて算出した（式3）。なお、当該式は、20代が中心となる被験者から得られた呼気の実測値（酸素消費量、二酸化炭素排出量）から算定されたものである。性別や年齢による代謝量の違いについても説明変数として加味されているものの、女性が多い保育者や身体特性が大きく異なる幼児へ適用する際の精度には課題が残る。したがって、この点については4章にて検討する。

式3のパラメータとなる体表面積（ $Ad$ ）は、2019年の国民健康・栄養調査[80]及び2010年の厚生労働省の乳幼児身体発育調査[81]で示されている年齢別の平均体重と身長（表3-3、表3-4）を用いて、藤本らの提案する体表面積の推定式[82]を用いて算出した。また、身体活動量（ $Met$ ）は、2章の実測調査時に幼児・保育者の観察調査も併せて実施しており、その時の保育活動の運動強度に応じて値を設定した（表3-5）。年齢係数（ $Ca$ ）と性別係数（ $Cg$ ）については田島らが提案している値を用いた。なお、保育者の平均年齢は、賃金構造基本統計調査[83]より、男女合計で36.7歳、男性で31.9歳、女性で37.0歳となっている。そのため、30～39歳を保育者の平均年齢として設定した。各項目の詳細を次頁に示す。

$$PCO_2 = 1.601 \times 10^4 (60.63 \times Ad \times Met \times Ca \times Cg) \quad \cdots \quad (\text{式3})$$

## 【凡例】

$PCO_2$ ：呼気中のCO<sub>2</sub>呼出量 [m<sup>3</sup>/h]

$Ad$ ：体表面積 [m<sup>2</sup>]

$Met$ ：身体活動量 [-]  
(= METs)

$Ca$ ：年齢係数 [-]

$Cg$ ：性別係数 [-]

## ・Ad（体表面積）について

体表面積は、測定値ではなく推定値を用いる。2019年の国民健康・栄養調査[80]及び2010年の厚生労働省の乳幼児身体発育調査[81]で示されている年齢別の平均体重及び身長を用いて、藤本らの提案する体表面積の推定式を用いて算出した[82]。なお、国民健康・栄養調査には、0歳児の身長及び体重のデータが存在しないため、0歳児のデータについては乳幼児身体発育調査で公開されている0歳児の各月における身長及び体重のデータを平均化し、0歳児の代表値として採用している<付録J>。また、田島らの論文中では、高比良の推定式[84]を用いていたものの、当該式は年齢差が加味されていないことから、藤本らの式を用いることとした。

算出した平均体重及び平均身長について、男性を表3-3、女性を表3-4に示す。なお、保育者の平均年齢は、2019年の賃金構造基本統計調査[83]より、男女合計で36.7歳、男性で31.9歳、女性で37.0歳となっていたため、30～39歳を保育者として設定した。その結果、子どもの身長と体重は、0～5歳の時点では性差はほとんどないことが窺える。一方で、大人の差は顕著であり、近年は男性保育士も増加傾向であるため、今後はその点についても検討が必要だと考えられる。

表3-3 男性の平均体重と平均身長

年齢	平均体重 (W)	平均身長 (H)
0歳児	7.6	66.7
1歳児	10.3	79.6
2歳児	12.2	89.0
3歳児	13.8	95.6
4歳児	16.4	103.7
5歳児	18.2	110.5
保育士(0歳)	70.0	171.5
保育士(1歳)	70.0	171.5
保育士(2～5歳)	70.0	171.5

表3-4 女性の平均体重と平均身長

年齢	平均体重 (W)	平均身長 (H)
0歳児	7.1	65.3
1歳児	9.7	76.6
2歳児	12.3	88.2
3歳児	13.9	95.7
4歳児	16.5	102.9
5歳児	17.7	107.5
保育士(0歳)	54.3	158.2
保育士(1歳)	54.3	158.2
保育士(2～5歳)	54.3	158.2

[<付録J> 0歳児の平均的な身長・体重の算出](#)

#### ・METs（身体活動量）について

##### ①代謝率（Metabolic rate: Met）

生体が生命を維持するのに要する最小の代謝量を「基礎代謝量（Basal metabolic rate: BMR）」といい、これは空腹時に仰臥して安静状態にある時のエネルギー代謝量である。個人差はあるものの、成人1日当たりの基礎代謝量は、日本人で1530 [kcal] (6404 [kJ])とされている[85]。そして、人の活動強度を示す指標の一つである「代謝率（Metabolic rate: Met）」は、体表面積の法則（恒温動物の酸素消費量や基礎代謝量は、体重ではなく、体表面積に比例して増加する）に基づいて、A. P. Gagge が提唱した単位である[86, 87]。1 [Met]は日常生活で最も頻度の高い着席安静時におけるエネルギー代謝量  $50 \text{ [kcal/m}^2 \cdot \text{h]}$  ( $58.2 \text{ [W/m}^2]$ ) を基本単位として定義している。また、この際の発熱量は、一般的な体表面積  $1.8 \text{ [m}^2]$  と仮定した場合、概ね100Wの電球と同等である。この代謝率は、式4に示すように「活動時代謝量（Energy expenditure: EE）」を、基準となる着席安静時代謝量  $58.2 \text{ [W/m}^2]$  で除した値であり、どの程度の活動強度なのかを比率として示すものである[88]。しかし、この分母となる安静時代謝量は、アメリカ人の標準体格がモデルとなっている（身長177.4cm、体重77.1kg、体表面積  $1.8 \text{ m}^2$  を想定）ため、日本で適用するには課題が残る。

##### ②身体活動量（Metabolic equivalents: METs）

そのため、現在は国際的に「身体活動量（Metabolic equivalents: METs）」という指標が一般的に用いられている。これは、対象者の「安静時代謝量（Resting metabolic rate: RMR）」を基にした指標であり、活動時代謝量（EE）を除して、身体活動の強度を比率で示している（式5）。現在は、運動不足の解消やメタボリックシンドローム予防という健康増進の観点で、身体活動量の指針も提示されており[89]、最も世間に浸透している指標と言える。

##### ③エネルギー代謝率（Relative metabolic rate: RMR'）

また、エネルギー代謝率（Relative metabolic rate: RMR'）という指標もあり、活動時代謝量（EE）から基礎代謝量（BMR）を減ずることで、エネルギー代謝の比率を示す指標である（式6、式7）。1章1節3項で述べた現行の換気基準で想定している活動量は、このエネルギー代謝率が用いられている。

・活動量に関する数式

$$Met = \frac{EE}{58.2} \quad \dots \quad (\text{式 4})$$

$$METs = \frac{EE}{RMR} \quad \dots \quad (\text{式 5})$$

$$RMR' = 1.2 \cdot (METs - 1.0) \quad \dots \quad (\text{式 6})$$

$$RMR' = \frac{EE - RMR}{BMR} \quad \dots \quad (\text{式 7})$$

【凡例】

Met (Metabolic rate)	: 代謝率 [-]※
METs (Metabolic equivalents)	: 身体活動量 [-]
EE (Energy expenditure)	: 活動時代謝量 [W/m <sup>2</sup> ]
RMR (Resting metabolic rate)	: 安静時代謝量 [W/m <sup>2</sup> ]
RMR' (Relative metabolic rate)	: エネルギー代謝率 [-]
BMR (Basal metabolic rate)	: 基礎代謝量 [W/m <sup>2</sup> ]

※ 標準体格：身長177.4cm、体重77.1kg、体表面積1.8m<sup>2</sup>を想定

前述したように活動量を示す指標は複数存在していることが確認され、どの指標を用いるかについては検討が必要である。特に、安静時代謝量とエネルギー代謝率の英語略称の表記は同一であることから、学術論文等においても混乱が生じやすいものと考えられる。そのため、本論文ではエネルギー代謝率を RMR' とした背景がある。

本論文では、田島式[79]の活動量のパラメータで身体活動量が採用されていることから、身体活動量 (METs) を採用することとした。また、当該指標は最も広く浸透している指標であり、かつ近年は加速度センサにて測定が可能にもなっていることから汎用性があると考えられる。そして、換気量の推定に用いる値としては、2章の実測調査時に実施した幼児・保育者の観察調査の様子から、国立健康・栄養研究所の示している「身体活動のメッツ (METs) 表[90]」の値を参照し、保育活動毎に値を設定した (表 3-5)

表 3-5 子ども・保育者の身体活動量の設定値

年齢	クラス活動	昼食	午睡	おやつ
0歳児	1.5	1.5	1	1.5
1歳児	2.5	2	1	2
2歳児	4	2	1	2
3歳児	4	2	1	2
4歳児	4	2	1	2
5歳児	4	2	1	2
保育者（0歳）	2.5	2	1.3	3
保育者（1歳）	2.5	2	1.3	2
保育者（2-5歳）	3	2	1.3	2

## ・Ca 年齢係数及びCg 性別係数について

年齢係数 (Ca) と性別係数 (Cg) については田島らが提案している値を用いた[79]。なお、保育者の平均年齢は、賃金構造基本統計調査[83]より、男女合計で 36.7 歳、男性で 31.9 歳、女性で 37.0 歳となっている。そのため、30～39 歳を保育者の平均年齢として設定した。なお、性別係数については、表 3-6 に示す基礎代謝量の値の比が用いられている。

表 3-6 年齢別の基礎代謝量

年齢	男性				女性	
	基礎代謝基準値 [kcal/kg/日]	参照体重 [kg]	基礎代謝量 [kcal/日]	基礎代謝基準値 [kcal/kg/日]	参照体重 [kg]	基礎代謝量 [kcal/日]
1～2	61.0	11.5	700	59.7	11.0	660
3～5	54.8	16.5	900	52.2	16.1	840
6～7	44.3	22.2	980	41.9	21.9	920
8～9	40.8	28.0	1140	38.3	27.4	1050
10～11	37.4	35.6	1330	34.8	36.3	1260
12～14	31.0	49.0	1520	29.6	47.5	1410
15～17	27.0	59.7	1610	25.3	51.9	1310
18～29	23.7	64.5	1530	22.1	50.3	1110
30～49	22.5	68.1	1530	21.9	53.0	1160
50～64	21.8	68.0	1480	20.7	53.8	1110
65～74	21.0	65.0	1400	20.7	52.1	1080
75以上	21.5	59.6	1280	20.7	48.8	1010

### 3. 3. 分析結果

#### 3. 3. 1 季節別の室内温湿度の実態

本節では、換気量分析に入る前段階として、まず基本情報となる環境データを整理し、季節影響を確認する。実測期間中における各保育室の温度、相対湿度の箱ひげ図を図 3-1、図 3-2 にそれぞれ示す。図 3-1 より、平均室内温度の最低値は Ya1（冬季）の 18.9℃、最高値は Yg1-2（中間季）の 30.0℃であった。大まかな室温分布をみると、24～26℃の温度帯に収まる中間季・夏季の結果と 19～24℃の温度帯に収まる中間季・冬季の結果の 2 つに分かれる傾向がみられた。本調査における中間季というのは、夏季と冬季の間の秋季のことを指しており、換気行為はみられるものの、夏季に近い気候と冬季に近い気候の 2 つがみられた影響と考えられる。また、学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値を参考にした際の適合率<sup>注6)</sup>を表 3-7 に示す。温度の基準値への適合率は、中間季で 94%、夏季で 100%、冬季（コロナ前）で 95%、冬季（コロナ禍）で 93%であった。夏季・冬季のサンプル数は少ないものの、室温に関しては季節による差はほとんど生じないことが確認された。また、冬季のコロナ前後で、若干ながらコロナ禍の方で適合率が減少したのは、窓開け換気によって、外気の冷気が侵入した影響だと推察される。

次に図 3-2 より、平均室内相対湿度の最低値は D1（冬季）の 32.6%、最高値は E0-1（中間季）の 75.3%であった。大まかな湿度分布をみると、室温よりも分布範囲が広いことが視覚的にも確認できる。特に冬季は低湿域、夏季は高湿域で推移しており、中間季は天候の影響もあるが低湿域から高湿域まで幅広く分布していた。中間季は、箱ひげの四分位範囲が夏季・冬季と比べて大きいと、窓開け換気によって湿度変化が大きかったものと推察される。また、表 3-7 の建築物衛生法（40～70%）への適合率をみると、中間季で 84%、夏季で 80%、冬季（コロナ前）で 2%、冬季（コロナ禍）で 36%であった。この結果から、相対湿度は季節影響が顕著に表れており、特に冬季において調整が困難なものと予想された。また、冬季のコロナ前後で、湿度の適合率に 34%の差がみられたが、これはコロナ禍に調査した施設において、感染症対策の一環として、加湿器を置いて湿度調整していた影響が挙げられる。

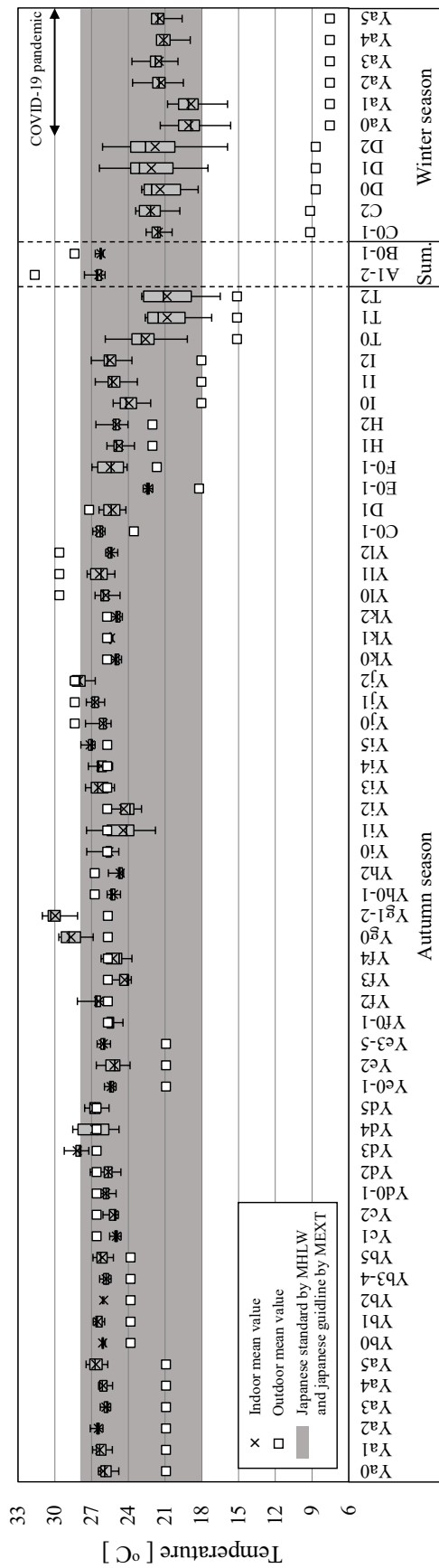


図 3-1 各保育室の温度分布 (箱ひげ図)

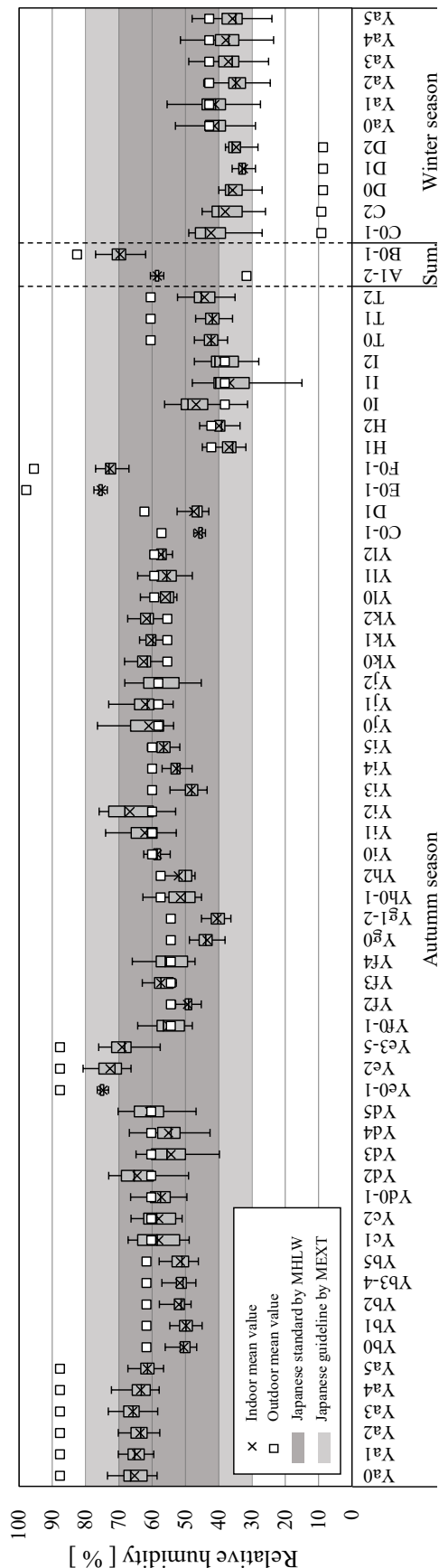


図 3-2 各保育室の相対湿度分布 (箱ひげ図)



### 3. 3. 2 季節別の室内 CO<sub>2</sub> 濃度と TVOC の実態

前項にて、季節による外気候の影響が相対湿度で顕著に生じていることが確認された。本項では、空気環境について確認するために、室内 CO<sub>2</sub> 濃度と TVOC の箱ひげ図を図 3-3 に示す。その結果、平均室内 CO<sub>2</sub> 濃度の最低値は Yg0 (中間季) の 493ppm、最高値は C0-1 (冬季) の 2052ppm で、次いで B0-1 (夏季) の 2040ppm であった。Yg 施設に関しては、2 章でも指摘したように、窓開け換気を主とする調整方針であったため、概ね外気 CO<sub>2</sub> 濃度となっている。一方で高い値を示した C 施設と B 施設は、中間季にはみられなかった高い値を示した。この一因として、C 施設は第 3 種換気にも関わらず給気口を家具で塞いでいたこと、B 施設では外が暑いと園外活動に行かずに室内で活動していたことが挙げられた。そのため、換気経路が確保されなかったことによる影響や、1 日室内に滞在する場合においては換気設備の換気量が不足している可能性が考えられた。前者に関しては季節を問わず、施設利用者が換気設備に対する知識を有するべき事例と言える。後者については、夏季・冬季に園外活動や窓開け換気の実施が少なくなるため、中間季には換気設備の換気量不足が潜在的な課題となっていた施設においても課題が表面化しやすい事柄であると言える。表 3-7 の建築物衛生法 (1000ppm) への適合率をみると、中間季で 68%、夏季で 7%、冬季 (コロナ前) で 53%、冬季 (コロナ禍) で 60% であった。サンプル数は少ないものの、CO<sub>2</sub> 濃度が上昇した理由として季節性のものと考えられるものも確認されたため、空気環境の問題が表面化しやすいと言える。また、温湿度と比べて、全体的に適合率が低いと、保育現場にとって空気環境の管理が最も難しい環境指標であると推察される。

次に図 3-3 右軸の TVOC 値を確認する。2 章の結果に加えて、新たに中間季の C 施設、D 施設、E 施設、F 施設の 4 施設、夏季の A 施設、B 施設の 2 施設、冬季の C 施設、D 施設の 2 施設の結果を加えた。中間季の Yk 施設を除き、夏季・冬季に測定した TVOC 値の方が概して高めの値を示していた。該当園の CO<sub>2</sub> 濃度は高めの傾向を有しているが、そもそもの VOC 発生源が増えたことが一番の理由として挙げられる。例えば、夏季にはノロウイルス、冬季にはインフルエンザといったウイルス性の感染症が蔓延しやすいと、保育施設では感染症対策としてアルコール消毒剤の使用が顕著に増える。そのため、夏季・冬季において保育室で多く利用されるアルコール消毒剤のエタノールに反応し、TVOC 値は高めの傾向を示したと推察される。これは、厚労省の示す目標値 (400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) への適合率 (表 3-7) から、中間季で 45%、夏季・冬季で 0% と明らかな差が確認され窺い知れる。

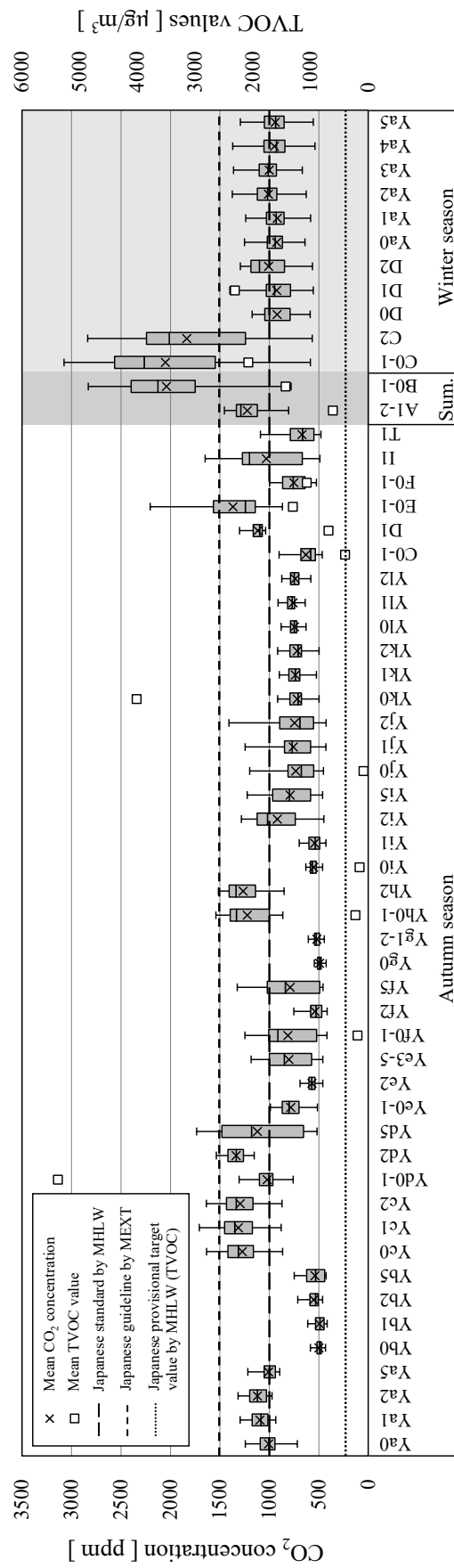


図 3-3 各保育室の CO<sub>2</sub> 濃度と TVOC 値分布 (箱ひげ図)

表 3-7 温湿度及び CO<sub>2</sub> 濃度の各種基準への適合率

Elements	Reference guideline and standard	Target value	Compliance rate			
			Autumn	Summer	Winter*	Winter**
Temperature	The management standard of environmental sanitation for buildings (MHLW) and Management Manual of School Environmental Sanitation (MEXT)	18-28 °C	94%	100%	95%	93%
Relative humidity	Management Manual of School Environmental Sanitation (MEXT)	30-80 %	99%	100%	92%	93%
	The management standard of environmental sanitation for buildings (MHLW)	40-70 %	84%	80%	2%	36%
CO <sub>2</sub> concentration	Management Manual of School Environmental Sanitation (MEXT)	≦ 1500 ppm	97%	59%	100%	100%
	The management standard of environmental sanitation for buildings (MHLW)	≦ 1000 ppm	68%	7%	53%	60%
TVOC	Japanese provisional target value by MHLW	≦ 400 µg/m <sup>3</sup>	45%	0%	0%	-

\* Results extracted only from surveys conducted before the COVID-19 epidemic.

\*\* Only results from Ya facilities conducted after the COVID-19 epidemic were extracted.

### 3. 3. 3 換気行為別の換気量の推定結果

本項では、2章で分類した窓開け換気型、機械換気型、併用型別に、図3-3に示すCO<sub>2</sub>濃度の実測値を用いて、3章2節3項に示した逆数濃度平均法（式1）で保育活動毎<sup>注9）</sup>の換気量（以降、推定換気量）の推定を行った。その結果を図3-4～図3-6に示す。

#### ・窓開け換気型

図3-4より、推定換気量は7～612 m<sup>3</sup>/hと幅広く分布していることが窺える。保育活動毎にみると、クラス活動時に87～612 m<sup>3</sup>/h、昼食時に23～129 m<sup>3</sup>/h、午睡時に10～96 m<sup>3</sup>/h、起床・おやつの時間帯に7～207 m<sup>3</sup>/hとなっており、クラス活動時の推定換気量が最も値が高い。これは、活動量が大きい時間帯のためCO<sub>2</sub>濃度の上昇が見込まれたが、窓開け換気によって上昇が少なかったこと示している。また、Yj施設で昼食以降に推定換気量が減少しているが、これは降雨の影響で窓を閉めたことが影響している。特にYj施設は、第3種換気であるため、適切な換気経路が確保されない場合、換気量が減少しやすいことが分かる。

#### ・機械換気型

図3-5より、推定換気量は3～123 m<sup>3</sup>/hと窓開け換気型と比べて顕著に減少していることが窺える。保育活動毎にみると、クラス活動時に13～84 m<sup>3</sup>/h、昼食時に3～36 m<sup>3</sup>/h、午睡時に3～22 m<sup>3</sup>/h、起床・おやつの時間帯に5～123 m<sup>3</sup>/hであった。特にYa施設、Yc施設、Yh施設、D施設では、建築基準法の20 m<sup>3</sup>/hの値を大きく下回っていることが確認できる。したがって、保育施設のような活動が多岐に渡る施設においては、機械換気設備のみの運用では、換気量が不足することが明らかである。ただし、Yk施設、Yl施設のように機械換気設備の運用のみでも、比較的高い換気量が確保されている事例も確認された。

#### ・併用型

図3-6より、推定換気量は4～348 m<sup>3</sup>/hと窓開け換気型と機械換気型の間程度の換気量であることが窺える。保育活動毎にみると、クラス活動時に7～348 m<sup>3</sup>/h、昼食時に6～81 m<sup>3</sup>/h、午睡時に4～50 m<sup>3</sup>/h、起床・おやつの時間帯に4～105 m<sup>3</sup>/hであった。併用型のみ夏季・冬季の結果を有していることから、当該時期も多少の窓開け換気は実施されていることが窺えるものの、午後には推定換気量は20 m<sup>3</sup>/hを下回る施設がほとんどである。また、Ye施設とD施設では、昼食、午睡時に推定換気量が20 m<sup>3</sup>/hを下回ったが、起床・おやつの時間帯に換気量の増加がみられ、午睡後の窓開けによって改善されたことが確認された。

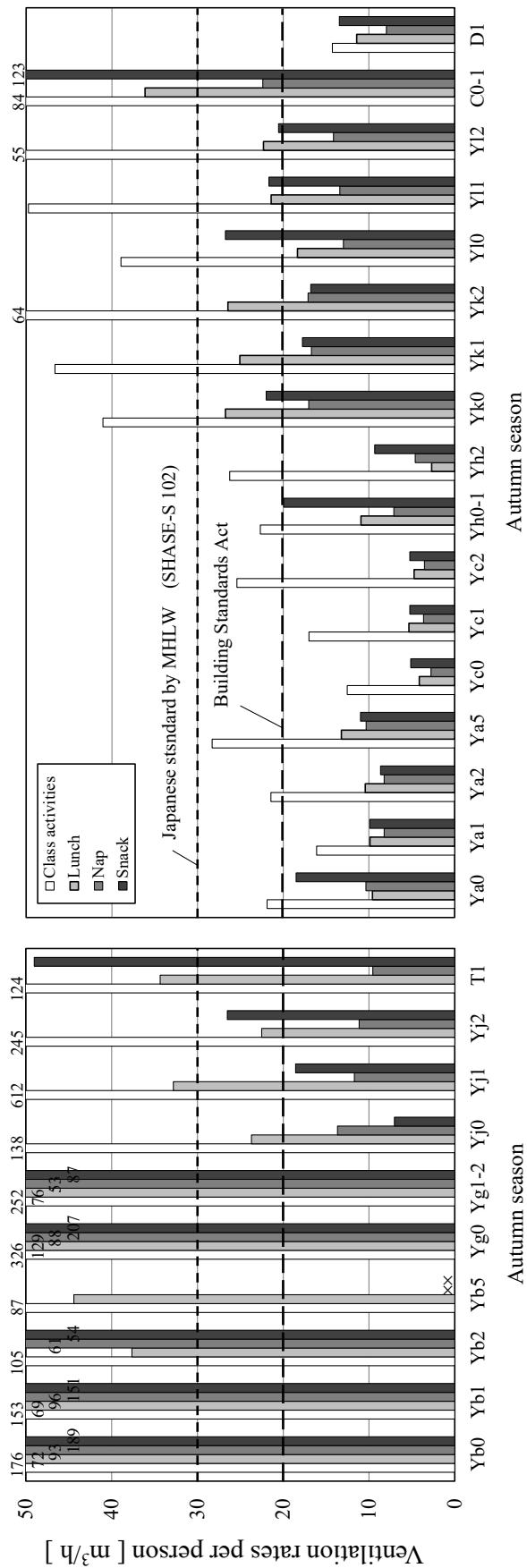


図 3-4 窓開け換気型の推定換気量

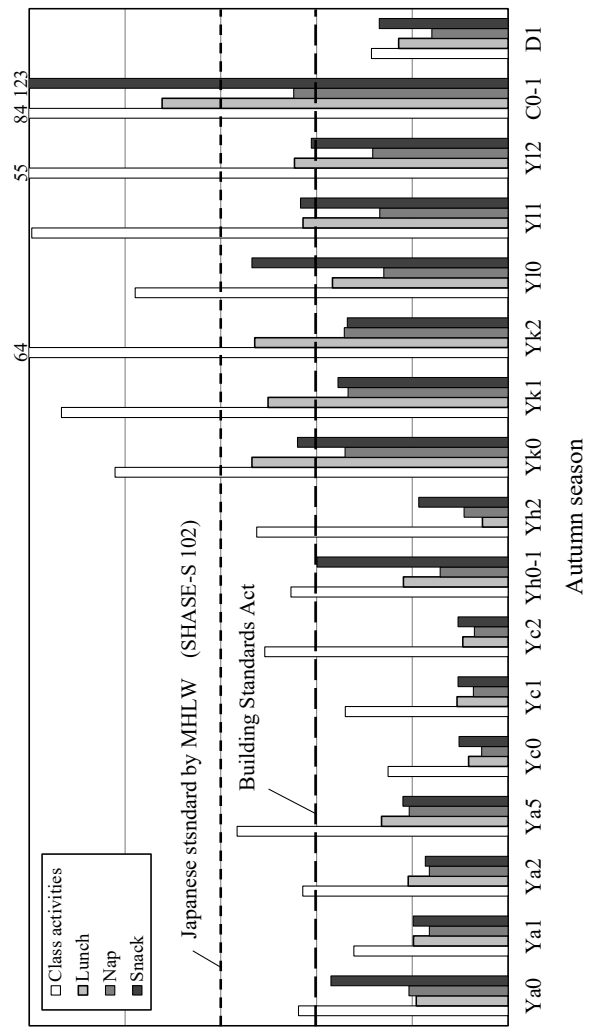


図 3-5 機械換気型の推定換気量

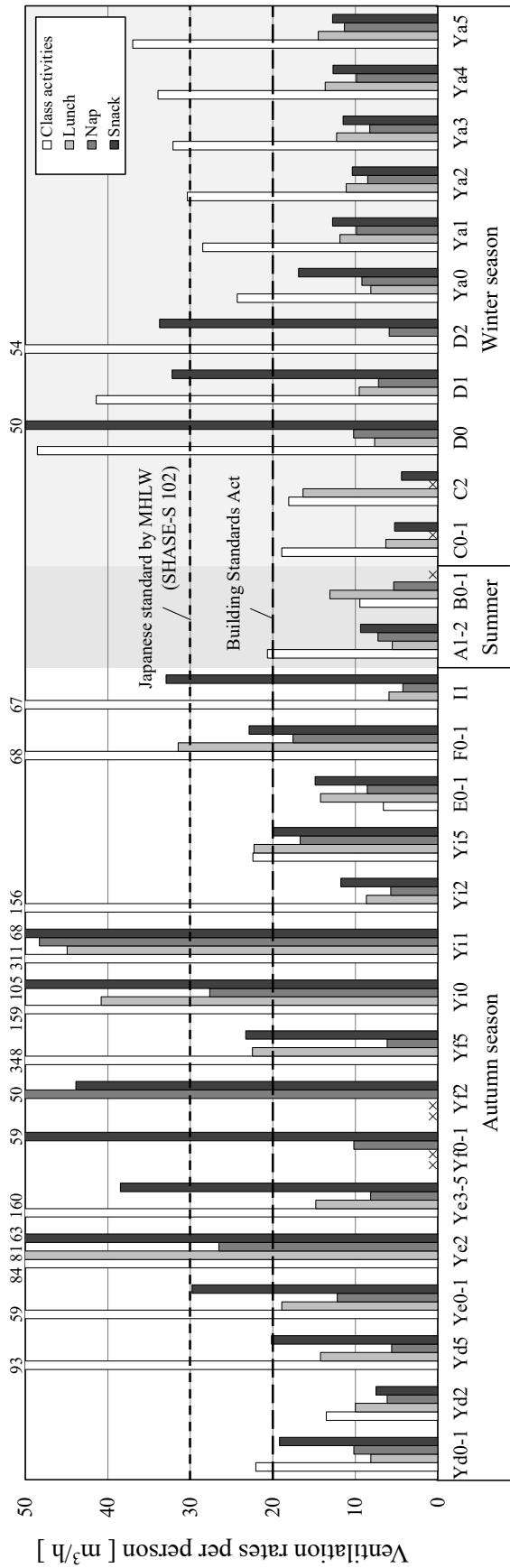


図 3-6 併用型の推定換気量

### 3. 4. 考察

前節にて、推定換気量の結果を換気行為別に示し、窓開け換気型、機械換気型、併用型の特徴を示した。本節では、現行の換気基準との比較や実事例に基づく設計換気量との比較を行い、換気設備の換気量設計面での問題点を整理する。

#### 3. 4. 1 現行の換気基準との比較

人から発生する汚染物質（呼気）を対象として、換気設備を設計する場合の換気量は、建築物の最低基準として建築基準法で1人当たり20 m<sup>3</sup>/h、SHASE-S 102-2011[73]では、建築物衛生法の1000ppmを参考に1人当たり30 m<sup>3</sup>/hとされている。SHASE-S 102-2011は、建築物衛生法の基準値を採用しているため、実質的に建築物衛生法に該当する建築物は、運用時に30 m<sup>3</sup>/hの換気量が必要ということになる。なお、SHASE-S 102は2023年5月に改訂され、SHASE-S 102-2022の設計基準濃度はASHRAEの基準に基づいた外気濃度+700ppmとなっているが、算出される必要換気量は変わらずに約30 m<sup>3</sup>/hである[74]。したがって、本研究ではSHASE-S 102の必要換気量は30 m<sup>3</sup>/hとして同様のものとして扱う<付録D>。

そこで、図3-4～図3-6に示した推定換気量の結果が、建築基準法の換気基準（20 m<sup>3</sup>/h）と建築物衛生法の運用時に求められる換気量（30 m<sup>3</sup>/h）を満たしている割合を確認する。その結果を保育活動別で、表3-8に示す。窓開け換気型では、20 m<sup>3</sup>/hを満たす割合が56～100%であった。午睡、起床・おやつの時間に減少したものの、図3-4で指摘したYj施設が降雨で窓を閉めた影響である。30 m<sup>3</sup>/hについてもほとんど同じ充足率であり、換気量が十分に確保されていると言える。一方で、機械換気型と併用型では、充足率が顕著に減少し、20 m<sup>3</sup>/hに対してはそれぞれ0～75%、15～88%で、30 m<sup>3</sup>/hに対しては0～38%、7～68%であった。特に昼食以降の時間帯には換気量が不足することが窺え、午前のクラス活動後の午後の時間帯には機械換気設備のみの運用では、換気量が不足することが明らかである。そして、それは特に機械換気型で顕著であり、30 m<sup>3</sup>/hに関しては昼食以降の充足率は0%であった。したがって、SHASE-S 102や現在のコロナ禍において『「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法（厚労省）[15]』で推奨されている30 m<sup>3</sup>/hの換気量確保は、設計時の換気量次第でもあるが、機械換気設備のみの運用では困難であると言える。

表 3-8 現行の換気基準への充足率

Reference standard	Target value	Ventilation behavior	Compliance ratio			
			Class activities	Lunch	Nap	Snack
Building Standards Act	20 m <sup>3</sup> /h	Window-ventilation type	100%	100%	56%	78%
		Mechanical-ventilation type	75%	31%	0%	25%
		Combined-ventilation type	88%	25%	15%	58%
The management standard of environmental sanitation for buildings (MHLW) (SHASE-S 102)	30 m <sup>3</sup> /h	Window-ventilation type	100%	80%	56%	67%
		Mechanical-ventilation type	38%	0%	0%	0%
		Combined-ventilation type	68%	17%	7%	38%



#### 3. 4. 2 設計換気量との比較（Ya 施設を事例に）

次に、保育施設の設計換気量との比較を行う。前項の結果より、現行の換気基準を下回ることは確認できたが、設計換気量は保育施設によって異なる。そのため、実測調査時に設備図面によって保育定員及び設計換気量の把握ができた Ya 施設を対象に検討する。Ya 施設の定員は保育者・子どもを含めて 125 人、設計換気量は  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$  であり、一人当たり  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  で設計されていた。そして、2 章の実測調査時の在室人数は、園児と保育者の 113 人（表 2-1）に加え、事務室の職員 3 人の合計 116 人であった。そのため、定員よりも 9 人少ないことから一人当たり  $21.6 \text{ m}^3/\text{h}$  で換気設計されており、若干の余裕がある換気設計となっていたことが窺える。

そこで、Ya 施設の保育活動毎における一人当たりの推定換気量を図 3-7 に示す。その結果、設計換気量の  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  をほとんどの時間帯で下回り、午睡時間に至っては  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  を下回った。そのため、運用時の換気量は、設計換気量を確保することも困難であると考えられる。この原因として、給気口・排気口のフィルタや目詰まりの影響が挙げられる。Ya 施設の給気口（図 3-8）には、塵埃が流入しないためにフィルタを別途設置している。施設の外調機で、粉塵除去等が最低限は実施されているはずではあるが、保育室に埃等が流入することも多く、フィルタを設置するに至ったということがヒアリングで確認された。そのため、給気口（図 3-8）のフィルタの色が真っ黒になっていることが確認できる。また、排気口（図 3-9）にも多くの塵埃が付着していることが確認できる。

このような塵埃の目詰まりやメンテナンス不備によって、機械換気設備の換気量性能が著しく減少するという研究報告がある [91, 92]。そのため、Ya 施設の推定換気量が設計換気量を確保出来なかったのは、塵埃による目詰まりも一因として考えられる。したがって、換気設備の定期的な清掃は、換気量確保のためにも必要であり、感染症対策の観点でも重要であると言える。

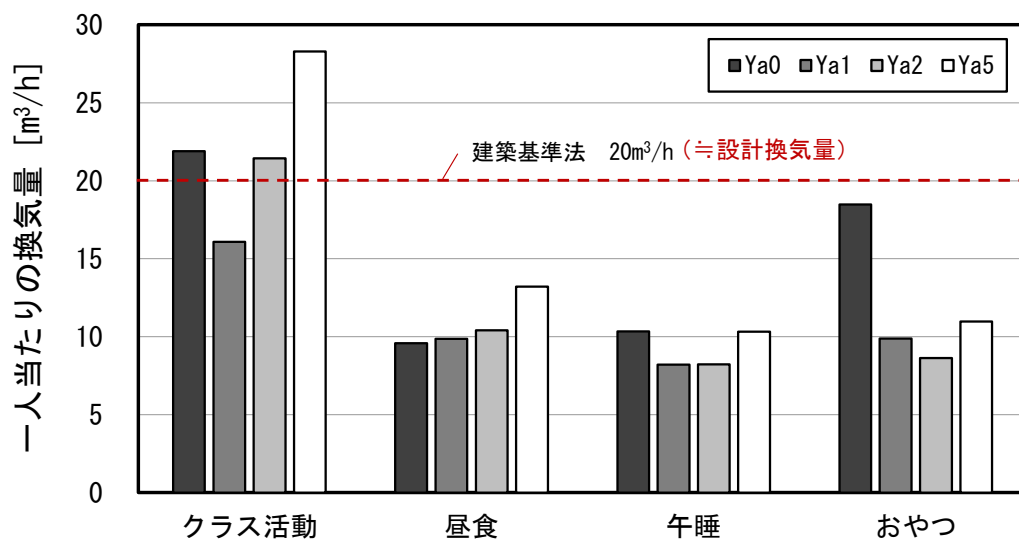


図 3-7 保育活動毎の一人当たりの推定換気量 (Ya 施設)

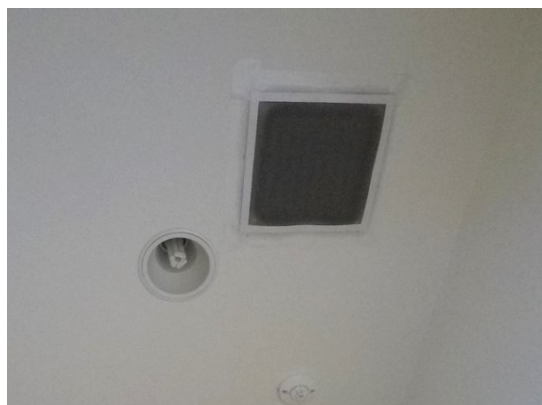


図 3-8 Ya 施設の給気口



図 3-9 Ya 施設の排気口

#### 3. 4. 3 都市部の保育施設が抱える換気の問題点

2 章では、換気行為が多くみられた中間季の調査結果から、換気行為別に窓開け換気型、機械換気型、併用型と保育施設を類型化し、その室内温熱・空気環境の特徴を把握した。本章では、2011 年～2022 年の実測データからメタ的分析を行い、季節ごとの温熱・空気環境の実態を理解した上で、換気量の推定を行い、現行の換気基準や設計換気量との比較を行った。以上の調査結果を用いて、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を運用・設計面の観点から以下に整理する。

##### ① 窓開け換気が実施出来ない保育施設が存在する点（運用面）

Ya 施設、Yc 施設、Yl 施設の 3 施設は、排煙窓以外に自由に開放出来る開口部を有していないにも関わらず、排煙窓での日常換気が禁止されていた（2 章 2 節 3 項）。この自由に窓開け換気が実施出来ない点は、都市部に開設する複合型特有の問題点であると言える。そのため、これらの施設では、機械換気設備に頼るほかないものの、機械換気設備の運用のみでは換気量が不足することが明らかとなった（3 章 4 節 1 項）。しかし、併用型の Ye 施設と D 施設では、昼食、午睡時に推定換気量が  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  を下回っていたものの、午睡後の窓開けによって改善が確認された。したがって、乳幼児の成育環境を考える上では、この窓が開けられない状況を第一に解決すべきであり、昨今のコロナ禍を鑑みると、窓開け換気による換気量の確保が一時的な措置として強く望まれる。

##### ② 保育現場において機械換気設備や換気経路への理解が乏しい点（運用面）

機械換気型の保育施設では、機械換気設備による 24 時間換気が主となるが、間欠運転している施設が Yc 施設、Yd 施設、Yf 施設、Yg 施設の 4 施設確認された（2 章 2 節 3 項）。この理由として、外気流入による不快感が挙げられ、空気環境よりも温熱的要素が優先されている可能性が窺えた（2 章 4 節 1 項 2 目）。また、単純に使用を失念していた事例（2 章 4 節 1 項 2 目）や第 3 種換気にも関わらず給気口を家具で塞いでいた事例（3 章 3 節 2 項）が確認された。このように設計者の意図と乖離した使われ方が複数みられたため、保育施設や保育者等に対して、正しい運用方法や換気設備・換気経路の重要性について啓蒙していく必要があり、その手掛かりとして換気マニュアルや環境指針が望まれる。

#### ③ 機械換気設備の運用のみでは換気量が不足する点（設計面）

推定換気量は、換気行為別に顕著な差が確認され、窓開け換気型では値が高く、機械換気型・併用型では値が低かった（3章3節3項）。機械換気型は、建築基準法（20 m<sup>3</sup>/h）の充足率でさえも値が低く、機械換気設備のみの運用では、換気量が不足することが明らかとなった（3章4節1項）。さらに、30 m<sup>3</sup>/hの充足率は昼食以降に0%であったため、建築物衛生法や現在のコロナ禍において求められる換気量の確保は困難である。これは、現行の換気基準で安静状態を想定していることが原因として考えられる。したがって、保育施設で過ごす保育者・幼児の身体活動量に応じた換気設計の必要性が確認された。

#### ④ 設計換気量の確保が困難である点（設計面）

Ya施設を対象としたケーススタディより、推定換気量は設計換気量（20 m<sup>3</sup>/h）をほとんどの時間帯で下回り、午睡時間に至ってはその半分程度となることが確認された（3章4節2項）。そのため、運用時の換気量は、設計換気量を確保することが困難であると考えられる。また、この原因として目詰まりの影響等が挙げられたため、換気設備の定期的な清掃についても配慮が必要であると分かる事例分析であった。

#### 3. 5 小括

第3章では、2011年～2022年に横浜市の保育施設で実施した実測調査のデータを用いて多角的な分析を行った。具体的には、季節ごとの温熱・空気環境の実態を理解した上で、CO<sub>2</sub>濃度の実測値から換気量の推定を実施した。その結果、推定換気量は現行の換気基準だけでなく、設計換気量も下回ることが確認され、特に機械換気型の保育施設においてその傾向が顕著であった。そして、2章と本章の調査結果から、3章4節3項に都市部の保育施設が抱える換気の問題点を運用・設計面の観点から整理したことをここに記し、本章の小括とする。

#### 注釈

- 注6) 学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値に適合している割合を「適合率」として定義した。適合率は、10時～16時に測定した保育施設の全データを母数に算出を行った。
- 注7) 外気CO<sub>2</sub>濃度の測定は、Yc施設を除いた11施設で実施した。一部施設では、窓開け換気に伴う室内側からの流出の影響や機械設備の排気の影響がみられた。そのため、上記の影響がみられなかった7施設（Yb施設、Yf施設、Yg施設、Yh施設、Yi施設、Yj施設、Yl施設）の値を平均化して外気CO<sub>2</sub>濃度の代表値として用いることとした。5施設の平均CO<sub>2</sub>濃度は428.9ppmであったため、本論文の分析では430ppmを都市部の外気CO<sub>2</sub>濃度の代表値として採用している。
- 注9) 2章4節で示した換気行為別におけるCO<sub>2</sub>濃度の経時変化は、保育活動によって異なる傾向を示していたため、クラス活動、昼食、午睡、おやつの時間帯に分類して分析を行った。活動時間については、各保育施設の保育プログラムに準じて分類している。

#### 参考文献 ー第3章ー

- [6] 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也: 都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究, 人間と生活環境, Vol. 27, No. 2, pp. 85-93, 2020
- [10] 井場優芽, 田中稲子, 太田篤史, 山本理貴, 松橋圭子, 三輪律江: 都市部の小規模保育施設における窓開閉による室内環境調整の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 791-792, 2015
- [12] 宮島光希, 田中稲子, 張晴原: リモネンに着目した保育施設の室内空気汚染の実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 953-954, 2018
- [15] 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, 2022

- [55] 宮島光希, 田中稲子: 保育室内での有機エアロゾル生成の可能性に関する研究 - 都市部の保育施設の実態調査を通して, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 42, 2018
- [72] 杉本由美子, 倉渕隆, 遠藤智行, 鳥海吉弘, 熊谷一清, 野口美由貴, 柳沢幸雄: 常時換気設備を設置した住宅の換気性状に関する実測調査, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, pp. 1061-1064, 2005
- [73] 空気調和・衛生工学会: SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説, 2012
- [74] 空気調和・衛生工学会: SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説, 2023
- [75] D Menzies, A Fanning, L Yuan, J M FitzGerald: Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers. Canadian Collaborative Group in Nosocomial Transmission of TB, Annals of Internal Medicine, Vol. 133, No. 10, pp. 779-789, 2000
- [76] A B Bloch, W A Orenstein, W M Ewing, W H Spain, G F Mallison, K L Herrmann, A R Hinman: Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting, Pediatrics, Vol. 75, No. 4, pp. 676-683, 1985
- [77] 厚生労働省: 商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について (参考資料), p. 1, 2020
- [78] 空気調和・衛生工学会: SHASE-S 116-2020 換気規準・同解説, 2021
- [79] 田島昌樹, 井上貴之, 大西裕治: 換気測定のための在室者の二酸化炭素呼出量の推定, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 81, No. 728, pp. 885-892, 2016
- [80] 厚生労働省: 令和元年国民健康・栄養調査報告, 2020
- [81] 厚生労働省: 乳幼児身体発育調査, 2010
- [82] 藤本薫喜, 渡辺孟, 坂本淳, 湯川幸一, 森本和枝: 日本人の体表面積に関する研究 第18篇 三期にまとめた算出式, 日本衛生学雑誌, Vol. 23, No. 5, pp. 7-14, 1968
- [83] 厚生労働省: 賃金構造基本統計調査, 2019
- [84] 高比良英雄: 日本人新陳代謝論 (その2) 栄研報告 1, pp. 61-95, 1925
- [85] 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準 (2020年版), pp. 73-74, 2019. 12
- [86] 公益社団法人 空気調和・衛生工学会: 新版 快適な温熱環境のメカニズム, pp. 27-29, 2016
- [87] A. P. Gagge, A. C. Burton, H. C. Bazett: A Practical System of Units for the Description of the Heat Exchange of Man with His Environment, Science, Vol. 94, pp. 428-430, 1941

- [88] 田中俊六, 武田仁, 土屋喬雄, 岩田利枝, 寺尾道仁, 秋元孝之: 最新 建築環境工学[改訂4版], p. 50, 2014
- [89] 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準 2013, 2013
- [90] 国立健康・栄養研究所: 改訂版 「身体活動のメッツ (METs) 表」, 2012
- [91] 吉野博, 三原邦彰, 瀧澤のりえ, 倉淵隆, 松村学, 熊谷一清, 野口美由貴, 柳沢幸男: 東北地方における小学校を対象とした熱・空気環境調査, 日本建築学会技術報告集, Vol. 11, No. 22, pp. 295-300, 2005
- [92] 高木理恵, 吉野博, 藤川光利, 和田浩行: 住宅 25 戸における機械換気システムの給排気口の風量とメンテナンスに関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 57-58, 2007





## 第4章

### 保育活動中の身体活動の実態と 生理量・室内環境の関係

## 4. 1 はじめに

前章では、実測結果から都市部の保育施設が抱える換気の問題点を整理した。問題点の一つに保育施設の換気量不足の問題が挙げられ、保育者・幼児の活動量に沿った換気設計の必要性を指摘した。また、1章に示した保育施設の室内環境基準が存在しないことや昨今の新型コロナウイルスの影響を鑑みても、保育施設における換気に関する指針の重要性は極めて高いと言える。そこで、本章では、保育施設の換気指針策定に向けて、保育者・幼児の生理反応特性を明らかにすることが目的である。具体的には、保育者と幼児の身体活動量の実態を明らかにすることで、保育活動を加味した換気量の提示が期待される。また、夏季の調査を行うことで、熱中症等の人への熱的な健康影響も加味した換気方法の検討も可能と考えられる。

## 4. 2 調査概要

## 4. 2. 1 コロナ禍の夏季における保育施設の実態調査

本研究では、表 4-1 に示す横浜市の認可保育施設 2 園を対象に、保育室内の環境測定（調査 A）と保育者・幼児の生理反応測定（調査 B）を実施した<sup>注10）</sup>。調査期間は、Yi 施設が 2022 年 9 月 6 日～7 日、Ym 施設が 2022 年 8 月 30 日～31 日で、両施設とも 2 日間の測定を行った。測定日は、両施設とも真夏日と夏日が 1 日ずつであった。また、本調査時に登園人数や園外活動の時間、窓開け換気等の環境調整行為に関わるヒアリング調査等も併せて実施した＜付録 K＞。本論文では、保育時間として 9～17 時（8 時間）の測定データを分析対象とした。各調査の詳細を以下に記述する。

表 4-1 調査対象施設の概要表

園名	保育区分	用途地域	施設・室形態	開設年 (建築年)	構造	階	換気方式	室名	年齢	園児数	保育者数	保育面積※1	天井高さ	開口面積※2	一人当たりの換気量
Yi	認可	住居系地域	独立・個室型	2012 (2012)	SRC	1-2階 /2階	第1種 (24時間換気・全熱交換)	Yi0	0歳	6	3	32.4㎡	2.6m	7.5㎡	53.3㎡/h
								Yi1	1歳	8	3	30.0㎡		5.0㎡	43.6㎡/h
								Yi2	2歳	10	3	29.7㎡		5.0㎡	36.9㎡/h
								Yi5	5歳	12	2	29.6㎡		7.5㎡	34.3㎡/h
Ym	認可	工業系地域	複合・半個室型	2010 (2010)	RC	1階 /10階	第3種 (24時間換気)	Ym0	0歳	9	3	31.8㎡	2.4m	4.4㎡	56.7㎡/h
								Ym1	1歳	15	4	39.6㎡		4.4㎡	40.5㎡/h
								Ym2	2歳	15	3	45.6㎡		4.4㎡	29.4㎡/h
								Ym5	5歳	17	2	46.8㎡		4.4㎡	27.4㎡/h

※1 保育エリアの面積を示す

※2 引き違い窓と排煙窓の有効開口面積の合計値を示す

[＜付録 K＞ 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報](#)

### 4. 2. 1. 1 (調査A) 保育室内の環境実測

表 4-2 に各園の配置図と測定機器の設置位置を示す。0～2、5 歳児の保育エリアごとに温度、相対湿度、CO<sub>2</sub> 濃度等の測定を行った。調査 B を実施した 1、5 歳児室のみグローブ温度、風速の測定も行っている。温湿度と CO<sub>2</sub> 濃度の測定には CO<sub>2</sub> 温湿度データロガー (T&D, TR-76Ui)、屋外の温湿度の測定には温湿度データロガー (ESPEC, RS-14) を用いて、1 分間隔で連続測定を実施した (表 4-3)。これらの測定機器は、図 4-1～図 4-4 に示すように直射日光や空調機器の直接的な影響が小さく、園児の手が触れない場所 (高さ 90～120cm) に設置した。

### 4. 2. 1. 2 (調査B) 保育者・幼児の生理反応測定

前述した調査 A と併せて、保育者と幼児の生理量の測定を実施した。被験者は 1 歳児 4 名、5 歳児 4 名、保育者 5 名であり、幼児は保護者、保育者は本人に調査の説明を行い、同意を得て調査を実施した<sup>注 11)</sup>。被験者の身体特性は表 4-4 に示す通りで、1、5 歳児の平均カウプ指数<sup>注 12)</sup>は、それぞれ 16.7、15.3 kg/m<sup>2</sup>で、いずれも標準体型であった。保育者の平均 BMI は、23.2 kg/m<sup>2</sup>で 1 名を除き標準体型であった。また、調査時の服装は、保育者で半袖シャツ・長ズボン・エプロンの 0.5clo 程度、幼児で半袖シャツ・半ズボンもしくは長ズボンの 0.3～0.5clo 程度であった。

生理量の測定項目は、皮膚表面温度 (胸、上腕、大腿、下腿の 4 点)、鼓膜温度、身体活動量である。皮膚表面温度の測定には、皮膚赤外線体温計 (OMRON, MC-720)、鼓膜温度は耳式体温計 (OMRON, MC-510)、身体活動量は Active Style Pro (OMRON, HJA-750C) を用いて測定を行った (表 4-3)。皮膚表面温度と鼓膜温度の測定は、各保育活動中に 1 回 3 度測定し、その平均値を測定値として採用した。なお、事前に登園・降園時に保育者・幼児の体温を事前に測定し、発熱等の症状がないことを確認している。また、皮膚表面温度の測定は、測定誤差を最小限にするために、皮膚表面から一定の距離 (機器の測定推奨距離 : 3cm) で測定するための自作ガイドを取り付けて測定を実施した。

表 4-2 調査対象施設の平面構成

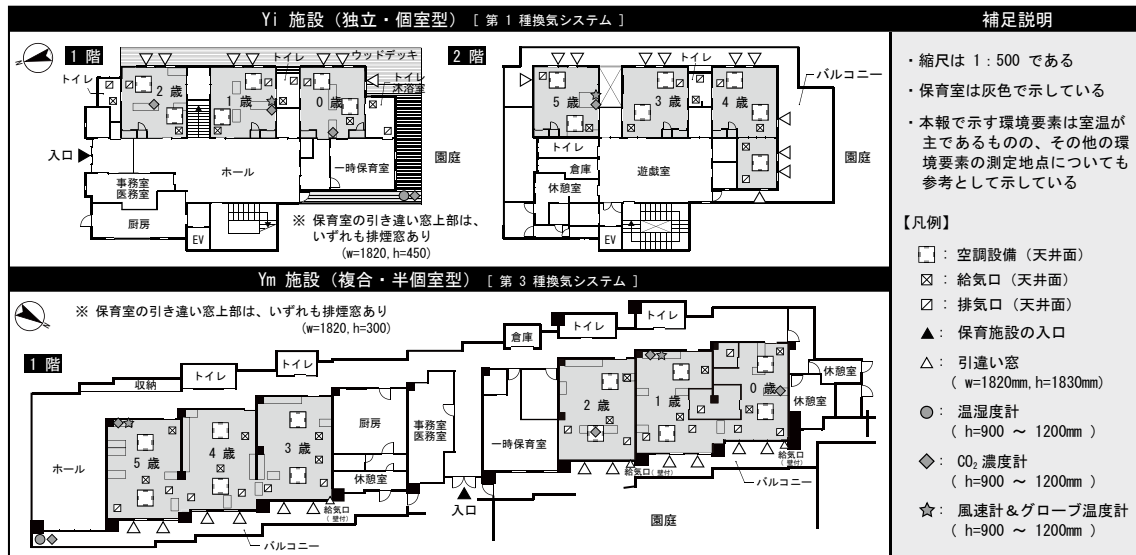


表 4-3 各調査の測定項目とその詳細

	測定項目	測定機器	測定間隔
環境測定 (調査A)	温度	CO <sub>2</sub> 濃度計 TR-76Ui (T&D)	1分毎 自動記録
	相対湿度		
	CO <sub>2</sub> 濃度		
	外気の温湿度	温湿度計 RS-14 (ESPEC)	
	グローブ温度	温度計 RT-13 (ESPEC)	
	風速	クリモマスター風速計 6501-A0, 6542-21 (KANOMAX)	
生理量測定 (調査B)	皮膚表面温度	皮膚赤外線体温計 MC-720 (OMRON)	4回 測定 クラス活動/ 昼食/午睡/ 起床・おやつ
	鼓膜温度 (深部体温)	耳式体温計 MC-510 (OMRON)	
	身体活動量	Active style Pro HJA-750C (OMRON)	10秒毎 自動記録
心理量	温冷感、快適感（保育者のみ回答）		4回 回答 (体温測定時)
その他	窓開け換気の実施や換気設備・冷房等の使用状況は、室の担当保育者が回答シートに記入を行った。		



図 4-1 測定機器の設置 (Yi 施設)



図 4-2 測定機器の設置 (Ym 施設)



図 4-3 外気の測定風景 (Yi 施設)



図 4-4 外気の測定風景 (Ym 施設)

表 4-4 被験者の身体特性

	1 歳児 (n=4)	5 歳児 (n=4)	保育者 (n=5)
年齢 [歳]	2.2	6.2	31.5
身長 [cm]	83.8	117.1	158.4
体重 [kg]	11.8	21.1	59.0
体表面積 [m <sup>2</sup> ]	0.54	0.81	1.55
カウプ指数 [kg/m <sup>2</sup> ]	16.7	15.3	—
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	—	—	23.2

\* 保育者の体重は6段階（10kg幅）で回答頂き  
その中央値を被験者の体重として仮定した

## 4. 2. 2 親子の生理反応に関する実験室実験

前項では、実際の保育現場における保育室の環境実測と保育者・幼児の生理反応に関する実態調査の概要を示した。詳細な測定結果については、次節にて記述するが、保育現場での生理量の測定は、多様な状況が想定されるため、測定結果の妥当性に課題が残ると考えられる。そこで、親子を対象とした母親とその幼児の生理反応に関する被験者実験を実施した。具体的には、呼気や活動量、皮膚表面温度、鼓膜温度、発汗量等の測定に加えて、母親のみ心理申告を得た。

## 4. 2. 2. 1 被験者の選択と身体特性

本研究では、保育施設に通う2歳以上の幼児とその母親5組を対象に実験室実験を実施した。なお、母親は保育者を想定した被験者として選定した。表4-5に被験者の身体特性をまとめた一覧表を示す。母親の平均年齢は33.5歳、幼児の平均年齢は3.9歳であった。被験者の体表面積は、藤本らの式を用いて算出した[82]。母親の身体特性（身長、体重、体表面積）は、保育者の平均年齢[83]である30代と比較すると概ね同等であった。一方で、幼児の身体特性は、本調査対象の2～6歳の平均的な身長、体重（表3-3、表3-4）と比べると、本被験者の方がいずれの値も若干大きく、平均的な幼児よりも成長が進んでいる子を選定したことが分かった。

表4-5 被験者の身体特性

	年齢 [歳]	身長 [cm]	体重 [kg]	体表面積* [m <sup>2</sup> ]
母親 (n=5)	33.5±4.2	158.2±6.5	51.2±6.0	1.46±0.11
子ども (n=5)	3.9±1.6	101.6±13.2	18.1±4.7	0.70±0.13

\* 藤本らの推定式を用いて算出

### 4. 2. 2. 2 夏場を想定した実験室実験の概要

本実験は、2022年11月中旬から下旬にかけて、図4-5に示す温湿度の調整が可能な実験室で、夏場を想定した環境を再現して実施した。実験室は子どもの感情の起伏を最小限とするために、慣れ親しんでいる保育室を模して、子どもが好む玩具や絵本、ぬいぐるみ等を設置し、被験者が飽きない環境作りを心掛けた（図4-6、図4-7）。

室内環境の測定は、温湿度、CO<sub>2</sub>濃度等であり、生理反応に関わる測定は、皮膚温度、鼓膜温度、呼気<sup>注13)</sup>、身体活動量等とした。具体的な測定内容については、表4-6、表4-7に記載した通りである。図4-8にタイムスケジュールと室内環境（夏場想定）の設定条件を示す。調査は、先行研究[93,94]に倣い、サーガディアンリズムにも配慮した時間帯（10:00～12:00頃）に実施した。着衣は、下着の上にTシャツと短パン（0.3clo相当）とした。被験者の姿勢は、安静条件ではTVで動画を視聴する椅子座、活動条件では歩行運動する立位とした。歩行時の呼気を測定する際は、活動の強度を一定とするために音楽のリズムに併せて歩行運動を実施した（図4-9、図4-10）。なお、使用した音源は、被験者全員が同一のものであり、保育施設等で幼児たちが機器馴染みのある音楽を選択した。また、安静条件後は、呼気を測定する時間を除き、室内で自由に過ごしてもらった。被験者の親子には、本研究の目的、方法、安全性等に関してスライドと口頭で十分に説明・資料の配布をした上で、研究調査の承諾を得て実施しており、適正な報酬が支払われた。

本実験は活動を伴う生理量測定であったため、皮膚温度と身体活動量の測定で測定不備が生じた。以下に配慮事項として示す。まず皮膚温度については、熱電対の取り外れ・断線による欠損データがいくつか生じていた。次に、身体活動量については、被験者A1、A2の28℃・活動条件の時のみ、特異的な活動となっていた。また、被験者B1、B2については正常に測定が行われなかった。そのため、上述したデータについては分析対象から取り除き、分析を行っている。

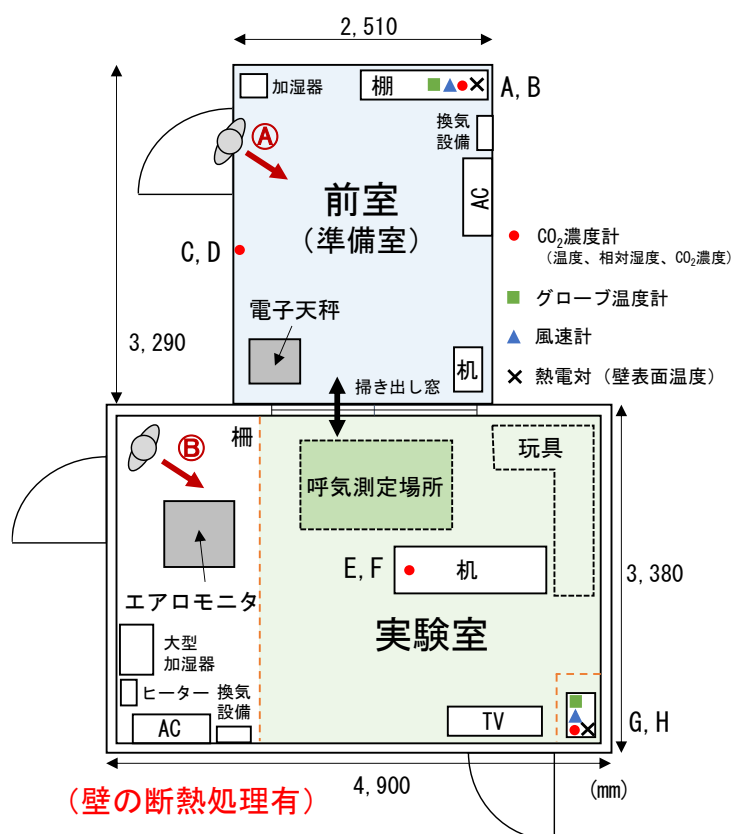


図 4-5 実験室の様子と測定点



図 4-6 実験室の風景（視点A）





図 4-7 実験室の風景（視点③）

表 4-6 測定項目と使用機器（環境測定に関して）

環境 測定	測定項目	測定機器	測定間隔
	温度	CO <sub>2</sub> 濃度計 TR-76Ui (T&D)	1分毎に自動記録
	相対湿度		1分毎に自動記録
	CO <sub>2</sub> 濃度		1分毎に自動記録
	グローブ温度	温度計 RT-13 (ESPEC)	1分毎に自動記録
	壁面温度	T型熱電対 TR-55i (T&D)	1分毎に自動記録
	風速	クリモマスター風速計 Model 6501-A0, 6542-21 (KANOMAX)	1分毎に自動記録

表 4-7 測定項目と使用機器（生理量測定に関して）

	測定項目	測定機器	測定間隔
生理 反応	皮膚温度	T型熱電対 TR-55i (T&D)	30秒毎に自動記録
	内耳温度（深部体温）	耳式体温計 MC-510 (OMRON)	1被検者：6回測定
	呼気 ( $\text{VCO}_2$ , $\text{VO}_2$ , METs等)	エアロモニタ AE-310S (MINATO)	1被検者：4回測定 (1分間)
	身体活動量 (METs, 歩数)	Active style Pro HJA-750C (OMRON)	10秒毎に自動記録
	発汗量（体重減少法）	電子天秤 GP-100K (A&D)	1被検者：4回測定
心理量	温冷感、乾湿感、快適感（母親のみ回答）		1被検者：6回答
その他	実験開始前に年齢、身長、居住歴について回答		

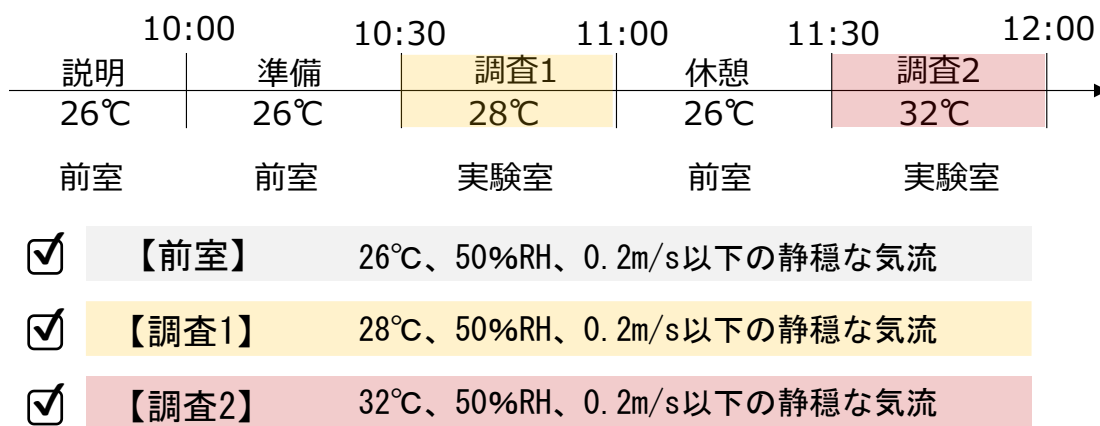


図 4-8 タイムスケジュールと室内の環境条件



図 4-9 呼気の測定（安静時）



図 4-10 呼気の測定（歩行時）

### 4. 3 コロナ禍の夏季における実態調査の結果・考察

横浜市の Yi 施設と Ym 施設で実施したコロナ禍の夏季の保育室内環境実測と保育者・幼児の生理反応に関する調査の結果を以下に示す。調査 A が保育室内の環境について、調査 B が保育者・幼児の生理反応の結果となっている。なお、調査 A は他に 4 施設でも実施しているものの、調査 B は実施していないため巻末資料として記す<付録 L>。

#### 4. 3. 1 (調査 A) 保育室の環境実測の結果

Yi 施設と Ym 施設の保育室における温度、CO<sub>2</sub> 濃度の箱ひげ図を図 4-11、図 4-12 にそれぞれ示す。図 4-11 より、平均室内温度の最低値は夏日の Yi5 の 22.9℃、最高値は真夏日の Ym5 の 26.5℃であった。1 章にも記述したように、保育施設の明確な室内環境基準はないため、学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値を参考にした際の適合率<sup>注 6)</sup>を表 4-8 に示す。基準値は、いずれも 18～28℃であり、適合率は 100%であった。これは、測定時期の近い表 2-3 のコロナ前中間季の結果（適合率：93.0%）と比較しても良好であることが窺える。また、夏日と真夏日でエアコンの設定温度に顕著な差はみられなかったものの、Yi 施設で 22.7～24.0℃、Ym 施設で 24.0～25.0℃と施設間においては差がみられ、室温の傾向も同様に異なっていた。コロナ前中間季にも調査を実施した Yi 施設においては、エアコンの設定温度が 2～3℃低くなっていることが確認され、コロナ対策として窓開け換気を多く実施していたことが理由であった。このように室温の形成には、エアコンの影響が大きく寄与していることが窺えるが、エネルギー消費量の観点では課題が残った。

次に図 4-12 より、平均室内 CO<sub>2</sub> 濃度の最低値は真夏日の Ym0 の 494ppm、最高値は真夏日の Ym5 の 868ppm であった。環境基準への適合率（表 4-8）は、学校環境衛生基準（1500ppm）で 100%、建築物衛生法（1000ppm）で 96.9%であり、表 2-3 のコロナ前中間季の結果と比較しても良好である。さらに今回の調査では、平均で 1000ppm を超える保育室が一つも存在していないことから、コロナ対策による窓開け換気の励行によって、CO<sub>2</sub> 濃度が改善していたと言える。また、窓開けの程度は、担当保育者によって異なっていたことから、保育室間の CO<sub>2</sub> 濃度差が生じていた。

<付録 L> 2022 年夏季の実測調査結果（その他の施設）

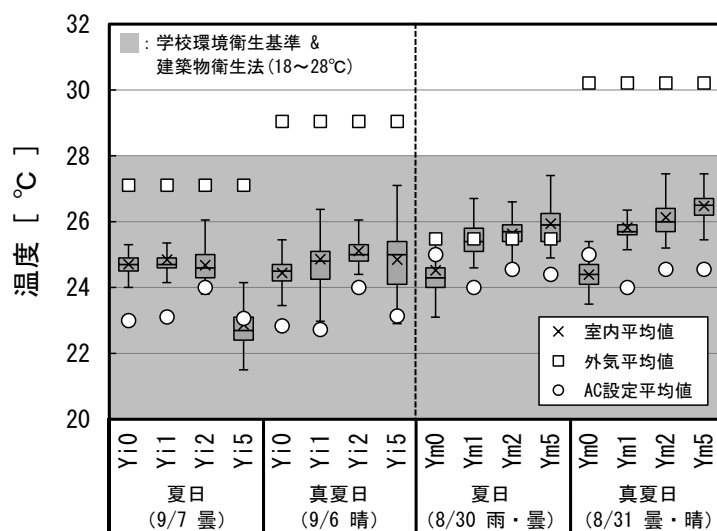


図 4-11 保育室の温度分布

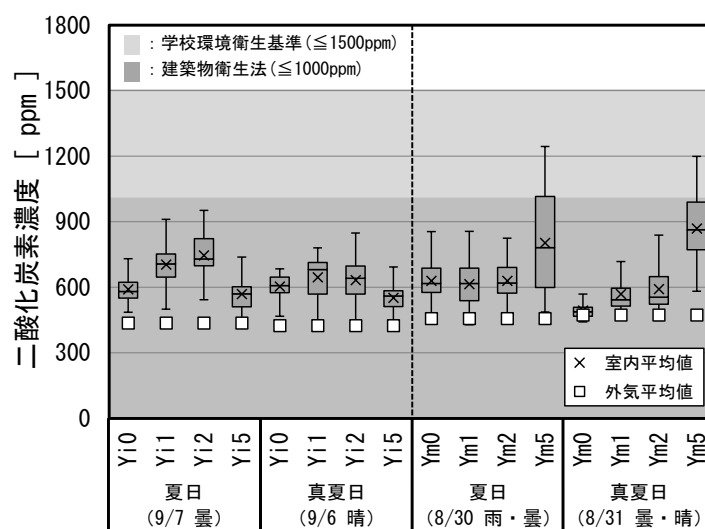


図 4-12 保育室のCO<sub>2</sub>濃度分布

表 4-8 温湿度及びCO<sub>2</sub>濃度の各種基準への適合率

分類	学校環境衛生基準		建築物衛生法	
	基準値	適合率	基準値	適合率
温度	18~28℃	100% (93.0%)	18~28℃	100% (93.0%)
CO <sub>2</sub> 濃度	1500ppm	100% (97.6%)	1000ppm	96.9% (70.6%)
(参考) 相対湿度	30~80%	92.8% (100%)	40~70%	38.5% (91.1%)

※ 括弧内はコロナ前の適合率を示す(2章参照)

### 4. 3. 2 (調査B) 保育者・幼児の生理反応の結果

#### 4. 3. 2. 1 体温調節反応について

図 4-13 に室温と幼児の皮膚表面（胸、上腕、大腿、下腿）・鼓膜温度の関係を示す。幼児の皮膚表面温度を測定した際の室温は、23.1～26.7℃であった。その際の皮膚表面温度は、29.6～37.0℃であり、平均値で比較すると、胸（34.5℃）、上腕（32.5℃）、大腿（32.4℃）、下腿（32.2℃）の順で値が高く、軀幹側で値が高いことが窺える。これは、血液の温度が軀幹側で高く、末梢側で低いこと[95]が影響していると考えられ、既報においても同様の傾向であった[93]。鼓膜温度は、35.8～38.3℃で平均 37.1℃であった。また、室温と各部位における体温の回帰直線の傾きを見ると、概ね横ばいであり、本調査の室温上昇（3.6℃）では、幼児の皮膚表面・鼓膜温度が顕著に変化する傾向は確認されなかった。

次に、保育者の結果を図 4-14 に示す。保育者の皮膚表面温度を測定した際の室温は、22.4～26.7℃であった。その際の皮膚表面温度は、29.6～35.5℃であり、胸（33.5℃）、大腿（32.4℃）、下腿（32.2℃）、上腕（31.6℃）の順で値が高く、幼児と比較すると胸、上腕の皮膚表面温度が、それぞれ 1.0℃、0.9℃低かった。幼児の方が、成人と比べて皮膚が薄いことで、血流量の影響を受けやすく、皮膚表面温度は高いとされている[96]。しかし、上半身の胸、上腕でのみ差が大きく生じたのは、保育者の方が幼児よりも身長が高く、エアコンからの冷風が人体に影響したためと推察される。鼓膜温度は、35.9～39.0℃で平均 37.1℃であり、最高温度は保育者の方が高かったものの、平均値は幼児と同じ値であった。また、室温と各部位における体温の回帰直線の傾きを見ると、胸、上腕は室温の上昇（4.3℃）に伴い、皮膚表面温度も上昇する傾向がみられたが、大腿、下腿、鼓膜温度は概ね横ばいであった。

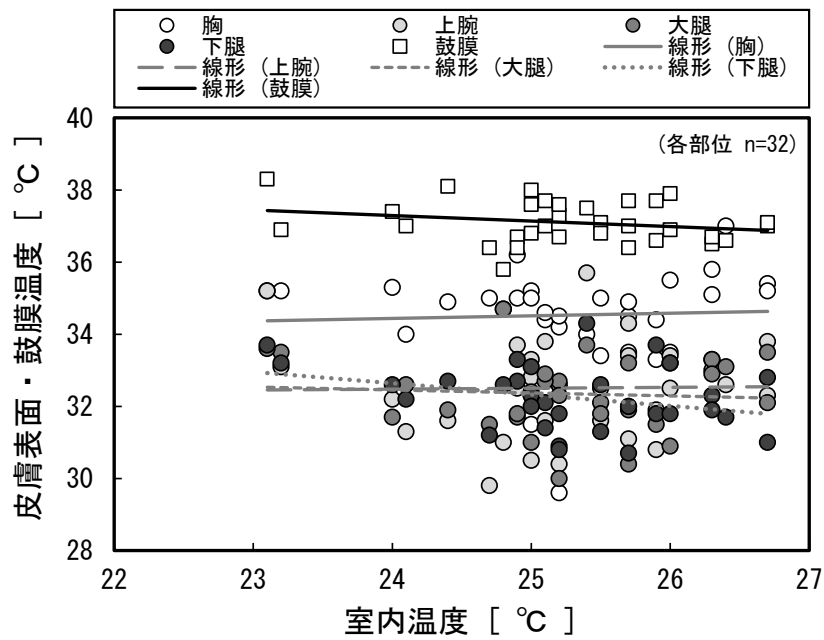


図 4-13 室温と皮膚表面・鼓膜温度の関係（幼児）

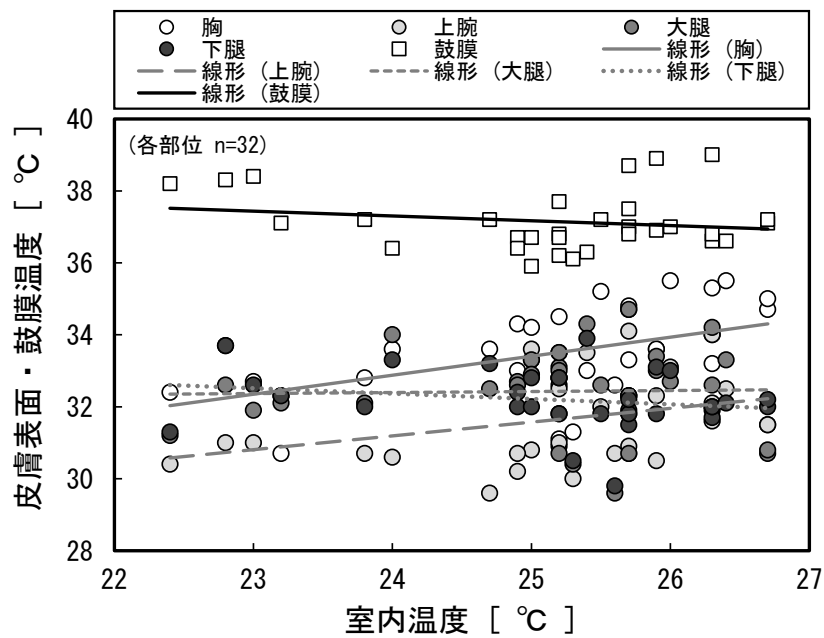


図 4-14 室温と皮膚表面・鼓膜温度の関係（保育者）

### 4. 3. 2. 2 身体活動量について

本研究で使用した身体活動量計は、成人の安静時代謝量を基にした実験値より推定されるものである。そのため、当機器の身体活動量の値（以下、METs 値）を、幼児の安静時代謝量に補正する式も提案されている[97, 98]。そこで、本研究で扱う幼児の METs 値については、当該式を用いて補正を行った。

図 4-15 に幼児の METs 値の経時変化（10 分平均値）を示す。なお、傾向が把握しやすい年齢別の代表者 1 名（Ym 施設）の結果を示している。その結果、1 日を通した METs 値の平均値は、1、5 歳児ともに 1.9METs であった。また、最も高い値を示した時間帯は、1 歳児がクラス活動で 2.7METs、5 歳児が自由遊びで 2.4METs であった。しかし、幼児の測定値については、プール遊びや午睡、降園の測定出来ていない時間帯も存在している。1 歳児のクラス活動時の METs 値が最も高くなったように、5 歳児も同様の傾向を有する可能性がある点には配慮が必要である。

次に、保育者の METs 値の経時変化（10 分平均値）を図 4-16 に示す。1 日を通した METs 値の平均値は、1 歳児で 2.3METs、5 歳児で 2.1METs であった。午睡時を除いて、いずれの保育者も概ね 2.0METs 以上であることが窺える。また、最も高い値を示した時間帯は、1、5 歳児ともに起床・おやつの時間で、それぞれ 3.2、3.4METs であった。これは、午睡から起床したタイミングで、幼児の着替えや寝具の片付け、トイレ、おやつの準備等といった短時間で活動の移り変わりが激しいことから、値が高くなったと考えられる。



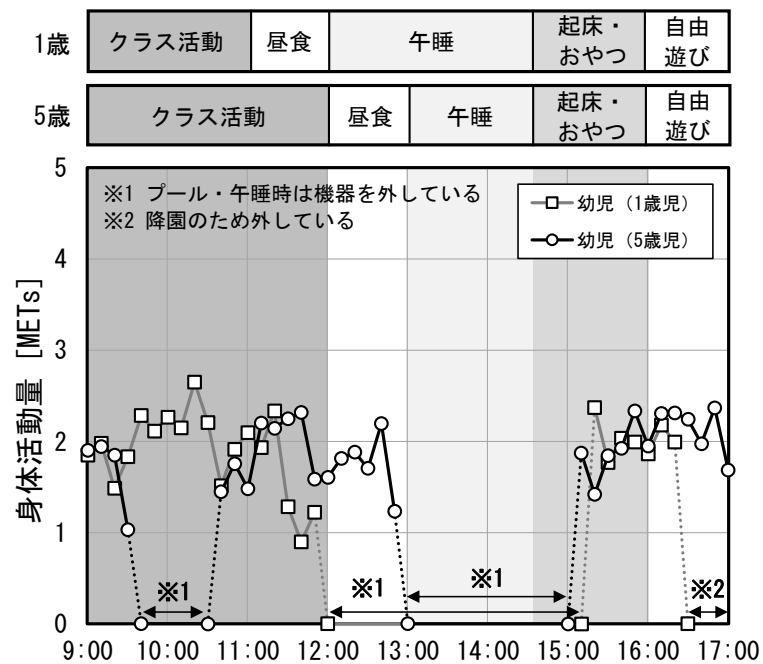


図 4-15 1日のMETs値の経時変化 (Ym施設の幼児)

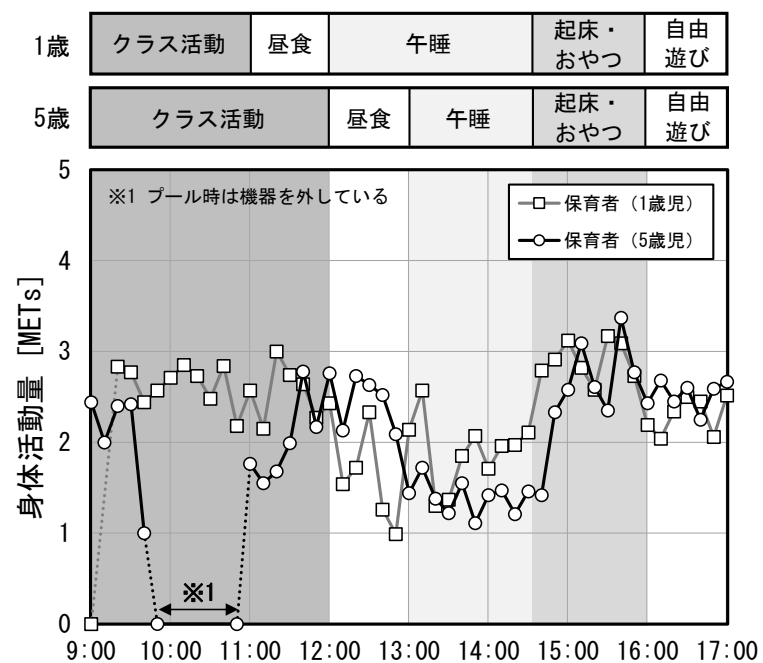


図 4-16 1日のMETs値の経時変化 (Ym施設の保育者)

### 4. 3. 3 考察

#### 4. 3. 3. 1 実測環境が保育者・幼児の生理量に及ぼす影響

Yi 施設と Ym 施設の室内温熱・空気環境は、4 章 3 節 1 項に記述した通り、窓開け換気の実施とエアコン（冷房）の使用によって良好な環境であったことが窺える。両施設とも窓開け換気を実施しており、エアコンの設定温度は Yi 施設が 22～24℃、Ym 施設が 24～25℃であった。そこで、この実測環境下が保育者・幼児の皮膚表面温度や鼓膜温度に及ぼす影響を以下に考察する。

図 4-17 に保育者と幼児の平均皮膚温度を保育活動別<sup>注 9)</sup>で示す。平均皮膚温度は胸、上腕、大腿、下腿の 4 点の皮膚表面温度から Ramanathan の 4 点法[99]にて算出した。保育者と幼児の平均皮膚温度を比較すると、いずれの時間帯も幼児の方で値が高く、保育時間全体で 0.5℃有意<sup>注 8)</sup>に高いことが確認できる。これは、幼児の汗腺が発達途上であることに加えて、4 章 3 節 2 項 1 目で記述したように、幼児の皮膚が薄く血流量の影響を受けやすい[96]ためである。特に、保育者・幼児のいずれも午睡時間に値が高くなり、幼児の方で顕著な傾向であった。これは、食事後に血流量が増える[100]ため、それに伴い皮膚表面温度も上昇したと考えられる。また、有富ら[93]の親子を対象とした実験室実験の測定結果と比較を行う。室温が同じ条件（22.4～26.7℃）の平均皮膚温度と比較すると、本実測で得られた平均皮膚温度も概ね同じ値であることが確認できた。しかし、本調査では、被験者の発汗量を把握していないため、保育活動に伴う発汗の影響については今後検討が必要である。

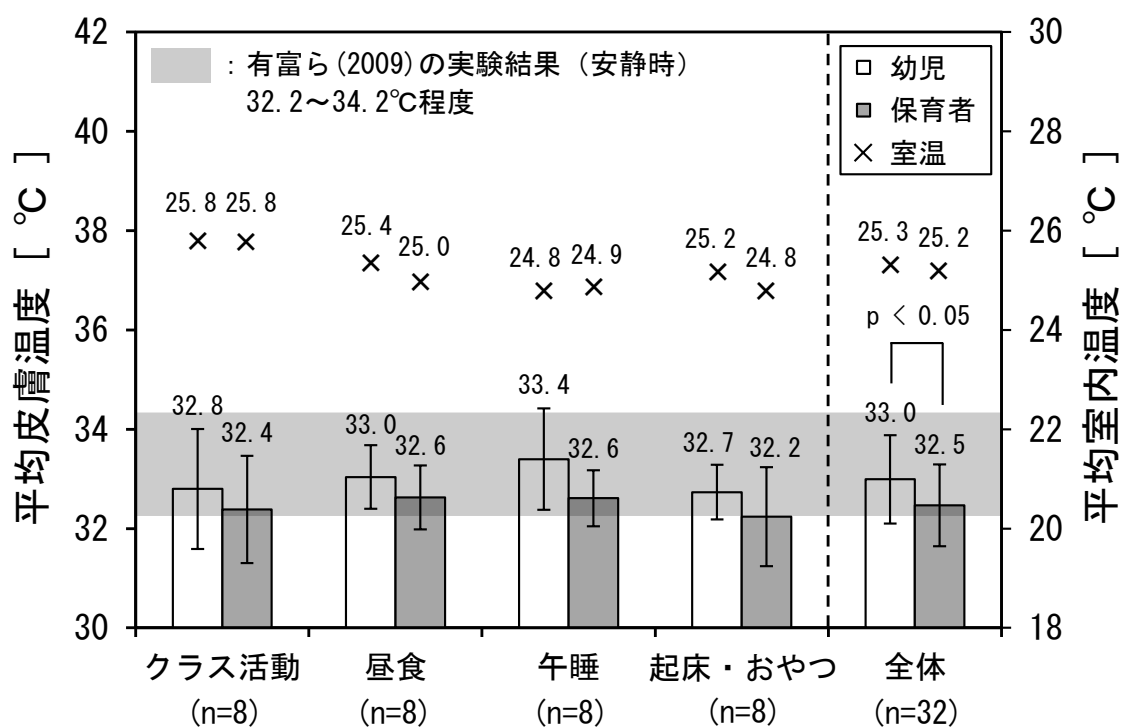


図 4-17 保育者・幼児の平均皮膚温度 (±SD)

次に、平均鼓膜温度は、保育者と幼児で有意な差はみられず、保育時間全体で 0.1℃の差に留まった（図 4-18）。保育活動毎の差もほとんどなく、1 日を通して見ても、保育者・幼児ともに 0.3℃程度の変化量であった。また、平均皮膚温度と同様に有富ら[93]の実験室実験の結果と比較すると、本実測の方が平均値で最大 0.4℃高い傾向であった。深部体温に最も近い直腸温は、運動強度に比例して温度が上昇するという報告[101]もあるため、鼓膜温度についても保育活動の影響で値が高くなったと考えられる。

また、「深部体温が 40℃を超えると、細胞内酵素系の反応が停止し、41.5℃でミトコンドリアの機能障害、42～43℃で蛋白質の変性が起こり、42～43℃の高体温が数分以上続くと細胞障害は不可逆的となり、臓器不全を起こす」とされている[102]。今回、測定した鼓膜温度は、深部体温として最も使用される直腸温よりも 0.05～0.25℃低い[103]とされているものの、参考として上記の身体影響を検討する。図 4-18 より、平均鼓膜温度が最も高かったのは、保育者のクラス活動時で 37.4℃であった。そのため、本実測の環境下では、上述したような身体影響はなく、熱中症リスクも低いと言える。しかし、今回の良好な温熱環境下においても、保育活動中の鼓膜温度が 39.0℃に達する被験者もみられた（図 4-14）。幼児の直腸温は、31、35℃の環境下で、母親の直腸温は 35℃の環境下で上昇傾向を示したという報告がある[94]。本実測では、このような高温環境に至らなかったものの、図 2-42 では、過度な窓開け換気によって、12 施設中 1 施設で室温が 30℃を超える保育室も確認されており、高温環境下となる場合には、十分な配慮と熱中症に対するリスク評価も求められる。

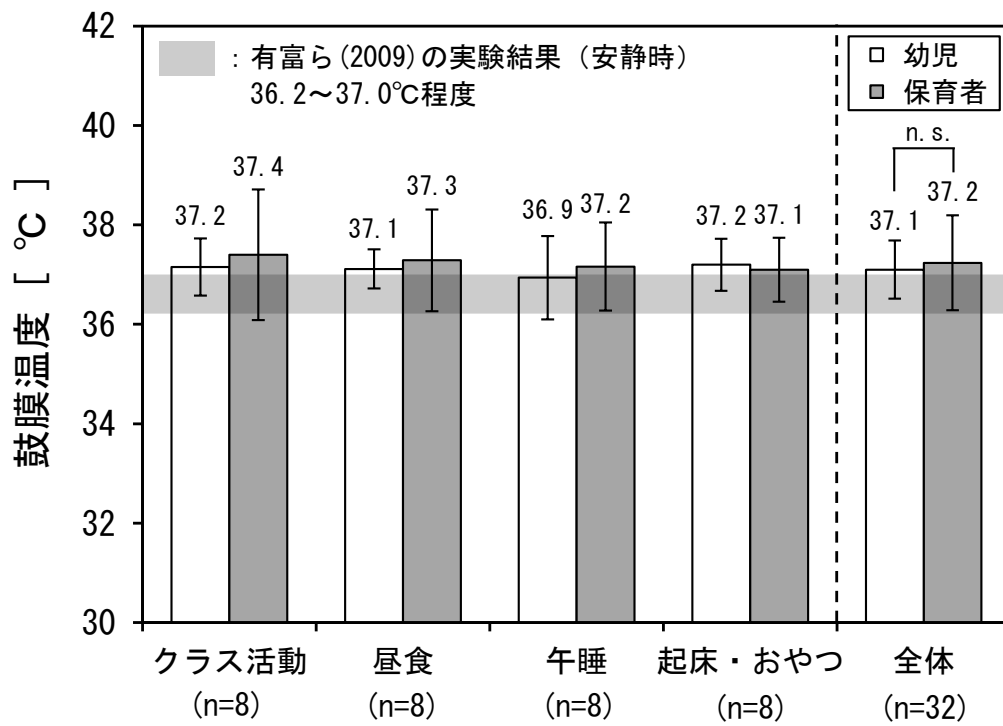


図 4-18 保育者・幼児の平均鼓膜温度 (±SD)

### 4. 3. 3. 2 保育活動中の身体活動量と換気設計上の課題

4章3節2項2目で示した保育者・幼児のMETs値を全被験者で平均化し、保育活動別の平均値及び最小・最大値を表4-9に示す。その結果、幼児はクラス活動時(3.0METs)、保育者は起床・おやつ時(4.1~4.3METs)に最高値を示した。1、5歳児の保育活動毎の値を比較すると、クラス活動時に1歳児の方で0.2METs有意<sup>注8)</sup>に値が高かった。これは前項2目で指摘したように、5歳児がプール活動で測定出来ていない時間帯が存在したことが影響している。そのため、本調査では、年齢の違いによるMETs値の顕著な差は確認されなかった。また、保育者についても同様であった。

現在の換気基準で想定されているMETs値は、建築基準法で約1.0METs(安静時)、建築物衛生法に基づいたSHASE-S 102[73, 74]で約1.7METs(極軽作業時)である。そのため、前述した保育活動中のMETs値は、これらの値よりも高いことが分かり、現行基準が保育活動の実態に沿っていないことは明らかである。特に保育者に至っては、値が低くなる午睡時でさえ1.0~3.6METsであり、この時間帯の低値側は、保育者の休憩時間も含まれている。そのため、子どもの成育環境だけでなく、保育者の労働環境という観点でも、適切な換気設計が必要であると言える。

上記の換気基準は、成人男性を想定しているため、女性や幼児が多い保育施設への適用については別途検討が求められる。そのため、女性や幼児のMETs値及び身体特性に沿った換気量の算出を次章(5章3節1項)にて試みる。これは、換気設備の換気量不足(3章を参照)に対して、一面的な換気量の増加を図るのは、エネルギー消費量の増加や騒音問題にも繋がるため、適切な必要換気量の検討が必要である。

表 4-9 保育者・幼児の身体活動量一覧 [METs]

被験者		クラス活動	昼食	午睡	起床・おやつ
幼児	1歳児	1.2 - 3.0 (2.0)	1.1 - 2.8 (1.7)	-	1.1 - 2.8 (1.8)
	5歳児	1.1 - 3.0 (1.8)	1.1 - 2.8 (1.7)	-	1.1 - 2.8 (1.8)
保育者	1歳児担当	1.2 - 3.6 (2.3)	1.1 - 4.0 (2.1)	1.0 - 3.6 (1.8)	1.3 - 4.1 (2.6)
	5歳児担当	1.2 - 4.2 (2.3)	1.2 - 4.1 (2.3)	1.0 - 3.6 (1.8)	1.3 - 4.3 (2.6)

\* 保育者・幼児ともにn=8である

\*\* 括弧内は平均値を示している

### 4. 4 親子の生理反応に関する実験室実験の測定結果・考察

前節では、保育室内の環境と保育者・幼児の生理反応の関係性を示した。本節では、その精度検証も兼ねて親子を対象とした母親とその幼児の生理反応に関する被験者実験の結果・考察を示す。具体的には、測定した呼気や活動量、皮膚表面温度、鼓膜温度、発汗量等の測定結果に加えて、母親の心理申告の傾向を示す。

#### 4. 4. 1 環境温度が体温調節反応に及ぼす影響

図 4-19 に被験者 E の母親と幼児の平均皮膚温度を示す<sup>注 14)</sup>。平均皮膚温度は胸、上腕、大腿、下腿の皮膚表面温度から Ramanathan の 4 点法[99]にて算出している。なお、当実験は、活動も伴った実験であったため、皮膚温度の測定に用いた熱電対が取りはずれ、欠損データが多く存在した。そのため、欠損データがほとんどなく実験の精度が高いと考えられた被験者 E を代表データとして取り扱うこととした。その結果、母親と幼児の両方で室温の上昇に伴い、平均皮膚温度も上昇する傾向がみられた。また、幼児の平均皮膚温度は、母親よりも 0.6～1.0℃程度高かった。これは、発汗機能が発育途上のため皮膚血管拡張で熱を逃がす特性を有すること[71]に加えて、幼児の皮膚が薄いことで血流量の影響を受けやすい[96]ためであると考えられる。次に、得られた平均皮膚温度の値を先行研究の結果[93]と比較した(表 4-10)。その結果、28・32℃条件時の平均皮膚温度の差は、0.1～0.3℃であり、概ね一致する結果であった。しかし、前述したように皮膚温度の測定データは被験者 E を除き、課題がみられたため、測定方法の適切性やサンプル数の確保については今後の課題とする。



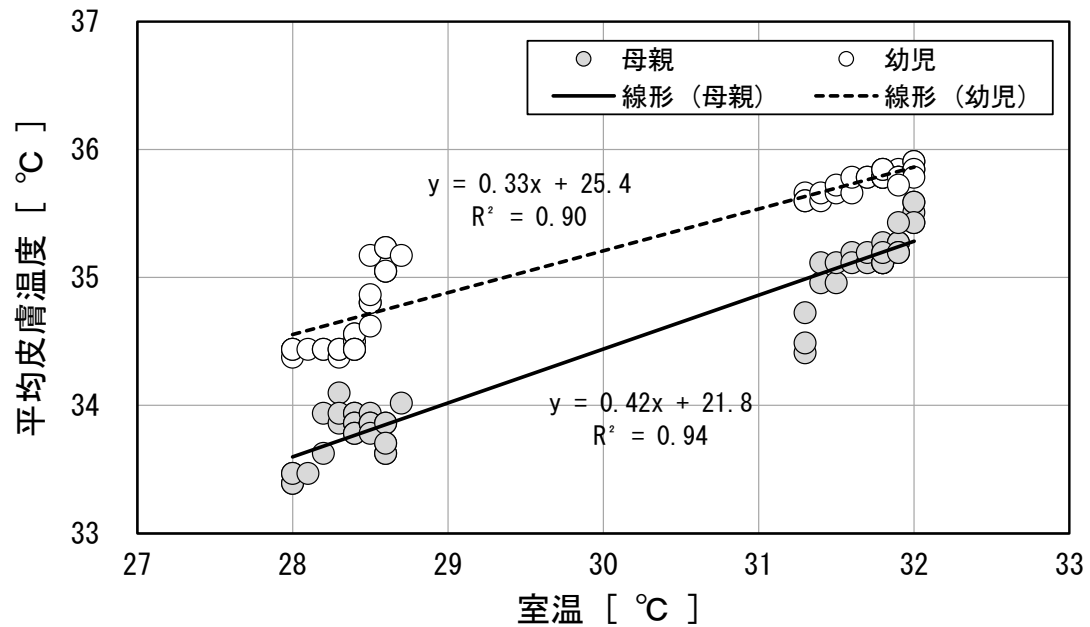


図 4-19 室温と平均皮膚温度の関係（被験者 E）

表 4-10 平均皮膚温度の比較

平均皮膚温度 ※差＝本実験－有富ら		室温条件	
		28°C	32°C
母親	本実験	33.6	35.3
	有富ら	33.8	35.0
	差	-0.2	0.3
幼児	本実験	34.6	35.9
	有富ら	34.6	35.7
	差	-0.1	0.1

#### 4. 4. 2 環境温度と母親の温冷感申告の関係

図 4-20 に室温と母親の温冷感の関係を示す。28℃条件の時の平均申告値は 1.2、32℃条件の時は 2.6 であり、32℃条件では+3（暑い）の申告が顕著に増えていることが窺える。また、活動状況別に比較すると、28℃条件の時の平均申告値は、安静時で 0.8、活動時で 1.4 と活動強度に伴い増加した。これは 32℃条件でも同様であり、活動を伴う際は、暑さを感じやすくなると言える。そのため、保育施設のような活動が多岐に渡り、かつ身体活動量の大きい施設では、暑さを感じやすい可能性がある。

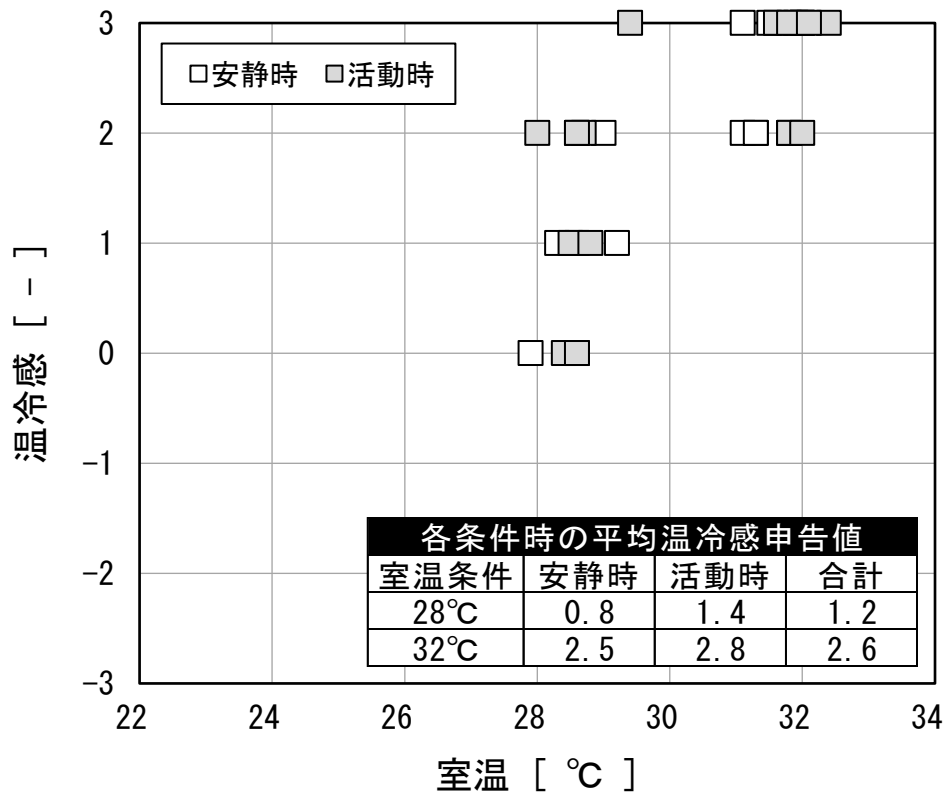


図 4-20 室温と温冷感の関係（母親）

4. 4. 3 呼気から得られる  $\text{VCO}_2$  と身体活動量の結果

各条件の  $\text{VCO}_2$  <sup>注15)</sup> と METs 値の測定結果を表 4-11 に示す。母親の  $\text{VCO}_2$  は、安静時で 184.8～193.0ml/min、活動時で 351.6～356.7ml/min であった。成人男性の  $\text{CO}_2$  呼出量は、日本工業規格[104]で示された値を単位換算すると安静時（1.0METs 相当）で 217ml/min、極軽作業時（1.7METs 相当）に 367ml/min 程度である（表 4-12）。比較すると安静時で男性の 85.2～88.9%、活動時で 95.8～97.2%であり、性差を考慮すると概ね妥当な値であると考えられる。一方、幼児の  $\text{VCO}_2$  は、安静時で 124.1～130.9ml/min、活動時で 188.2～197.3ml/min 程度であった。母親の値と比べると、53.5～67.8%の値であった。また、成人男性と比較すると、安静時で男性の 57.2～60.3%、活動時で 51.3～53.8%であった。代謝量の違いから、女性の  $\text{CO}_2$  呼出量は成人男性の 90%、児童の  $\text{CO}_2$  呼出量は成人男性の 50%とされてきた[104]が、概ね合致する結果が得られたと言える。しかし、幼児の測定結果については、いずれの条件も成人男性の 50%を超えていることから、近年の幼児の身体的な発達により、 $\text{CO}_2$  呼出量を過小評価している可能性が考えられた。また、母親・幼児の両者ともに 28℃よりも 32℃の環境条件の時に、 $\text{VCO}_2$  が 1.4～5.5%高くなった。これは、室温の上昇に伴い呼吸数が増加[105, 106]したことが影響していると考えられる。しかし、32℃の環境条件は頻出する状況ではないため、施設の換気設計を考える上で配慮が必要なほどの増加量ではないと言える。

本実験の活動強度は、保育施設で多くみられる活動状況（表 3-5）に基づき、母親の安静時で 1.0METs 程度、歩行活動で 2.5METs 程度を想定して実験を行った。その結果、母親の安静時で平均 1.2～1.5METs、活動時で平均 2.6～2.7METs であり、両条件とも想定していた METs 値よりも 0.1～0.5METs 高い値であった（表 4-11）。一方で、呼気から得られた幼児の METs 値は、安静時で平均 2.3～2.8METs、活動時で平均 3.8～4.0METs であり、母親よりも 1.4～1.9 倍程度大きくなった。この呼気から算出される METs 値は、酸素摂取量と体重から推定（ $=\text{VO}_2/\text{体重} \times 3.5$ ）される[107]ため、体重当たりの酸素摂取量が成人男性よりも大きい女性・幼児[108, 109]の算定で用いるには過大評価された可能性が考えられる。そのため、幼児の METs 値については、加速度計で測定した METs 値との比較も行い、適切性を検討する必要性が考えられた。

表 4-11 室温条件毎の  $\text{VCO}_2$  と METs 値の平均値

被験者	室温 条件	安静時（椅子座）		活動時（歩行運動）	
		$\text{VCO}_2$ [ml/min]	身体活動量 [METs]	$\text{VCO}_2$ [ml/min]	身体活動量 [METs]
母親 (n=5)	28°C	184.8±17.2	1.2±0.2	351.6±41.3	2.7±0.3
	32°C	193.0±25.0	1.5±0.4	356.7±47.7	2.6±0.1
幼児 (n=5)	28°C	124.1±15.3	2.3±0.4	188.2±54.0	3.8±0.3
	32°C	130.9±19.5	2.8±0.6	197.3±26.2	4.0±0.8

\* 28°C活動時の母親・子どものデータのみn=4である

表 4-12 人からの  $\text{CO}_2$  呼出量について（成人男性を想定した作業程度別）

身体活動量 [METs]	作業程度	単位換算	
		$\text{CO}_2$ 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	$\text{CO}_2$ 呼出量 [ml/min]
1.0	安静時	0.013	217
1.7	極軽作業時	0.022	367
1.0 - 1.8	極軽作業時	0.013 - 0.024	217 - 400
1.8 - 2.7	軽作業時	0.024 - 0.035	400 - 583
2.7 - 4.3	中等作業時	0.035 - 0.057	583 - 950
4.3 - 6.8	重作業時	0.057 - 0.090	950 - 1500

\* 1.0METsと1.7METsに相当する活動は、各種換気基準で用いられている

\*\* 女性は表の値の90%、児童は表の値の50%程度をとる

## 4. 4. 4 呼気と加速度計から得られる身体活動量の比較

前項で呼気 (breath-by-breath 法) から得られた METs 値 (以下、METs B) に課題がみられたため、同じ時間に測定した加速度計 (Accelerometer) の METs 値 (以下、METs A) との比較を行う。なお、被験者 A1、A2 の一部データ (28℃・活動条件)、被験者 B1、B2 の全データについては測定不備で分析対象から除いている。

母親の METs A と METs B の比較を行う (図 4-21)。METs A は平均で 1.7METs、METs B は平均で 2.0METs と、METs B の方で 0.3METs 高い傾向が確認された。また、METs 値の分布をみると、1.0METs 付近の安静時に差が生じており、1.5METs 付近の活動時には差が小さいことが窺える。次に、幼児の METs A と METs B の比較を行う (図 4-22)。幼児の METs 値は補正式[98]が提案されているため、補正前後の値で比較を行った。補正前の METs A (平均 1.8METs) と METs B (平均 3.1METs) で 1.3METs、補正後の METs A (平均 1.3METs) と METs B で 1.8METs の差が生じており、いずれも METs B の方で高い傾向が確認された。特に補正後においては、METs A の約 2 倍程度の値が METs B となっていることが窺える。METs A は、測定精度が最も高いと言われているダグラスバッグ法によって呼気を収集し、得られた  $\text{VCO}_2$  及び  $\text{VO}_2$  から Weir の式[110]によって EE を算出し、RMR で除することによって METs を推定している (用語については 3 章 2 節 4 項を参照)。そして、推定した METs と三軸加速度センサの合成加速度の回帰式から METs を推定しているのが METs A である[97]。METs B は、ダグラスバッグ法と同じく高い精度を示す据置型機器の breath-by-breath 法によって呼気を収集し  $\text{VCO}_2$  及び  $\text{VO}_2$  を測定している[111]。しかし、METs 値は  $\text{VO}_2$  と体重から簡易的に推定される[107]ため、体重当たりの  $\text{VO}_2$  が成人男性よりも大きい女性・幼児の算定では過大評価されている可能性が高い。そのため、上記の結果は METs A よりも METs B において、高い値を示し、特に体重当たりの  $\text{VO}_2$  が大きい幼児において母親よりも顕著な差が生じたと推察される。

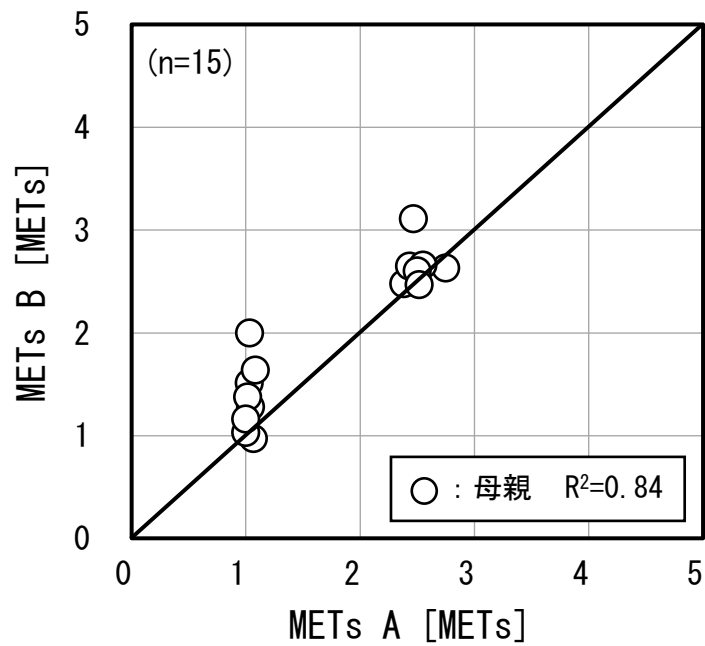


図 4-21 METs A と METs B の比較（母親）

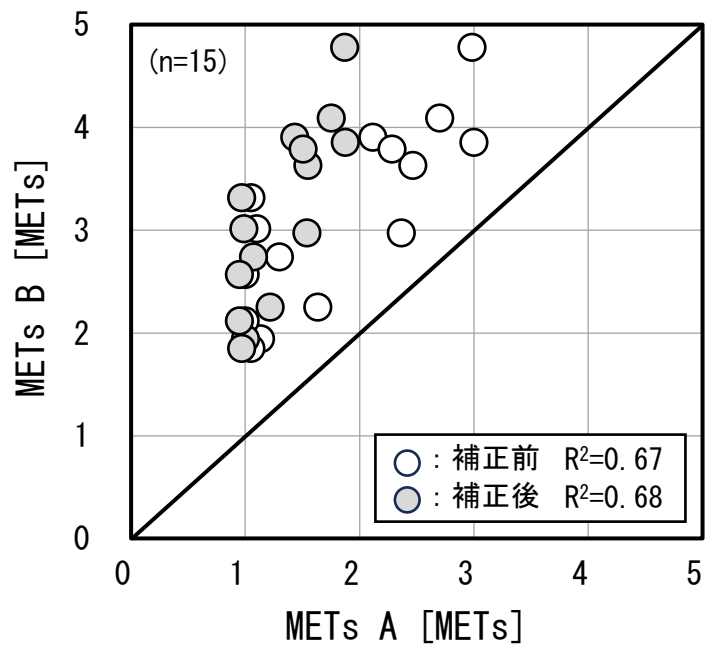


図 4-22 METs A と METs B の比較（幼児・補正前後）

4. 4. 5 CO<sub>2</sub>呼出量の測定値と推定値の比較

田島式[79]は、性別や年齢の違いについても加味しているものの、女性や幼児に適用する際の精度には課題が残る点を3章2節4項にて示した。そこで、被験者実験で測定した母親・幼児の VCO<sub>2</sub> と田島式を用いて推定した CO<sub>2</sub> 呼出量の比較を行い、精度検証を行う。CO<sub>2</sub> 呼出量の推定において、田島式で用いる各パラメータの設定は以下の通りである。体表面積は、各被験者の身長と体重から藤本らの推定式[82]で算出した値を使用した。METs 値は、同時刻に測定した METs B（呼気から得られた METs 値）及び METs A（加速度計から得られた METs 値）を用いた。年齢係数と性別係数については、田島らの提案している値を被験者に応じて設定し推定を行った。なお、本実験で VCO<sub>2</sub> の測定に用いた測定機器は、前項でも説明したように高い精度を示す機器であるため、携帯型呼気ガス分析の精度検証を行う際に、比較対象としても多く使用されている[112, 113, 114]。そのため、本分析においても真値として取り扱った（VCO<sub>2</sub>、VO<sub>2</sub> 等の呼気<sup>注13)</sup>から直接得られるもののみ）。また、前項にて METs B と METs A は、算定フローの違いにより差が確認された。本項では真値が明確となる CO<sub>2</sub> 量で比較を行うことで、CO<sub>2</sub> 呼出量の推定に測定した METs を適用できるかの検証も兼ねている。

図4-23に METs B を用いて推定した CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）と VCO<sub>2</sub> の散布図を示す。その結果、母親の CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）と VCO<sub>2</sub> を比較すると、CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）の方が平均で 0.005m<sup>3</sup>/h 高い傾向がみられた。また、幼児の比較では、母親と同様に CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）の方が高い傾向がみられ、差は平均で 0.002m<sup>3</sup>/h であった。このように、母親・幼児のいずれも田島式で推定する CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）の方が値が高いことが窺える。これは、前項でも指摘したように、METs B が母親・幼児では過大評価されやすい特性を有しているため、その影響で CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）が高く算出されたものと考えられる。次に、METs A を用いて推定した CO<sub>2</sub> 呼出量（METs A）と VCO<sub>2</sub> の散布図を図4-24に示す。なお、METs A は、成人を想定した機器で測定されるため、幼児の基礎代謝量を加味した補正が必要となることから、田中の補正式[98]が提案されている。また、田島式においても年齢影響を加味した係数（年齢係数）が存在するため、基礎代謝量の補正が重複することになる。そこで、両者の補正の差についても検討するために、補正 A では田島式の年齢係数を使用し、補正 B では田中の補正式を用いた METs A を用いて CO<sub>2</sub> 呼出量の推定を行った。まず、母親の結果では、VCO<sub>2</sub> よりも CO<sub>2</sub> 呼出量（METs A）の方が平均で 0.002m<sup>3</sup>/h 高い傾向がみられた。CO<sub>2</sub> 呼出量（METs B）と比較すると、差が 0.003m<sup>3</sup>/h 小さくなっており、当てはまりも

良いことが確認できる ( $R^2=0.94$ )。しかし、分布をみると安静時となる低値側、活動時となる高値側で傾向が異なることが窺える。次に幼児の比較を行う、補正 A では、 $\text{VCO}_2$  の方が  $\text{CO}_2$  呼出量 (METs B) よりも  $0.003\text{m}^3/\text{h}$  高い傾向がみられた。補正 B では、大小関係は同じであるものの、差が  $0.001\text{m}^3/\text{h}$  に改善されている。

上述した METs B・METs A から推定した  $\text{CO}_2$  呼出量と  $\text{VCO}_2$  を比較した一覧表を、母親・幼児別にそれぞれ表 4-13、表 4-14 に示す。母親の推定は、METs A を用いた際の誤差率<sup>注 16)</sup>が 13.6%と、METs B を用いた時よりも精度が高かった (表 4-13)。しかし、安静時 (0.1%) と活動時 (21.7%) の誤差率には、顕著な差が確認された。そのため、女性の  $\text{CO}_2$  呼出量の推定は、田島式に METs A を用いることで、安静時には高精度で推定出来ると言える。しかし、活動時には過大評価する可能性が高いため、その点には配慮が必要であることが明らかとなった。幼児においても METs A を用いた際の誤差率が低く、特に METs A 補正 B の誤差率が -7.4%と最も精度が高かった (表 4-14)。また、活動条件による誤差率の差も 4.9%と母親 (21.6%) ほど大きくない。これは、田中の補正式で複数の活動条件を想定したダグラスバッグ法の測定が実施されているため、活動時の影響も加味出来ているものと推察される。また、誤差率がマイナス側を示したのも、田中の補正式の精度検証結果と同様 (通常歩行の場合) であるため、補正式の精度が高まれば、田島式に適用した際の精度も同様に高くなること期待される結果と言える。そのため、幼児の  $\text{CO}_2$  呼出量の推定は、METs A を田中の補正式で補正し、田島式を用いる (年齢係数の補正はなし $\div 1$ ) ことで概ね十分な推定精度が得られることが明らかとなった。

以上より、 $\text{CO}_2$  呼出量の推定は、容易に測定が可能な三軸加速度センサの METs 値 (METs A) 及び田島式を用いることで、大まかな  $\text{CO}_2$  呼出量の把握は十分に可能であると考えられる。誤差率は概ね、女性で 13.6%、幼児 (補正 B) で -7.4%であった。そのため、女性の推定では、高めに推定する傾向がある点 (特に活動時)、幼児の推定では、低めに推定する傾向がある点 (特に安静時) には配慮が必要である。しかし、今回の実験で対象とした被験者は母親・幼児ともに 5 名のみであることを踏まえると、高い精度が求められる場合の  $\text{CO}_2$  呼出量の推定については引き続き検討が必要であると言える。



上述した高い精度での CO<sub>2</sub> 呼出量の推定について、その必要性や意義について検討する。保育現場で測定した保育者・幼児の METs 値は、表 4-9 の通り 1.0～5.1METs と高い値を示していた。2、3 章で指摘した換気量不足の要因の一つにこの活動量の影響があり、現行の換気基準（20m<sup>3</sup>/h）で換気量が十分なのかは些か疑問が残ることを 3 章にて指摘した。したがって、保育者・幼児の活動量の精緻を求めることは、保育施設のような活動量が大きい施設の換気設計に大きく貢献する資料になり得ると考えられ、学校施設やその他の社会福祉施設にも応用出来ることが期待される。特に、都市部の保育施設では窓が自由に開けられない施設も存在しているため、機械換気設備による十分な換気量の確保は重要であると考えられる。その他にも生理学やスポーツ科学、健康科学、教育学等の幅広い分野で、人の活動量に関する研究は実施され、エビデンスを多く蓄積している[34, 35, 36, 64]。しかし、1 章 1 節 3 項に指摘したように、建築学（ここでは換気設計）に応用するには難しい状況である。そのため、METs 値から CO<sub>2</sub> 呼出量の推定が十分な精度で求まるようになれば、エビデンスを多く有する上記分野の研究成果を活用して、保育施設を問わず様々な施設において適切な換気設計が可能となり、さらには学術的にも分野横断で発展することが期待される。

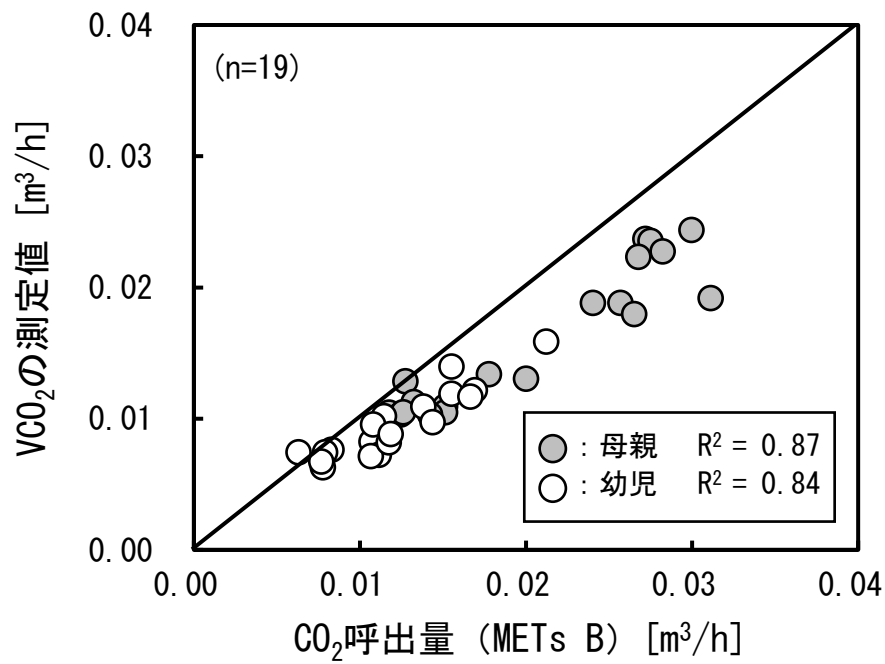


図 4-23  $\text{CO}_2$ 呼出量 (METs B) と  $\text{VCO}_2$ の比較

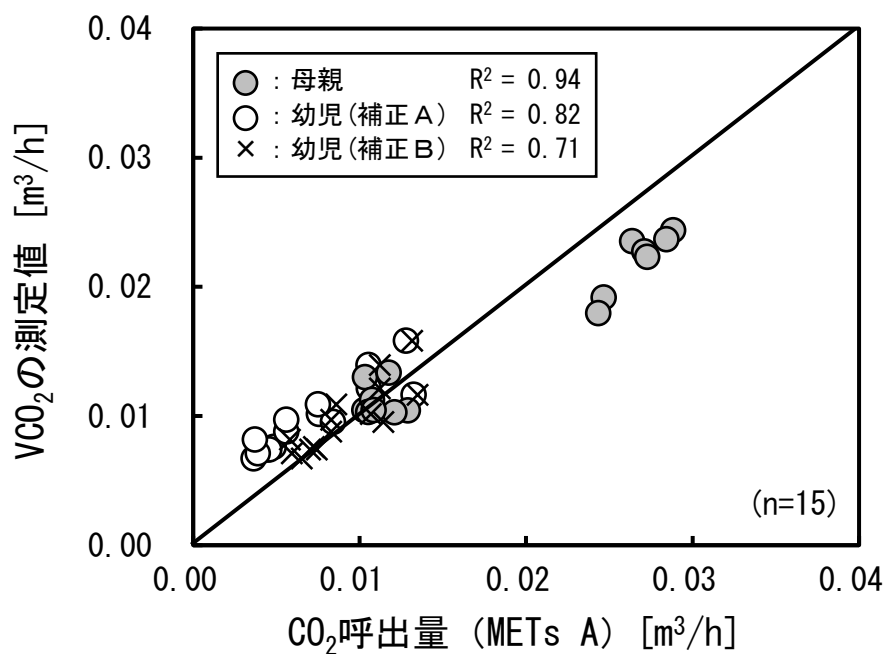


図 4-24  $\text{CO}_2$ 呼出量 (METs A) と  $\text{VCO}_2$ の比較

表 4-13 METs B・METs A から推定した CO<sub>2</sub>呼出量と VCO<sub>2</sub>の比較結果（母親）

METs 種別	活動条件*	平均VCO <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /h]	平均CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	誤差率 [%]
METs B	安静時 (n=10)	0.011	0.015	28.0
	活動時 (n= 9)	0.021	0.027	29.1
	合計 (n=19)	0.016	0.021	28.7
METs A	安静時 (n= 8)	0.011	0.011	0.1
	活動時 (n= 7)	0.021	0.027	21.7
	合計 (n=15)	0.016	0.018	13.6

\* nは被験者数（5名）×実験数（安静2回・活動2回）＝20データの  
うち、各条件に該当するサンプル数を示している

表 4-14 METs B・METs A から推定した CO<sub>2</sub>呼出量と VCO<sub>2</sub>の比較結果（幼児）

METs 種別	活動条件*	平均VCO <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /h]	平均CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	誤差率 [%]
METs B	安静時 (n=10)	0.008	0.010	27.8
	活動時 (n= 9)	0.012	0.015	27.0
	合計 (n=19)	0.010	0.012	27.3
METs A (補正 A)	安静時 (n= 8)	0.008	0.005	-42.3
	活動時 (n= 7)	0.012	0.010	-16.2
	合計 (n=15)	0.010	0.007	-27.4
METs A (補正 B)	安静時 (n= 8)	0.008	0.007	-10.2
	活動時 (n= 7)	0.012	0.011	-5.3
	合計 (n=15)	0.010	0.009	-7.4

\* nは被験者数（5名）×実験数（安静2回・活動2回）＝20データの  
うち、各条件に該当するサンプル数を示している

## 【補足】

補正 A：田島式[79]の年齢係数による幼児の基礎代謝量の補正

補正 B：補正式[98]で METs A を補正後、田島式を使用（年齢係数の補正なし）

#### 4. 5 小括

本章では、横浜市の保育施設 2 園でのコロナ禍の夏季における実態調査、さらには親子を対象とした実験室実験から、保育者・幼児を想定した人の身体活動量をはじめとする生理反応の実態把握を行った。実態調査の結果より、コロナ禍の夏季は感染症対策による窓開け換気が多くみられたが、保育室の温熱・空気環境はいずれも良好であった。また、この実測環境における保育者・幼児の平均皮膚温度及び鼓膜温度の結果から、熱中症等の健康影響が生じないことが窺え、建築環境・人の生理量の双方から良好な環境であったことが確認された。さらに、保育者・幼児の METs 値は、現行の換気基準で想定されている METs 値 (1.0~1.7METs) よりも高いことが定量的に明らかとなった。次に、実験室実験の結果より、三軸加速度センサを搭載した活動量計の METs 値を用いることで、CO<sub>2</sub> 呼出量の推定が可能であることが明らかとなった (誤差率: 女性 13.6%、幼児-7.4%)。また、懸念事項であった幼児の推定をする際には、田中の補正式で METs 値を補正し、田島式を使用 (年齢係数の補正なし) することで精度が高くなることが確認された。しかし、サンプル数や活動時の誤差には課題がみられたため、高い精度が求められる場合の CO<sub>2</sub> 呼出量の推定については引き続き検討が必要である。

#### 注釈

- 注6) 学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値に適合している割合を「適合率」として定義した。適合率は、10 時~16 時に測定した保育施設の全データを母数に算出を行った。
- 注8) 本研究における有意差検定はいずれも同一の手法 (Welch の t 検定) であり、有意水準は 5%未満とする。
- 注9) 2 章 4 節で示した換気行為別における CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化は、保育活動によって異なる傾向を示していたため、クラス活動、昼食、午睡、おやつの時間帯に分類して分析を行った。活動時間については、各保育施設の保育プログラムに準じて分類している。
- 注10) 2022 年夏季調査の環境実測については、全 6 施設にて実施しているものの、生理量の測定を行った保育施設は、Yi 施設と Ym 施設のみであったため、本論文ではこの 2 園のみの結果を取り扱うものとした。
- 注11) 各施設 1 日当たり、保育者 2 名、幼児 2 名の計 4 名の測定を行った。そのため、2 施設 × 2 日間の測定で、保育者・幼児それぞれ 8 名分のデータを有するが、保育者 8 名分のうち 3 名分は同一の被験者である。

- 注12) カウプ指数は、乳幼児の肥満度を評価する指標であり、算出方法はBMIと同じであるものの、肥満度の判定基準が年齢で異なるものである。
- 注13) 呼気は breath-by-breath 法にて測定を行い、 $\text{VCO}_2$  や  $\text{VO}_2$  等の測定値を得ている。被験者とした幼児の平均体重は 18.1kg のため、一回当たりの呼吸量はおおよそ 180ml (体重 $\times$ 10ml/kg[109]) であり、測定に関わるマスク等を含めた死腔量 (約 140ml) を超えている。なお、全ての被験者が超えていることを事前に確認している。
- 注14) 本実験は、活動を伴った実験であったため、皮膚表面温度のデータ欠損がいくつか生じた。そのため、測定点 4 点のデータが揃っていた時間帯に限り Ramanathan の 4 点法を用いて平均皮膚温度を算出している。
- 注15)  $\text{VCO}_2$  は、呼気に含まれる  $\text{CO}_2$  量のことであるが、 $\text{CO}_2$  呼出量と同じ意味を示すが、呼気から直接測定したことを分かりやすく示すために別表記としている。
- 注16) 誤差率は、 $\text{VCO}_2$  を真値としているため、 $\{(\text{平均 } \text{CO}_2 \text{ 呼出量} - \text{平均 } \text{VCO}_2) / \text{平均 } \text{VCO}_2\}$  で算出している。

### 参考文献 ー第4章ー

- [34] 石沢順子, 佐々木玲子, 松寄洋子, 吉武裕: 幼児の身体活動に関する客観的評価と保護者および保育者による主観的評価との関係, 生涯スポーツ学研究, Vol.16, No.1, pp.1-10, 2019
- [35] 野中壽子, 穂丸武臣, 小泉大亮, 渡邊明宏: 保育所における幼児の身体活動量と運動能力の関係, 発育発達研究, Vol.90, pp.28-36, 2021
- [36] 田中千晶, 田中茂穂: 幼稚園および保育所に通う日本人幼児における日常の身体活動量の比較, 体力科学, Vol.58, pp.123-130, 2009
- [64] 田中千晶, 引原有輝, 井上茂, 田中茂穂: 幼児の日常生活における1日の歩数の歩数計間比較, 発育発達研究, Vol.93, pp.12-21, 2022
- [71] 井上芳光: 子どもと高齢者の熱中症予防策, 日本生気象学会雑誌, Vol.41, No.1, pp.61-66, 2004
- [73] 空気調和・衛生工学会: SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説, 2012
- [74] 空気調和・衛生工学会: SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説, 2023
- [79] 田島昌樹, 井上貴之, 大西裕治: 換気測定のための在室者の二酸化炭素呼出量の推定, 日本建築学会環境系論文集, Vol.81, No.728, pp.885-892, 2016

- [82] 藤本薫喜, 渡辺孟, 坂本淳, 湯川幸一, 森本和枝: 日本人の体表面積に関する研究 第18篇 三期にまとめた算出式, 日本衛生学雑誌, Vol.23, No.5, pp.7-14, 1968
- [83] 厚生労働省: 賃金構造基本統計調査, 2019
- [93] 有富由香, 堀越哲美, 宇野勇治: 室内温熱環境が母親とその子どもの生理反応に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol.74, No.637, pp.315-321, 2009
- [94] 都築和代: 暑熱および温暖環境における子供と母親の体温調節反応の比較, 日本家政学会誌, Vol.49, No.4, pp.409-415, 1998
- [95] 入来正躬: 体表面温度生理学, BME, Vol.3, No.7, pp.9-15, 1989
- [96] 小川徳雄: 老若男女の温熱生理学(1): 新生児期から小児期まで, 人間と生活環境, Vol.3, No.1, pp.9-14, 1996
- [97] Ohkawara, K., Oshima, Y., Hikihara, Y., Ishikawa-Takata, K., Tabata, I., Tanaka, S.: Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm, British Journal of Nutrition, Vol.105, No.11, pp.1681-1691, 2011
- [98] Tanaka, C., Hikihara, Y., Ando, T., Oshima, Y., Usui, C., Ohgi, Y., Kaneda, K., Tanaka, S.: Prediction of Physical Activity Intensity with Accelerometry in Young Children, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol.16, No.6, pp.1-11, 2019
- [99] Ramanathan N. L.: A new weighting system for mean surface temperature of the human body, Journal of Applied Physiology, Vol.19, No.3, pp.531-533, 1964
- [100] 米浪直子, 池田麻友美, 一之瀬智子, 大上安奈, 天野達郎, 上田博之, 近藤徳彦, 井上芳光: 朝食をモデルとした食事摂取が若年女性の体温調節反応に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, Vol.24, No.4, pp.131-139, 2019
- [101] 大貫義人, 丹羽健一, 中山昭雄, 平原豊弘 1979: 発汗を伴わない運動時の皮膚温について, 日生氣誌, Vol.16, No.1, pp.36-41, 1979
- [102] 長村敏夫: [高体温で注意すべき病態と治療] 熱中症, 小児内科, Vol.46, No.3, pp.367-371, 2014
- [103] 及川慶浩: 目的にかなった手術中の体温測定部位はどこか, 臨床麻酔, Vol.33, No.390, pp.399-411, 2009
- [104] 日本工業規格: JIS A 1406-1974

- [105] 豊岡示朗, 金子公有: 最大作業時の呼吸循環系反応に及ぼす室温の影響, 体育学研究, Vol. 17, No. 4, pp. 205-211, 1973
- [106] 馬場一雄: 改訂小児生理学, pp. 116-117, 1994
- [107] アメリカスポーツ医学会 (American College of Sports Medicine), 1975
- [108] 道又元裕: 新 人工呼吸ケアのすべてがわかる本, 2014
- [109] 金澤伴幸, 岩崎達雄, 清水一好, 末盛智彦, 森松博史: 小児の麻酔中における人工呼吸器設定, 日本臨床麻酔学会誌, Vol. 38, No. 2, pp. 250-255, 2018
- [110] J. B. de V. Weir: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism, The Journal of Physiology, Vol. 109, pp. 1-9, 1949
- [111] 上村さと美, 秋山純和: 呼気ガス分析器の問題点を解決する過程を経験して, 理学療法科学, Vol. 24, No. 6, pp. 941-948, 2009
- [112] 山根主信, 上門亜矢子, 田中貴子, 菊野佑仁, 住本恭子, 木下めぐみ, 角野直, 西中川剛, 千住秀明: 携帯型呼気ガス分析器の信頼性と再現性, 理学療法探求, Vol. 11, pp. 7-14, 2008
- [113] 與座嘉康, 高田和也, 福川貴大, 前川陽香, 三川浩太郎: 半座位エルゴメータを用いた多段階運動負荷試験における, 携帯型呼気ガス分析器 (METAMAX 3B) と固定型呼気ガス分析器 (AE-310S) の比較, 理学療法科学, Vol. 28, No. 4, pp. 487-490, 2013
- [114] 與座嘉康, 池田絢美, 井手下なつみ, 豊住知己: 携帯型呼気ガス分析器 (AE-100i) の測定誤差について ―固定型呼気ガス分析器 (AE-310S) との比較から―, 理学療法科学, Vol. 34, No. 2, pp. 249-252, 2019





## 第 5 章

### 実事例に基づく室内空気環境の 改善策の検討と効果検証

## 5. 1 はじめに

前章では、窓開け換気を実施している保育施設2園で、コロナ禍の夏季における実態調査を行った結果、保育室の温熱・空気環境、人の生理量の双方から良好な環境であったことが窺えた。また、保育者・幼児の METs 値は、現行の換気基準で想定している値よりも高いことが定量的に確認された。そのため、3章4節3項で指摘したように、窓開け換気が実施できない施設、いわゆる機械換気型の保育施設においては、特に保育活動を加味した換気設計が求められる。そこで、本章では前章の METs 値を用いて、保育施設で必要とされる換気量の推定を試みる。さらには、2章で換気の課題がみられた機械換気型の Ya 施設（複合・ワンルーム型）を対象に、算出した必要換気量に基づいた換気の改善策を検討する。また、上記の研究成果に基づいて開口部の改修工事（欄間窓の設置）も実施したため、その環境改善の効果を定量的に明らかにすることを本章の目的とする。

## 5. 2. 調査概要

### 5. 2. 1 必要換気量の推定方法

本章では、4章の METs 値を用いて、一人当たりの必要換気量を推定する。必要換気量の算出には、ザイデル式を使用した（式8）。CO<sub>2</sub>発生量（ $m$ ）は、3章2節4項に示した田島式[79]を用いて算出している（式3）。そのパラメータに必要な METs 値は、表4-9に示した値を用いている。前章にて、幼児の CO<sub>2</sub>呼出量の推定は補正 B の方法（補正[98]した METs 値を田島式に適用し、年齢係数の補正はなしとする）が最も精度が良かった（誤差率-7.4%）ため、その手法を用いた。次に、室内 CO<sub>2</sub>濃度（ $C_i$ ）の設計基準濃度（目標値）は、現行の建築基準法や建築物衛生法で採用されている 1000ppm<sup>注18)</sup>とし、外気 CO<sub>2</sub>濃度（ $C_o$ ）は 430ppm<sup>注7)</sup>を都市部の外気 CO<sub>2</sub>濃度の代表値として採用した。

$$Q = \frac{k}{p_i - p_o} \quad \dots \quad (\text{式 8})$$

$Q$  : 換気量 [m<sup>3</sup>/h]                       $m$  : CO<sub>2</sub>発生量[m<sup>3</sup>/h]  
 $C_i$  : 室内 CO<sub>2</sub>濃度 [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]       $C_o$  : 外気 CO<sub>2</sub>濃度 [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]

### 5. 2. 2 気流解析に関する基本事項

本章では、熱流体解析ソフト（Advanced Knowledge Laboratory Inc., FlowDesigner）を用いて、保育施設の気流・CO<sub>2</sub>濃度分布の解析を実施する。解析対象や解析モデル、解析条件等については以下に示す。

#### 5. 2. 2. 1 解析対象施設の選定と解析モデルの構築

本解析では、3章4節2項で換気量の問題がみられたYa施設を対象とする。選定理由を以下に示す。Ya施設は、表2-4にて、機械換気型に分類される「窓が開けられない」保育施設である。Ya施設の平面図を図5-1に示す。Ya施設は、駅ビルの3階部分に開設している複合型の保育施設である（図5-2）。保育室は、家具で保育エリアをゾーニングするワンルーム型となっている（図5-3）。また、上述した「窓が開けられない」というのは、図5-4に示すように開口部が排煙窓、非常用扉、FIX窓となっており、日常的に換気利用できる窓が無いのが特徴である。さらに、3章4節2項で指摘したように、運用時の換気量が換気設備の目詰まり（図5-5）によって減少していると考えられ、コロナ禍の影響を鑑みても換気の改善が早急に必要な施設であった。そのため、排煙窓による窓開け換気が一時的な対策として現実的と考えられるものの、施設管理者から禁止（表2-4）されておりコロナ禍においても同様であった。そこで、Ya施設を換気の問題を抱える都市部の保育施設の代表例として選定し、気流解析による改善策の検討を実施することとした。

Ya施設の設計図面を基にして、図5-6に示す解析モデルを作成した。本解析では、保育室内の換気性状を把握するため、解析領域は、 $24\text{ m(x)} \times 30\text{ m(y)} \times 2.8\text{ m(z)} = 2016\text{ m}^3$ とした。Ya施設の換気システムは、第1種換気であり、一人当たり $20\text{ m}^3/\text{h}$ で換気設計が行われ、総換気量は $2500\text{ m}^3/\text{h}$ （定員125人）であった。換気設備の配置は、概ね西側が排気口、東側が給気口となっていることが、図5-1からも窺える。また、トイレや事務室へ繋がる扉は、アンダーカットに近い隙間が設けてあるが、その再現を本解析で実施した場合、気流分布が現実と乖離した状況になることが予備解析より確認されたため、開口率は100%（常時開放）として設定している<付録M>。なお、乱流モデルは室内の気流解析で一般的に用いられる高レイノルズ数型  $k-\varepsilon$  モデルとしている。

[<付録M> アンダーカット等の微小隙間の影響](#)

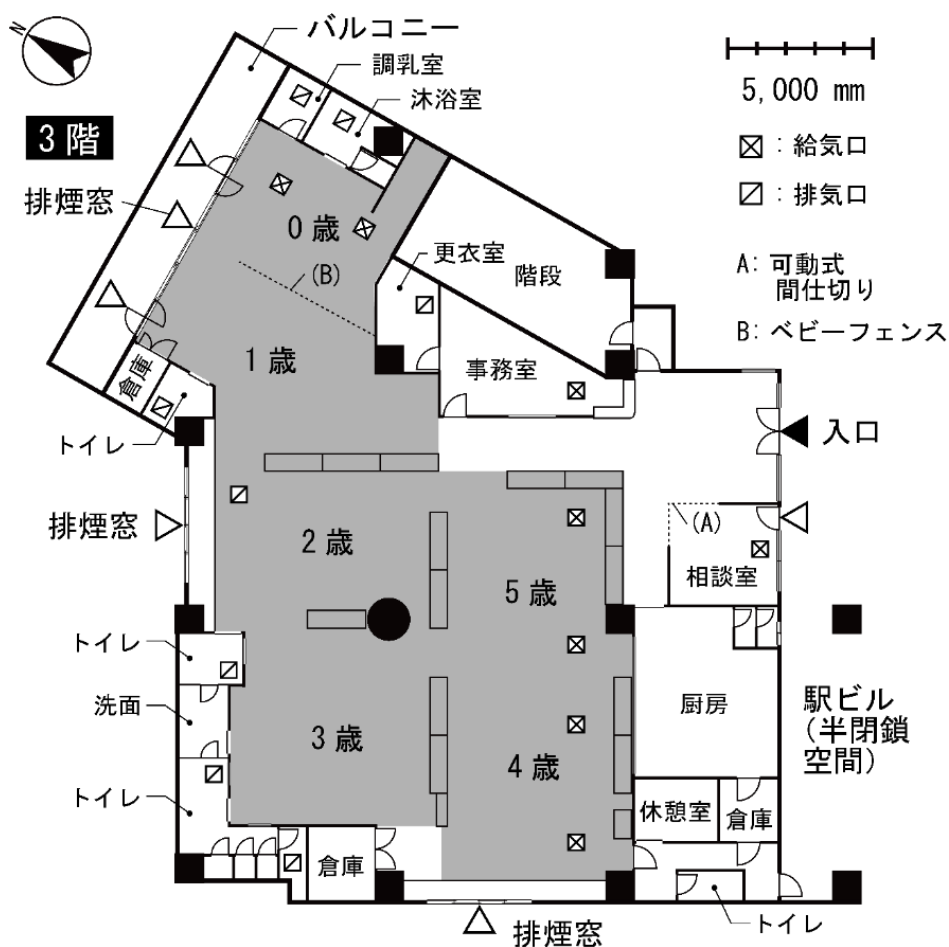


図 5-1 Ya 施設の平面図



図 5-2 Ya 施設の外観



図 5-3 Ya 施設の保育室の様子



図 5-4 Ya 施設の開口部



図 5-5 Ya 施設の排気口

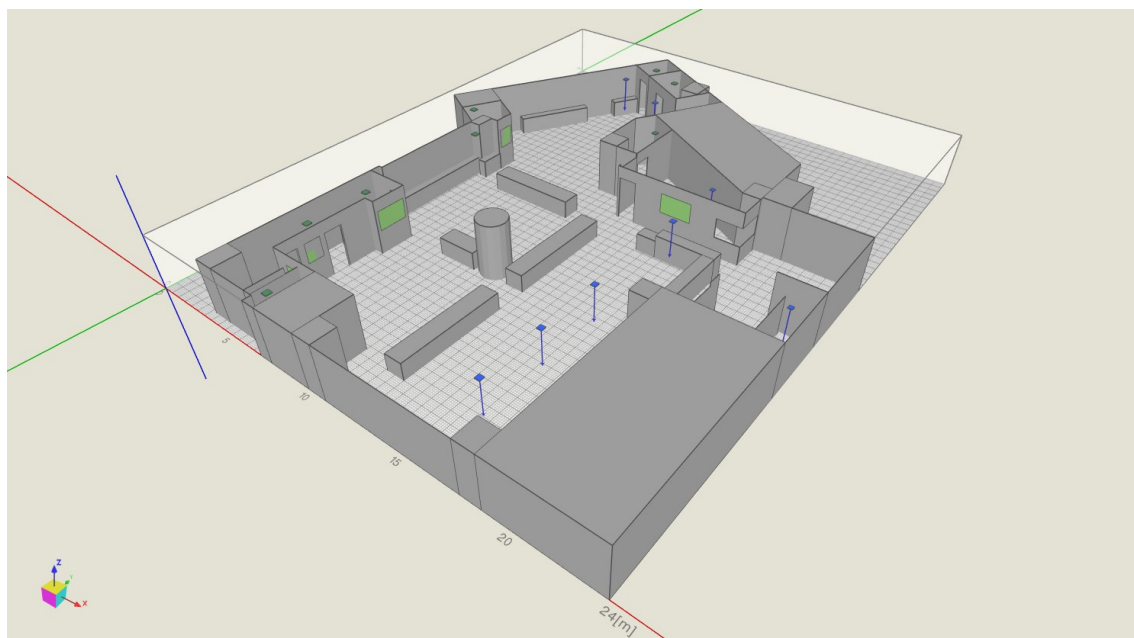


図 5-6 Ya 施設の解析モデル

5. 2. 2. 2 保育活動毎のCO<sub>2</sub>発生量の設定

3章にて算出したCO<sub>2</sub>呼出量を基に、CO<sub>2</sub>発生量を設定した。しかし、FlowDesignerでの汚染物質の発生量の単位はg/hでありm<sup>3</sup>/hとは異なる。そのため、CO<sub>2</sub>呼出量の単位変換を行った。CO<sub>2</sub>の密度は一般的に、0℃、1気圧の時に1.976kg/m<sup>3</sup>とされている。今回は、2章のような中間期の時期を想定し、気体の状態方程式を用いて20℃1気圧時の密度を算出した結果、1.830 kg/m<sup>3</sup>となった。そこで、CO<sub>2</sub>呼出量にこの値を乗じて、CO<sub>2</sub>発生量として設定している。

Ya施設におけるCO<sub>2</sub>呼出量の単位変換及び年齢児別の保育エリアにおけるCO<sub>2</sub>発生量について表5-1～表5-4に保育活動別<sup>注9)</sup>で示す。CO<sub>2</sub>発生量は活動強度の大きいクラス活動時が最も高くなるが、0歳児においては午睡後の起床・おやつの時間帯に沐浴などがあるため、保育者の活動強度が大きくなることや、0歳児においては子どもよりも保育者のCO<sub>2</sub>呼出量の影響が大きいことから傾向が異なっている。また、このCO<sub>2</sub>発生量とYa施設の基本保育スケジュール、換気状況記入シートを参考にYa施設の保育スケジュールを組み、表5-5に示す通り設定した。なお、登園前の準備時間は各保育エリアに職員2名の滞在を想定し、園外活動を想定する時間帯はCO<sub>2</sub>発生量を0として、非定常解析を実施した<sup>注19)</sup>。

表5-1 クラス活動時のCO<sub>2</sub>発生量

	園児数 [人]	保育者 [人]	子ども CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	保育者 CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	子ども 単位変換 [g/h]	保育者 単位変換 [g/h]	保育エリアの CO <sub>2</sub> 発生量 [g/h]
0歳児	7	3	0.02	0.08	28.5	147.6	176.1
1歳児	16	5	0.08	0.13	138.9	246.0	384.9
2歳児	12	4	0.10	0.13	189.6	236.2	425.7
3歳児	21	2	0.25	0.06	460.6	118.1	578.7
4歳児	21	2	0.28	0.06	509.5	118.1	627.6
5歳児	18	2	0.25	0.06	462.8	118.1	580.9

表5-2 昼食時のCO<sub>2</sub>発生量

	園児数 [人]	保育者 [人]	子ども CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	保育者 CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	子ども 単位変換 [g/h]	保育者 単位変換 [g/h]	保育エリアの CO <sub>2</sub> 発生量 [g/h]
0歳児	7	3	0.02	0.06	28.5	118.1	146.6
1歳児	16	5	0.06	0.11	111.1	196.8	307.9
2歳児	12	4	0.05	0.09	94.8	157.5	252.2
3歳児	21	2	0.13	0.04	230.3	78.7	309.0
4歳児	21	2	0.14	0.04	254.8	78.7	333.5
5歳児	18	2	0.13	0.04	231.4	78.7	310.1

表 5-3 午睡時の CO<sub>2</sub> 発生量

	園児数 [人]	保育者 [人]	子ども CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	保育者 CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	子ども 単位変換 [g/h]	保育者 単位変換 [g/h]	保育エリアの CO <sub>2</sub> 発生量 [g/h]
0歳児	7	3	0.01	0.04	19.0	76.8	95.8
1歳児	16	5	0.03	0.07	55.6	127.9	183.5
2歳児	12	4	0.03	0.06	47.4	102.3	149.7
3歳児	21	2	0.06	0.03	115.2	51.2	166.3
4歳児	21	2	0.07	0.03	127.4	51.2	178.6
5歳児	18	2	0.06	0.03	115.7	51.2	166.9

表 5-4 起床・おやつ時の CO<sub>2</sub> 発生量

	園児数 [人]	保育者 [人]	子ども CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	保育者 CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]	子ども 単位変換 [g/h]	保育者 単位変換 [g/h]	保育エリアの CO <sub>2</sub> 発生量 [g/h]
0歳児	7	3	0.02	0.10	28.5	177.1	205.6
1歳児	16	5	0.06	0.11	111.1	196.8	307.9
2歳児	12	4	0.05	0.09	94.8	157.5	252.2
3歳児	21	2	0.13	0.04	230.3	78.7	309.0
4歳児	21	2	0.14	0.04	254.8	78.7	333.5
5歳児	18	2	0.13	0.04	231.4	78.7	310.1

表 5-5 推定保育スケジュールおよび CO<sub>2</sub> 発生量

	7:00	7:30	9:00	9:30	11:00	12:00	13:00	14:45	16:00
0歳	準備 51.2	順次登園 88.1	おやつ 146.6	園外活動 176.1	昼食 146.6	午睡 95.8		起床 おやつ 205.6	順次降園 88.1
1歳	準備 51.2	順次登園 192.5	おやつ 307.9	園外活動 384.9	昼食 307.9	午睡 183.5		起床 おやつ 307.9	順次降園 192.5
2歳	準備 51.2	順次登園 212.9	おやつ 252.2	園外活動 425.7	昼食 252.2	午睡 149.7		起床 おやつ 252.2	順次降園 212.9
3歳	準備 51.2	順次登園 289.4	朝の会 309	クラス活動 578.7		昼食 309	午睡 166.3	起床 おやつ 309	順次降園 289.4
4歳	準備 51.2	順次登園 313.8	朝の会 333.5	園外活動 627.6		昼食 333.5	午睡 178.6	起床 おやつ 335.5	順次降園 313.8
5歳	準備 51.2	順次登園 290.5	朝の会 310.1	クラス活動 580.9		昼食 310.1	午睡 166.9	起床 おやつ 310.1	順次降園 290.5

※ 灰色部分は園外活動ありの場合に、CO<sub>2</sub>発生量を0としている

## 5. 2. 2. 3 解析条件について

表 5-6 に解析条件を示す。本解析では、保育活動毎の影響を分析するために、非定常解析とした。流量条件は、Ya 施設が機械換気型の保育施設であるため、給気・排気の換気量（設計換気量：2500 m<sup>3</sup>/h）のみを流量として解析を行った。後述するが、Case5 のみは窓開け換気を実施するため、窓開けによる流量も加算される。次に、環境条件は、中間季を想定した解析を実施するため、冷暖房の使用がないものとし等温環境を仮定している。換気状況を評価するために、汚染源は人の呼気に含まれる CO<sub>2</sub> とし、初期条件は外気 CO<sub>2</sub> 濃度と同じ 430ppm<sup>注7)</sup>とした。CO<sub>2</sub> は、各保育エリアの床面積（概ね保育面積）×保育者（女性）の身長（1.6m）に相当する容積で一様拡散としている。具体的な CO<sub>2</sub> 発生量は、表 5-5 に示す通りである。なお、データ分析については、2 章の実測調査と同じく 10～16 時の時間帯を対象としている。各保育エリアの中央を代表点とし、周囲 1m 及び高さ 0.5～1.5m の 1 m<sup>3</sup> を対象に分析を行った。具体的な解析内容を以下に示す。

まずは Ya 施設の既存の換気性状を把握することを目的に、設計換気量に基づいた 2 種類の解析を実施する。Case1 では、中間季における Ya 施設の CO<sub>2</sub> 濃度分布を再現し、園外活動に伴う在室人数の影響を検討する。これは、2 章の図 2-44 で CO<sub>2</sub> 濃度が 1000ppm を超えていたものの、4 クラスが園外活動を実施した状態でこの値であったため、仮に全クラスが室内活動をしていた条件を把握するために検討した。Case2 では、換気設備の塵埃による目詰まりの影響を検討した。これは、3 章 4 節 2 項で指摘した換気量が減少している一因として、目詰まりによる換気量の低下が挙げられたため、実測値と比較して換気量の有効率を推定する。次に、Ya 施設の換気の改善策として 3 種類の解析を実施する。Case3 では、天井扇の運転強度別に空気の循環効果を検証した。Case4 では、本章で新たに算出した必要換気量の値を用いて、換気量を変更した際の換気性状の変化を検証した（一人当たりの換気量 30 m<sup>3</sup>/h を採用）。Case5 では、排煙窓による窓開け換気の効果を検証した。Ya 施設は、自由に開放出来る開口部が排煙窓と非常用扉しか存在しないため、排煙窓による日常換気の効果を検討するものである。



表 5-6 解析条件

		Case1 在室人数の 影響	Case2 目詰まりの 影響	Case3 天井扇の 効果	Case4 換気量見直し の効果	Case5 窓開けの 効果
解析手法		非定常解析				
解析領域		24 m(x) × 30 m(y) × 2.8 m(z) = 2,016 m <sup>3</sup>				
メッシュ分割		240 (x) × 300 (y) × 28 (z) = 2,016,000				
乱流モデル		高レイノルズ数型 k-ε モデル				
流量 条件	換気条件	機械換気設備（第1種換気）のみの運転				機械換気＋ 窓開け換気
	給気量	2500 [m <sup>3</sup> /h]	設計換気量* 40～60%減	2500 [m <sup>3</sup> /h]	3750 [m <sup>3</sup> /h]	2500+α [m <sup>3</sup> /h]
	排気量	2500 [m <sup>3</sup> /h]		2500 [m <sup>3</sup> /h]	3750 [m <sup>3</sup> /h]	2500+α [m <sup>3</sup> /h]
環境 条件	温度条件	等温環境条件（中間季を想定）				
	初期条件	CO <sub>2</sub> 濃度：430 [ppm]				1500 [ppm]
	発生領域	各保育エリアの人が滞在する床面積×1.6mの容積で一様拡散				
	発生条件	CO <sub>2</sub> 呼出量 [g/h] ※ 保育活動毎に設定（表5-5）				
	園外活動	あり/なし	あり	なし		
解析内容		中間季におけるYa施設 の空気環境を再現し、 在室人数の影響を 検討した。	換気設備の塵埃による 目詰まりの影響を 検討した。	天井扇風機の運転強 度別に空気の循環効 果を検証した。	推定した必要換気量 で換気性状を検証し た（一人当たりの換 気量30m <sup>3</sup> /h）。	排煙窓による窓開け 換気の効果を検証し た（減衰法）。

\* Ya施設の設計換気量は2500m<sup>3</sup>/hである

### 5. 3. 分析結果

#### 5. 3. 1 保育施設で必要とされる換気量の推定結果

4章3節3項2目のMETs値を用いて、保育施設で必要とされる一人当たりの換気量を推定した(5章2節1項参照)。表4-9に示した保育活動別のMETs値の平均値、最小値、最大値に対応するようにまとめた結果を表5-7に示す。なお、建築基準法では20 m<sup>3</sup>/h、SHASE-S 102[73, 74]では30 m<sup>3</sup>/hが求められており、これらの基準値と比較する。

その結果、1歳児は4~12 m<sup>3</sup>/h、5歳児は8~21 m<sup>3</sup>/hと推定され、概ね建築基準法の20 m<sup>3</sup>/hの範囲内であることが窺える。しかし、これは子どもであっても成人男性と同程度の換気量が必要になることを示しており、今回の幼児のCO<sub>2</sub>呼出量の推定が過小評価する特性を有する点(4章4節5項)を踏まえると、建築基準法よりも余裕を持った換気設計が求められると言える。次に保育者に関しては、担当年齢児に関わらず、平均で34~49 m<sup>3</sup>/hが必要であり、建築基準法の20 m<sup>3</sup>/hを大きく上回り、SHASE-S 102の30 m<sup>3</sup>/hも上回る結果となった。そのため、保育者の活動実態に沿った場合、現行の換気基準では換気量が不足することが確認された。また、1歳児の必要換気量は10 m<sup>3</sup>/h程度と低いものの、1歳児の保育士設置基準(横浜市)[115]は「4人につき1人以上」であるため、保育者の比率が多くなる。さらに0歳児では、「3人につき1人以上」なので、より多くの換気量が必要となることが予想される。そのため、図3-4~図3-6において、小規模保育施設(0~2歳児が保育対象)で推定換気量が低いことが確認されたのは、これが原因として挙げられる。

また、昨今の新型コロナウイルスの影響を踏まえて、厚生労働省は「換気の悪い密閉空間」を改善するために、一人当たり30 m<sup>3</sup>/hの換気量を推奨している[15]。しかし、空気清浄度の観点から、METs値・CO<sub>2</sub>濃度を基にして保育施設の必要換気量を推定した結果、保育者に関しては30 m<sup>3</sup>/hでは不足することが上記で示された。また、保育施設のような発声機会が多い環境下では、新型コロナウイルスの感染リスクも高いと予想される。1施設での検討ではあるものの、歌唱時を想定した保育室では、換気量が60 m<sup>3</sup>/h以上の時に、20 m<sup>3</sup>/hの時と比べて、感染確率が50%以上減少するという報告もある[116, 117]。また、感染症対策の観点では、歌唱中や大声を出している状況である場合、一人当たり36 m<sup>3</sup>/hの換気量が推奨されており、加えて人間側での対策も求められている[118]。したがって、感染症対策の観点においては、表5-7で示した必要換気量よりも、さらに多くの換気量が必要であると考えられるため、これらも加味した換気指針の策定が必要であると言える。

以上の結果より、保育施設では建築基準法の基準値では換気量が不足する可能性が高いことを示した。しかし、機械換気設備の換気量を増加することで、幾つかの複合的な環境問題が生じることが予想される。例えば、夏季・冬季の外気温度が著しく高い・低い季節には、外気が室内に流入することで、室温が大きく変化することは明らかである。また、それに伴い冷暖房の使用が増加すれば、エネルギー消費量も増加し、省エネルギーの観点では望ましくない。このような背景から、近年の外気CO<sub>2</sub>濃度の上昇程度であれば、必要換気量の増加には至らないと判断された経緯もある[33]。そのため、換気設備の換気量を増加する場合には、温熱環境や熱負荷への影響についても、併せて検討が必要である。その他にも、換気設備の換気量が増加することで、機械設備から発生する騒音が大きくなることが挙げられる。特に保育施設では、午睡時間があるため、この設備騒音が睡眠環境に及ぼす影響は大きい[13]。そのため、騒音影響についても配慮が必要であり、これらの影響について十分に検討したうえで、換気設備の見直し・換気計画を行うことが望ましいと考えられる。

表 5-7 保育施設で必要とされる換気量

[m<sup>3</sup>/h]

被験者	クラス活動	昼食	午睡	起床・おやつ
幼児 (補正B)	1歳児 5 - 12 (8)	4 - 11 (7)	-	4 - 11 (7)
	5歳児 8 - 21 (13)	8 - 20 (12)	-	8 - 20 (13)
保育者	1歳児 23 - 68 (43)	21 - 75 (40)	19 - 68 (34)	25 - 77 (49)
	5歳児 23 - 79 (43)	23 - 77 (43)	19 - 68 (34)	25 - 81 (49)

※ 括弧内は平均値を示し、外れ値は除外している

### 5. 3. 2 気流解析による換気性状の把握と換気の改善策の検討

本項では、気流解析によって、Ya 施設の換気性状の把握と換気の改善策の検討を行った。換気性状の把握として、5 章 2 節 2 項 3 目に示した Case1（在室人数の影響）と Case2（目詰まりの影響）を分析した。換気の改善策として、Case3（天井扇の効果）と Case（換気量見直しの効果）、Case5（窓開けの効果）を確認し、効果検証を実施した。

#### 5. 3. 2. 1 園外活動による在室人数の影響（Case1）

図 5-7 に園外活動（0～2、4 歳）の有無における平均 CO<sub>2</sub> 濃度の変化を示す。なお、2 歳児エリアの結果としている。これは、図 5-8、図 5-9 の CO<sub>2</sub> 濃度分布からも窺える通り、CO<sub>2</sub> 濃度が高い傾向の保育エリアのため選定した。園外活動の有無でクラス活動、昼食時の CO<sub>2</sub> 濃度は平均でそれぞれ 515、213ppm の差がみられた。午睡、起床・おやつの時間には差が軽微となったことから、園外活動の影響は午前中にのみ影響すると言える。また、図 5-8 の CO<sub>2</sub> 濃度分布より、Ya 施設の 2、3 歳児エリアは排気口が位置するため、換気量が不足する場合、汚染空気が滞留しやすいエリアであると考えられる。特に静穏な気流条件の場合、幼児の過ごす高さで、CO<sub>2</sub> 濃度が高いことが確認できる（図 5-10、図 5-11）。CO<sub>2</sub> 濃度自体に毒性があるわけではないが、ウイルスや浮遊粒子状物質も同様の傾向を示すと考えられるため、子どもの高さ、いわゆる成育環境では特に配慮が必要であると言える。

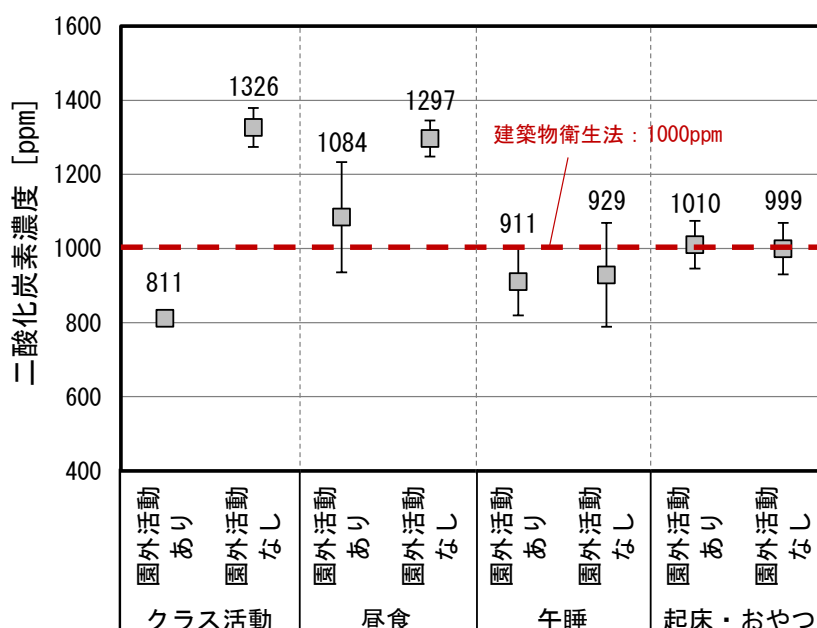


図 5-7 園外活動の有無における平均 CO<sub>2</sub> 濃度の変化（2 歳児エリア）

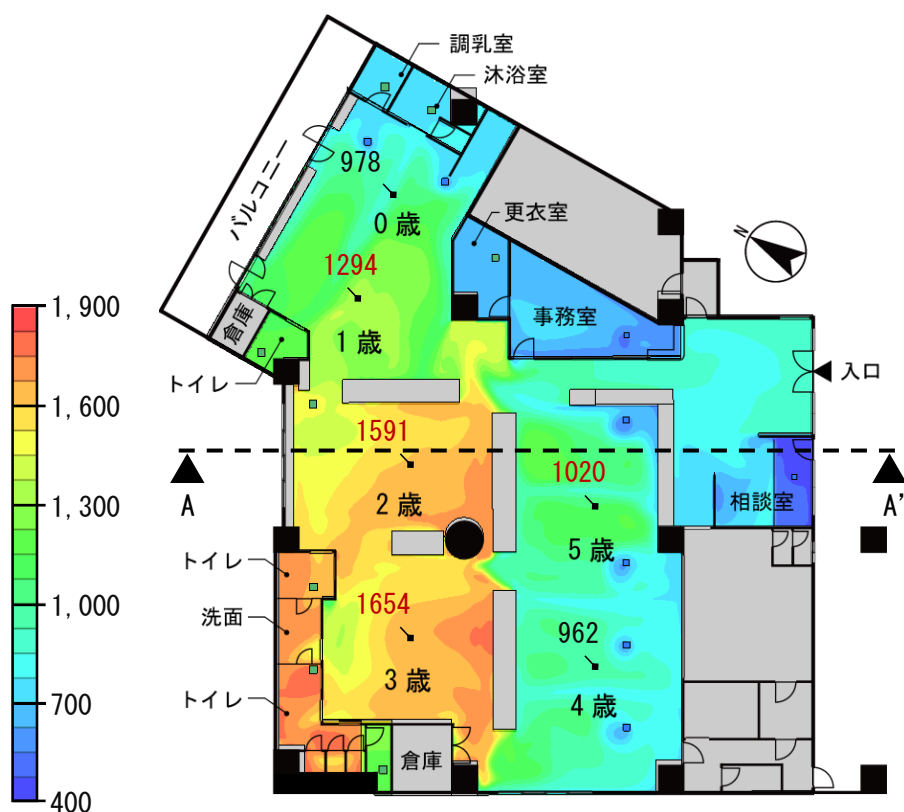


図 5-8 園外活動がない場合の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00、 $h=0.5\text{m}$ )

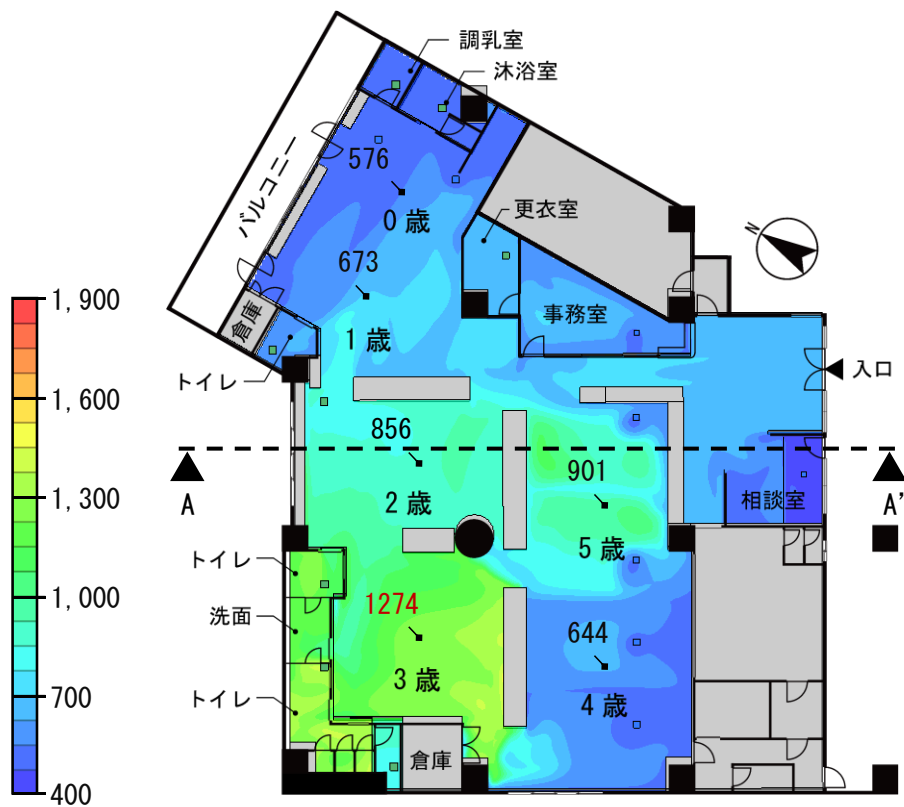


図 5-9 園外活動がある場合の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00、 $h=0.5\text{m}$ )

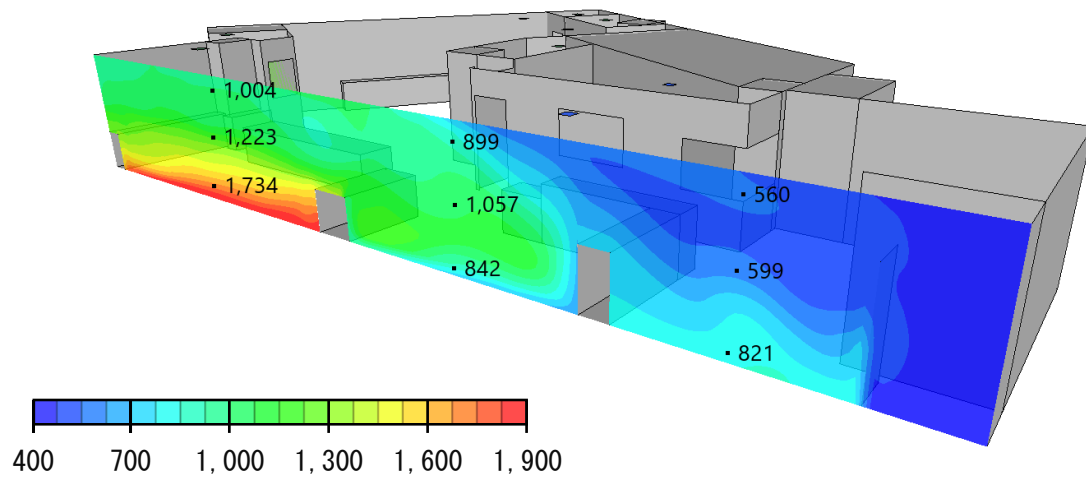


図 5-10 園外活動がない場合の A-A' 断面の CO<sub>2</sub> 濃度分布 (11:00)

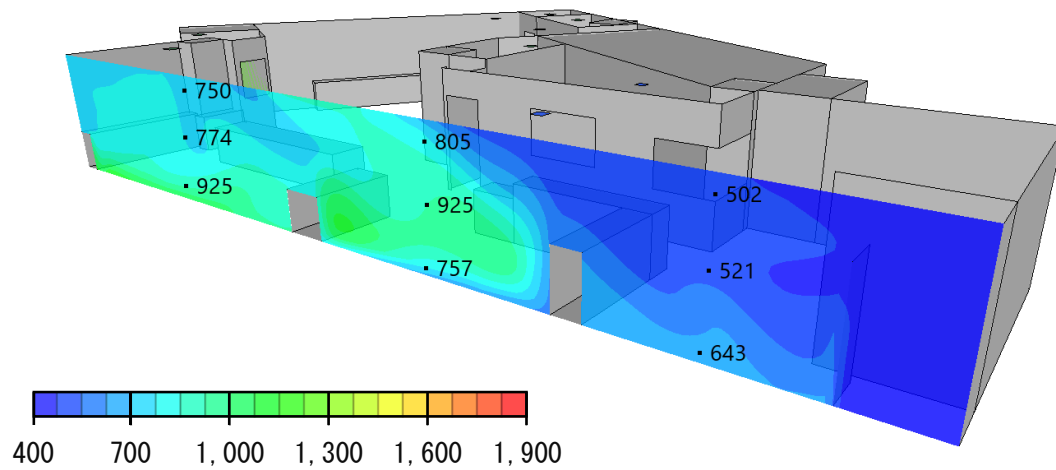


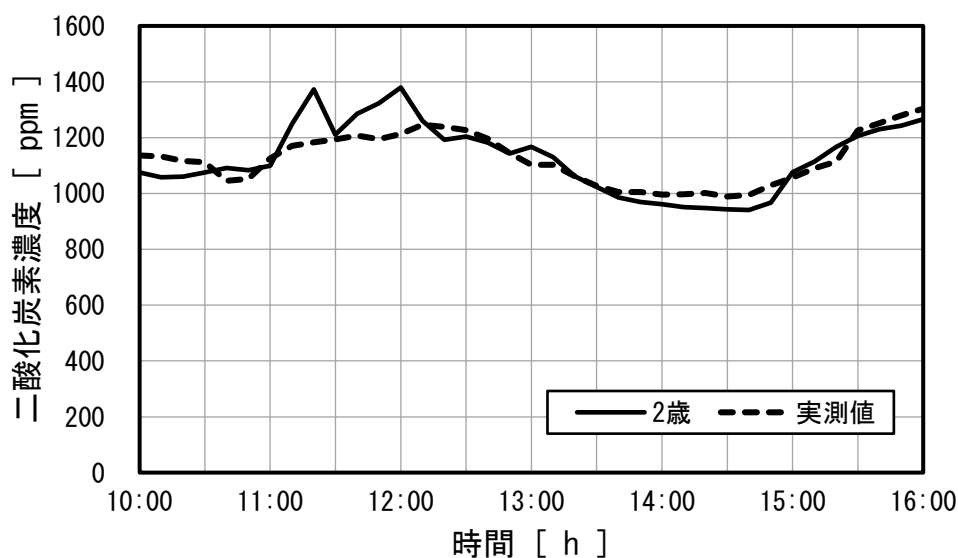
図 5-11 園外活動がある場合の A-A' 断面の CO<sub>2</sub> 濃度分布 (11:00)

## 5. 3. 2. 2 換気設備の目詰まりの影響 (Case2)

換気設備の目詰まり等のメンテナンス不備によって換気量が不足するという研究報告がある[91, 92]。そして、実際に Ya 施設の換気設備には多くの塵埃が付着しており、換気量が不足している可能性が高いことが窺える (図 5-5)。そこで、換気設備の設計換気量を減少させ、実測値と最も近似する運用時の換気量を推定した。なお、比較するデータは2歳児エリアを対象とする。その結果、有効率 60%において平均絶対誤差 (MAE) が最も小さくなり、実測に近い値であることが確認できた (表 5-8)。有効率 60%の2歳児エリアの解析データと実測値を図 5-12 に示す。経時変化からも概ね近いことが窺え、Ya 施設の換気量は有効率 60%であり、設計換気量が 40%減少していることが明らかとなった。

表 5-8 設計換気量の有効率に対する CO<sub>2</sub> 濃度と平均絶対誤差 (2 歳児エリア)

有効率	100%	70%	65%	60%	55%	50%
MAE	-	78	73	58	68	138
最大値	1304	1308	1358	1418	1492	1644
平均値	1124	1076	1079	1155	1182	1261
最小値	989	903	894	973	976	1062

図 5-12 解析値と実測値の CO<sub>2</sub> 濃度の比較 (2 歳児エリア)

## 5. 3. 2. 3 天井扇の運転強度の効果 (Case3)

Ya 施設の天井には、既設の天井扇があるが、あまり使用されていない状況であった。扇風機やサーキュレーター等は、換気量の増加には繋がらないものの、空気の循環には効果的であるため、成育環境（子どもの過ごす高さ）への効果を検証した。

天井扇の運転強度別における2歳児エリアのCO<sub>2</sub>濃度を図5-13に示す。その結果、運転なしと比べて、弱運転では最高値が約400ppm減少していることが窺える。一方で、弱運転から強運転にかけてのCO<sub>2</sub>濃度は、ほとんど差がないことが明らかとなった。また、図5-14、図5-15に保育室の気流分布を示す。弱運転と強運転で、気流分布には顕著な差がみられる。気流速度0.2～0.3m/sを超えると、人は気流感を得ると言われている。そして、この気流は人によっては不快に感じる場合もある。したがって、これらを考慮すると、弱運転でも空気の循環には十分な効果があり、無理に強運転にする必要はないことが窺える。

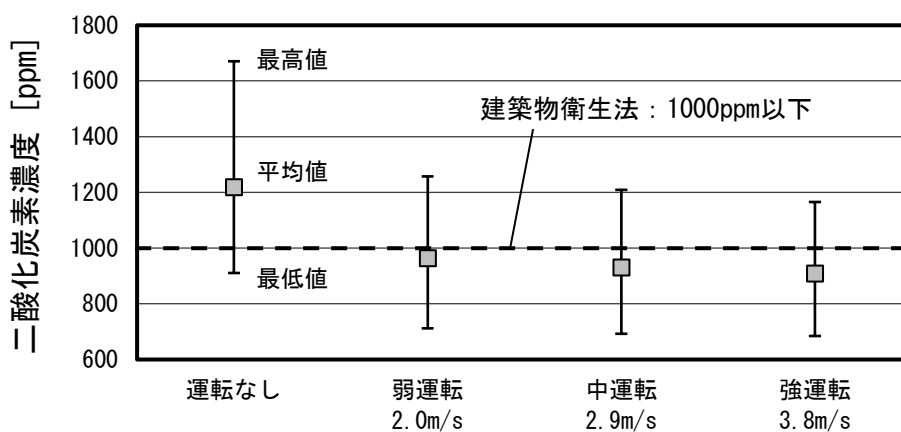


図 5-13 天井扇の運転強度別における CO<sub>2</sub> 濃度



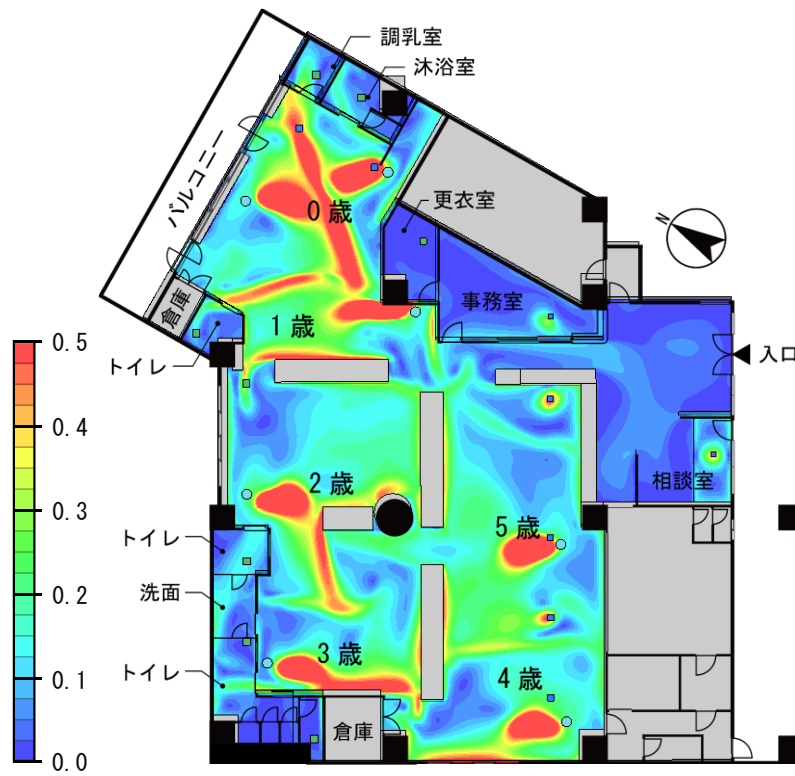


図 5-14 天井扇 強運転時の気流分布 (11:00、h=0.5m)

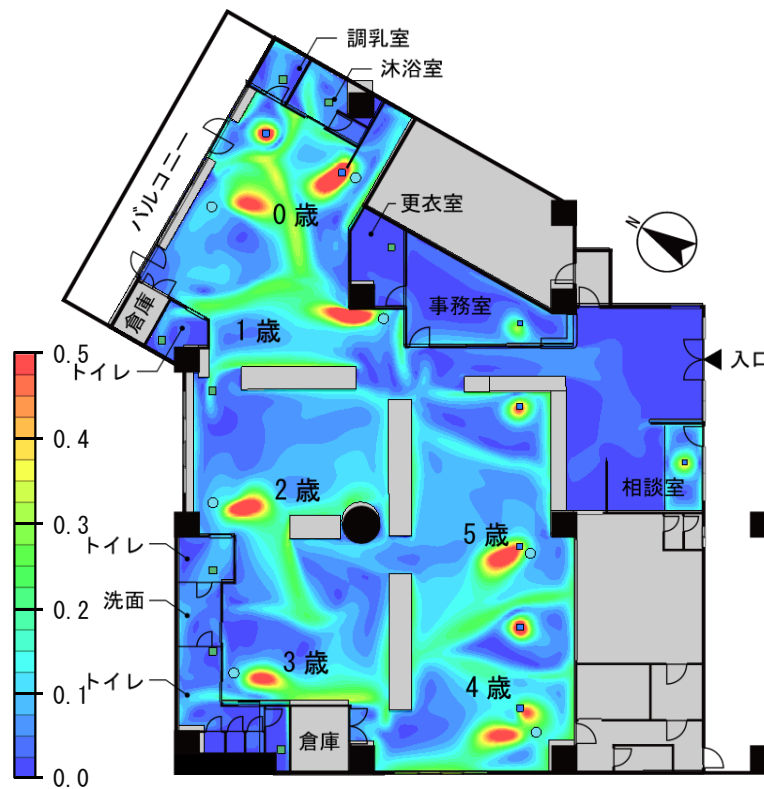


図 5-15 天井扇 弱運転時の気流分布 (11:00、h=0.5m)

### 5. 3. 2. 4 活動量に基づいた必要換気量の効果 (Case4)

ここでは表 5-7 に示した保育活動中の身体活動量を加味した必要換気量を用いて、設計換気量を再算出し、その値で換気設計した際の効果を確認する。表 5-9 に換気量の計算過程を示す。Ya 施設の設計換気量は一人当たり 20 m<sup>3</sup>/h で計算し、125 人を想定しているため、2500 m<sup>3</sup>/h となっている。0、1 歳児には表 5-7 の 1 歳児の必要換気量を、2～5 歳児には同表の 5 歳児の必要換気量を適用して総換気量を算出した。その結果、平均値を採用した場合は、設計換気量 2302 m<sup>3</sup>/h (18.4 m<sup>3</sup>/h) と一人当たり 20 m<sup>3</sup>/h 以下の値となった。これは図 2-46 の経時変化からも分かるように、午睡時に CO<sub>2</sub> 濃度は減少傾向を示しているため、安静状態であれば現状の設計でも換気量が十分であることを示す結果であると言える。しかし、換気の問題が顕著なのは、午睡以外の活動時間である。そこで、必要換気量の最大値を用いた場合の結果を確認すると、設計換気量 3738 m<sup>3</sup>/h (一人当たり 29.9 m<sup>3</sup>/h) となった。この値は SHASE-S 102 [73, 74] で推奨されている必要換気量 30 m<sup>3</sup>/h と同じ値である。

そこで、一人当たりの必要換気量を 30 m<sup>3</sup>/h とみなし、解析した結果を図 5-16 に示す。既存の設計換気量の結果 (図 5-8) と比較すると、保育エリア全体で 100～300ppm 程度の減少が確認された。また、図 5-17 の断面をみると、幼児の過ごす高さで 1500ppm を超える地点はあるものの、保育者の高さでは概ね 1000ppm 程度である。これは静穏な気流条件での結果であるため、冷暖房や天井扇を使用することで、空気が循環し保育エリア全体として、良好な空気環境 (平均 1000ppm 以下) が形成されるものと推察される。そこで、上記の条件 (Case4) に天井扇 弱運転 (Case3) を加えた結果を図 5-18 に示す。保育エリア全体で概ね 1000ppm 程度となり、図 5-19 の断面においても同様であることが確認できる。したがって、Ya 施設のケーススタディから、0～5 歳児を対象とする保育施設で必要とされる換気量は概ね SHASE-S 102 の推奨値である 30 m<sup>3</sup>/h と同等であることが明らかとなった。

表 5-9 設計換気量の再計算結果

	子ども [人]	保育者 [人]	既存の換気量 (建築基準法) [m <sup>3</sup> /h]	活動量から算出した必要換気量 [m <sup>3</sup> /h]	
				平均値を採用	最大値を採用
0～1歳児	23	8	620	576	924
2～5歳児	72	10	1640	1426	2322
事務室	0	2	40	98	162
一時保育	8	2	200	202	330
合計	103	22	2500	2302	3738
一人当たりの換気量			20.0	18.4	29.9

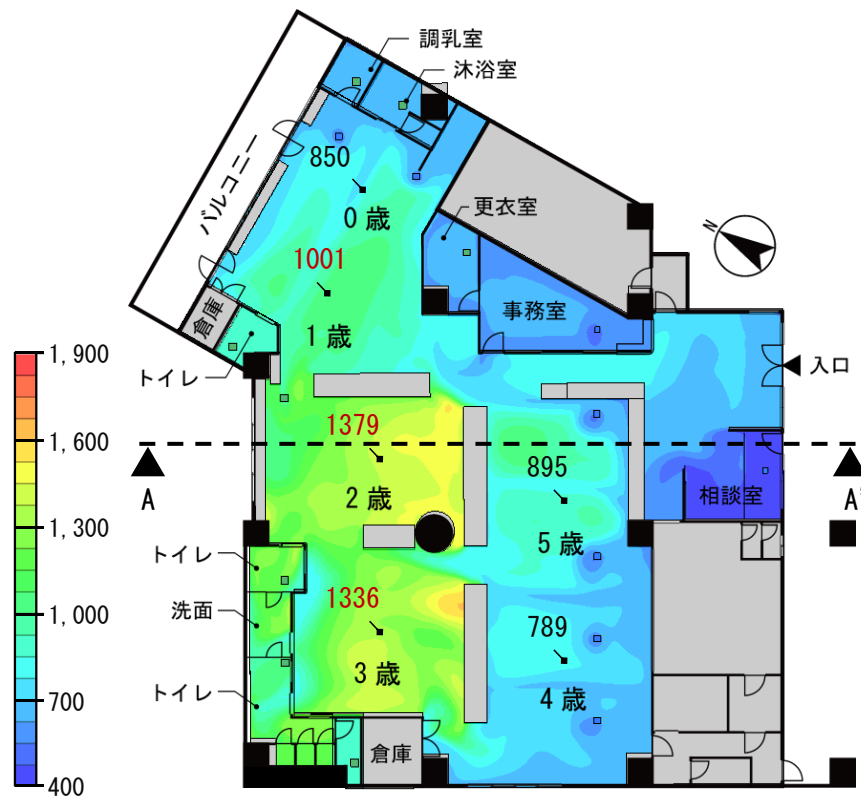


図 5-16 一人当たりの必要換気量  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  時の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00、 $h=0.5\text{m}$ )

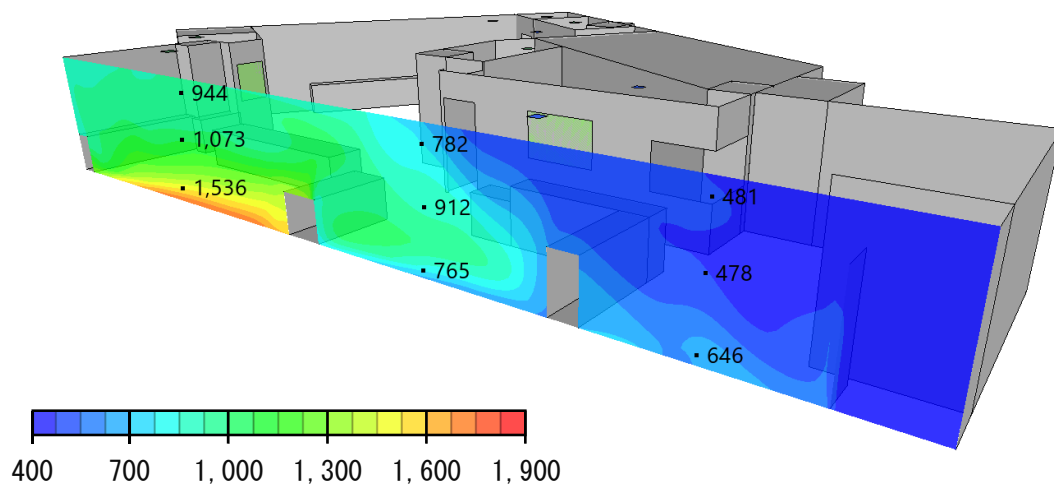


図 5-17 A-A' 断面の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00)

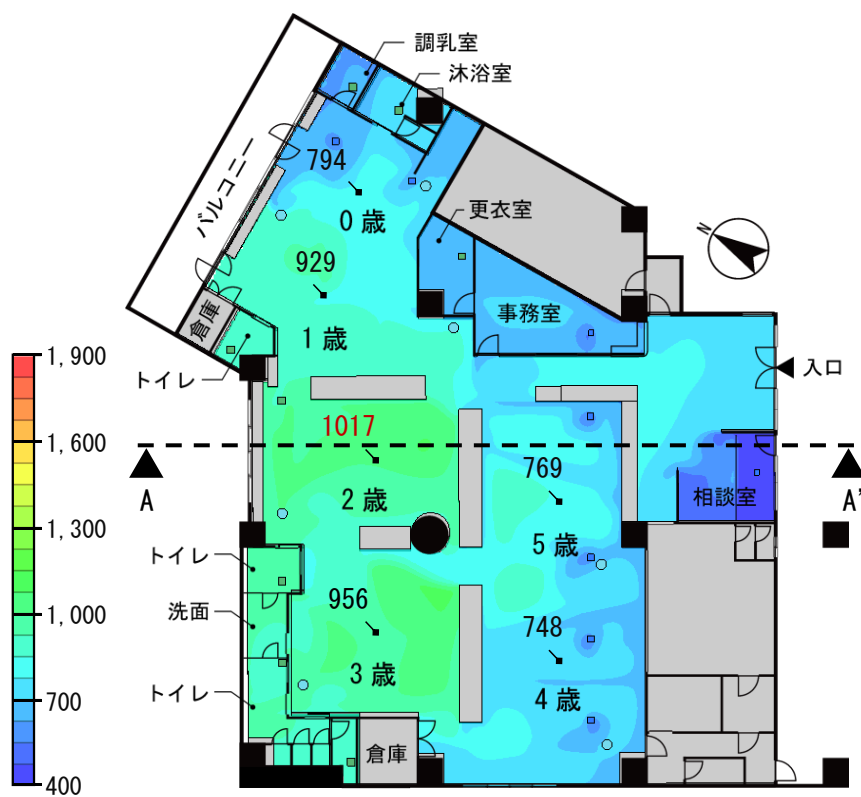


図 5-18 換気量  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ・天井扇 弱運転時の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00、 $h=0.5\text{m}$ )

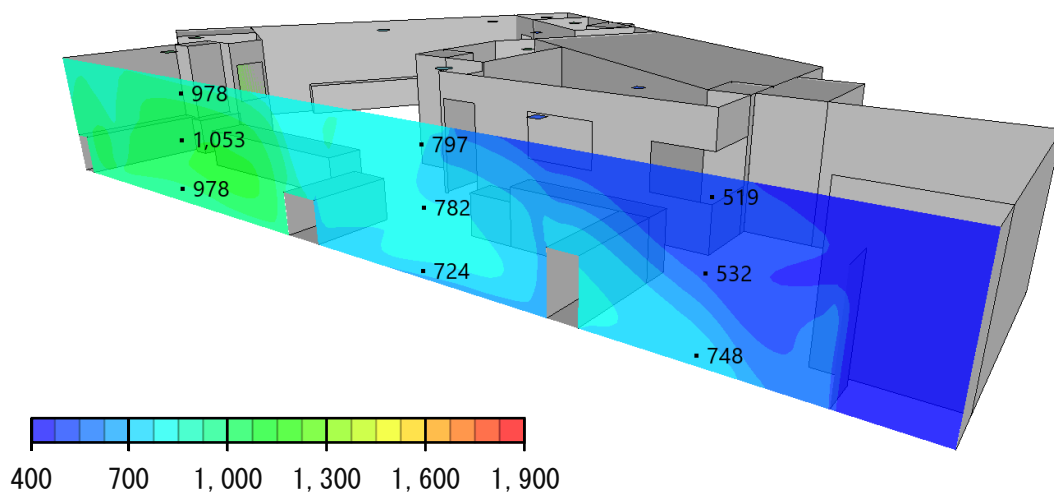


図 5-19 A-A' 断面の  $\text{CO}_2$  濃度分布 (11:00)

## 5. 3. 2. 5 排煙窓による窓開け換気の効果 (Case5)

5章2節2項1目で記述したように、Ya 施設には自由に開放できる開口部が存在しない。しかし、昨今のコロナ対策を考える上でも窓開け換気による換気量の確保は必須であり、Ya 施設で実施する場合は排煙窓による窓開け換気が改善策として挙げられる。そこで、排煙窓による日常換気を実施した際の  $\text{CO}_2$  濃度の低減効果を確認する。具体的には、Ya 施設の室内  $\text{CO}_2$  濃度の最大値は 1500ppm 程度（実測高さ 1m 地点）であったため、この値を初期濃度とし減衰時間を検討した（表 5-6）。開口部は、図 5-1 に示す 2 か所の排煙窓とした。なお、開口部に流入する外気風については、予備解析を行い与条件として設定した<付録N>。

その結果、排煙窓を開放してから 5 分後には換気経路上の保育エリアの  $\text{CO}_2$  濃度は急激に減少した（図 5-20）。しかし、換気経路ではない、0 歳、1 歳児エリアの濃度は高めの傾向である。8 分後には、保育エリアが全体的に 1000ppm を下回ったことが確認された（図 5-21）。そのため、概ね 10 分程度の窓開放で全体の空気が稀釈されることが明らかとなった。

## &lt;付録N&gt; Ya 施設の外部環境の解析

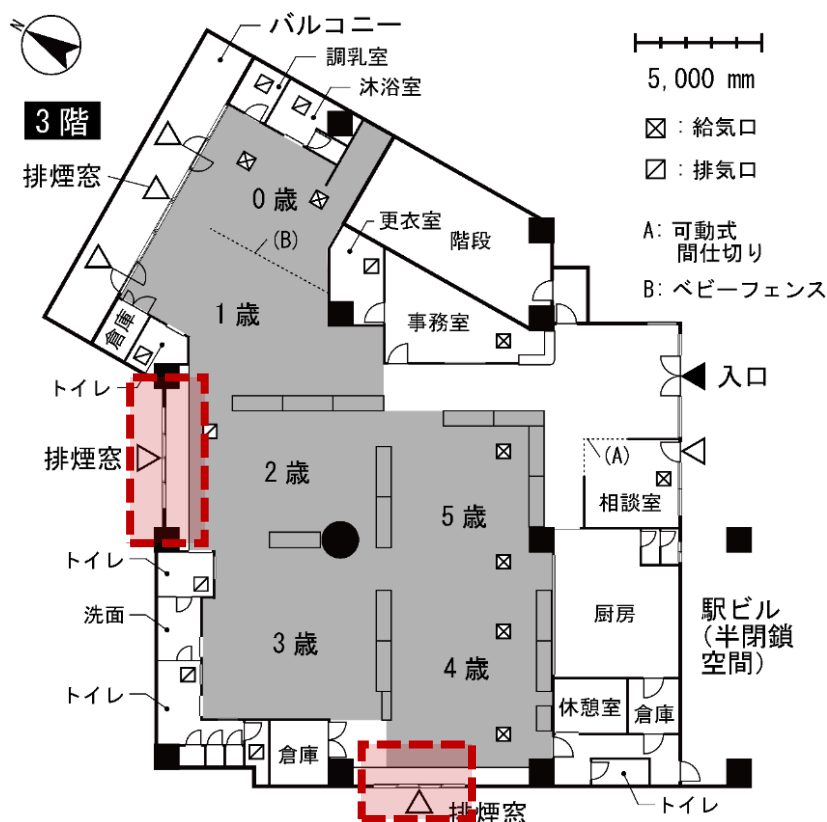


図 5-1 Ya 施設の平面図 (再掲)

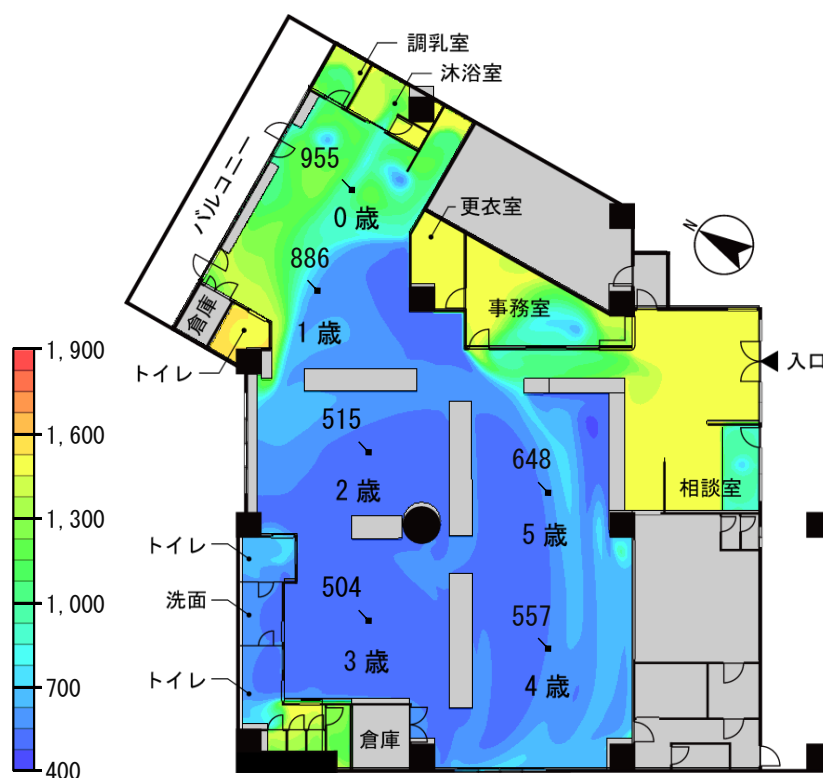


図 5-20 排煙窓による窓開け 5 分後の CO<sub>2</sub> 濃度分布 (h=0.5m)

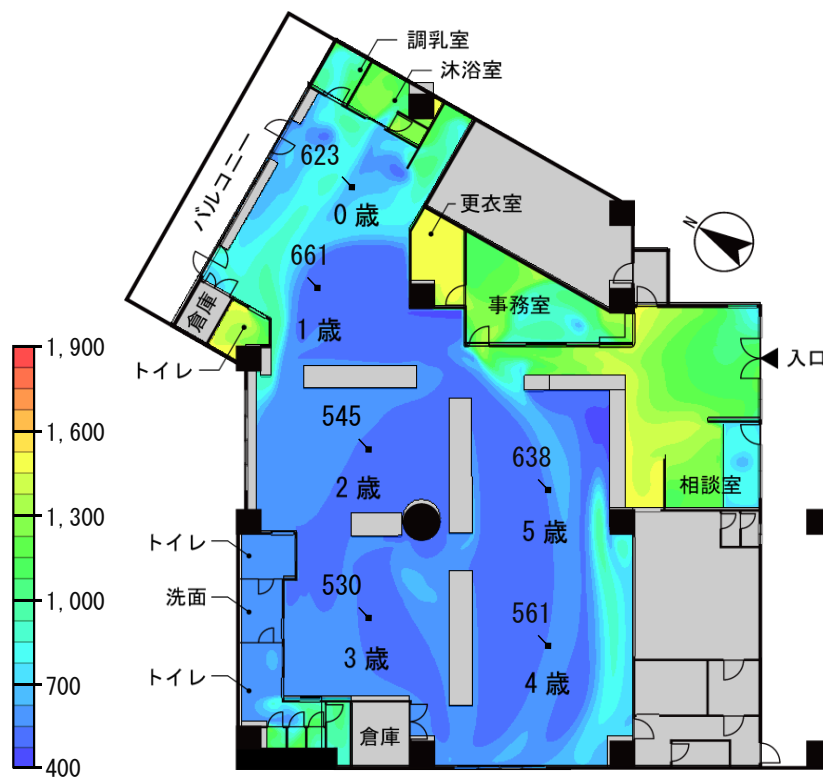


図 5-21 排煙窓による窓開け 8 分後の CO<sub>2</sub> 濃度分布 (h=0.5m)

### 5. 4 実測調査による開口部改修の効果検証

#### 5. 4. 1 調査概要

前節で換気の改善策を検討した Ya 施設では、コロナ禍の影響もあり感染症対策が急務であったことから、開口部の改修工事の実施に至った<付録O>。図 5-22 の(d) (e) (f) の3か所に排煙窓を有するが、コロナ禍においても換気利用は禁止されている状況であった。そのため、(a)の玄関扉上部の FIX 窓を換気窓（以下、欄間窓）へと改修した。本章では、この開口部改修による欄間窓の効果を検証するために、冬季の実測調査を実施した。実測調査は、2022 年 1 月 11 日～31 日に実施した。天候や温湿度等の外気条件は表 5-10 の通りである。温湿度及び CO<sub>2</sub> 濃度の測定は 2 章・4 章と同様の CO<sub>2</sub> 濃度計（NDIR 方式）を用いて、5 分間隔で連続測定した。分析対象は、在室人数が定員となる在園時間を対象とするために、保育活動の流れに基づき、9:00～16:30（7 時間 30 分）の測定データを用いた。なお、標準的な保育プログラムと異なる土日及び測定機器の設置回収日となる 11 日、31 日のデータは分析から除外した。なお、冬季の在籍人数は、2 章の中間季（秋季）と比べ、園児数が 10 人増加している。

また、2022 年 11 月に図 5-22 の(e)排煙窓に網戸設置及び電動化工事を実施した。この排煙窓による窓開け換気の効果については、検証途中であるため本論文では取り扱わないこととした。

[<付録O> Next Urban Lab 取り組みについて](#)

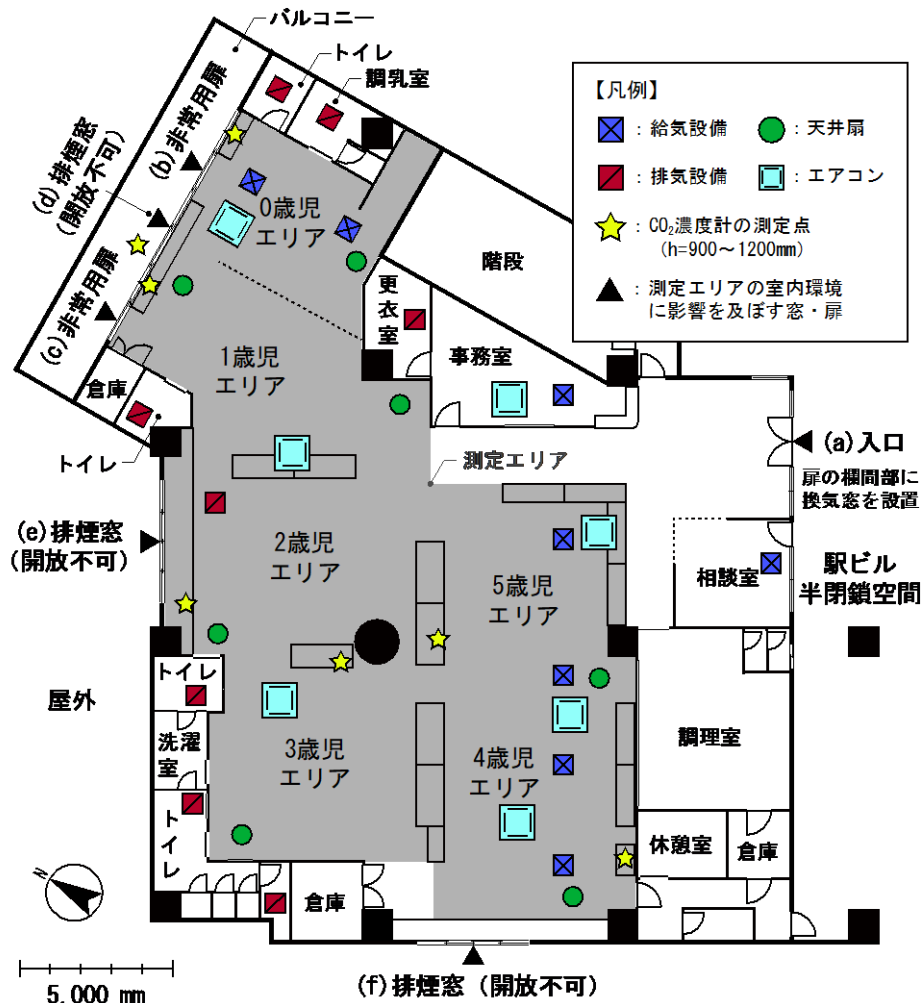


図 5-22 Ya 施設の改修箇所及び測定箇所

表 5-10 測定期間の気象条件について

測定日 (2022年1月)	天候	気温 [°C]	相対湿度 [%]	絶対湿度 [g/kg]	風速 [m/s]
20日 (木)	晴れ	4.1	50	2.5	4.1
24日 (月)	雲後一時晴れ	7.0	52	3.2	3.7
実測期間の平均 (11日~31日)	—	5.7	49	2.8	3.4



## 5. 4. 2 調査結果

5. 4. 2. 1 コロナ禍の冬季における CO<sub>2</sub> 濃度・温湿度の実態

Ya 施設の 2 歳児エリアは排気口を有するため、他の保育エリアと比べて高めの CO<sub>2</sub> 濃度を示すことを前節の解析結果で指摘した。そのため、換気の悪い空間の代表地点として 2 歳児エリアを対象とし、CO<sub>2</sub> 濃度・温湿度の環境実態を把握することとした。また、前節 2 項 1 目にて園外活動の影響を解析上では検討したが、2 章の実測調査では未検討であったため、その点についても比較を行う。

図 5-23 に園外活動なしの場合の CO<sub>2</sub> 濃度と温湿度の経時変化を示す。CO<sub>2</sub> 濃度は、900～1300ppm で推移していることが窺え、1 日を通して 1000ppm を超える時間が大半であるが、保育者・幼児が 1 日在室している状況で最大 1300ppm 程度に留まった点は、欄間窓の換気改善の効果が窺い知れるところである。なお、午睡を除いた時間帯は常に上昇傾向を示しており、前節 2 項 4 目でも指摘したように、換気量が不足していることから、このような傾向を示していると考えられる。また、窓開け及び園外活動の実施が無かったことで外気の流入が最小限であり、温湿度は 1 日を通して変化が小さかった（温度：20～23℃、湿度：30～37%程度）。次に、園外活動ありの場合では、先と様相が異なり 1000ppm を超える時間が著しく減少していることが窺える（図 5-24）。特に園外活動を実施した時間帯には、在籍人数が減少したことに加え、図 5-22(c) の非常用扉を一時的に開放したことで(a)の欄間窓との換気経路が確保され、CO<sub>2</sub> 濃度が急激に下がっていた。非常用扉は、その特性上重い建具であり、かつバルコニー部分が子どもにとっては危険な場所（3 階部分で手すり等なし）であるため、保育時間中は常時閉鎖が原則である。しかし、園外活動で園児がいなくなることで、一時的な窓開けが可能となり、かつこれまでは存在しなかった向かい部分の開口部が設けられたことで換気経路が確保されたことが定量的に確認できた。一方で、温湿度については、園外活動の時間帯に CO<sub>2</sub> 濃度と同じく、減少する傾向を示し、1 日の変化は図 5-23 よりも大きくなった。

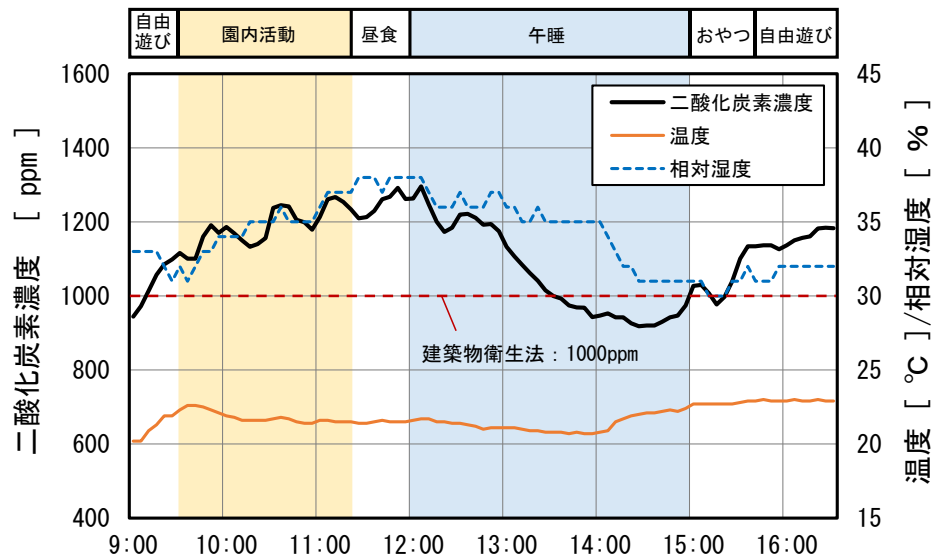


図 5-23 2 歳児エリアの CO<sub>2</sub> 濃度・温湿度の経時変化 (20 日：園外活動なし)

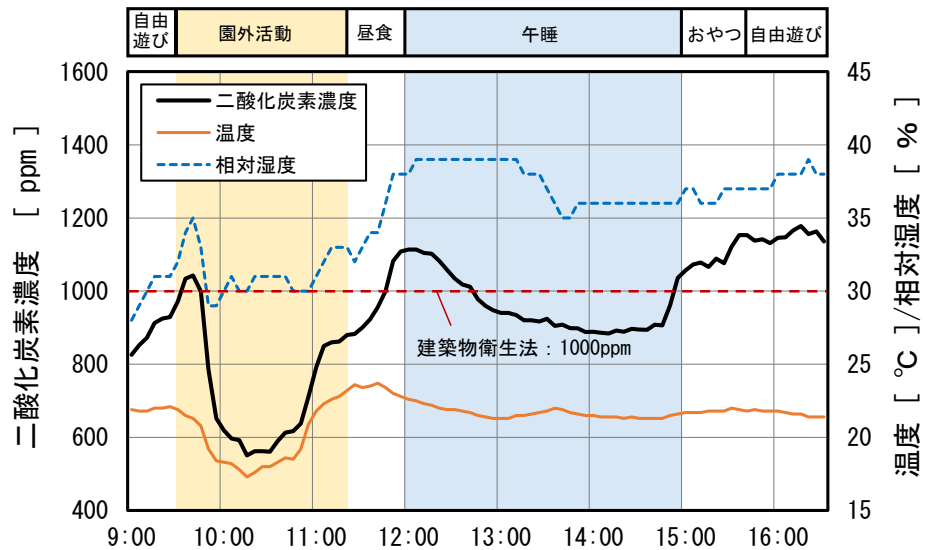
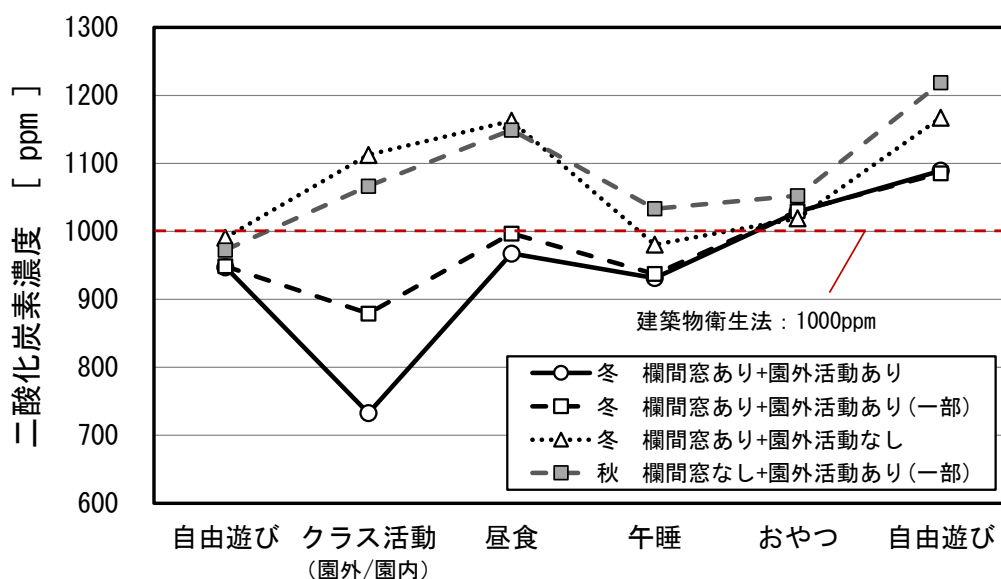


図 5-24 2 歳児エリアの CO<sub>2</sub> 濃度・温湿度の経時変化 (24 日：園外活動あり)

5. 4. 2. 2 改修前後の CO<sub>2</sub> 濃度の比較

次に、欄間窓の設置が保育室の CO<sub>2</sub> 濃度にどの程度影響を及ぼしているのかを検討するために、中間季（秋）の実測結果（図 2-46）と比較を行う。また、図 5-24 にて、園外活動の実施有無の影響が大きいことが実測結果からも確認されたため、園外活動の実施程度を 3 分類し、図 5-25 に保育活動別で示す。その結果、冬季の園外活動なしの群は、「秋季よりも保育人数が 10 人多い」、「園外活動なし」という不利な条件にも関わらず、秋季と概ね同じ値を示していた。これは、欄間窓の設置によって換気量が増加した影響だと考えられる。また、冬季の園外活動ありの群においては、午睡時間まで 1000ppm を下回る良好な空気環境が実現出来ていることが窺える。このように欄間窓による換気量の増加と在室人数の調整によって、冬季においても CO<sub>2</sub> 濃度を良好に保つことが可能となることが確認された。

図 5-25 保育活動毎の室内 CO<sub>2</sub> 濃度の平均値の比較

## 5. 4. 2. 3 欄間窓の設置及び換気口の清掃による換気量の改善効果

前目の分析結果より欄間窓の設置によって、CO<sub>2</sub>濃度の改善効果が確認された。そこで、ここでは換気量の推定を行い、換気量の改善効果を検証する。換気量の推定方法については、3章2節に示した方法と同様のため、ここでは割愛する。実測値から算定された推定換気量の結果を図5-26に示す。Ya施設の設計換気量は、一人当たり20 m<sup>3</sup>/hで計画され、合計2500 m<sup>3</sup>/hである。冬季は、この設計換気量を、午前の自由遊び・クラス活動の時間帯のみ満たしていた（左軸）。秋季と比較すると、冬季の保育人数は10人多いにも関わらず、いずれの時間帯においても上回る結果となり、欄間窓の設置による換気量の改善効果が明らかである。具体的には、園外活動による在室人数の変化及び非常用扉の窓開け行為がみられたクラス活動の時間帯には、換気量が1162 m<sup>3</sup>/h増加していることが窺える。また、これらの影響を除いた欄間窓単体による総換気量の増加は、117 m<sup>3</sup>/h（おやつ）～517 m<sup>3</sup>/h（午後の自由遊び）であると予想される。そのため、非常用扉の開閉条件（換気経路に影響）によって、効果の大小はあるものの、欄間窓の設置が換気量の改善に有益に作用したことは明らかであると言える。一方で、右軸の一人当たりの換気量でみると、昼食以降に全条件で建築基準法の20 m<sup>3</sup>/hを下回っていることが窺える。そのため、換気設備の換気量は設計換気量を下回っていることが改めて確認された。

そこで、調査期間中に換気設備の清掃を実施することとした。この清掃は、保育者が実施できるレベルのものを想定し、どの程度の換気量が改善されるかを検討するために実施しており、給気口・排気口に付着した塵埃等を掃除機によって吸い取る程度の作業としている。その結果、清掃後には、おやつの時間帯を除き、12%程度の換気量の増加が確認された（図5-27）。そのため、比較的容易に実施できる換気口の清掃作業においても、換気量の改善効果が確認されたため、保育現場においても広く実施されることが望ましいと言える。

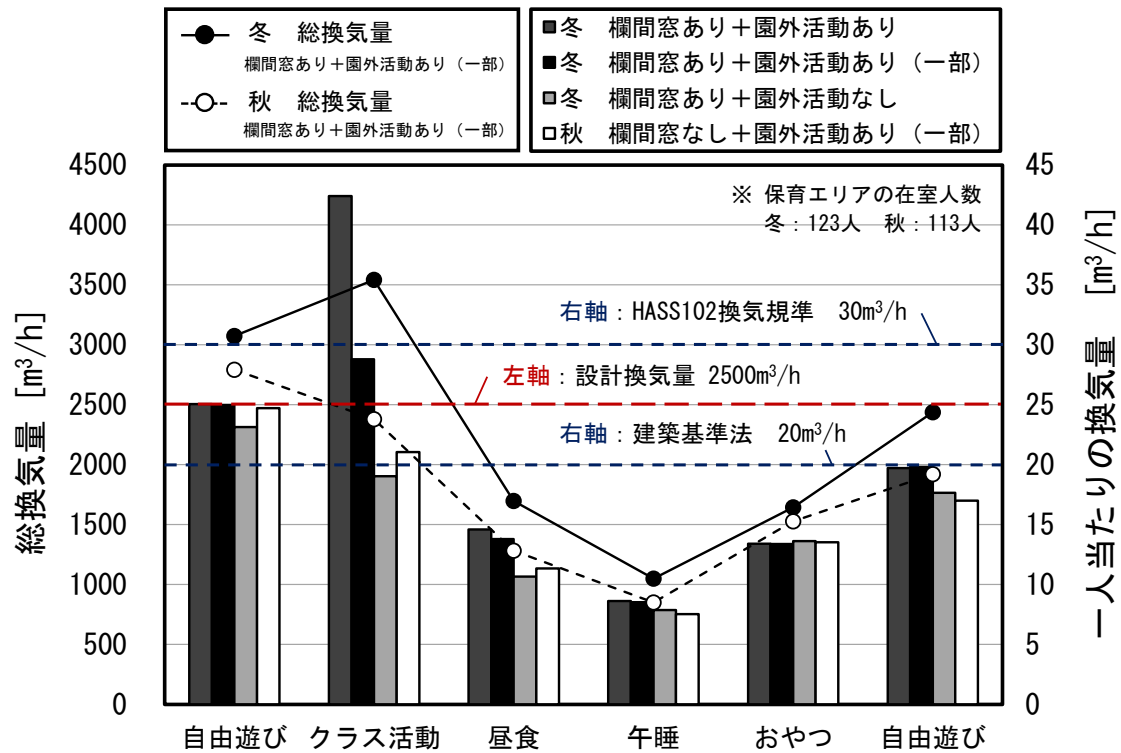


図 5-26 改修前後の推定換気量の比較（保育活動別）

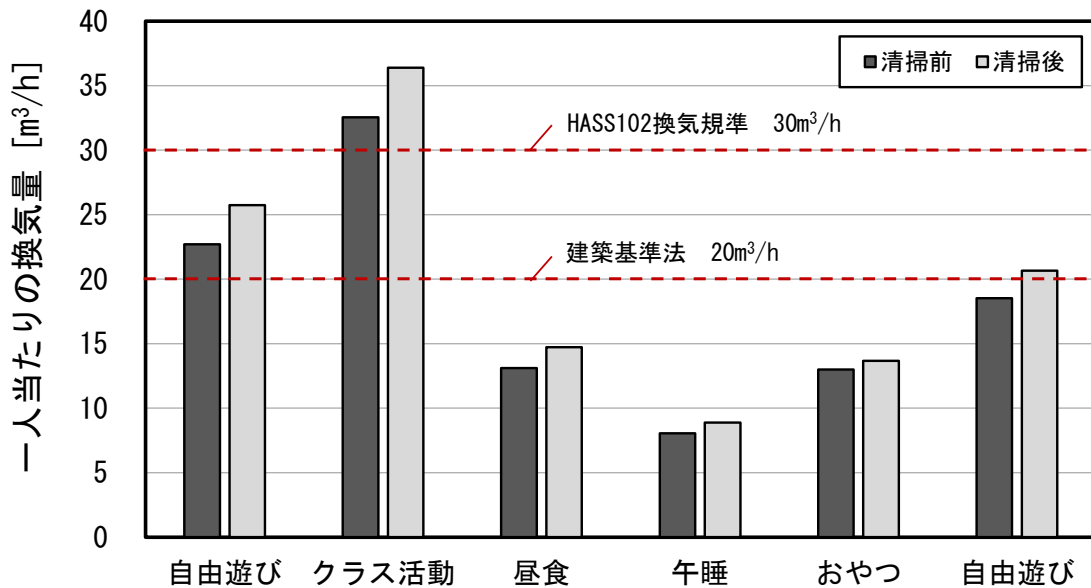


図 5-27 換気設備の清掃前後における一人当たりの換気量

## 5. 5 小括

本章では、4章で得られた METs 値を用いて、保育施設で必要となる換気量を推定した。その結果、幼児では建築基準法の  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  に概ね収まる一方で、保育者は  $19\sim 81 \text{ m}^3/\text{h}$  と高い値を示した。そのため、保育者の比率が大きくなる小規模保育施設では、多くの換気量が必要になる可能性が示唆された。また、換気の問題がみられた Ya 施設を対象に改善策の検討を実施した。推定した必要換気量を基に、設計換気量の見直しを行った結果、一人当たり  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  となり SHASE-S 102 の推奨値と同様であることが確認された。また、その際の換気性状は良好であり、保育室の  $\text{CO}_2$  濃度分布は概ね  $1000\text{ppm}$  を下回ることが確認された。Ya 施設の換気量が換気口を目詰まり等によって、40%程度減少していたことも明らかとなったため、保育施設において余裕を持った換気設計が重要であると言える。その他にも、欄間窓の改修工事による換気量の改善効果を冬季の実測調査から検証した。この欄間窓の設置によって、 $117\sim 1162 \text{ m}^3/\text{h}$  の換気量の増加が確認され、環境改善に有益に作用していた。

## 注釈

- 注7) 外気  $\text{CO}_2$  濃度の測定は、Yc 施設を除いた 11 施設で実施した。一部施設では、窓開け換気に伴う室内側からの流出の影響や機械設備の排気の影響がみられた。そのため、上記の影響がみられなかった 7 施設 (Yb 施設、Yf 施設、Yg 施設、Yh 施設、Yi 施設、Yj 施設、Yl 施設) の値を平均化して外気  $\text{CO}_2$  濃度の代表値として用いることとした。5 施設の平均  $\text{CO}_2$  濃度は  $428.9\text{ppm}$  であったため、本論文の分析では  $430\text{ppm}$  を都市部の外気  $\text{CO}_2$  濃度の代表値として採用している。
- 注9) 2章4節で示した換気行為別における  $\text{CO}_2$  濃度の経時変化は、保育活動によって異なる傾向を示していたため、クラス活動、昼食、午睡、おやつの時間帯に分類して分析を行った。活動時間については、各保育施設の保育プログラムに準じて分類している。
- 注18) SHASE-S 102 は 2023 年 5 月に改訂され、設計基準濃度は ASHRAE 基準に基づいた外気濃度+ $700\text{ppm}$  となっている[74]が、現行法規の  $\text{CO}_2$  濃度基準 ( $1000\text{ppm}$  以下) との整合性には課題が残ることが記されている。本研究では、発育過程の幼児を扱うため安全側での設計、ならびにまずは換気改善を目的とした現行基準への適合を目的とするために、 $\text{CO}_2$  濃度の設計基準濃度 (目標値) は  $1000\text{ppm}$  を採用した。
- 注19) 0、1、2、4 歳児のみ園外活動を想定してスケジュール設定しているのは、2章の 2019 年調査時に準じて設定したためである。また、この時の実測結果と比較し、解析モデルの精度検証を実施している。

参考文献 ー第5章ー

- [13] 船場ひさお：保育施設における音環境の現状 ー首都圏に新設された保育施設の実態調査からー，日本音響学会誌，Vol. 72，No. 3，pp. 152-159，2016
- [15] 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，2022
- [33] 空気調和・衛生工学会：必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方，2021
- [73] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説，2012
- [74] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説，2023
- [79] 田島昌樹，井上貴之，大西裕治：換気測定のための在室者の二酸化炭素呼出量の推定，日本建築学会環境系論文集，Vol. 81，No. 728，pp. 885-892，2016
- [91] 吉野博，三原邦彰，瀧澤のりえ，倉渕隆，松村学，熊谷一清，野口美由貴，柳沢幸男：東北地方における小学校を対象とした熱・空気環境調査，日本建築学会技術報告集，Vol. 11，No. 22，pp. 295-300，2005
- [92] 高木理恵，吉野博，藤川光利，和田浩行：住宅 25 戸における機械換気システムの給排気口の風量とメンテナンスに関する調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 57-58，2007
- [98] Tanaka, C., Hikihara, Y., Ando, T., Oshima, Y., Usui, C., Ohgi, Y., Kaneda, K., Tanaka, S. : Prediction of Physical Activity Intensity with Accelerometry in Young Children, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 16, No. 6, pp. 1-11, 2019
- [115] 横浜市：横浜市民間保育所設置認可・確認要項，2020
- [116] 胡怡賢，種市慎也，大西達也，田中稲子：ワンルーム型の保育施設を対象とした保育者の歌唱時における COVID-19 の感染確率と換気量の関係，第 31 回日本臨床医学会学術集会抄録集，p. 69，2023
- [117] 胡怡賢，種市慎也，大西達也，田中稲子，張晴原：ワンルーム型保育施設の気流解析による COVID-19 の感染確率に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 1465-1466，2023
- [118] SAGE-EMG: Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission, p. 3, 2020





# 第 6 章

総括

## 6. 1 都市部の保育施設における換気計画のあり方

### 6. 1. 1 保育施設における換気指標値の提案

現在、換気指標の一つである CO<sub>2</sub> 濃度は、コロナ禍の影響もあり世間に広く認知され、特に 1000ppm という数値は目安としても広く知れ渡っている。この 1000ppm は、国内の法基準や海外の換気基準の目安としても用いられていることが多い。国内の建築物衛生法においても、この 1000ppm が CO<sub>2</sub> 濃度の基準値として定められており、この根拠として「1000ppm 以上の環境下において、呼吸器、循環器、大脳等の機能に影響がみられる」という Eliseeva の知見を参照したものと考えられている[33]。海外の事例として、カナダでは自国の学校やオフィスでの研究結果に基づいて 1000ppm が提案されている[119]。室内 CO<sub>2</sub> 濃度が上昇することで人体への健康影響のリスクが高まることが記されているが、明確な因果関係は確認されていないことも併記されている。その他にもドイツや韓国の学校・保育施設においても 1000ppm が目安として用いられている[120,121]。また、アメリカの EPA (U. S. Environmental Protection Agency) では、子どもの教育にとって好ましい環境を実現するために、「Indoor Air Quality Tools for Schools Action Kit」が開発され、学校の室内空気環境を改善するための方法が公開されている[122]。具体的には、学校での室内空気環境の重要性や室内空気汚染物質の健康影響に関する知識、管理方法、具体的なチェックリスト等が示されている。このチェックリストに「CO<sub>2</sub> 濃度が 1000ppm を超えていないか」と記載されていることから、1000ppm を目安にしていることが窺い知れる。この根拠として ASHRAE-Standard 62-2001[123]にて、室内の CO<sub>2</sub> 濃度の上限値として、外気濃度+700ppm が推奨されており、当時の外気 CO<sub>2</sub> 濃度に準じると概ね 1000ppm であったためであると考えられる。なお、この CO<sub>2</sub> 濃度は、室内空気汚染物質の規制指標ではなく、あくまで換気指標の目安として用いられているものであり、ASHRAE の室内空気汚染物質の規制対象に CO<sub>2</sub> 濃度が含まれていない点には留意すべきである[124]。空気・調和衛生工学会が提言した「必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方[33]」や「SHASE-S 102-2022[74]」においても同様の考えが示されている。

しかしながら、1章で指摘したように国内の保育施設においては、室内空気環境の基準や目安としてCO<sub>2</sub>濃度すら示されていないのが現状である。また、2章・3章の結果より都市部の保育施設では、CO<sub>2</sub>濃度の高い施設がいくつか存在し、窓開けが出来ない保育施設が存在していたこと（表2-4）、さらにはコロナ禍においても同様であった施設の存在（5章2節2項1目）を鑑みると看過できない状況であると言える。そのため、換気指標の目安を示す必要性は極めて高い。そこで、保育施設においても、上述した先行事例と同じく「CO<sub>2</sub>濃度：1000ppm 以下」を換気指標の目安とすることを推奨する。これは、静穏な気流条件の場合、子どもの高さで汚染物質が滞留しやすいこと（図5-10）から、安全側の目標値としている。また、現在のコロナ禍でこの1000ppmは馴染み深い数値となったことから、保育現場でも広く浸透されやすいことを期待している。

### 6. 1. 2 保育施設を運用する際の配慮事項

建築基準法では、一人当たりの必要換気量が  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  とされている。4章において保育者・幼児の保育活動中の身体活動量を定量的に把握し、その METs 値を用いて保育施設で必要とされる換気量を推定した結果、幼児では上記の  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  に概ね収まるものの、保育者は  $19 \sim 81 \text{ m}^3/\text{h}$  と高い値を示していた（表 5-7）。また、1園のみの検討ではあるものの、一人当たり  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  で設計された Ya 施設の換気量は不足することが確認され、さらに目詰まり等の影響により換気量が 40%減少していたことから余裕を持った換気設計が求められる（5章3節 参照）。これは、3章の換気量分析において、換気量不足の保育施設が多くみられたことから裏付けられる。したがって、最低基準となる建築基準法（ $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ）の換気設計では、保育活動中の換気量が不足することは明らかである。

そこで、保育施設を運用する際の確認フロー（原案）を図 6-1 に示す。5章3節2項4目において、Ya 施設の換気量の見直しを行った結果、SHASE-S 102[73, 74]と同じ一人当たり  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  程度であることが確認され、その時の  $\text{CO}_2$  濃度分布は前項で推奨した 1000ppm と比較しても問題ないことが示された（図 5-18、図 5-19）。そのため、本結果を参照し、一つ目の線引き基準として SHASE-S 102 の  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  を用いて分岐を行う。ここで一人当たり  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  の換気量が確保されていれば、機械換気設備のみの運用でも概ね問題ないという判断となる（図 6-1【A】）。次に、一人当たり  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  の換気設計であっても、 $\text{CO}_2$  濃度が高まりやすい時間帯を理解し、窓開け換気を行うことで改善が可能であった（3章3節3項）ため、窓開けの自由度を二つ目の分岐とした。ここで「はい」の場合は、図 6-1【B】となり、ソフト面での対応でも可としている。そのため、この場合は設計者と保育者の意思疎通が重要となってくる。例えば、2章4節1項2目にて、設計者の意図しない換気設備の使われ方も確認されたため、この改善方法についても別途検討が必要である。最後に、窓開けの分岐点で「いいえ」となる場合には、換気量不足に陥るリスクが高いと考えられる（図 6-1【C】）。この場合においては、現状の運用計画では換気が不十分となるため、換気設計の時点で見直しが必要であることを設計者に広く共有したい次第である。例えば、5章でケーススタディを行った Ya 施設は、この【C】に該当する保育施設である。換気の一時的な改善策として、窓開け換気が挙げられるものの、開放可能な開口部は排煙窓しか存在せず、この排煙窓の開放は施設管理会社から禁じられていた。そのため、コロナ禍の影響も踏まえて、開口部改修に至った。このように、ソフト面での対策では、限度があるため、換気設計の時点で環境整備していくことが、子どもの成育環境を考える上で極めて重要であると言える。

また、用途変更の確認申請に関する面積基準が 2019 年に緩和され、100 m<sup>2</sup>以内から 200 m<sup>2</sup>以内に変更となった。建築確認申請が不要であっても建築基準法や消防法等の適合は求められるが、端的に言えば従前用途での使用が認められるようになったということである。そのため、この規模での用途変更が想定される小規模保育施設においては、より換気不足の問題が生じやすい環境下にさらされている。そのため、図 6-1 に示すような換気計画の考え方を含め、さらには保育施設を誘致・設計する場所にも配慮して、設計していくことが望ましいと考えられる。

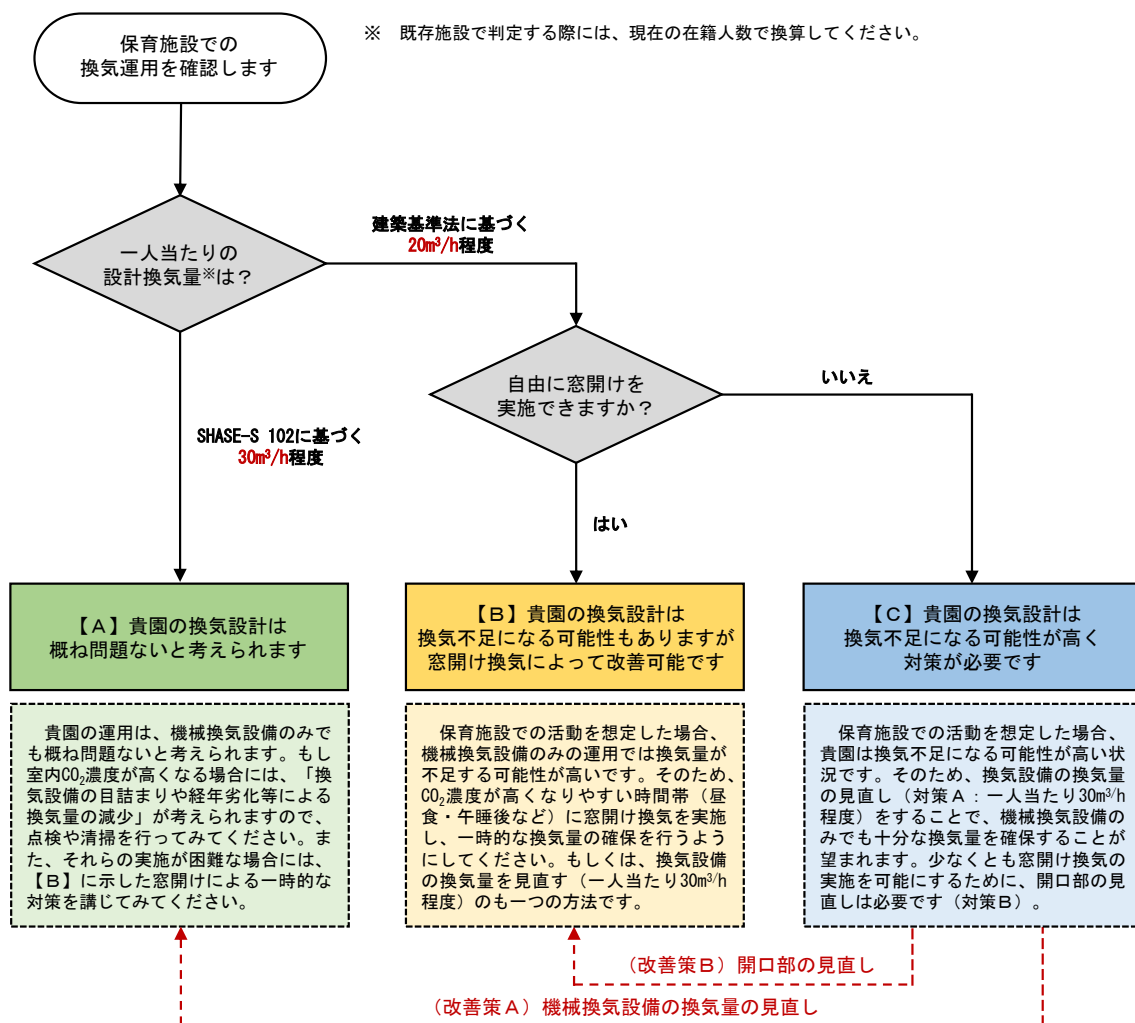


図 6-1 保育施設を運用する際の確認フロー（原案）

## 6. 2 本研究のまとめ

本研究では、都市部に位置付けられる横浜市の保育施設を対象に継続的な実測調査や保育者・幼児を対象とした生理量測定を実施した。また、保育施設に通う子を持つ親子を対象に、夏場を想定した実験室実験も実施した。さらには、気流解析を用いて換気量不足の課題を持つ Ya 施設の換気性状の把握及び改善策の検討を行い、改修工事の効果検証も実施した。以上の調査結果より、【1】都市部の保育施設が抱える換気の問題点、【2】保育施設の適切な換気計画について本研究の総括として運用・設計面の双方から以下にまとめる。

### 【1】都市部の保育施設が抱える換気の問題点

#### ① 窓開け換気が実施出来ない保育施設が存在する点（運用面）

Ya 施設、Yc 施設、Yl 施設の 3 施設は、排煙窓以外に自由に開放出来る開口部を有していないにも関わらず、この排煙窓での窓開けを施設管理会社から禁止されていた（2 章 2 節 3 項）。そのため、これらの保育施設では機械換気設備の換気に頼るほかなく、自由に窓開け換気を実施出来ない点は、都市部に開設する施設の特有の問題点であると言える。

#### ② 保育現場において機械換気設備や換気経路への理解が乏しい点（運用面）

機械換気型の保育施設では、機械換気設備による 24 時間換気が主となるが、間欠運転している施設が Yc 施設、Yd 施設、Yf 施設、Yg 施設の 4 施設確認された（2 章 2 節 3 項）。この理由として、外気流入による不快感が挙げられ、空気環境よりも温熱的要素が優先されている可能性が窺えた（2 章 4 節 1 項 2 目）。また、単純に使用を失念していた事例（2 章 4 節 1 項 2 目）や第 3 種換気にも関わらず給気口を家具で塞いでいた事例（3 章 3 節 2 項）が確認された。このように設計者の意図と乖離した使われ方が複数みられた。

#### ③ 機械換気設備の運用のみでは換気量が不足する点（設計面）

推定換気量は、換気行為別に顕著な差が確認され、窓開け換気型では値が高く、機械換気型・併用型では値が低かった（3 章 3 節 3 項）。特に機械換気型は、建築基準法（20 m<sup>3</sup>/h）の充足率でさえも値が低く、機械換気設備のみの運用では換気量が不足することが明らかとなった（3 章 4 節 1 項）。さらに、30 m<sup>3</sup>/h の充足率は昼食以降に 0%であったため、SHASE-S 102 やコロナ禍において厚生労働省が推奨している 30 m<sup>3</sup>/h の確保は困難であることが示された。この理由として、現行の換気基準が安静状態を想定していることが挙げられた。

## 【2】保育施設の適切な換気計画

### ① 窓開け換気による換気改善及び環境変化の創出（運用面）

複合型の保育施設では自由に窓が開けられず、機械換気設備頼りであること（【1】①）や機械換気設備の運用のみでは換気量が不足すること（【1】③）を換気の問題点として示した。一方で、併用型の2施設では、午睡後の窓開けによって換気量が不足しやすい時間帯にも十分な換気量が確保されていることが確認された（3章3節3項）。そのため、まずは換気量が不足しやすい時間帯を理解することが大切であると言える。したがって、【1】①の窓が開けられないという状況は、第一に解決すべきであり、昨今のコロナ禍を鑑みても強く望まれる。また、これは感染症対策の観点だけでなく、子どもに物理的な環境刺激を与え、環境変化を体験させるという発育の意味でも、大切なものであると考えられる。

### ② 保育施設の施設代表者・保育者を対象とした換気指針の提示（運用面）

1章で指摘したように保育施設には、目安となる換気基準が存在していないのが現状である。また、保育現場では換気設備と換気経路への理解が十分ではない（【1】②）。一方で、換気ルールは保育者の意識に効果的に作用し、CO<sub>2</sub>濃度が有意に低くなることを示した（2章4節2項）。そのため、換気の目安を示すことは保育者の意識向上にも影響し、極めて重要なものであると考えられる。したがって、まずはその足掛かりとして、前節1項に推奨した「CO<sub>2</sub>濃度：1000ppm以下」を目安に、保育室を運用するあり方が求められる。具体的には、【2】①で示した換気量不足になりやすい時間帯を把握し、保育室にCO<sub>2</sub>濃度計を設置することで換気状況を確認する等が挙げられる。最終的には、保育現場向けに換気に関する基本的な知識や考え方等をまとめた換気マニュアルとして、広く共有していくことが望まれる。

### ③ 保育活動中の身体活動量を加味した換気設計の検討（設計面）

建築基準法では、一人当たりの必要換気量が20 m<sup>3</sup>/hとされている。しかし、これは安静状態を想定しているため、【1】③に示した換気量不足の原因となっている。そこで、保育者・幼児の保育活動中の身体活動量を定量的に把握し、そのMETs値を用いて必要換気量を推定した結果、幼児では20 m<sup>3</sup>/hに概ね収まるものの、保育者は19～81 m<sup>3</sup>/hと高い値を示した（5章3節1項）。【1】①のようにソフト面での対策が難しい保育施設も存在するため、事前に保育活動を加味した換気設計を行うことが、子どもの成育環境を考える上で極めて重要であると言える。したがって、前節2項に示した運用時の配慮事項を確認し、換気設計を実施していくことが強く望まれる。

### 6. 3 今後の課題と展望

本研究の今後の課題と展望を以下に示す。

- ・ 換気の課題を有した機械換気型の保育施設の内訳が、商業系地域、複合型、無認可であったため、保育施設の開設する環境要因が影響している可能性が窺えた（図 2-52）。しかし、本調査において得られたデータ数では、詳細な検討を行うには不十分であり、サンプル数に課題が残った。そのため、新たに調査を重ね、上記の主たる原因を分析していく必要がある。
- ・ コロナ禍における夏季の調査では、環境実測及び体温調節反応の結果から良好な換気状況であることが確認され、熱中症等のリスクが低い環境であった。これはエアコンによって、適切な室温調整がなされていたためである。しかし、2章に示したように園の方針や保育者の体感によっては、今回の調査よりも暑い環境下で乳幼児が過ごす可能性も考えられる。そのため、引き続き夏季の環境下で調査を行い、データを蓄積していく必要性が考えられた。
- ・ 4章で記述したように、三軸加速度センサを搭載した活動量計を用いることで、CO<sub>2</sub>呼出量の推定が可能であること及びその誤差率を示した。誤差率は女性で13.6%、幼児で-7.4%であり、女性は過大評価、幼児は過小評価する傾向がみられた。そのため、高い精度が求められる場合のCO<sub>2</sub>呼出量の推定については引き続き検討が必要である。
- ・ 小規模保育施設は、換気量不足の問題を抱えやすい可能性を指摘した。しかし、小規模保育施設の調査例が少ないため、今後は小規模保育施設を主な調査対象とした調査を実施する必要性が考えられた。



参考文献 ー第6章ー

- [33] 空気調和・衛生工学会：必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方，2021
- [73] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説，2012
- [74] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説，2023
- [119] Water and Air Quality Bureau Health Canada：Proposed Residential Indoor Air Quality Guidelines for Carbon Dioxide，2020
- [120] Umweltbundesamt：Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings，2008
- [121] Ministry of Environment：INDOOR AIR QUALITY CONTROL ACT，2016
- [122] U.S. Environmental Protection Agency：Indoor Air Quality Tools for Schools Action Kit（最終閲覧日：2023.12.10）
- [123] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)：ANSI/ASHRAE Standard 62-2001，2003
- [124] ASHRAE：INDOOR CARBON DIOXIDE, VENTILATION AND INDOOR AIR QUALITY，2023



# 卷末資料

注釈一覽

- 注1) こども家庭庁の「保育所等関連状況取りまとめ[3]」では、首都圏（埼玉、千葉、東京、神奈川）、近畿圏（京都、大阪、兵庫）の7都府県とその他の政令指定都市、中核市を都市部として位置付けているため、本論文においても準拠した。本研究では、神奈川県横浜市に開設する保育施設を調査対象とし、都市部の保育施設として位置付けている。
- 注2) 本研究では保育施設のための建物を独立型、オフィスビルや商業施設などに開設する保育施設を複合型とする。また、各年齢児の保育室が別空間となっている場合を個室型、同一空間となっている場合をワンルーム型とする。
- 注3) 機器の測定精度は、温度で $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度で $\pm 5\%\text{RH}$ 、 $\text{CO}_2$ 濃度で $\pm 50\text{ppm}$ ±読み値の5%、TVOCで表示値の $\pm 5\% \pm 1$  デジットである。
- 注4) 都市計画法で定められた14の用途地域を既報[6]にて、「住居系地域」、「準住居系地域」、「商業系地域」、「工業系地域」に4分類したため、この分類に準じて分析を実施した。
- 注5) 外気で測定した温湿度は自然通風方式を採用して測定を行ったが、気象庁のデータ（気象庁は強制通風方式）との差が $2^{\circ}\text{C}$ 程度生じており、日射による放射影響等を最小限に出来なかったと考えられるため、気象庁のデータを用いることとした。
- 注6) 学校環境衛生基準と建築物衛生法の基準値に適合している割合を「適合率」として定義した。適合率は、10時～16時に測定した保育施設の全データを母数に算出を行った。
- 注7) 外気 $\text{CO}_2$ 濃度の測定は、Yc施設を除いた11施設で実施した。一部施設では、窓開け換気に伴う室内側からの流出の影響や機械設備の排気の影響がみられた。そのため、上記の影響がみられなかった7施設（Yb施設、Yf施設、Yg施設、Yh施設、Yi施設、Yj施設、Yl施設）の値を平均化して外気 $\text{CO}_2$ 濃度の代表値として用いることとした。5施設の平均 $\text{CO}_2$ 濃度は $428.9\text{ppm}$ であったため、本論文の分析では $430\text{ppm}$ を都市部の外気 $\text{CO}_2$ 濃度の代表値として採用している。
- 注8) 本研究における有意差検定はいずれも同一の手法（Welchのt検定）であり、有意水準は5%未満とする。
- 注9) 2章4節で示した換気行為別における $\text{CO}_2$ 濃度の経時変化は、保育活動によって異なる傾向を示していたため、クラス活動、昼食、午睡、おやつの時間帯に分類して分析を行った。活動時間については、各保育施設の保育プログラムに準じて分類している。
- 注10) 2022年夏季調査の環境実測については、全6施設にて実施しているものの、生理量の測定を行った保育施設は、Yi施設とYm施設のみであったため、本論文ではこの2園のみの結果を取り扱うものとした。

- 注11) 各施設 1 日当たり、保育者 2 名、幼児 2 名の計 4 名の測定を行った。そのため、2 施設 ×2 日間の測定で、保育者・幼児それぞれ 8 名分のデータを有するが、保育者 8 名分のうち 3 名分は同一の被験者である。
- 注12) カウプ指数は、乳幼児の肥満度を評価する指標であり、算出方法は BMI と同じであるものの、肥満度の判定基準が年齢で異なるものである。
- 注13) 呼気は breath-by-breath 法にて測定を行い、 $VC_{O_2}$  や  $VO_2$  等の測定値を得ている。被験者とした幼児の平均体重は 18.1kg のため、一回当たりの呼吸量はおおよそ 180ml (体重×10ml/kg[109]) であり、測定に関わるマスク等を含めた死腔量 (約 140ml) を超えている。なお、全ての被験者が超えていることを事前に確認している。
- 注14) 本実験は、活動を伴った実験であったため、皮膚表面温度のデータ欠損がいくつか生じた。そのため、測定点 4 点のデータが揃っていた時間帯に限り Ramanathan の 4 点法を用いて平均皮膚温度を算出している。
- 注15)  $VC_{O_2}$  は、呼気に含まれる  $CO_2$  量のことであるが、 $CO_2$  呼出量と同じ意味を示すが、呼気から直接測定したことを分かりやすく示すために別表記としている。
- 注16) 誤差率は、 $VC_{O_2}$  を真値としているため、 $\frac{(\text{平均 } CO_2 \text{ 呼出量} - \text{平均 } VC_{O_2})}{\text{平均 } VC_{O_2}}$  で算出している。
- 注17) SHASE-S 102 は 2023 年 5 月に改訂され、設計基準濃度は ASHRAE 基準に基づいた外気濃度+700ppm となっている[74]が、現行法規の  $CO_2$  濃度基準 (1000ppm 以下) との整合性には課題が残ることが記されている。本研究では、発育過程の幼児を扱うため安全側での設計、ならびにまずは換気改善を目的とした現行基準への適合を目的とするために、 $CO_2$  濃度の設計基準濃度 (目標値) は 1000ppm を採用した。
- 注18) 0、1、2、4 歳児のみ園外活動を想定してスケジュール設定しているのは、2 章の 2019 年調査時に準じて設定したためである。また、この時の実測結果と比較し、解析モデルの精度検証を実施している。



# 卷末資料

## 参考文献一覽

- [1] 内閣府 男女共同参画局：男女共同参画白書 令和5年度版 第1節働き方や就業に関する意識の変遷、家事・育児等・働き方の現状と課題，p. 4，2023
- [2] 厚生労働省：保育所等関連状況取りまとめ（平成29年4月1日），p. 6，2017
- [3] こども家庭庁：保育所等関連状況取りまとめ（令和5年4月1日），pp. 2-3，2023
- [4] 小池孝子，近藤ふみ，定行まり子：保育施設の物理的環境指標に関する考察 -全国認可保育所の施設環境実態調査を通して-，日本建築学会技術報告集，Vol. 21，No. 48，pp. 759-764，2015
- [5] 橋本あかり，竹宮健司：東京都心3区における保育所の施設運営・計画に関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 9-10，2018
- [6] 宮島光希，田中稲子，松橋圭子，種市慎也：都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究，人間と生活環境，Vol. 27，No. 2，pp. 85-93，2020
- [7] 横浜市 HP：保育所・保育施設（施設・事業の種類と概要），  
[https://www.city.yokohama.lg.jp/minami/kurashi/kosodate\\_kyoiku/hoiku/906.html](https://www.city.yokohama.lg.jp/minami/kurashi/kosodate_kyoiku/hoiku/906.html)，  
（最終閲覧日：2023.10.28）
- [8] 小池孝子，定行まり子：東京都区部における複合型保育所の施設環境に関する研究，日本建築学会計画系論文集，Vol. 71，No. 605，pp. 47-53，2006
- [9] 小池孝子，定行まり子：都市部における保育施設の屋外保育環境について 東京都区部における複合型保育所の施設環境に関する研究 その2，日本建築学会計画系論文集，Vol. 73，No. 628，pp. 1197-1204，2008
- [10] 井場優芽，田中稲子，太田篤史，山本理貴，松橋圭子，三輪律江：都市部の小規模保育施設における窓開閉による室内環境調整の実態，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 791-792，2015
- [11] 江川紀美子，小池孝子，定行まり子：小規模保育所における既存建物の活用と保育環境について 都市部における保育施設整備に関する研究 その3，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 427-428，2019
- [12] 宮島光希，田中稲子，張晴原：リモネンに着目した保育施設の室内空気汚染の実態調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 953-954，2018
- [13] 船場ひさお：保育施設における音環境の現状 -首都圏に新設された保育施設の実態調査から-，日本音響学会誌，Vol. 72，No. 3，pp. 152-159，2016



- [14] 志村洋子：子どもと保育者の音声コミュニケーション空間としての保育室，チャイルド・サイエンス，Vol. 11， pp. 22-27， 2015
- [15] 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， 2022
- [16] 定行まり子：建築の視点から保育の評価のあり方を考える， 保育学研究， Vol. 56， No. 1， pp. 44-55， 2018
- [17] こども家庭庁：保育所における感染症対策ガイドライン 2018 年度改訂版， 2023
- [18] NPO 法人 家庭的保育全国連絡協議会：家庭的保育の安全ガイドライン 改訂版， 2019
- [19] 厚生労働省：データからわかる-新型コロナウイルス感染症情報-，  
<https://covid19.mhlw.go.jp/>（最終閲覧日：2023. 8. 23）
- [20] 源城かほり， 横江彩：乳幼児の快適性・健康性保持のための保育室内空気環境の実態調査 その1 コロナ禍における 2020 年夏季及び冬季実測， 日本建築学会大会学術講演梗概集， pp. 1525-1526， 2021
- [21] 山口温， 杉森光人：保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その1 窓開放状況と二酸化炭素濃度への影響， 日本建築学会大会学術講演梗概集， pp. 625-626， 2023
- [22] Susan A. Rice: Health effects of acute and prolonged CO<sub>2</sub> exposure in normal and sensitive populations, Second annual conference on carbon sequestration, Alexandria, pp. 1-10, 2003
- [23] Wisconsin department of health services: Carbon Dioxide -Health effects-,  
<https://www.dhs.wisconsin.gov/chemical/carbondioxide.htm#:~:text=These%20may%20include%20headaches%2C%20dizziness,ppm%3A%20average%20outdoor%20air%20level.>  
（最終閲覧日：2023. 10. 28）
- [24] Jesus A Araujo, Andre E Nel: Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress: Particle and Fibre Toxicology, Vol. 6, No. 24, pp. 1-19, 2009
- [25] Dana Loomis, Yann Grosse, Béatrice Lauby-Secretan, Fatiha El Ghissassi, Véronique Bouvard, Lamia Benbrahim-Tallaa, Neela Guha, Robert Baan, Heidi Mattock, Kurt Straif: The carcinogenicity of outdoor air pollution, THE LANCET Oncology, Vol. 14, No. 13, pp. 1262-1263, 2013

- [26] Alina Vodonos, Yara Abu Awad, Joel Schwartz: The concentration-response between long-term PM<sub>2.5</sub> exposure and mortality; A meta-regression approach, Environmental Research, Vol.166, pp.677-689, 2018
- [27] 堀雅宏: 室内環境指標としての総揮発性有機化合物 (TVOC), 室内環境, Vol.13, No.1, pp.9-19, 2010
- [28] 地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター: VOC 排出対策ガイド -基礎から実践・評価法まで-, 基礎編 第1章 VOC の排出と環境等への影響 1.3 健康影響等, [http://create.iri-tokyo.jp/results/vocguide/1\\_1\\_3.html#navi](http://create.iri-tokyo.jp/results/vocguide/1_1_3.html#navi) (最終閲覧日: 2023.10.28)
- [29] 国土交通省: 建築基準法に基づくシックハウス対策について, [https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_000043.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000043.html) (最終閲覧日: 2023.10.25)
- [30] 気象庁: 大気中二酸化炭素濃度の経年変化, [https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2\\_trend.html](https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html) (最終閲覧日: 2023.10.25)
- [31] 江戸川区 HP: 区役所本庁舎屋上で大気中の二酸化炭素濃度の測定をしています, <https://www.city.edogawa.tokyo.jp/e086/kurashi/kankyo/inochi/ondanka/co2sokutei.html> (最終閲覧日: 2023.10.25)
- [32] 埼玉県 HP: 二酸化炭素濃度の観測結果, <http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/C02/co2data.html> (最終閲覧日: 2023.10.25)
- [33] 空気調和・衛生工学会: 必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方, 2021
- [34] 石沢順子, 佐々木玲子, 松寄洋子, 吉武裕: 幼児の身体活動に関する客観的評価と保護者および保育者による主観的評価との関係, 生涯スポーツ学研究, Vol.16, No.1, pp.1-10, 2019
- [35] 野中壽子, 穂丸武臣, 小泉大亮, 渡邊明宏: 保育所における幼児の身体活動量と運動能力の関係, 発育発達研究, Vol.90, pp.28-36, 2021
- [36] 田中千晶, 田中茂穂: 幼稚園および保育所に通う日本人幼児における日常の身体活動量の比較, 体力科学, Vol.58, pp.123-130, 2009

- [37] 志村洋子：保育活動と保育室内の音環境 音声コミュニケーションを育む空間をめざして，日本音響学会誌，Vol. 72，No. 3，pp. 144-151，2016
- [38] 上野佳奈子，宮塚健，野口紗生，船場ひさお，倉斗綾子：音環境に着目した保育施設の実態調査，日本建築学会環境系論文集，Vol. 82，No. 732，pp. 87-95，2017
- [39] 白石君男：聴覚に関わる社会医学的諸問題「学校教育における音響環境と聴覚補償」，AUDIOLOGY JAPAN，Vol. 55，No. 4，pp. 207-217，2012
- [40] 野口紗生，上野佳奈子：保育室に求められる吸音性能に関する現場実験，日本建築学会技術報告集，Vol. 25，No. 60，pp. 719-723，2019
- [41] 川井敬二：保育施設の音環境保全に向けて 海外規準と我が国における取り組み，日本音響学会誌，Vol. 72，No. 3，pp. 160-165，2016
- [42] 日本建築学会：日本建築学会環境基準 AIJES-S0001-2020 学校施設の音環境保全規準・設計指針，2020
- [43] 藤井里咲，定行まり子：保育所における1歳児の生活行為からみた空間・環境に関する研究 関東圏内の2園における温熱空気環境に着目して，日本建築学会計画系論文集，Vol. 81，No. 729，pp. 2383-2391，2016
- [44] 源城かほり：保育所における乳幼児の室内環境に関する調査研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，Vol. 6，pp. 121-124，2017
- [45] 龍有二，山田愛羅：乳幼児に対する温熱環境の計測と評価 一保育室内の上下・水平温度分布に着目して一，日本建築学会九州支部研究報告，pp. 225-228，2020
- [46] 杉森光人，山口温：保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その2 年齢別保育室の温熱環境とアンケート調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 627-628，2023
- [47] 青木哲，今枝弘貴，水谷章夫：東海地方の幼稚園・保育所における空気清浄機・加湿器の設置状況，日本建築学会技術報告集，Vol. 22，No. 50，pp. 195-198，2016
- [48] 青木哲，水谷章夫：岐阜地域の幼稚園における冬季の保育室内温湿度環境の実態と改善に関する研究，日本建築学会環境系論文集，Vol. 82，No. 739，pp. 821-830，2017
- [49] 青木哲，種市慎也，水谷章夫：北陸地方の幼稚園・保育所における空気清浄機・加湿器の設置状況と冬季インフルエンザ対策，日本建築学会技術報告集，Vol. 24，No. 58，pp. 1135-1138，2018

- [50] 種市慎也, 青木哲, 須藤美音, 水谷章夫: 幼稚園・保育所等におけるインフルエンザ対策の室内温湿度環境への影響 (その1) 南東北地方の施設を対象としたアンケート調査と冬季実測調査を用いた検討, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 86, No. 779, pp. 59-67, 2021
- [51] 青木哲, 須藤美音: 東北地方の幼稚園・保育所における冬季の室内環境と感染症予防 その3 北東北地方における保育室内の温湿度環境と二酸化炭素濃度の実態把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 947-948, 2020
- [52] 生方萌佳, 伊香賀俊治, 平田潤一郎, 林侑江: 幼稚園の温熱環境が幼児の身体活動量に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, Vol. 6, pp. 217-220, 2016
- [53] 白石冴香, 伊香賀俊治, 村田義郎, 市原真希, 張本和芳, 中島侑江: 冬季における幼稚園の温熱環境と園児の身体活動量に関する日別比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 101-102, 2018
- [54] 山口温, 杉森光人: 保育施設における乳幼児の発育特性に応じた温熱環境基準の検討 その1 窓開放状況と二酸化炭素濃度への影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 625-626, 2023
- [55] 宮島光希, 田中稲子: 保育室内での有機エアロゾル生成の可能性に関する研究 -都市部の保育施設の実態調査を通して, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 42, 2018
- [56] Genjo, K.: Assessment of Indoor Climate for Infants in Nursery School Classrooms in Mild Climatic Areas in Japan, Buildings, Vol. 12, No. 7, pp. 1-27, 2022
- [57] N. Canha, C. Mandin, O. Ramalho, G. Wyart, J. Riberon, C. Dassonville, O. Hanninen, S. M. Almeida and M. Derbez: Assessment of ventilation and indoor air pollutants in nursery and elementary schools in France, Indoor Air, Vol. 26, pp. 350-365, 2015
- [58] B. Kolarik, Z. Jovanovic Andersen, T. Ibfelt, E. Hoj Engelund, E. Møller, E. Vaclavik Bräuner: Ventilation in day care centers and sick leave among nursery children, Indoor Air, Vol. 26, pp. 157-167, 2016
- [59] J. Park, J. Yoo and J. Jeong, Impact of ventilation methods on indoor particle concentrations in a daycare center, Indoor Air, Vol. 32, pp. 1-10, 2022

- [60] 栗屋義明, 赤林伸一, 有波裕貴, 須田周史, 小前草太: 住宅を対象とした効率的な換気制御手法に関する研究 その1 対象モデルの概要及び室内温度・気流分布のCFD解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 995-996, 2019
- [61] 高田暁, 今井悠喜, 銚井修一, 小椋大輔, 伊庭千恵美: 多数室換気解析に基づく室内環境の改善策の検討 高齢者介護福祉施設における冬期の室内環境に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 85, No. 770, pp. 249-258, 2020
- [62] 田邊伶夢, 青木隆太郎, 山田あすか: 保育施設における平面構成の変遷に関する研究 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 17-18, 2018
- [63] 西本雅人, 櫻井安積, 山口仰, 日比野拓: 保育施設における3年間の体力の伸びからみる園内の歩数に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 87, No. 800, pp. 1856-1867, 2022
- [64] 田中千晶, 引原有輝, 井上茂, 田中茂穂: 幼児の日常生活における1日の歩数の歩数計間比較, 発育発達研究, Vol. 93, pp. 12-21, 2022
- [65] 文部科学省: 幼児期運動指針,  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/undousisin/1319771.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/undousisin/1319771.htm) (最終閲覧日: 2023.11.12)
- [66] World Health Organization: WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128> (最終閲覧日: 2023.11.12)
- [67] Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Beets, M. W., Belton, S., Cardon, G. M., Duncan, S., Hatano, Y., Lubans, D. R., Olds, T. S., Raustorp, A., Rowe, D. A., Spence, J. C., Tanaka, S., Blair, S. N.: How many steps/day are enough? for children and adolescents, International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, Vol. 8, No. 78, pp. 1-14, 2011
- [68] 気象庁: 過去のデータ検索 (最終閲覧日: 2023.10.25)
- [69] 厚生労働省 厚生科学審議会疾病対策部会: リマウチ・アレルギー対策委員会報告書, p. 17, 2011
- [70] 小峯裕己, 小座野貴弘, 末永義明, 長谷川永: 住宅室内のカビ汚染と防止に関する研究 その1 人工的な汚れのある建材上へ湿性カビ4種類が発生しにくい温湿度範囲の特定, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 61, No. 484, pp. 33-41, 1996

- [71] 井上芳光：子どもと高齢者の熱中症予防策，日本生気象学会雑誌，Vol. 41, No. 1, pp. 61-66, 2004
- [72] 杉本由美子，倉渕隆，遠藤智行，鳥海吉弘，熊谷一清，野口美由貴，柳沢幸雄：常時換気設備を設置した住宅の換気性状に関する実測調査，空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集，pp. 1061-1064, 2005
- [73] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説，2012
- [74] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説，2023
- [75] D Menzies, A Fanning, L Yuan, J M FitzGerald: Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers. Canadian Collaborative Group in Nosocomial Transmission of TB, Annals of Internal Medicine, Vol. 133, No. 10, pp. 779-789, 2000
- [76] A B Bloch, W A Orenstein, W M Ewing, W H Spain, G F Mallison, K L Herrmann, A R Hinman: Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting, Pediatrics, Vol. 75, No. 4, pp. 676-683, 1985
- [77] 厚生労働省：商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について（参考資料），p. 1, 2020
- [78] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 116-2020 換気規準・同解説，2021
- [79] 田島昌樹，井上貴之，大西裕治：換気測定のための在室者の二酸化炭素呼出量の推定，日本建築学会環境系論文集，Vol. 81, No. 728, pp. 885-892, 2016
- [80] 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査報告，2020
- [81] 厚生労働省：乳幼児身体発育調査，2010
- [82] 藤本薫喜，渡辺孟，坂本淳，湯川幸一，森本和枝：日本人の体表面積に関する研究 第18篇 三期にまとめた算出式，日本衛生学雑誌，Vol. 23, No. 5, pp. 7-14, 1968
- [83] 厚生労働省：賃金構造基本統計調査，2019
- [84] 高比良英雄：日本人新陳代謝論（その2）栄研報告 1, pp. 61-95, 1925
- [85] 厚生労働省：日本人の食事摂取基準（2020年版），pp. 73-74, 2019. 12
- [86] 公益社団法人 空気調和・衛生工学会：新版 快適な温熱環境のメカニズム，pp. 27-29, 2016
- [87] A. P. Gagge, A. C. Burton, H. C. Bazett: A Practical System of Units for the Description of the Heat Exchange of Man with His Environment, Science, Vol. 94, pp. 428-430, 1941

- [88] 田中俊六, 武田仁, 土屋喬雄, 岩田利枝, 寺尾道仁, 秋元孝之: 最新 建築環境工学[改訂4版], p. 50, 2014
- [89] 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準 2013, 2013
- [90] 国立健康・栄養研究所: 改訂版 「身体活動のメッツ (METs) 表」, 2012
- [91] 吉野博, 三原邦彰, 瀧澤のりえ, 倉渕隆, 松村学, 熊谷一清, 野口美由貴, 柳沢幸男: 東北地方における小学校を対象とした熱・空気環境調査, 日本建築学会技術報告集, Vol. 11, No. 22, pp. 295-300, 2005
- [92] 高木理恵, 吉野博, 藤川光利, 和田浩行: 住宅 25 戸における機械換気システムの給排気口の風量とメンテナンスに関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 57-58, 2007
- [93] 有富由香, 堀越哲美, 宇野勇治: 室内温熱環境が母親とその子どもの生理反応に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 74, No. 637, pp. 315-321, 2009
- [94] 都築和代: 暑熱および温暖環境における子供と母親の体温調節反応の比較, 日本家政学会誌, Vol. 49, No. 4, pp. 409-415, 1998
- [95] 入来正躬: 体表面温度生理学, BME, Vol. 3, No. 7, pp. 9-15, 1989
- [96] 小川徳雄: 老若男女の温熱生理学(1): 新生児期から小児期まで, 人間と生活環境, Vol. 3, No. 1, pp. 9-14, 1996
- [97] Ohkawara, K., Oshima, Y., Hikihara, Y., Ishikawa-Takata, K., Tabata, I., Tanaka, S.: Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm, British Journal of Nutrition, Vol. 105, No. 11, pp. 1681-1691, 2011
- [98] Tanaka, C., Hikihara, Y., Ando, T., Oshima, Y., Usui, C., Ohgi, Y., Kaneda, K., Tanaka, S.: Prediction of Physical Activity Intensity with Accelerometry in Young Children, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 16, No. 6, pp. 1-11, 2019
- [99] Ramanathan N. L.: A new weighting system for mean surface temperature of the human body, Journal of Applied Physiology, Vol. 19, No. 3, pp. 531-533, 1964
- [100] 米浪直子, 池田麻友美, 一之瀬智子, 大上安奈, 天野達郎, 上田博之, 近藤徳彦, 井上芳光: 朝食をモデルとした食事摂取が若年女性の体温調節反応に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, Vol. 24, No. 4, pp. 131-139, 2019

- [101] 大貫義人, 丹羽健一, 中山昭雄, 平原豊弘 1979 : 発汗を伴わない運動時の皮膚温について, 日生氣誌, Vol. 16, No. 1, pp. 36-41, 1979
- [102] 長村敏夫 : [高体温で注意すべき病態と治療] 熱中症, 小児内科, Vol. 46, No. 3, pp. 367-371, 2014
- [103] 及川慶浩 : 目的にかなった手術中の体温測定部位はどこか, 臨床麻酔, Vol. 33, No. 390, pp. 399-411, 2009
- [104] 日本工業規格 : JIS A 1406-1974
- [105] 豊岡示朗, 金子公有 : 最大作業時の呼吸循環系反応に及ぼす室温の影響, 体育学研究, Vol. 17, No. 4, pp. 205-211, 1973
- [106] 馬場一雄 : 改訂小児生理学, pp. 116-117, 1994
- [107] アメリカスポーツ医学会 (American College of Sports Medicine) , 1975
- [108] 道又元裕 : 新 人工呼吸ケアのすべてがわかる本, 2014
- [109] 金澤伴幸, 岩崎達雄, 清水一好, 末盛智彦, 森松博史 : 小児の麻酔中における人工呼吸器設定, 日本臨床麻酔学会誌, Vol. 38, No. 2, pp. 250-255, 2018
- [110] J. B. de V. Weir: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism, The Journal of Physiology, Vol. 109, pp. 1-9, 1949
- [111] 上村さと美, 秋山純和 : 呼気ガス分析器の問題点を解決する過程を経験して, 理学療法科学, Vol. 24, No. 6, pp. 941-948, 2009
- [112] 山根主信, 上門亜矢子, 田中貴子, 菊野佑仁, 住本恭子, 木下めぐみ, 角野直, 西中川剛, 千住秀明 : 携帯型呼気ガス分析器の信頼性と再現性, 理学療法探求, Vol. 11, pp. 7-14, 2008
- [113] 與座嘉康, 高田和也, 福川貴大, 前川陽香, 三川浩太郎 : 半座位エルゴメータを用いた多段階運動負荷試験における, 携帯型呼気ガス分析器 (METAMAX 3B) と固定型呼気ガス分析器 (AE-310S) の比較, 理学療法科学, Vol. 28, No. 4, pp. 487-490, 2013
- [114] 與座嘉康, 池田絢美, 井手下なつみ, 豊住知己 : 携帯型呼気ガス分析器 (AE-100i) の測定誤差について —固定型呼気ガス分析器 (AE-310S) との比較から—, 理学療法科学, Vol. 34, No. 2, pp. 249-252, 2019
- [115] 横浜市 : 横浜市民間保育所設置認可・確認要項, 2020



- 
- [116] 胡怡賢, 種市慎也, 大西達也, 田中稲子: ワンルーム型の保育施設を対象とした保育者の歌唱時における COVID-19 の感染確率と換気量の関係, 第 31 回日本臨床医学会学術集会抄録集, p. 69, 2023
- [117] 胡怡賢, 種市慎也, 大西達也, 田中稲子, 張晴原: ワンルーム型保育施設の気流解析による COVID-19 の感染確率に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1465-1466, 2023
- [118] SAGE-EMG: Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission, p. 3, 2020
- [119] Water and Air Quality Bureau Health Canada: Proposed Residential Indoor Air Quality Guidelines for Carbon Dioxide, 2020
- [120] Umweltbundesamt: Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings, 2008
- [121] Ministry of Environment: INDOOR AIR QUALITY CONTROL ACT, 2016
- [122] U.S. Environmental Protection Agency: Indoor Air Quality Tools for Schools Action Kit (最終閲覧日: 2023.12.10)
- [123] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE): ANSI/ASHRAE Standard 62-2001, 2003
- [124] ASHRAE: INDOOR CARBON DIOXIDE, VENTILATION AND INDOOR AIR QUALITY, 2023



## 謝辞

博士学位論文を提出するにあたって、多くの方々に支えられ、ご指導をいただきましたこと心より感謝の意を表します。

横浜国立大学 田中稲子 教授には、自身の指導教員として博士課程前期・後期の計5年間に渡り、懇切丁寧なご指導を賜りましたこと深く感謝申し上げます。田中教授には、研究を遂行するにあたり子どもの育成環境に関わる温熱・空気環境の実測調査や人の生理反応に関わる調査において様々なご指導いただきました。終始適切な助言を賜り、「数値データしか見ない」、「統計処理をしがち」という自身の弱点に気付くことができ、博士課程の期間を経て成長することが出来たものと思います。先生のご指導があったからこそ、5年間の長期的な研究を遂行させる事ができ、充実した研究生活が送れたものと感じております。本当にありがとうございました。

横浜国立大学 張晴原 客員教授には、研究室の全体ゼミや予備審査等を通して、実測結果に関する内容や換気量の推定に関する数式・原理、気流解析の結果について、幅広くご指導いただき、貴重なご意見を多数いただきました。心より感謝申し上げます。

横浜国立大学 高見沢実 教授には、博士論文の中間発表や予備審査の過程で、本研究の社会的な意義や将来的な展望、用語の位置づけ等に関して貴重なご意見をいただきました。自身の研究内容を改めて見つめ直し、研究の位置づけを明確にすることが出来たものと思います。心より感謝申し上げます。

横浜国立大学 吉田聡 准教授には、博士論文の中間発表や予備審査の過程で、換気システムや従前用途の設計影響等に関して貴重なご意見をいただきました。今後の研究で明らかにすべき事項を整理することが出来たものと感じております。心より感謝申し上げます。

東京工業大学 鍵直樹 教授には、博士論文の予備審査の過程で、機械換気設備のあり方、換気量の算出条件、気流解析の解析条件等に関して貴重なご意見を多数いただきました。不足していた点に気付くきっかけをいただき、学位論文としてより良いものに出来たと感じております。心より厚く御礼申し上げます。

東京都市大学 松橋圭子 准教授には保育施設の建築計画の分野から専門的なご助言をいただき、より多角的な視点で自分の研究を遂行することができました。親子を対象とした実験室実験を実施する際にも、保育室を模した環境作りで多数のアドバイスをいただき、無事に調査を実施することが出来ました。ここに厚くお礼申し上げます。

また、本研究にご協力くださった保育施設の皆様には、お忙しい中貴重な時間を割いていただき、貴重なデータやご意見を頂くことが出来たことを心より感謝致します。

本研究の5章の一部は、横浜国立大学のNext Urban Labのプロジェクトとして遂行してきた内容を含んでおります。その過程で、一般社団法人園Powerの小西恵様や村上和子様、一般社団法人こどものための音環境デザイン 兼 駿河台大学の船場ひさお教授、社会福祉法人あおい会 伊藤弓子 理事長をはじめとする関係者の皆様には、多数お世話になりました。皆様に心よりお礼申し上げます。

本研究の一部は、公益財団法人日本科学協会の2022年度笹川科学研究助成（研究代表者：種市慎也）、公益社団法人大林財団の2021年度奨励研究助成（研究代表者：種市慎也）からの助成を受けました。関係者各位に深くお礼申し上げます。

また、自身が博士課程後期に在学している3年間は、公益財団法人本庄国際奨学財団の日本大学院生奨学金の給付型奨学金の支援をいただきました。この3年間、経済的な心配なく研究活動に精進できたのは、貴財団のお陰です。心よりお礼申し上げます。

そして、本論文を無事に書き上げることが出来たのは、家族や友人の温かいサポートがあったお陰だと感じております。27歳になるまで、学生という立場であることに引け目を感じて辛い時期もありましたが、大切な家族や友人が応援してくれたお陰で乗り越えることが出来ました。本当にありがとうございました。最後になりますが、高専から入学してきた僕を優しく温かく受け入れてくれた横浜国立大学の同輩や建築環境工学研究室の皆様、また支えて下さった全ての皆さまに感謝の意を表し、謝辞とさせていただきます。

令和5年12月20日

種市 慎也

# 卷末資料

付録

# <付録A> 複合建築物に開設する保育施設の基本事項

## ・独立型と複合型の保育施設について

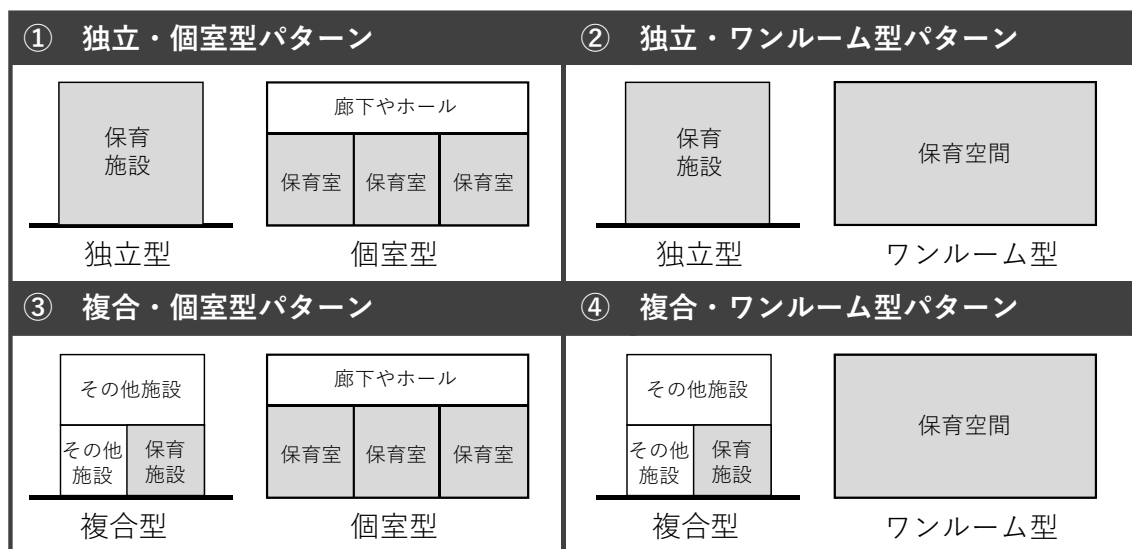
1章1節に示したように、保育施設の設置基準が緩和され、園庭を所有しない保育施設においても周辺の公園などを園庭の代替場として使用することが可能となった。そのため、これまでは図A-1に示すような独立型の保育施設が大多数であったが、都市部では図A-2に示すような複合型の保育施設も多くみられるようになった。これらの保育施設を一般的な保育施設形態毎に4分類し図A-3に示す。保育施設は、前述した独立型と複合型の2種類であり、保育室の形態においても個室型とワンルーム型の2種類に大別できる。



図A-1 独立型の保育施設



図A-2 複合型の保育施設



図A-3 保育施設形態の分類

**<付録B> 保育施設に求められる保育環境****・各種法律が求める保育環境のあり方について**

幼稚園は、平成 20 年 6 月に施行された学校保健安全法（昭和三十三年法律第五十六号）の第 4 条において、「学校の設置者は、その設置する学校の児童生徒等及び職員の心身の健康の保持増進を図るため、当該学校の施設及び設備並びに管理運営体制の整備充実その他の必要な措置を講ずるよう努めるものとする」とされている。さらに、第 5 条において「学校においては、児童生徒等及び職員の心身の健康の保持増進を図るため児童生徒及び職員の健康診断、環境衛生検査、児童生徒等に対する指導その他保健に関する事項について計画を策定し、これを実施しなければならない」とされており、学校の責務だけでなく計画の策定及び実施についても定められている。

保育施設では、平成 21 年 4 月に施行された保育所保育指針（厚生労働省告示第百十七号）の第 3 章において、「子どもの健康及び安全の確保は、子どもの生命の保持と健やかな生活の基本であり、一人一人の子どもの健康の保持及び増進並びに安全の確保とともに、保育所全体における健康及び安全の確保に努めることが重要となる」とされている。

認定こども園については、平成 30 年 4 月に施行された就学前の子どもに関する教育、保育等の総合的な提供の推進に関する法律（平成十八年法律第七十七号）の第九条（教育及び保育の目標）六項にて「快適な生活環境の実現及び子どもと保育教諭その他の職員との信頼関係の構築を通じて、心身の健康の確保及び増進を図ること」とされている。

したがって、保育施設では、子どもの健康の保持増進を図り、健やかな成長を保障する成育環境が求められていると言える。しかし、定量的なあり方については、示されていないため、本研究において空気環境のあり方について検討する。

**<付録 C> 保育施設の室内環境の参考指標について****・幼稚園の環境基準や保育施設の環境ガイドラインについて**

1 章 1 節 2 項で示したように、保育施設を対象とした具体的な環境基準は存在しない。そこで、温熱・空気環境に関して記載があり、保育施設の環境基準策定に参考となりうる基準（図 C-1）を 5 つ比較し、参考になる物理量を検討する。今回、比較する基準を以下に示す。

**【検討する基準一覧】**

1. 建築物衛生法（昭和二十五年法律第二百一号）
2. 事務所衛生基準（昭和四十七年労働省令第四十三号）
3. 学校環境衛生基準（文部科学省告示第六十号）
4. 保育所における感染症対策ガイドライン[17]
5. 家庭的保育の安全ガイドライン[18]

上述した基準の指針値を表 C-1 にまとめて示す。環境要素は、温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、浮遊粉塵、VOC、気流などである。これらを全容的に見ても、保育施設に関わる指針は、温湿度や一部の管理方法に留まり、建築環境に対する配慮として十分ではないことが窺える。また、空気清浄度の指標とされる CO<sub>2</sub> 濃度に着目すると、建築物衛生法や事務所衛生基準では 1000ppm が基準であるのに対して、学校施設に適用される学校環境衛生基準では 1500ppm と基準値が 500ppm 高くなっている。この基準は、学習効率の向上を目的とした環境を形成することを目的としているため、直接的な健康影響から定められたものではない。しかし、近年のコロナ渦や過去の新型インフルエンザパンデミックでの感染爆発を鑑みると、成長段階の子どもを預かる学校施設においては、ビルや事務所などと同等またはそれ以上の空気清浄度を確保する必要があると考えられる。そのため、学校環境衛生基準の空気指標に関しても、検討の余地が残ると考えられる。

これらを踏まえると学校施設よりも低年齢児（0～2 歳）を保育する保育施設においては、特に空気清浄度に配慮する必要がある、ここで示した基準値と同等以上の数値基準が求められる。また、浮遊粉塵についても保育施設では、環境基準が存在しない。乳幼児の気管支炎や気管支喘息の原因としては、浮遊粉塵による影響も挙げられる[C1]。特に出生から成人に至るまでの肺の成長は、4 歳までがピークであり、中でも 2 歳までの成長が著しいため、浮遊粉塵量についても早急に管理方法を提言する必要性がある。





- (左) 学校環境衛生基準  
 (中) 保育所における感染症対策ガイドライン  
 (右) 家庭的保育の安全ガイドライン

図 C-1 室内環境基準の一例

表 C-1 各種基準の指針値

基準名 管轄	ビル管理法 厚労省	事務所衛生基準 厚労省	学校衛生基準 文科省	保育所における 感染症対策GL こども家庭庁	家庭的保育GL NPO法人
温度	18-28℃	18-28℃	18-28℃	夏 26-28℃ 冬 20-23℃ 外気差2～5℃以内	夏 26-28℃ 冬 20-23℃ 外気差2～5℃以内
相対湿度	40-70%	40-70%	30-80%	60%	50-60%
CO <sub>2</sub> 濃度	1000ppm以下	1000ppm以下	1500ppm以下	-	-
浮遊粉塵	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下	0.1mg/m <sup>3</sup> 以下	-	-
VOC	○	○	○	-	-
気流	0.5m/s以下	0.5m/s以下	0.5m/s以下	-	-
その他	CO濃度	CO濃度	CO濃度 ダニアレルゲン	-	-
管理方法	-	-	○	○	○

## 参考文献 ー付録Cー

- [17] こども家庭庁：保育所における感染症対策ガイドライン 2018 年度改訂版，2023  
 [18] NPO 法人 家庭的保育全国連絡協議会：家庭的保育の安全ガイドライン 改訂版，2019  
 [C1] 村上勝美ほか 18 名：新小児医学大系第 9 巻 A 小児呼吸器学 I，中山書店，1982

## &lt;付録D&gt; 換気基準で想定している環境及び活動量について

## ・建築基準法について

建築基準法施工令（昭和二十五年政令第三百三十八号）の第二十条の二及び第二百二十九条の二の五における換気量は、一人当たり 20m<sup>3</sup>/h とされている。この根拠として、空気調和・衛生工学会の HASS102-換気提（案）解説 I [D1]を参考によると、表 D-1 に示す人間の作業程度と必要換気量についてまとめた値が示されている。RMR（計算エネルギー代謝率）が 0（安静時に相当）の時の CO<sub>2</sub>呼出量は 0.013 m<sup>3</sup>/h とされている。建築基準法では、この CO<sub>2</sub>呼出量 0.013 m<sup>3</sup>/h の時を計算値として採用している（成人男子が静かに座っている状態に相当）。外気 CO<sub>2</sub>濃度は 350ppm を想定し、成人男性の一人当たりの必要換気量は式 1 に示すように 20 m<sup>3</sup>/h となる。なお、1 章 1 節 3 項に示したように現在の外気 CO<sub>2</sub>濃度<sup>注7)</sup>とは様相が異なるため、参考値として換算した場合を式 2 に示す。その結果、必要換気量は 2.8 m<sup>3</sup>/h 増え、14%増加することとなる。

## 【根拠】建築基準法で求められる換気量の算出式

$$Q = 0.013 / ((1000 - 350) \times 10^{-6}) = 20.0 \text{ [m}^3/\text{h}] \quad \dots \quad (\text{式 1})$$

（参考）上記式を現在の外気 CO<sub>2</sub>濃度に換算した場合

$$Q = 0.013 / ((1000 - 430) \times 10^{-6}) = 22.8 \text{ [m}^3/\text{h}] \quad \dots \quad (\text{式 2})$$

表 D-1 人間の作業程度と必要換気量[D1]

計算採用 CO <sub>2</sub> 呼出量 m <sup>3</sup> /h 人	計算エネルギー 代謝率 (RMR)	作業程度	必要換気量 m <sup>3</sup> /h 人			
			CO <sub>2</sub> 許容限度 0.07%	CO <sub>2</sub> 許容限度 0.10%	CO <sub>2</sub> 許容限度 0.15%	O <sub>2</sub> 許容限度 0.19%
0.013	0	安静時	32.5	18.6	10.8	0.73
<b>0.022</b>	<b>0.8</b>	極軽作業	<b>55</b>	<b>31.4</b>	<b>18.3</b>	<b>1.22</b>
0.030	1.5	軽作業	75	43.0	25.0	1.64
0.046	3.0	中等作業	115	65.7	38.3	2.56
0.074	5.5	重作業	185	106	61.7	4.09

表 D-2 人間からの二酸化炭素発生量[104]

エネルギー代謝率(RMR)	作業程度	二酸化炭素発生量[m <sup>3</sup> /(h・人)]
0	安静時	0.013 2
0～1	極軽作業	0.013 2～0.024 2
1～2	軽作業	0.024 2～0.035 2
2～4	中等作業	0.035 2～0.057 2
4～7	重作業	0.057 2～0.090 2

## ・ 空気調和・衛生工学会の換気規格（SHASE-S 102）について

SHASE-S 102-2011[73]では、建築物衛生法のCO<sub>2</sub>濃度の許容値1000ppmを参考に一人当たりの必要換気量が30 m<sup>3</sup>/hとされている。SHASE-S 102-2011は、建築物衛生法の数値を採用しているため、実質的に建築物衛生法に該当する建築物は、運用時に30 m<sup>3</sup>/hの換気量が必要ということになる。ここでは、RMRが0～1（≒0.8、極軽作業時に相当）の時のCO<sub>2</sub>呼出量0.02 m<sup>3</sup>/hを想定している（表D-1、表D-2）。具体的には、式3に示すように室内CO<sub>2</sub>濃度の許容値を1000ppm、外気CO<sub>2</sub>濃度を350ppmとして算出し、必要換気量は30.8 m<sup>3</sup>/hとなるが、30 m<sup>3</sup>/hとしている。また、SHASE-S 102の前身となるHASS102-換気（案）では、式4のように必要換気量を算定し、31.4 m<sup>3</sup>/hとなるが、女性・子どもによってこの換気量は小さい値となるため、1.4を切り捨て、30 m<sup>3</sup>/hを採用した経緯がある。そのため、SHASE-S 102においても、0.8を切り捨て30 m<sup>3</sup>/hを採用したと考えられる。また、参考値として現在の外気CO<sub>2</sub>濃度で換算した結果を式5に示す。必要換気量は、式3よりも4.3 m<sup>3</sup>/h増え、約14%増加した。

また、SHASE-S 102は2023年5月にSHASE-S 102-2022[74]として改訂された。ここでの設計基準濃度は、ASHRAEの基準に基づいた外気濃度+700ppmとされている。つまり、外気CO<sub>2</sub>濃度の上昇による必要換気量の増加は加味しないということである。ここで、算定される必要換気量は28.6 m<sup>3</sup>/hであるが、改訂前と変わらずに約30 m<sup>3</sup>/hとされている（式5）。これは、式3と比べると、外気CO<sub>2</sub>濃度の条件変化によって値が変化していることが窺える。したがって、この外気CO<sub>2</sub>濃度の変化によって算定される値の変化が軽微であったことに加え、今後の方針として外気CO<sub>2</sub>濃度の上昇影響は加味しないという点から、改訂前と同じ30 m<sup>3</sup>/hを推奨しているものと推察される。

## 【根拠】SHASE-S 102-2011[73]で求められる換気量の算出式

$$Q = 0.02 / ((1000 - 350) \times 10^{-6}) = 30.8 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \dots \quad (\text{式 3})$$

## （参考）HASS102-換気（案）[D1]で求められる換気量の算出式

$$Q = 0.022 / ((1000 - 300) \times 10^{-6}) = 31.4 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \dots \quad (\text{式 4})$$

（参考）上記式を現在の外気CO<sub>2</sub>濃度に換算した場合

$$Q = 0.02 / ((1000 - 430) \times 10^{-6}) = 35.1 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \dots \quad (\text{式 5})$$

## 【根拠】SHASE-S 102-2022[74]で求められる換気量の算出式

$$Q = 0.02 / (700 \times 10^{-6}) = 28.6 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \dots \quad (\text{式 6})$$

注釈


注7) 外気 CO<sub>2</sub> 濃度の測定は、Yc 施設を除いた 11 施設で実施した。一部施設では、窓開け換気に伴う室内側からの流出の影響や機械設備の排気の影響がみられた。そのため、上記の影響がみられなかった 7 施設（Yb 施設、Yf 施設、Yg 施設、Yh 施設、Yi 施設、Yj 施設、Yl 施設）の値を平均化して外気 CO<sub>2</sub> 濃度の代表値として用いることとした。5 施設の平均 CO<sub>2</sub> 濃度は 428.9ppm であったため、本論文の分析では 430ppm を都市部の外気 CO<sub>2</sub> 濃度の代表値として採用している。

参考文献 ー付録 Dー

- [73] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2011 換気基準・同解説，2011
- [74] 空気調和・衛生工学会：SHASE-S 102-2022 換気基準・同解説，2023
- [104] 日本工業規格：JIS A 1406-1974
- [D1] 空気調和・衛生工学会：HASS102-換気提（案）解説 I，Vol. 45，No. 12，p. 1073，1972

## &lt;付録E&gt; 2019 年中間季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

## ・Ya 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.1
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Ya
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					838
対象年齢	0歳～5歳	保育面積	294.8 <sup>*1</sup> m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/6	
区分	認可	開設年	2011	実測日	2019/9/18	
実測日の環境						
天候	雨時々曇り	平均気温	21.3 ℃	平均湿度	85 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2 章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速道路沿い、駅ビル内の3Fに立地。</li> <li>・外気CO<sub>2</sub>濃度はバルコニー(室外機置き場横)に設置可。</li> </ul>						
温熱・音環境に関する特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビル内のため、窓の開閉は基本的に禁止。時計に付属した温湿度計を各クラスに設置</li> <li>・(緊急時の排煙窓のみ)常に音が反射しており、保育室では通常の音量では会話出来ない。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・温熱環境、音環境ともに実測済み。</li> </ul> *1：推算						

・ Ya 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 18日 (水) 天気：雨


時刻： 19 時 00分

ヒアリング担当者：【 宮島 】

施設名【 個人情報のため削除 Ya施設 】 回答者の役職【 園長先生 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	・特に無い ・園長先生や看護師さんが調整している・湿度60-65%に保っている。子供達の足裏がベタベタするような湿度だと突っ掛けて危険。
Q2	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他 ( )
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	あまり考えた事は無い
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	・特に無い
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	・窓が開けられず嘔吐などの際の感染症対策で空気環境の重要性を感じている ・機械換気が十分にされておりにおいなどが籠る事はない
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	・必要経費なので特に意識した事は無い
備考・MEMO		
<p>・室内の外部からの給気口のフィルターが黒くなっている→外が高速道路で排気ガスの影響では。園長先生が施設開設直後に給気口の周りの壁などが黒くなっている事に気づきフィルターを設置。行政にも働きかけたがビルのダクトなどの配置の問題なのでいじる事は出来ない。今も1ヶ月に1回は清掃する</p> <p>・クレバリンを室内に10こほど設置。2週間に1回は取り替えている</p> <p>・インフルエンザの流行は学校の流行時期より半月ほど遅れてピークが来る。兄弟の影響などが考えられる。</p> <p>・加湿機能付き空気清浄機を各クラスに配置。冬場は大きな加湿器を全体で2台配置してさらに加湿している</p>		

・ Yb 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.2
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yb
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					431
対象年齢	0～5歳	保育面積	169.72 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/10	
区分	認可	開設年	2018	実測日	2019/9/13	
実測日の環境						
天候	曇り	平均気温	23.2 °C	平均湿度	61 %	
地図				平面図		
 <p>個人情報のため削除</p>				<p>個人情報のため削除 (2 章参照)</p>		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・***駅から徒歩7分程度の場所で、***の3階～5階（入口は1階）に位置する。周りにはビルが多く立ち並んでいる。</li> <li>・大通りに面していることもあり、車や人通りが多い。</li> <li>・大規模建築のテナント保育施設ということもあり、機械換気が多く設置されていた（窓開け換気も○）。</li> </ul>						
温熱・音環境に関しての特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・大通りに面しているものの、室内においては外部の音は気にならない。</li> <li>・更衣室兼休憩室や調理師更衣室等の湿度が高く、紙がしなしなだったり、かび臭いことを気にしていた。</li> <li>・換気扇を回すとじめっとするらしい。なので、止めるときもある。</li> <li>・時計に付随している温湿度計を活用していたが、湿度のずれが10%程度高く（所持していたCO2計との比較）表示されていたため、高湿度に感じている可能性もある。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高湿度が気になるということで、更衣室兼休憩室についても測定を実施した。</li> </ul>						

## ・Yb 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月10日 (火) 天気：晴れ

時刻： 10時 30分

ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Yb施設 】 回答者の役職【 施設長 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	26～27度、50～60%（時計の温湿度で目標に）朝、掃除、午睡（少しうるさい時もある）に換気実施。中間期はACを使用せずに自然換気。
Q2	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	夏季・冬季も比較的高湿度となるため、健康上どうなのかが気になる。
Q4	保育活動中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	行政の監査のチェックシートを付けたり、区からのFAX（感染症に関する）がある。手足口病とか
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	若干、車や新幹線の音が気になるが日中は開けることが多い（温熱≧音）。
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	・部屋の面積に応じてどんな機器（空気清浄機とか）を設置すると良いのか。 ・監査の時に聞かれる項目（空気清浄機の設置有無）の目的が分からない⇒園に来て安全上の配慮だけ確認して終わり⇒行政もわかってないのでは⇒なぜ空気清浄機の設置が良いのか。が気になる
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	高湿度に関して、アンケートにも記されていたため、更衣室兼休憩室についても実測を行い、確認。
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	料金が高くなるのは、仕方がないくらいの認識。それ以上に安全が第一。
備考・MEMO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・空気清浄機は年中稼働している。</li> <li>・吸気口の数が多い（夏期はこれが高湿度に繋がっている気がする）。</li> <li>・シングル窓</li> <li>・時計で表示されるほど温湿度は高くなさそう（保育室）。しかし、更衣室兼休憩室はジメジメとかび臭いので対応が必要だと感じた。</li> </ul>		



・Yc 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.3	
施設名	個人情報のため削除					短縮系	
						Yc	
住所	個人情報のため削除					アンケート番号	
TEL	個人情報のため削除					683	
対象年齢	0歳～2歳	保育面積	107.3	m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/9	
区分	届出済認可外	開設年	2018	実測日	2019/9/27		
実測日の環境							
天候	晴れ	平均気温	23.6	℃	平均湿度	72	%
地図				平面図			
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2章参照)			
施設及び外部環境の特徴・様子							
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高層マンションの一階に立地</li> <li>・ワンルーム型</li> <li>・みなとみらいの比較的交通量の多い道に接している。人通りも多い</li> </ul>							
温熱・音環境に関しての特徴							
<ul style="list-style-type: none"> <li>・建物の管理上窓の開閉は不可。換気扇を回すことで空気を循環させている。ただし、冬などは外気の冷気が入ってくる為換気扇を止めることも多い</li> <li>・音環境に関しては窓の開閉が無いため特に気にした事は無い。(室内の反響は宮島の感覚では結構あった)</li> </ul>							
その他備考欄							
盗難の恐れがある為外部環境実測は不可(曇りガラスの為保育施設内から外部が見えない)。							

・Yc 施設


2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 27日（金） 天気：晴れ  
時刻： 18時 30分  
ヒアリング担当者：【 宮島 】

施設名【 個人情報のため削除 Yc施設 】 回答者の役職【 園長先生 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	24～25℃に設定
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	※Q2備考 区の方からFAXなどが送られてはくるが、あまり参考にしていない
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	10月～春にかけて 加湿器3台使用
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	7,8月は熱中症対策のため園外活動は行わない
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	
備考・MEMO		
<p>園長先生が常に子どもたちを見ている必要があったため、ヒアリングに時間を割いていただく事ができなかった</p>		

・ Yd 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.4
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yd
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					1207
対象年齢	0歳～5歳	保育面積	205.2 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/13	
区分	認可	開設年	2015	実測日	2019/9/26	
実測日の環境						
天候	曇後晴れ	平均気温	23.1 °C	平均湿度	71 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2 章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・**通り沿い、***付近に立地する保育施設である。</li> <li>・空気清浄機や加湿器を設置していないが、天井埋め込み型の加湿器として設備導入していた（初めて見たので効果などは分からないので、調べる必要あり）。</li> </ul>						
温熱・音環境に関しての特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・訪問した日は、子ども達が散歩中で保育室にいなかったため、窓開け換気を実施していた。風通しが良かったため、暑いとは感じなかった。</li> <li>・音は、窓開け換気をしていても気にならなかった。</li> <li>・音よりも温熱環境を重視している。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・子どもの安全に配慮した工夫（ドアや階段、ふとんなど）が多方面で実施されている施設であった。</li> <li>・散歩のルートに横浜国立大学が入っている。</li> <li>・他にも調査を協力していただけそうであった。</li> </ul>						

## ・Yd 施設


2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 24日 (火) 天気：晴れ  
 時刻： 10時 10分  
 ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Yd施設 】 回答者の役職【 主任 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	・エアコンは、27℃設定を目安としているものの、時計の温湿度計を参考に設定温度を下げたり、ファンを使用したりと調整している。 ・換気は、朝・掃除・午睡後（散歩中）には全クラスで窓開け換気を実施している。
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	土曜にエアコンのフィルタ清掃をしているが、子どもの多いところは汚れやすい。そのため、これらが子どもの健康に影響を及ぼすのかと疑問を感じている。 ⇒換気が多めになっている。
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	夏の温湿度に関しては、省エネのことが本部から来ることがあるが心がけ程度である。熱中症やノロ、インフルエンザなどの注意喚起の方が多い。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	活動にもよるが…子どもたちの活動中の音が外部に迷惑にならないようにと気遣い、活動中に長時間の換気はしない。どちらが特別重視しているわけではないが、音になる場合もある。
Q6	空気環境に関するどんな情報があたら役に立ちそうか？	・ハウスダストアレルギーの子がいるため、その子たちの健康上、換気はどうなのか（換気をすると、ほこりが舞う）。 ・空気の淀みというのを保育士さんたちが通年で感じている。⇒何が原因なのか知りたい⇒現場では、温湿度の影響だと考え対策をしている（冬期は乾燥、夏期は梅雨）。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	エアコンの使い始めのにおいが気になる。特に廊下で。その影響で使わないときもあった（＝ひどい？）。
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・ <u>コピー</u> ・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・ <u>運営会社</u>
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	節電は心がけ程度。
備考・MEMO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・Q2は参考や目安程度という認識。</li> <li>・エアコンの清掃は業者に委託しているが匂いが気になる。フィルター等は適宜、保育士さんが掃除している。</li> <li>・冬期に使用する天井埋め込み型の加湿器（センサー式）も業者に清掃を委託している。効果は十分だと感じているが、0歳児室のみは乾燥しているなど感じるため、追加で加湿器的な物を使用している（ペットボトルのやつ）。</li> <li>・散歩中の熱中症は不安である。また、散歩帰りの時、外部との温度差が体調不良に影響するため、特に心配で気にかけている。</li> </ul>		

・Ye 施設

2019年度夏 実測施設概要						N0.5
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Ye
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					197
対象年齢	0歳～5歳	保育面積	235.65 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/6	
区分	認可	開設年	2012	実測日	2019/9/18	
実測日の環境						
天候	雨・曇	平均気温	21.3 °C	平均湿度	85 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2 章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・***駅から徒歩15分に位置し、周りは山や空き地などの自然に囲まれている。周辺は自然豊かで、住宅街に近いという印象。</li> <li>・車の通りもあり多くない。</li> <li>・保育施設に隣接する建物はなく日当たりがとても良い。外への音も気にならなさそうである。</li> </ul>						
温熱・音環境に関しての特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・日あたりが良くて窓際がとても暑くなる。そのためエアコンを使用していても、夏の保育室は室内であっても熱中症などが不安である。</li> <li>・周辺に住宅があるものの、今まで子どものうるささなどでクレームがきたことはない。そのため、音よりも温度とかの方が気になる。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・訪問日に保育室の見学が出来なかったため、実測当日は確認することが多いから注意。</li> </ul>						

・Ye 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 6日 (金) 天気：晴れ  
 時刻： 13時 00分  
 ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Ye施設 】 回答者の役職【 副園長 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	保育所における感染症ガイドライン2018を参考に目標としている。換気は、朝と午睡後（15時頃）に実施している。
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	温度や湿度に関して指示があるわけでもないが、その数値根拠は何か気になる。
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	午睡後に換気していますか？など聞かれることもあるが、「大丈夫です」という回答をする程度で何もない。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	温熱≧音（周辺環境的に音は気にならない）
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	冬季のウイルスが特に気になる。湿度の維持やシアイーのといった薬品の使用がウイルスにどのように効果があるか。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	特になし。
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	電気よりもプールなどの水道代が気になる（夏は散歩の代わりにプールだから）。

## 備考・MEMO

- ・日差しが強いため、午睡中の温湿度が気になる。室内でも、熱中症が不安。
- ・次亜塩素酸系の製品を通年で使用している。

## ・Yf 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.6
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yf
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					1180
対象年齢	0歳～5歳	保育面積	165.9 <sup>*1</sup> m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/10	
区分	認可	開設年	2013	実測日	2019/9/20	
実測日の環境						
天候	晴れ	平均気温	23.1 °C	平均湿度	63 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2 章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・大通り沿いに開口部があるものの、セキュリティの関係で開閉不可である。そのため、保育施設の入口も反対側の川沿いの道。大通り沿いには何かしらの施設や店が多く、川沿いは住宅街である。</li> <li>・***駅から徒歩2分の立地で、人通りが多く感じる。</li> <li>・ほとんど独立型の園と言えるが、高齢者施設と併設されている。</li> </ul>						
温熱・音環境に関する特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・実測調査の説明をするために訪れた時間帯（15時頃）は、掃除の時間帯で、エアコンを切り、窓開け換気を実施していたため、若干暑く感じた。</li> <li>・保育室や事務室だけでなく、廊下にもエアコンが設置されているため、園内の温度差が小さく快適らしい（珍しい）。</li> <li>・駅付近の大通りに面しているものの、音は気にならない。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・換気扇の設定（普通換気と熱交換換気）についてはよく知らないそうで、感覚で使用している。</li> <li>・日当たりのよい部屋では、温度ムラが大きいので、ファンを使用している。</li> <li>・夏期は下水の臭いが気になる。</li> </ul>						


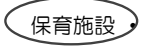
\*1：推算

・Yf 施設

2019夏実測 ヒアリングシート


実施日：9 月 10日 (火) 天気：晴れ  
時刻： 15時 00分  
ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Yf施設 】 回答者の役職【園長&主任】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	温度は、26、27度くらいになっている。エアコンの設定は25度程度。 湿度は60%を目標にしているが、なかなか難しい。喘息もちの子もいるため、空気清浄機を使用している。 冬季はジアイーノ水を加湿器に入れ使用している。 換気は適宜行っている(朝、掃除、外出時)。
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	(a.)保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他 ( )
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	窓が面している部屋は換気ができるけど、間の室は高い位置にある窓を開けないと換気ができないため、園のスタイル(平面的な)に応じた指標がほしい。空気質に関しては、フザーや色の変わるなど、視覚や聴覚で確認できるものがあると良いと思う。
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	特にないが、メール等で熱中症や光化学スモッグ等の情報が届くように登録している。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	音は気にならない(温熱≧音)
Q6	空気環境に関するどんな情報があたら役に立ちそうか？	・基準的なものがあるとよい ・埃とかの影響(換気扇や吸気口にたまりやすい)
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	特になし
Q8	電気の明細(4~8月)	写真・コピー・メモ 
Q9	料金の負担元はどこか？	 保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	外出時や掃除のときには、エアコンを消すなどの無駄は省いているが、特別意識はしていない。
備考・MEMO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2階乳児室は床暖房あり</li> <li>・国道沿いの窓がセキュリティ上、窓開けができない。</li> <li>・昔と比べ、喘息やアレルギー持ちの子が増えているため、空気に関する情報が欲しい。</li> <li>・子どもたちの散歩中などは、窓開け換気を実施しているが、暑すぎる日は難しい。</li> <li>・プールの実施は朝の気温で判断(朝の時点で30度を超える日は無し)。</li> <li>・保育室で遊び&amp;活動中は外部への音漏れを意識して、窓はあけない。</li> <li>・ジア水(バイバイ菌)を使用。</li> </ul>		



・Yg 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.7
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yg
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					444
対象年齢	0歳～2歳	保育面積	94.5 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/6	
区分	小規模	開設年	1998	実測日	2019/9/20	
実測日の環境						
天候	晴れ一時雨	平均気温	23.1 °C	平均湿度	63 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2 章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
四角型のフロアを半分で三角2つに分けてあり、半分はルーフバルコニーという形。 プールなどはバルコニーで、園外活動は外の公園に行く。テナントビルの3F						
温熱・音環境に関する特徴						
日当たりはとにかく良く冬場は暖房はあまりつけない。ただし夏場はコンクリートの照り返しも受けバルコニーはかなり高温になる。ビルの屋上階ということもあり、風通しはかなり良く、夏場でも猛暑日を除いて冷房はつけず、窓開けに頼るとのこと。音も幹線道路沿いに立地しているが特に気にならない。						
その他備考欄						

・Yg 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 6日（金）天気：晴れ

時刻： 15時 30分

ヒアリング担当者：【 宮島 】


施設名【 個人情報のため削除 Yg施設 】 回答者の役職【園長】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	行政からその季節ごとにFAXなどでお知らせがくる
Q2	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（行政資料“保育園医の手引き”参照）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	音はそんなに気にならない。熱中症は注意している
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	管理ビルから請求書。園が自ら支払い
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	夏季に値段が上がるが特に節約などは考えていない

備考・MEMO

冬季のインフルエンザ、ノロウイルスには注意している。今年は7月ごろに手足口病が大流行し、園としても対応に追われた。

・Yh 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.8	
施設名	個人情報のため削除					短縮系	
						Yh	
住所	個人情報のため削除					アンケート番号	
TEL	個人情報のため削除					495	
対象年齢	0歳～2歳	保育面積	51.2	m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/11	
区分	届出済認可外	開設年	2018		実測日	2019/9/25	
実測日の環境							
天候	晴時々曇り	平均気温	24.6	℃	平均湿度	66	%
地図				平面図			
 <p>個人情報のため削除</p>				<p>個人情報のため削除 (2章参照)</p>			
施設及び外部環境の特徴・様子							
<p>マンションの1Fに立地。2部屋分をぶち抜いて使用。環状2号線から1本入った場所に立地しており周辺はマンションが立ち並ぶ住宅街</p>							
温熱・音環境に関しての特徴							
<p>付近の道路の交通量は多いが音を気にすることは無い。内部からの音漏れ、振動の周辺住宅への影響は気にするが特に苦情がくるようなことは無い。冷暖房には頼っている。排煙窓しか開けることが出来ないため、中間期には入り口の窓を開けたりしている。</p>							
その他備考欄							
<p>昼食は外部委託の給食。キッチンで温める。</p>							

・ Yh 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日：9 月 11日（水） 天気：晴れ  
 時刻： 15時 30分  
 ヒアリング担当者：【 宮島 】


施設名【 個人情報のため削除 Yh施設 】 回答者の役職【園長先生 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	特に無い。温湿度計は設置している(行政の監査用)
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	基準的なものがあれば良い。保育施設は様々な形態があるが汎用性はあるはず。数値で示してくれると現場でも調整しやすい
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	指導は特に無い、現状どの程度換気をしているか、などの把握に来る。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	外部からの音は気にならない、音漏れも気にはなるがクレームは無い(0～2歳児はそんなに走らない) 」
Q6	空気環境に関するどんな情報があたら役に立ちそうか？	
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	
Q8	電気の明細(4～8月)	8月のみ 写真・コピー
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	必要経費、しょうがないものとしている

## 備考・MEMO

0～2歳はうがいができない。そのため手洗いや玩具の除菌などを徹底している。昨年冬より、次亜塩素酸による除菌をしているが子どもの鼻水が止まるなど効果が出ている。消臭剤の使用は無い

## ・Yi 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.9
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yi
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					1199
対象年齢	0歳～5歳	保育面積	181.94 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/10	
区分	認可	開設年	2012	実測日	2019/9/26	
実測日の環境						
天候	曇後晴れ	平均気温	23.1 °C	平均湿度	71 %	
地図				平面図		
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (2章参照)		
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>****大学の施設内に存在する保育施設である。</li> <li>自然豊かな環境に立地しているということもあり、保育士の先生方も空気が綺麗なので安心して換気が実施できると言っていた。その一方で、雨が降った際には排水管の臭いが気になるようである。排水管などの経年劣化により異臭を放っている可能性がある（VOCにも影響？）。</li> </ul>						
温熱・音環境に関する特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>訪問した際には、屋外活動から戻ってくる子や活動真っ只中の子が多く、積極的な窓開けが実施されていた。そのため、種市感覚では、若干暑かった。</li> <li>日当たりがとてもいい（採光面が大きい）。</li> <li>訪問した際には、外部の音は気にならなかったが、幹線道路の音が気になることもある。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>雨天時の排水溝の臭いは、健康上どうなのか気になる。</li> <li>二階の天井高がとても高く、一部天井扇が設置されていた。</li> <li>採光面も多い（基本シングルガラス）ので熱負荷が大きいと感じた。</li> </ul>						

・Yi 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 11日 (水) 天気：晴れ

時刻： 10時 00分

ヒアリング担当者：【 種市・宮島 】


施設名【 個人情報のため削除 Yi施設 】 回答者の役職【 園長 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エアコンの27～28度を設定目安としている。</li> <li>・湿度は特にないが、加湿機能付きの空気清浄機を使用して冬期は調整している。</li> <li>・空気がきれい、比較的涼しい環境であるため、中間期や夏前は換気で調整している。</li> </ul>
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 保育所における感染症ガイドライン2018</li> <li>b. なし</li> <li>c. その他 ( )</li> </ul>
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	空気清浄機などのインフルエンザに対する効果などが分からない。
Q4	保育活動中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	熱中症や光化学スモッグに関するFAXなどは届くが、保育士の感じたとおりに調整している(物凄く意識しているというわけではない)。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	音≧温熱
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	空気環境に関する指針値があるといい。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・空気清浄機は各年齢1台(アンケートと異なる)</li> <li>・消毒などをハード水(自作の食塩水みたいなもの)を使用している</li> <li>・年間を通し、排水溝の臭いが気になる(雨天)。</li> </ul>
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	健康≧お金 無駄を省くなどの最低限の努力は行っている。

備考・MEMO

・各保育室によって容積が異なるため、実測時には高さの測定を忘れないようにする。

## ・Yj 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.10
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yj
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					44
対象年齢	0歳～4歳	保育面積	71.36 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/9	
区分	認可	開設年	2018	実測日	2019/9/24	
実測日の環境						
天候	晴れ	平均気温	26.3 °C	平均湿度	69 %	
周辺様子			平面図			
 個人情報のため削除			個人情報のため削除 (2章参照)			
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・***駅から徒歩7分で、周りは住宅街である。</li> <li>・保育室は、無垢材を使用している（化学物質への配慮）。</li> <li>・保育室には給気口のみで、換気扇がない。隣接しているトイレからまとめて排気。</li> </ul>						
温熱・音環境に関しての特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・園の入口（エントランス）部分は吹き抜けになっているものの、空調等はないため、暑い。</li> <li>・保育室は、若干暖かく感じる温度であった。</li> <li>・隣で住宅の工事をしているため、若干うるさい時もあるらしい（訪問時は、気にならなかった）。</li> </ul>						
その他備考欄						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・園長先生がすごく空気質に関心があり、会話をする中で、知識も若干有していると感じた。</li> <li>・台風の翌日ということもあり、訪問日に感じた園の雰囲気は通常と異なる可能性もある。</li> <li>・床面積のカッコ内は保育有効面積。</li> </ul>						

・Yj 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日：9月 9日 (月) 天気：晴れ

時刻：14 時 30分

ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Yj施設 】 回答者の役職【 理事長 】


質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	27度、60%を設定目標としている。しかし、特に湿度においては、実現が困難（夏は高温、冬は低温）である。
Q2	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	換気というのがどの程度すればよいかの判断が難しい。例えば、冬は寒い&湿度の確保のためにも換気がしにくい。
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	特になし。インフルエンザやノロについてはあるが、手洗い・うがいの実施推進程度（資料は処分してしまい、確認できていない）。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	大通りに面しているわけではないので、外部の音は気にならない。しかし、クラスごとに午睡時間が違うため、午睡を妨げないように職員同士で意識はしている。現状は人にもよるが、温熱環境重視。
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	壁体の仕上げ材に珪藻土を使用しているが、冬季の乾燥に繋がらないかが気になる。またVOCを考慮して無垢材を使用しているが、それはどうなのか。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	加湿器は家庭用サイズを使用している。冬季のみ使用している。
Q8	電気の明細(4～8月)	写真 コピー
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	電気料金よりも、夏期はプールがあるため、水道代が気になる。

## 備考・MEMO

- ・保育室に24時間換気が設置されていない（吸気口のみ）。⇒トイレと繋がっており、換気扇を有していたが、窓を開けていたため、負圧ではなく正圧になる可能性…。
- ・床暖はない。
- ・今年は、手足口病等が流行したため、夏季ではあるものの、空気清浄機を使用している（次亜塩素酸）。
- ・冬季には濡れタオルを干すなどして、加湿源を確保している。
- ・二酸化炭素濃度やVOCと保育室の広さとの関係性が気になるそう⇒建蔽率の関係で、保育室の園児当たりの面積がカツカツ（基準ぎりぎり）。
- ・実測で使用する機器の設置場所についても検討済みなので、実測当日はスムーズなはず…。



・ Yk 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.11
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						Yk
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					872
対象年齢	0歳～2歳	保育面積	88.9 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/10	
区分	小規模	開設年	2007	実測日	2019/9/19	
実測日の環境						
天候	晴れ一時雨	平均気温	22.8 °C	平均湿度	68 %	
地図			平面図			
 個人情報のため削除			個人情報のため削除 (2 章参照)			
施設及び外部環境の特徴・様子						
ビルのテナント1,2Fを使用。周りは交通量の多い道もあり、飲み屋が多い。そのため治安はあまり良くなく、窓開けや園外活動の際は注意している。						
温熱・音環境に関する特徴						
音はそんなに気にならない。外部への音漏れも繁華街ということもあり、そんなに気にしたことは無い。熱中症対策では7.8月は散歩をせず室内でこまめに水分補給をしている						
備考欄						

・ Yk 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日：9 月 10日（火） 天気：晴れ

時刻： 10時 00分

ヒアリング担当者：【 宮島 】


施設名【 個人情報のため削除 Yk施設 】 回答者の役職【園長先生 】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	行政からのFAX。夏は26～28℃、冬は20～23℃に設定。湿度は50～60%。室内に設置している温湿度計で管理。
Q2	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？（学校環境衛生基準的な）	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？（冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、）	
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	行政からのFAXなどは注意して見ている。特に指導などは無い。年に一度の監査
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	音はそんなに気にならない。外部への音漏れも繁華街ということもあり、そんなに気にしたことは無い。熱中症対策では7.8月は散歩をせず室内でこまめに水分補給をしている
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	加湿器や空気清浄機の効能、性能がイマイチ分からない。セールスなどもよく来るので良いものを購入とおもうが値段との兼ね合いもある。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	
Q8	電気の明細(4～8月)	5月 37466円 6月 39875円 7月 43432円
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	必要経費、しょうがないものとしている

## 備考・MEMO

冬以外はあまり窓を開けることは無い。オムツ替えなどの際に関ける。冬は日中気づいたら換気するようにしている。その他玩具などの除菌は行うようにしている。ビルのオーナーさんのご好意で屋上を貸してもらい、夏場は水遊びをしている。が、昨年横浜保育室から小規模保育に区分が変わったことでオムツの取れていない子を同じプールに入れるのが不可能になった。そのため水浴び程度のことを行っている

・YI 施設

2019年度夏 実測施設概要						NO.12
施設名	個人情報のため削除					短縮系
						YI
住所	個人情報のため削除					アンケート番号
TEL	個人情報のため削除					866
対象年齢	0歳～2歳	保育面積	67.58 m <sup>2</sup>	訪問日	2019/9/5	
区分	小規模	開設年	2014	実測日	2019/9/17	
実測日の環境						
天候	晴れ	平均気温	26 ℃	平均湿度	77 %	
地図			平面図			
 個人情報のため削除			個人情報のため削除 (2 章参照)			
施設及び外部環境の特徴・様子						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・*****の2階に設置しており、換気が原則禁止となっている。（子どもの嘔吐時には、建物管理者の許可をもらい、排煙窓を利用し換気している）。</li> <li>・外は大通りに面しており、***公園が近い（散歩はここ）。</li> </ul>						
温熱・音環境に関する特徴						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部の音はほとんど聞こえず、気にならない。</li> <li>・室内は、種市感覚で暑くも寒くもなかった（午睡中）。</li> <li>・実測の日は、種市感覚で暑くて、作業中に汗が止まらなかった。</li> </ul>						
その他備考欄						
外気の機器設置に施設管理者の許可が必要だったため、設置に時間を要した。そのため、データの測定開始は9時50分ごろからである（分析は10時頃から使用可）。						

・YI 施設

2019夏実測 ヒアリングシート

実施日： 9月 5日 (木) 天気：晴れ  
時刻： 13時 30分

ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 YI施設 】 回答者の役職【園長と看護師】

質問No	質問内容	回答
Q1	園の方針として目標(目安)としている室内温度、湿度や換気時間はあるか？ ※設定 or 実環境 どちらかも記す	・「保育所における感染症対策ガイドライン2018」のめやす温湿度を参考にしている(設定温度として掲示している)。 ・換気は原則禁止と施設から決められている(子どもの嘔吐時のみ排煙窓で実施)。
Q2	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症ガイドライン2018 b. なし c. その他( )
Q3	現状存在していないガイドラインについてどう感じるか、実際にあったら使えるか？(冬季の感染症対策のものだけ存在しているが、)	発生源とかが気になる(Q6に続く)。
Q4	保育活動の中での換気の心がけの度合い、役所や行政からの指導はあるか？	夏季なら熱中症、冬季ならインフルエンザやノロウイルスに関する注意喚起はある。
Q5	温熱環境や音環境と比べての優先順位	音はあまり気にならない。温湿度のほうが意識はしている。
Q6	空気環境に関するどんな情報があったら役に立ちそうか？	・保育室では、どんな物質が発生しやすくて、何からどの程度発生するのか。 ・エアコンの除湿の効果はどの程度か。夏に入るときに迷う。
Q7	お答えいただいたアンケートの中で気になる回答があればヒアリング	特になし。
Q8	電気の明細(4～8月)	写真・コピー・メモ
Q9	料金の負担元はどこか？	保育施設・運営会社
Q10	夏季の電気料金についてどう思っているか？	

備考・MEMO

- ・空間は上(壁体上部)が抜けているため、ほぼ同一空間+環境であった(給食室や事務室も同様)。
- 【不安なこと等】
  - ・熱中症(散歩中)の高温が不安。
  - ・午睡中の温熱環境(熱中症が少し不安)。
- ・施設が集中管理だから、冷え過ぎのときどうしたらいいのか…。冷え過ぎで夏に暖房を使用したくなる。
- 【感覚】
  - ・午睡時間はとても静かであった。種市感覚で熱くも寒くもない環境であった。

**<付録 F> 保育施設の従前用途利用について****・用途変更の確認申請に関わる建築基準法の法改正について**

これまで床面積 100 m<sup>2</sup>（用途部分）を超える建築物の用途変更をする際には、建築確認の手続き（建築確認申請）が必要であった。しかし、2019 年 6 月に法改正が行われ、100 m<sup>2</sup>が 200 m<sup>2</sup>へと基準緩和され、いわゆる小規模な建築物の用途変更では建築確認申請が不要となった[F1]。なお、建築確認申請が不要であっても建築基準法や消防法等の適合は求められる。

**・保育施設の従前用途利用により想定される換気の問題**

表 2-1 に示した 12 施設のうち 4 施設は、用途変更により保育施設を開設していた。なお、4 施設の床面積はいずれも 100 m<sup>2</sup>を超えているため、開設当時は建築確認申請を実施したと考えられるが、現在であれば前述したように用途変更の手続きが不要となる。用途変更の手続きが不要であっても建築基準法等への適合は求められるものの、換気の観点では環境問題が生じやすくなることが懸念される。例えば、従前用途が事務所であった場合、保育施設として利用する際には、一人当たりに必要な面積が小さくなるため在室人数が増え、かつ活動量も大きくなることが予想される。そのため、従前用途で保育施設として利用する場合、換気量不足となる可能性が高いと推察される。

また、横浜市の保育施設を対象に実施したアンケート調査[6]にて、保育施設の修繕、改修、リフォームの実施時期を尋ねている。その内訳を図 F-1 に示す。保育施設の開設時に修繕等を実施した割合は 61%であり、回答が得られた半数程度の施設が従前用途と異なる施設であったことが推察される。なお、従前用途についてはアンケートで尋ねていないため、一部施設は類似した社会福祉施設等の用途であった可能性もある。また、61%の保育施設は保育室が 100 m<sup>2</sup>未満、32%は 100～200 m<sup>2</sup>となっており、93%の施設で 200 m<sup>2</sup>未満であることが窺える（図 F-2）。したがって、横浜市の保育施設の多くは、前述した用途変更による建築確認申請が不要となる規模の可能性が高いことが明らかとなった。なお、当該回答の面積は、保育面積を指しており占有面積の全てではないため、事務室や厨房等も含めると、200 m<sup>2</sup>未満の割合は減少する点には留意が必要である。そのため、正確な内訳を把握するためには、新たな調査にて、保育施設の占有面積や従前用途についても把握する必要がある。

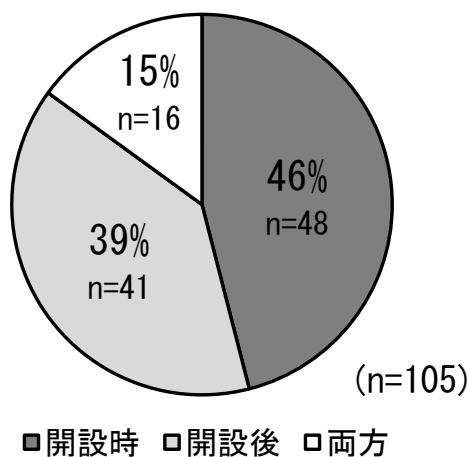


図 F-1 保育施設の修繕・改修・リフォーム時期の内訳

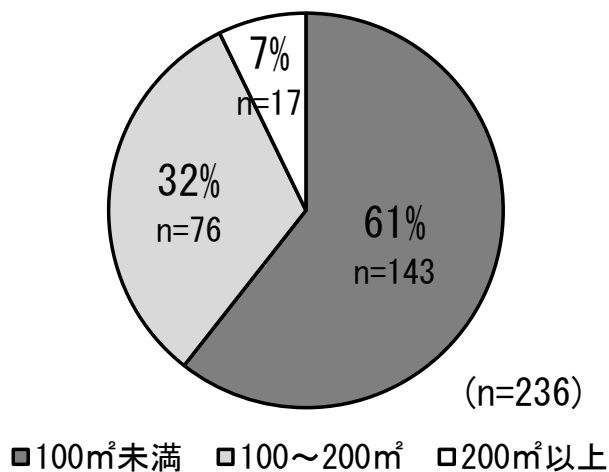


図 F-2 保育室の面積の内訳

#### 参考文献 ー付録 Fー

- [6] 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也: 都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究, 人間と生活環境, Vol. 27, No. 2, pp. 85-93, 2020
- [F1] 国土交通省: 建築基準法の一部を改正する法律(平成 30 年法律第 67 号)について, [https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku\\_house\\_tk\\_000097.html](https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000097.html) (最終閲覧日: 2023. 12. 10)

## ＜付録G＞ 実測対象施設の保育スケジュール

実測対象施設の保育スケジュールを施設毎に以下に示す（表 G-1）。

表G-1 各保育施設の保育スケジュール

[illegible]

## ＜付録H＞ 中間季の実測調査結果（各園の詳細について）

## ①各保育施設における温度と湿度の経時変化

ここでは12施設の温湿度の実測結果を経時変化で示す。なお、温度と相対湿度は測定値を用い、絶対湿度に関しては、温湿度の測定値から算出したものを示している。

## ・Ya 施設

Ya 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-1～図 H-3 に示す。室温に関しては、11 時頃と 15 時頃には 2 度程度の減少する傾向がみられたことから冷房の使用が考えられた（図 H-1）。また、相対湿度は 1 日を通して 60%を超えており、時間とともに軽微ではあるが上昇がみられた（図 H-2）。これは、外気の相対湿度をみて、確認できる通り、降雨が影響しており、図 H-3 から午後絶対湿度の増加が確認できる。

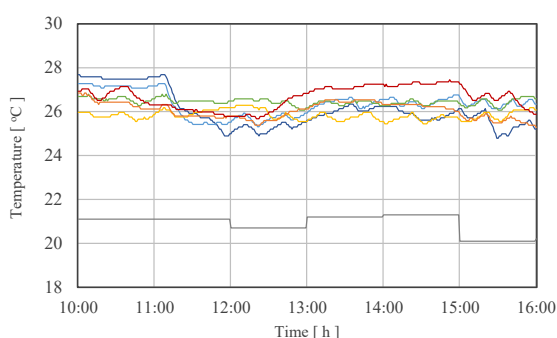


図 H-1 Ya 施設の温度

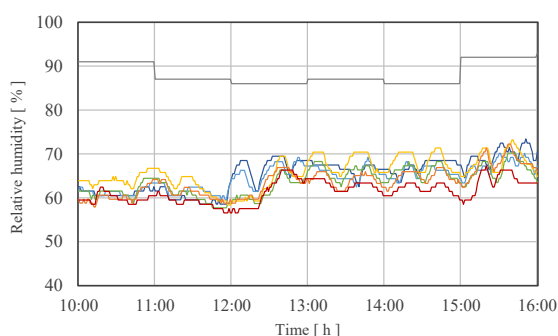


図 H-2 Ya 施設の相対湿度

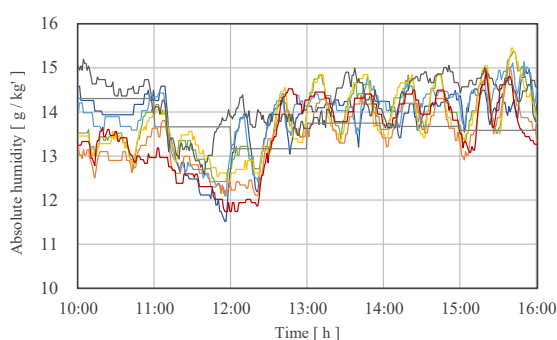
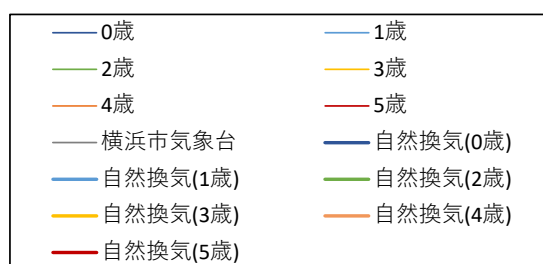


図 H-3 Ya 施設の絶対湿度





## ・Yb 施設

Yb 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-4～図 H-6 に示す。1 日を通して涼しい日であったため、冷房をほとんど使用せず、換気で温度調節を行っていた（図 H-4）。そのため、外気温度と似た室温変動を示していた。しかし、4 階に位置する 2 歳、3・4 歳、5 歳児室は 14：30 頃から開口する窓が減り、それに伴い室温の上昇という変動を示していると考えられる。

相対湿度は、3 階に位置する 0 歳、1 歳児室と 4 階に位置する 2 歳、3・4 歳、5 歳児室において、15：30 頃から差がみられた（図 H-5）。これも上述した窓開けの差だと考えられる。また、0 歳、1 歳児室において、外気絶対湿度と同等の値を示していることから、温度、相対湿度と同様に、上述した窓開けの差が影響していると考えられる（図 H-6）。なお、保育士の方々は高湿度を気にかけていたものの、実測日が換気を積極的に行っていた日であったことから、その実状況については検討できなかった。

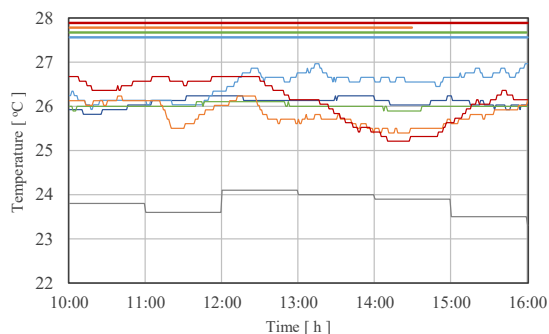


図 H-4 Yb 施設の温度

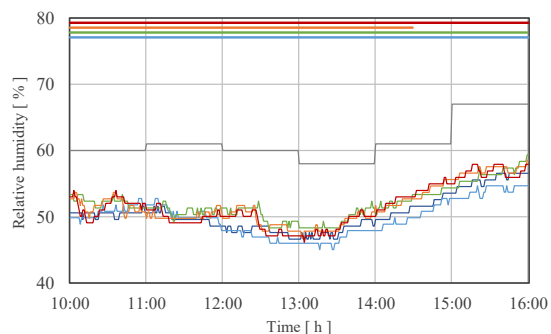


図 H-5 Yb 施設の相対湿度

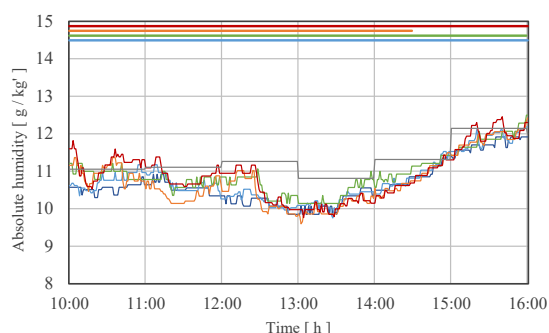
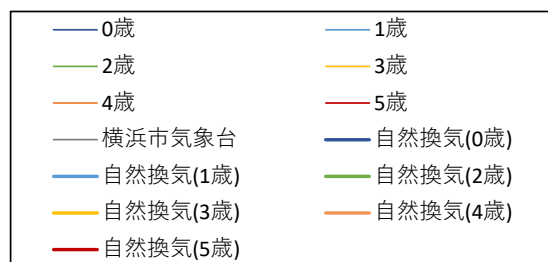


図 H-6 Yb 施設の絶対湿度



・Yc 施設

Yc 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-7～図 H-9 に示す。なお、Yc 施設は 1 歳と 2 歳のデータのみである。室温をみると 25 度近辺で推移しており、安定していた（図 H-7）。これは、窓開け換気が出来ない施設であるため、冷房による調整に行っているため、安定した温度環境が実現出来ていると言える。相対湿度及び絶対湿度については時間とともに減少する傾向がみられたが、昼頃には絶対湿度が増加しているため、これは昼食に伴う水蒸気発生量の増加が考えられる。（図 H-8、図 H-9）

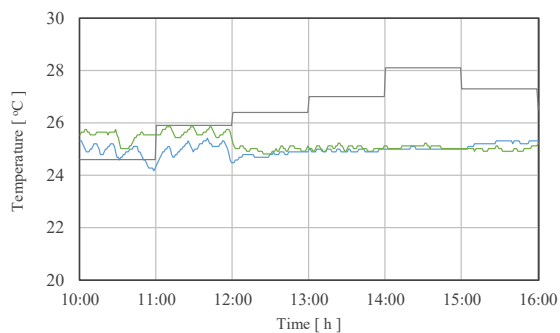


図 H-7 Yc 施設の温度

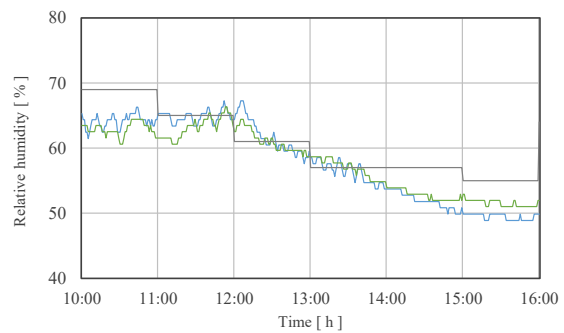


図 H-8 Yc 施設の相対湿度

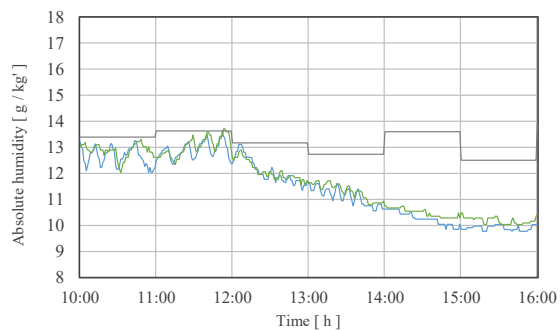
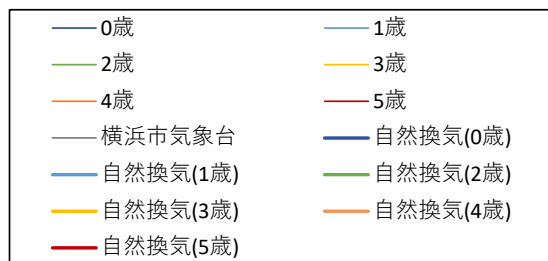


図 H-9 Yc 施設の絶対湿度



## ・Yd 施設

Yd 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-10～図 H-12 に示す。図 H-10 より、室温が急激に下がっている時間帯がいくつかみられ、0・1 歳は 9 時 30 分ごろ、2 歳は 8 時 30 分頃、3 歳は 10 時 30 分頃、4・5 歳は 11 時 30 分頃であった。これらは、3 歳児室を除いて、冷房運転開始時刻に近い時間帯であったため、冷房の影響であると考えられた（0.1 歳は 9 時 30 分、2 歳は登園から、3～5 歳は 11 時 30 分から）。3 歳児室のみ一時間程度早く温度が下がっているが、申告時間を園のスケジュールで聞いており、10 時 30 分に直接該当するものがないため、冷房を 10 時 30 分頃から運転している可能性が考えられた。

また、3～5 歳児は施設の 2 階に位置するので、日射熱の影響も考えられた。相対湿度、絶対湿度は、冷房の使用に伴い急激な変化を示している（図 H-11、図 H-12）。

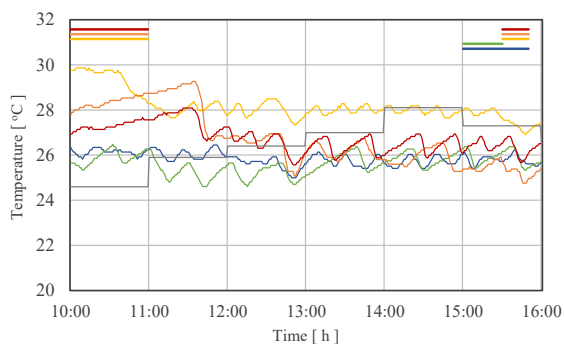


図 H-10 Yd 施設の温度

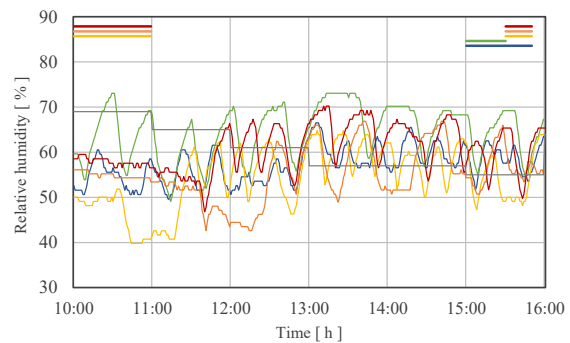


図 H-11 Yd 施設の相対湿度

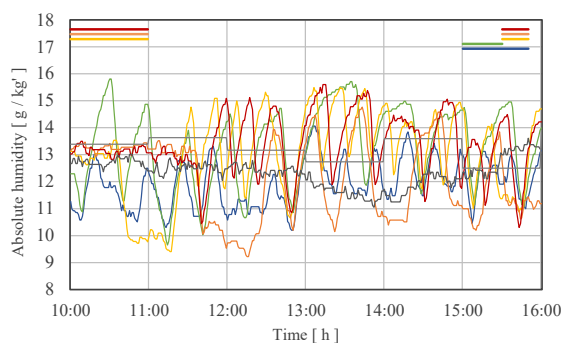
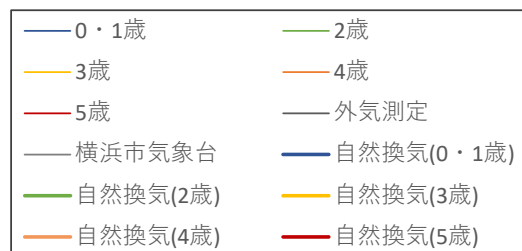


図 H-12 Yd 施設の絶対湿度



・Ye 施設

Ye 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-13～図 H-15 に示す。室温は、いずれの年齢児においても 26 度近辺で安定していた（図 H-13）。また、外気温度が 21 度近辺で低く推移していることや相対湿度が 80% 超えていることから、雨であったことが窺えるが、実際は降ったりやんだりという気候であった。そしてこの施設は、日射の影響が大きく、晴れの日暑いというヒアリング結果を受けていることから、室温が外気よりも高く推移していたことに納得できる。また、冷房を使用する際にみられる急激な湿度変化が一部確認できたことから、冷房を付けたり切ったりして調整していたことが窺える（2-14、図 H-15）。

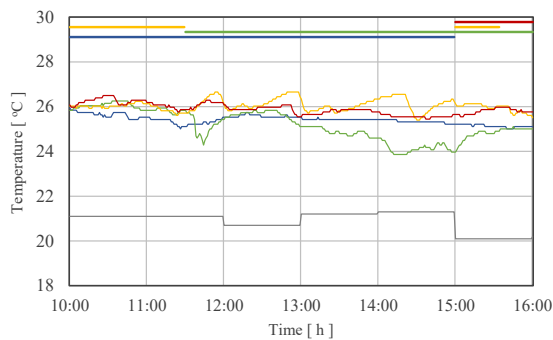


図 H-13 Ye 施設の温度

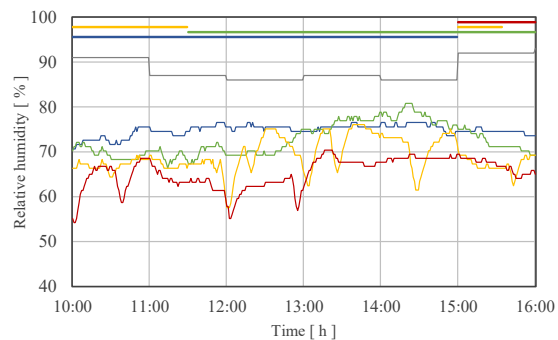


図 H-14 Ye 施設の相対湿度

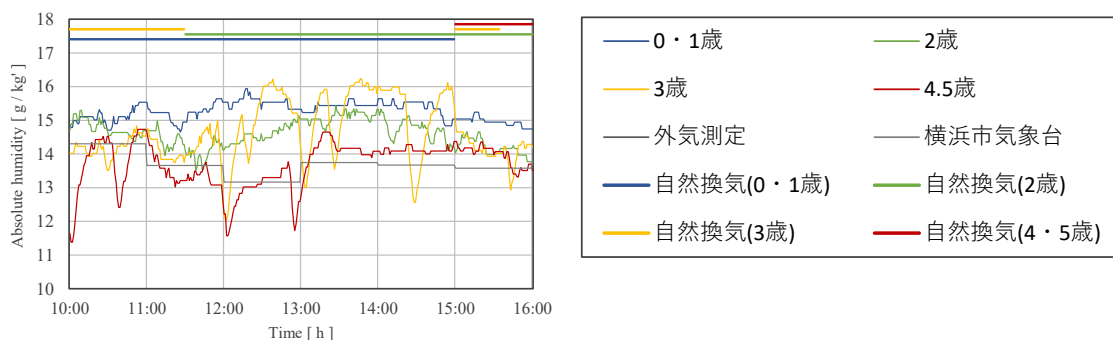


図 H-15 Ye 施設の絶対湿度

## ・Yf 施設

Yf 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-16～図 H-18 に示す。室温を見ると、冷房使用に伴う温度変化がみられ、Yd 施設と同様に保育室によって使用するタイミングが異なっていた（図 H-16）。例えば、2 歳、3 歳は 10 時前から運転しているのが考えられる一方で、0.1 歳、4 歳 5 歳は 11 時から 12 時頃に使用し始めていることが窺える。一方で 2 歳児室は開口部を有していないため、窓開け換気が実施できず、同一施設においても保育室によって環境調整行為の自由度が異なっていた。また、窓開け換気を実施する目安が決まっている施設のため、12 時頃と 15 時頃には窓開け換気するのが確認できている。これは湿度の変化からも傾向が確認できる（図 H-17、図 H-18）。

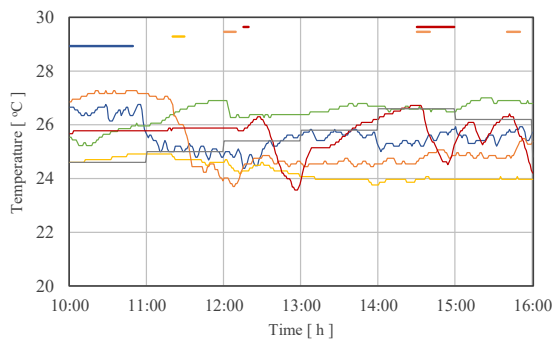


図 H-16 Yf 施設の温度

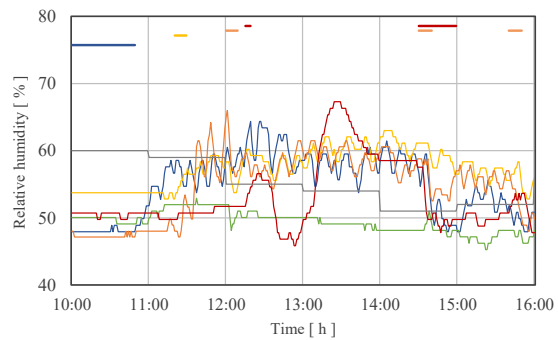


図 H-17 Yf 施設の相対湿度

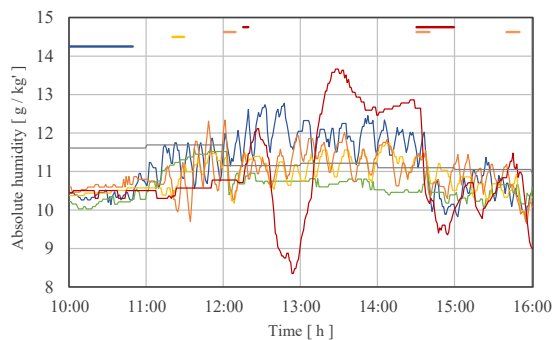
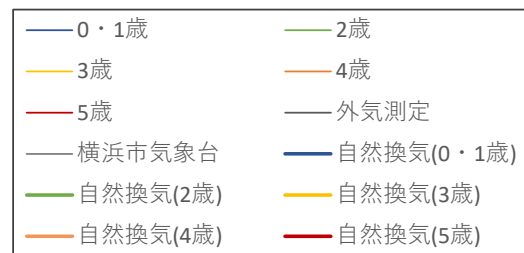


図 H-18 Yf 施設の絶対湿度



・Yg 施設

Yg 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-19～図 H-21 に示す。室温は、時間の経過とともに増加し、最大で 32 度に達する室も存在した（図 H-19）。これは、Yg 施設が常時窓開け換気を実施していたことが理由として考えられるが、外気温は最大でも 26 度と決して高くはない。そこで、図 H-13 の平面図をみると、開口部の前は全面ルーフバルコニーとなっており、日射の照り返しによる室温上昇が原因として考えられる。また、1 日を通して窓開け換気を実施しているので、湿度は横ばいと安定した（図 H-20、図 H-21）

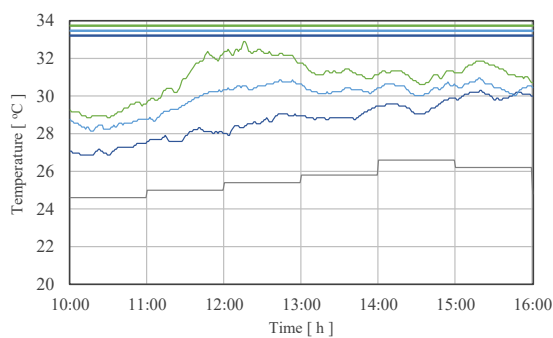


図 H-19 Yg 施設の温度

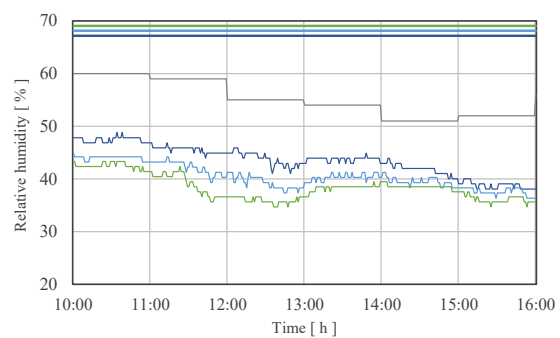


図 H-20 Yg 施設の相対湿度

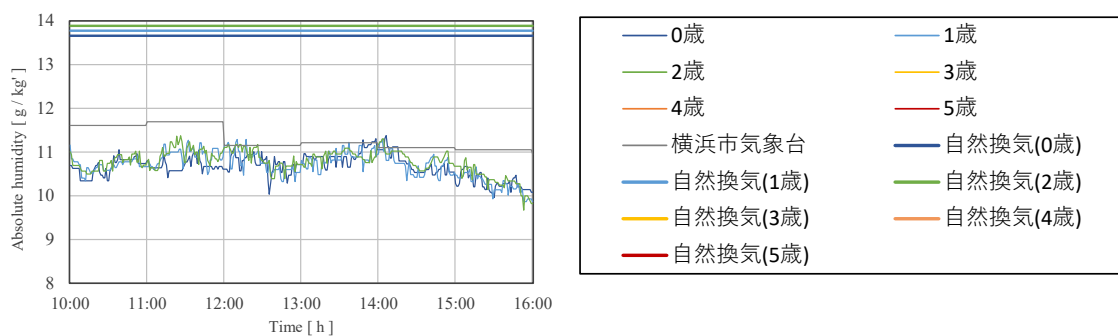


図 H-21 Yg 施設の絶対湿度

・Yh 施設

Yh 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-22～図 H-24 に示す。室温は 25 度近辺で推移しており、外気温度と比べて低かったことから冷房の利用が窺える（図 H-22）。一方で、相対湿度は 50%程度であるが、14 時半頃から湿度が 10%程度増加している（図 H-23）。絶対湿度も同様に増加していることから、保育室内で水蒸気発生量が増加する行動が行われたことが確認できる（図 H-24）。原因としては、午睡後の時間であるため、トイレの利用や沐浴、洗面の利用が考えられ、保育室の面積が小さいがゆえに、変化が表れていると考えられる。

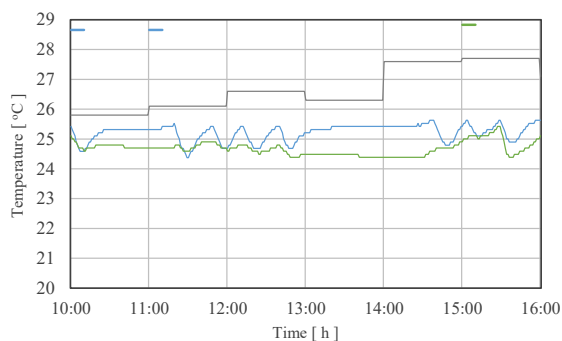


図 H-22 Yh 施設の温度

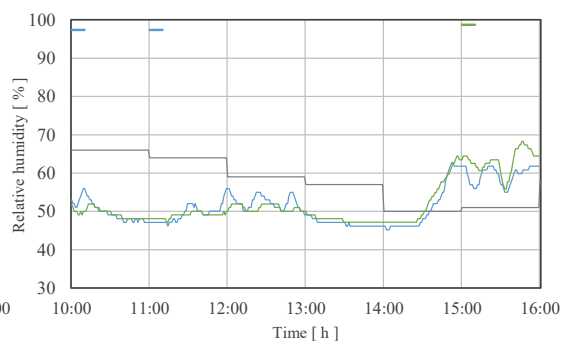


図 H-23 Yh 施設の相対湿度

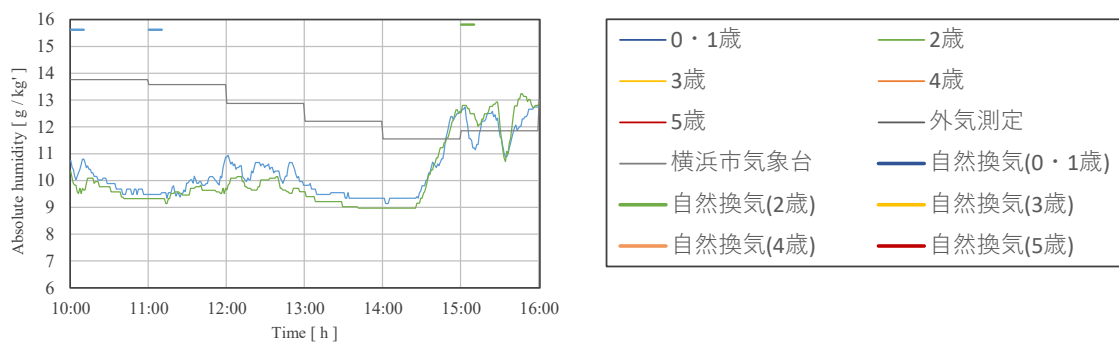


図 H-24 Yh 施設の絶対湿度

・Yi 施設

Yi 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-25～図 H-27 に示す。1, 2 歳児室は、徐々に室温が上昇しているものの、0 歳児室は下降している（図 H-25）。これは 0 歳室のみ 9 時 20 分からエアコンを 24 度設定で運転したためと考えられる。2 歳児室は 11 時半からエアコンを稼働（24 度）しており、急激な室温の変化がみられる。1 歳児室も同様の変化がみられるため、記載はないがエアコンの影響だと考えられる。相対湿度の大きな変動はエアコンの運転による影響であると考えられる。また、相対湿度の増加は昼食や午睡及び窓開け部分の減少による影響だと考えられる（図 H-26）。

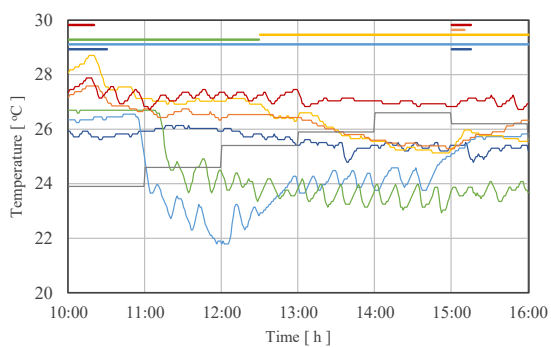


図 H-25 Yi 施設の温度

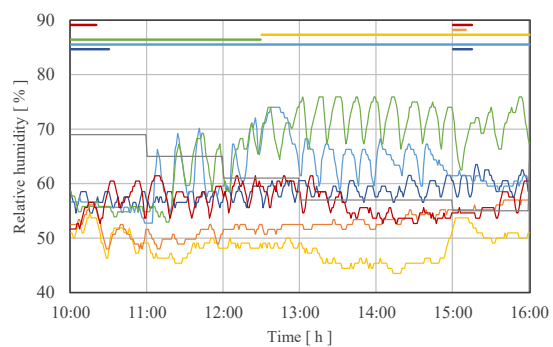


図 H-26 Yi 施設の相対湿度

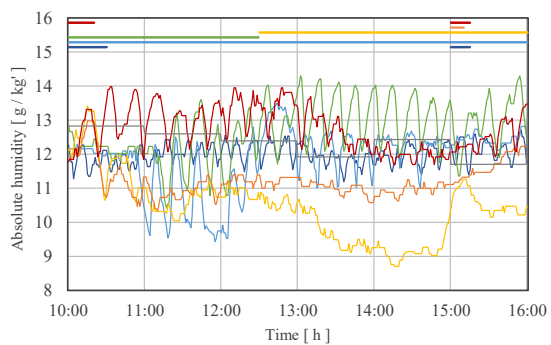
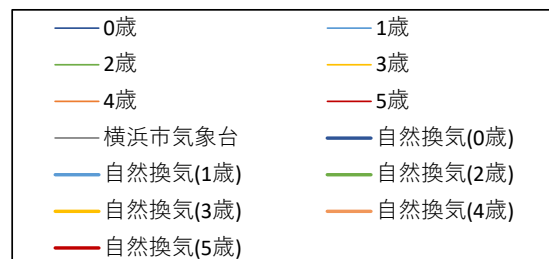


図 H-27 Yi 施設の絶対湿度





## ・Yj 施設

Yj 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-28～図 H-30 に示す。昼食前（11：30）の時間帯まで全ての窓を開放していた（1 歳児のみ 10 時頃まで）。そのため、図 H-30 の絶対湿度は換気の効果によって、1 日の変動中の中で低い値で推移していた。また、外気温度が 10：30 頃から急激に上昇している（図 H-28）ため、図 H-29 の相対湿度は見かけ上、急激に下がる動きになったと考えられる。なお、1 歳児のみ窓を閉める時間が早かったため、絶対湿度が若干高く、相対湿度も高くなっている（しかし上がり幅は小さい）。

1, 2 歳児は、10：30～13 時にかけて窓を閉めている箇所が増加していた（換気扇もないため、換気量の減少となる）。一方で、0 歳は換気量を保っていたため、絶対湿度の推移は 1, 2 歳児と比べて低い。そのため、1, 2 歳児の室では相対湿度の上昇がみられた。これは食事による水蒸気発生量の増加（2 歳児室で混合）だと考えられる。

15 時頃から、雨がふったため窓を閉める時間帯が発生していた。そのため、湿度が全般的に上昇する動きを見せていたと言える。

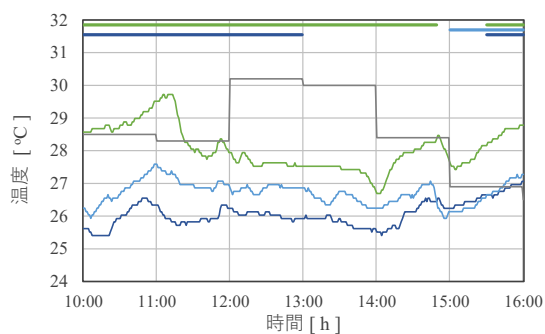


図 H-28 Yj 施設の温度

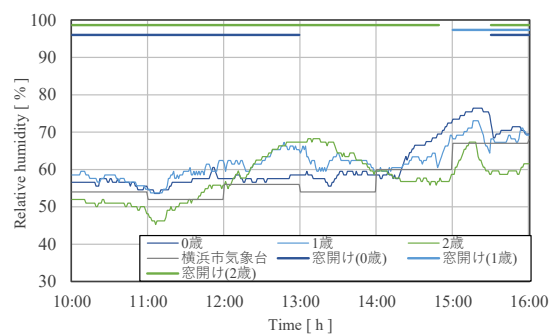


図 H-29 Yj 施設の相対湿度

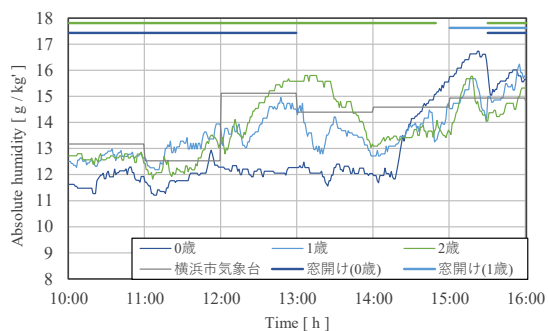
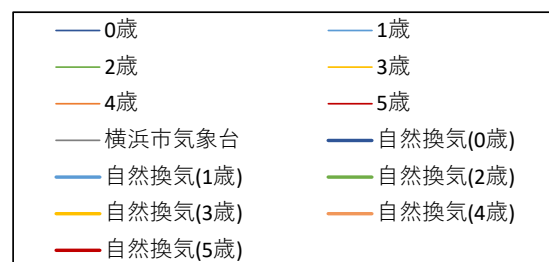


図 H-30 Yj 施設の絶対湿度



・Yk 施設

Yk 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-31～図 H-33 に示す。室温は 10 時 45 分頃から冷房を使用したと考えられ、25 度近辺で安定していた（図 H-31）。また、変動が小刻みに変動しているのは、冷房の自動温度管理設定による影響だと考えられる。また、相対湿度及び絶対湿度は、昼食時間と午睡後の起床時間に上昇する傾向がみられたことから、昼食や沐浴、トイレ、洗面の利用による水蒸気発生量の増加が影響していると考えられる（図 H-32、図 H-33）。

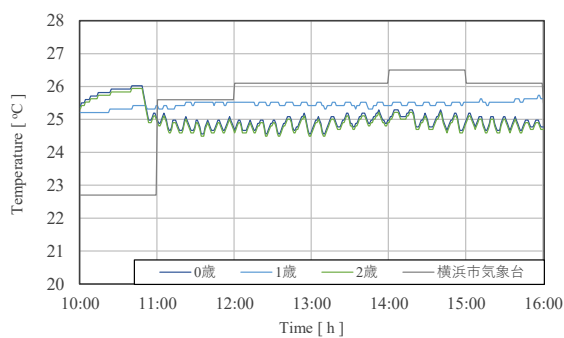


図 H-31 Yk 施設の温度

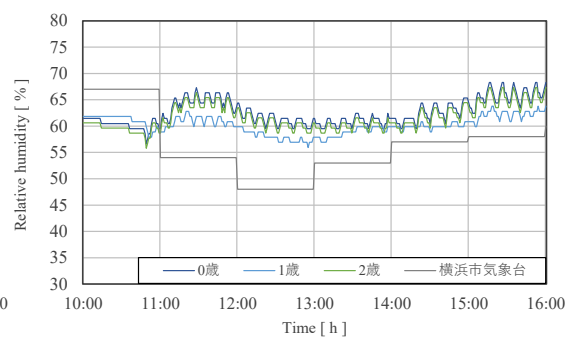


図 H-32 Yk 施設の相対湿度

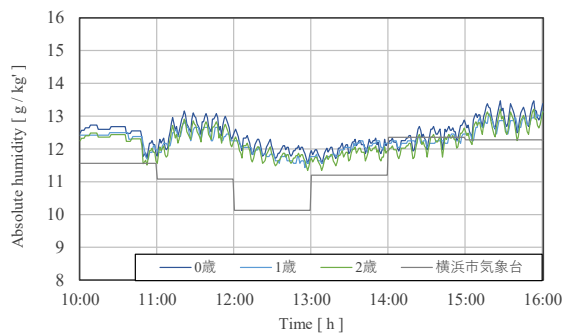
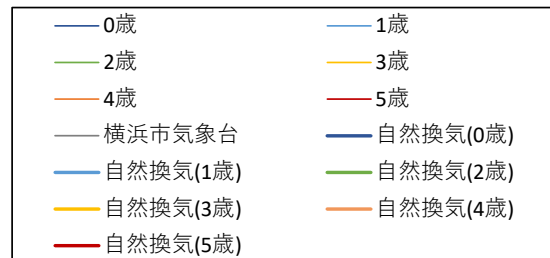


図 H-33 Yk 施設の絶対湿度



## ・YI 施設

YI 施設における温度、相対湿度、絶対湿度の経時変化を図 H-34～図 H-36 に示す。0 歳児室と 1 歳児室の温度変動の変化は、冷房設定をドライ運転から冷房 26℃の運転に変更した影響だと考えられる（図 H-34）。朝の保育室の冷房設定をドライ運転にしているのは、早朝の室内湿度が高いこと及び保育士さんが体感していることから設定されているが、経時変化を見ると 1 日の変動は小さい（図 H-35、図 H-36）。

また、冷房の設定を 0 歳室は 14 時から 27℃設定に変更、1 歳児室は 12 時から 12 : 30 まです運転オフとしている。その影響より、室温に 1 度程度の差が生じていると考えられる。しかし、ワンルーム形態であることや集中管理式の冷房も運転していることから、保育室中央に位置する 2 歳児室は冷房設定していなくても関わらず、最も低い室温となっている（熱負荷の差も考えられる）。

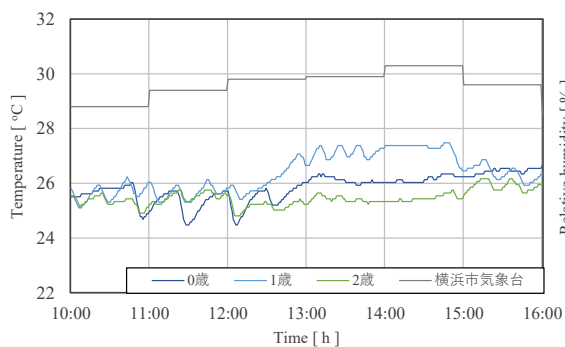


図 H-34 YI 施設の温度

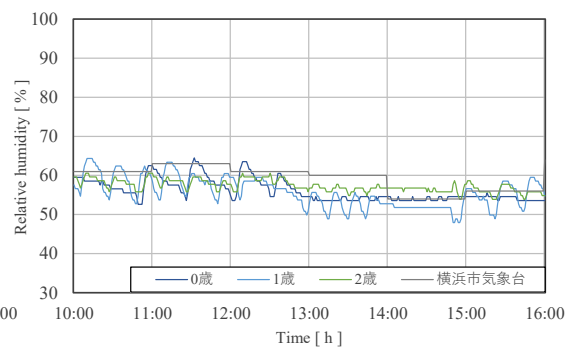


図 H-35 YI 施設の相対湿度

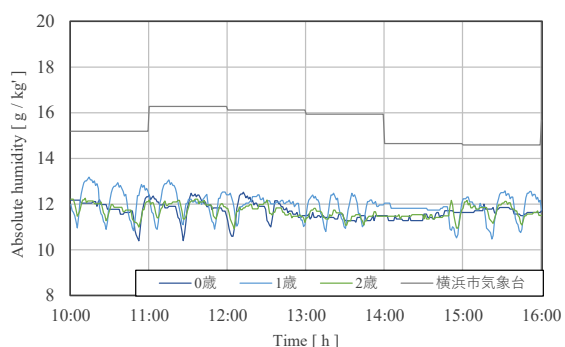
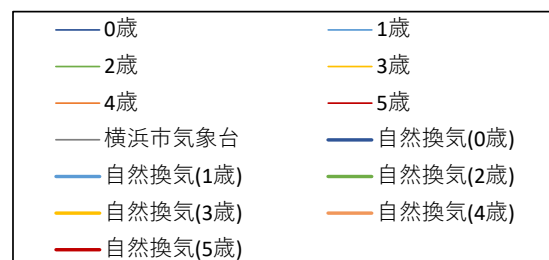


図 H-36 YI 施設の絶対湿度



## ②各保育施設における CO<sub>2</sub> 濃度と TVOC の経時変化

ここでは実測した 12 施設の CO<sub>2</sub> 濃度及び TVOC 値の経時変化について図 H-37～図 H-48 に示す。なお、CO<sub>2</sub> 濃度は 1 項の部分でも説明した通り、0～2 歳児、5 歳児の測定結果となっている。また TVOC の測定に関しては、Yd、Yf、Yh、Yi、Yj、Yk の 6 施設でのみ実施しており、測定値を CO<sub>2</sub> 濃度と併せて表記する。

CO<sub>2</sub> 濃度は、建築物環境管理衛生基準の 1000ppm を、TVOC 値は厚生労働省が定めている 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を参考値として用いる。その結果、CO<sub>2</sub> 濃度について基準値を超えた施設は、12 施設のうち Ya、Yc、Yd、Ye、Yf、Yh、Yi、Yj の 8 施設も存在した。これは、Ye、Yf、Yi、Yj 施設のように一部の時間だけが超える場合は、換気設備の使い方や窓開け換気の実施で解決できる可能性が高いと考えられる。しかし、Ya、Yd、Yh のようにコンスタントに CO<sub>2</sub> 濃度が高い場合は、設計上の問題も考えられるため、対応が必要である。

特に顕著な傾向を示した施設として、Yd 施設がまず挙げられ、時間経過とともに CO<sub>2</sub> 濃度の増加が著しい（図 H-40）。これは温湿度の経時変化を示した際に窓開けの有無を併せて示したが、この換気の有無が大きく影響していることが窺え（図 H-10～図 H-12）、換気していない時間帯に増加していた。そのため窓開け換気によって一部は解決が可能である。しかし、5 歳室の CO<sub>2</sub> 濃度の増加は、他施設と比較しても特に顕著な増加を示している。これは、5 歳児室と 4 歳児室をつなげて、体育活動を実施していたことがヒアリングから判明しており、これが原因として考えられる。そのため、大人と比べて体の小さい子どもであっても活動強度によって、CO<sub>2</sub> 濃度を大幅に増加させることが示唆された。

また、Yh 施設では、昼と午睡後の 15 時以降を除く、ほとんどの時間帯で 1000ppm を超えている結果となった（図 H-44）。そして昼頃に減少しているのは、散歩に行ったことによって、CO<sub>2</sub> 発生源がいなくなったこと及び扉の開閉による減少であるため、雨天時や夏などの散歩に行く機会がない日には、もっと CO<sub>2</sub> 濃度が高くなると予想されるため、注意が必要である。

次に TVOC 値は、施設によって数値の差が大きく、基準値の 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度の施設が存在する一方で、20000 付近まで上昇がみられる施設も存在した（図 H-40）。TVOC 値の増加の原因として、保育施設では特に清掃時のアルコールの噴霧利用が挙げられる。そして、これは化学薬品を使用したタイミングについても把握しており、この時間帯と概ねあっていたため、清掃時などは終了後に窓開け換気を実施することが望ましいと言える。また、近年は次亜塩素酸ナトリウムの利用も多くなっており、これらも噴霧利用する施設が存在するのが現状である。しかし、次亜塩素酸ナトリウムについては、商品に噴霧利用をしないことを注意しているが相反する実態となっている。この背景としてアルコールと次亜塩素酸ナトリウムが反応して、微量のクロロホルムが発生するという報告[H1]もあることから注意が必要である。

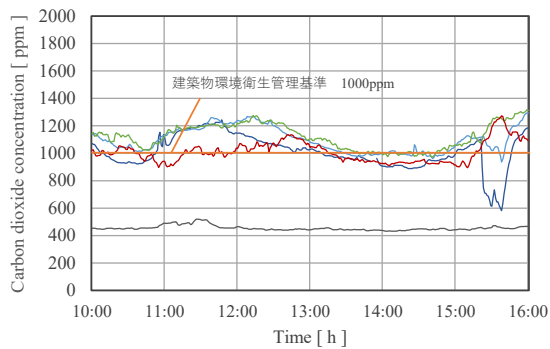


図 H-37 Ya 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

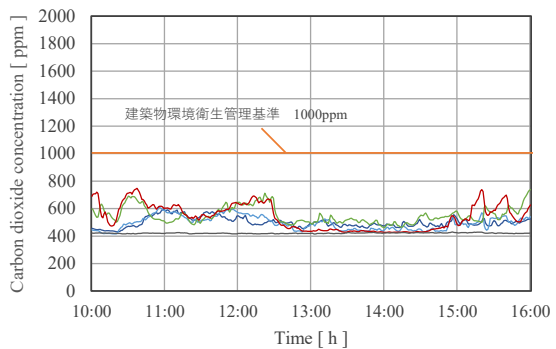


図 H-38 Yb 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

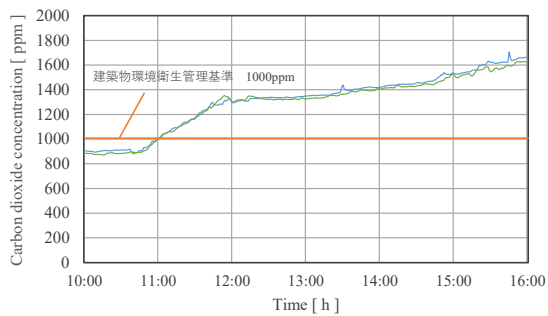


図 H-39 Yc 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

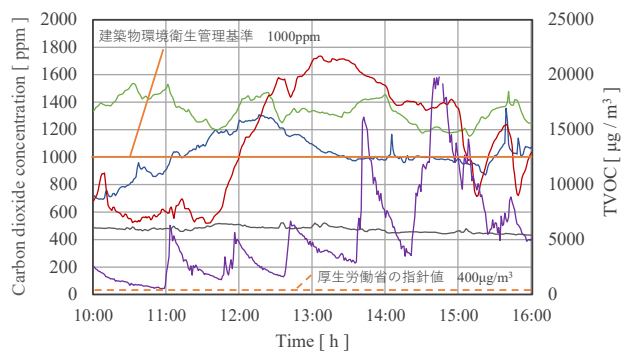


図 H-40 Yd 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

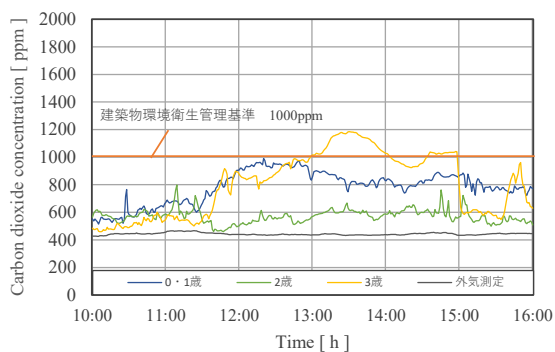


図 H-41 Ye 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

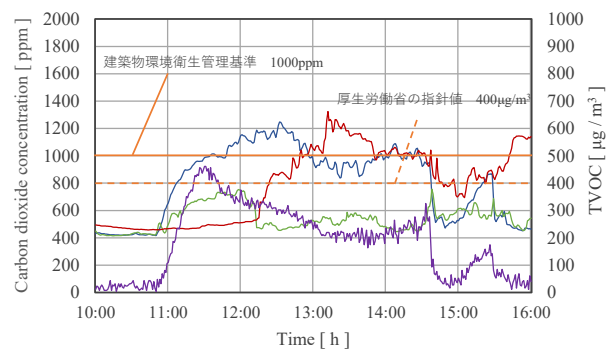


図 H-42 Yf 施設の CO<sub>2</sub> 濃度



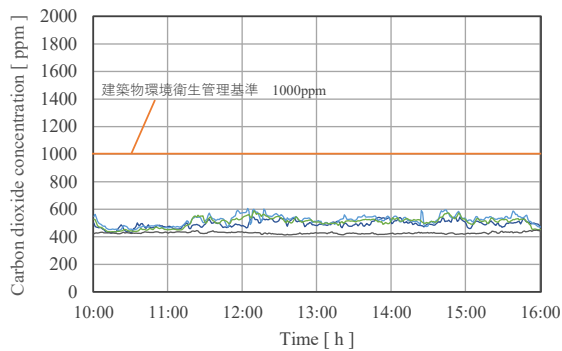


図 H-43 Yg 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

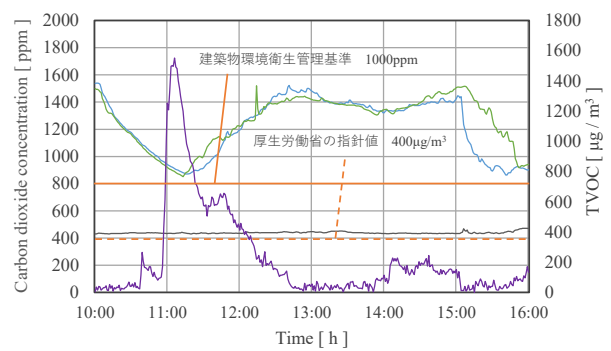


図 H-44 Yh 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

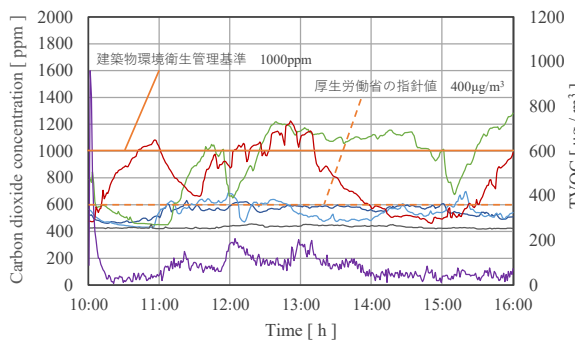


図 H-45 Yi 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

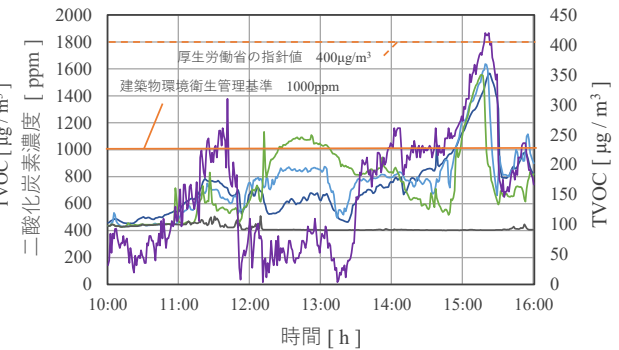


図 H-46 Yj 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

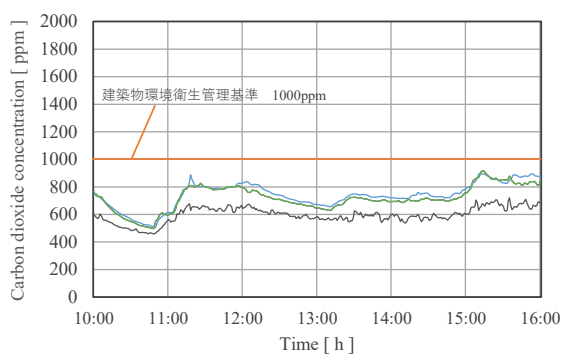


図 H-47 Yk 施設の CO<sub>2</sub> 濃度

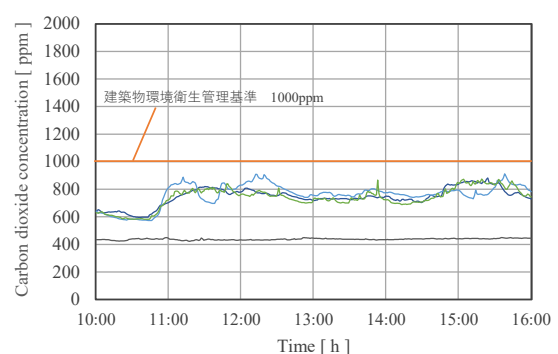
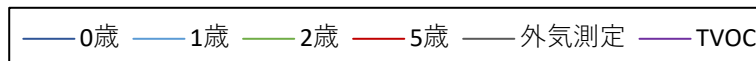
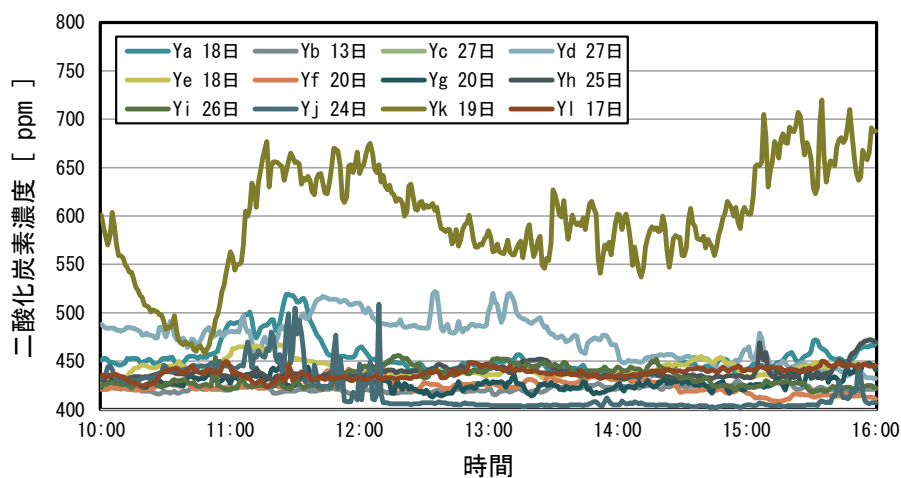
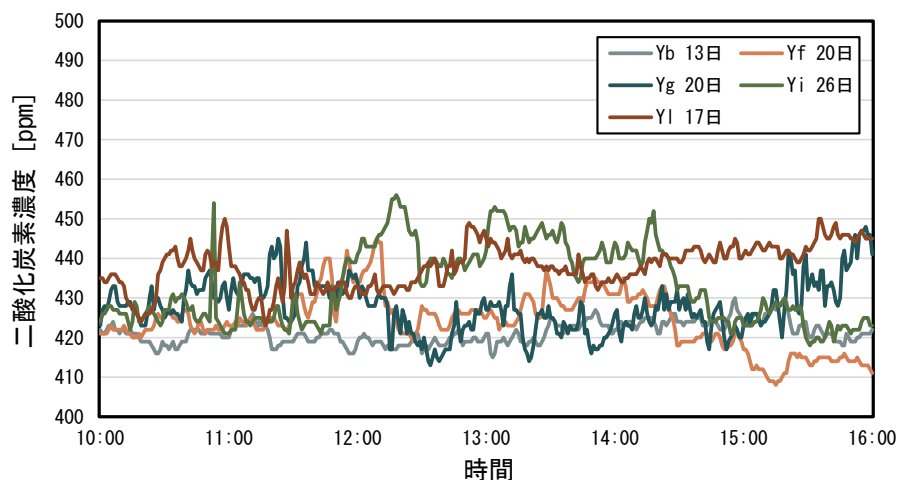


図 H-48 Yl 施設の CO<sub>2</sub> 濃度



③外気 CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化

本来、外気 CO<sub>2</sub> 濃度は新鮮空気とされるため、近くに汚染物質の発生源がない限りは横ばいの変化を示す。しかし、図 H-49 の測定結果をみると、変動が大きい機器もあることから、機器の設置位置に課題がみられた。そこで、CO<sub>2</sub> 濃度計の誤差範囲である 50ppm 以上の差が生じた場合は、測定ミスと仮定し、正確な値が測定できたと考えられる施設の結果を抽出した（図 H-50）。その結果、日変動の差は最大で 30ppm 程度であり、外気 CO<sub>2</sub> 濃度の平均値は、428.9ppm であったため、以降の分析では 430ppm を外気 CO<sub>2</sub> 濃度の値として扱う。

図 H-49 外気 CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化図 H-50 抽出した施設における外気 CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化

## 参考文献 ー付録Hー

- [H1] 長谷川一夫, 相沢貴子, 内藤昭治, 真柄泰基: 塩素処理による有機化合物のクロロホルム生成特性, 水質汚濁研究, Vol.6, No.3, pp.151-160, 1983

## ＜付録 I＞ 保育施設の建築的影響の検討

## ・保育施設の施設形態と保育室形態の影響

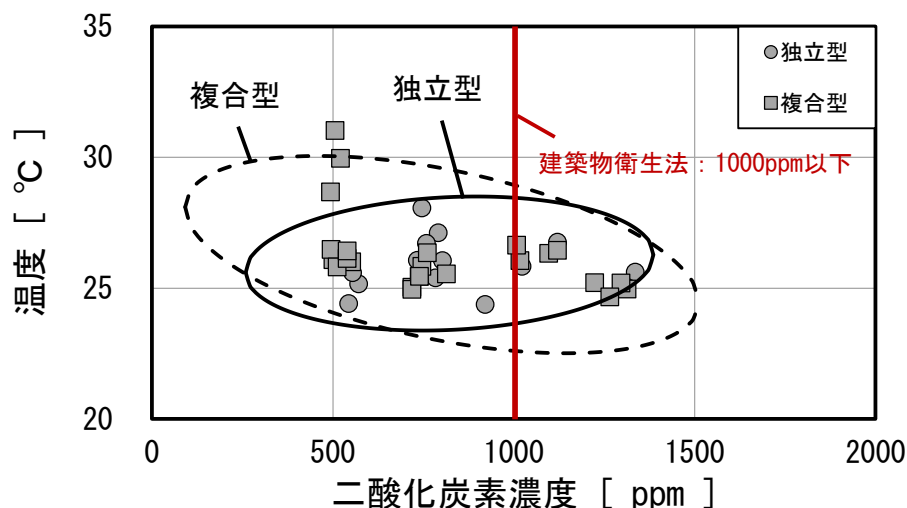
表 2-4 より、換気行為の制約があるのは複合型であったため、保育施設の施設形態別（独立型・複合型）に、その差を検討する。表 I-1 に示す環境要素で有意差検定を行った結果、有意な差は相対湿度でのみ確認されたが、その差自体も大きな値ではない。また、保育室形態（個室型・ワンルーム型）で同様の検定を行った結果、いずれの環境要素も有意な差はみられなかった（表 I-2）。一方で、図 I-1 の室温と CO<sub>2</sub> 濃度の散布図（95%の確率楕円も併記）をみると、複合型の方で分布の広がりが大きいことが確認できる。これは、複合型だから換気行為が制限され保育室環境が悪いという訳ではなく、空調設備や換気設備で適切に管理されている環境が良好な複合型施設の存在も示しているということである。したがって、都市型保育施設が抱える環境的問題は、単純な施設形態や保育室形態で分類することはできず、施設が立地する環境や有している設備等を幅広く整理する必要があると言える。

表 I-1 独立・複合型の差

	室温	相対湿度	CO <sub>2</sub> 濃度
独立型	26.2	61.1	822.3
複合型	26.2	55.4	819.4
有意水準	—	p<0.05	—

表 I-2 個室・ワンルーム型の差

	室温	相対湿度	CO <sub>2</sub> 濃度
個室型	26.0	60.2	815.0
ワンルーム型	26.2	56.2	823.0
有意水準	—	—	—

図 I-1 CO<sub>2</sub> 濃度と室温の散布図



## ＜付録 J＞ 0 歳児の平均的な身長・体重の算出

## ■国民健康・栄養調査について

国民健康・栄養調査の身体状況調査[80]の身長・体重のデータは1歳以上となっており、0歳の代表的な身体情報を得ることが出来ない。そこで、2010年の厚生労働省の乳幼児身体発育調査[81]から、生後～12か月までの0歳児の身長・体重のデータを用いて、0歳児の身長と体重の平均値を算出し、代表的な値として採用した（表 J-1）。

表 J-1 0 歳児の平均身長・体重の算出結果

体重 [kg]	平成22年		身長 [cm]	平成22年	
	男	女		男	女
～2未満	4.78	4.46	～2未満	55.5	54.5
2～3	5.83	5.42	2～3	59.0	57.8
3～4	6.63	6.16	3～4	61.9	60.6
4～5	7.22	6.73	4～5	64.3	62.9
5～6	7.67	7.17	5～6	66.2	64.8
6～7	8.01	7.52	6～7	67.9	66.4
7～8	8.30	7.79	7～8	69.3	67.9
8～9	8.53	8.01	8～9	70.6	69.1
9～10	8.73	8.20	9～10	71.8	70.3
10～11	8.91	8.37	10～11	72.9	71.3
11～12	9.09	8.54	11～12	73.9	72.3
平均	7.61	7.12	平均	66.66	65.26


## 参考文献 ー付録 Jー

[80] 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査報告，2020

[81] 厚生労働省：乳幼児身体発育調査，2010

## &lt;付録K&gt; 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

## ・Yi 施設

☆2022年夏季 実測対象施設のカルテ					訪問日：2022/9/5 記入担当：種市				
施設名	個人情報のため削除							園記号	
								Yi	
住所	個人情報のため削除					アンケート 番号	1199		
TEL	個人情報のため削除					実測日	9/6～9/7		
保育区分	認可	用途地域	住居系地域 (第1種中高層住居専用地域)		対象年齢	0～5歳			
施設形態	独立型	保育室形態	個室型		建築面積	363.0㎡			
開設年	2012年	建築年	2012年		天井高さ	2.6m			
構造	SRC	階数	1+2階/2階		換気システム	第1種換気			
実測日の環境 ※天候は昼を、温湿度等は10時～16時の平均値を記載（気象庁）									
1日目	天候	晴時々雨一時曇	気温	30.1℃	湿度	69.0%	風速	6.1m/s	
2日目	天候	曇時々雨	気温	27.4℃	湿度	88.1%	風速	1.6m/s	
地図 ※方位忘れないように				平面図 ※方位忘れないように					
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (4 章参照)					
施設の立地や外部環境の特徴									
<p>【施設立地】***大学の敷地内（正門側）に立地している独立型・個室型の保育施設である。そのため、横浜市の中ではかなり自然が豊かな環境に立地していると言える。</p> <p>【外部環境】木々が多いため、夏季でも若干涼しいことが想定される。その一方で、虫や動物も多く、窓を開放する際の懸念事項にもなり得ると考えられた。周りの音は静かで木や虫、鳥の自然音のみであった。</p>									
室内環境（空気・温熱・音）に関する施設の特徴									
<p>コロナ前の2019年にも窓開け換気を積極的に実施していたが、その時は引き違い窓のみの開放であった。現在は、コロナの影響もあり排煙窓の開放を行う日もある（今は夏季ということもあり、あまり開けないそうだが）。午睡時間にも引き違い窓を開放（四分の一）している。実測当日は天候も良かったため、個人的には暑く感じた。日当たりも良かったため、エアコンがオフの部屋（未使用）はかなり暑かった。そのため、窓を開けた際の暑さは気になる（エアコンの設定温度は低く、22～24℃であった）。空気の淀み等は一切感じず、におい等も気にならなかった。音についても同様である。</p>									
その他備考欄									
<ul style="list-style-type: none"> <li>・3歳児室と4歳児室の場所が入れ替わっている。</li> <li>・現在は幼児の一時保育を受け入れていない（理由は聞けていない）</li> <li>・体温の測定に関してかなり興味を持って頂けた。アタッチメントが好評であったのは嬉しい限りである。安全性に関しても問題ないと言って頂け、機器の操作レクも問題なく実施出来た。</li> </ul>									

付録K 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

・Yi 施設

2022年夏季実測 ヒアリングシート 1日目

実施日：9 月 5 日 (月) 天気：晴れ  
時刻： 17 時 00分 ~ (+実測日に適宜実施)  
ヒアリング担当者：【 種市 慎也 】

施設名【 個人情報のため削除 Yi施設 】 回答者の役職【 園長+主任 】

質問No	質問内容	回答
Q1	窓開け換気を実施しているか？ 排煙窓の場合、自由に開閉可能か？ 夏季の状況把握、またコロナの影響による判断なのか？	Yes・No 基本は引き違い窓の使用だが、コロナ当初は引き違い窓と排煙窓を併用していた。しかし、玄関先の排煙窓は使用で故障してしまった。保育室は問題なし
Q2	窓開け換気は午睡時にも実施するか？	Yes・No 午睡時間も実施しているが、窓の開放は四分の一程度である。開放しすぎると暑い。
Q3	する場合：どのような実施方針か？ しない場合：何が原因か？ 例. 管理 or 防犯 or 外部環境	適宜、30分程度開ける方針である。
Q4	(窓開け換気する園のみ聞く) 窓開け換気を実施する時に、外の音は気になるか？その場合、どのような音が聞こえるか？	大学の中に立地しているため、ほとんど気にならない。木の音や鳥の音くらい。
Q5	(窓開け換気する園のみ聞く) 窓開け換気を実施する時に、近隣の音の影響(保育室で発生する音)を心配しているか？	周りは大学なので特に問題はない。
Q6	保育施設で音に対する対策をしているか？ 例. 吸音・遮音材の設置、窓など閉める	特にしていないが、前回の調査(船場先生)で室内の音環境は問題なしとのことだった。
Q7	(Q19で吸音・遮音材設置の場合のみ) いつ設置したか？ 例. 2019年5月、去年、令和3年2月	上記のため対策はしていない。
Q8	コロナ対策として実施していることは何か？ 例. 窓開け換気、アルコールの使用、空気清浄機	・窓開け換気(引き違い窓だけでなく排煙窓も利用) ・保護者の入室は玄関までで数組ずつ対応(待ちは外で並ぶ) ・手洗いうがいの徹底 ・強制はしていないが、幼児さんはマスクの着用に慣れてきている ・次亜塩素酸系の薬品の使用(アルコールは使用しない)
Q9	換気設備の使用方法について 決まりやルール等はあるか？ 例. 24時間換気、保育時間で調整	24時間換気としている。5歳児だけ1度改修工事が入ったため、性能が良くなっている。その分給気の流れが強い。
Q10	保育スケジュールについて聞く 園のパンフレットなどがあれば頂く 園外活動の実施状況について(夏季と中間季)	2019年の頃と変化なし。

備考・MEMO

※ ヒアリング項目が多いので、複数日に跨いでもOK(先方の負担的に10~15分程度で終えること)

橙色：胡くん、青色：大西君、緑色：趙さん、その他：種市

保育定員 (0歳：6人 1歳：8人 2歳：10人 3歳：12人 4歳：12人 5歳：12人)

+ 幼児の一時保育は受け入れしていない(ここの理由は聞けていない)

【実測日の保育人数等】

6日(火) 子ども(0歳：6人 1歳：5人 2歳：11人 5歳：13人)

保育者(0歳：3人 1歳：3人 2歳：3人 5歳：1人)

7日(水) 子ども(0歳：5人 1歳：8人 2歳：9人 5歳：4人)

保育者(0歳：3人 1歳：3人 2歳：3人 5歳：1人)

【データの注意点】

5歳児保育士さんが活動量計を装着するのを忘れていたので注意

⇒子どもに言われ気付いた。6日(火) 11時ごろから装着、7日(水)は10：30ごろから装着した。

付録K 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

Yi 施設

2022年夏季実測 ヒアリングシート 2日目

実施日：9 月 5 日（月） 天気：晴れ  
時刻： 17 時 00分 ～（+実測日に適宜実施）  
ヒアリング担当者：【 種市 慎也 】

施設名【 個人情報のため削除 Yi施設 】 回答者の役職【 園長+主任 】

質問No	質問内容	回答
Q11	園の方針として目標(目安)としている 室温や湿度、換気時間等はあるか？ ※ 設定値 or 実環境 どちらかも記す	窓開け換気は午睡も含めて適宜、実施することとしている。 温湿度の目標値は確認出来ていないが、エアコンの設定は22～24℃程度であった。
Q12	室内環境を考える上で、参考になっている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症対策ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q13	(Q2 a.の場合) 資料を提示しながら… 昨年、ガイドラインに追記された換気の項目についてご存じか？また、感じる事等はあるか？	理解している。ガイドラインに準じて基本対策は実施している。特に窓開けがしやすい園なので気になったことはない（開けられる場所は開けたイメージ）。
Q14	夏季・冬季の窓開け換気をどう考えているか？ 熱中症への配慮やエアコン代等	子どもの健康を第一に調整している。しかしながら、保育室が暑くなりすぎるため、排煙窓の開放については現在実施していない（引き違い窓のみ）。
Q15	保育室の環境で何を重視しているか？ 例. 空気、温熱、音、光、遊び	
Q16	換気に関するどのような情報があったら役に立ちそうか？ 例. CO <sub>2</sub> 濃度の目安、換気時間、換気経路	文言ではなく、効果が目に見えて分かると良いと思う。
Q17	机拭きや清掃等で使用している薬品は何か？ 例. アルコール、次亜塩素酸…	次亜塩素酸系の薬品⇒クロロラ水
Q18	保育室に設置してある家具の入手方法 購入 or 自作 購入した場合はどこで購入したか？	専門の業者に注文している。例えば、ジャクエツ、子どものもと社、ワンダー、ひかりの国、良い子のくに、学研等
Q19	家具の設置意図について 例. 子どもの目線を遮りたい、ゾーニングのため…等	少人数制で食事や遊び等の空間をゾーニングしている。また、遊びの要素だけでなく、環境の要素も動機として組み込めたら良いと言って頂けた。
Q20	逆質問 園で気になっていることや知りたいこと等 (時間があれば or 会話が盛り上がりければ)	どのような換気方法が効果的なのかが気になる。 家具の話も聞いて、興味を持ったので、その影響も気になる。 是非教えて欲しいとのことであった。

備考・MEMO

※ ヒアリング項目が多いので、複数日に跨いでもOK（先方の負担的に10～15分程度で終えること）

橙色：胡くん、青色：大西君、緑色：趙さん

・3歳と4歳の保育エリアが変更となっている


⇒現在は幼児で一時保育を受け入れていないため、旧3歳児室と一時保育室の間仕切りをなくした。そのため、旧3歳児室が大きな空間となった。そのため、現在はそこに活動の活発な4歳児室としている。5歳児ではなく、4歳児の理由は、前年まで利用していた3歳児がそのまま進級出来るため。

・活動量計の装着や体温の測定に関しては問題ないとのことであった。\*\*\*と同様に子どもの方が機器の装着や測定に積極的で、そのお陰で思い出せたとのこと意見があった。測定をする上で気になったことや困ったことも特にないとあって頂けたが、忘れてしまうことがあるのを気にされていた。特に4、5歳児の担任となると一人で担当されているため、やや負担が大きいと感じた。コロナの時期で無ければ、学生スタッフを配置して実施するのが良いと感じた。

【次回以降の確認事項】

園外活動の実施状況について訪ねる

## ・ Ym 施設

☆2022年夏季 実測対象施設のカルテ						訪問日：2022/8/26 記入担当：種市		
施設名	個人情報のため削除					園記号		
						Ym		
住所	個人情報のため削除				アンケート 番号	回答なし		
TEL	個人情報のため削除				実測日	8/30～8/31		
保育区分	認可	用途地域	工業系地域 (準工業地域)	対象年齢	0～5歳			
施設形態	複合型	保育室形態	個室型	建築面積	668.83㎡			
開設年	2012年	建築年	2012年	天井高さ	2.35m			
構造	RC	階数	1階／10階	換気システム	第1種換気			
実測日の環境 ※天候は昼を、温湿度等は10時～16時の平均値を記載（気象庁）								
1日目	天候	雨時々曇	気温	24.7℃	湿度	81.9%	風速	2.4m/s
2日目	天候	曇一時雨後晴	気温	30.8℃	湿度	70.2%	風速	5.9m/s
地図 ※方位忘れないように				平面図 ※方位忘れないように				
 個人情報のため削除				個人情報のため削除 (4 章参照)				
施設の立地や外部環境の特徴								
<p>【施設の立地】***駅から徒歩10分程度の場所で、マンションの1階部分に立地している。0～5歳児を有する園であるが、1階部分のみで全室+αを有しているため、端から端までの距離がなかなか長いというのも特徴である。</p> <p>【外部環境】複合型の保育施設であるが、木々に囲われている園庭を有しており、自然豊かな印象である。また、マンション群の一画であるため、周辺住民の存在も多く、安心感のある場所であった。近くには電車の踏切があるため、電車の通過する音や踏切の音が聞こえる環境であった。</p>								
室内環境（空気・温熱・音）に関する施設の特徴								
<p>保育室内は、24時間換気の稼働や排煙窓の開放がされており、空気の淀み等は一切感じなかった。また、廊下につながる扉も空気の流れを遮らないつくりのため、空気は十分に循環していると感じた。一方で、エアコンを24℃から25℃で運転していたが、やや暑く感じる環境であった（特に窓付近や5歳児）。音に関しては子どもが活動していても、円滑にコミュニケーションが図れる環境であり、吸音が効いていると感じた。</p>								
その他備考欄								
<ul style="list-style-type: none"> <li>・保育施設の設計図書を横浜市が持って行ってしまい、園では所持していない（コピーは所持している）。なお、原本は紛失されたそうである。</li> <li>・体温や活動量の測定に関して、主任の保育士さん達にかなり興味を持って頂けた。操作レクについても問題なく実施できて、機器の操作は問題ないと言える。しかし、園長先生は少し苦戦したので年齢は大切であると感じた。</li> </ul>								

付録K 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

・Ym 施設

2022年夏季実測 ヒアリングシート 1日目

実施日： 8月26 日 （金） 天気：晴れ  
時刻： 14時00分～15時00分  
ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Ym施設 】 回答者の役職【 園長 】

質問No	質問内容	回答
Q1	窓開け換気を実施しているか？ 排煙窓の場合、自由に開閉可能か？ 夏季の状況把握、またコロナの影響による判断なのか？	Yes No 排煙窓は基本開けている（たまに開け忘れ等もあるが…）。排煙窓が小さいため、開ける際に大変ということも特にない。
Q2	窓開け換気は午睡時にも実施するか？	Yes No 午睡時間に関しては開けないことが大半である。午睡時間に関すると、保育室が結構暑くなるため。引き違い窓を少し（四分の一くらい）開ける程度。
Q3	する場合：どのような実施方針か？ しない場合：何が原因か？ 例. 管理 or 防犯 or 外部環境	午睡時間以外が基本開放する方針。あとは天候によって調整あり。
Q4	（窓開け換気する園のみ聞く） 窓開け換気を実施する時に、外の音は気になるか？その場合、どのような音が聞こえるか？	趙さんが以前ヒアリング済みなので割愛
Q5	（窓開け換気する園のみ聞く） 窓開け換気を実施する時に、近隣への音の影響（保育室で発生する音）を心配しているか？	趙さんが以前ヒアリング済みなので割愛
Q6	保育施設で音に対する対策をしているか？ 例. 吸音・遮音材の設置、窓など閉める	天井へのカルテンの設置
Q7	（Q19で吸音・遮音材設置の場合のみ） いつ設置したか？ 例. 2019年5月、去年、令和3年2月	2020年に一部の保育室の天井にカルテンを設置した。ホールは一時的な利用場所であるため、設置予定は今のところない。
Q8	コロナ対策として実施していることは何か？ 例. 窓開け換気、アルコールの使用、空気清浄機	・排煙窓に網戸を設置して開放できるようにした（虫が入らないように） ・登園時に密にならないように、動線をコントロールしている（登園の受け付けは保育室のテラス部分から実施） ・入り口での検温と消毒（クロール水） ・コロナ対策は園長会で共有しているため、***系列での違いはほとんどない。
Q9	換気設備の使用方法について 決まりやルール等はあるか？ 例. 24時間換気、保育時間で調整	24時間換気を弱運転で稼働させている
Q10	保育スケジュールについて聞く 園のパンフレットなどがあれば頂く 園外活動の実施状況について（夏季と中間季）	パンフレットを頂いた。 園外活動は暑いため実施はほとんどない。

備考・MEMO

橙色：胡くん、青色：大西君、緑色：趙さん、その他：種市

保育定員（0歳：8人 1歳：16人 2歳：15人 3歳：20人 4歳：20人 5歳：19人）※面積で定めている  
保育者（0歳：3人 1歳：4人 2歳：3人 3歳：2人 4歳：1人 5歳：1人）  
1：3 1：4 1：5 1：15 1：24 1：24 で保育士を配置  
なお、一時保育は1～2名程度の受け入れとしている。夏季は2歳児に元園児が来ているため1人多い。  
正規職員：16名 派遣社員：1名 パート保育士：6名 パート資格なし：1名 看護師：1名  
【実測日の保育人数等】  
30日（火） 子ども（0歳：3人 1歳：15人 2歳：16人 3歳：19人 4歳：20人 5歳：13人）  
保育者（0歳：2人 1歳：4人 2歳：4人 3歳：2人 4歳：1人 5歳：1人）  
31日（水） 子ども（0歳：2人 1歳：15人 2歳：14人 3歳：18人 4歳：20人 5歳：16人）  
保育者（0歳：2人 1歳：4人 2歳：4人 3歳：2人 4歳：1人 5歳：1人）



付録K 2022 年夏季の実測調査におけるカルテ・ヒアリング情報

・Ym 施設

2022年夏季実測 ヒアリングシート 2日目

実施日： 8月26 日 （金） 天気：晴れ  
時刻： 14時00分～15時00分  
ヒアリング担当者：【 種市 】

施設名【 個人情報のため削除 Ym施設 】 回答者の役職【 園長 】

質問No	質問内容	回答
Q11	園の方針として目標(目安)としている 室温や湿度、換気時間等はあるか？ ※ 設定値 or 実環境 どちらかも記す	換気については午睡を除き常時開放している。 エアコンの設定温度は聞けていないが、24～25℃程度であった。
Q12	室内環境を考える上で、参考にしている資料はあるか？(学校環境衛生基準的な)	a. 保育所における感染症対策ガイドライン2018 b. なし c. その他（ ）
Q13	(Q2 a.の場合) 資料を提示しながら… 昨年、ガイドラインに追記された換気の項目ついてご存じか？また、感じる事等はあるか？	片方の窓しか開放できないため、対に開放というのが難しい。
Q14	夏季・冬季の窓開け換気をどう考えているか？ 熱中症への配慮やエアコン代等	可能な範囲で窓開け換気を実施して、エアコンで調整している。子どもの健康を第一に管理している。
Q15	保育室の環境で何を重視しているか？ 例. 空気、温熱、音、光、遊び	
Q16	換気に関するどのような情報があったら役に立ちそうか？ 例. CO <sub>2</sub> 濃度の目安、換気時間、換気経路	音の改修は効果を物凄く実感できた。排煙窓の開放もこんなに風が通るというのが体感できたが、感染症対策としてどのくらい効果があるのかが分からないので分かったと嬉しい。
Q17	机拭きや清掃等で使用している薬品は何か？ 例. アルコール、次亜塩素酸…	クローラ水
Q18	保育室に設置してある家具の入手方法 購入 or 自作 購入した場合はどこで購入したか？	専門の業者さんから購入しており、オーダーメイドである。 ***を設計したジャクエツさん。
Q19	家具の設置意図について 例. 子どもの視線を遮りたい、ゾーニングのため…等	子どもの遊び場という点を意識して配置している。
Q20	逆質問 園で気になっていることや知りたいこと等 (時間があれば or 会話が盛り上がりければ)	排煙窓の開放がどのくらい感染症対策として効果があるのか

備考・MEMO

橙色：胡くん、青色：大西君、緑色：趙さん

・少数だが\*\*\*コミュニティみたいなのがあるそうである。  
・コンセントは下部ではなく、子どもの手に届かない高さに設置してもらった（子どもの安全のために）  
当初の壁は一色で味気なかった。そのため保育室の腰壁部分は改修して今のデザインとしている（温かみのある木の感じ）。  
・おもちゃなどの色味は、三原色を基調としたメリハリのある色としている。これは子どもの色の認識が成長段階であるため、このようにしている。成長とともに様々な色を認識できる？らしい。  
・また、理事長がアンパンマン等のキャラクターが嫌いで園にはあまり置いていない。キャラクターでしか子どもの気を引けない・保育できないというのは、保育者としての実力不足という考えらしい。  
・活動量計の装着は問題なく実施できた。子ども達は楽しんで装着していたそうである。担任の先生と同じものを装着出来るのが子ども達的には嬉しかったらしく、好評であったと言って頂けた（今度はいつ付けるの？という感想を言った子もいたらしい）。また、検温や着替え後の装着についても、先生ではなく、子どもの方が気が付くため、同時に実施するのは良かったと感じた。特に困ったこともなく実施できたと言って頂けたが、資料の記入は若干負担のように感じた。資料の簡易化が出来れば、より良いと思われる。

＜付録L＞ 2022 年夏季の実測調査結果（その他の施設）

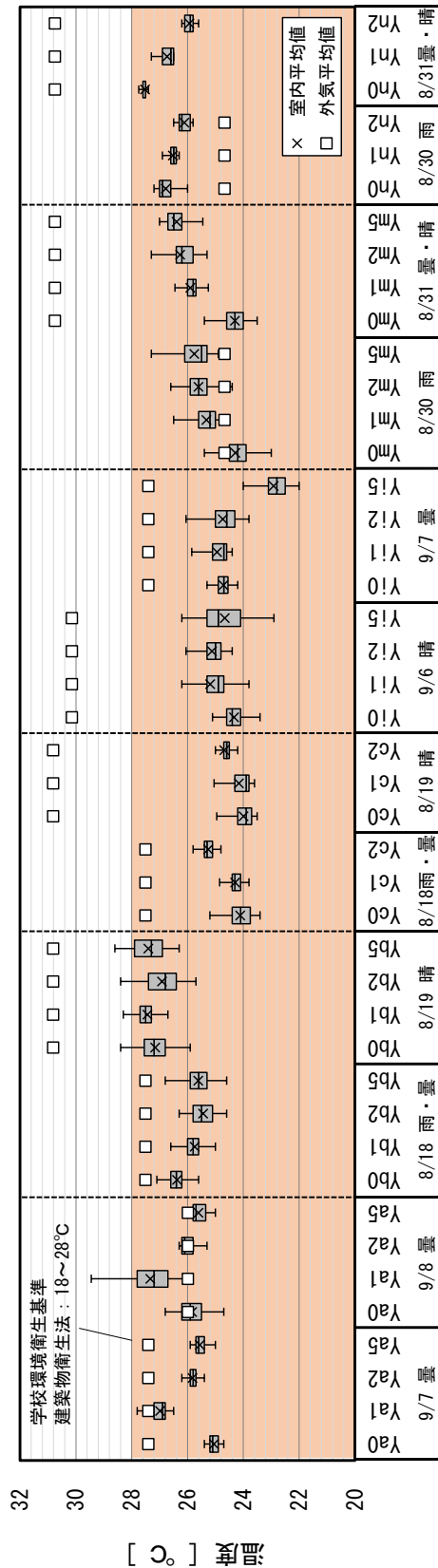


図 L-1 コロナ禍夏季における各保育室の温度（箱ひげ図）

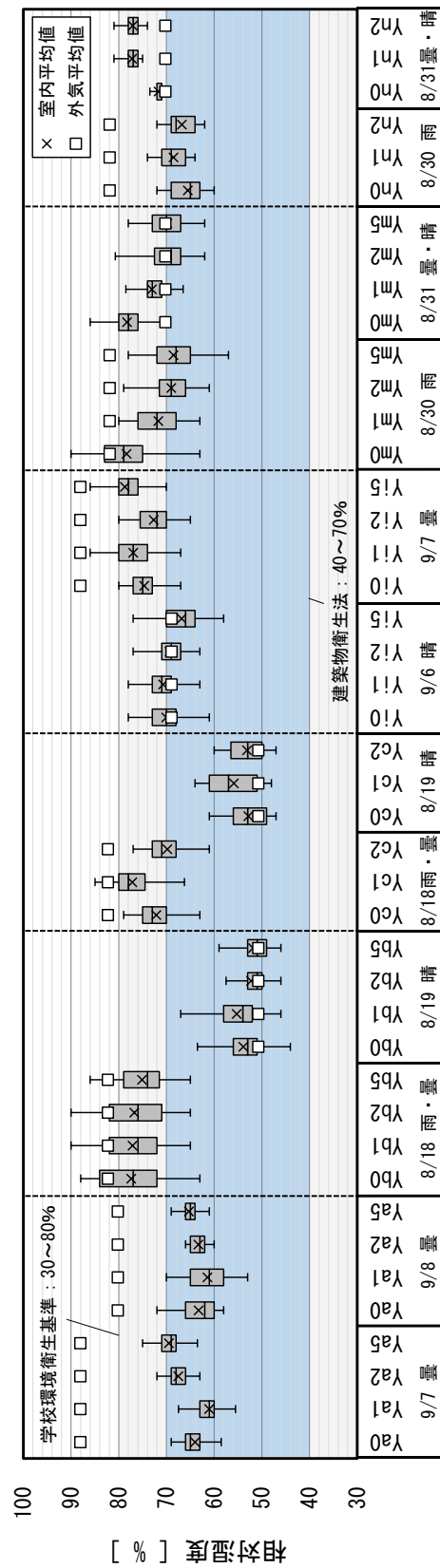


図 L-2 コロナ禍夏季における各保育室の相対湿度（箱ひげ図）



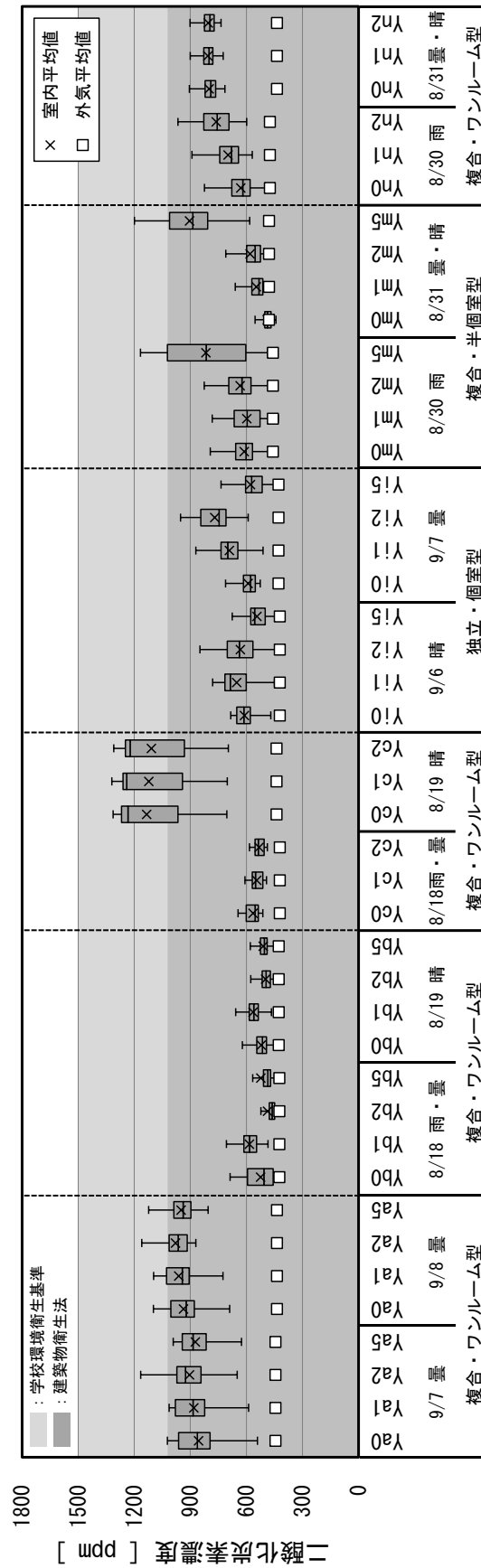


図 L-3 コロナ禍夏季における各保育室の CO<sub>2</sub> 濃度（箱ひげ図）

表 L-1 コロナ禍夏季の温湿度及び CO<sub>2</sub> 濃度の各種基準への適合率

分類	学校環境衛生基準		建築物衛生法	
	基準値	適合率	基準値	適合率
温度	18～28℃	98.7%	18～28℃	98.7%
相対湿度	30～80%	94.0%	40～70%	56.9%
CO <sub>2</sub> 濃度	1500ppm	100%	1000ppm	90.7%

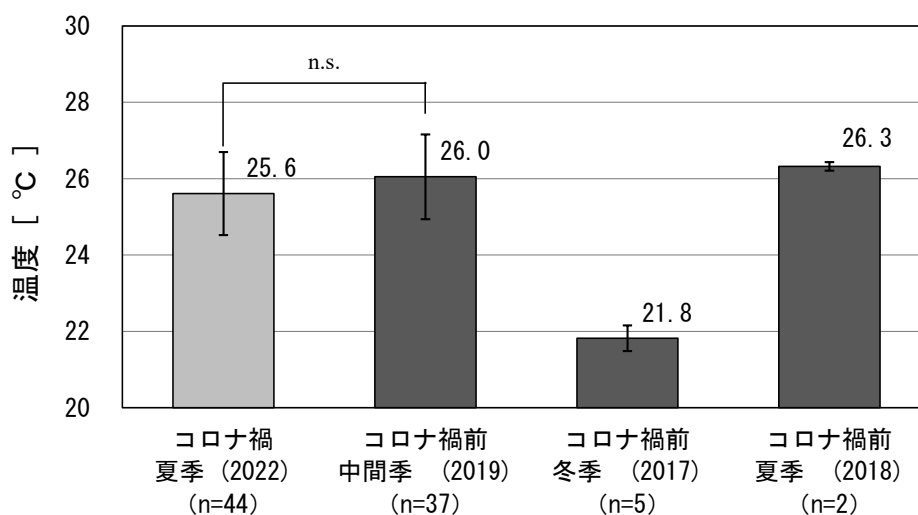
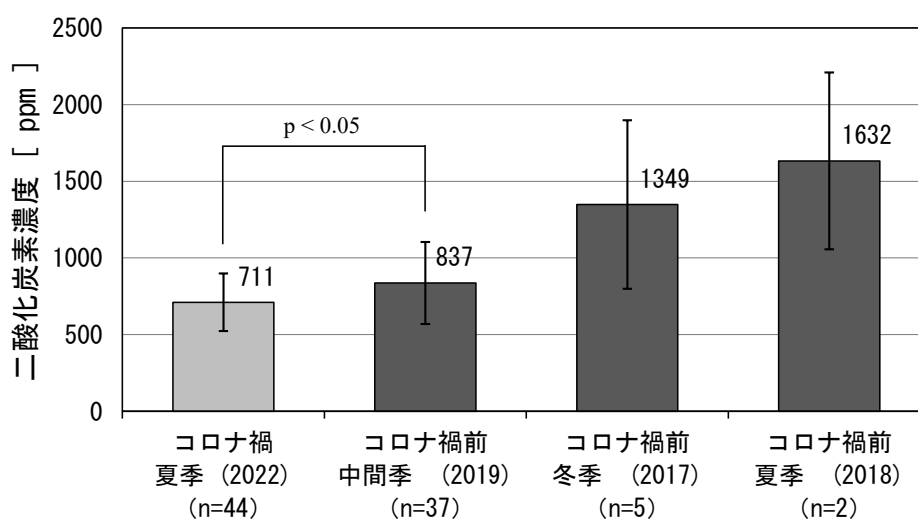


図 L-4 温度の比較（コロナ禍前後）

図 L-5 CO<sub>2</sub> 濃度の比較（コロナ禍前後）

**＜付録M＞ アンダーカット等の微小隙間の影響****・気流解析によるアンダーカットの再現性の検討**

アンダーカットは、扉の下部に 1cm 程度の隙間を設けることで、通気を確保するものである。一般的にこのアンダーカットの気流は 1.5m/s 程度とされており、予備解析として、図 M-1 に示す簡易なモデル（事務所想定：一人当たりの占有面積 5 m<sup>2</sup>）を作成し、気流解析での再現性について検討した。解析条件は表 M-1 に示す通りである。まず Case M1 ではアンダーカットの再現について検討した。流量条件は、20 m<sup>3</sup>/h×床面積（40 m<sup>2</sup>）÷一人当たりの占有面積（5 m<sup>2</sup>）で計算し、建築基準法に基づく 160 m<sup>3</sup>/h とした。また、アンダーカットの隙間は 1cm とした。次に、Case M2 では、Ya 施設でのアンダーカットの再現が可能かを検討するために、同様の簡易モデルを Ya 施設の条件に当てはめて検討した。この検討を実施した背景として、Ya 施設の排気口（一つ当たり 350 m<sup>3</sup>/h）は、3 歳児エリア隣のトイレに多く配置されており、扉は 3 つあるがアンダーカットに相当する隙間部分の流速が、現実と乖離するものになる可能性が高いと考えられた。そこで、簡易モデルに条件を置き換えて検討した。まず流量については、排気口 3 台に相当する 1150 m<sup>3</sup>/h とした。次にアンダーカットの隙間は、扉 3 つ分に相当する 3cm とした、解析を実施した。

図 M-2 に Case M1 の結果を示す。その結果、アンダーカット付近の気流は、1.5m/s 程度と、上述した一般的な値と同等であり、気流解析においてもアンダーカットの再現が可能であることが確認された。次に、図 M-3 に Case M2 の結果を示す。その結果、アンダーカット付近の気流は、10m/s 程度となり、図 M-2 よりも顕著に高い値が示された。このアンダーカット近傍で 10m/s 程度の気流が発生するのは、現実と乖離した結果である。なお、図 M-1 の室容積は、Ya 施設のトイレ部分よりも大きいため、仮に Ya 施設でアンダーカットを再現した場合には、本結果よりもさらに高い値を示すことが予想される。したがって、室容積が小さい空間にアンダーカットを設けることは、気流解析において現実と乖離した結果を示す可能性があり、注意が必要であることが確認された。したがって、本論文の 5 章の解析では、アンダーカットはないものとして扱い、扉は常時開放した条件で解析を実施する。

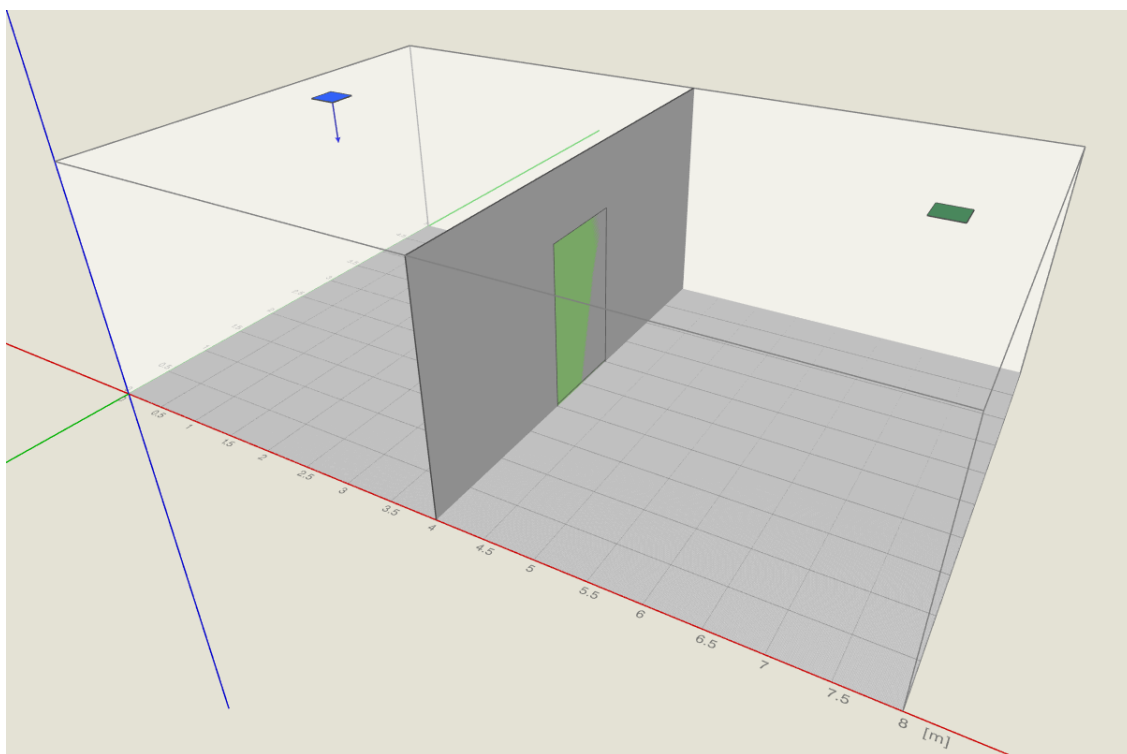


図 M-1 解析に用いた簡易モデル（事務所想定）

表 M-1 予備解析の条件

		Case M1 アンダーカットの再現	Case M2 Ya施設での再現
解析手法		定常解析	
解析領域		$8 \text{ m (x)} \times 5 \text{ m (y)} \times 2.5 \text{ m (z)} = 100 \text{ m}^3$	
メッシュ分割		$80 \text{ (x)} \times 40 \text{ (y)} \times 100 \text{ (z)} = 320,000$	
乱流モデル		高レイノルズ数型 $k-\varepsilon$ モデル	
流量 条件	換気条件	機械換気設備（第1種換気）	
	給気量	160 $[\text{m}^3/\text{h}]$	1150 $[\text{m}^3/\text{h}]$
	排気量	160 $[\text{m}^3/\text{h}]$	1150 $[\text{m}^3/\text{h}]$
環境 条件	解析対象	流速のみ	
	アンダーカット	0.1cm	0.3cm
解析内容		簡易モデルでアンダーカットの再現を実施した。	Ya施設にて、アンダーカットの再現がどうかを簡易モデルに置き換えて検討した。

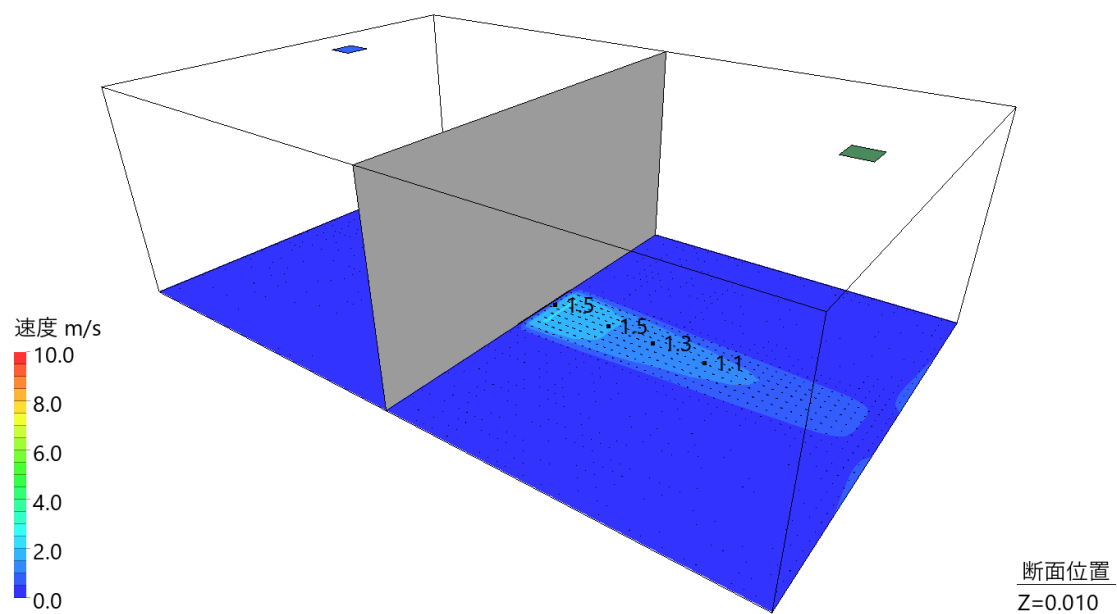


図 M-2 Case M1 の解析結果 ( $h=0.01\text{m}$ )

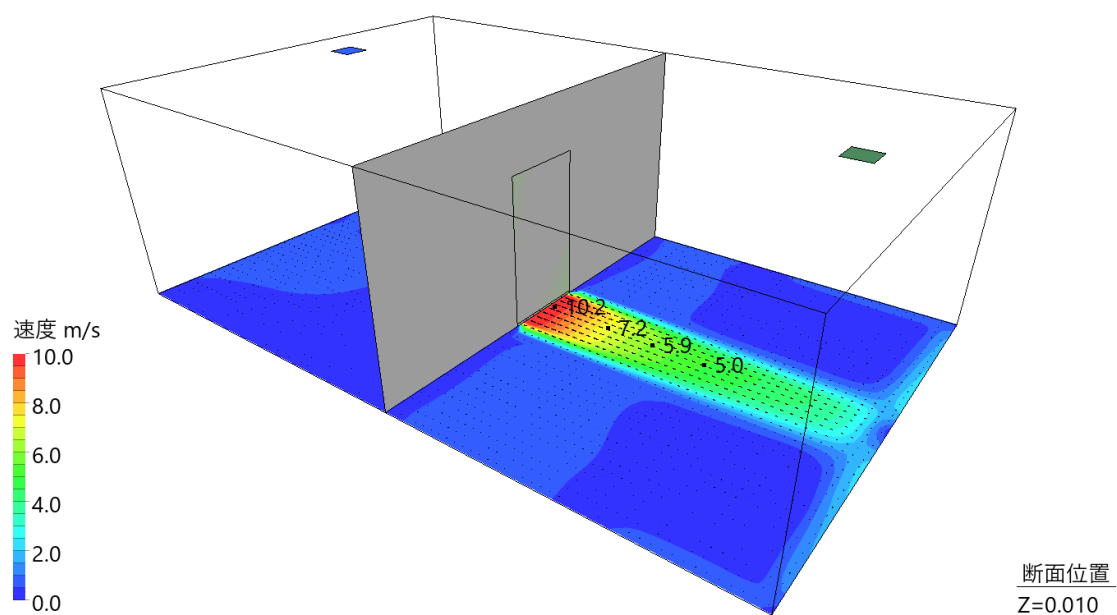


図 M-3 Case M2 の解析結果 ( $h=0.01\text{m}$ )

## ＜付録N＞ Ya 施設の外部環境の解析

### ・排煙窓に流入する外気風の分析

Ya 施設の窓開け換気の効果検証を実施する上で、排煙窓に流入する外気風の影響を把握する必要がある。そこで、図 5-6 の解析領域を 2 倍（解析領域の 2 倍程度が推奨されている）に広げ、外気風を与条件として与えた時に、排煙窓に流入する風速を検討した。なお、今回の窓開けは冬季の感染症対策を目的に検討したため、冬季の条件としている。

まずは、与条件となる外気風の設定について検討する。図 N-1 に横浜市の冬季の風配図を示す。冬季（12 月～2 月）は、北風が 80%を超えるため、風の向きは北風として設定した。次に外気風速は、12 月～2 月の平均風速が 3.7m/s であったため、3.7m/s を与条件として設定することとした（図 N-2）。

上記を予備解析の与条件として設定し、定常解析を実施した。その結果、2 歳児エリアの排煙窓に流入する速度は 2.6m/s 程度であることが確認された（図 N-3）。そこで、5 章 3 節の窓開け換気の効果検証を行う際の排煙窓からの外気流入の与条件はこの値を用いる。

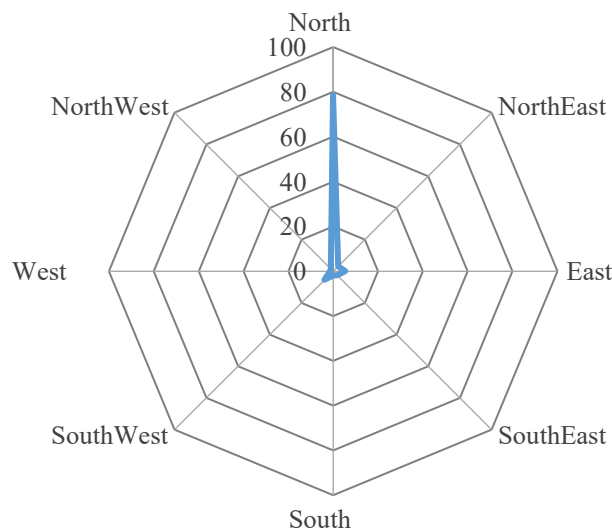


図 N-1 横浜市の風配図（2019 年）

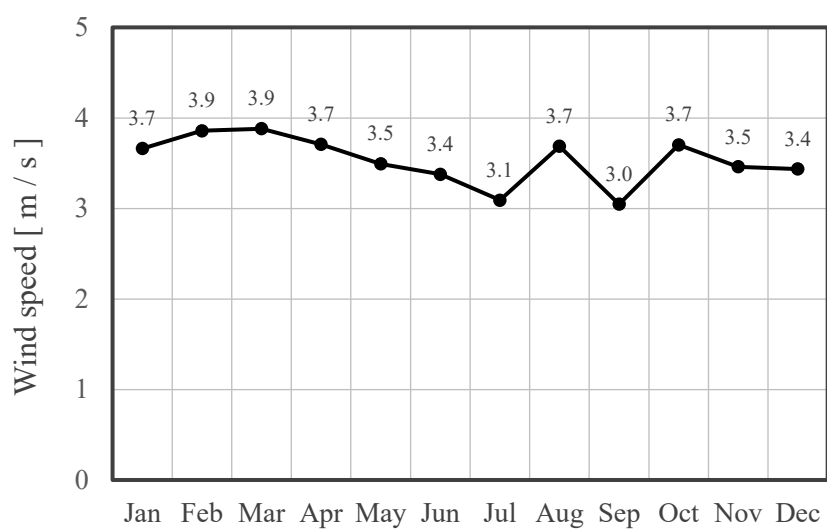


図 N-2 横浜市の平均風速（2019 年）

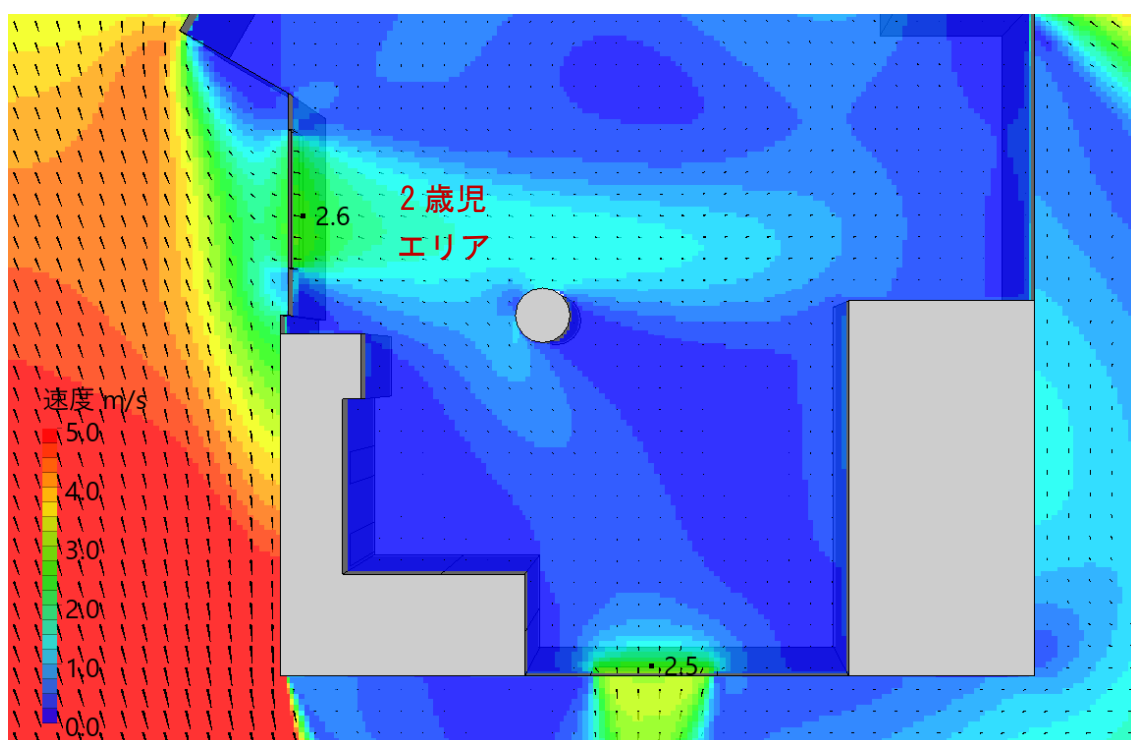


図 N-3 2歳児エリアの欄間窓への流入風速

## ＜付録O＞ Next Urban Lab 取り組みについて

### ・プロジェクトの目的と活動内容の概要

本プロジェクトは、「横浜都心部の保育施設や室内外の子どもの育成空間を主なフィールドとして、地域の子どもの健全な成長・発達を促すための建築・都市の空間計画のあり方や支援方策を、科学的かつ実践的に考究することを目的とする。具体的には、横浜都心部の複合型保育施設を対象として、子どもや保育者にとって良好な空気環境、温熱環境、音環境等を形成するための課題を調査結果から整理し、改善に向けた方策を多様な観点から検討・提示する。また、配慮が必要な子どもを含むすべての子どもの well-being を推進するような建築・都市空間の課題解決にも研究・実務の両面から取り組む。」というものである[01]。

具体的な取り組み内容を以下に示す。2、3章の調査結果から Ya 施設が換気の問題を抱えていることを明らかにした。その調査結果を園に還元した際に、窓開けが実施出来ないことが明らかとなり、ソフト面での改善対策が困難であることが判明した。また、コロナ禍の影響もあったため、この問題点を早急に解消する必要があった。そこで、設計者らと共同で Ya 施設を対象とした換気改善の方策を検討した。具体的には、①気流解析による改善策の検討や②ヒアリング調査による運用・設計の問題点の整理を行い、その成果から Ya 施設の開口部の改修工事に至った（図 0-1）。そして、③改修前後の環境改善効果を実測調査によって検証したため、付録として紹介する。

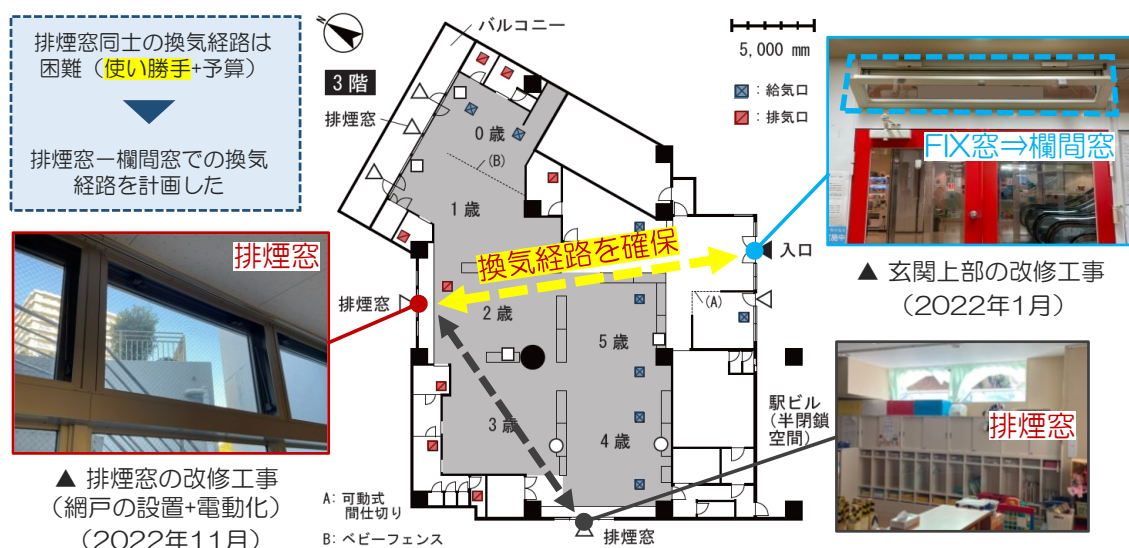


図 0-1 Ya 施設の開口部改修工事の内容



## ①気流解析による換気改善策の検討

### 【調査方法】

⇒ 5章3節の通りである

### 【調査結果】

⇒ 5章3節の通りである

## ②ヒアリング調査による運用・設計上の問題点の整理

### 【調査方法】

開口部の改修工事を実施する際に設計上の様々な問題が生じたため、具体的な改修計画立案のために各方面の関係者にヒアリング調査を実施した。保育施設での窓の開閉は、安全性等が求められるため、保育者に換気のために開ける換気窓や排煙窓の使い勝手についてヒアリングを行った。次に、複合型保育施設ではビル管理会社や所有者（以下、ビル管理者等）との間で利用上の規約や工事に関する規定が交わされているため、それらの現状調査を行った。また、排煙窓は高所な位置となるため、オペレーターでの開閉が基本となる。このオペレーターは、種類や操作方法も様々であるため機構や実機の検証、動作方法をオペレーターメーカーに確認した。さらに、排煙窓は建築基準法上の排煙設備の排煙口となるため、日常の換気利用について、横浜市・東京都の関係部署に見解を求めた。

### 【調査結果】

保育者や施設所有者・ビル管理会社などに対して実施したヒアリング調査の結果を表 0-1 に示す。ここから得られた内容を以下に記述する。

#### ・保育施設で求められる換気・排煙窓の機能

保育現場では、園児の見守り確保の観点から保育者の負担を軽減することが重要である。Ya 施設の保育現場の実情として、排煙窓のサイズが通常サイズよりも大きいことやハンドルに対して取り付けられた排煙窓の枚数が多いことから、排煙窓の開閉行為が女性にとっては負担が大きいことが窺えた。また、過敏な園児もいるため害虫対策のニーズが高くなっている。そのため、排煙窓開閉時のオペレーター操作の容易性とわかりやすさ、網戸の設置は必須となると考えられる。また、操作方法の周知のための表示も重要である。

### ・ビル管理上の排煙窓の扱いと複合型の問題点

排煙窓のオペレーターは閉鎖時の操作手順が複雑であり、不慣れな操作は故障を招くため、ビル管理者等が非常時以外の使用を禁じている実態が確認された。日常換気利用の許可は、保守管理の方法について覚書を交わす等の協議が必要となることも判明した。また、複合型の場合、共用部にあたる排煙窓への網戸設置とオペレーターの変更については、ビル管理者等の同意が必要で賃貸契約終了時にも原状回復の対象となる。一方で、専有部である玄関上部の換気窓は自由に工事できるため、換気改善の容易な手段となり得ることが明らかとなった。

### ・排煙窓の日常換気利用における法令上の問題点

建築基準法において、排煙口は機械排煙口と排煙窓等の自然排煙口の2種類あるが、排煙口の構造を規定する条文上ではその区別がされておらず、法解釈の補足資料として利用される「建築設備設計・施工上の運用指針 2019 年度版[02]」において「常時閉鎖」という文言がある。そのため、排煙窓の日常換気利用は出来ないものと解釈されることがある。一方で、同種の別の資料「新・排煙設備技術指針 1987 年度版[03]」においては、自然排煙口の日常換気利用の実態について記述がある。したがって、自治体関係部署によっては使用不可とする場合と不明瞭な見解しか出さない場合があることが確認された。

表 0-1 各関係者に対するヒアリング結果

保育者	<ul style="list-style-type: none"> <li>■網戸は必須である</li> <li>■保育士に負担にならないスムーズかつ容易な操作手順が良い</li> <li>■壊れにくい簡単な操作であって欲しい</li> </ul>
所有者・ビル管理会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>■現状、排煙窓の非常時以外の使用の禁止(理由：壊れやすい)</li> <li>■共用部への改修工事は所有者(A市公園緑地課)の許可が必要</li> <li>■上記の工事をする場合は原状回復や保守管理等の協議が必要</li> <li>■専有部への改修工事は自由</li> </ul>
オペレーターメーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>■半開状態にするためには手間がかかるものがある</li> <li>■電動には非常用電源が必要である</li> <li>■手動タイプには閉める時の操作が困難なものがある</li> </ul>
行政(2自治体)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■法令の条文上では排煙口の日常の換気利用は不可</li> <li>■自然排煙口の日常換気利用の実態もある</li> </ul>

### ③実測調査による開口部改修の効果検証

#### 【調査方法】

開口部の改修工事による室内空気環境の改善効果を検証するために、実測調査を複数回実施した。これは開口部の改修工事が複数回に分かれて実施されたため、その都度効果検証を行った次第である（図 0-1 参照）。1 回目と 2 回目の調査では、玄関上部に設けた欄間窓による改善効果を確認した。3 回目は、欄間窓に加えて、2 歳児エリアの排煙窓を開放した際の効果を検証した（5 分程度）。それぞれの調査時期は以下の通りである。測定項目は、温湿度及び CO<sub>2</sub> 濃度であり、いずれの測定も 2 章 2 節 1 項に示した同一の測定手法を用いているため、測定方法については割愛する。

（1 回目）欄間窓の効果検証 2022 年 1 月 11 日～31 日（21 日間）

（2 回目）欄間窓の効果検証 2022 年 9 月 7～8 日（2 日間）

（3 回目）排煙窓・欄間窓の効果検証 2023 年 8 月 3～4 日（2 日間）

#### 【調査結果】

（1 回目）⇒ 5 章 4 節の通りである

（2、3 回目）⇒ 図 0-2 に示すように、改修前と比べて CO<sub>2</sub> 濃度が減少し、改善されていることが窺える（1000ppm 以下）。しかし、排煙窓は北向きに設置されており、北風が主となる冬季の方が効果を見込めると考えられる。この排煙窓の効果検証は、現在も引き続き検証中のため、詳細は割愛する。

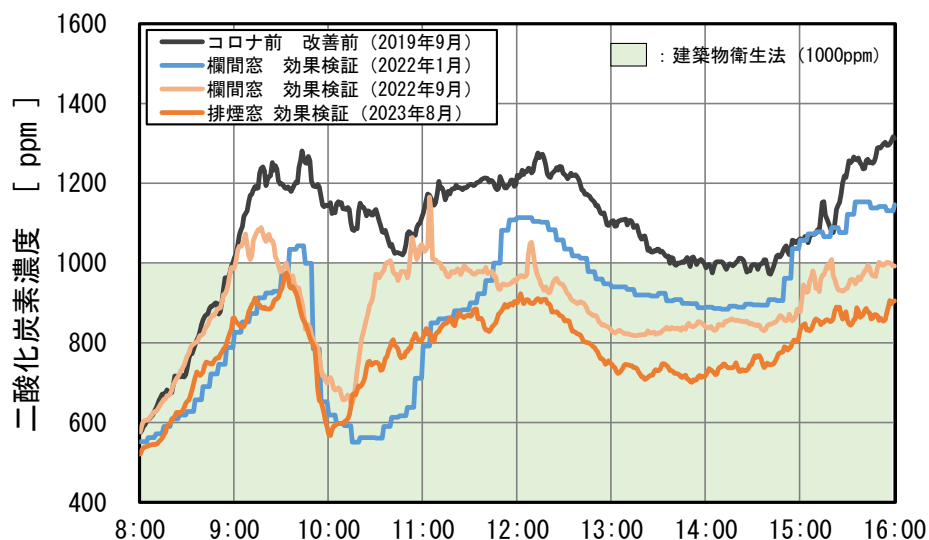


図 0-2 改修前後の CO<sub>2</sub> 濃度変化（2 歳児エリア）

参考文献 ー付録Oー

- [01] 横浜国立大学地域連携推進機構：ネクスト・アーバン・ラボの活動 14 子どもの成育環境デザイン, <https://www.chiiki.ynu.ac.jp/nexturbanlab/000128.html> (最終閲覧日：2023. 12. 18)
- [02] 日本行政会議編：建築設備設計・施工上の運用指針 2019 年度版, p. 106, 2019
- [03] (一財)日本建築センター出版部：新・排煙設備技術指針 1987 年度版, p. 44, 1987

## 研 究 業 績 一 覧

## 【1】査読付論文（博士論文に関わる研究成果）

- ・ 種市慎也, 田中稲子, 宮島光希, 松橋圭子: 中間季の換気行為に着目した都市部の保育施設における換気に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol.88, No.806, pp.288-299, 2023
- ・ Taneichi, S., Tanaka, I.: Study on ventilation issues in urban nursery facilities: Long-term field survey in Yokohama, Japan, E3S Web of Conferences, Vol.396, pp.1-7, 2023
- ・ 種市慎也, 胡怡賢, 大西達也, 田中稲子: コロナ禍の換気を考慮した夏季の保育室環境と幼児・保育者の生理反応に関する研究, 人間と生活環境 (再査読中)

## 【2】査読付原著論文（参考論文）

- ・ 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也: 都市部の保育施設の建築的特徴が保育者の窓開け行為と室内外環境評価に及ぼす影響に関する研究, 人間と生活環境, Vol. 27, No. 2, pp. 85-93, 2020
- ・ 種市慎也, 青木哲, 須藤美音, 水谷章夫: 幼稚園・保育所等におけるインフルエンザ対策の室内温湿度環境への影響(その1) 南東北地方の施設を対象としたアンケート調査と冬季実測調査を用いた検討, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 86, No. 779, pp. 59-67, 2021

## 【3】その他論文

- ・ 種市慎也, 青木哲, 須藤美音: 東北地方の幼稚園・保育所における冬季の室内環境と感染症予防-その2 南東北地方における室内温湿度環境とインフルエンザ感染の実態把握-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 43-44, 2019
- ・ 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也: 都市部の保育施設における空気環境の管理と保育者の意識 -横浜市の保育施設を対象としたアンケート調査に基づいて-, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 43, pp. 123-126, 2019
- ・ 種市慎也, 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子: 中間季の都市部における保育施設の温湿度環境及び空気質の実態把握, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp. 93-96, 2020

- ・宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 種市慎也, 張晴原: 都市部の保育室内における保育従事者の換気行動に関するアンケート調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 681-682, 2020
- ・種市慎也, 宮島光希, 田中稲子, 松橋圭子, 張晴原: 都市型保育施設の室内環境調整別における温湿度環境及び空気環境の実態把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 683-684, 2020
- ・種市慎也, 田中稲子, 松橋圭子, 宮島光希: 中間季の保育施設における換気の実態と室内環境に及ぼす影響 -横浜市の実測調査とアンケート調査に基づいて-, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 44, pp. 85-88, 2020
- ・種市慎也, 田中稲子, 張晴原: 換気量の推定に基づく都市部の保育施設の空気環境に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1385-1386, 2021
- ・種市慎也, 田中稲子: ワンルーム型保育施設の気流解析に基づく換気性状の把握, ことも環境学研究, p. 58, 2021
- ・田中稲子, 種市慎也: 保育施設の空気環境の保全と音環境の課題, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会, pp. 105-106, 2021
- ・種市慎也, 田中稲子: 気流解析による保育施設の環境調整条件の影響に関する研究 -ワンルーム型の施設におけるケーススタディ-, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp. 141-142, 2021
- ・小西恵, 田中稲子, 種市慎也, 船場ひさお, 村上美奈子: 都市部に開設する複合型保育施設の換気量改善に関する研究 その1 ヒアリング調査に基づく開口部改修の課題整理, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1397-1398, 2022
- ・胡怡賢, 種市慎也, 田中稲子, 小西恵: 都市部に開設する複合型保育施設の換気量改善に関する研究 その2 冬季の駅ビル内保育施設を対象とした開口部改修後の室内空気環境の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1399-1400, 2022
- ・種市慎也, 胡怡賢, 田中稲子, 小西恵: 都市部に開設する複合型保育施設の換気量改善に関する研究 その3 冬季の換気量推定に基づく開口部改修の効果検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1401-1402, 2022
- ・松橋圭子, 種市慎也: 保育施設の空気改善に向けた取り組み事例, 渋谷福祉学会第5回大会(渋谷区共催), p. 11, 2022
- ・大西達也, 種市慎也, 胡怡賢, 田中稲子: 夏季のワンルーム型保育施設における居住域の温熱・空気環境の実態, 日本建築学会関東支部研究報告集Ⅱ, pp. 131-132, 2023

- ・ 胡怡賢, 種市慎也, 大西達也, 田中稲子: ワンルーム型の保育施設を対象とした保育者の歌唱時における COVID-19 の感染確率と換気量の関係, 第 31 回 日本臨床環境医学会学術集会, p. 69, 2023 ※ 奨励賞 受賞
- ・ 小西恵, 種市慎也, 田中稲子: 複合型保育施設における換気量改善のための開口部改修工事に関わる課題整理と効果検証, こども環境学研究, p. 87, 2023
- ・ 大西達也, 種市慎也, 胡怡賢, 田中稲子: ワンルーム型保育施設の室内空気環境と家具配置に関する気流解析, こども環境学研究, p. 88, 2023
- ・ 種市慎也, 胡怡賢, 大西達也, 田中稲子: コロナ禍の夏季における保育施設の空気環境及び保育者の換気行為の変化, こども環境学研究, p. 83, 2023
- ・ 種市慎也, 胡怡賢, 大西達也, 田中稲子: 横浜市の保育施設における夏季の室内空気環境と幼児・保育者の生理反応に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 629-630, 2023
- ・ 大西達也, 種市慎也, 胡怡賢, 田中稲子: コロナ禍の夏季のワンルーム型保育施設における居住域の温熱・空気環境の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1059-1060, 2023
- ・ 胡怡賢, 種市慎也, 大西達也, 田中稲子, 張晴原: ワンルーム型保育施設の気流解析による COVID-19 の感染確率に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1465-1466, 2023
- ・ 黒田涼太, 種市慎也, 田中稲子: 代謝量変動時の成人女性の温熱快適性に関する被験者実験—未就学児との室内遊びを想定して—, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp. 23-24, 2023

#### 【4】外部資金獲得（博士論文に関わるもの）

- ・ 公益財団法人日本科学協会: 2022 年度笹川科学研究助成（研究代表者: 種市慎也）
- ・ 公益社団法人大林財団: 2021 年度奨励研究助成（研究代表者: 種市慎也）

#### 【5】受賞歴等

- ・ 日本建築学会大会（北陸）学術講演会 環境工学委員会 若手優秀発表賞, 2019
- ・ 横浜国立大学大学院都市イノベーション学府 都市イノベーション学府学生表彰, 2020
- ・ 人間-生活環境系学会 人間-生活環境系学会大会発表賞, 2020
- ・ 横浜国立大学大学院 学業成績優秀者表彰, 2021

- ・日本建築学会 2021 年日本建築学会優秀修士論文賞, 2021
- ・(共著) 人間-生活環境系学会 奨励賞, 2021
- ・(共著) 日本臨床環境医学会 第 31 回日本臨床環境医学会学術集会 奨励賞, 2023
- ・(参考) 本庄国際奨学財団 25 期奨学生(2021. 4-2024. 3)

## 【6】社会的成果

- ・種市慎也：都市部の保育施設が抱える換気の問題点と改善対策事例，ADC2 周年記念講演 公開オンラインセミナー，2022  
(概要) 保育施設の関係者や建築設計技術者、行政等へ向けたオンラインセミナーの講師
- ・横浜国立大学 Next Urban Lab「子どもの成育環境デザイン」プロジェクト  
(内容) 横浜都心部の保育施設を主なフィールドとして、地域の子どもの健全な成長・発達を促すための建築・都市の空間計画のあり方や支援方策を、設計士らと共同して、科学的かつ実践的に考究することを目的とした地域課題解決プロジェクト
- (成果①) 横浜市の Ya 施設を対象に実測調査・気流解析を行い、都市部の保育施設が抱える換気の問題点を明らかにし、ハード・ソフトの両方から問題解決に取り組んだ。
- (成果②) 継続的に取り組んできた成果①を取りまとめ、国交省のコンタクトポイントに申請し、今年 6 月に「排煙窓を日常的な換気目的で開放することに問題ない」との回答を得ることが出来た※。

※ 成果②は、日本建築行政会議「令和 4 年度『建築物の防火避難規定の解説 2016 (第 2 版)』アフターフォロー質問と回答 No. 2」に記載

- ・種市慎也：窓を見直す改修とその効果～横浜市の保育園を対象として～，子ども成育環境デザインセミナー，2023  
(概要) 保育施設の関係者や建築設計技術者、行政等へ向けた調査報告の実施とアフターコロナの保育施設の環境づくりに関するディスカッションの実施