

弘前大学大学院地域社会研究科

学位論文

寒冷地における学校の温熱・空気環境に関する研究

2020 年 3 月

弘前大学大学院地域社会研究科地域社会専攻

16GR107

森 菜穂子

# 目 次

|   |     |
|---|-----|
| 序 章 研究の背景と目的  |     |
| 第 1 節 本研究の背景  | 1   |
| 第 2 節 本研究の目的  | 3   |
| 第 3 節 本論文の構成  | 4   |
| 文献  | 5   |
| 第 1 章 学校環境衛生活動と教室の温熱・空気環境の諸問題   |     |
| 第 1 節 学校環境衛生活動の法的根拠と室内空気環境の基準   | 7   |
| 第 2 節 温熱・空気環境に関する既往研究と諸問題   | 18  |
| 第 3 節 寒冷地における学校の温熱・空気環境課題   | 23  |
| 文献  | 25  |
| 第 2 章 温熱・空気環境計測システムの開発  |     |
| 第 1 節 開発の経緯   | 29  |
| 第 2 節 暑さ指数・CO <sub>2</sub> モニタリングシステムの開発                                  | 31  |
| 第 3 節 室内マルチポイント同期計測システムの開発  | 50  |
| 文献  | 64  |
| 第 3 章 寒冷地における教室の温熱・空気環境   |     |
| 第 1 節 暑さ指数モニタリングシステムによる夏季教室の温熱環境の評価                                       | 66  |
| 第 2 節 教室の温度・相対湿度・暑さ指数ならびに二酸化炭素濃度の経時的変化<br>ー寒冷地の中学校における夏季の温熱・空気環境の実測調査ー    | 76  |
| 第 3 節 教室の温度・相対湿度・二酸化炭素濃度の経時的変化と換気方法の検討<br>ー寒冷地の中学校における冬季暖房時の温熱・空気環境の実測調査ー | 91  |
| 文献  | 107 |
| 第 4 章 教育活動における温熱・空気環境計測システムの活用  |     |
| 第 1 節 学校の暑熱環境と熱中症の発生に関する実態調査  | 109 |
| 第 2 節 熱中症予防のための暑さ指数モニタリングシステムの活用と<br>校種別ガイドラインの提案                         | 124 |
| 第 3 節 中学校保健体育における「空気の衛生的管理」の授業実践  | 143 |
| 文献  | 163 |
| 終 章 研究のまとめと今後の課題  |     |
| 第 1 節 本研究のまとめ   | 165 |
| 第 2 節 本研究の限界と今後の課題  | 167 |
| あとがき  | 169 |

## 序 章 研究の背景と目的

### 第 1 節 研究の背景

近年の地球温暖化による気候変動は、我が国の子どもを取り巻く環境にも大きな影響を及ぼしている。

夏季は暑熱環境が悪化することから、熱中症に関する情報が連日のように報道されている。これに対し環境省は「環境省熱中症予防情報サイト」<sup>1)</sup> から、熱中症についての基礎知識や全国各地の暑さ指数（WBGT）の速報値を情報発信し、注意を促している。日本気象協会（2018）の「熱中症に関する意識調査」<sup>2)</sup> によると、熱中症に対する認知度や危機感の高まりは全世代で増加しており、国民の関心や意識の向上がうかがえる。その一方で総務省（2018）によると、熱中症による全国の救急搬送件数や死亡件数は年々増加傾向にある<sup>3)</sup>。学校管理下の発生件数も急増し、日本スポーツ振興センターの災害給付状況による全国の小・中学校や高等学校の熱中症発生件数は例年 4000 件台を推移していたが、2018 年度は合計で 7000 件を超えた<sup>4)</sup>。これは、医療機関を受診し、日本スポーツ振興センターから医療費が支給された件数であり、計上されない軽微なものを含むと、学校管理下における熱中症の発生は相当件数に上ることが予想され、学校の暑熱環境は、児童生徒等の健康や生命を脅かす状況になっていることが考えられる。

これに対し、学校における空調設備（以下、冷房）の整備が進んでいる。文部科学省（2019）によると、2019 年 9 月 1 日現在の公立小中学校等の普通教室の冷房設置率は 78.4%（前年 60.2%）と確実に増加しており<sup>5)</sup>、今後も我が国の政策（総務省 2018）<sup>6)</sup> によりさらに急増することが考えられる（第 2 章第 3 節図 2.8 参照）。しかし、冷房設備には通常換気設備が伴わないため、冷房使用時に教室を閉めきると空気環境の悪化が懸念される。空気汚染は知覚しづらく、指標である二酸化炭素（以下、CO<sub>2</sub>）は温湿度計のように簡単に数値を把握できないため、教員も児童生徒も空気環境の悪化に気づきにくい。全国的に教室の温熱環境評価や空気環境評価が行われ、冷房使用時の教室環境問題が浮き彫りになっており、環境調節の重要性が報告されている<sup>7)</sup>。

学校の温熱・空気環境の問題は夏季にとどまらない。これまでも学校では冬季の教室環境が大きな課題とされていた。著者は、養護教諭として青森県内の中学校に勤務し、学校環境衛生活動に従事してきたが、温度や相対湿度、飲料水、照度、ダニアレルゲン等、多くの検査項目が毎年適正であるにもかかわらず、冬季に行われる教室の空気検査では CO<sub>2</sub> 濃度が基準値を超過し不適合となるが多かった。その都度学校薬剤師の指導を受け、教員や生徒に換気の重要性を伝え、教室環境に応じた換気方法を指導するものの、暖房時は積極的に換気されることは少ない。特にインフルエンザ流行時は、教員は生徒の健康管理として温湿度を保つことを優先させ、外気のみならず、廊下からも冷気が入らないよう出入口や欄間を閉じる傾向がある。しかしこのこ

とが教室の空気汚染を助長し、感染症が蔓延しやすい状況になったことが考えられる。今後は夏季冷房時も換気不足による空気汚染が起こる可能性がある。

近年の研究では、CO<sub>2</sub>濃度の上昇が子どもの健康への影響だけでなく、学習効率に与える影響も明らかになってきている<sup>8-11)</sup>。今後は、教室のCO<sub>2</sub>濃度も日常的に管理するなど、児童生徒の健康の保持だけでなく、学習効率を考慮した温熱・空気環境の掌握と冷暖房設備や換気設備による適切な調整が必要であると考ええる。

## 第2節 本研究の目的

学校生活の大半を過ごす教室の温熱・空気環境が児童生徒等の健康面や学習面に及ぼす影響は、少なくないといえる。特に温度や相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度は、季節や天候、冷暖房の使用や換気の有無などによって変化することから、快適な学習環境を保つためには常に注意を払う必要がある。しかしこれまで、教室のCO<sub>2</sub>濃度を簡便に把握することは困難であった。さらに、近年の熱中症対策の必要性から、暑さ指数に関しては無線計測システムがすでに開発されているが<sup>12)</sup>、機器の大きさやコスト面から用途は主に労働作業現場であり、学校現場では実用的ではなかった。今後は、教室内のCO<sub>2</sub>濃度と校舎内外の暑さ指数の両方を一元管理できるシステムが多くの学校で必要とされることが考えられる。

寒冷地の学校ではこれまで、冬季の暖房使用時における教室内の温度差や換気不足による空気環境の悪化が環境衛生上の問題であったが<sup>13-16)</sup>、今後は熱中症対策の必要性から教室への冷房設置が急速に進むことが予想され、温熱・空気環境の悪化が季節を問わず懸念される。

そこで、身の回りの温熱・空気環境を掌握し、これらを良好に保つことは、夏季の熱中症予防や冬季の感染症予防等の健康面において得られる効果が大きいだけでなく、学習意欲や学習効率の向上等、心理面や学習面への効果も期待できる。

さらに、学習環境を効率良く、効果的にコントロールするためには、学校環境衛生活動を通して、教員や児童生徒が活動場所の温熱・空気環境を正しく把握するとともに、身の回りの環境に対する意識や良好に維持しようとする意欲を高め、行動化を図る必要がある。これまでは出来なかった暑さ指数やCO<sub>2</sub>濃度の変化を可視化できれば、教育活動への活用も可能となり、児童生徒に対しても身の回りの環境を衛生的に管理することの重要性に気づかせるための有効な手立てとなり、教育的効果も期待できる。

以上のことから本研究では、校舎内外複数地点で定点観測できる「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」と教室内複数箇所で連続計測できる「室内マルチポイント同期計測システム」を開発し、有用性を検討することと、この2つの温熱・空気環境計測システムを様々な調査や教育活動に活用することで、寒冷地における学校の温熱・空気環境の実態を明らかにするとともに、熱中症対策や保健学習における有効性を検討し、学校環境衛生活動を生かした新しい健康教育の授業モデルを提案することを目的とする。

このようなシステムの開発と教育活動への活用はこれまでになく、新しい取組であるとともに様々な学校現場での応用可能性を持つものとする。

### 第 3 節 本論文の構成

第 1 章「学校環境衛生と教室の温熱・空気環境の諸問題」では、学校環境衛生の法的根拠である学校保健安全法や建築物衛生法で規定された環境衛生基準および諸外国のガイドラインや空気環境基準の根拠となる人体への影響について整理する。また、国内外の既往研究から教室の温熱・空気環境の季節性や地域性に関する諸問題を概観する。さらに、東北地方 H 市の行政情報から教室の温熱・空気環境の実態を明らかにし、寒冷地の課題を明確にする。

第 2 章「温熱・空気環境システムの開発」では、校舎内外複数地点の暑さ指数 (WBGT) や空気汚染の指標である CO<sub>2</sub>濃度を Web 上で定点観測するための「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」と教室の温熱・空気環境の変化や分布を詳細に把握するための「室内マルチポイント同期計測システム」の開発を行い、学校環境衛生活動における有用性について述べる。

第 3 章「寒冷地における学校の温熱・空気環境」では、開発した温熱・空気環境計測システムを用いて、中学校教室の夏季の実測調査を行い、温湿度や暑さ指数、CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化や教室の位置による差について考察する。さらに、機械換気設備のない中学校教室で冬季の実測調査を行い、教室の温度と CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化から暖房使用時の換気方法について検討する。

第 4 章「教育活動における温熱・空気環境システムの活用」では、寒冷地の学校の運動施設や教室の暑熱環境と熱中症の発生状況を明らかにし、校種別に養護教諭が中心となって行った熱中症対策について考察する。また、システムを活用した中学校保健体育の授業実践により、学習教材としての有効性を明らかにする。

終章では、本研究のまとめを行い、研究成果を寒冷地の学校の温熱・空気環境として一般化するための課題について述べるとともに、児童生徒が暑熱環境や空気環境を良好に保つために主体的に行動できることを目指し、本研究で開発したシステムの改善点について検討する。さらに、学校環境衛生活動の充実を目指し、学校薬剤師と学校、家庭及び関係機関との連携のあり方について述べる。

## 文献

- 1) 環境省：熱中症予防情報サイト, <http://www.wbgt.env.go.jp/> (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 2) 日本気象協会：日本気象協会推進「熱中症ゼロへ」プロジェクト発表, 第 6 回「熱中症に関する意識調査」結果, 2018  
<https://www.jwa.or.jp/news/2018/11/4400/> (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 3) 総務省報道資料：熱中症による救急搬送状況（平成 30 年） 「都道府県別救急搬送人員数（昨年比）」熱中症による救急搬送状況（平成 24 年～30 年） 「救急搬送人員数及び死亡者数（年別推移）」,  
[https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/item/heatstroke003\\_houdou01.pdf](https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/item/heatstroke003_houdou01.pdf) (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 4) 文部科学省：学校の管理下における熱中症の発生状況,  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kenko/anzen/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417343\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/__icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417343_01.pdf) (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 5) 文部科学省：報道発表「公立学校施設の空調（冷房）設備の設置状況について」令和元年 9 月 19 日.  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/31/09/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/09/19/1421285\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/31/09/__icsFiles/afieldfile/2019/09/19/1421285_1.pdf) (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 6) 総務省：報道資料「平成 30 年度補正予算（第 1 号）に伴う対応等」平成 30 年 10 月 15 日. [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000579146.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000579146.pdf) (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 7) 文部科学省：報告書「これからの小・中学校施設の在り方について」.  
[http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/shingi/toushin/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/22/1414563\\_001.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afieldfile/2019/03/22/1414563_001.pdf) (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 8) Walgoeki, P, Wyon, D. P, Matysiak, B, and Irgens, S: The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children. Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Indoor Air Vol. 1, 368-372, 2005
- 9) Walgoeki, P, and Wyon, D. P: Effects of HVAC On Student Performance. ASHRAE Journal Vol. 48, 23-28, 2006
- 10) BakóBiró, Zs. Clements-Croome, D. J. Kochhara, N. Awbia, H. B. Williams, M. J. : Ventilation rates in schools and pupil's performance. Building and Environment 48, 1-9, 2011
- 11) D.A. Krawczyk, A. Rodero, K. Gładyszewska-Fiedoruk, A. Gajewska : Ventilation Rates in Schools and Learning Performance. Energy and Buildings 129, 491-498, 2016
- 12) 本間郁男：WBGT(暑さ指数)無線計測システムによる熱中症予防対策. 建設の施行



企画, 39-43, 2010

- 13) 吉野博, 石川善美: 宮城県の小学校における暖房時の教室の温熱空気環境に関する実態調査. 空気調和・衛生工学会学術論文集, 169-172, 1986
- 14) 澤田紘次: 寒冷地における小学校の暖房設備に関する研究ー青森県における小学校の暖房設備の現状について 1ー. 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 213-216, 1995
- 15) 澤田紘次: 寒冷地における小学校の暖房設備に関する研究 2ー青森県における小学校の暖房時の室内環境に関するアンケート調査ー. 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 337-380, 1996
- 16) 木村彰孝, 小林大介, 佐々木靖, 他: 寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性 (第 1 報)ー冬期の小学校教室における温熱環境と子どもによる全身温冷



## 第1章 学校環境衛生活動と教室の温熱・空気環境の諸問題

### 第1節 学校環境衛生活動の法的根拠と室内空気環境の基準

#### 1. 学校保健安全法と学校環境衛生基準制定の変遷

学校環境衛生に関する内容が最初に盛り込まれたのは、1958（昭和33）年に施行された「学校保健法（昭和33法律第56号）」であり、第3条に「学校においては、換気、採光、照明及び保温を適切に行い、清潔を保つ等環境衛生の維持に努め、必要に応じてその改善を図らなければならない」と明記された。

1964（昭和39）年6月の保健体育審議会答申では、学校における環境衛生の整備を図るため「学校環境衛生の基準」がガイドラインとして示され、その後、1992（平成4）年6月には新たな知見等を踏まえて全面改訂された（平成4年文部省体育局長裁定）。さらに2008（平成20）年1月の中央教育審議会答申では、「学校において『学校環境衛生の基準』に基づいた定期検査は必ずしも完全に実施されていない状況があり、子供の適切な学習環境の確保を図るためには、定期検査の実施と検査結果に基づいた維持管理や改善が求められている。（中略）現在ガイドラインとして示されている『学校環境衛生の基準』の位置付けをより一層明確にするために法制度の整備を検討する必要がある。」と提言された。この答申等を踏まえ、2008（平成20）年6月に「学校保健法」が「学校保健安全法」に改正された際に、第6条第1項に、文部科学大臣が学校における環境衛生に係る事項について望ましい基準を定めることが規定され、「学校環境衛生基準」の法的位置づけが明確となった。この規定に基づき、これまでの「学校衛生の基準」の内容が再検討され「学校環境衛生基準（平成21年文部科学省告示第60号）」が策定された。

現行の「学校環境衛生基準（平成30年文部科学省告示第60号）」は、学校保健安全法附則第2条の規定に基づいて、環境衛生に関する新たな知見や児童生徒等の学習環境等の変化を踏まえて検討が行われ一部改正し2018（平成30）年4月1日施行されたものである<sup>1)</sup>。

#### 1.1 学校環境衛生基準

すべての学校には、学校保健安全法により定められた「学校環境衛生基準」が適用され、専修学校及び幼保連携型認定こども園にも準用される。この基準のうち、「教室の空気（換気及び保温等）」に関する基準を表1.1に示した。

教室の空気に関する検査は、毎学年2回定期的に行うものとされ、換気及び保温等の項目の基準に照らし合わせている。換気の基準として二酸化炭素濃度（以下、CO<sub>2</sub>濃度）は1500ppm以下であること、温度は17℃以上、28℃以下であること、相対湿度（以下、湿度）は30%以上、80%以下であることが望ましいとされている。

2018年度の改正にあたり、望ましい温度の基準は「10℃以上、30℃以下」から「17℃

以上，28℃以下」に変更された。この変更は，これまで「最も学習に望ましい条件」として「冬期は18～20℃，夏期は25～28℃程度であること」と示してきたことや「建築物環境衛生管理基準」において，居室の温度を「17℃以上 28℃以下（空気調和設備設置時）」と規定されていること等を踏まえ，健康を保護し，かつ快適に学習する上で維持されることを考慮したものである<sup>2)</sup>。

一方で望ましいCO<sub>2</sub>濃度の基準はこれまでと同様に「1500ppm 以下」である。学校環境衛生管理マニュアル（文部科学省 2018）によるとこの基準は，「二酸化炭素の人体に対する直接的な健康影響から定めたものではなく，在室する児童生徒等の呼吸等によって，教室の二酸化炭素の量が増加すると同時に他の汚染物質も増加することが考えられるため」<sup>2)</sup>としているが値の根拠については記載がなかった。

なお，学校環境衛生基準の運用にあたり判定基準において「～であること」とされている検査項目は児童生徒への健康への影響が大きいと考えられるもので「守られるべき値」であり，「～であることが望ましい」とされている検査項目は周囲の環境等に影響されやすい数値であるなどの理由により，「概ねその基準を遵守すること」が望ましいとされている<sup>2)</sup>。

表 1.1 教室の空気に関する基準（学校環境衛生基準 2018 年 4 月 1 日施行）

| 検査項目           |  | 基準  |
|----------------|--|---|
| 教室の空気（換気及び保温等） | 1. 換気  | 二酸化炭素は、1500ppm 以下であることが望ましい。  |
|                | 2. 温度  | 17℃以上、28℃以下であることが望ましい。  |
|                | 3. 相対湿度  | 30%以上、80%以下であることが望ましい。  |
|                | 4. 浮遊粉じん   | 0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。   |
|                | 5. 気流  | 0.5 m/秒以下であることが望ましい。  |
|                | 6. 一酸化炭素   | 10 ppm 以下であること。   |
|                | 7. 二酸化窒素   | 0.06 ppm 以下であることが望ましい。  |
|                | 8. 揮発性有機化合物<br>ホルムアルデヒド<br>トルエン<br>キシレン<br>パラジクロロベンゼン<br>エチルベンゼン<br>スチレン | 100 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。<br>260 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。<br>870 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。<br>240 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。<br>3800 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。<br>220 µg/m <sup>3</sup> であること。 |
|                | 9. ダニ又はダニアレルゲン   | 100 匹/m <sup>2</sup> 以下又はこれと同等のアレルゲン量以下であること。   |

注）学校環境衛生マニュアル（文部科学省 2018）<sup>2)</sup>より引用

## 2. 建築物衛生法と建築物環境衛生管理基準

学校を含む建築物全般に対する温熱・空気環境に関する基準は、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（昭和45年法律第20号）」に基づく「建築物環境衛生管理基準」に規定されている。

### 建築物衛生法

（定義）

第二条 この法律において「特定建築物」とは、興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、共同住宅等の用に供される相当程度の規模を有する建築物（建築基準法（昭和二十五年法律第 二百一号）第二条第一号に掲げる建築物をいう。以下同じ。）で、多数の者が使用し、又は 利用し、かつ、その維持管理について環境衛生上特に配慮が必要なものとして政令で定めるものをいう。

2 前項の政令においては、建築物の用途、延べ面積等により特定建築物を定めるものとする。

（建築物環境衛生管理基準）

第四条 特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものは、政令で定める基準（以下「建築物環境衛生管理基準」という。）に従って当該特定建築物の維持管理をしなければならない。

2 建築物環境衛生管理基準は、空気環境の調整、給水及び排水の管理、清掃、ねずみ、昆虫 等の防除その他環境衛生上良好な状態を維持するのに必要な措置について定めるものとする。

3 特定建築物以外の建築物で多数の者が使用し、又は利用するものの所有者、占有者その他の者で当該建築物の維持管理について権原を有するものは、建築物環境衛生管理基準に従って当該建築物の維持管理をするように努めなければならない。

なお、シックハウス（シックスクール）対策として化学物質を発散する建材の使用制限と化学物質を排出するための換気設備の設置が義務付けられたのは、2003年の改正建築基準法（平成15年7月1日施行）によるものであり、これ以降、新築または改築された学校の教室には機械換気設備が設置されている<sup>2)</sup>。

### 2.1 環境衛生管理基準

「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（略称：建築物衛生法）」は、多数の者が使用し、又は利用する建築物の維持管理に関し環境衛生上必要な事項等を定めることにより、その建築物における衛生的な環境の確保を図り、もって公衆衛生の向上及び増進に資することを目的（法第1条）としている。環境衛生上必要な事項等に関しては、同法施行令において「建築物環境衛生管理基準」が定められている。

学校教育法第1条に規定する学校である幼稚園、小学校、中学校、義務教育学校、高等学校、中等教育学校、特別支援学校、大学及び高等専門学校のうち、1棟あたり

の延べ面積が 8000 m<sup>2</sup>以上の校舎の場合は、「建築物衛生法」に規定する特定建築物（法第2条）となり，同法施行令に定められた「建築物環境衛生管理基準」に従わなければならない<sup>1)</sup>。学校の空気環境に関する2つの環境衛生基準の比較を表1.2に示した。

特定建築物の空気環境に係る基準のうち，二酸化炭素含有率は 1000ppm 以下，温度は 17℃以上 28℃以下，相対湿度は 40%以上 70%以下とされている。特定建築物の空気に関する検査は 2 か月以内ごとに 1 回，定期的に測定することになっている。

一方で，教室の空気に関する学校環境衛生検査は，毎学年 2 回定期的に行うものとされ，換気及び保温等の項目の基準に照らし合わせているが，同じ項目については厳しい方の基準を遵守することになっている（図 1.1）。

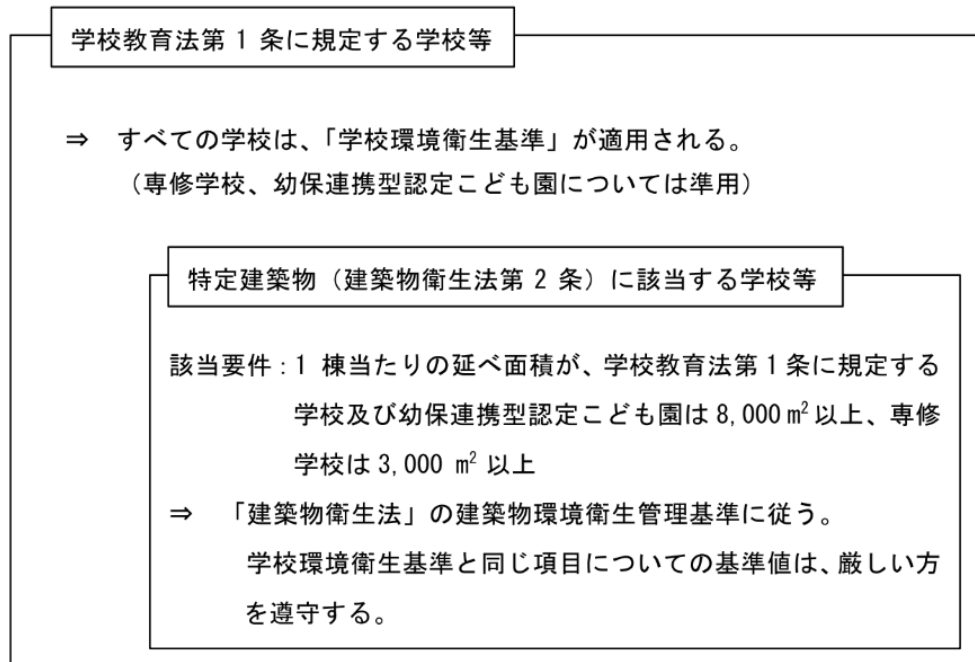


図 1.1 学校環境衛生基準と建築物衛生管理基準の関係

注) 学校環境衛生マニュアル（文部科学省 2018）<sup>1)</sup>より引用

表 1.2 建築物環境衛生基準と学校環境衛生基準の比較

| 検査項目         | 建築物環境衛生管理基準中   | 学校環境衛生基準  |
|--------------|--|---|
| 1.浮遊粉塵の量     | 空気 1 m <sup>3</sup> につき 0.15 mg 以下   | 0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であること。                   |
| 2.一酸化炭素の含有率  | 100 万分の 10 以下<br>(10ppm 以下)  | 10ppm 以下であること。                                    |
| 3.二酸化炭素の含有率  | 100 万分の 1000 以下<br>(1000ppm 以下)  | 1,500ppm 以下であることが望ましい。                            |
| 4.温度         | (1)17℃以上 28℃以下<br><br>(2)居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。(空気調和設備 <sup>a</sup> を設けている場合) | 17℃以上,28℃以下であることが望ましい。                            |
| 5.相対湿度       | 40%以上 70%以下<br>(空気調和設備を設けている場合)  | 30%以上, 80%以下であることが望ましい。                           |
| 6.気流         | 1 秒間につき 0.5m 以下<br>(0.5m/秒以下)  | 0.5m/秒以下であることが望ましい。                               |
| 7.ホルムアルデヒドの量 | 空気 1 m <sup>3</sup> につき 0.1 mg 以下<br>(100 µg/m <sup>3</sup> 以下)                              | 100 µg/m <sup>3</sup> 以下であること。                    |
| 備考           | (注)機械換気設備 <sup>b</sup> については、4・5 の基準は適用されない。1～6 については、2 か月以内ごとに 1 回、定期的に測定すること。              | 毎学年 2 回定期に行うが、どの時期が適切かは地域の特性を考慮した上、学校で計画立案し、実施する。 |

注) 学校環境衛生マニュアル (文部科学省 2018) <sup>1)</sup>より引用, 一部改編

<sup>a</sup> 空気調和設備は、エアフィルタ等を用いて外から取り入れた空気等を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給 (排出) をすることができる機器及び附属設備の総体。一般に空調設備ともいう。

<sup>b</sup> 機械換気設備は、給気機と排気機を使って強制的に換気を行う設備。換気扇やセントラル換気システムがある。



### 3. 学校環境衛生活動における学校と学校薬剤師の役割

学校環境衛生活動は児童生徒及び職員の心身の健康の保持増進を目指し、学校薬剤師の指導及び助言の下、学校全体で適切な環境の維持に取り組んでいかなければならない。学校保健安全法では、学校環境衛生活動における国・地方公共団体、学校の設置者、学校または校長の責務が定められている（法第3・4・6条）。国（文部科学大臣）は「学校環境衛生基準の策定」、学校の設置者は「設置する学校の適切な環境維持」、学校は「学校環境衛生検査の計画及び実施」、校長は「適正を欠く事項があると認めた場合、その改善のために必要な措置」が責務であることが示されている。

#### 学校保健安全法

##### 【国・地方公共団体の責務】

第三条 国及び地方公共団体は、相互に連携を図り、各学校において保健及び安全に係る取組が確実かつ効果的に実施されるようにするため、学校における保健及び安全に関する最新の知見及び事例を踏まえつつ、財政上の措置その他の必要な施策を講ずるものとする。

2 国は、各学校における安全に係る取組を総合的かつ効果的に推進するため、学校安全の推進に関する計画の策定その他所要の措置を講ずるものとする。

3 地方公共団体は、国が講ずる全項の措置に準じた措置を講ずるよう努めなければならない。

第六条 文部科学大臣は、学校における換気、採光、照明、保温、清潔保持その他環境衛生に係る事項について、児童生徒等及び職員の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準（以下この条において「学校環境衛生基準」という。）を定めるものとする。

##### 【学校の設置者の責務】

第四条 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。

第六条（略）

2 学校の設置者は、学校環境衛生基準に照らしてその設置する学校の適切な環境の維持に努めなければならない。

##### 【学校または校長の責務】

第五条 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、児童生徒等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。

第六条（略）

3 校長は、学校環境衛生基準に照らし、学校の環境衛生に関し適正を欠く事項があると認めた場合には、遅滞なく、その改善のために必要な措置を講じ、又は当該措置を講ずることができないときは、当該学校の設置者に対し、その旨を申し出るものとする。



一方、学校保健安全法第23条には、「学校薬剤師の設置」について規定されており、学校保健安全法施行規則第24条には「学校薬剤師の職務」について、学校保健計画及び学校安全計画の立案、環境衛生検査従事、学校の環境衛生の維持及び改善に関する必要な指導及び助言等が規定されている。

#### 学校保健安全法

(学校医、学校歯科医及び学校薬剤師)

第二十三条 学校には、学校医を置くものとする。

2 大学以外の学校には、学校歯科医及び学校薬剤師を置くものとする。

3 学校医、学校歯科医及び学校薬剤師は、それぞれ医師、歯科医師又は薬剤師のうちから任命し、又は委託する。

4 学校医、学校歯科医及び学校薬剤師は、学校における保健管理に関する専門的事項に関し、技術及び指導に従事する。

5 学校医、学校歯科医及び学校薬剤師の職務執行の準則は、文部科学省令で定める。

#### 学校保健安全法施行規則

(学校薬剤師の職務執行の準則)

第二十四条

一 学校保健計画及び学校安全計画の立案に参加すること。

二 第一条の環境衛生検査に従事すること。

三 学校の環境衛生の維持及び改善に関し、必要な指導及び助言を行うこと。

四 法第八条の健康相談に従事すること。

五 法第九条の保健指導に従事すること。

六 学校において使用する医薬品、毒物、劇物並びに保健管理に必要な用具及び材料の管理に関し必要な指導及び助言を行い、及びこれらのものについて必要に応じ試験、検査又は鑑定を行うこと。

七 前各号に掲げるもののほか、必要に応じ、学校における保健管理に関する専門的事項に関する技術及び指導に従事すること。

#### 4. 室内空気環境基準の根拠

二酸化炭素は主に燃焼や人の代謝により発生する。大気中の CO<sub>2</sub>濃度は化石燃料の消費増大により上昇し、近年は平均値で 400ppm を超えている<sup>3)</sup>。また、人の体内の CO<sub>2</sub>濃度は肺内で 2～4% (20000～40000ppm) 程度であり、呼気中の濃度は人の活動量に比例して高くなる<sup>4)</sup>。

東(2018)によると、19 世紀以降、CO<sub>2</sub>濃度は室内における空気質の指標として利用され、日本と同様に多くの諸外国が室内濃度基準として 1000ppm を用いてきた<sup>5)</sup>。CO<sub>2</sub>濃度は、上昇するとこれに伴って空気中の揮発性有機化合物や細菌、ウイルス、浮遊粉じん、カビ等も増加することから空気汚染に対する総合的な指標とされている<sup>2)</sup>。

建築物衛生法において CO<sub>2</sub>濃度の環境衛生管理基準が 1000ppm に設定された根拠として、東は次のように「建築物環境衛生管理技術者講習会テキスト」<sup>6)</sup>の記述を挙げている。

『二酸化炭素濃度は、空気清浄度の 1 つの指標として従来より測定されており、また居室では、人の呼気、喫煙、炊事、また調理等により影響を受けやすい。二酸化炭素自体は少量であれば人体には有害ではないが、1000ppm を超えると倦怠感、耳鳴り、息苦しさ等の症状を訴えるものが多くなり、フリッカー値（フリッカー値が小さいほど疲労度が高い）の低下も著しいこと等により定められたものである。』

また、上記の設定にあたっては「WHO の報告書で指摘された二酸化炭素の判定基準<sup>c</sup>を踏まえ、1000ppm を超過した際の二酸化炭素による健康影響<sup>d</sup>を考慮し、管理基準を 1000ppm に設定したと考えられる」と述べている<sup>5)</sup>。

一方、「学校環境衛生基準」では CO<sub>2</sub>濃度に 1500ppm を用いている。

この基準値は 1964 年の学校環境衛生の基準（保健体育審議会答申）において設定されたものであり、1970 年の環境衛生管理基準の設定よりも早い段階で示されている。そのため、「もともと人体への健康影響からこの値を定めたものではなく、人の呼気量が増加すれば相関して他の汚染質も増加するであろう」という考え<sup>4)</sup>や「毒性からではなく人体から発生する体臭への指標」という見解<sup>7)</sup>もあるが、基準値の明確な根拠は確認できなかった。

限られた空間に多数の児童生徒等が長時間生活する教室において 1000ppm という設定は現実的に困難であるため 1500ppm に設定したことが考えられ、現在もなお、望ましい値として用いられている。

<sup>c</sup> Petteenkofer&Fiugge(1881)は 700～1000ppm を CO<sub>2</sub>の許容濃度とみなすと提言。WHO はこれを家庭内の空気汚染の間接的な指標と認めた。

<sup>d</sup> Eliseeva(1964)は 1000ppm の CO<sub>2</sub>の吸入実験によって呼吸、循環器系、大脳の電気活動に変化が見られたと報告した。

## 5. 諸外国における室内空気環境基準

日本及び諸外国における二酸化炭素の室内空気環境に関する基準<sup>5, 8)</sup>を表 1.3 に示した。

EU 圏では、規制あるいは目標とする値を目的別に複数のレベル分けをしており「段階制御」している点が特徴的である。ドイツでは労働環境として健康管理上 1500ppm 以下にすることが「目標」になっており、学校建築にも適用されている<sup>e</sup>。オランダでは、2011 年に改訂された建築法規により、室内 CO<sub>2</sub>濃度は 1200ppm 以下が求められ、イギリス<sup>f</sup>では、頭の位置で計測した CO<sub>2</sub>の平均濃度が授業時間中に 1500ppm を超えないことが求められている<sup>8)</sup>。

北米では、一般的な居室の温熱環境や換気基準には ASHRAE Standard<sup>g</sup>が用いられているが、学校環境については環境保護庁が Internet 上で注意喚起をするなどして維持管理している。アメリカの学校に関しては、州や学区ごとに基準が定められ、カリフォルニア州が先導的な役割を果たしているが、環境基準には CO<sub>2</sub>濃度ではなく約 200 の化学物質 (Reference Exposure Levels 濃度) が採用されている<sup>8)</sup>。カナダでは保健省 (Health Canada) が 1995 年にはオフィス環境の換気の指標として CO<sub>2</sub>濃度 1000 未満を示していたが<sup>5)</sup>、現在の室内空気質指針には CO<sub>2</sub>濃度が用いられていない<sup>9)</sup>。

アジア圏では、日本と気候が類似しているシンガポールにおいて 1996 年に換気の指標として 1000ppm 未満が示されている。また、韓国では環境部が 1000ppm 以下を示しているが<sup>5)</sup>、学校空気環境に関しては日本の文部省にあたる教育人的資源部が学校校舎内環境衛生マニュアルを交付しシックスクール対策を行っている<sup>8)</sup>。

これまでは多くの諸外国が室内空気質の指標に CO<sub>2</sub>濃度を用い、基準として 1000ppm を用いていたが、学校の室内空気環境基準としてはドイツやイギリスが日本と同様に 1500ppm を用いていた。基準値の違いはあるものの、ほとんどの国では室内空気環境に関する法整備がなされており、教職員が根拠を理解したうえで行動できるようなガイドラインやマニュアルが必要とされ、ドイツ、イギリス、アメリカ等で出版されている<sup>8)</sup>。

<sup>e</sup> 2008 年 8 月にドイツ連邦環境庁より発行された「(校舎の室内衛生ガイド)」では 1000pp 未満が無害とみなされる。

<sup>f</sup> 2020 年 1 月 31 日、イギリスは正式に EU を離脱した。

<sup>g</sup> アメリカ暖房冷凍空調学会 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) の暖房、換気、空調、冷凍などに関する工業規格や基準。

表 1.3 日本及び諸外国における二酸化炭素の室内空気環境に関する基準

| 国（省庁等）          | 設定年  | 室内 CO <sub>2</sub> 濃度の指針値                                  | 対象                              |
|-----------------|------|--|---------------------------------|
| 日本<br>（文部科学省）   | 1964 | 1500ppm 以下   | 学校                              |
| 日本<br>（厚生労働省）   | 1970 | 1000ppm 以下   | 興行場，百貨店，<br>店舗，事務所，学<br>校，共同住宅等 |
| ドイツ連邦<br>（環境庁）  | 1998 | 1500ppm 以下（目標値）  | 学校                              |
|                 | 2008 | 1000 未満（無害とみなされる）<br>1000～2000（有害性が上昇する）<br>2000 超（許容できない） |                                 |
| オランダ            | 2011 | 1200ppm 以下   | 教育施設                            |
| イギリス            | 1999 | 1500ppm 未満（授業時間中の平均濃度）                                     | 学校                              |
| カナダ<br>（保健省）    | 1995 | 1000ppm 未満（換気の指標）  | 居住空間<br>オフィス環境                  |
| ノルウェー<br>（厚生省）  | 1999 | 1000ppm 未満（最大値，室内空気汚染の<br>指標）                              | 居住空間                            |
| シンガポール<br>（環境省） | 1996 | 1000ppm 未満（8 時間平均，換気の指標）                                   | 空調設備を有す<br>るオフィスビル              |
| 中国<br>（環境保護総局）  | 2002 | 1000ppm 未満（24 時間平均）  | 住宅とオフィス                         |
| 中国<br>（香港特別行政区） | 2003 | 8 時間平均<br>最良質：800ppm 未満<br>良質：1000ppm 未満                   | 機械換気や空調<br>設備を有する建<br>物や閉鎖空間    |
| 韓国<br>（環境部）     | 2012 | 1000 以下  | 学校，大規模店<br>舗，医療機関等              |
| 台湾<br>（環境保護庁）   | 2012 | 1000 以下（8 時間平均）  | 公共の室内空間                         |

注）東賢一（2018）<sup>5)</sup>，日本建築学会（2015）<sup>8)</sup>より引用，著者が再編

## 第2節 温熱・空気環境に関する既往研究と諸問題

### 1. 空気環境が健康に及ぼす影響

欧米では1970年代から1980年代にかけて居住者や従業員が頭痛、めまい、目の痛みなどの体調不良を訴える「シックビル症候群（SBS）」が大きな社会問題となった。当初は、省エネ対策として建てられた建築物の特徴として窓が少なく換気量を削減したことが原因とされたが<sup>h</sup>、同時にこの頃から化学物質を含む建材が使われはじめ、高気密化が進んだことにより室内に発散する化学物質の量が増えたことが健康への影響を大きくした。

我が国では1970年に「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（建築物衛生法）」に基づき「建築物環境衛生管理基準」が施行され、1000ppmの基準が遵守されていたためこの問題は起こらなかった。しかし、この法律は事務所や店舗など大規模な特定建築物に適用されるものであったため、1990年代後半、省エネ対策が進んだ一般住宅において同様の症状が急増し「シックハウス症候群」と呼ばれるようになった<sup>10)</sup>。

学校建築においても建材や教具、塗料、ワックスなどの化学物質がアレルゲンとなって健康被害を及ぼす「シックスクール症候群」が問題となったことから、2002（平成14）年「学校環境衛生の基準」の教室等の空気に関する基準が改訂され、揮発性有機化合物（ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン）の基準が追加された<sup>1)</sup>。また、厚生労働省では2003年以降、原因となりうる化学物質（ホルムアルデヒド等）の指針値を制定するなど、各方面（一般住宅等）において対策が講じられることとなり、一般住宅では24時間換気が義務付けられ、学校においても居室部分で0.3回/時の換気回数を満たす機械換気の設置が義務付けられた（改正建築基準法、2003（平成15）年7月1日施行）。

東（2018）によるCO<sub>2</sub>濃度と健康等への影響のまとめ<sup>5)</sup>を表1.4に示した。

二酸化炭素自体は無味・無臭の気体であり、従来は10000ppmを超えると呼吸数増加などの影響があるが低濃度では人体に直接的な健康被害がないと考えられていた。しかし近年では、低濃度二酸化炭素の吸入による生態影響が報告されており、東は文献レビューから、500ppm以上の濃度では血液中の二酸化炭素分圧や心拍数等がCO<sub>2</sub>濃度の上昇に伴って増加することや、700ppm以上でSBS症状が増加すること、1000ppm以上のCO<sub>2</sub>濃度に曝露した学校の子どもが乾性咳、鼻炎の症状が憎悪したこと、さらに1000ppm以上では認知機能の低下が生じること等を示し、「二酸化炭素はヒトに対して明らかに有害な物質である」と述べている<sup>5)</sup>。

<sup>h</sup> アメリカ空調冷凍工学会（ASHRAE）では1970年代、エネルギー政策にそって一般生活環境の基準値緩和を図った（CO<sub>2</sub>濃度0.15%→0.30%，または喫煙者がいない場合は換気量の低減30 m<sup>3</sup>/h→8.5 m<sup>3</sup>/h）<sup>8)</sup>。

表 1.4 CO<sub>2</sub>濃度と健康等への影響のまとめ（東 2018）<sup>5)</sup>

| CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm) | 生理変化   | 精神運動機能                    | 症状  | 室内基準等                       |
|--------------------------|--|---------------------------|---|-----------------------------|
| 500 以上                   | pCO <sub>2</sub> , 心拍数,<br>心拍変動, 血圧,<br>末梢血液循環 |                           | 700ppm 以上で<br>シックビルディ<br>ング症候群の症<br>状 <sup>a)</sup> |                             |
| 1,000 以上                 |  | 認識能力（意思<br>決定, 問題解決<br>等） | 学童の喘息症状<br>の憎悪 <sup>a)</sup>                        | 居住空間におけ<br>る室内空気質指<br>針値    |
| 5,000 以上                 |  |                           |   | 労働環境基準(8<br>時間加重平均値<br>TWA) |
| 10,000 以上                | 呼吸数増加, 呼<br>吸性アシドーシ<br>ス, 代謝性侵襲                |                           |   |                             |
| 50,000 以上                |  |                           | めまい, 頭痛, 混<br>乱, 呼吸困難                               |                             |
| 100,000 以上               |  |                           | 激しい呼吸困難<br>に続き, 嘔吐, 失<br>見当, 高血圧, 意<br>識消失          | 労働環境基準<br>(短時間限界値<br>STEL)  |

注 a) 共存する室内汚染物質による影響の可能性が高い。



## 2. 教室の温熱・空気環境に関する既往研究

学校環境においてシックスクール症候群が問題となった背景から、1990年代後半より教室の施設設備に関する調査や教員及び児童生徒の温冷感評価及び空気環境の影響に関して調査が行われるようになった。2010年あたりから普通教室の冷房設置が増加し始め、この頃から冷房導入前後の教室環境の実態や生徒の温冷感に関する調査が行われるようになった。またこれに伴い、温熱環境や空気環境が学習効率に与える影響についても研究が行われるようになった。

### 2.1 空気環境と学習効率に関する既往研究

近年、わが国では空気環境と学習効率の関係を評価した研究が行われ、空気環境の質や換気量の変化が学習効率に与える影響について明らかにされている<sup>11-13)</sup>。

学習効率を客観的に評価した研究として金子ら(2006)は、20~40代の社会人を被検者とした調査から室内の換気量増加により倫理型科目や暗記系科目でテストの平均点が有意に上昇したことを報告したが、成績上位群と比較し、成績下位群が環境条件の影響を受けやすいことを指摘している<sup>11)</sup>。また、後藤ら(2008)は、16歳~22歳の若年層の学生を被験者とした調査から換気量が多いほどテストの点数が向上するが、若年層では年長者に比べて教室環境が学習効率に及ぼす影響は小さいことを報告した<sup>12)</sup>。学習効率を主観的に評価した研究として羽田ら(2010)は、大学生を被験者とした調査から空気環境だけでなく温熱環境に対する満足度が学習効率や作業成績に影響する傾向にあることを報告した<sup>13)</sup>。

海外でも室内空気環境の変化が学習効率に与える影響の程度が統計学的に明らかにされている<sup>14, 15)</sup>。

Satishら(2012)は、大学生を主な被検者として、室内CO<sub>2</sub>濃度600ppm, 1000ppm, 2500ppmの各条件下で実験を行い、600ppmと比較して1000ppmでは意思決定能力が中程度に低下し、さらに2500ppmでは劇的に低下し、特に思考力に影響が認められたことを報告した<sup>14)</sup>。またWargockiら(2006)は、10歳児の小学生を対象とした実験から、温度の低下では引き算と読みにおいて、換気率の上昇では掛け算と数のチェック及び引き算において作業率が上昇し、さらに換気率を上昇させて温度を低下させると論理的思考のテストにおいて作業率が上昇したことを報告し、教室の状態を改善することで子供の学業成績を大幅に改善できることを示した<sup>15)</sup>。

わが国の既往研究では大学生や社会人を対象とした報告が多いが、人が集中しCO<sub>2</sub>濃度が高濃度になりやすい教室環境では児童生徒の学習面にも影響を及ぼすことが十分考えられる。国内外のこれまでの研究結果から換気量が不十分で空気環境が悪化しやすい教室では、一部の児童生徒が学習面で不利益になることが推察された。

## 2.2 季節性に関する既往研究

### 2.2.1 夏季の温熱・空気環境問題

都市部のヒートアイランド現象による暑熱環境の悪化や家庭におけるエアコン普及率の高まり等から、教室に冷房設備を設置する学校が増加している<sup>16)</sup>。こうした背景から、夏季の温熱・空気環境の実態や教員・生徒の温冷感の評価等に関する研究が



数多く行われている<sup>17-21)</sup>。

岩下ら(2009)や石井ら(2008)は、冷房導入により教室の暑熱環境が改善され、温冷感が緩和された一方で、冷房導入による弊害も指摘し、冷房時に25℃未満の低い温度が高い頻度で出現したことを指摘している<sup>17,18)</sup>。また、須藤(2013)や伊坂ら(2013)は、教室の温度差や教員と生徒の温熱評価の違いが生じたこと<sup>19,20)</sup>、湯浅ら(2011)は、冷房使用状況が教師の好みや調節方法により大きく異なること<sup>21)</sup>等を指摘している。これらの既往研究から冷房使用時の適切な温度調節が課題となっていることが確認できた。

また、冷房使用時は開口部を閉じることが多く、CO<sub>2</sub>濃度が基準値を超過するなど、空気環境の悪化も指摘されている<sup>17,19,22,23)</sup>。これに対し、湯浅ら(2011)や倉淵ら(2007)、蓬田ら(2011)は、換気設備の運転などの対策が必要であることや窓開け換気による環境調節を行う必要があることを示した<sup>21-23)</sup>。須藤(2013)は、換気扇のみの換気では基準値を超えることがあったことから、教室を使用しない時間帯は自然換気を行う必要があると述べるとともに、空気質は生徒にとって知覚が困難なので教員が換気の徹底を促す必要があると述べている<sup>19)</sup>。

学校環境衛生管理マニュアル(文部科学省 2018)では「暖房時のみならず冷房時も換気を心がけること」「エアコンは室内の空気を循環しているのみで、室内の空気と外気の入れ替えを行っていないことから、換気を行うこと」を換気に関する留意点として挙げている<sup>2)</sup>。

石井(2011)は、換気の必要性に対する教員の意識が低いことを指摘しているが<sup>31)</sup>、伊坂ら(2013)は、教師は児童生徒に比べて冷房導入に対する肯定的意見が多く、教育面で一定の効果があったことを評価し、今後は冷房の使い方によってエネルギー消費量が異なることなどから、環境教育の必要性を示した<sup>20)</sup>。冷房設備を使用していれば同時に換気されているという誤解があることも推察されることから、今後は冷房設備や機械換気等の適切な理解と使用が望まれる。

## 2.2.2 冬季の温熱・空気環境問題

冬季は、1980年頃から温熱・空気環境の実態に関する多くの既往研究があり、暖房使用時は室内の温度差が生じることやCO<sub>2</sub>濃度が高く換気の基準を超えていることが指摘されている<sup>21-24)</sup>。これに対し、岡本ら(1999)や合原ら(2002)は、教室内の温度差を最小限にし、CO<sub>2</sub>濃度の基準を維持するためには自然換気よりも機械換気(換気扇や熱交換型換気扇)が有効であることを示した<sup>25,26)</sup>。暖房及び換気設備を持たない学校の調査を行った岩下ら(2007)は、自然換気の教室ではCO<sub>2</sub>濃度の上昇は始業前のCO<sub>2</sub>の蓄積の影響が大きく、窓開け換気によって休み時間に外気レベルまで低下できれば授業中は基準値1500ppm以下を長く保つことができることを報告した<sup>27)</sup>。さらに岩下(2014)は、首都圏の学校環境衛生検査から冬季暖房時にCO<sub>2</sub>濃度が基準を超過した教室は中学校が高率であることを指摘し、換気対策として休み時間や教室不在時の窓開けの徹底と機械換気設備の併用を推奨した<sup>28)</sup>。

冬季の空気環境悪化の要因について、既往研究では教職員の意識について言及して

いる。坂口ら（2012）は、教師が教室の空気環境の悪化を判断し、教室の空気質を維持することは困難であると述べ<sup>29)</sup>、海外では David A ら（2016）が、イギリスの学校の実測調査から窓の配置やスタッフが窓開けに対して消極的なことが要因であると述べている<sup>30)</sup>。石井（2011）や岩下（2015）は、教室内の換気に関しては学校環境衛生検査の事後措置が講じられていない可能性があることや教職員の関心が高くないことを指摘し<sup>31, 32)</sup>、環境教育としての測定や CO<sub>2</sub>濃度のリアルタイム表示も換気のための注意喚起として有用であると述べている<sup>32)</sup>。

## 2.3 地域性に関する既往研究

近年は、室温上昇への対策として冷房設備設置の必要性から、首都圏や温暖な地域の調査報告が多い<sup>33-39)</sup>。しかし、寒冷地である北海道・東北地方の調査報告は少なく<sup>24), 41-46)</sup>、地域にも偏りが見られ、2009 年以降の調査報告は確認できなかった。

### 2.3.1 寒冷地における温熱・空気環境の諸問題

北海道・東北地方では、近年、校舎の高気密・高断熱化や暖房設備の整備により、冬季の温熱環境は良好に保たれているが、空気環境に関しては CO<sub>2</sub>濃度が基準値を超過する学校の割合が高い<sup>40)</sup>。しかし、夏季は比較的涼しい気候であったことから、冷房設備が設置された教室はごく一部の学校であり、開口部開放による自然換気が十分行われているため、温熱・空気環境は問題視されていなかったことが推察される。

本間（2003）は、岩手県盛岡市において、FF 式暖房設置、換気設備なしの地域において典型的な中学校教室の冬季実測調査を行った結果、全授業時間の平均 CO<sub>2</sub>濃度は基準値を超過し、換気量の不足を指摘したが、そのことが温熱感の低下を防いでいるため、暖房設備と合わせた換気システムを考えていくことが必要と述べている<sup>44)</sup>。また、木村ら（2008）は、秋田県内の小学校において木造と RC 造の校舎の温熱環境を比較するために夏季と冬季に分けて実測調査と全身温冷感評価を行い、夏季の平均温度は校舎構造にかかわらず 28℃以下と良好であったことや、冬季の平均温度はすべての教室で 18℃よりやや高く木造は RC 造より 1～2℃高めであったこと、床上温度の上下差や全身温冷感評価において木造と RC 造の間に顕著な違いが認められたことを報告した<sup>45, 46)</sup>。

以上のように、寒冷地の教室環境については暖房設備や換気設備の設置状況や温冷感等に関する調査に限られ、夏季の暑熱環境や冬季の空気環境に関する実測調査は極めて少なく<sup>41) 43)</sup>詳細は明らかにされていない。本研究では東北地方 H 市の学校を対象として調査を行い、寒冷地にある学校の温熱・空気環境の実態を明らかにすることに意義があると考えらる。

### 第3節 寒冷地における学校の温熱・空気環境課題

#### 1. 全国学校保健調査からみた教室空気環境の実態

学校環境衛生検査のうち、学校薬剤師によって毎学年定期に行われる「教室の空気（換気及び保温等）」の検査項目には、CO<sub>2</sub>濃度や温度、相対湿度の他、必要に応じて浮遊粉じん、気流、一酸化炭素、二酸化窒素、揮発性有機化合物、ダニ又はダニアレルゲンがある（平成30年文部科学省告示第60号）。

2013（平成25）年度に実施された全国学校保健調査（日本薬剤師会2014）によると、教室の空気の項目は年2回定期に行われることになっているが、換気（CO<sub>2</sub>濃度）については、年1回行った学校が最も多く51.1%と約半数を占め、行わなかった学校も27.4%あった。

また、検査を行った学校のうちいずれかの項目に不適合があった学校は25.9%（小学校22.8%、中学校30.3%）であったが、不適合があった学校のうち、CO<sub>2</sub>濃度が不適合である割合は87.7%と高く（校種別では中学校が90%以上）、基準値超過率は他の検査項目に比べて圧倒的に高かった。さらに、CO<sub>2</sub>濃度の不適合率を県別にみると青森県と秋田県が97.3%と全国で最も高率であった<sup>40)</sup>。

#### 2. 東北地方H市の行政情報からみた教室空気環境の実態

寒冷地における学校の温熱・空気環境について、さらに詳細な実態を把握するためにH市の小・中学校で実施されている学校環境衛生検査結果について自治体に情報開示を求め、2016年度から2018年度までの教室の空気の定期検査結果を分析した（未発表）。

その結果、教室の空気の検査は、学校薬剤師によって全ての公立小・中学校において年1回冬季暖房時に1または2教室に対して行われていた。小学校（延べ184教室）の結果を表1.5に、中学校（延べ82教室）の結果を表1.6に示した。

教室の温度の平均値は小学校21.3℃、中学校20.8℃、相対湿度の平均値は小学校41.1%、中学校47.0%といずれも良好であったが、CO<sub>2</sub>濃度の平均値は小学校1547ppm、中学校2085ppmと基準値を超過していた。温度や相対湿度の不適合率は小・中学校とも10%未満であったが、CO<sub>2</sub>濃度の不適合率は、小学校で53.8%、中学校で82.9%、全体で62.8%と高率であった。温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度のうち、いずれかの項目で不適合があった教室は、小学校で184教室中105教室（57.1%）、中学校で82教室中68教室（82.9%）であり、前述の全国値（小学校22.8%、中学校30.3%）と比較して著しく高い不適合率であった。これにより、寒冷地であるH市の小・中学校は、全国の小・中学校より換気の項目（CO<sub>2</sub>濃度）において基準値超過（不適合）が高率であり、平均CO<sub>2</sub>濃度も高く、冬季暖房時の教室の空気環境悪化が明らかとなった。前述の全国学校保健調査<sup>40)</sup>の他、既往研究からも寒冷地の教室のCO<sub>2</sub>濃度の不適合が指摘されており<sup>43, 44)</sup>、寒冷地の学校において改善すべき課題として捉えた。

表 1.5 小学校の教室における温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度と基準値適合状況

|                | 項目         | 温度 (℃)      | 相対湿度 (%)    | CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm) |
|----------------|------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 小学校<br>(n=184) | 平均±SD      | 21.1±3.0    | 41.1±11.4   | 1547±722                 |
|                | 最高         | 30.0        | 80.0        | 4300                     |
|                | 最低         | 14.3        | 16.0        | 300                      |
|                | 適合教室数 (率)  | 174 (94.6%) | 166 (90.2%) | 85 (46.2%)               |
|                | 不適合教室数 (率) | 5 (2.7%)    | 18 (9.8%)   | 99 (53.8%)               |

注 1) 2016・2017・2018 年度に検査を実施したのべ 184 教室の結果を分析した。

注 2) 年度別の検査実施数は 2016 年度：62 教室，2017 年度：60 教室，2018 年度：62 教室。

注 3) 検査実施年月日は 2016 年度：2016 年 11 月 16 日～2017 年 2 月 22 日，2017 年度：2017 年 12 月 4 日～2018 年 3 月 7 日，2018 年度：2018 年 11 月 22 日～2019 年 3 月 19 日。

表 1.6 中学校の教室における温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度と基準値適合状況

|               | 項目         | 温度 (℃)     | 相対湿度 (%)   | CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm) |
|---------------|------------|------------|------------|--------------------------|
| 中学校<br>(n=82) | 平均±SD      | 20.8±2.2   | 47.0±13.0  | 2085±907                 |
|               | 最高         | 27.0       | 72.0       | 4800                     |
|               | 最低         | 16.5       | 12.0       | 600                      |
|               | 適合教室数 (率)  | 81 (98.8%) | 82 (96.3%) | 14 (17.1%)               |
|               | 不適合教室数 (率) | 1 (1.2%)   | 3 (3.7%)   | 68 (82.9%)               |

注 1) 2016・2017・2018 年度に検査を実施したのべ 82 教室の結果を分析した。

注 2) 年度別の検査実施数は 2016 年度：27 教室，2017 年度：27 教室，2018 年度：28 教室。

注 3) 検査実施年月日は 2016 年度：2016 年 11 月 10 日～2017 年 3 月 3 日，2017 年度：2017 年 12 月 6 日～2018 年 3 月 7 日，2018 年度：2018 年 12 月 6 日～2019 年 3 月 19 日。

## 文献

- 1) 文部科学省：学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践[平成30年度改訂版]，第Ⅰ章学校環境衛生活動，東京，1－20，2018
- 2) 文部科学省：学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践[平成30年度改訂版]，第Ⅱ章学校環境衛生基準，東京，21－56，2018
- 3) 気象庁：各種データ資料，二酸化炭素濃度の観測結果.  
[https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/CO2\\_yearave.html](https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/CO2_yearave.html)（最終アクセス2019年12月1日）
- 4) 日本学校薬剤師会：詳解「学校環境衛生の基準」，第3章教室等の空気．財団法人日本学校保健会，東京，平成16年9月1日第2版，空22－23，2004
- 5) 東賢一：室内環境中における二酸化炭素の吸入暴露によるヒトへの影響．室内環境 Vol.21No.2，113－120，2018
- 6) ビル管理教育センター：ビルの環境衛生管理，厚生大臣指定建築物環境衛生管理技術者講習会テキスト．1971
- 7) 月間スクールアメニティ編集部：最新の研究成果から見る学校の室内空気環境について－日本建築学会環境工学委員会空気環境運営委員会換気・通風小委員会主催シンポジウムより－. School Amenity, 43－48，2015
- 8) 日本建築学会：学校における温熱・空気環境に関する現状の問題点と対策 3. 学校空気環境・換気の基準－日本の基準，海外の基準－. 3.6－3.13，2015
- 9) Health Canada：Air quality and health. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/qualite-air/mesurer-qualite-air-interieur.html> (最終アクセス2020年3月1日)
- 10) 内山巖雄：第4章シックハウス症候群をめぐる最近の動き，住居医学（Ⅰ）吉田修監修，笹義人編，米田出版，65－81，2007
- 11) 金子隆昌，村上修三，伊藤一秀：現地実測による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討－学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究（その1）－. 日本建築学会環境系論文集 No.606，43－50，2006
- 12) 後藤伴延，伊藤一秀：若年層（16～22歳）を対象とした温熱空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討，日本建築学会環境系論文集，No.655, 767－774，2010
- 13) 羽田正沖，西原直枝，田辺新一：温熱環境と換気量が知的生産性に与える影響に関する被検者実験．日本建築学会大会学術講演梗概集環境工学Ⅱ，367－368，2010
- 14) Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, et al.: Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. Environ Health Perspect.120(12), 1671-1677, 2012
- 15) P Wargocki, DP Wyon, B Matysiak and S Irgens: The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children. Indoor Air, 368－372，2005



- 16) 文部科学省：報道発表「公立学校施設の空調（冷房）設備設置状況の結果について」平成 29 年 6 月 9 日，  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/29/06/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2017/06/09/1386475\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/29/06/__icsFiles/afieldfile/2017/06/09/1386475_01.pdf)（最終アクセス 2019 年 10 月 30 日）
- 17) 岩下剛，古賀隆文：冷房導入前後の小学校普通教室における夏季の温熱・空気環境の実態に関する研究．日本建築学会環境系論文集 第 74 巻第 641 号，877 - 882，2009
- 18) 石井仁，藏澄美仁，深川健太，他；冷房設備設置による普通教室の熱的快適性の变化，日本建築学会環境系論文集 第 73 巻 第 623 号，23 - 29，2008
- 19) 須藤美音：中学校における教室環境が授業理解・教授意欲に及ぼす影響，こども環境学研究 9(3)，28 - 35，2013
- 20) 伊坂善明，宮川鮎子，飛田国人，他；公立学校への空調導入の効果に関する研究 - 継続調査による教育面・健康面・環境面の効果 -，人間と生活環境，20 (1)，41 - 49，2013
- 21) 湯浅梢，倉渕隆，飯野由香里：冷暖房設備が設置された都心の小学校教室における温熱・空気環境の調査研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，991 - 994，2011
- 22) 倉渕隆，遠藤智之，熊谷一清：小学校教室における窓開け行為と室内温熱・空気環境に関する実測調査．空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集：1933 - 1936，2007
- 23) 蓬田央，岩瀬友紀，近藤靖史，藤原孝行：都立高校教室における室内空気環境の実測と CFD 解析による換気・空調方式の検討日本建築学会技術報告集第 17 巻第 36 号，583 - 587，2011
- 24) 吉野博，石川善美，宮城県の小学校における暖房時の教室の温熱空気環境に関する実態調査．空気調和・衛生工学学会学術論文集，169 - 172，1986
- 25) 岡本茂雄，村松學，村田稔充：教室の空気環境の実測について（温度分布と二酸化炭素濃度および換気回数の実態について）．環境の管理第 24 号，29 - 34，1999
- 26) 合原妙美，岩下剛：鹿児島市内の小学校における室内空気実測（その 2 小学校高学年教室における二酸化炭素濃度と開口部開閉状況）．日本建築学会計画系論文集第 559 号，29 - 36，2002
- 27) 岩下剛，花田良彦，吉野博：暖房設備を持たない小学校普通教室の冬季における開口部開閉状況及び CO<sub>2</sub>濃度に基づく室内空気質に関する考察．日本建築学会環境系論文集第 618 号，61 - 67，2007
- 28) 岩下剛：学校環境衛生検査に基づく首都圏 X 区における小中学校教室の冬期空気環境に関する研究－エビデンスとして行政情報を用いた学校空気環境に関する研究その 1－．日本建築学会環境系論文集 No. 704，865 - 870，2014
- 29) 坂口淳，小峯裕己，新保幸一他：学校施設における環境配慮方策に関する調査研究その 2，教室の室内環境の現状と課題に関するアンケート調査，日本建築学会

- 環境系論文集 NO.671, 19 - 26, 2012
- 30) David A. Coley & Alexander Beisteiner : Carbon Dioxide Levels and Ventilation Rates in Schools, Article in International Journal of Ventilation, 645 - 652, 2002
  - 31) 石井仁:総説 学校建築の教室内温熱環境・空気環境. 日本生気象学会雑誌, Vol. 48, NO. 2, 47 - 56, 2011
  - 32) 岩下剛:建物環境衛生検査に基づく首都圏 X 区における小中学校の温湿度・CO<sub>2</sub>濃度に関する研究ーエビデンスとして行政情報を用いた学校空気環境に関する研究その 2ー. 日本建築学会環境系論文集, No. 715, 759 - 765, 2015
  - 33) 倉渕隆, 飯野由香利:様々な冷暖房・換気設備が導入された公立学校における環境調節の実態と環境教育の効果. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2013
  - 34) 湯澤秀樹, 中川善博, 本堂康治ほか:学校施設におけるエネルギー消費と教育環境のマネジメントに関する研究 (第 2 報) 室内環境の実態と PTA の意識に関する調査. 空気調和・衛生工学会学術講演論文集 9 : 145 - 148, 2015
  - 35) 合原妙美, 岩下剛:鹿児島市内の小学校における室内空気実測 (その 2 小学校高学年教室における二酸化炭素濃度と開口部開閉状況). 日本建築学会計画系論文集第 559 号 : 29 - 36, 2002
  - 36) 倉渕隆, 飯野由香里, 川瀬智文:温暖地域における冷房機器のある小学校普通教室の空気・温熱環境と温熱環境評価. 日本建築学会計画系論文集第 74 巻第 641 号, 893 - 899, 2009
  - 37) 延原理恵, 角谷環:冷房時における小学校教室の温熱環境と温冷感評価. 京都教育大学環境教育研究年報第 20 号 62 - 73, 2012
  - 38) 岩下剛, 古賀隆文:冷房導入前後の小学校普通教室における夏季の温熱・空気環境の実態に関する研究. 日本建築学会環境系論文集 641 : 877 - 882, 2009
  - 39) 小野公平, 岡田知子:北九州地域における公立小中学校の夏季温熱環境評価ー実態調査とシュミレーションによる改善提案ー, 人間と生活環境 18 (1), 25 - 36, 2011
  - 40) 公益社団法人日本薬剤師会学校薬剤師部会全国学校保健調査 WG:平成 26 年度全国学校保健調査集計結果報告.  
<http://www.nichiyaku.or.jp/gakuyaku/members/archives/article/869.php>  
(最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
  - 41) 吉野博, 三原邦明, 滝澤のりえ, 他: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第 22 号 : 295-300, 2005
  - 42) 澤田紘次, 寒冷地における小学校の暖房設備に関する研究ー青森県における小学校の暖房設備の現状について 1ー, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集 213-216, 1995
  - 43) 澤田紘次, 寒冷地における小学校の暖房設備に関する研究 2ー青森県における小学校の暖房時の室内環境に関するアンケート調査ー, 空気調和・衛生工学会



学術講演論文集 337-380, 1996

- 44) 本間義規: 中学校教室の温熱空気環境に関する研究－盛岡市内の中学校における冬季環境測定結果－, 日本建築学会大会学術講演概集(東海) 227-228, 2003
- 45) 木村彰孝, 小林大介, 佐々木靖, 他: 寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性(第1報)－冬期の小学校教室における温熱環境と子どもによる全身温冷温感評価－木材工業 Vol.63 No.2, 64-69, 2008
- 46) 木村彰孝, 小林大介, 佐々木靖, 他: 寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性(第2報) 梅雨・夏期の小学校教室における温熱環境と子どもによる全身温冷温感評価, 木材工業, 63 (9), 406-411, 2008

## 第2章 温熱・空気環境計測システムの開発

### 第1節 開発の経緯

寒冷地における学校の夏季の温熱環境に関する研究は極めて少ないが、木村ら(2008)は秋田県の小学校における調査から、梅雨・夏期の教室の平均気温は望ましい範囲内(28℃以下、一部RC構造は30℃以下)であったことを報告している<sup>1)</sup>。しかし、近年は気候変動による暑熱環境の悪化や家庭におけるエアコン普及率の上昇により、寒冷地においても子どもを取り巻く温熱環境は変化していることが考えられる。序章で述べたように、学校管理下の熱中症の発生件数も全国的に急増していることから、校舎内外の温熱環境の掌握は熱中症対策として喫緊の課題である。

学校現場における温熱環境の掌握の手段として、ほとんどの教室には温湿度計が設置されており、体育館等の運動施設には熱中症指数計<sup>a</sup>が設置されていることもある。また、グラウンド等や校外の活動では携帯用熱中症指数計が使用されている。場所により、温熱環境は少なからず異なるため、時々刻々変化する状況を掌握するには、校舎内外の要所を定期的に巡回して計測することが理想的であるが、実際は困難である。

筆者の養護教諭としての経験では、児童生徒が熱中症の症状を訴えて保健室に来室しても、それまで居た場所の温度や暑さ指数は把握できないことが多く、判断や対応に迷いが生じることがあった。さらに、運動会等の学校行事や夏休み中の部活動では、熱中症が集団発生することもあるため、児童生徒の対応に追われ、発生場所の状況を正しく把握することは困難であった。そこで、離れた場所の温熱環境をリアルタイムに把握できるシステムがあれば、これらの問題が解決できると考えた。

また、学校の温熱・空気環境に関する既往研究(第1章参照)から、首都圏の学校の暑熱環境は、教室へのエアコン導入により改善されてきたが、冷房運転中は窓や出入口等の開口部を閉じることが多く、エアコンでは換気が行われなため、CO<sub>2</sub>濃度が基準値を超過するなど、教室の空気環境の悪化が指摘されている。一方、寒冷地の学校では冬季に暖房を使用するため、以前から教室の空気環境汚染が指摘されている(吉野 1986, 本間 2003)<sup>2-3)</sup>。特に積雪量の多い地域では、窓開け換気に消極的であることが汚染要因の一つと考えられる。温熱・空気環境が児童生徒の健康状態や学習意欲に及ぼす影響は少なくないため(須藤 2013, 村上ほか 2018)<sup>4-5)</sup>、適切な温湿度管理とともに空気の衛生的管理が必要とされているが、空気汚染の指標であるCO<sub>2</sub>濃度は知覚しづらく、計測には一般的にガス検知管法が用いられるため、日常的に確認することはできなかった。しかし、検知管法と同等以上の方法として非分散型赤外線ガス分析計(NDIR)<sup>b</sup>を用いた計測も可能であることから<sup>6)</sup>、温湿度計のように簡便にCO<sub>2</sub>

<sup>a</sup> 運動指針を温度で区分した温湿度計。WBGT値は表示されない。

<sup>b</sup> NDIR(non-dispersive infrared)式ガスセンサは、放射された赤外線が対象ガスの分子振動を引き起こすことにより、特定波長の赤外線が吸収される現象を利用してガスを検知する。

濃度を把握できれば、教室の空気環境改善の糸口になると考えた。

そこで、筆者は小山ら（2003）とともに、グラウンドや体育館、教室など離れた場所で常時定点計測できるセンサを設置し、温熱環境（温度・相対湿度・暑さ指数<sup>°</sup>）の変化を Web 上でリアルタイムにモニタできる「暑さ指数モニタリングシステム」を開発し<sup>7)</sup>、さらに、室内の空気環境（CO<sub>2</sub>濃度）の掌握も必要であることから、このシステムのセンサに CO<sub>2</sub>センサ（非分散型赤外線式）を加えて改良を施し、「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」とし、その有用性について検討した（森ほか 2015）<sup>8)</sup>。

また、筆者は佐藤ら（2017）と、前述の定点観測するモニタリングシステムとは別に、計測を任意の場所（教室などの室内）に移動して、温熱・空気環境の実態を詳細に把握することを目的とした「室内マルチポイント同期計測システム」を開発した<sup>9)</sup>。このシステムにより、室内複数個所に設置したセンサで温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度を同時刻に計測することが可能となった。計測されたデータは無線(Wi-Fi)で送受信され、校内 LAN を経由し、学内サーバに蓄積される。しかしこれは、使用が学内に限定されることから、利便性や汎用性を考慮し、LAN 環境が整備されていない学校でも計測・モニタできるようポータブルサーバを用いることとし（佐藤 2017）<sup>10)</sup>、その有用性について検討した（森ほか 2017）<sup>11)</sup>。

---

<sup>°</sup> 温度と相対湿度から求めた WBGT 推定値

## 第2節 暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムの開発

### 1. はじめに

熱中症対策の指標として「暑さ指数（以下、WBGT 値）」が用いられている。WBGT 値（単位：℃）の測定方法は JIS 規格に定められているが、日本生気象学会（2013）は、温度と相対湿度の関係から簡便に WBGT の推定値を求める方法を示している（表 2.1）<sup>12)</sup>。

暑さ指数におけるガイドラインとしては、日本生気象学会による「日常生活における熱中症予防指針」（表 2.2）<sup>12)</sup>や公益財団法人日本スポーツ協会による「熱中症予防のための運動指針」（表 2.3）<sup>13)</sup>がある。環境省では 2006(平成 18)年度から熱中症予防情報の提供を行っており、2014(平成 26)年度以降は全国 840 地点の情報が提供されている<sup>14)</sup>。学校では、児童生徒等が活動する場所の暑さ指数を掌握し、熱中症が懸念される場合には、上記のガイドラインを参考に運動や学習活動の内容を変更したり、活動場所を変更するなど具体的な対策をとる必要がある。

これまで、種々の WBGT 計測システムが開発（伊藤ほか 2009，本間 2010）<sup>15-16)</sup>されているが、屋外や作業現場を対象とした装置であり、室内において実用的であるとは考えにくい。したがって、多地点の WBGT 値をリアルタイムにモニタできるシステムが、学校現場で使用されている報告はなかった。

そこで、本研究ではグラウンドや体育館、教室など校舎内外複数の定点に設置したセンサで温度と相対湿度を計測し、その値を校内 LAN 経由でサーバに送り、記録し、パソコンやモバイル端末で温度、湿度、WBGT 値（温度と湿度から求めた推定値）の変化をリアルタイムにモニタできるシステムを開発した（小山ほか 2013）<sup>17)</sup>。

さらに冬季は、教室の空気環境悪化が懸念されるため、モニタリングシステムを有効に活用し、室内空気汚染の指標である CO<sub>2</sub>濃度を日常的に計測し、かつ、簡便に把握することを目的として、2016 年 5 月より、教室用センサ端末に CO<sub>2</sub>センサを加えて改良を施し、「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」とした。

表 2.1 WBGT 値と気温，相対湿度との関係

|          |        | 相 対 湿 度 (%) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | W B G T 値 |
|----------|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----------|
| 気 温 (°C) | (乾球温度) | 20          | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |           |
|          |        | 40          | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43  | 44        |
|          | 39     | 28          | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43  |           |
|          | 38     | 28          | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42  |           |
|          | 37     | 27          | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41  |           |
|          | 36     | 26          | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 39  |           |
|          | 35     | 25          | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38  |           |
|          | 34     | 25          | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 37  |           |
|          | 33     | 24          | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36  |           |
|          | 32     | 23          | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35  |           |
|          | 31     | 22          | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34  |           |
|          | 30     | 21          | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33  |           |
|          | 29     | 21          | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32  |           |
|          | 28     | 20          | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 30 | 31  |           |
|          | 27     | 19          | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30  |           |
|          | 26     | 18          | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29  |           |
|          | 25     | 18          | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28  |           |
|          | 24     | 17          | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27  |           |
|          | 23     | 16          | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26  |           |
|          | 22     | 15          | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25  |           |
|          | 21     | 15          | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24  |           |

|                |
|----------------|
| 危 険<br>31℃以上   |
| 厳重警戒<br>28～31℃ |
| 警 戒<br>25～28℃  |
| 注 意<br>25℃未満   |

WBGT 値

危 険  
31℃以上嚴重警戒  
28～31℃警 戒  
25～28℃注 意  
25℃未満注 1) 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」Ver.3 確定版<sup>12)</sup>より引用

注 2) 換算表は，気温と湿度から簡単に WBGT を推定するために作成したものであり，室内で日射がない状態（黒球温度が乾球温度と等しい）としたので，正確な WBGT 値と異なる場合もある。

表 2.2 日常生活に関する指針

| 温度基準<br>(WBGT)   | 注意すべき<br>生活活動の目安    | 注意事項  |
|------------------|---------------------|---|
| 危険<br>(31℃以上)    | すべての生活活動で<br>おこる危険性 | 高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。 |
| 厳重警戒<br>(28～31℃) |                     | 外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。                      |
| 警戒<br>(25～28℃)   | 中等度以上の生活活動でおこる危険性   | 運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。                   |
| 注意<br>(25℃未満)    | 強い生活活動でおこる危険性       | 一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。              |

注 1) 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」Ver.3 確定版<sup>12)</sup>より引用

注 2) (28～31℃) は 28℃以上 31℃未満, (25～28℃) は 25℃以上 28℃未満

表 2.3 運動に関する指針

| 気温<br>(参考) | 暑さ指数<br>(WBGT) | 熱中症予防運動指針          |  |
|------------|----------------|--------------------|--|
| 35℃以上      | 31℃以上          | 運動は原則中止            | 特別の場合以外は運動を中止する。<br>特に子どもの場合には中止すべき。   |
| 31～35℃     | 28～31℃         | 厳重警戒<br>(激しい運動は中止) | 熱中症の危険性が高いので、激しい運動<br>や持久走など体温が上昇しやすい運動は避<br>ける。<br>10～20 分おきに休憩をとり水分・塩分の<br>補給を行う。<br>暑さに弱い人※は運動を軽減または中止。 |
| 28～31℃     | 25～28℃         | 警戒<br>(積極的に休憩)     | 熱中症の危険が増すので、積極的に休憩<br>をとり適宜、水分・塩分を補給する。<br>激しい運動では、30 分おきくらいに休憩<br>をとる。                                    |
| 24～28℃     | 21～25℃         | 注意<br>(積極的に水分補給)   | 熱中症による死亡事故が発生する可能性<br>がある。<br>熱中症の兆候に注意するとともに、運動<br>の合間に積極的に水分・塩分を補給する。                                    |
| 24℃未満      | 21℃未満          | ほぼ安全<br>(適宜水分補給)   | 通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水<br>分・塩分の補給は必要である。<br>市民マラソンなどではこの条件でも熱中<br>症が発生するので注意。                                  |

注 1) (公財) 日本スポーツ協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」(2019) <sup>13)</sup> より引用

注 2) \*暑さに弱い人：体力の低い人，肥満の人や暑さに慣れていない人など



## 2. システムの概要

### 2.1 全体構成

モニタリングシステムの構成を図 2.1 に示した。2013 年 6 月から 9 月までの間に、弘前大学教育学部附属学校園に計 16 台のセンサ端末を順次取り付け付けた。さらに、2019 年 10 月 1 日までに、幼稚園 4 か所、小学校 4 か所、中学校 13 か所、特別支援学校 4 か所、計 25 台のセンサ端末を設置した（表 2.4）。

センサ端末で観測した温度と湿度のデータは、校内 LAN を経由して学内サーバに送られて蓄積され、保健室や職員室など任意のパソコンで教育学部の Web ページを閲覧することにより、温湿度の値あるいはそれから算出される WBGT 値がリアルタイムでグラフ表示される（図 2.3～図 2.6）。なお、表示は 10 分毎に自動更新される。

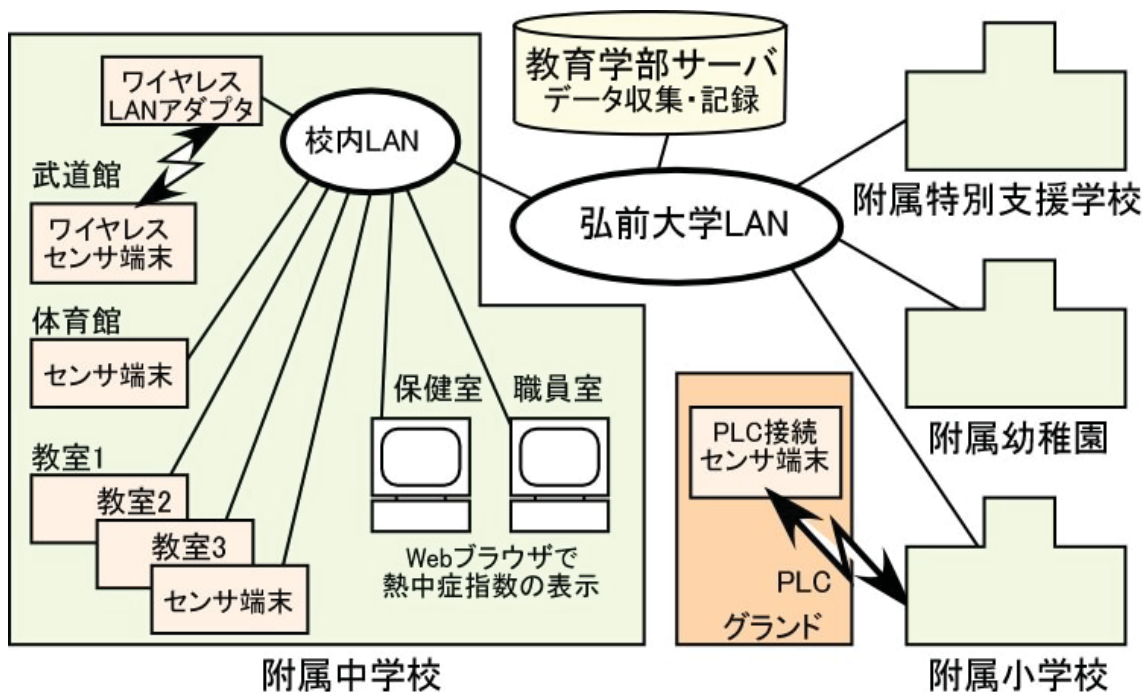


図 2.1 モニタリングシステムの構成

注）2013 年開発当初は、グラウンドのセンサは附属小学校へ PLC 接続（コンセントから電力線を利用して LAN 接続）したが、接続状況が不安定になったため、2019 年 8 月に中学校側へ移動し、校舎内へ有線 LAN 接続した。

表 2.4 暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムのセンサ端末設置状況

| 設置場所（計測項目） |   |  |   |
|------------|---|--|---|
| 附属幼稚園      | 園庭<br>(温度・湿度)   | ホール<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)  | 年少・年長保育室<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)  |
|            |    |    |    |
|            | グラウンド[小・中共通]<br>(温度・湿度)   | 体育館[1階]<br>(温度・湿度)   | 2階1教室・3階1教室<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)   |
| 附属小学校      |   |   |   |
|            | 体育館[2階]<br>(温度・湿度)  | 武道館<br>(温度・湿度)   | 2階1教室・3階10教室<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)  |
|            |  |  |  |
| 附属中学校      | 第1・第2体育館<br>(温度・湿度)   | 2階1教室<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)  | 3階教生指導室<br>(温度・湿度・CO <sub>2</sub> 濃度)   |
|            |  |  |  |
|            |   |  |   |

注1) 2019年7月1日現在の設置状況。

注2) グラウンドと体育館は、小・中学校共通の施設。

注3) センサ端末は、遊び・運動・学習時の子どもの頭の高さになるよう設置した。

園庭：地面から約50cm，グラウンド：地面から約120cm，教室：床から約100cm。

表 2.5 モニタリングシステムのセンサ端末の仕様

|   | 有線 LAN 接続のセンサ  | 無線 LAN のセンサ  |
|---|--|--|
| 計測間隔                                    | 10 分毎  | 10 分毎  |
| 電源                                      | AC アダプタ  | 送信は単 4 アルカリ電池 2 本 (約 2 か月稼動), 受信は AC アダプタ  |
| 内部<br>① 温湿度センサ                          |  <p>体育館用</p>                                  |  <p>幼稚園園庭用・中学校武道場用</p> |
| 内部<br>① 温湿度センサ<br>② CO <sub>2</sub> センサ |  <p>教室用 (2016 年 5 月より②追加)</p>                |  |
| 大きさ                                     | 10cm×6.5cm×3.5cm   |  |
| コントローラ                                  | ATmega328p   |  |
| センサと精度                                  | ①SHT11, SHT31 (Sensirion 社) 温度±1℃ (0～50℃) 湿度±3% (20～80%)<br>②CDM7160 (Figaro 社), 非分散型赤外線式 (NDIR), CO <sub>2</sub> ± (50ppm+3%) |  |
| 計測間隔                                    | 10 分毎 (LAN 直接接続の場合は正 10 分)   |  |

## 2.2 センサ端末とサーバプログラム

センサ端末の主な仕様は表 2.5 とおりである。接続方法は、直接 LAN 接続したものが 23 台、微弱電波による無線通信を介して LAN 接続したものが 2 台である。園児及び児童生徒の身長や活動中の姿勢を考慮し、センサはいずれも地面もしくは床から 0.5～1.5m の高さに取り付けた。

センサ端末は 10 分毎に温度と湿度と CO<sub>2</sub>濃度を計測し、その値を LAN 経由して学内サーバに送信するとサーバのプログラムがデータを受け取り、ログファイル（CSV 形式）に蓄積する仕組みになっている。データのフォーマットは年月日，時刻，学校コード，場所コード，温度，湿度，CO<sub>2</sub>濃度で，表 2.6 にその例を示した。

表 2.6 ログファイルの CSV データの例

---

|  |
|--|
| 2019/9/8, 16:30:00, 1, 1, 33.6, 53.1, 385  |
| 2019/9/8, 16:30:00, 2, 8, 34.7, 49.9, 450  |
| 2019/9/8, 16:30:00, 3, 2, 33, 53.9, 398    |
| 2019/9/8, 16:30:00, 2, 7, 34.9, 48.1, 468  |
| 2019/9/8, 16:30:00, 2, 12, 33.5, 52.3, 479 |
| 2019/9/8, 16:30:00, 2, 4, 32.9, 55.3, 440  |
| 2019/9/8, 16:30:00, 2, 3, 32.7, 55.7, 458  |

---

注) データは年月日, 時刻, 学校コード, 場所コード, 温度, 湿度, CO<sub>2</sub>濃度の順

### 2.3 モニタ用の Web サイト

暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムの Web サイトの仕様を表 3.2.7 に示した。

Internet Explorer 等の Web ブラウザで本システムのトップページ「弘前大学教育学部 附属学校園の熱中症対策」(図 2.2)を表示させると、先頭行に「ピッタリ表示!」「マルチポイント表示 (第2章第3節参照)」「ローカルセンサ専用 (第4章第3節参照)」の3つのボタンがあり、目的に応じてクリックするとモニタリング画面が表示される仕組みになっている。トップページにはモニタリング画面に移行するボタンの他に、以下の内容を掲載した。

#### 【トップページ】

1. ネットワーク対応のモニタリングシステム
    - 1.1 概要
    - 1.2 システムの概要
    - 1.3 モニタリングセンサ
  2. ローカルセンサを用いたモニタリングシステム
    - 2.1 システムの構成
    - 2.2 温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度の数値表示
    - 2.3 温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度データのグラフ表示とデータの保存
  3. 室内マルチポイントセンサ
  4. ポータブル熱中症指数計
- 技術情報・参考資料

「ピッタリ表示!」では、附属学校園別に計測場所 (表 2.3) のモニタリング画面 (グラフ表示画面、もしくは場所別の一覧表示画面) が現れる仕組みになっており、表示は10分毎に自動更新される。表示される各画面については図 2.3～図 2.7 に示した。

モニタリング画面で「年月日」「校園名」「表示方法」を指定すると、サーバにリクエストが送られ、サーバのプログラムがこれを受け取り、該当するデータを抽出して返すと、ブラウザではこのデータをもとに、選択された表示方法 (温度グラフ、相対湿度グラフ、WBGT グラフ、CO<sub>2</sub>グラフ、一覧表示のいずれか) で表示される。グラフの作成には HTML5Canvas を使用している。

なお、WBGT 値は日本生気象学会の換算表 (表 2.1) を用いて、計測した温度と相対湿度から算出した推定値である。

また、これらは、パソコン、タブレット、スマートフォンの各 OS のブラウザ<sup>d</sup>で問題なく表示されることを確認した。

<sup>d</sup> 2013 年の開発当初は WindowsXP/7/8, MacOSX, iOS7.0 の各ブラウザ (InternetExplorer, Safari, Firefox, GoogleChrome) で動作確認した。2019 年 12 月現在も Windows10, macOS, iOS13.3, AndroidOS10.0 の各ブラウザで問題なく表示される。

表 2.7 Web サイトの仕様

| 第 1 階層 | 第 2 階層  | 項目                  | 選択 1  | 選択 2 | 備考  |
|--------|---|---------------------|---|------|---|
| トップページ | タイトル「弘前大学教育学部 附属学校園の熱中症対策“暑さ指数・CO <sub>2</sub> モニタリングシステム”」 |                     |   |      |   |
|        | 「ピッタリ表示」ボタン   |                     |   |      | LAN 接続時                                       |
|        | 校園名   | (場所※)               |   |      |   |
|        |   | 幼稚園                 | ホール，園庭，年少保育室，年長保育室  |      | 一覧表示の場合は場所を選択                                 |
|        |   | 小学校                 | グラウンド，体育館，2 階教室，3 階教室   |      |   |
|        |   | 中学校                 | グラウンド，体育館，武道場，3A 教室，2A 教室，2B 教室，2C 教室，2D 教室，2E 教室，1A 教室，1B 教室，1C 教室，1D 教室，1E 教室 |      |   |
|        |   | 特別支援学校              | 第 1 体育館，第 2 体育館，中 2 教室，教生指導室  |      |   |
|        |   | 教育学部                |   |      | 動作確認時   |
|        | 年月日   | 年                   | 2013～   | 選択   |   |
|        |   | 月                   | 1～12  | 選択   |   |
|        |   | 日                   | 1～31  | 選択   |   |
|        | 表示方法  | 一覧表示                | 場所を選択   |      | WBGT・温度・相対湿度・CO <sub>2</sub> の値が 10 分毎に更新     |
|        |   | WBGT グラフ            |   |      | ・校 園 別 に 表 示<br>・場 所 ごとに色別折れ線グラフ<br>・10 分毎に更新 |
|        |   | 温度グラフ               |   |      |   |
|        |   | 相対湿度グラフ             |   |      |   |
|        |   | CO <sub>2</sub> グラフ |   |      | ・場 所 別 の WBGT 日最大値を表示                         |
|        |   | WBGT 最大値            |   |      |   |
|        | 表示時間  | 開始                  | 0～23 時  | 選択   |   |
|        |   | 終了                  | 1～24 時  | 選択   |   |
|        |   | 場所                  |   |      |   |
|        |   | 校 園 別 に 場 所 ※ を 選 択 |   |      | 一覧表示の場合のみ                                     |



|                     |                                 |                         |  |                   |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|--|-------------------|
|                     | 「マルチポイント表示」 ボタン                 |                         |  | LAN 非接続時          |
|                     | 室内マルチポイント                       |                         |  |                   |
|                     | 年月日                             |                         |  |                   |
|                     |                                 | ピッタリ表示の年月日と同様           |  |                   |
|                     | 表示方法                            |                         |  |                   |
|                     | 一覧表示                            | センサ 1~10                | 選 択 した センサの WBGT・温度・相対湿度・CO <sub>2</sub> の値を 1 分毎に更新 |                   |
|                     | WBGT グラフ                        |                         | ・ センサ別に折れ線グラフ表示<br>・ 1 分毎に更新                         |                   |
|                     | 温度グラフ                           |                         |  |                   |
|                     | 相対湿度グラフ                         |                         |  |                   |
|                     | CO <sub>2</sub> グラフ             |                         |  |                   |
|                     | 温度分布                            |                         | 室内 最大 9 か所の値を棒グラフ表示                                  |                   |
|                     | 相対湿度分布                          |                         |  |                   |
|                     | CO <sub>2</sub> 分布              |                         |  |                   |
|                     | 表示時間                            |                         |  |                   |
|                     | 開始                              | 0～23 時                  | 選択   |                   |
|                     | 終了                              | 1～24 時                  | 選択   |                   |
|                     | センサ端末                           |                         |  |                   |
|                     |                                 | センサ 1~10                |  | 一 覧 表 示 の 場 合のみ選択 |
|                     | 「ローカルセンサ専用」 ボタン                 |                         |  | USB 接続のローカルセンサ使用時 |
|                     | 年月日                             |                         |  |                   |
|                     | ピッタリ表示と同様                       |                         |  |                   |
| 表示方法                |                                 |                         |  |                   |
| 一覧表示                | WBGT・温度・相対湿度・CO <sub>2</sub> の値 | 1 分毎に更新                 |  |                   |
| WBGT グラフ            |                                 | ・ 折れ線グラフ表示<br>・ 1 分毎に更新 |  |                   |
| 温度グラフ               |                                 |                         |  |                   |
| 相対湿度グラフ             |                                 |                         |  |                   |
| CO <sub>2</sub> グラフ |                                 |                         |  |                   |
| 表示時間                |                                 |                         |  |                   |
| 開始                  | 0～23 時                          | 選択                      |  |                   |
| 終了                  | 1～24 時                          | 選択                      |  |                   |
| データ消去               |                                 |                         |  |                   |

図 2.2 暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムのトップページ

注 1) 1 行目のページタイトルの隣にモニタリング画面を表示する「ピッタリ表示」「モニタリング表示」「ローカルセンサ」の各ボタンがある。

注 2) 「熱中症チェックシート」にもリンクしている。

## 弘前大学教育学部附属学校園の暑さ指数（WBGT）

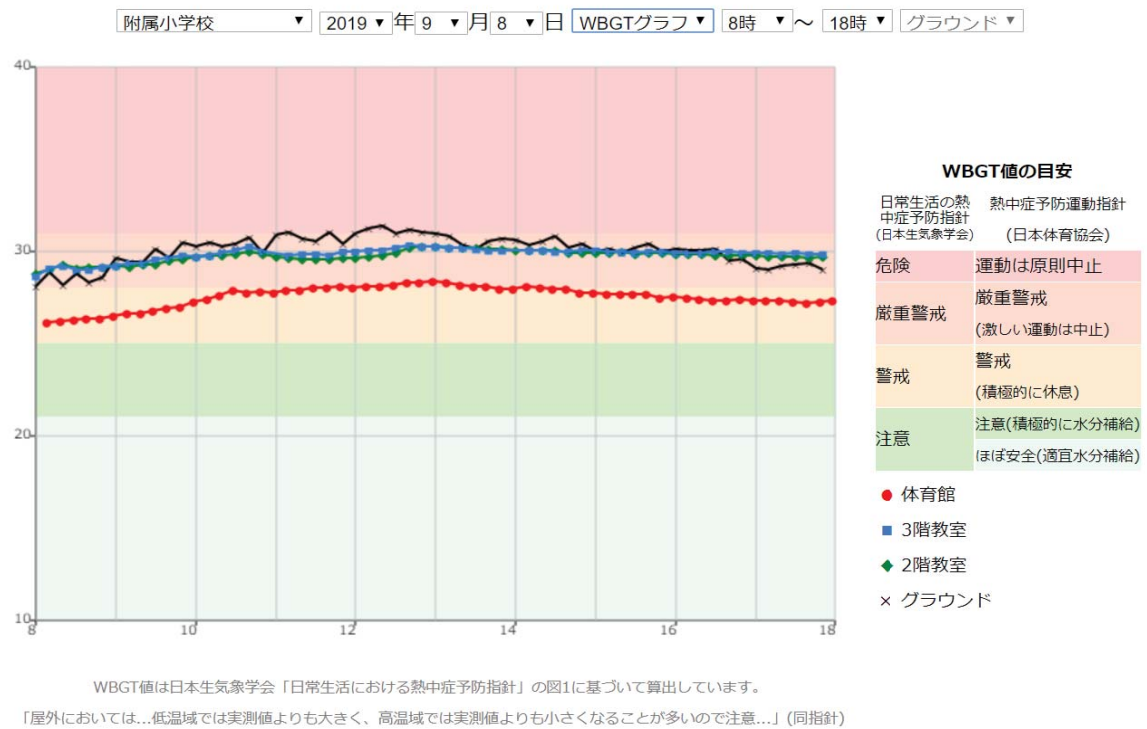


図 2.3 モニタリングシステムグラフ表示「WBGT」の例

注 1) グラフエリアは，日常生活の熱中症予防指針（日本気象学会），熱中症予防のための運動指針（日本スポーツ協会）を参考に，以下のように色で区分した。

- 青：21℃未満（ほぼ安全）
- 緑：21℃以上 25℃未満（注意）
- 黄：25℃以上 28℃未満（警戒）
- 橙：28℃以上 31℃未満（厳重警戒）
- 赤：31℃以上（危険）

注 2) 折れ線グラフは，場所ごとに色別で表示される

## 弘前大学教育学部附属学校園の温度

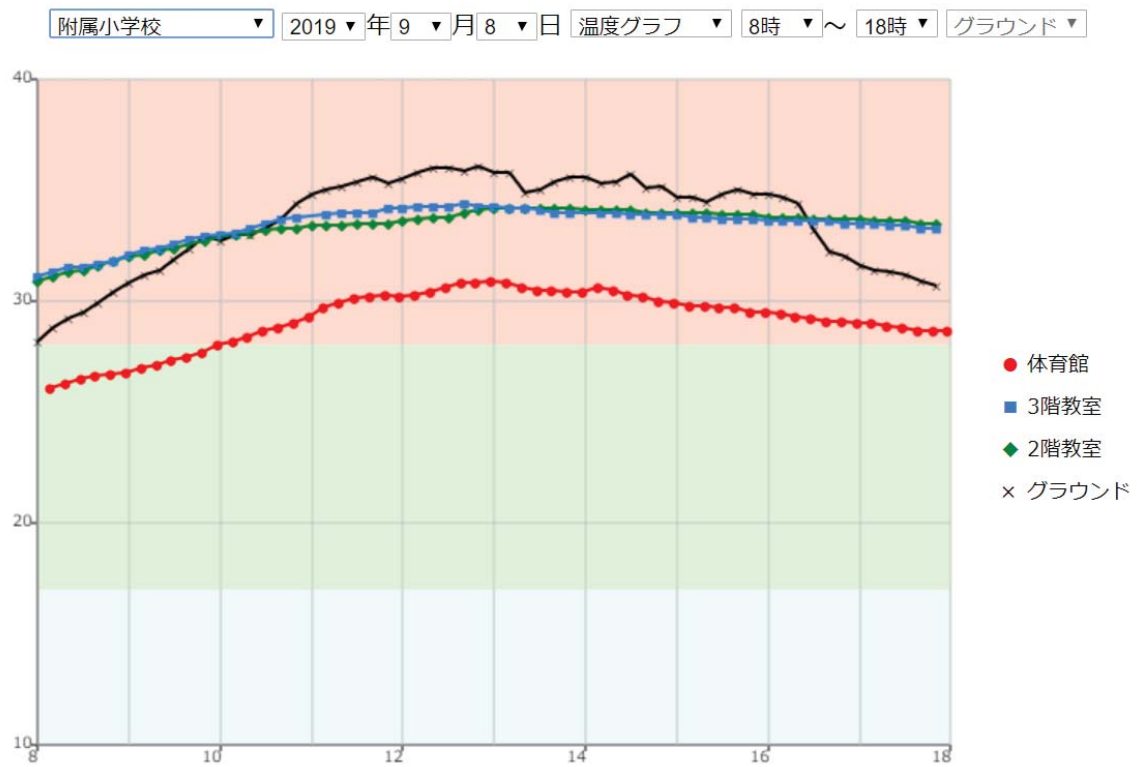


図 2.4 モニタリングシステムグラフ表示「温度」の例

注 1) グラフエリアは、学校環境衛生基準における温度の基準値を参考に、以下のように色で区分した。

緑：17℃以上 28℃以下（基準値の範囲）

赤：28℃超過

青：17℃未満

注 2) 折れ線グラフは、場所ごとに色別で表示される。

## 弘前大学教育学部附属学校園の湿度

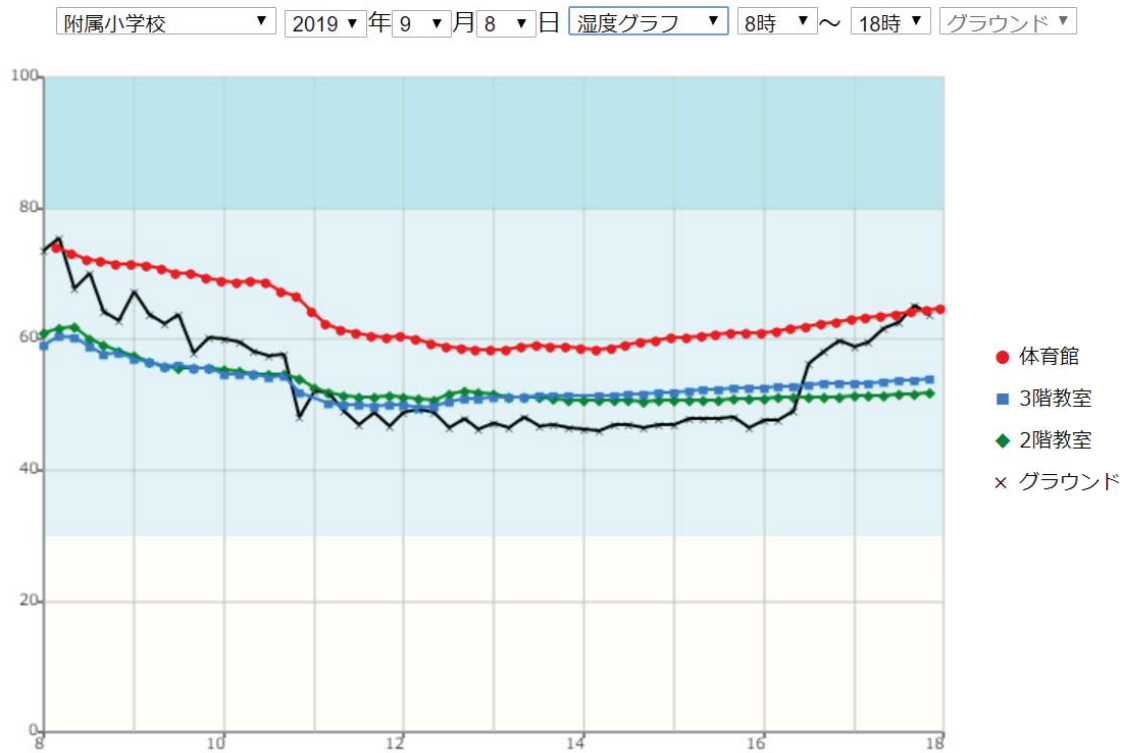


図 2.5 モニタリングシステムグラフ表示「相対湿度」の例

注 1) グラフエリアは、学校環境衛生基準における相対湿度の基準値を参考に、以下のように色で区分した。

薄青：30%以上 80%以下（基準値）

青：80% 超過

白：30% 未満

注 2) 折れ線グラフは、場所ごとに色別で表示される。

## 弘前大学教育学部附属学校園のCO<sub>2</sub>

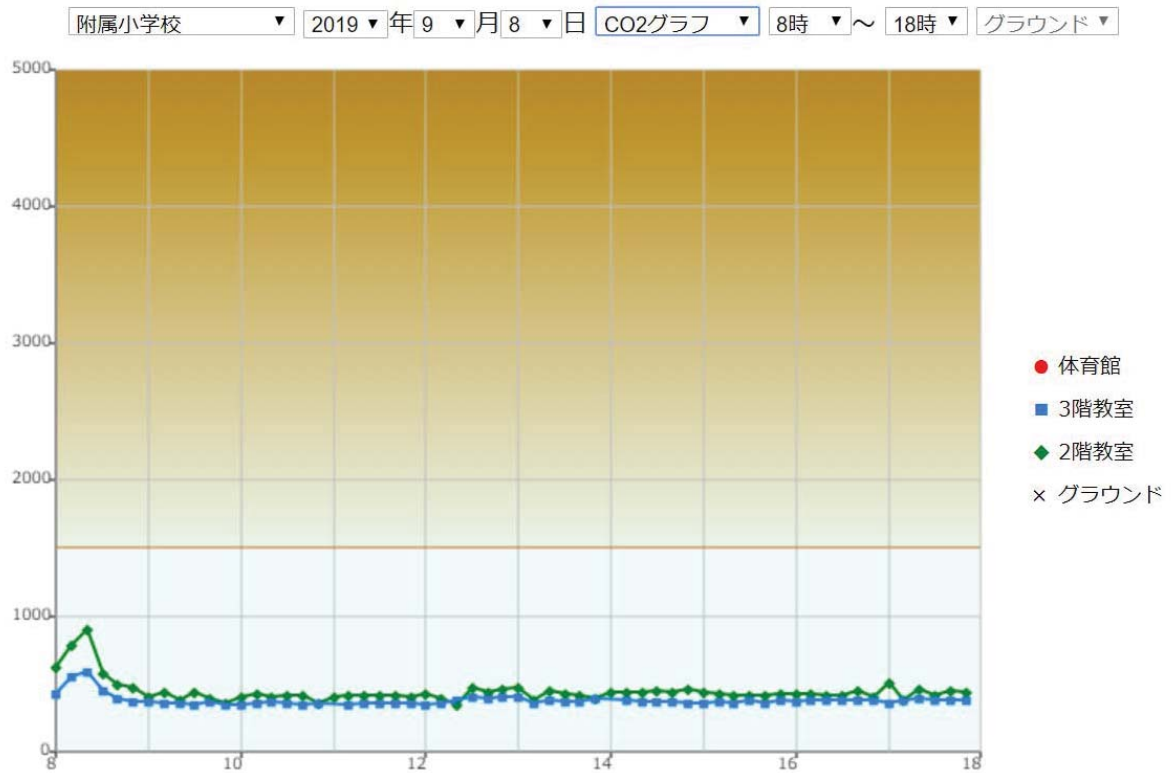


図 2.6 モニタリングシステムグラフ表示「CO<sub>2</sub>濃度」の例

注 1) グラフエリアは，学校環境衛生基準を参考に，CO<sub>2</sub>濃度の基準値 1500ppm の目盛り線にラインを引き，空気汚染がイメージできるよう超過エリアを茶のグラデーションにした。

注 2) 折れ線グラフは，場所ごとに色別で表示される。



弘前大学教育学部附属学校園の温度・湿度・暑さ指数(WBGT)・CO<sub>2</sub>

附属中学校 ▼

2019 ▼ 年 9 ▼ 月 8 ▼ 日

一覧表示 ▼

8時 ▼ ~ 18時 ▼

グラウンド ▼

| 年月日        | 時刻       | 学校    | 場所    | 温度(℃) | 湿度(%) | WBGT(℃) | CO <sub>2</sub> (ppm) |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------------|
| 2019/09/08 | 23:50:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25    | 78.6  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 23:40:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.2  | 79.5  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 23:30:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.2  | 78.1  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 23:20:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.3  | 77.6  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 23:10:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.4  | 74.2  | 25      | -                     |
| 2019/09/08 | 23:00:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.5  | 74.8  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:50:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.7  | 75.3  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:40:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.8  | 75.9  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:30:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.9  | 75.5  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:20:00 | 附属中学校 | グラウンド | 25.9  | 73.8  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:10:00 | 附属中学校 | グラウンド | 26    | 74.8  | 26      | -                     |
| 2019/09/08 | 22:00:00 | 附属中学校 | グラウンド | 26.1  | 74.8  | 26      | -                     |

図 2.7 一覧表示の例

注) 選択された場所の温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度が 10 分毎に更新され、上の行に表示される。

### 3. システムの特徴と有用性

本システムの特徴を以下に示す。

- 1) 温度、相対湿度、暑さ指数、CO<sub>2</sub>濃度（教室）が、特別なソフトを要せず Web 上に常時表示され、10 分毎に更新される。
- 2) グラフ表示は、学校別に複数地点の計測場所が色別に表示され、比較できる。
- 3) 保健室や職員室のパソコンや個々のモバイル端末から、離れた場所の温熱環境や空気環境をモニタリングできる。
- 4) スマートフォンなどの個々のモバイル機器からモニタリングできるため、屋外活動中もグラウンドや園庭等の暑熱状況が手元で確認できる。
- 5) 計測データは校内 LAN を経由して、サーバに蓄積されるため、過去のデータも年月日を指定して表示できる。また、CSV 形式で保存されているため、データをダウンロードできる。

以上のように、モニタリングシステムを改良し、年間を通した温熱・空気環境の掌握や衛生的管理が可能となったことから、熱中症が懸念される時期・時間帯には、保健室や職員室でモニタ画面を常時表示しておき、あるいはモバイル端末でモニタしながら、園児及び児童生徒への注意喚起や活動場所の変更等、必要な予防策をとることができた。また、養護教諭は、保健室に体調不良の園児及び児童生徒が来室した際に、活動場所の暑熱状況を熱中症の判断材料とすることができ、早期対応が可能となった。さらに、インフルエンザ等の感染症流行時には、教室の空気の乾燥（相対湿度）や汚染状況（CO<sub>2</sub>濃度）を掌握し、加湿や換気を促すなどの感染症予防対策をとることができた。

以上のことから、本システムは学校環境衛生上、有用であることが確認された。

#### 4. おわりに

附属学校園の校舎内外の複数地点（定点）における温熱環境を掌握することを目的として「暑さ指数モニタリングシステム」を開発した。2013年6月から9月の期間に計16台のセンサ端末を順次取り付けるとともに、システムの利用方法を附属学校園の教職員が共通理解することで、有効に活用することができた。

さらに、このシステムに空気汚染の指標であるCO<sub>2</sub>濃度を計測・モニタできるように「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」に改良し、2018年12月までにCO<sub>2</sub>センサを搭載した教室用センサを17台設置した。これにより、教室の空気の衛生的管理も可能となった。暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムを使用した夏季教室の暑熱環境の調査については第3章で述べる。さらに附属学校園におけるこれらの活用事例に関しては第4章で述べる。

以上のことから本研究も目的の一つである「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」による定点計測の手法が確立され、現在は弘前大学教育学部附属学校園で実用化されている。なお、本システムの詳細は2019年12月現在下記に公開している<sup>e</sup>。

<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/fuzoku/wbgt/>

---

<sup>e</sup> 開発したシステムのサーバは2019年度をもって廃止されるため、移設予定。

### 第3節 室内マルチポイント同期計測システムの開発

#### 1. はじめに

文部科学省調査によると、公立小中学校等の普通教室における空調（冷房）設備の設置率は2014（平成26）年度4月1日時点で35.8%であったが、「冷房設備対応臨時特例交付金」（平成30年度補正予算）により、2019（令和元）年度9月1日現在の設置率は78.4%（前年60.2%）に急増している（図2.8）。なお、普通教室については2019（令和元）年度末に設置率は9割に達する見込みである（文部科学省2019）<sup>18)</sup>。

今後は暖房を使用する冬季のみならず、夏季の冷房使用時においても空気環境が悪化することや、校舎内外の温熱・空気環境の差が大きくなってくることが懸念される。また、冷暖房設備の運用については、委ねられた教員の好みが反映され、温度設定のみの管理では温度ムラが出ることが課題とされている（日本建築学会2015）<sup>19)</sup>。これらの解決のためには、教室内複数個所を同時に計測し、室内分布や経時的変化等について詳細に把握する必要がある。

これまでに教室内複数箇所を計測した調査は、温熱環境に関するものが多く（小野ほか2011、延原ほか2012、西川ほか2013、園田ほか2013）<sup>20-23)</sup>、データの保存にはデータロガーを使用していた。このため計測時にデータを確認したり、計測後に直接閲覧したりすることができない。

そこで本研究では、生徒が日常の学習活動を行っている普通教室内において、複数の計測位置における温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度を連続的に同時計測し、そのデータを記録し、閲覧できるよう「室内マルチポイント同期計測システム」を開発した。

これまでに開発運用した「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」は、計測センサを校舎内外の要所に設置し、校内LANに有線接続したが、本システムでは、計測センサの位置が限定されないよう、アクセスポイントを設置して、無線（Wi-Fi）接続をした。

開発当初、データの送受信や保存は、室内のアクセスポイントから校内LANを経由して学内サーバを利用したが、利便性や汎用性を考慮し、LAN環境が整備されていない教室でも計測でき、インターネットに接続しなくても閲覧できるよう小型センサとポータブルサーバを利用したシステムに改良した。

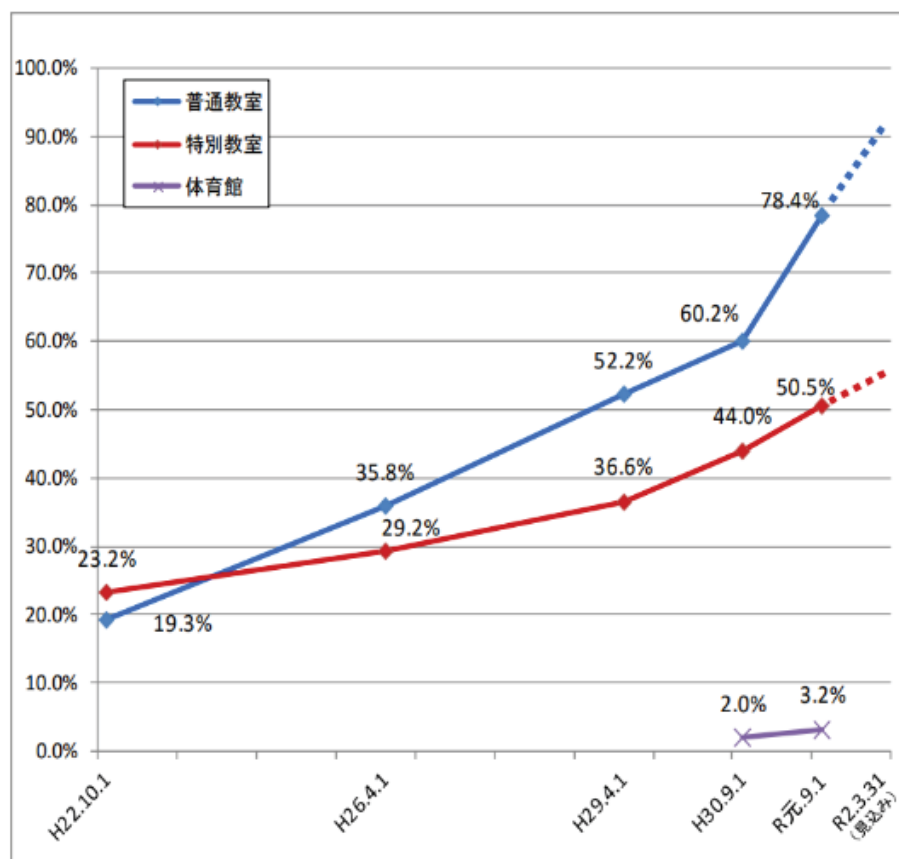


図 2.8 公立小中学校等の空調（冷房）設備設置状況の推移

注）公立学校施設の空調（冷房）設備の設置状況について（文部科学省 2019）<sup>18)</sup>より引用。

## 2. マルチポイント同期計測システムの概要

システムの全体像を図 2.9 に、構成を図 2.10 に示した。また、センサとサーバの仕様を表 2.8 に示した。サーバには、小型で軽量なシングルボードコンピュータ (RaspberryPi3<sup>f</sup>) を使用した。

各センサが計測した温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度は、無線でアクセスポイントに送られ、アクセスポイントを経由してポータブルサーバに送信されると、サーバのプログラムがこれを受け取り、ログファイル(CSV 形式)に記録する仕組みになっている。データのフォーマットは、前述した暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムと同様に、年月日、計測時刻、学校コード、場所コード、温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度 (表 2.5) とした。

計測センサの動作を図 2.11 に示した。センサは Wi-Fi 接続した後、内部時刻をポータブルサーバの NTP サーバに同期させ、時刻合わせをする。初回の電源投入時はただちに、温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の計測を行う。その後は所定の計測時刻まで待って計測を行う。センサがサーバにデータを送信すると、サーバから次回計測時刻を受け取り、保存した後、Sleep する。Sleep 時間はあらかじめ設定し、計測を行った。

計測の時間間隔はサーバの設定で正 1 分から設定可能であり、正 10 分とした場合、各センサは毎時 00 分・10 分・20 分・30 分・40 分・50 分の各時刻で計測でき、サーバに送信されたデータはパソコンやモバイル端末の Web サイト (表 2.7) の「マルチポイント表示」で確認することができた。

また、センサは単 3 アルカリ電池で動作し、小型 (10cm×6.5cm×3.5cm) であるため、教室内の生徒用机に学習の妨げにならずに設置できる仕様である (図 2.12)。センサ 9 台とサーバを含むシステム全体の重量は約 2.5 kg であり、システム全体の持ち運びが可能となった。

---

<sup>f</sup> ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータ。一枚のプリント基板の上に、CPU と周辺部品、入出力インタフェースとコネクタを付けただけの極めて簡素なコンピュータ。





図 2.9 室内マルチポイント同期計測システム全体像

注) センサ 1 個の大きさは  $10 \times 6.5 \times 3.5$  cm, 重さ約 200g。システム全体の重量は約 2.5 kg でコンパクトに収納でき, 容易に持ち運び出来る。

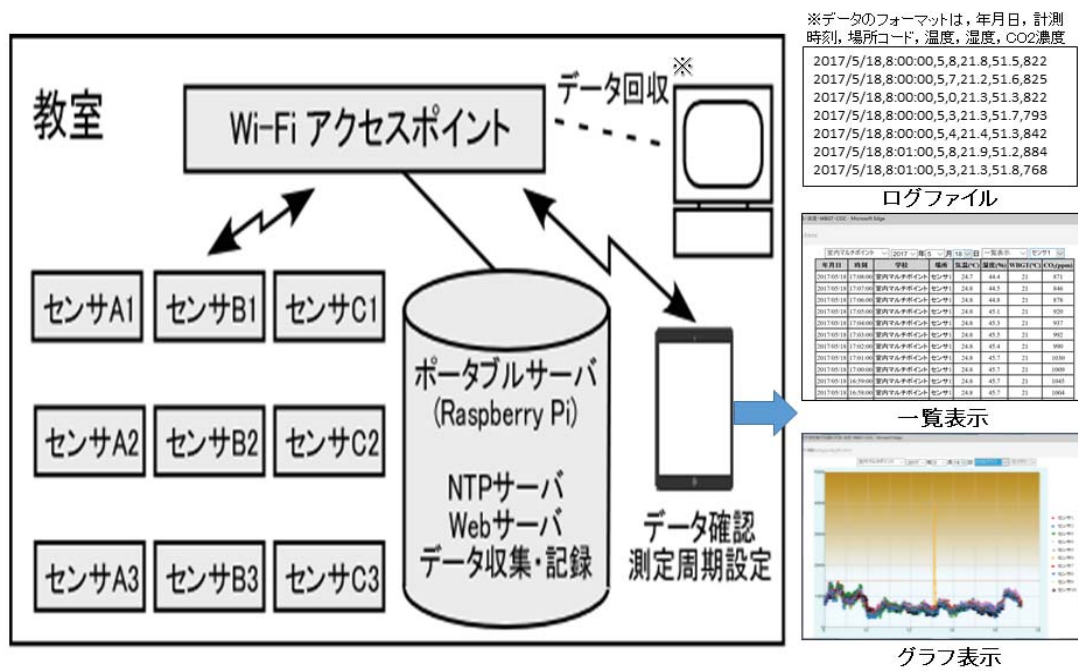


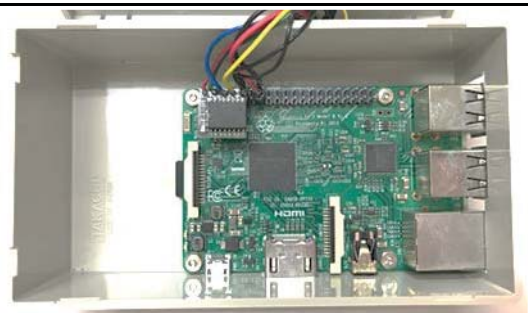
図 2.10 室内マルチポイント同期計測システムの構成

表 2.8 センサとサーバの仕様

|             |  |
|-------------|--|
| 大 き さ ・ 重 さ | センサ：10cm×6.5cm×3.5cm 約 200g<br>サーバ：10cm×6.5cm×3.5cm 135g                             |
| 電 源         | センサ：単 3 アルカリ 電池×2(1 分毎の計測で 14 時間以上稼働)<br>サーバ：DC 5V(AC アダプタ使用)                        |
| セ ン サ M P U | ESP-WROOM-02   |
| センサデバイス     | ①温湿度：SHT11(Sensirion 社)<br>②CO <sub>2</sub> ：CDM7160(Figaro 社), 非分散形赤外線吸収式 (NDIR 方式) |
| セ ン サ 精 度   | 温度：±1℃ (0～50℃)<br>相対湿度：±3% (20～80%)<br>CO <sub>2</sub> ：± (50ppm+3%)                 |
| 計 測 間 隔     | 正 1 分～(1 分単位でサーバ設定可) 計測時刻は NTP サーバに同期，精度 1 秒   |
| 接 続 方 法     | アクセスポイントに Wi-Fi 接続し，ポータブルサーバにデータを送信  |
| リアルタイムクロック  | DS3231 (Wi-Fi ルータを WAN 接続することにより外部 NTP サーバに同期)                                       |
| サーバマイコン     | Raspberry Pi 3 model B<br>(メモリ：16GB, OS：Raspbian Jessie Lite)                        |
| サ ー バ 機 能   | NTP サーバ・Web サーバ，センサからのデータを収集・記録  |



センサ内部



サーバ内部

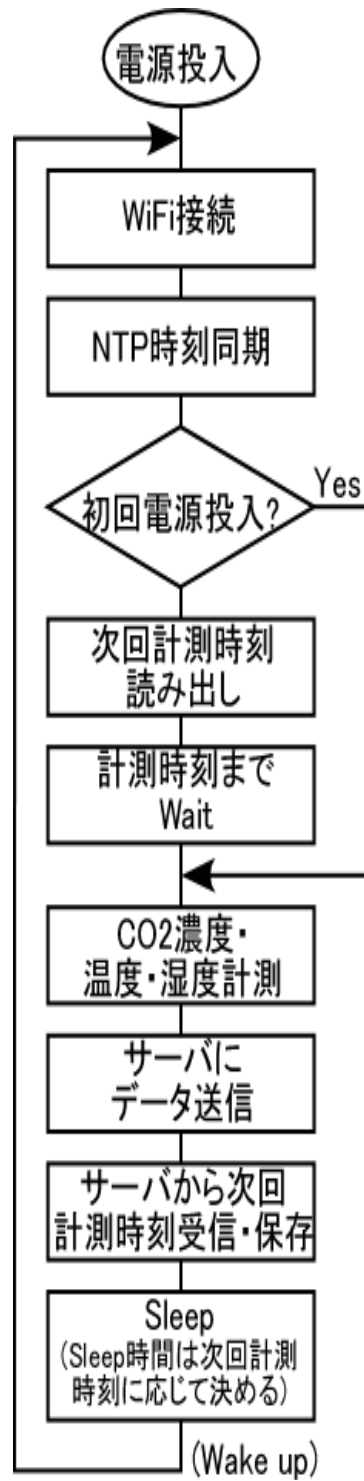


図 2.11 計測センサの内部処理フロー



図 2.12 計測センサ設置の様子

### 3. 教室内空気環境の計測例

#### 3.1 計測日時・場所

教室の平面図と計測位置（センサ設置場所）を図 2.13 に示した。2017 年 5 月 18 日の 8:00 から 17:00 までに、弘前大学教育学部附属中学校の 1 年 A 組の教室内 9 か所におおよそ等間隔になるよう設置し、計測を行った。

対象とした教室は鉄筋コンクリート造（以下、RC 造）3 階建校舎で、片廊下タイプの教室が 10 教室並ぶ 3 階の中央部にあたる。教室の南側は床上 90 cm 以上が全面ガラス窓であり、ブラインドが設置されている。教室には暖房設備と機械換気設備があるが、暖房は 4 月から 10 月までは稼働していない。在室人数は、生徒 32 名及び教員 1~2 名で最多 34 名であった。

#### 3.2 計測方法

計測センサを温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の値を 1 分おきに自動計測するようサーバ側で設定した。生徒と教員の在室状況や、廊下側出入口・窓の開閉状況は、教室前方にカメラを設置して記録した。データは計測終了後にサーバのログファイルをダウンロードし、表計算ソフト Excel を用いて解析した。

#### 3.3 計測結果

室内マルチポイント同期計測システムによって、Web ブラウザに表示された 2017 年 5 月 18 日の温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度のグラフを図 2.14 に示した。

気象庁<sup>g</sup>によると計測実施日の学校所在地の天候は晴、日中の最高気温は 21.4℃、最多風向は北北東、平均風速 2.2m/s であった。

温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の計測位置別日平均値を表 2.9 に示した。また、教室の計測位置別 CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化と在室人数の関係を図 2.15 のグラフに示した。

計測日は、生徒が登校し、在室人数の増加に伴って CO<sub>2</sub>濃度は上昇を始めたが、朝学活時、授業 1 の開始時に教師が段階的に窓を開けたため低下し、授業 2 では生徒が不在になったため大きく低下した。窓や廊下側出入口は授業 2 から下校時まで開放した。CO<sub>2</sub>濃度が最も上昇したのは、朝学活の生徒在室時で、廊下側前列 (A1) の 1467ppm であった。今回の計測では、窓と廊下側出入口を開放したことにより基準値の 1500ppm を超えることはなかった。計測位置による CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化を比較すると、開放した窓に最も近い外窓側後列 (C3) が低い値（平均濃度 673±244ppm）を推移し、教室中央 (B2) は比較的高い値（805±200ppm）を推移した。2017 年 5 月 18 日の計測では、温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度がいずれも基準値を満たしていた。

<sup>g</sup> 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>



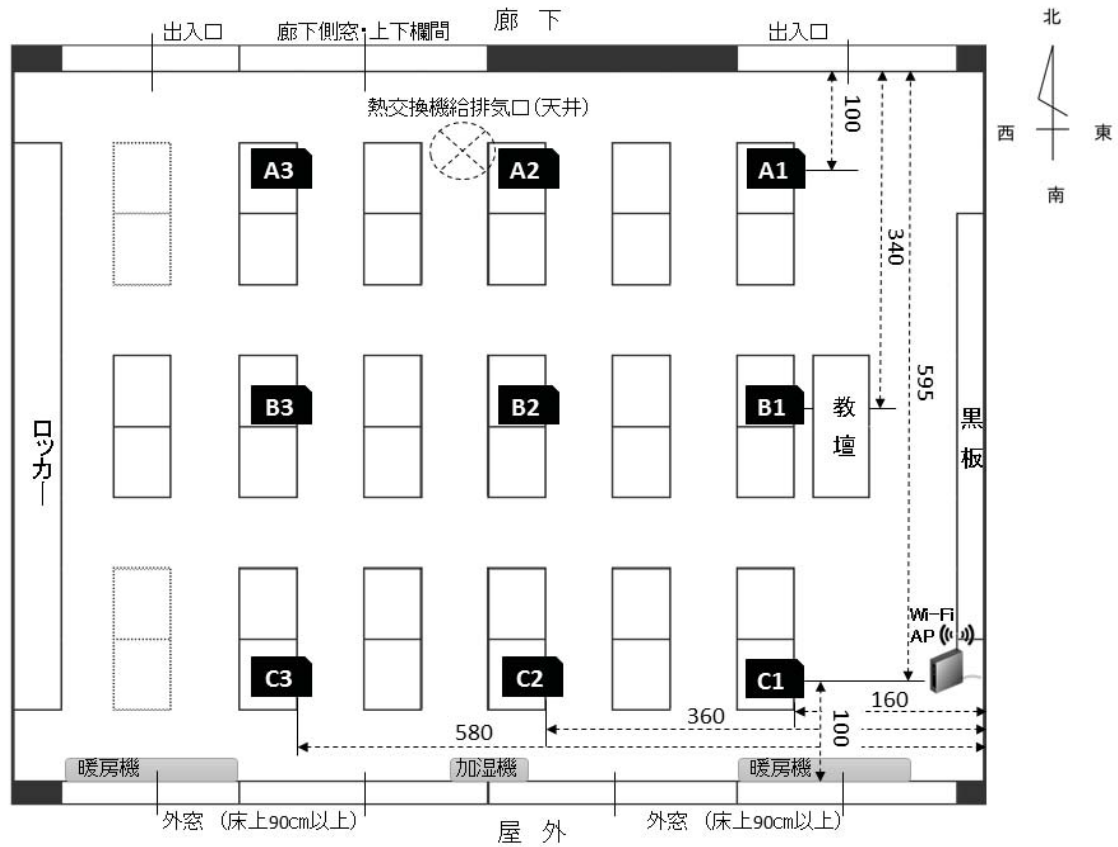


図 2.13 教室の平面図と計測位置

## 第 2 章

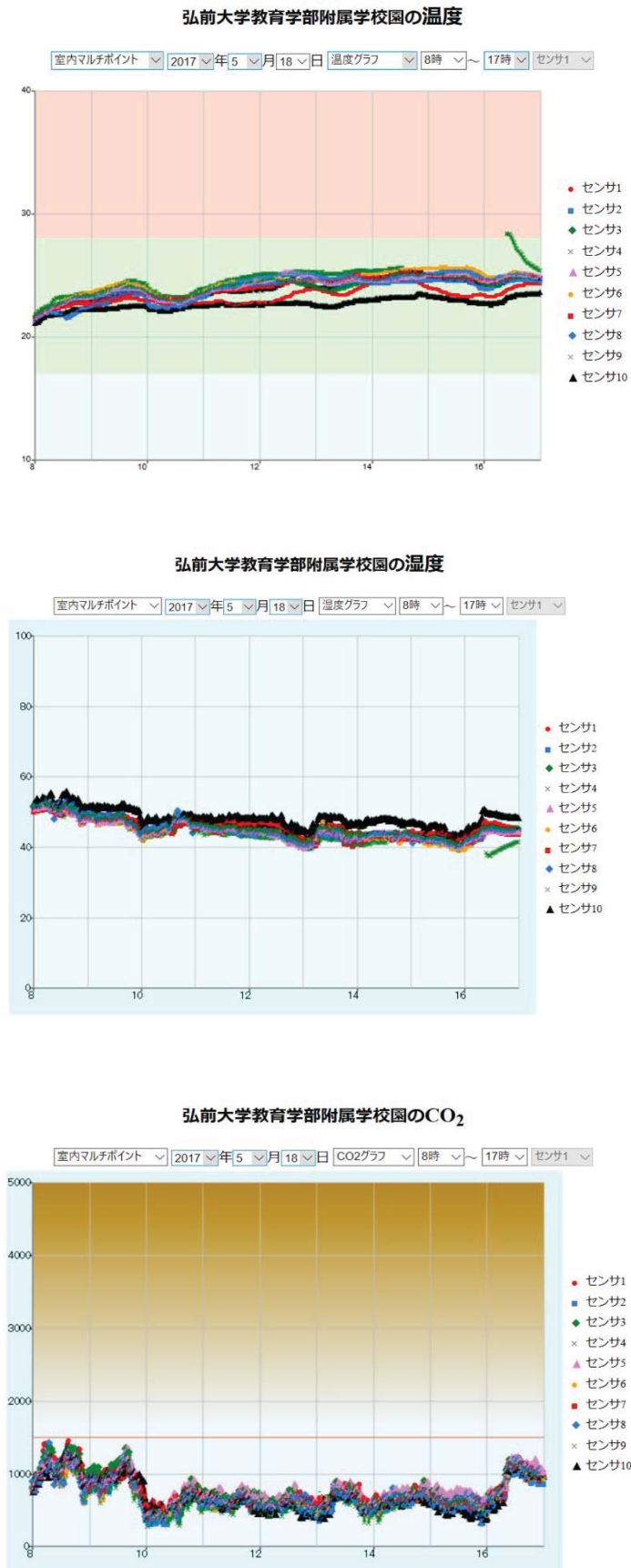


図 2.14 室内マルチポイント計測システムによるグラフ表示（2017 年 5 月 18 日）

表 2.9 温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の計測位置別平均値（2017年5月18日）

|       |    | 温 度 (℃) |      | 相対湿度 (%) |      | CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm) |      |
|-------|----|---------|------|----------|------|--------------------------|------|
| 計測位置  |    | 平均値     | SD   | 平均値      | SD   | 平均値                      | SD   |
| 廊下側   | A1 | 23.8    | ±0.7 | 46.3     | ±2.5 | 792                      | ±216 |
|       | A2 | 24.5    | ±0.7 | 45.4     | ±2.7 | 698                      | ±212 |
|       | A3 | 24.6    | ±0.8 | 45.6     | ±2.8 | 778                      | ±228 |
| 廊下側平均 |    | 24.3    | ±0.8 | 45.8     | ±2.7 | 756                      | ±222 |
| 中 央   | B1 | 24.4    | ±0.8 | 45.9     | ±2.7 | 758                      | ±193 |
|       | B2 | 24.7    | ±0.9 | 45.1     | ±2.7 | 805                      | ±200 |
|       | B3 | 24.9    | ±0.9 | 44.8     | ±3.0 | 713                      | ±214 |
| 中央平均  |    | 24.7    | ±0.9 | 45.3     | ±2.8 | 759                      | ±205 |
| 外窓側   | C1 | 24.6    | ±0.9 | 45.0     | ±2.7 | 742                      | ±191 |
|       | C2 | 24.5    | ±1.2 | 45.0     | ±3.3 | 745                      | ±211 |
|       | C3 | 25.0    | ±1.1 | 44.2     | ±3.2 | 673                      | ±244 |
| 外窓側平均 |    | 24.7    | ±1.1 | 44.8     | ±3.1 | 724                      | ±216 |
| 教室全体  |    | 24.5    | ±1.0 | 45.3     | ±2.9 | 747                      | ±215 |

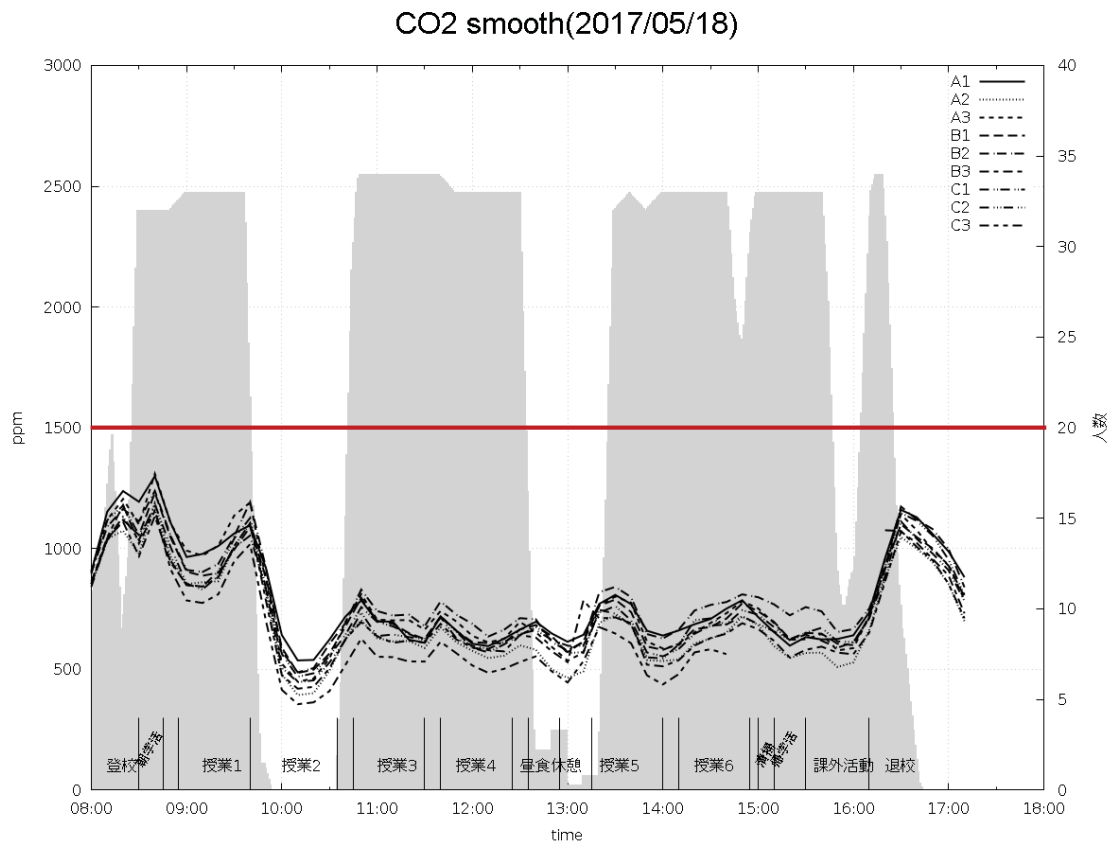


図 2.15 教室の計測位置別 CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化と在室人数

#### 4. おわりに

LAN 環境のない教室でも温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度が計測できるよう，ポータブルサーバを用いた室内マルチポイント同期計測システムを開発した。教室内 9 か所で計測を行うとともに，パソコンやモバイル端末を室内のアクセスポイントに無線（Wi-Fi）接続することにより，計測中も温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度のグラフが表示されることを確認した。さらに，計測後サーバからダウンロードした CSV 形式のデータを用いることにより，温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の室内分布や経時的変化を詳細に検討できることを示した。

以上のことから，室内マルチポイント同期計測システムを様々な学校に持ち運び，教室の温熱・空気環境の実測調査を行うことが可能となった。

## 文献

- 1) 木村彰孝, 小林大輔, 佐々木靖, 他: 寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性 (第2報) - 梅雨・夏期の小学校教室における温熱環境と児童生徒等による全身温冷感評価-木材工業 Vol. 63No. 9, 406-411, 2008
- 2) 本間義規: 中学校教室の温熱・空気環境に関する研究-盛岡市内の中学校における冬季環境測定結果-. 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海): 227-228, 2003
- 3) 吉野博, 石川善美: 宮城県の小学校における暖房時の教室の温熱空気環境に関する実態調査. 空気調和・衛生工学学会学術論文集, 169-172, 1986
- 4) 須藤美音: 夏期の中学校における教室環境が授業理解・教授意欲に及ぼす影響. こども環境学研究 9(3), 28-35, 2013
- 5) 村上修三, 伊藤一秀, ポールワルゴッキ: 教室の環境と学習効率 第3編海外の研究動向-小学校の教室環境を中心に-, 建築資料研究社, 東京, 161-189, 2007
- 6) 文部科学省: 学校環境衛生マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践 [平成30年度改訂版] 第II章学校環境衛生基準 第1 教室等の環境に係る学校環境衛生基準 1 換気及び保温等. 東京, 26-56, 2018
- 7) 小山智史, 佐藤ゆかり, 森菜穂子: リアルタイム熱中症指数 (WBGT) モニタリングシステムの開発, 第31回日本産業技術教育学会東北支部大会/第16回モバイル研究会 (宮城教育大学) 講演論文集, 15-16, 2013
- 8) 森菜穂子, 小山智史, 太田誠耕, 中田暁代, 今井直子, 丹代菜々: 熱中症指数モニタリングシステムの活用と夏期教室の温熱環境, 東北学校保健学会誌第63号, 52-53, 2015
- 9) 森菜穂子, 佐藤ゆかり, 小山智史: 教室内温熱・空気環境のマルチポイント同期計測システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告 ET2016-91, 69-73, 2017
- 10) 佐藤ゆかり: ポータブルサーバを用いたマルチポイント同期計測システムの開発-教室における温湿度・二酸化炭素濃度の計測-, 弘前大学大学院修士論文, 2017
- 11) 森菜穂子, 佐藤ゆかり, 小山智史: ポータブルサーバを用いた教室内空気環境のマルチポイント同期計測システムの開発, 教育システム情報学会 JSSiSE2017 第42回全国大会, 235-236, 2017
- 12) 日本生気象学会: 日常生活における熱中症予防指針 Ver. 3 (確定版), 2013
- 13) 公益財団法人日本スポーツ協会: 熱中症予防のための運動指針. スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 2019
- 14) 環境省: 熱中症予防情報サイト. <http://www.wbgt.env.go.jp/> (最終アクセス 2019年10月30日)
- 15) 伊藤武彦, 三村由香里, 鈴木久雄: 熱中症予防対策のための湿球温度の簡便な自動測定記録装置, 岡山大学大学院教育学研究科研究収録第140号, 7-11, 2009
- 16) 本間郁男: WBGT (暑さ指数) 無線計測システムによる熱中症予防対策, 建設の施行企画, 39-43, 2010
- 17) 小山智史, 佐藤ゆかり, 森菜穂子: リアルタイム熱中症指数 (WBGT) モニタリン



- グシステムの開発，第31回日本産業技術教育学会東北支部大会/第16回モバイル研究会（宮城教育大学）講演論文集，15-16，2013
- 18) 文部科学省：報道発表「公立学校施設の空調（冷房）設備の設置状況について」令和元年9月19日，  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/31/09/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/09/19/1421285\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/31/09/__icsFiles/afieldfile/2019/09/19/1421285_1.pdf)（最終アクセス2019年10月30日）
- 19) 日本建築学会環境工学委員会空気環境運営委員会換気通風小委員会：なぜいま「学校空気環境なのか」学校における温熱・空気環境に関する現状の問題点と対策－子供たちが健康で快適に学習できる環境づくりのために－．日本建築学会，2015
- 20) 小野公平，岡田知子：北九州地域における公立小中学校の夏季温熱環境評価－実態調査とシュミレーションによる改善提案－．人間と生活環境，18(1)，25-36，2011
- 21) 延原理恵，角谷環：冷房時における小学校教室の温熱環境と温冷感評価，京都教育大学環境教育研究年報，第20号，65-73，2012
- 22) 西川嘉雄，中村純平，丸山秀司，パッシブ手法による教室の温熱環境の快適性に関する研究．長野工業高等専門学校紀要，第47号，1-9，2013
- 23) 園田真吾，堀越哲美：エコ改修後の四季における小学校教室内温熱環境調査－土橋小学校を事例として－．日本建築学会大会学術講演梗概集，35-36，2013



## 第3章 寒冷地における教室の温熱・空気環境

### 第1節 暑さ指数モニタリングシステムによる夏季教室の温熱環境の評価<sup>a</sup>

#### 1. はじめに

弘前大学教育学部附属中学校では、気温や湿度が高い日は、教室においても教員、生徒ともに気分不良や学習意欲の低下を訴える生徒が多く、2012年8月には授業日10日間で延べ101名の生徒が内科的症状を訴えて保健室を利用した。このうち38名が、だるい・気持ち悪い・めまい・立ち眩み等、熱中症を疑う症状であった。この状況を踏まえ2013年度6月より温湿度センサを弘前大学教育学部附属学校園（以下、附属学校園）の校舎内外25か所に順次設置し、温湿度および暑さ指数（以下、WBGT）をWebブラウザでモニタリングできるシステムを開発し、現在も活用している<sup>1)</sup>。

本節では、「暑さ指数モニタリングシステム」<sup>b</sup>を活用し、中学校の夏季教室の温熱環境の実態や教室による違いを把握することを目的として、条件の異なる教室の温度・湿度・WBGTを比較した。

---

<sup>a</sup> 本節は、「森菜穂子，小山智史，太田誠耕，他：熱中症指数モニタリングシステムの活用と夏期教室の温熱環境．東北学校保健学会誌第63号，52-53，2015」に基づいて再構成した。

<sup>b</sup> 2013年の時点では，温湿度を計測するセンサのみであったため，第3章では「暑さ指数モニタリングシステム」とする。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査日時

2014年9月3日と9月5日の8:00から17:00までとした。

### 2.2 対象教室

1年A組（以下、1A）、3年A組（以下、3A）、3年E組（以下、3E）の3教室を対象とした（図3.1）。いずれも片廊下タイプの教室で、教室は南側に面し、北側には廊下がある。1Aは3階中央に位置し、廊下には窓がないため風通しが悪く、教員の間では「最も暑い」と言われている。3Aは2階中央に位置し、1Aの真下にあたる。3Eは2階西側に位置し、窓の外は立ち木によって直射日光が遮られ、教員の間では比較的涼しいとされている。

### 2.3 計測方法

教室前方の床上1mに設置した暑さ指数モニタリングシステムの計測センサ（図3.2）で10分おきに温度と湿度を計測し、職員室や保健室のパソコンから計測データを確認した。

### 2.4 教室の状況

調査時は生徒の健康状況を配慮し、各教室とも外窓と廊下側の出入口やガラス戸を全開にさせ、扇風機（2～3台）を稼働させた。機械換気（全熱交換器）は使用されていなかった。教室では休憩時間や教室移動を除き、各教室38±2人の生徒が授業を受けていた。

### 2.5 気象状況

9月3日は快晴であった。気象庁によるこの日の気象データ<sup>2)</sup>（表3.1）では、平均気温21.9℃、最高気温27.1℃、平均風速1.7m/s、日照時間6.9時間、1日の降水量は0mmであった。9月5日は、朝8時頃まで雨、その後晴れて気温が上昇した。5日の気象データは、平均気温23.4℃、最高気温29.0℃、平均風速1.7m/s、日照時間5.9時間、1日の降水量は4mmであった。

### 2.6 分析方法

調査日の温度・湿度・WBGTのデータを学内サーバからダウンロードした。教室間の温熱環境の違いを明らかにするため、温度・湿度・WBGTの教室間の差の平均値を比較した。分析には統計ソフトSPSS Statistics for Windowsを使用し、t検定を行った。

表 3.1 学校所在地の気象データ（気象庁）

|           | 2014 年 9 月 3 日 | 2014 年 9 月 5 日 |
|-----------|----------------|----------------|
| 平均気温（℃）   | 21.9 ℃         | 23.4 ℃         |
| 最高気温（℃）   | 27.1 ℃         | 29.0 ℃         |
| 平均風速（m/s） | 1.7 m/s        | 1.7 m/s        |
| 日照時間（h）   | 6.9 h          | 5.9 h          |
| 降水量（mm）   | 0 mm           | 4 mm           |

注）気象庁の過去の気象データ<sup>2)</sup>から著者が作成

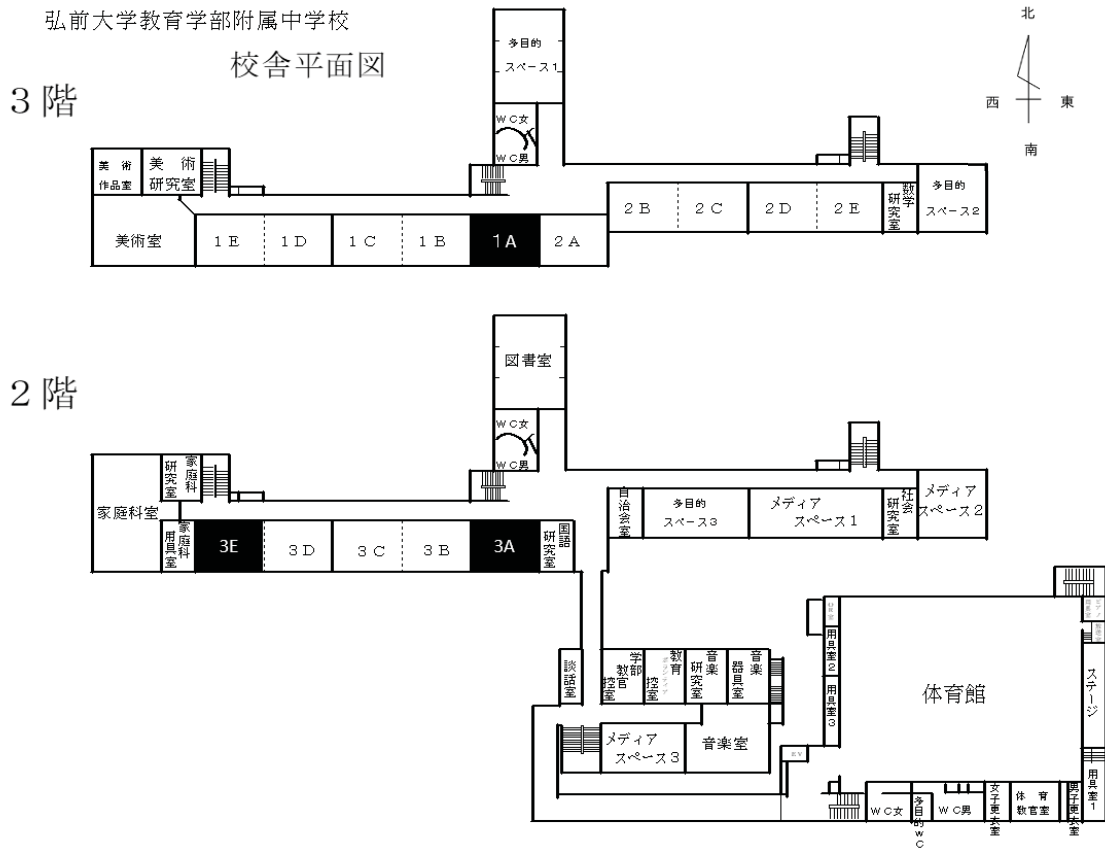


図 3.1 校舎平面図及び対象教室



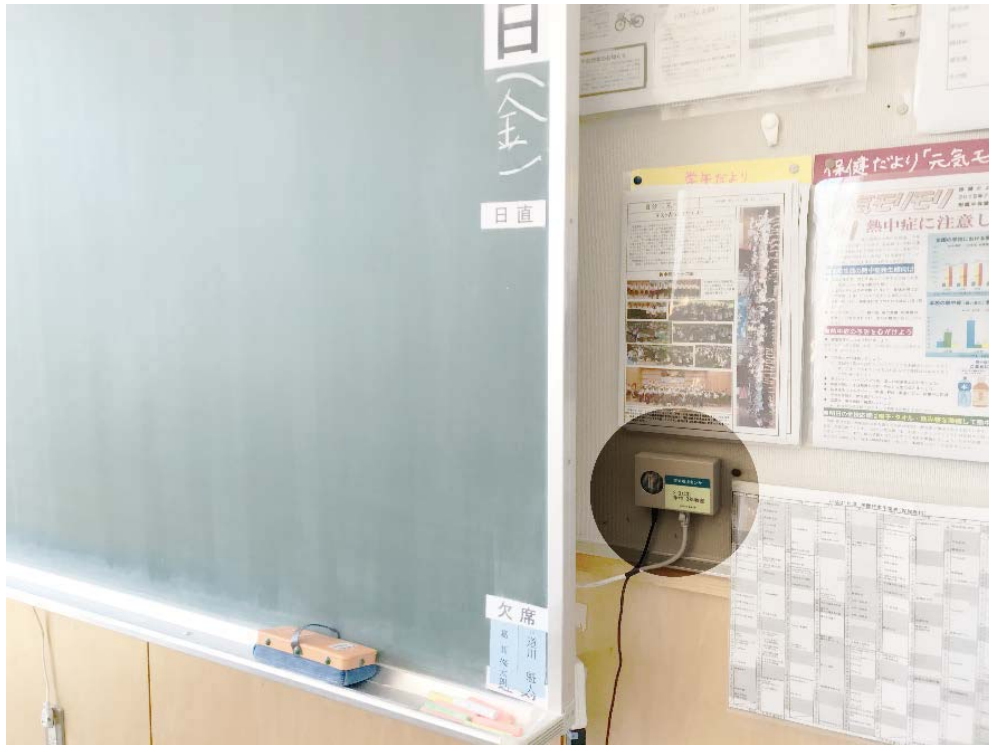


図 3.2 教室のセンサ設置例

### 3. 結果と考察

夏季の教室の温熱環境の実態や教室による違いを把握するために、教室に設置した暑さ指数モニタリングシステムによる温度・湿度・WBGT のデータを分析した。

2014 年 9 月 3 日と 9 月 5 日の温度・湿度・WBGT の経時的変化を図 3.3 と図 3.4 に示した。またこれらの平均値と最高値を表 3.2 に、教室間の差の平均値と最大値を表 3.3 に示した。

#### 3.1 温度・湿度・WBGT の推移状況

9 月 3 日の教室の温度は、いずれも基準値を上回る 28℃以上を推移し、3 階の 1A 教室は 11 時から 13 時の間は 2 階の 2 つの教室より高い温度（約 30℃）で推移し、WBGT も警戒域に達する時間帯があったが、2 階の教室は警戒域に達していなかった（図 3.3）。

9 月 5 日の教室の温度は、教室間の差が小さく、午後からはすべての教室が 28℃以上を推移した。1A 教室と 3A 教室は温度推移の状況がほぼ同じだったが 14 時以降は 1A 教室が比較的高い温度を推移した。この日は、湿度が 60 度前後と高かったため、WBGT はすべての教室が一日中警戒域を推移した（図 3.4）。

#### 3.2 教室間の温度・湿度・WBGT の差

9 月 3 日の教室間の温度差の平均は、1A と 3A で 1.0℃、1A と 3E は 0.6℃、3A と 3E の 2 階教室間は 0.4℃で、いずれも 0.1%水準で有意差があった。WBGT も 0.1%水準で有意な差があった。また、9 月 5 日の教室間の温度差の平均は 1A と 3E で 0.6℃、1%水準で有意な差があった。湿度の差はなく、WBGT は、3 階（1A）と 2 階（3A、3E）で 0.4℃、0.1%水準の差があった（表 3.3）。

外気温が高かったのは 9 月 5 日であったが、教室間の温度差が大きかったのは 9 月 3 日であった。3 階と 2 階の教室間に差が生じた要因として日照時間の影響が考えられる。一日中晴れて日照時間の多かった 9 月 3 日は、教室間の温度差が大きく、平均 1.0℃、最大 2.3℃であったが、朝のうち雨で日照時間の少なかった 9 月 5 日は教室間の温度差が平均 0.4℃、最大 1.5℃であった。校舎は鉄筋コンクリート構造 3 階建てであり、3 階教室は屋上の真下に当たるので、日射で温められた屋上の輻射熱の影響を受けていることが推察される。

両日とも教室の温度・湿度・WBGT が最も高い値を示したのは、3 階中央に位置する 1A 教室であった（表 3.2）。

相対湿度は、2 階のほうが 3 階より平均値が若干高い傾向があったが、温度の影響を受けていることが考えられ、実際は教室間の差がほとんどなかったと推察する。したがって WBGT の値は、教室の温度に影響を受けることが考えられる。9 月 5 日に教室間の WBGT の差が 2.0℃の最大値を示したときは、1A 教室の温度が最高値となった時刻であった。

以上のことから、附属中学校における教室の温熱環境は、2 階より 3 階の温度と WBGT が有意に高いことが明らかとなった。「日常生活に関する指針」<sup>3)</sup>において WBGT28℃～31℃は嚴重警戒域であり、すべての生活活動で熱中症が起こる危険性があるが、1A と 3A の 2 教室は、9 月 5 日の 12:30 から 14:30 までの間に 28℃以上の嚴重警戒域に達

していた。3E 教室は 28℃未満の警戒域にとどまっていたものの、教室間の差が縮まる時間帯もあったことから、どの教室も厳重警戒域に達する可能性があり、室温の上昇に注意する必要がある。

表 3.2 教室の温度・湿度・WBGT

| 教室（階）          | 項目 | 2014 年 9 月 3 日 |      |       | 2014 年 9 月 5 日 |      |       |
|----------------|----|----------------|------|-------|----------------|------|-------|
|                |    | 温度℃            | 湿度%  | WBGT℃ | 温度℃            | 湿度%  | WBGT℃ |
| 1A 教室<br>(3 階) | 平均 | 29.6           | 46.5 | 25.6  | 29.3           | 59.8 | 27.1  |
|                | 最高 | 30.7           | 55.4 | 26.0  | 30.9           | 71.2 | 28.0  |
| 3A 教室<br>(2 階) | 平均 | 28.6           | 47.6 | 24.8  | 28.9           | 59.2 | 26.7  |
|                | 最高 | 29.3           | 52.5 | 25.0  | 30.6           | 69.9 | 28.0  |
| 3E 教室<br>(2 階) | 平均 | 29.0           | 47.8 | 25.1  | 28.6           | 60.9 | 26.7  |
|                | 最高 | 29.8           | 51.5 | 26.0  | 29.8           | 69.2 | 27.0  |

表 3.3 2 つの教室間の差の平均値・最大値

| 教室間        | 項目    | 2014 年 9 月 3 日 |       |       | 2014 年 9 月 5 日 |       |       |
|------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|            |       | 温度℃            | 湿度%   | WBGT℃ | 温度℃            | 湿度%   | WBGT℃ |
| 1A 教室<br>× | 差の平均値 | 1.0            | 1.1   | 0.8   | 0.3            | 0.7   | 0.4   |
|            | (最大値) | (2.3)          | (3.3) | (2.0) | (1.5)          | (2.4) | (2.0) |
| 3A 教室      | 有意水準  | ***            | n. s. | ***   | ns             | ns    | ***   |
| 1A 教室<br>× | 差の平均値 | 0.6            | 1.3   | 0.5   | 0.6            | 1.1   | 0.4   |
|            | (最大値) | (1.7)          | (4.5) | (1.0) | (1.4)          | (2.6) | (1.0) |
| 3E 教室      | 有意水準  | ***            | *     | ***   | **             | n. s. | ***   |
| 3A 教室<br>× | 差の平均値 | 0.4            | 0.2   | 0.3   | 0.3            | 1.8   | 0.0   |
|            | (最大値) | (0.2)          | (2.1) | (0.0) | (1.2)          | (1.3) | (1.0) |
| 3E 教室      | 有意水準  | ***            | n. s. | ***   | n. s.          | n. s. | n. s. |

注) \*\*\* :  $p < 0.001$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

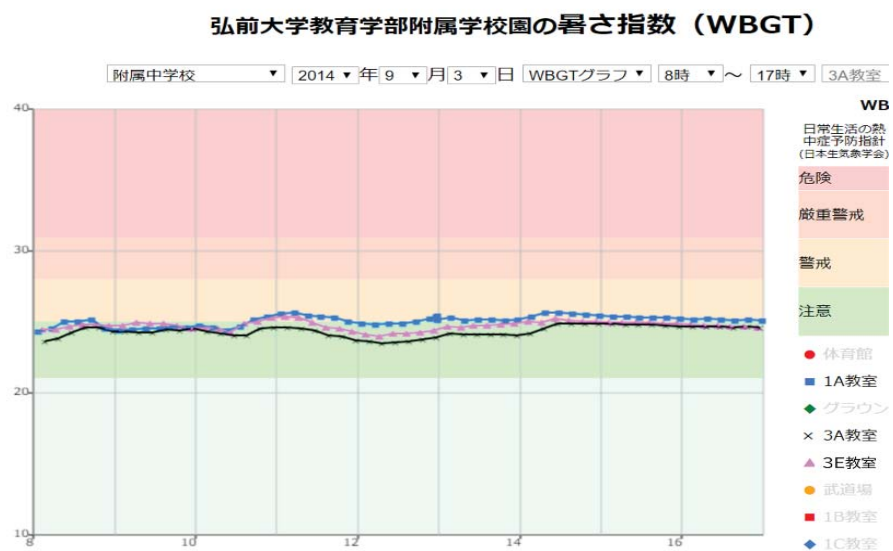
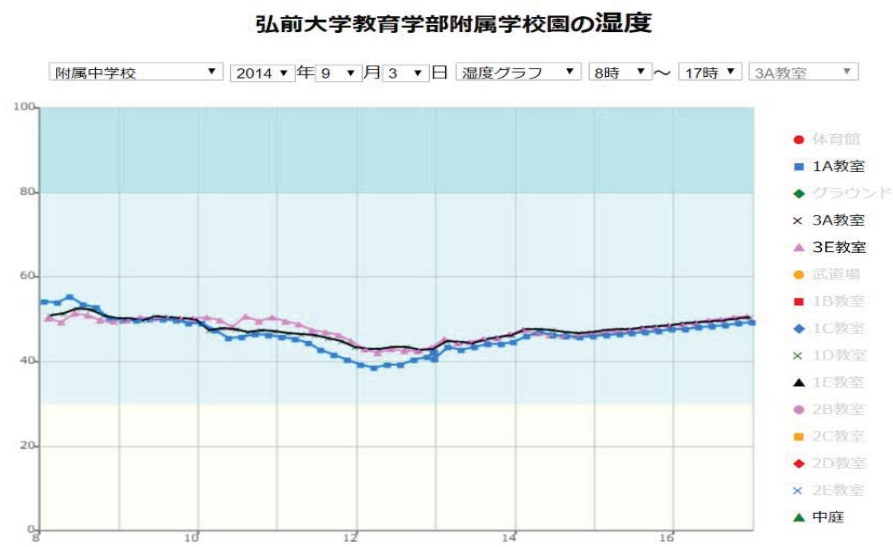
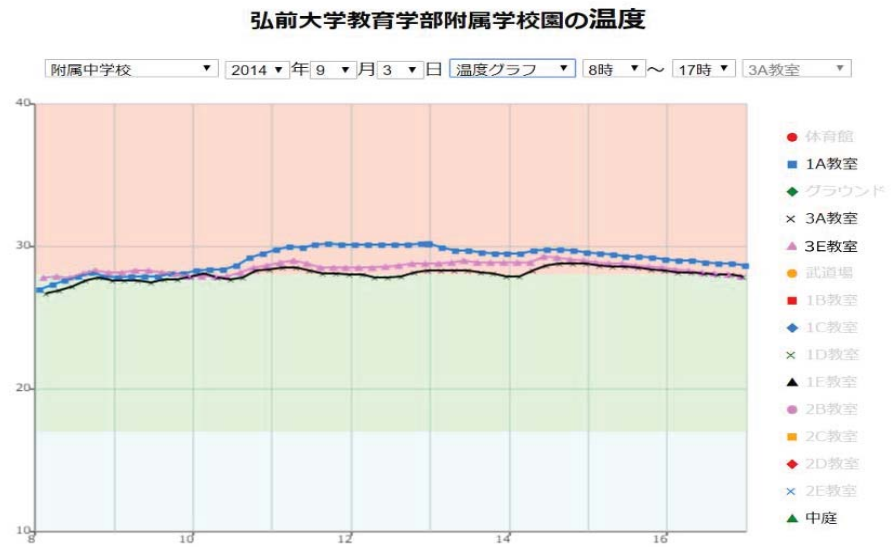


図 3.3 2014 年 9 月 3 日の温度・湿度・WBGT の経時的変化

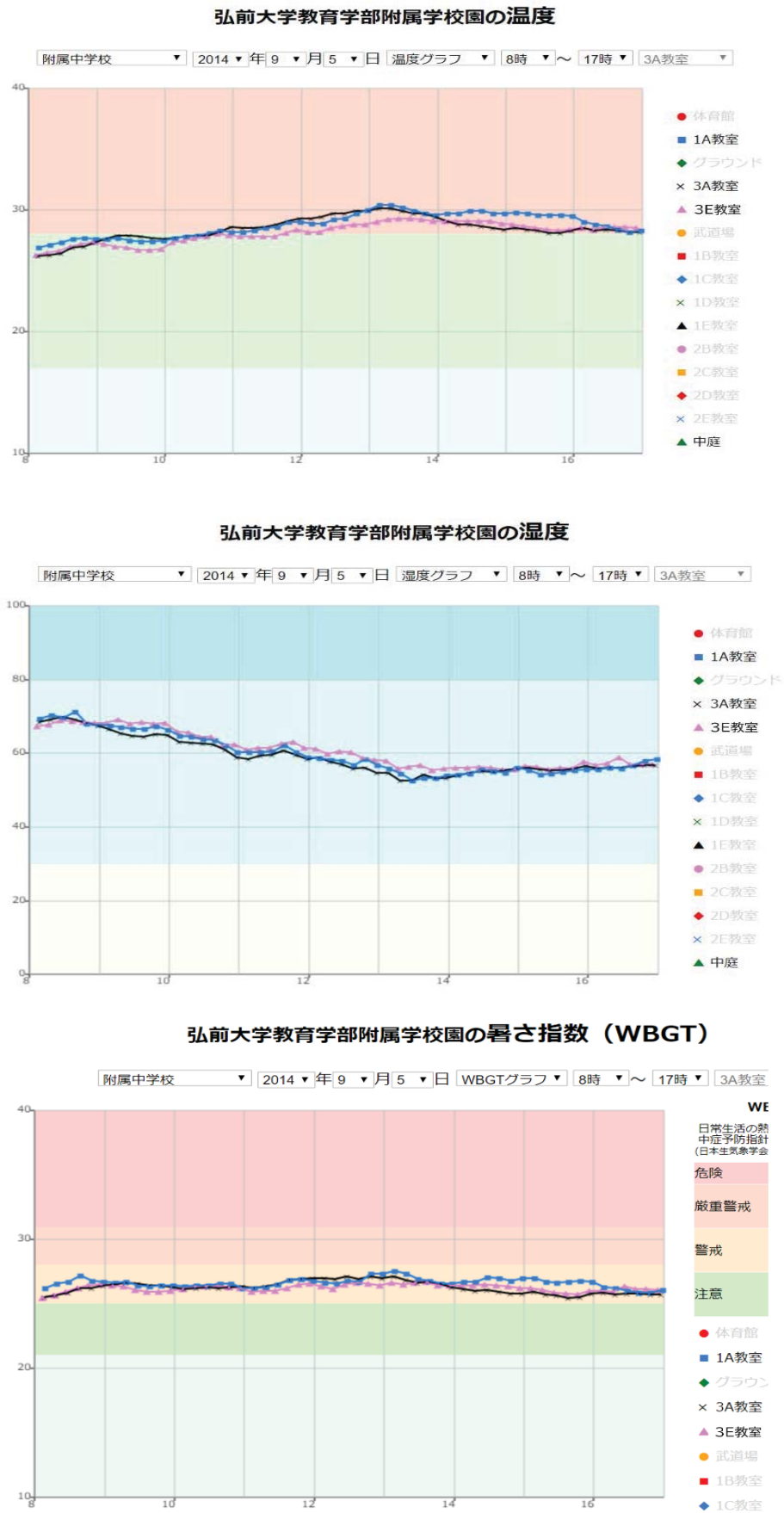


図 3.4 2014 年 9 月 5 日の温度・湿度・WBGT の経時的変化

#### 4. 課題と今後の展望

暑さ指数モニタリングシステムによる2014年9月3日と9月5日の2日間の夏季教室の温熱環境から、WBGTは厳重警戒域に達し、熱中症が発生する危険性があることが明らかになった。今後は、冷房設置により適切な温熱環境の管理が行われ、快適な学習環境を整えていくことが期待される。また、生徒が体感する温熱感や気流感、不快感等について質問紙調査を行うなどして、教室の温熱環境が生徒の温熱感や学習意欲に与える影響を明らかにすることが望まれる。

## 第2節 教室の温度・相対湿度・暑さ指数ならびに二酸化炭素濃度の経時的変化

### －寒冷地の中学校における夏季の温熱・空気環境の実測調査－<sup>c</sup>

#### 1. はじめに

学校保健安全法により定められた「学校環境衛生基準（文部科学省告示第 60 号）」では、温度は 17℃以上 28℃以下であること、相対湿度（以下、湿度）は 30%以上 80%以下であること、換気の基準として二酸化炭素濃度（以下 CO<sub>2</sub>濃度）は 1500ppm 以下であることが望ましいとされている。また、換気（CO<sub>2</sub>濃度）、温度、湿度の項目は学校薬剤師が年 2 回定期検査を実施し、結果に基づいた指導・助言を行うことになっている（学校保健安全法施行規則第 27 条）。

平成 25 年度の学校環境衛生定期検査実施状況<sup>4)</sup>をみると、空気環境汚染の指標である CO<sub>2</sub>濃度の定期検査は、全国の小・中学校では年 1 回が約半数を占め、年 2 回以上の学校は 20%程度であった。青森県をはじめとする寒冷地では、暖房が使用される冬季に実施されることが多く、CO<sub>2</sub>濃度の不適合率が高い。CO<sub>2</sub>濃度は、測定器にガス検知管を用いることが多く、操作に慣れた学校薬剤師に委ねられているため、温度や湿度のように把握しづらいことが考えられる。近年の夏季教室の温熱・空気環境の研究は、冷房設備がある教室内の温熱・空気環境を対象として行われ、石井（2011）は、CO<sub>2</sub>濃度が基準を超えていることの指摘が多いことを報告している<sup>5)</sup>。

温熱・空気環境の悪化は、臭気や不快感、眠気、だるさ等から学習意欲の低下や、シックハウス症候群、アレルギー性疾患、熱中症の発生等、健康への影響が懸念される。

筆者は小山ら（2015）と、これまでに「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」を開発し<sup>1)</sup>、熱中症対策等、学校環境衛生活動に活用してきた<sup>6)</sup>。その結果、夏季は教室でも WBGT が嚴重警戒域に達し、温熱環境の悪化が確認された<sup>7)</sup>。日本生気象学会の「日常生活における熱中症予防指針」によると嚴重警戒域及び危険域ではすべての生活活動で熱中症が起こる危険性があり、注意が必要である<sup>3)</sup>。木村ら（2008）によって、これまでも寒冷地における夏季の温熱環境の実測調査が報告されているものの<sup>8)</sup>、空気環境については詳細が明らかになっているとはいえない。

そこで本研究は、教室の温度・湿度・WBGT および CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化と室内分布から夏季の温熱・空気環境の実態を明らかにすることを目的として、校舎の環境や設備など条件の異なる H 市内の 2 つの中学校を対象として実測調査を行った。

<sup>c</sup> 本節は「森菜穂子，小山智史：教室の温度・相対湿度・暑さ指数ならびに二酸化炭素濃度の経時的変化－寒冷地における中学校普通教室の温熱・空気環境の夏季実測調査－，弘前大学教育学部研究紀要クロスロード第 22 号 51-61, 2018 年 3 月」に基づいて再構成した。



## 2. 調査方法

### 2.1 調査対象とした校舎および教室

東北地方 H 市の I 中学校と F 中学校を調査対象校とした。2 つの学校は約 8km 程度離れた位置にあるが、周辺環境及び学校規模、施設・設備の状況が異なる。対象とした教室は 1 学年 1 クラス、いずれも在籍生徒数は 33 名であった。

#### 【I 中学校】

I 中学校の校舎配置図と教室平面図を図 3.5 に示した。校舎は RC 構造（平成 3 年築）2 階建の教室棟と管理棟があり、体育館が配置されている。

対象教室とした 1 年教室は 2 階西端に位置し、床面積 67.5m<sup>2</sup>、南側（窓側）は床上 95cm 以上全面サッシ窓（カーテンあり）、屋外は第 2 グラウンドで日当たりと風通しが良かった。一方、北側（廊下側）は前後に出入口戸と上下に欄間があり、廊下には北向きに窓があった。暖房機 1 台（FF 暖房）、換気設備や冷房設備はなかった。家庭用扇風機 1 台が教室前方に設置されていた。

#### 【F 中学校】

F 中学校の校舎配置図と教室平面図を図 3.6 に示した。校舎は RC 構造 3 階建（平成 16 年改修）で、南側には実習棟および体育館があり、駐車場を挟んで小学校校舎がある。

対象教室とした 1 年 A 組の教室は、3 階中央部に位置し、床面積 64m<sup>2</sup>、南側（窓側）は床上 100cm 以上が全面複層ガラスサッシ窓（ブラインドあり）、屋外は駐車場に面し日当たりがよかった。北側（廊下側）には出入口戸と上下欄間、ガラス戸があるが、廊下には窓がなく風通しが悪かった。中央管理型暖房機 2 台（放射型放熱器）、全熱交換型機械換気設備が天井 2 カ所に設置されていた。冷房設備はなく、家庭用扇風機 3 台が教室前後に設置されていた。

### 2.2 調査日時

【I 中学校】 2017 年 7 月 10 日と 11 日の 8:00 から 17:00 までとした。

【F 中学校】 2017 年 7 月 13 日と 14 日の 8:00 から 17:00 までとした。

### 2.3 温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度の計測とデータの分析

計測には室内マルチポイント同期計測システム（第 3 章参照）を使用し、教室内 9 カ所の温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度を 1 分おきに同時刻に連続的に計測した。各センサは生徒用机の前面高さ約 65cm に設置した。

室内平面分布を明らかにするため、計測位置は、廊下側前方から後方へ A1, A2, A3, 中央前方から後方へ B1, B2, B3, 窓側を前方から C1, C2, C3 とし、ほぼ等間隔に 9 か所設置した（図 3.5(b)と 図 3.6(b)）。

センサで 1 分おきに自動計測されたデータはポータブルサーバに送信され、ログファイル(CSV 形式)に記録された。記録された CSV 形式のデータをパソコンにダウンロードし、統計ソフト SPSS Statistics for Windows を用いて分析した。

### 2.4 暑さ指数 (WBGT) の算出

WBGT は、計測された温度と相対湿度から、日本生気象学会「日常生活における熱

中症予防指針」<sup>7)</sup>の WBGT と気温，湿度との関係表を用い，サーバのプログラムで算出した。

#### 2.5 生徒・教員の在室状況と戸・窓の開閉状況

教室前方に記録カメラ（360°カメラ「RICOH THETA SC」）を設置した。教室全体を連続撮影し，生徒・教員の在室状況や戸・窓の開閉状況を記録した。

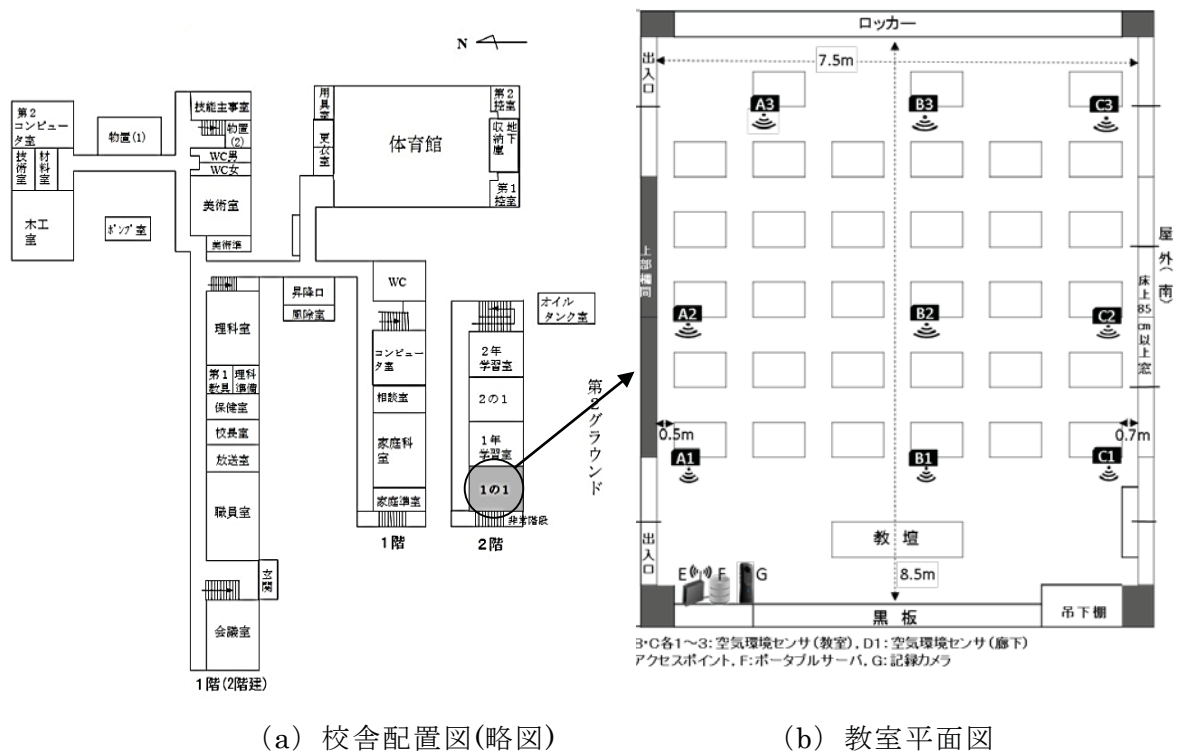


図 3.5 I 中学校の校舎配置図及び教室平面図

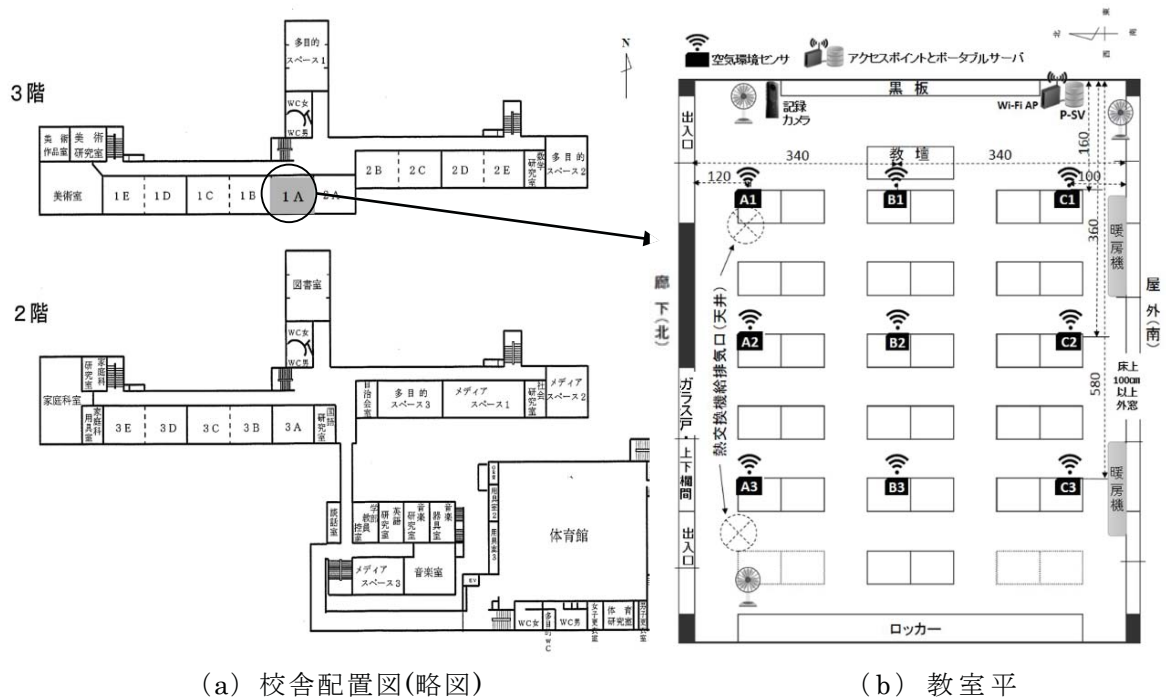


図 3.6 F 中学校の校舎配置図及び教室平面図

### 3. 結果と考察

#### 3.1 I 中学校における計測結果（7月10日・11日）

I 中学校の温度・相対湿度・WBGT・CO<sub>2</sub>濃度の1時間毎の平均値とH市の気象データを表3.4に示した。また、教室の計測位置別温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度・WBGTの経時的变化を図3.7に示した。温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度は折れ線で、教室の在室人数は面グラフで表示した。在室人数は最大35名（生徒33名，教員2名）であった。I 中学校では11日11:45以降，家庭用扇風機が1台設置された。

##### 3.1.1 教室の温度

気象庁<sup>9)</sup>によると10日は最高気温34.0℃の真夏日，11日は35.1℃の猛暑日であった。10日は朝8:00から教室の平均温度は32℃を超え，17時まで32℃台を推移した。最高温度は34.8℃（C3，12:35）であった。11日も8:00から30℃を超え，午後はさらに上昇し34℃台を推移した。最高温度は35.0℃（C3，15:32）で，両日とも窓側C3の位置だった。室内の最高温度は外気温とほぼ同じ値であったが，1時間ごとの平均値では温度は外気温より高い傾向があった。カーテンを使用したのはプロジェクター使用時だけであり，屋外には日差しを遮るものがなく，日射等の影響を受けたことが考えられる。窓側C1～3が若干高めを推移したものの位置による差はほぼなかった。在室人数による変動もなかった。両日とも学校環境衛生基準（17℃以上28℃以下）を超過した

##### 3.1.2 教室の相対湿度

10日・11日の気象データによると両日とも降水量は0.0mmであった。1時間毎の平均湿度は，10日56.1～59.1%，11日49.9～59.7%であった。位置別の経時的变化を見ると朝は60%以上あるが徐々に低下している。10日は12:40頃から上昇した。風向は北に変わったことや温度の変動に伴って上昇したものと思われる。11日は変動がなかった。両日とも相対湿度は学校環境衛生基準（30%以上80%以下）の範囲内であった。また，在室人数による相対湿度への影響はなかった。

##### 3.1.3 教室のCO<sub>2</sub>濃度

1時間毎の平均値は7月10日358～417ppm，11日359～441ppmであった。生徒は登校すると窓を開け，帰り学活まで窓と廊下側出入口，欄間等，開口部を全開にした。位置別の経時的变化をみると生徒不在時はほとんどが400ppm以下を推移した。夏季は植物の光合成が活発化するため1年のうちで大気のCO<sub>2</sub>濃度が低い時期である。気象庁の観測データから，調査地に最も近い綾里（岩手県）における近年の7月平均値は390ppm程度であった<sup>9)</sup>。生徒不在時は外気と同じ濃度であると思われるが，実測値は綾里より若干低い，センサの誤差（±50ppm+3%）の範囲であると考えられる。

教室で授業が始まるとCO<sub>2</sub>濃度は一時的に上昇することがあった。7月10日の1時間目は教室後方で約500ppmであった。カーテンを閉めたことで気流が滞ったことが推察される。また，7月11日の4時間目までは生徒不在であったが，生徒が教室に戻ってくると教室前方が500ppm以上に上昇した。12:30より給食準備のため教室前方に生徒が集中したことによる影響が考えられる。また両日とも帰り学活の後に一時的な

上昇があった。これは学級担任が帰り学活終了時に生徒に指示を出し、一斉に窓を閉めさせたことが影響したと思われる。

湯澤ら（2015）は、小学校で実測調査を行い、換気設備を使用せず、冷房設備のみ運用している授業時間帯は、常時 CO<sub>2</sub>濃度が高い状況にあったことを報告<sup>11)</sup>している。閉め切った教室では空気が滞留し、人の呼気で CO<sub>2</sub>濃度が上昇する。一方、機械換気設備や冷房設備がなく、開口部を常時開放している I 中学校では CO<sub>2</sub>濃度は外気と同様の低濃度に保たれ、学校環境衛生基準（1500ppm 以下）は十分満たされていた。

#### 3.1.4 教室の WBGT

WBGT の 1 時間毎の平均値は、7 月 10 日は 29.4～30.0℃、11 日は 28.3～30.3℃であった。計測位置別の経時的変化を見ても厳重警戒域を推移した。温度・湿度と同様に在室人数による影響はなかった。

厳重警戒域（WBGT28℃以上）と危険域（WBGT31℃以上）では、熱中症が「すべての生活活動でおこる危険性」があり<sup>7)</sup>、室内では温度の上昇に注意する必要がある。両日とも教室での授業時間は少なかったことや熱中症対策が取られていたことにより、生徒の健康には影響は少なかったものと推察された。

表 3.4 I 中学校の 1 時間ごとの平均値と所在地の気象データ

| 2017/7/10       |          | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  | 12時  | 13時  | 14時  | 15時  | 16時  |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 計測値<br>(教室内9カ所) | 温度(°C)   | 32.5 | 32.0 | 32.7 | 32.3 | 32.8 | 32.5 | 32.6 | 32.9 | 32.9 |
|                 | 湿度(%)    | 57.0 | 59.1 | 57.0 | 58.2 | 56.8 | 57.6 | 56.8 | 56.4 | 56.1 |
|                 | CO2(ppm) | 393  | 384  | 389  | 417  | 375  | 408  | 395  | 390  | 358  |
|                 | WBGT(°C) | 29.6 | 29.4 | 29.8 | 29.7 | 29.9 | 29.7 | 29.6 | 29.9 | 30.0 |
| 気象データ           | 外気温(°C)* | 28.0 | 29.5 | 31.7 | 33.2 | 32.3 | 29.7 | 29.8 | 29.1 | 29.1 |
|                 | 降水量(mm)  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
|                 | 気温(°C)   | 28.0 | 29.5 | 31.7 | 33.2 | 32.3 | 29.7 | 29.8 | 29.1 | 29.1 |
|                 | 風速・(m/s) | 1.8  | 1.9  | 1.4  | 1.8  | 1.6  | 4.6  | 4.2  | 2.9  | 2.1  |
|                 | 風向       | 北北西  | 北北西  | 東南東  | 東南東  | 西    | 北    | 北    | 北    | 北    |
|                 | 日照時間(h)  | 1.0  | 1.0  | 0.8  | 0.4  | 0.6  | 0.5  | 0.9  | 1.0  | 1.0  |
| 2017/7/11       |          | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  | 12時  | 13時  | 14時  | 15時  | 16時  |
| 計測値<br>(教室内9カ所) | 温度(°C)   | 30.6 | 31.6 | 32.5 | 33.3 | 33.8 | 34.0 | 34.2 | 34.5 | 34.5 |
|                 | 湿度(%)    | 59.7 | 57.2 | 55.4 | 53.5 | 52.9 | 53.0 | 50.5 | 49.9 | 50.0 |
|                 | CO2(ppm) | 377  | 376  | 359  | 362  | 413  | 405  | 392  | 413  | 441  |
|                 | WBGT(°C) | 28.3 | 28.9 | 29.4 | 29.8 | 30.1 | 30.3 | 30.1 | 30.2 | 30.3 |
| 気象データ           | 気温(°C)   | 29.8 | 31.3 | 32.5 | 33.1 | 34.3 | 34.2 | 33.5 | 33.0 | 32.1 |
|                 | 降水量(mm)  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
|                 | 気温(°C)   | 29.8 | 31.3 | 32.5 | 33.1 | 34.3 | 34.2 | 33.5 | 33.0 | 32.1 |
|                 | 風速・(m/s) | 1.7  | 1.0  | 1.7  | 1.9  | 3.7  | 2.3  | 2.7  | 3.0  | 2.3  |
|                 | 風向       | 東    | 北西   | 南南西  | 南    | 西南西  | 南西   | 西    | 西    | 西南西  |
|                 | 日照時間(h)  | 0.9  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 0.9  | 0.8  | 0.5  | 0.6  | 0.1  |

### 第3章

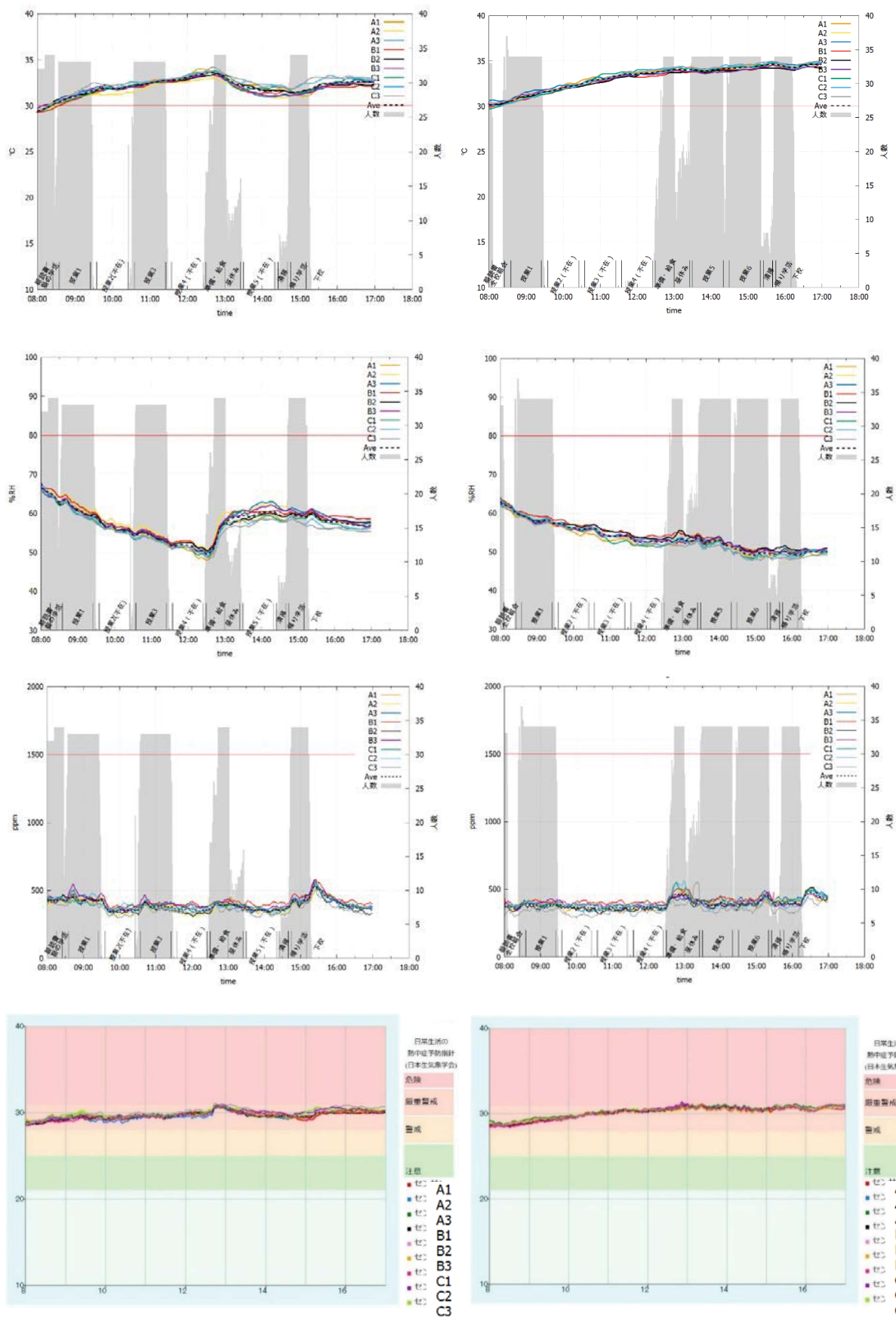


図 3.7 I 中学校教室の計測位置別温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度・WBGT の経時的変化 (左：7月10日，右7月11日)



### 3.2 F 中学校における計測結果（7 月 13 日・14 日）

F 中学校の温度・相対湿度・WBGT・CO<sub>2</sub>濃度の 1 時間毎の平均値と H 市の気象データを表 3.5 に示した。また、教室の計測位置別温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度・WBGT の経時の変化を図 3.8 に示した。在室人数は最大 34 名（生徒 32 名，教員 2 名）であった。F 中学校では生徒在室時は扇風機 3 台をフル稼働させ、日差しをブラインドで調節していた。

#### 3.2.1 教室の温度

気象庁によると、7 月 13 日は最高気温 31.4℃，14 日は 34.2℃の真夏日であった。13 日の 1 時間毎の平均値（表 3.5）は朝 8 時から 30℃を超え，13 時に 32℃台まで上昇した。位置別の経時の変化（図 3.8(a)）を見ると，窓側後方（C3）が 12:00 以降 33℃を超え，最高温度は 33.4℃（C3，12:25）であった。

14 日の 1 時間毎の平均温度は 14 時に 34℃台まで上昇した。位置別の経時の変化（図 3.8(e)）をみると，8:30 頃から 30℃を超え，午後は 34℃台を推移した。最高温度は 35.0℃（C3，15:32）であった。14 日は一日中晴れて 1 日の日照時間は 13.7h であった。

屋外には日差しを遮るものがないため，教室は日射の影響を受けやすく，廊下側には窓がないため，風が通り抜けにくい構造となっていた。さらに，教室は南側がガラス窓で温度は日差しの影響を受けたことが推察された。14 日はブラインドを常時下まで下ろしたが，温度は外気温より高い傾向があった。位置別の経時の変化を見ると位置による差はないものと考えられ，在室人数による変動もなかったが，教室の温度は，7 月 13・14 日の両日とも学校環境衛生基準（17℃以上 28℃以下）を超過した。

教室内は，晴れていて日照時間が多い日は位置ごとの温度差が少なく，一時的に曇りの日は位置ごとに温度差が生じることがあったことから，外気温の影響を受けるだけでなく日射や輻射熱の影響もうけていることが推察された。

#### 3.2.2 教室の相対湿度

気象データでは，7 月 13・14 日は両日とも降水量はなく，13 日は 1 時間毎の平均値が 54.0%～60.9%であった。位置別の経時の変化を見ると朝は全体で 65%前後であったが，温度が急上昇したため，相対湿度は約 1 時間で 55%前後に低下した。その後は大きな変化はないものの温度が低い廊下側のポイントは平均より低い値を推移した。

7 月 14 日は 1 時間毎の平均値が 38.1%～52.2%であった。位置別の経時の変化を見ると 50%台から徐々に低下し 16:00 以降は 40%以下になった。この日は外気温と室温はともに高く，位置よる温度差はほとんどなかったが，相対湿度は窓側前方 C1 が全体に比べ低い値を推移し，廊下側 A2 と教室中央 B2 が比較的高い値を推移した。特に生徒と教員が在室していた授業 4 から授業 5 にかけて値にばらつきが見られた。

両日とも相対湿度は学校環境衛生基準（30%以上 80%以下）の範囲内であった。また，在室人数が増加した際に教室中央部でわずかに一時的な上昇がみられ，人の呼気の影響したものと推察される。

### 3.2.3 教室の CO<sub>2</sub>濃度

1 時間毎の平均値は 7 月 13 日 368～552ppm, 7 月 14 日 370～473ppm であった。両日の教室状況は、朝の学活後に学級担任がすべての窓を開け、帰り学活まで窓と廊下側出入口、欄間等、開口部を全開にした。窓のブラインドは、夏季は常時半分まで下しているが、14 日は日射の影響を考慮して 1 時間目開始直後に学級担任がブラインド全体を下ろした。

13 日の位置別の経時的変化（図 3.8(c)）を見ると、午前中は休み時間以外は 32～34 人在室していた。生徒在室中は約 400～600ppm を変動し、位置毎の値に差があることが考えられた。午後の生徒不在時はほとんどの位置で 400ppm 以下を推移したが、清掃時間や帰り学活の時間帯は生徒が戻り再上昇していた。なお、B3 はセンサ不具合で 9:45 からデータ欠損した。

14 日の経時的変化（図 3.8(g)）を見ると、午前中は 1 時間目から 3 時間目まで、生徒不在であったが、休み時間は生徒の出入りがあり、一時的に上昇していた。4 時間目と昼食時、5 時間目は生徒が全員在室した。生徒が 30 人以上在室している時間はほとんどの位置で約 400～600ppm を変動した。4 時間目と 5 時間目は位置ごとの値に差があることが考えられた。

戸倉（2015）は、空調（冷房）設備のある大学製図室の 2 か所において 7 月の温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度の実測調査を行った。その結果、CO<sub>2</sub>濃度の上昇や変動は在室学生数の影響<sup>12)</sup>が考えられた。F 中学校の実測調査では、自然換気されている教室でも生徒が 30 人以上在室する時は CO<sub>2</sub>濃度の変動が見られ、不在時は見られなかったことから、同様のことが考えられるが、開口部を開放し、換気が十分行われていたため、学校環境衛生基準（1500ppm 以下）は常時満たされていた。

### 3.2.4 教室の WBGT

1 時間毎の WBGT の平均値は、7 月 13 日は 27.5℃～29.3℃, 14 日は 27.0℃～28.7℃ であった。

7 月 13 日は朝 9:00 から、14 日は 11:00 から厳重警戒域（28～31℃）に達した。14 日は外気温が高く、教室の温度も午後は 34℃に達したが、湿度は低かったため WBGT は 28℃台であった。計測位置別の経時的変化では両日ともほぼ厳重警戒域を推移した。温度・湿度と同様に、在室人数による影響や計測位置による差はなかった。調査期間中、F 中学校では頭痛や倦怠感等、熱中症が疑われる症状を訴えた生徒が 4 名いたことから暑さ指数の影響が考えられる。

表 3.5 F 中学校の 1 時間毎の平均値と所在地の気象データ

| 2017/7/13       |          | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  | 12時  | 13時  | 14時  | 15時  | 16時  |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 計測値<br>(教室内9カ所) | 温度(°C)   | 30.1 | 31.6 | 31.7 | 31.5 | 31.8 | 32.2 | 32.0 | 31.4 | 31.5 |
|                 | 湿度(%)    | 57.5 | 54.0 | 54.8 | 55.9 | 56.7 | 56.9 | 57.2 | 60.2 | 60.9 |
|                 | CO2(ppm) | 552  | 494  | 460  | 438  | 461  | 431  | 367  | 391  | 437  |
|                 | WBGT(°C) | 27.5 | 28.3 | 28.6 | 28.5 | 28.9 | 29.3 | 29.2 | 29.1 | 29.3 |
| 気象データ           | 外気温(°C)* | 26.9 | 28.4 | 28.9 | 28.7 | 27.9 | 29.5 | 29.5 | 29.0 | 28.6 |
|                 | 降水量(mm)  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
|                 | 気温(°C)   | 26.9 | 28.4 | 28.9 | 28.7 | 27.9 | 29.5 | 29.5 | 29.0 | 28.6 |
|                 | 風速・(m/s) | 1.4  | 1.0  | 3.2  | 3.0  | 1.9  | 2.7  | 3.1  | 4.1  | 2.9  |
|                 | 風向       | 南南東  | 西南西  | 北    | 北    | 北    | 北東   | 北    | 北    | 北    |
|                 | 日照時間(h)  | 1.0  | 1.0  | 0.9  | 0.2  | 0.2  | 0.6  | 0.7  | 0.9  | 0.7  |
| 2017/7/14       |          | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  | 12時  | 13時  | 14時  | 15時  | 16時  |
| 計測値<br>(教室内9カ所) | 温度(°C)   | 30.4 | 31.2 | 31.9 | 32.6 | 33.3 | 33.7 | 34.0 | 33.9 | 34.0 |
|                 | 湿度(%)    | 52.2 | 50.6 | 48.9 | 48.2 | 46.6 | 44.8 | 42.4 | 41.0 | 38.1 |
|                 | CO2(ppm) | 413  | 373  | 370  | 385  | 433  | 434  | 396  | 473  | 411  |
|                 | WBGT(°C) | 27.0 | 27.5 | 27.8 | 28.3 | 28.7 | 28.7 | 28.6 | 28.3 | 27.9 |
| 気象データ           | 気温(°C)   | 28.5 | 29.6 | 30.6 | 32.1 | 33.1 | 33.8 | 34.0 | 33.3 | 33.2 |
|                 | 降水量(mm)  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
|                 | 気温(°C)   | 28.5 | 29.6 | 30.6 | 32.1 | 33.1 | 33.8 | 34.0 | 33.3 | 33.2 |
|                 | 風速・(m/s) | 1.6  | 2.0  | 1.9  | 3.0  | 3.2  | 3.9  | 3.3  | 3.4  | 3.3  |
|                 | 風向       | 南南西  | 南西   | 南南西  | 西    | 西    | 西南西  | 西    | 西南西  | 西南西  |
|                 | 日照時間(h)  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  |

### 第3章

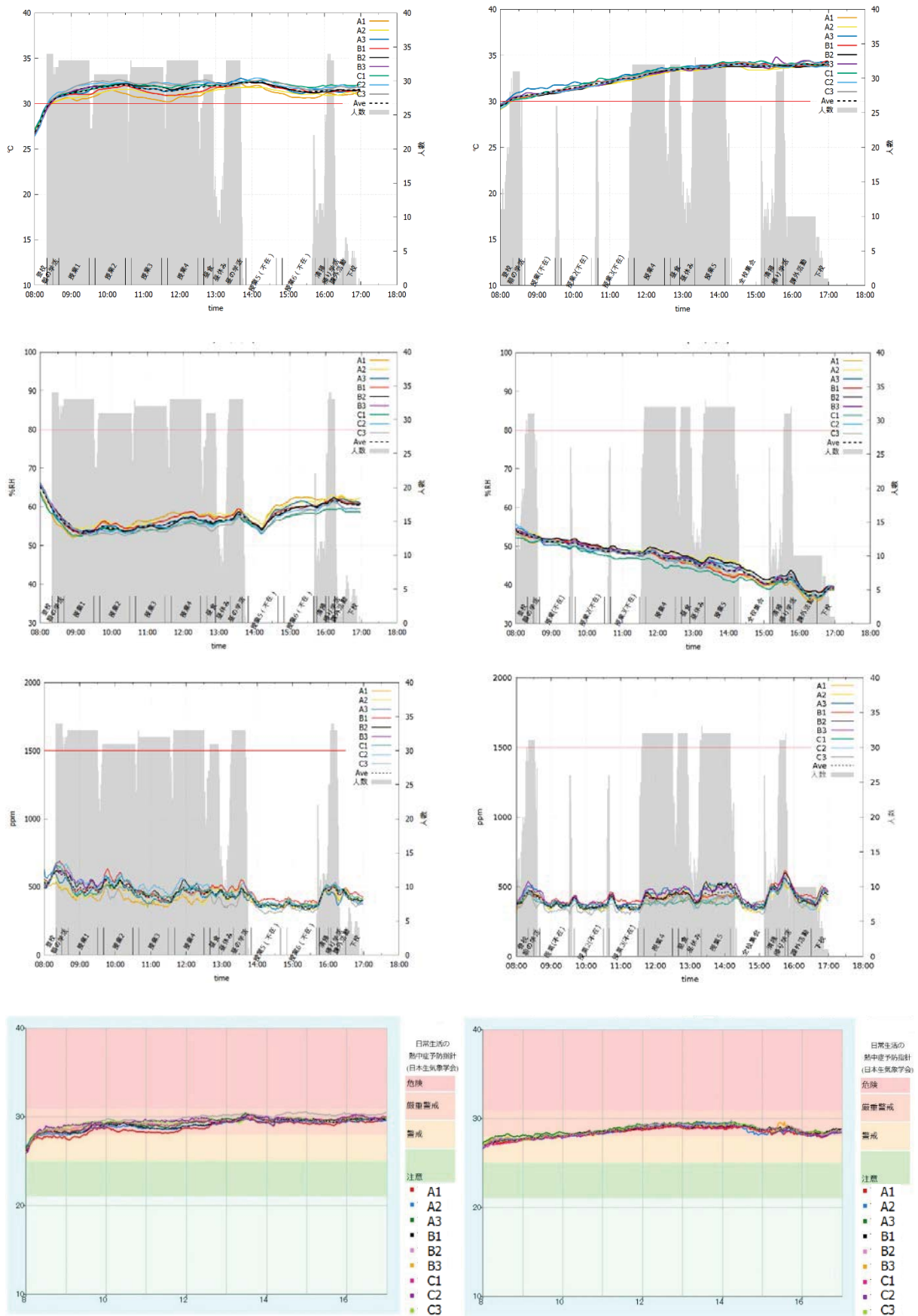


図 3.8 F 中学校の教室の計測位置別温度・相対湿度・CO<sub>2</sub>濃度・WBGT の経時的変化 (左：7 月 13 日，右：7 月 14 日)

### 3.3 CO<sub>2</sub>濃度の教室内平面分布

F 中学校における授業中の教室内 CO<sub>2</sub>平面分布を図 3.9 (a) (b)に示した。センサ異常によるデータ欠損がなく、生徒が 30 人以上在室し、机の移動やグループ活動がない授業時間帯（50 分）で、かつ、CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化（図 3.8）からセンサによる差が見られた 7 月 13 日の 8:40 から 9:30、および 7 月 14 日の 13:20 から 14:10 の計測値を抽出し、計測位置毎の平均値を比較した。いずれも F 中学校の英語の授業時間のため授業形態は同じであり、在室人数は 13 日 33 人、14 日 32 人であった。

7 月 13 日の CO<sub>2</sub>濃度は、廊下側の A1 から A3 が低く、中央の B2 と B3 や窓側 B2 と B3 はほとんど差がなく 500ppm 以上の値を示した。7 月 14 日は、前日と比較すると全体的に低く、500ppm 以上のポイントはなかった。特に窓側が教室中央や廊下側に比べて低く 400ppm に達していなかった。

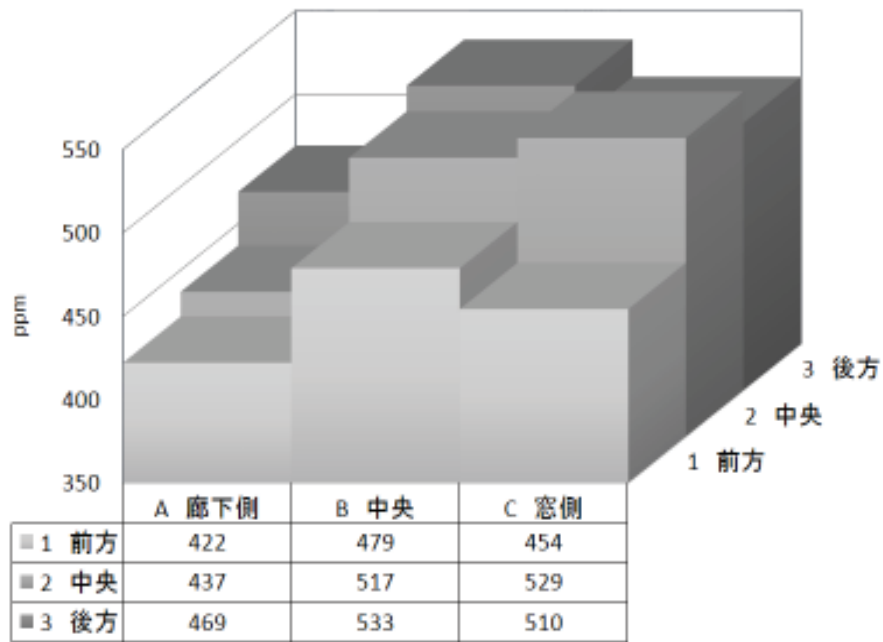
測定期間中の換気状況は、両日とも教室の開口部を全開にしていたが、開放された窓の位置は異なり、13 日は B2 のセンサに近い中央の窓は閉じられていた。一方、14 日の窓は均等に開けられていたが、ブラインドを下ろし、日差しを遮っていた。

14 日はブラインドを下ろした影響で風通しが悪く、CO<sub>2</sub>が滞留していることが推察されたが、実際は 13 日の方が、教室全体の濃度は高めで、窓側と中央の差は小さく、廊下側が若干低い傾向があった。気象データを見ると 13 日 9 時の風向・風速は西南西 1.0m/s、14 日 13 時の風向・風速は西南西 3.9m/s であったことから、教室全体の CO<sub>2</sub>濃度や平面分布には、窓の開け方や風向・風速が影響したことが考えられ、風速の高い 14 日窓側は外気とほぼ同じ CO<sub>2</sub>濃度であった。

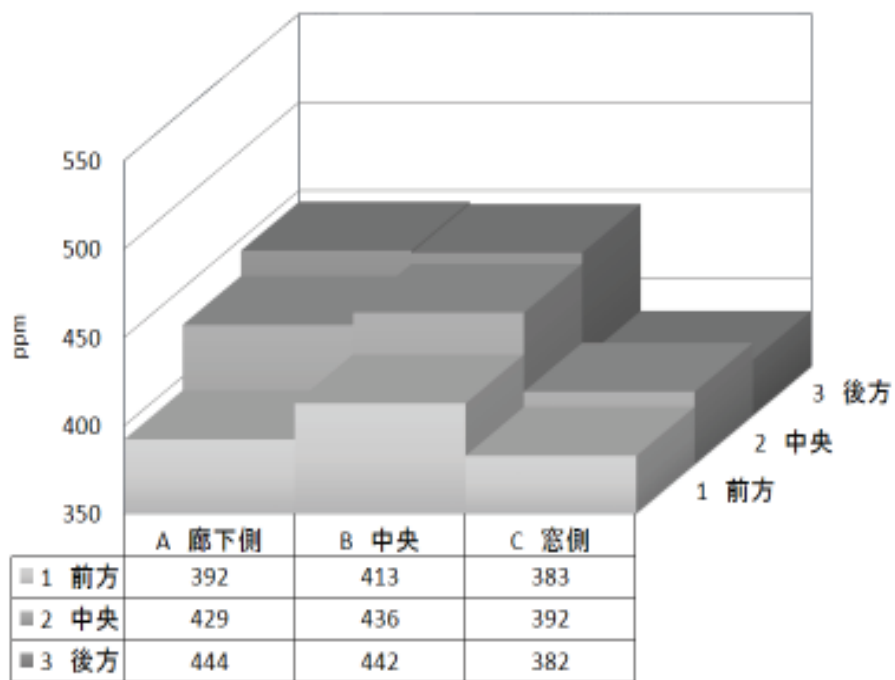
廊下側は 13 日と 14 日であり差がなかった。廊下側前方が両日とも低い値を示したのはセンサの前方約 160cm 以内に扇風機があり、気流の影響を受けていたことが考えられる。この教室に接する廊下には窓がないため、外気は入りにくい状況にあったことが推察される。

土肥（2017）は、首都圏の大学で情報教育を実施する授業を対象として 9 月の教室内 14 カ所の気温・湿度・CO<sub>2</sub>濃度を測定し、授業中の CO<sub>2</sub>濃度の分布から場所による偏りがあること報告した<sup>12)</sup>。空調を使用し閉め切った教室は空気が滞留しているため、ドアや窓を開けて外気を取り入れることによって大幅に改善できると述べているが、偏りが発生する要因には触れていなかった。F 中学校の実測結果から、教室中央から後方にかけて比較的其他の位置より高い傾向があったことから、生徒在室時の CO<sub>2</sub>濃度は教室中央や後方が人の呼気の影響を受けている可能性がある。

使用したセンサは今回の調査の前に CO<sub>2</sub>濃度を校正したが、計測位置による差はセンサ毎の誤差（±50ppm）の影響も否定できないため、今後も検証を重ねていく必要がある。



(a) 2017 年 7 月 13 日 8:40-9:30



(b) 2017 年 7 月 14 日 13:20-14:10

図 3.9 授業中の教室内 CO<sub>2</sub>濃度の平面分布



#### 4. まとめ

寒冷地にある 2 つの中学校を対象に夏季の教室の温熱・空気環境の実測調査を行った。調査期間中、H市の日最高気温は連日30℃以上の真夏日であり、7月11日は35℃に達し、猛暑日となった。

教室の温度は朝の一部の時間を除き、学校環境衛生基準の基準値（17℃以上28℃以下）を超過したが、相対湿度は基準値（30～80%）の範囲内であった。WBGTは温度に伴って嚴重警戒域（28～31℃）を推移した。このため、教室で活動をしていても熱中症の危険性が十分あると言え、生徒の健康や学習意欲に及ぼす影響は大きいものと考えられた。両校とも冷房設備がないため扇風機を稼働したり、F中学校ではブラインドで日差しを調節したりするなどして温熱環境の悪化による生徒への影響が少なくなるよう工夫していた。夏季教室は、気温や日照時間等、気象状況の影響を直接受けていたことが推察され、寒冷地においても温熱環境に注意が必要である。

教室のCO<sub>2</sub>濃度は窓や出入口戸等の開放により常時自然換気され、基準値を超えることはなかったが、教室の在室人数や窓の開閉状況によってわずかに変動し、生徒や教員の活動に対応した変化が認められた。また、授業中のCO<sub>2</sub>濃度の平面分布には教室中央から後方にかけて他の位置より比較的高い傾向が示された。

以上の結果から、在室人数や窓の開け方、風向・風速等の気象状況が教室のCO<sub>2</sub>濃度や平面分布に影響する可能性がうかがえた。今後も様々な条件で実測調査を行って検証を重ね、季節による教室の温熱・空気環境の特徴やCO<sub>2</sub>濃度の平面分布の差を明らかにする。

なお、本研究は平成 29 年度弘前大学教育学部附属学校共同研究奨励費の助成を受けたものである。



### 第3節 教室の温度・二酸化炭素濃度の経時的変化と換気方法の検討 －寒冷地の中学校における冬季暖房時の温熱・空気環境の実測調査－<sup>d</sup>

#### 1. はじめに

学校の温熱・空気環境は、地域特有の気候や日々の気象状況によって変化し、児童生徒等の健康状態や学習意欲に及ぼす影響は少なくない。特に教室は、学校生活の大半を過ごす場であるため、適切な温度管理や空気の衛生的管理が必要である。

暑熱環境の悪化に対する我が国の政策（総務省 2018）<sup>13)</sup>により、2019 年以降、全国的に教室の冷房設置率がさらに高まることが予想されるが、夏季の冷房使用時は、教室の温熱環境は必ずしも適切に維持管理されておらず、換気が行われないことも多いため<sup>10) 14)</sup>、空気環境の悪化が懸念される。一方、寒冷地では冬季に暖房を使用するため、依然として学校環境衛生基準における換気の基準を超過する学校が多い<sup>4)</sup>  
15-16)。

2018 年に改正された学校環境衛生基準（文部科学省告知第 60 号）では、教室の温度は「17℃以上 28℃以下であることが望ましい」と改められたが、換気の基準であり室内空気質汚染の総合的な指標とされる CO<sub>2</sub>濃度は「1500ppm 以下であることが望ましい」とされ、これまでと同様であった<sup>17)</sup>。

近年の研究では、室内空気環境と学習効率の関係が明らかにされてきている。Wargocki ら（2005）は、温度や外気供給量の変化が子どもの学業成績に影響を与えることから、教室の空気環境を改善することで学習効率を大幅に改善できることを示した<sup>18)</sup>。柳井ら（2012）は、児童の満足度を向上させるような教室環境の整備が健康や学習効率にも好影響をもたらす可能性があることを示した<sup>19)</sup>。また Satish ら（2012）は、大学生を主な被検者として、CO<sub>2</sub>濃度 600ppm、1000ppm、2500ppm の各条件下で実験し、室内 CO<sub>2</sub>濃度の上昇が人間の意思決定能力に与える影響を評価した。その結果、室内 CO<sub>2</sub>濃度 600ppm と比較して 2500ppm では、9 つのうち 7 つの意思決定能力において統計的に有意な減少が見られ、思考力が明らかに低下することを報告した。人が集中し、高濃度になりやすい教室環境では、一部の学生が不利になる可能性があることを指摘している<sup>20)</sup>。これを直ちに児童生徒に置き換えることはできないが、CO<sub>2</sub>濃度の上昇が学習活動に影響することが懸念される。本研究では、学習効率を高める教室環境が求められている現状から、CO<sub>2</sub>濃度 2500ppm にも着目することとした。

2003 年に改正された建築基準法では、シックスクール対策として学校の居室部分で機械換気設備の設置が義務付けられた。しかし、坂口ら（2012）が教室環境の実態把握のために 2006 年に行った調査では、換気設備が設置されている教室は全体の 19%と少ない状況にあった<sup>21)</sup>。このことから、多くの教室で行われている換気方法はもっぱら自然換気であることが考えられる。

<sup>d</sup> 本節は「森菜穂子：教室の温度・二酸化炭素濃度の変化と自然換気による換気方法の検討－寒冷地の中学校における冬季暖房時の温熱・空気環境の実測調査－。養護実践学研究第 2 号 2 巻,29-38, 2019」に基づいている。

冬季の教室内空気環境について、岩下ら（2007）は、自然換気の教室では休み時間における換気度合いが重要であり、外気レベルまで  $\text{CO}_2$  濃度を下げることができれば、授業中は基準値 1500ppm 以下を長く保てることを示し<sup>22)</sup>、倉渕ら（2007）は、廊下側開口部の開放を行った場合には、授業中の室内  $\text{CO}_2$  濃度の上昇を効果的に抑制できることを示した<sup>23)</sup>。しかし、これらの研究はいずれも温暖な地域の小学校における調査であり、積雪量の多い寒冷地の学校の調査は少なく<sup>15)</sup>、冬季暖房時の空気環境は十分に検討されていない。

また、石井（2011）は、換気の必要性に関して教員の意識があまり高くないことを指摘しているが<sup>5)</sup>、 $\text{CO}_2$  濃度は知覚しづらく、温湿度計のように日常的に数値を確認できないことが空気環境悪化の要因となっていることも考えられる。地域や学校の実態に応じて、季節ごとに効果的な換気方法を教員が正しく把握できれば、日常的な環境衛生活動や健康教育等を通して、児童生徒等の健康の保持や学習効率の向上に役立てることができる。

そこで筆者ら（2018）は、機械換気を有しない教室において自然換気による効果を明らかにすることを目的として、寒冷地の中学校で換気方法を変えて温度と  $\text{CO}_2$  濃度の計測を行い<sup>24)</sup>、教室の温度と  $\text{CO}_2$  濃度の経時的変化から冬季暖房時の自然換気について検討した。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査対象教室の概要

実測調査は東北地方H市のI中学校で行った。校舎は築27年（1991年新築）の鉄筋コンクリート造2階建てで、普通教室には暖房は設置されているが冷房や機械換気はないため、調査対象校とし、自然換気事例とした。なお、当該自治体では、公立小中学校52校中、暖房はすべての学校に設置されているが、普通教室に冷房が設置された学校は無く、機械換気の設置は2003年以降に新築された9校（17.3%）のみであるため、自然換気の学校が多数を占める。

調査対象教室の概要を図3.10に示した。今回対象とした1年教室は教室棟2階西側に位置し、同階4教室のうち2教室は学級として使用、他は学習室として補助的に使用されている。教室は床面積67.5m<sup>2</sup>、天井高3.0m、容積202.5m<sup>3</sup>である。片廊下タイプの教室は廊下と壁で仕切られ、前後に出入口、上部には欄間がある。南側は床上85cm以上が全面サッシ窓（以下、外窓）、屋外はグラウンドで日当たりと風通しが良い。廊下には非常口と北向きの外窓がある。室内にはFF暖房機1台が教室前方の窓下に設置され、加湿器が教室前方廊下側に設置されている。対象教室に在籍する1学年生徒は33名であった。

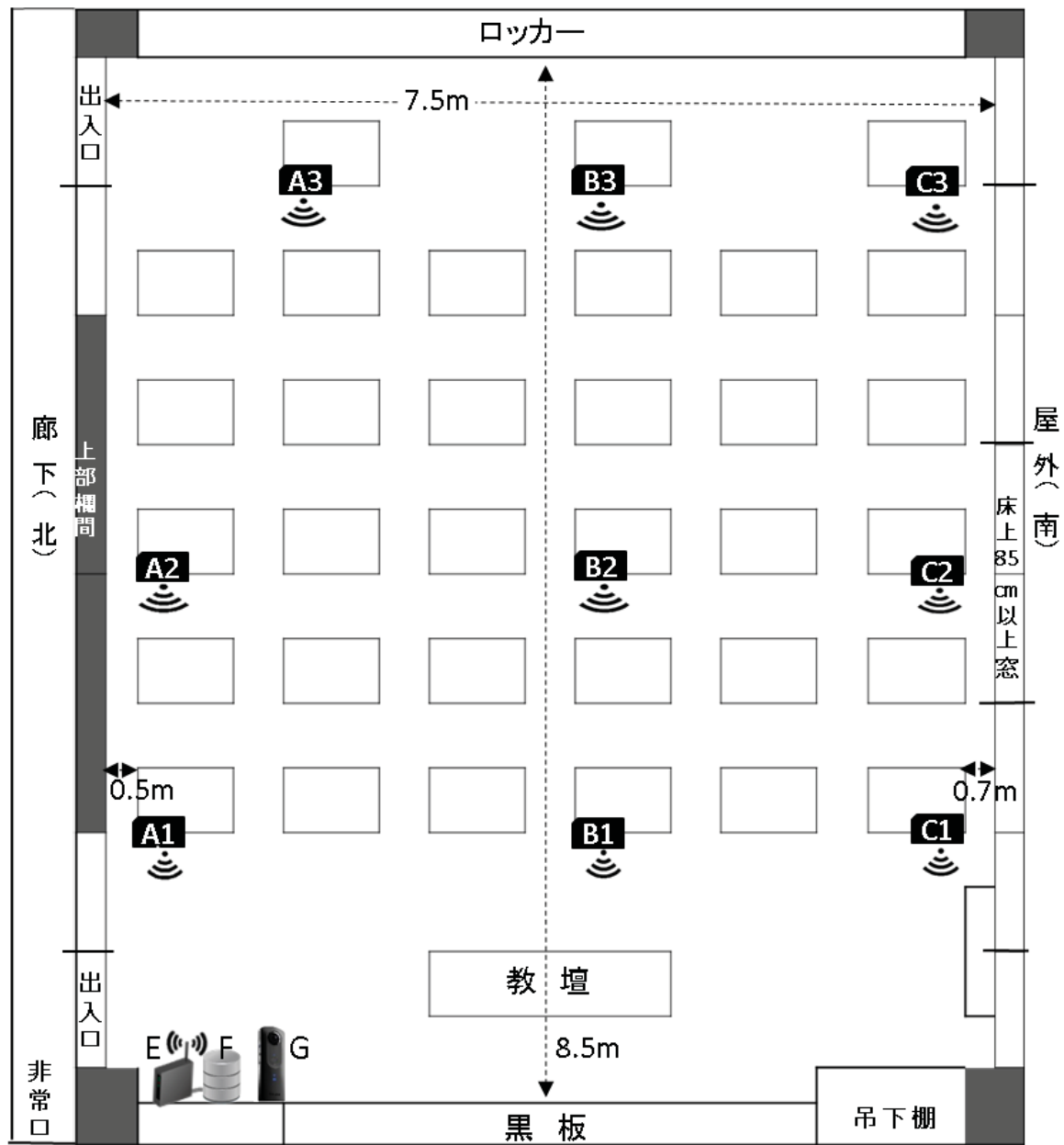
### 2.2 調査方法

#### 2.2.1 調査日時

2017年12月11日から2018年2月27日の期間に換気方法を変えて実測調査を行った。調査日のうち、換気方法が異なり、かつ、教室に30人以上在室して行われた授業が4時間以上あった日を対象事例とし、8時から17時までの温度とCO<sub>2</sub>濃度の実測値を抽出した。本研究では2017年12月12日、2018年2月1日、2月26日の換気の実例を示した。

#### 2.2.2 生徒の在室状況と教室の換気状況

生徒と教員の在室状況や外窓と出入口等の開口部開閉状況は、教室前方に360度カメラ（RICOH THETA）を設置し、教室全体を連続撮影して記録した。記録した画像から1分ごとの在室人数や開口部を読み取った。2017年12月12日と2018年2月1日は欠席者が1名のため、在室人数は生徒と教員を合わせて最多33名、2月26日は最多34名であった。



A・B・C各1～3: 空気環境センサ(教室), D1: 空気環境センサ(廊下)  
E: アクセスポイント, F: ポータブルサーバ, G: 記録カメラ

図 3.10 調査対象教室の概要

### 2.2.3 計測項目及び計測方法

室内マルチポイント空気環境同期計測システム<sup>25)</sup>を使用し、教室内9か所(図3.10, A1~C3)の温度とCO<sub>2</sub>濃度を1分間隔で計測した。CO<sub>2</sub>濃度の計測には連続測定ができる非分散形赤外線吸収式(NDIR方式)のセンサデバイスを採用した。なお、廊下は2月26日のみ追加計測した(図3.10, D1)。センサは学習活動の妨げにならないよう生徒用机の前面高さ約65cmに設置した。各センサで1分おきに自動計測されたデータは、Wi-Fiアクセスポイントを経由してポータブルサーバへ送信され、ログファイルに記録される。データはパソコンやタブレットで確認できる。調査終了後、記録されたCSV形式のデータをポータブルサーバからパソコンに回収した。

### 2.2.4 換気方法の提示と気象条件

調査時に生徒と教員に対して、著者が提示した換気方法を〈方法1〉〈方法2〉〈方法3〉とし、この日の気象条件<sup>2)</sup>と合わせて表3.6に示した。

〈方法1〉2017年12月12日は、換気を「普段通り行う」ことを提示した。養護教諭が休み時間や清掃時間に窓や出入口を開けて換気することを保健だよりやポスターで啓発していたため、具体的な内容は提示しなかった。この日は最高気温-1.0℃の真冬日で、1日の降雪量が4.0cmであった。

〈方法2〉2018年2月1日は、授業終了後や休み時間に「出入口2か所と対角線上にある外窓2か所を開ける」ことを提示した。教室移動時や放課後も開口部や開け方を提示した。この日も最高気温-1.5℃の真冬日であった。

〈方法3〉2018年2月26日は、開口部を増やし「出入口2か所と外窓4か所を全開にする」ことを提示した。この日は最高気温1.5℃、1日の日照時間は5.3時間で降雪はなかった。

## 2.3 分析方法

温度とCO<sub>2</sub>濃度の平均・最高・最低値や基準値内の時間と割合は、サーバからダウンロードしたCSVデータから、AWKプログラムやExcelを用いて換気方法別に求めた。CO<sub>2</sub>濃度は基準値1500ppm以下と学習への影響を考慮して2500ppm未満の時間と割合を求めた。

温度とCO<sub>2</sub>濃度の経時的変化は、AWKプログラム及びgnuplot(グラフ作成ソフト)を用いて、1分ごとに計測された室内9か所の平均値と在室人数との関係をグラフに示した。

## 2.4 倫理的配慮

調査対象となったI中学校の教職員及び対象教室の生徒には、事前に調査の趣旨説明を書面及び口頭で直接行い、調査への協力を求め、同意を得て実施した。教室の状況からCO<sub>2</sub>濃度は基準値を超過することが懸念されたため、窓開け換気のを確保し、計画的に開口部面積を増やした。生徒には窓開け換気時の寒さによる不快感や学習効率の低下等、不利益が生じないように配慮した。

表 3.6 換気方法の提示内容と気象条件

|        | 気象条件   | 提示した換気方法   |
|--------|--|--|
| 〈方法 1〉 | <p><u>2017 年 12 月 12 日</u></p> <p>最高気温：-1.0℃<br/>           平均気温：-2.4℃<br/>           日照時間：0.2h/日<br/>           平均風速：5.2m/s<br/>           降雪量：4.0 cm/日</p> | <p>普段通り，休み時間や清掃時間に窓と出入口を開けて換気する。</p> <p>※ただし，生徒には「普段通り行う」と提示。</p>  |
| 〈方法 2〉 | <p><u>2018 年 2 月 1 日</u></p> <p>最高気温：-1.5℃<br/>           平均気温：-2.3℃<br/>           日照時間：1.8h/日<br/>           平均風速：1.3m/s<br/>           降雪量：0 cm/日</p>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 授業終了後，<u>出入口 2 か所と対角線上にある外窓 2 か所</u>を開ける。（3～5 分程度，ただし寒さが我慢できなくなったら閉める）</li> <li>2) 清掃時間，<u>出入口 2 か所と対角線上にある外窓 2 か所</u>を開ける。</li> <li>3) 廊下側の上部欄間を，約 5cm ずつ開けておく</li> <li>4) 移動教室時は，最後に出る生徒が出入口の戸を閉める。</li> <li>5) 生徒下校後，教室の出入口は開けておく。</li> </ol> |
| 〈方法 3〉 | <p><u>2018 年 2 月 26 日</u></p> <p>最高気温：1.5℃<br/>           平均気温：-0.3℃<br/>           日照時間：5.3h/日<br/>           平均風速：2.3m/s<br/>           降雪量：0 cm/日</p>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 授業終了後，<u>出入口 2 か所と外窓 4 か所を全開</u>にする。（3～5 分程度，ただし寒さが我慢できなくなったら閉める）</li> <li>2) 清掃時間，<u>出入口 2 か所と外窓 4 か所</u>を全開にする。</li> <li>3) 方法 2 の 3) と同じ。</li> <li>4) 方法 2 と 4) と同じ。</li> <li>5) 方法 2 の 5) と同じ。</li> </ol>                                    |

### 3. 結果

#### 3.1 換気の実施状況

方法別に換気の実施状況を表 3.7 に示した。換気状況の観察時間は 8 時から 17 時までの 540 分であった。

〈方法 1〉出入口や外窓の開放は計 5 回行われた。出入口の開放時間は計 74 分，外窓の開放時間は計 7 分であった。欄間の開放はなかった。

〈方法 2〉出入口や外窓の開放は計 8 回行われた。出入口の開放時間は計 197 分，外窓の開放時間は計 66 分であった。出入口や外窓が 2 か所ずつ開放された時間が〈方法 1〉より多かった。欄間は 4～6 か所を約 5 cm ずつ開けていた。途中で生徒が欄間を閉じることもあったが，ほぼ提示した通りに換気が実施された。

〈方法 3〉出入口や外窓の開放は計 9 回行われた。出入口の開放時間は計 148 分，外窓の開放時間は計 80 分であった。定期的に窓開け換気を実施され，外窓の開口部面積は 2 月 1 日の約 2 倍であった。欄間は全 8 か所を約 5 cm ずつ開け，途中で閉じることはなかった。外窓の開放時間と開口部面積は 3 日間で最も多かった。この日は定期テストが行われ，テスト前後の休み時間に生徒が積極的に外窓を開けている様子が観察された。

表 3.7 換気の実施状況

|        | 開口部 | 1 か所 | 2 か所 | 4 か所 | 合計  |
|--------|-----|------|------|------|-----|
| 〈方法 1〉 | 出入口 | 34   | 40   | —    | 74  |
|        | 外窓  | 6    | 1    | 0    | 7   |
| 〈方法 2〉 | 出入口 | 73   | 124  | —    | 197 |
|        | 外窓  | 0    | 66   | 0    | 66  |
| 〈方法 3〉 | 出入口 | 69   | 79   | —    | 148 |
|        | 外窓  | 4    | 5    | 71   | 80  |

注 1) 数値は時間 (分)

注 2) 開口部の面積は出入口 1 か所あたり  $1.6\text{m}^2$ ，外窓 1 か所あたり  $1.1\text{m}^2$



### 3.2 教室の温度

1日の平均温度と最高・最低温度および基準値内の時間を表3.8に示した。平均温度は、3日間ともほぼ同じで20.8～20.9℃であった。同様に最高温度は22.2～22.8℃、最低温度は17.6～18.5℃であった。計測時間540分のうち、温度の基準値17℃以上28℃未満を満たした時間は540分（100%）であった。FF暖房は20℃に設定され、生徒登校前から放課後不在になるまで稼働していた。なお、3日間とも外気の平均気温は零下で、12月12日と2月1日は真冬日であったため、室内との平均温度の差は20℃以上あった。

表 3.8 1日の平均温度と最高・最低温度および基準値内の時間

|        | 平均（±SD）    | 最高温度 | 最低温度 | 17℃以上 28℃以下の時間（%） |
|--------|------------|------|------|-------------------|
| 〈方法 1〉 | 20.8（±1.1） | 22.2 | 18.5 | 540 分（100）        |
| 〈方法 2〉 | 20.8（±1.3） | 22.7 | 18.1 | 540 分（100）        |
| 〈方法 3〉 | 20.9（±1.4） | 22.8 | 17.6 | 540 分（100）        |

注 1) 単位：℃

注 2) %は1日の計測時間540分に対する割合

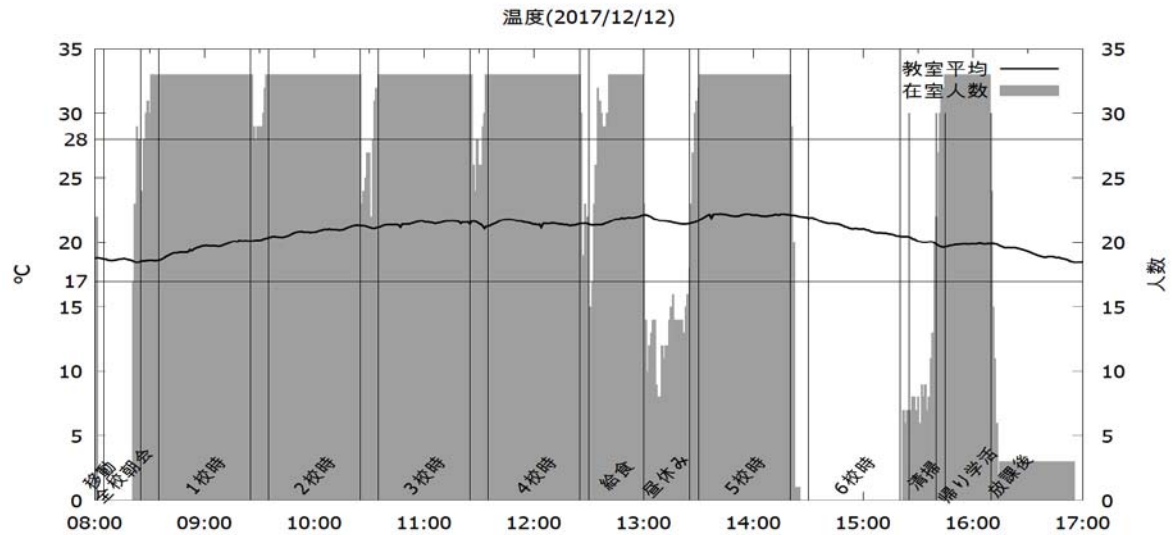
### 3.3 温度の経時的変化

教室内 9 か所の平均温度（以下、温度）の経時的変化を折れ線グラフに、在室人数の変化を面グラフにして図 3.11a～c に示した。温度は 3 日間ともおおむね 17℃から 23℃を推移した。

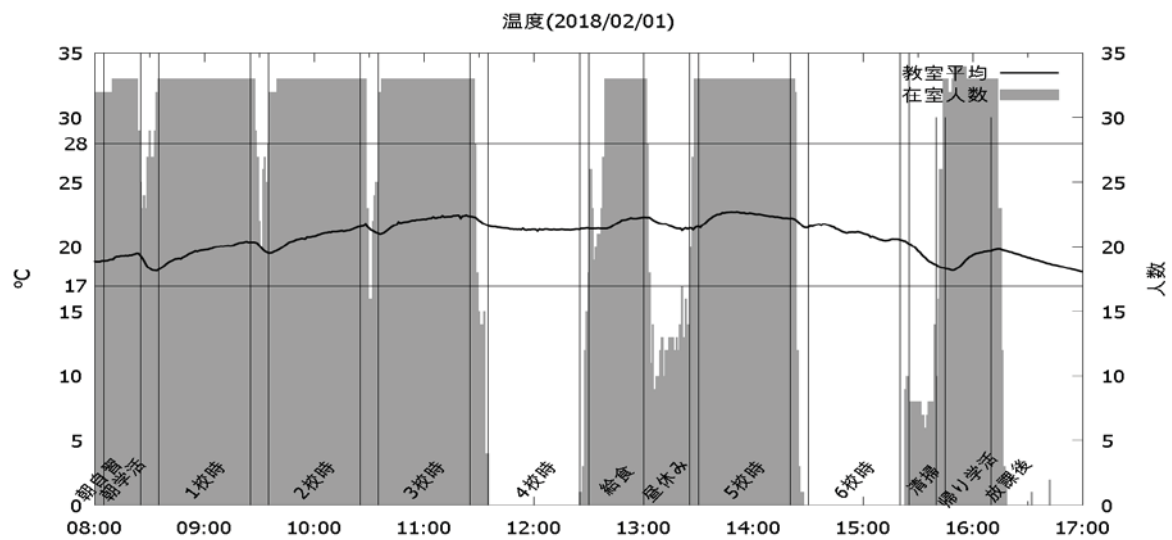
〈方法 1〉（図 3.11a）では、温度変化がほとんどなかったが、6 校時は生徒不在となり温度が 1.5℃低下した。なお、窓側前方 C1 は暖房の温風が直接あたる位置にあり、平均値より常時 2～3℃高かった。

〈方法 2〉（図 3.11b）では、休み時間の換気時に 0.5～1.3℃の温度低下があった。昼休みの換気は出入口の開放のみで、温度変化はほとんどなかった。清掃時間は 20 分以上の窓開け換気により 2.3℃低下した。

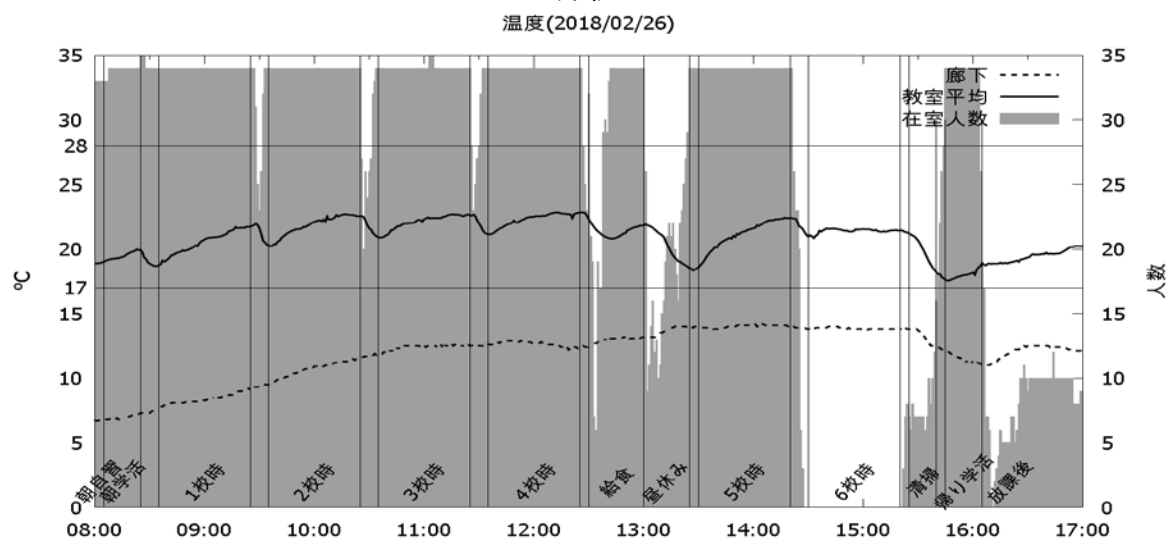
〈方法 3〉（図 3.11c）では、換気時に 1.2～2.0℃の温度低下があった。昼休みや清掃時は 20 分以上の窓開け換気で 3.5～3.8℃低下した。この日は日照時間が 5.3 時間あり、6 校時に生徒不在となっても温度は低下しなかった。



a <方法 1>



b <方法 2>



c <方法 3>

図 3.11 温度の経時的変化と在室状況

### 3.4 教室のCO<sub>2</sub>濃度

教室の1日の平均CO<sub>2</sub>濃度（以下、日平均濃度）、最高・最低濃度、及び計測時間540分のうち基準値である1500ppm以下の時間と学習への影響が懸念される2500ppmを超過しなかった時間を表3.9に示した。

平均CO<sub>2</sub>濃度は、〈方法1〉が最も高く、4587（±936）ppmであった。計測時間中、基準値の1500ppm以下を満たすことはなかった。〈方法2〉は3411（±643）ppmであり、基準値を満たした時間は2分（0.4%）であった。〈方法3〉は2256（±667）ppmと最も低かったものの、基準値を満たした時間は79分（14.6%）であった。1日の最高・最低濃度も換気方法によって異なったが、3日間とも多くの時間は基準値を満たしていなかった。2500ppm未満の時間は、〈方法1〉と〈方法2〉では1割にも満たなかったが、〈方法3〉では約6割保つことができた。

表 3.9 1日の平均CO<sub>2</sub>濃度と最高・最低濃度、基準値内と2500ppm未満の時間

|       | 平均（±SD）    | 最高濃度 | 最低濃度 | 1500pp以下の<br>時間（%） | 2500ppm未満の<br>時間（%） |
|-------|------------|------|------|--------------------|---------------------|
| 〈方法1〉 | 4587（±936） | 6057 | 2010 | 0分（0.0）            | 35分（6.5）            |
| 〈方法2〉 | 3411（±643） | 4720 | 1211 | 2分（0.4）            | 42分（7.8）            |
| 〈方法3〉 | 2256（±997） | 3425 | 885  | 79分（14.6）          | 328分（60.7）          |

注1) 単位 ppm

注2) %は1日の計測時間540分に対する割合

### 3.5 CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化

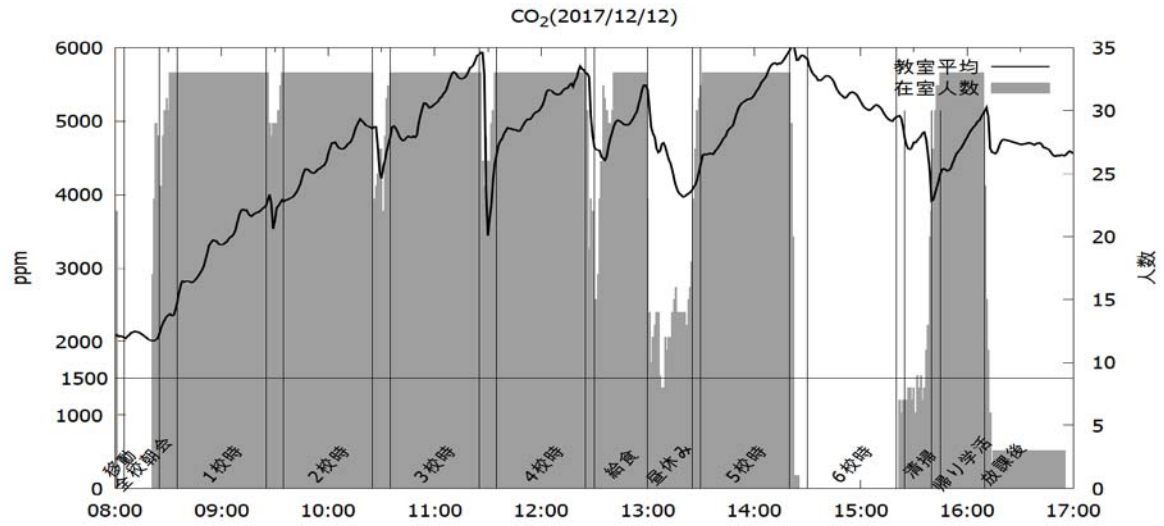
教室内9カ所の平均CO<sub>2</sub>濃度（以下、CO<sub>2</sub>濃度）の経時的変化を折れ線グラフに、在室人数を面グラフにして図3.12a～cに示した。CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化も換気方法によって異なり、換気の実施状況や在室人数に応じて変化していた。

〈方法1〉では、計測開始の8時から2000ppm前後を推移し、1校時が始まると上昇した（図3.12a）。CO<sub>2</sub>濃度は授業ごとに上昇し、5校時終了時は最高濃度6057ppmに達した。3校時終了後は生徒が外窓を開放したことにより短時間で3439ppmに低下した。これ以降は外窓の開放がなく、廊下側出入口の開放で大きく低下することはなかった。6校時の生徒不在時は開口部がすべて閉じられていたが、5061ppmまで徐々に低下した。この日は1校時開始から2500ppmを超過し、一日中高濃度を推移した。

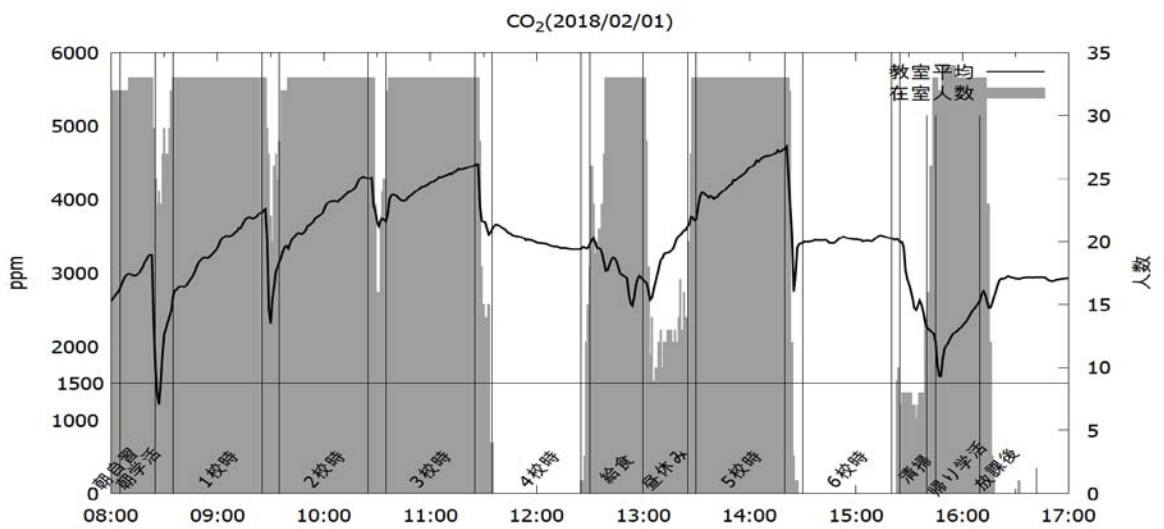
〈方法2〉では、計測開始の8時から既に2500ppmを超過していた（図3.12b）。休み時間は対角線上に開口部を開放したことで一時的に低下したものの、CO<sub>2</sub>濃度は授業ごとに徐々に上昇した。4校時の生徒不在と給食準備時の換気によって2661ppmまで低下したが、5校時には再上昇し、この日の最高濃度4720ppmに達した。1500ppm以下に低下したのは朝学活終了後の換気時のみだった。生徒不在となった4校時は欄間と出入口1か所の開放でCO<sub>2</sub>濃度が若干低下したが、6校時（生徒不在）は欄間のみの開放で低下しなかった。

〈方法3〉では、5校時まで授業ごとに同様の变化パターンを繰り返した（図3.12c）。休み時間などの換気時は1500ppm以下に低下し、CO<sub>2</sub>濃度はリセットされていた。最高濃度は4校時終了時の3425ppmで、3つの換気方法のうちで最も低かった。休み時間は約3～9分間の換気で最大約2500ppm低下した。6校時（生徒不在）は欄間のみの開放で低下しなかった。

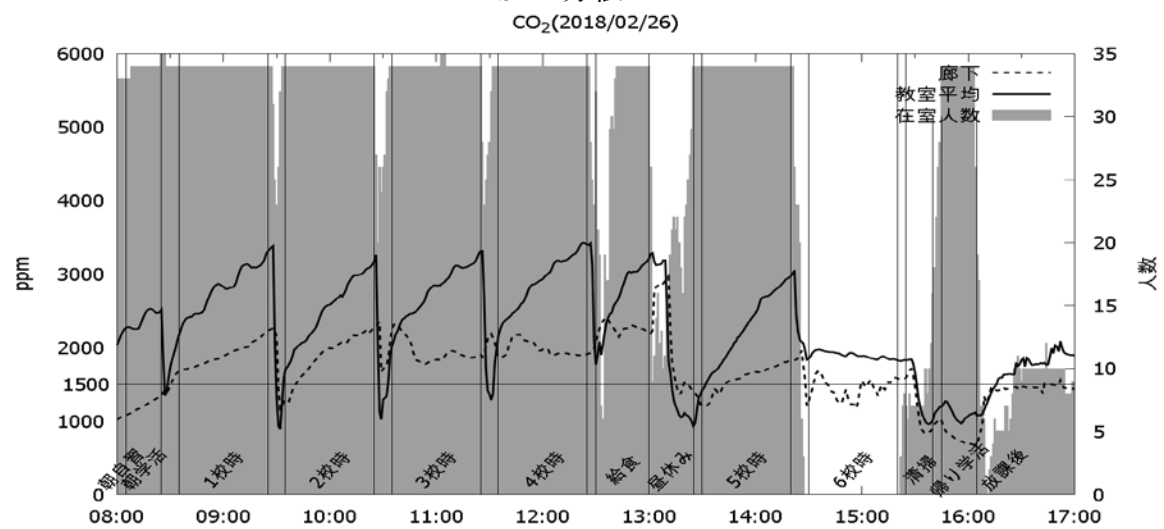
なお、2月26日は廊下のCO<sub>2</sub>濃度も追加計測した（図3.12c点線）。平均CO<sub>2</sub>濃度は1690（±416）ppmであり、授業時間は廊下も基準値を超過した。また、教室の窓開け換気時は廊下も低下することがあったが、昼休みは生徒が廊下に移動したことに伴い2966ppmまで上昇した。廊下にも開口部（外窓、非常口）があるが、一日中開放されていなかった。



a <方法 1>



b <方法 2>



c <方法 3>

図 3.12 CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化と在室状況

## 4. 考察

### 4.1 換気状況と教室の温熱環境

教室の温度は、おおむね 17℃から 23℃を推移し、良好な温熱環境を維持していた。外気温との差は 20℃前後あったが、窓開け換気による温度低下は一時的で、20℃に設定された FF 暖房により、すぐに回復している。寒冷地における学校の暖房性能と鉄筋コンクリート造校舎の気密性・断熱性が高いことがうかがえた。

しかし、寒さや暑さの感じ方には個人差があり、温度だけでなく湿度や気流も影響する。昼休みや清掃時は、比較的長い時間外窓を開けたことにより、3℃以上の温度低下もあったため、体感的に寒さを感じる生徒の存在も否定できない。生徒や教員は、換気方法の具体的な提示がなければ

窓開け換気には消極的で、〈方法 1〉の日は晴れて風が比較的穏やかであったが、空気の入替えのために外窓や出入口を開ける様子にはなかった。本間（2003）は、寒冷地の中学校教室において実測調査した結果から、自然換気だけでは換気量は不足しているが、そのことが温熱感の低下を防いでいると述べている<sup>26)</sup>。気象条件の厳しい寒冷地では、温度管理を優先させ、外窓を開けない傾向があるが、〈方法 3〉の事例では定期的に窓開け換気を行っても温度の基準値は常時満たされており、換気による影響はほとんどないことが確認された。

### 4.2 換気状況と教室の空気環境

#### 4.2.1 〈方法 1〉の換気効果

〈方法 1〉では、換気時間が極めて少なく（表 3.7）、人の出入りや清掃時の開口部開放はあったものの、新鮮な外気を取り込むことを目的とした換気はほとんどなかったといえる。この日は最高気温-1.0℃の真冬日で降雪があり、風もやや強かったことから（表 3.6）、生徒も教員も換気には消極的だったと思われる。休み時間には人の出入りにより CO<sub>2</sub>濃度は若干低下するものの、在室者から呼出された CO<sub>2</sub>は授業ごとに蓄積したことが考えられる（図 3.12a）。3 校時終了後の急激な低下は、生徒が外窓を開けたことによるものである。しかし、すでに 6000ppm 近くまで上昇した CO<sub>2</sub>濃度は、基準値まで低下することはなかった。

この日の教室の空気環境は、学習活動への影響が懸念される 2500ppm<sup>20)</sup>を常時超過していたため、学習に適した空気環境ではなく、臭気による不快感や眠気、人によっては頭痛などの身体的症状が発生するレベルであったことが考えられる。生徒が外窓を開けて外に身を乗り出すようにしていたのは、不快感等の自覚症状があったことが推察される。

空気環境については、教員の意識があまり高くない（石井 2011）<sup>5)</sup>ことや、窓開け換気に消極的である（ColeyDA & BeisteinerA 2016）<sup>27)</sup>ことが悪化の要因であると指摘されているが、廊下にはインフルエンザ対策として換気を奨励するポスターが貼られ、養護教諭による換気の指導も行われていた。後日の聞き取りにより、冬は省エネ対策として温度管理が優先され、窓開け換気はほとんど行われていない状況であった。温度や湿度は体感できるため、教員も生徒も温熱感に応じて環境調整を行って



いるが、CO<sub>2</sub>濃度は知覚しづらい。「普段通りの換気」とは、教室にいる生徒や教員にとっては寒さを感じない程度に廊下側の開口部を開けることであったと思われる。空気汚染の指標であるCO<sub>2</sub>濃度が正しく把握できれば、温度管理よりも窓開け換気を優先することが考えられる。

#### 4.2.2 〈方法2〉の換気効果

〈方法2〉では、外窓と出入口両方の開放は定期的ではなかったが、開放時間は〈方法1〉より増加した（表3.7）。この日も最高気温は-1.5℃で真冬日を記録したが、風は穏やかで日中の降雪はなく、時折晴れ間もあった（表3.6）。休み時間や清掃時間等には窓開け換気が行われたが、基準値まで低下したのは朝学活後の2分間であった（図3.12b）。休み時間ごとに窓開け換気を行ったことで、授業終了時にピークとなるCO<sub>2</sub>濃度は4500ppm前後に抑えられ、一定の効果はあったが、授業時間は2500ppmを超過して高濃度を推移したことから、学習に適した空気環境ではなかった。本事例において〈方法2〉の換気方法では、CO<sub>2</sub>濃度の低下は一時的で換気量は不十分であり、換気の基準は満たせなかった。自然換気では室内の対角線上に外窓や戸を開けて空気の入出口を作り、流れを良くすることが有効とされているが（文部科学省2018、宮崎2005）<sup>20)21)</sup>、今後は検討を重ねる必要がある。

#### 4.2.3 〈方法3〉の換気効果

〈方法3〉では、定期的に窓開け換気が行われたことで換気時間がさらに増加した（表3.7）。この日の最高気温は1.5℃、日照時間も長く、風は少し肌に感じる程度であった（表3.6）。休み時間と清掃時間は外窓と出入口を全開にして換気が行われ、基準値内に低下させることができたが、換気の基準を満たした時間は79分（14.6%）で外窓の開放時間80分とほぼ同じであった。

ピーク時のCO<sub>2</sub>濃度は3日間の中で最も低く、3400ppm程度に抑えられた（図3.12c）。池田（1999）は、高密度住宅における換気の実験から、換気を頻繁に行う方がピークの濃度を下げるという意味では効果的であると述べている<sup>22)</sup>。また、倉渕ら（2007）は小学校における調査から、換気量は窓扉の開放面積と相関があることを示し<sup>13)</sup>、これらを裏付ける結果となった。授業ごとの上昇を抑えるためには、〈方法3〉で提示したように開口部を大きくとり、窓開け換気を定期的に行ってCO<sub>2</sub>濃度を十分低下させることが重要である。

### 4.3 欄間の換気効果と廊下の空気環境

生徒不在時は、廊下側の上部欄間のみ開放していたが、〈方法2〉（図3.12b）と〈方法3〉（図3.12c）の6校時は、約3400ppm、約1800ppmを横ばい状態で推移し、換気効果が確認できなかった。そこで、〈方法3〉の廊下のCO<sub>2</sub>濃度（図3.12c点線）に着目すると、授業開始後は教室より少し遅れて上昇するが、休み時間は教室と同程度まで下がり、基準値を超えている時間が多かった。2階の廊下は常時外窓が閉じられていたため空気の逃げ場がなく、同じ階の他教室の影響も受けている事が考えられる。したがって、廊下側の出入口や欄間を開放する方法では、十分な換気効果を得られないことが推察された。廊下の外窓を開けて間接的に教室のCO<sub>2</sub>濃度を下げる方

法も考えられるが、寒冷地では雪が校舎内に入ってくるため、長時間開放することはできない。本事例では屋根付きの非常口を開放し、間接的に外気を取り入れる等の工夫が必要であろう。

## 5. 今後の課題と展望

本事例では、廊下のCO<sub>2</sub>濃度も基準値を超過していたため、教室の空気環境の悪化には、廊下の空気環境が少なからず影響することが考えられる。自然換気の教室において望ましい空気環境を維持することは難しく、廊下の換気を含めた検討や授業中の窓開け換気の検討が必要である。

また、現状では多様な教室環境に応じた望ましい換気方法を一律に示すことはできないが、CO<sub>2</sub>濃度を温湿度のように数値で確認できれば、空気汚染状況に応じた換気方法を実行できる。今後は、寒冷地においてもエアコンの設置が進むことが予想され、年間を通じた教室の温熱・空気環境の管理が重要となってくることから、機械換気設備やCO<sub>2</sub>計の設置が望まれる。

さらに、児童生徒等の健康の保持や学習効率の向上を目指した教室環境を保つためには、日常的な環境衛生活動や健康教育等にも、学校薬剤師を含めたチーム学校で積極的に取り組んでいくことが期待される。

## 文献

- 1) 小山智史, 森菜穂子, 前田洋子, 他: 熱中症指数モニタリングシステムの研究開発. 弘前大学総合情報処理センター広報 HIROIN, No.32, 43 - 53, 2015
- 2) 気象庁: 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp> (最終アクセス 2019 年 10 月 30)
- 3) 日本生気象学会: 日常生活における熱中症予防指針 Ver.3 (確定版). 2013 <http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf> (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 4) 公益社団法人日本薬剤師会学校薬剤師部会全国学校保健調査 WG: 平成 26 年度全国学校保健調査集計結果報告,
- 5) <http://www.nichiyaku.or.jp/gakuyaku/members/archives/article/869.php> (最終アクセス 2019 年 10 月 30 日)
- 6) 石井仁: 総説 学校建築の教室内温熱環境・空気環境. 日本生気象学会雑誌, Vol. 48, NO. 2, 47 - 56, 2011
- 7) 今井直子, 前田洋子, 森菜穂子, 淋代香織: 重症度判断に役立つ「熱中症チェックシート」とどこでもチェックできる「モニタリングシステム」. 健 43 (4), 23-26, 2014
- 8) 森菜穂子, 小山智史, 太田誠耕, 他: 熱中症指数モニタリングシステムの活用と夏期教室の温熱環境. 東北学校保健学会誌第 63 号, 52-53, 2015
- 9) 木村彰孝, 小林大介, 佐々木靖, 他: 寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性 (第 2 報) 梅雨・夏期の小学校教室における温熱環境と子どもによる全身温冷温感評価. 木材工業, 63 (9), 406-411, 2008
- 10) 気象庁: 二酸化炭素濃度の観測結果.  
[http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/CO2\\_monthave\\_ryo.html](http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/CO2_monthave_ryo.html) (最終アクセス 2018 年 1 月 20 日)
- 11) 湯澤秀樹, 本堂泰治, 中川善博, 他: 学校施設におけるエネルギー消費と教育環境のマネジメントに関する研究 (第 2 報) 室内環境の実態と P T A の意識に関する調査. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 145-148, 2015
- 12) 戸倉三和子: 5 号館製図室の室内環境調査-気温・相対湿度・二酸化炭素濃度の実測-, 帝塚山大学現代生活学部紀要, 第 11 号, 39-44, 2015
- 13) 土肥紳一: プログラミング教育における教室内の空気の調査. 情報教育シンポジウム, 271-276, 2017
- 14) 総務省: 報道資料「平成 30 年度補正予算 (第 1 号) に伴う対応等」. 平成 30 年 10 月 15 日, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000579146.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000579146.pdf) (最終アクセス 2019 年 9 月 1 日)
- 15) 岩下剛, 古賀隆文: 冷房導入前後の小学校普通教室における夏季の温熱・空気環境の実態に関する研究. 日本建築学会環境系論文集 641, 877-882, 2009
- 16) 澤田紘次: 寒冷地における小学校の暖房設備に関する研究 2 - 青森県における小学校の暖房時の室内環境に関するアンケート調査 -. 空気調和・衛生工学会学術

- 講演論文集, 337-380, 1986
- 17) 吉野博, 三原邦明, 滝澤のりえ他: 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 22 巻, 295-300, 2005
  - 18) 文部科学省: 学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践[平成 30 年度改訂版], 第Ⅱ章学校環境衛生基準 第 1 教室等の環境に係る学校環境衛生基準. 21-72, 東京, 2018
  - 19) Wargocki P, Wyon DP, Matysiak B, et al.: The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children. *Proceedings Indoor Air*, 368-372, 2005
  - 20) 柳井悠希, 伊香賀俊治, 川久保俊: 教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査. 日本建築学会環境系論文集 77 (676), 533-539, 2012
  - 21) Satish U, Mendell MJ, Shekhar K et al.: Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect* 120(12), 1671-1677, 2012
  - 22) 坂口淳, 小峯裕己, 新保幸一他: 教室の室内環境の現状と課題に関するアンケート調査, 学校施設における環境配慮方策に関する調査研究その 2. 日本建築学会環境系論文 77 (671), 19-26, 2012
  - 23) 岩下剛, 花田良彦, 吉野博: 暖房設備を持たない小学校普通教室の冬季における開口部開閉状況及び CO<sub>2</sub>濃度に基づく室内空気質に関する考察. 日本建築学会環境系論文集 618, 61-67, 2007
  - 24) 倉渕隆, 遠藤智之, 熊谷一清: 小学校教室における窓開け行為と室内温熱・空気環境に関する実測調査. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 1933-1936, 2007
  - 25) 森菜穂子, 小山智史: 冬季暖房時の中学校普通教室における温度と CO<sub>2</sub>濃度の経時的变化と室内分布. 学校保健研究 60Suppl, 193, 2018
  - 26) 森菜穂子, 佐藤ゆかり, 小山智史: ポータブルサーバを用いた教室内空気環境のマルチポイント同期計測システムの開発. 教育システム情報学会第 42 回全国大会, 235-236, 2017
  - 27) 本間義規: 中学校教室の温熱空気環境に関する研究ー盛岡市内の中学校における冬季環境測定結果ー. 日本建築学会大会学術講演校梗概集(東海), 227-228, 2003
  - 28) Coley DA, Beisteiner A: Carbon dioxide levels and ventilation rates in schools. *Article in International Journal of Ventilation* 1 (1), 45-52, 2016
  - 29) 文部科学省: 第Ⅱ章学校環境衛生基準 第 5 日常における環境衛生に係る学校環境衛生基準. 学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践[平成 30 年度改訂版], 144-149, 東京, 2018
  - 30) 宮崎竹二: 暖房による室内空気汚染の変換ー研究所 100 年の歴史からー. 生活衛生 49 (6), 343-350, 2005
  - 31) 池田耕一: 汚染防止対策としての換気. 室内空気汚染のメカニズム, 140-173, 鹿島出版会, 東京, 1999

## 第4章 教育活動における温熱・空気環境計測システムの活用

### 第1節 学校の暑熱環境と熱中症の発生に関する実態調査<sup>a</sup>

#### 1. はじめに

異常気象による暑熱環境の悪化や家庭のエアコン普及率の上昇等により、寒冷地においても子どもを取り巻く環境や暑さへの適応能力は確実に変化している。

渡邊ら（2017）は、全国の公立小学校の2013年から2015年までの運動会開催日を調査し、日最高WBGTの分布から熱中症の危険性を評価した。その結果、青森県では、調査対象校の運動会すべてが5～6月の春期開催であったこと、運動会開催時期の日最高WBGTは21度以上25℃未満の「注意」に分布したことを報告している<sup>1)</sup>。また、福井（2016）は、1991年から2010年の8月に限定して気温・湿度等の気象要素から全国62地点のWBGTを推定し、地域性と経年変化を調査した。その結果、青森県はWBGTの「注意」の割合が50%を超える地域であることを報告している<sup>2)</sup>。さらに、中井（2011）は、WBGTが28℃以上31℃未満の「厳重警戒」で最も熱中症発症者数が多いと結論付けていることから<sup>3)</sup>、青森県ではこれまで、運動会開催時期は熱中症の危険性が低かったことが考えられる。

しかし、2019年は異常気象の影響から、寒冷地であるH市においても5月下旬に最高気温30℃以上の真夏日が3日間連続し、運動会を開催した小学校では熱中症による児童の救急搬送が相次いだ<sup>4)</sup>。

弘前大学教育学部附属学校園（以下、附属学校園）においても、気温が急上昇する時期や夏休み明けに熱中症を疑う症状の児童生徒等が増加する傾向にあることから、暑さに順化できない子供が増えてきている<sup>5)</sup>ことが考えられる。例年、中学校の文化祭<sup>b</sup>は8月下旬に、小学校の運動会は9月初旬に開催されるため、暑熱環境の掌握や熱中症対策が大きな課題となっている。

そこで本研究は、今後の熱中症対策を検討する上での基礎データとして活用することを目的として、2019年度の保健室利用状況から「熱中症疑い<sup>c</sup>」の児童生徒等の発生状況を調査するとともに、暑さ指数モニタリングシステム<sup>6)</sup>によって蓄積された場所ごとの日最高WBGTを用いて評価することとした。

<sup>a</sup> 本節は「森菜穂子，大高景子，丹代菜々，高橋千晶：弘前大学教育学部附属学校園の暑熱環境と熱中症の発生に関する実態調査」として弘前大学教育学部研究紀要クロスロード第24号（2020年3月）に掲載予定。

<sup>b</sup> プログラムにスポーツフェスティバルやダンスコンクールが含まれる。

<sup>c</sup> 養護教諭による判断のため、本稿では「熱中症疑い」とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 熱中症疑いの発生状況調査

「熱中症チェックシート」<sup>7)</sup>を図4.1に示した。これを使用して、2019年6月から9月までの期間に附属学校園において体調不良を訴えた児童生徒等に対し、発生状況や症状等をチェックした。養護教諭が用いた「熱中症疑い」の判断基準を表4.1に示した。

なお、養護教諭不在時に保健室を利用した、あるいは児童生徒等に対応した場合は対応にあたった教職員が記入したチェックシートをもとに当該校の養護教諭が「熱中症疑い」を判断し、処理した。

養護教諭によって「熱中症疑い」と判断された事例について、表計算ソフトExcelを使用して、校種別に月別・場所別・場合別・暑さ指数危険度別に集計した。

表 4.1 熱中症チェックシートによる「熱中症疑い」の判断基準

|          |  |
|----------|--|
| 発生時の状況   | WBGT 値 21℃以上                                     |
| 重症度チェック  | Ⅲ度（重症）の症状が1つ以上<br>または、Ⅱ度（中等症）とⅠ度（軽症）の症状が合わせて3つ以上 |
| バイタルチェック | 発汗，顔色，呼吸，体温，脈拍のいずれかが1点以上                         |

注）上記の条件を全て満たした事例を「熱中症疑い」とする。



| 熱中症チェックシート  |  |   |                          |                          |                          |  |                             |
|---|--|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|
| 年/月/日(曜)  | 学年/組                                   | 名 前                                       | 年齢                       | 性別                       | 記録者名                     |  |                             |
| / / ( )   |  |   |                          | 男・女                      |                          |  |                             |
| <b>A 重症度チェック</b>  |  | <b>*当てはまる症状に☑</b>                         |                          | 時 分                      | 時 分                      | 時 分  | 備考・メモ                       |
| <b>Ⅲ度 重症</b><br>↓<br>1つでも症状があれば<br><b>救急車要請</b><br>↓<br>救急車到着まで<br><b>B 応急処置へ</b> | 意識障害                                   | 意識がない                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ※その他の症状や程度など余白に記入  |                             |
|   |  | 意識もうろう                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   |  | 意味のない発語、発声                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   |  | 簡単な質問に答えられない                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 運動障害                                   | 全身のけいれん、ひきつけ                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   |  | 立ち上がれない                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
| 足がもつれる、まっすぐ歩けない、転倒する  |  | <input type="checkbox"/>                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |  |                             |
| 異常な行動、不自然な言動  |  | <input type="checkbox"/>                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |  |                             |
| <b>Ⅱ度 中等症</b><br>↓<br>水分が摂れない、または<br>応急処置で回復しなければ<br><b>救急車か病院</b>                | 自力で水分が摂れない                             |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 全身倦怠感（だるい、しんどい、ぐったり）                   |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 虚脱感・脱力感（体に力が入らない感じ）                    |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 頭痛                                     |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 吐き気、嘔吐                                 |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
| <b>Ⅰ度 軽症</b><br>↓<br>応急処置で回復しなければ<br><b>家庭連絡 受診を勧める</b>                           | めまい、立ちくらみ                              |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 足がつる、手足がしびれる                           |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 筋肉のけいれん（お腹がキリキリ痛む等）                    |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 不快感（気持ち悪い、ボーっとする、不機嫌）                  |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
| <b>B 応 急 処 置</b>  |  | <b>*処置した内容に☑</b>                          |                          | 時 分                      | 時 分                      | 時 分  | 備考・メモ                       |
| 処 置 内 容   | 1.日陰やクーラーの効いている室内に移動                   |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. 片方の腋の下は、冷やす前に体温を測る。<br>6. 意識障害がある場合は、誤嚥の可能性があるので無理に飲ませない。 |                             |
|   | 2.休養（顔色が悪ければ足を高くする）                    |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 3.可能な範囲で衣服を脱がせる、ゆるめる                   |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 4.氷のうで動脈の上を冷やす（首の両わき、腋の下、両足のつけ根）       |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 5.出ている皮膚に水をかけたり、濡れタオルを掛けて扇風機やうちわなどであおぐ |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
|   | 6.水分補給（冷たいスポーツドリンク、0.2%食塩水、経口補水液）      |   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |                             |
| <b>C バイタルチェック</b>   |  | <b>*当てはまる番号を記入</b>                        |                          | 時 分                      | 時 分                      | 時 分  | 備考・メモ                       |
| 発 汗   | 0 なし 1.少し(あった) 2.多い(多かった) 3.止まらない      |   |                          |                          |                          |  | ※計測値も記入ただし、緊急時や計測できないときは省略可 |
| 顔 色   | 0 正常 1.紅潮 2.蒼白 3.チアノーゼ(唇が青紫)           |   |                          |                          |                          |  |                             |
| 呼 吸   | 0 正常 1.速い 2.遅い 3.不規則                   |   |                          |                          |                          |  |                             |
| 体 温   | 0 正常 1.体に触ると熱い 2.高体温 (℃)               |   |                          | ℃                        | ℃                        | ℃  |                             |
| 脈 拍   | 0 正常 1.速い 2.遅い 3.不規則 (/分)              |   |                          | /分                       | /分                       | /分   |                             |
| 血 圧   | 最高 / 最低 (mmHg)                         |   |                          | /                        | /                        | /  |                             |
| その他の要因  |  | 寝不足・疲労・肥満傾向・不規則な生活・栄養不足・水分・塩分補給不足・月経中・( ) |                          |                          |                          |  |                             |
| 発生場所  |  | 発生時の活動内容                                  |                          | 発生時の状況                   |                          |  |                             |
| 屋内・屋外   |  | 学 習 ・ 運 動 ・ その他                           |                          | 天気                       | 温度                       | 湿度   | WBGT                        |
|   |  | 具体的に:                                     |                          |                          | ℃                        | %  | ℃                           |
| その他参考となる事項  |  |   |                          |                          |                          |  |                             |

図 4.1 熱中症チェックシート

注) 森菜穂子, 他 (2014) 7)より引用



## 2.2 附属学校園の暑熱環境調査

附属学校園の校舎内外の観測場所に設置した暑さ指数モニタリングシステムの Web サイト<sup>8)</sup>で、2019 年 6 月から 9 月までの日最高 WBGT<sup>d</sup>を校種別に表示させ、主な観測場所計 13 か所のデータをダウンロードした。

日最高 WBGT の値は、日本生気象学会の「日常生活に関する指針」<sup>9)</sup>に照らし合わせ、31℃以上を「危険」、28℃以上 31℃未満を「厳重警戒」、25℃以上 28℃未満を「警戒」、21℃以上 25℃未満を「注意」、21℃未満を「ほぼ安全」の 5 段階に区分し、危険度とした（表 4.2）。ダウンロードした値は、表計算ソフト Excel で危険度別の日数を集計した。

表 4.2 暑さ指数（WBGT 値）の危険度区分

| 区分   | WBGT 値（参考温度）             |
|------|--------------------------|
| 危険   | 31℃以上（35℃以上）             |
| 厳重警戒 | 28℃以上 31℃未満（31℃以上 35℃未満） |
| 警戒   | 25℃以上 28℃未満（28℃以上 31℃未満） |
| 注意   | 21℃以上 25℃未満（24℃以上 28℃未満） |
| ほぼ安全 | 21℃未満（24℃未満）             |

<sup>d</sup> モニタリングシステムは、日本生気象学会の「気温と相対湿度の換算表」に基づいて暑さ指数（WBGT 推定値）を算出するようプログラムされている。月別、校種別に、場所ごとの「1 日の WBGT 最大値」も表示される。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 熱中症疑いの発生状況

熱中症疑いの校種別発生状況を月別に表 4.3 に示した。2019 年 6 月から 9 月までの期間に「熱中症疑い」と判断された事例は、附属学校園全体で 73 件であった。校種別にみると小学校が最も多く 41 件、中学校が 29 件で小・中学校で全体の 95.9% を占めた。

スポーツ振興センターによる全国の学校の熱中症発生件数を校種別にみると、例年中学校と高等学校の発生件数が他の校種と比較して圧倒的に多く約 90% を占め<sup>10-11)</sup>。附属学校園の調査では重症例や救急搬送例はなかったものの、小学校の発生が学校園全体の 56.2% と高い割合を占めた。学校においては、事故を未然に防止し、安全な活動を実現するための万全なシステム作りが必要である<sup>12)</sup>ことから、今回の発生状況を詳細に分析し、複数の観点で活動の危険要因を見極め、今後の熱中症対策に活かすことが安全管理上の責任義務を果たすうえで大切であると考ええる。

#### 【月別発生状況】

月別（6～9 月）に発生状況をみると（表 4.3）、9 月の発生件数が最も多く、附属学校園全体で 32 件、43.8% であった。校種別にみると幼稚園では 7 月に 1 件、小学校では 9 月が最も多く 25 件、中学校では 8 月が最も多く 14 件、特別支援学校では 6 月と 7 月に各 1 件であった。内訳をみると小学校では 9 月に行われた運動会予行日に 6 件、運動会当日に 16 件発生した。今回の発生状況を踏まえ、例年 9 月初旬に開催される運動会の開催時期や熱中症対策を見直す必要がある。また中学校では 14 件のうち夏休み中の部活動で 7 件、始業日に 4 件発生したことから、8 月は気温の上昇に注意し、活動時間や活動場所の調整、生徒の体調や暑熱順化を考慮した活動を行うなど、環境面や健康面への配慮が必要である。

#### 【場合別発生状況】

場合別（学習中・運動中・その他）に発生状況をみると（表 4.4）、附属学校園全体では運動中が 39 件、53.4% と最も多く、半数以上を占めた。

小学校では運動中が 28 件で最も多く、運動会予行日や開催日、体育授業中の事例が多かったが、学習中の発生も 9 件あった。中学校では学習中と運動中、その他の活動中にほぼ同数発生した。運動中では特に部活動中の事例が多かったが、合唱の練習や準備作業等、文化祭関連の活動時間の事例も多く、運動中に限らず様々な場面で発生し、要因として疲労の蓄積や睡眠不足を挙げる生徒も多かった。なお、小・中学校の共通点として教室等の学習中の発生事例は運動後であったことが多く、汗をかいた後の水分補給不足や教室の暑熱環境が要因であることが推察された。

表 4.3 月別発生状況（単位：件）

|          | 6 月    | 7 月      | 8 月      | 9 月      | 合計（％）         |
|----------|--------|----------|----------|----------|---------------|
| 附属幼稚園    | 0      | 1        | 0        | 0        | 1（1.4）        |
| 附属小学校    | 0      | 10       | 6        | 25       | 41（56.2）      |
| 附属中学校    | 1      | 7        | 14       | 7        | 29（39.7）      |
| 附属特別支援学校 | 1      | 1        | 0        | 0        | 2（2.7）        |
| 全体（％）    | 2（2.7） | 19（26.0） | 20（27.4） | 32（43.8） | 73<br>（100.0） |

表 4.4 場合別発生状況（単位：件）

|          | 学習中      | 運動中      | その他      | 合計        |
|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 附属幼稚園    | 0        | 0        | 1        | 1         |
| 附属小学校    | 9        | 28       | 4        | 41        |
| 附属中学校    | 10       | 10       | 9        | 29        |
| 附属特別支援学校 | 0        | 1        | 1        | 2         |
| 全体（％）    | 19（26.0） | 39（53.4） | 15（20.5） | 73（100.0） |

表 4.5 場所別発生状況（単位：件）

|          | 屋外       | 屋内       | 合計        |
|----------|----------|----------|-----------|
| 附属幼稚園    | 0        | 1        | 1         |
| 附属小学校    | 30       | 11       | 41        |
| 附属中学校    | 12       | 17       | 29        |
| 附属特別支援学校 | 1        | 1        | 2         |
| 全体（％）    | 43（58.9） | 30（41.1） | 73（100.0） |

表 4.6 暑さ指数危険度別発生状況（単位：件）

|          | 注意       | 警戒       | 厳重警戒     | 危険       | 合計        |
|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 附属幼稚園    | 1        | 0        | 0        | 0        | 1         |
| 附属小学校    | 7        | 9        | 19       | 6        | 41        |
| 附属中学校    | 4        | 8        | 13       | 4        | 29        |
| 附属特別支援学校 | 2        | 0        | 0        | 0        | 2         |
| 全体（％）    | 14（19.2） | 17（23.3） | 32（49.8） | 10（13.7） | 73（100.0） |

### 【場所別発生状況】

場所別（屋外と屋内）に発生状況をみると（表 4.5），附属学校園全体では屋外の発生が 43 件，58.9%と屋内に比べて若干多かった。これは，小学校において屋外（特にグラウンド）での発生が 30 件と多かったことが影響している。一方，中学校では屋内での発生件数が多く 17 件に上った。内訳から，体育館（2 件）や武道館（2 件）等の屋内運動施設より，教室や特別教室での発生が多かった（13 件）。特に 3 階教室は，体育館やグラウンドに比べて温度や暑さ指数が高いことがあり，学習中も十分注意が必要である。また，屋外ではグラウンドの他に通学路でも 2 件発生し，自転車通学の生徒がめまいや頭痛，吐き気などの症状を訴えた。

### 【暑さ指数危険度別発生状況】

熱中症チェックシートに記録された発生場所<sup>e</sup>と発生時刻の暑さ指数をモニタリングシステムで確認し，暑さ指数の危険度区分（表 4.2）に基づいて発生状況をみると（表 4.6），附属学校園全体では 28℃以上 31℃未満の「厳重警戒」が 32 件と最も多く，発生件数全体の約半数を占めた。小・中学校では「厳重警戒」の発生事例が多いが，幼稚園と特別支援学校の事例はすべて 21℃以上 25℃未満の「注意」で発生しているため，早い時期からの対策が必要とされる。また，31℃以上の「危険」では 10 件，13.7%であったが単純に発生件数が「少ない」とは言えない。熱中症予防のための運動指針によれば「危険」での運動は原則中止<sup>13)</sup>であるが中止できなかったことが考えられる。中学校では夏休み中に「危険」で 4 件発生したがいずれも部活動中であった。また，小学校の運動会開催日は残暑が厳しく日最高 WBGT が「危険」に達したが，プログラムを縮小して実施した。急な行事日程の変更は困難なことから，計画段階での対策が必要とされる。

## 3.2 暑熱環境の変化と熱中症疑いの発生傾向

モニタリングシステムの観測場所（第 2 章，表 2.4）のうち，各校の運動施設と教室を計 13 か所選択し，2019 年 6 月から 9 月までの日最高 WBGT を危険度別に区分した日数<sup>f</sup>と熱中症疑いの発生件数を表 4.7 に示した。

### 【2019 年 6 月】

6 月は，日最高 WBGT が「注意」に達した場所と日数が最も多く，平均日数は 21.1 日であった。全ての場所において「危険」や「厳重警戒」に達した日はなく，各観測場所の日最高 WBGT の平均値は 21.4～24.0℃と比較的過ごしやすい暑熱環境であった。

「熱中症疑い」は附属学校園全体で 2 件発生し，いずれも発生時の暑さ指数は「注意」であった。温度が高くななくても湿度の上昇により暑さ指数も上昇するため，暑熱環境の評価には暑さ指数を用いるべきである。熱中症発症のリスクは個人差が大きく<sup>13)</sup>，幼児や障害のある人は熱中症になりやすいことから<sup>14)</sup>，「注意」の日数が増加する時期から熱中症対策が必要である。

<sup>e</sup> 発生場所にセンサ端末がない場合は，最も近い観測場所の暑さ指数の値を記録した。

<sup>f</sup> 部活動や学校行事等により出校した日があったため，休日や夏季休業日も日数に含めた。

**【2019年7月】**

7月は、日最高 WBGT が「警戒」に達した場所と日数が最も多く、平均日数は 12.3 日であった。7月17日以降は「厳重警戒」に達した場所が増加し、「危険」に達した場所も5か所あった。「危険」と「厳重警戒」の合計日数が最も多かった場所は、中学校武道館と小学校3階教室、特別支援学校2階教室でいずれも14日、次いで中学校3階教室で13日であった。各観測場所の日最高 WBGT の平均値は 24.6～27.5℃であった。

「熱中症疑い」の発生件数も急増し、附属学校園全体で19件であった。暑さ指数が急上昇した7月は各校で「注意」の段階から発生し、「注意」と「警戒」でそれぞれ7件、「厳重警戒」で5件発生した。暑さ指数が「注意」から「警戒」、「警戒」から「厳重警戒」に複数地点で一斉に上昇した日に件数が増加する傾向にあった（7月11日5件、7月18日6件）。

**【2019年8月】**

8月は、日最高 WBGT が「厳重警戒」に達した場所と日数が最も多く、平均日数は 13.6 日であった。中旬頃までは「危険」に達した場所と日数が多く、平均日数は 8.1 日で調査期間のうちで最も多かった。「危険」が最も多かった場所は、中学校3階教室で18日、次いで小学校3階教室と特別支援学校第2体育館が15日であった。いずれも屋内であり、夏休み中であったため教室の窓を閉め切っていたことや3階教室は屋上からの輻射熱の影響を受けていることが推察された。8月の各観測場所の日最高 WBGT の平均値は 27.1～30.2℃であった。

8月は各校の授業日が10日以下であったが、「熱中症疑い」は附属学校園全体で20件発生した。「注意」から「危険」の暑さ指数の各段階で発生したが、小学校では「警戒」で5件、中学校では「厳重警戒」で7件発生した。なお、「危険」における4件はすべて中学校の部活動中の発生であった。部活動担当の教職員は暑熱環境を掌握し、生徒の健康観察をこまめに行うことが望まれる。また、中学校では始業日に4件発生し、夏休みの生活環境が暑熱順化に影響したことが推察された。

**【2019年9月】**

9月は、日最高 WBGT が「警戒」に達した場所と日数が最も多く、平均日数は 10.8 日であった。10日頃までは「厳重警戒」に達した場所が多く、平均日数は 5.9 日であった。8月と比較すると「危険」と「厳重警戒」の日数が大幅に減少したものの、9月の各観測場所の日最高 WBGT の平均値は 24.0～28.2℃で、7月並みの暑熱環境であった。

「熱中症疑い」は附属学校園全体で32件発生した。小学校では9月6日に運動会予行練習が行われ、「厳重警戒」で6件発生した。さらに9月8日の運動会当日は最高気温 35.4 度の猛暑日となり、グラウンドは 10:40 に暑さ指数が「危険」に達した。小学校では気象予報を受けて午前中で終了できるようプログラムを縮小して運動会を開催し、応援合戦や閉会式をテントの中で行うなどの措置をとったが、「熱中症疑い」は「危険」で6件、「厳重警戒」で10件発生した。中学校では9月7日から地

区中体連が市内を中心に行われていたが、熱中症の症状を訴える生徒も多く、暑さ指数の上昇に伴い一時中断や延期の措置がとられた競技もあった。

以上の結果から、今後も7月後半から9月前半までは今後も暑さ指数が「危険」や「厳重警戒」に達することが十分考えられる。また、屋内においても暑さ指数の危険度が高いことが明らかとなり、熱中症の発生には十分注意して活動する必要がある。文化祭や運動会の準備等では、教職員は児童生徒等の健康状態や活動場所の暑さ指数に留意し、「危険」や「厳重警戒」に達した場合は、活動内容や時間・場所の変更、場合によっては活動を中止することも必要である。気象予報にも留意し、前日より気温や暑さ指数が上昇すると予報された日や夏休み明けの始業日、連休明けの日に熱中症が発生することを想定し、児童生徒等に注意を促す指導や暑熱順化を促す対策が望まれる。

運動会などの体育的行事について前述の渡邊らは、「日最高 WBGT に基づいて定めた熱中症の危険がある期間を避けることにより熱中症の危険度を低減できる可能性がある」と述べる一方、沖縄県のように暑熱環境下での運動会開催において必ずしも熱中症事例数が増加しなかったのは、「児童・生徒が暑熱順化していたことや運動会開催時に熱中症予防の適切な措置が取られていたため」と述べている<sup>1)</sup>。2019年のように5月（春季）や9月（秋季）に WBGT が 31℃以上となることを想定したリスク管理が必要である。

表 4.7 観測場所の日最高 WBGT の危険度区分による日数と熱中症疑いの発生件数

| 月  | W<br>B<br>G<br>T<br>値 | 危険度区分 | 園庭<br>(幼) | ホール<br>(幼) | グラウンド<br>(小中) | 体育館<br>(小) | 体育館<br>(中) | 武道館<br>(中) | 第1体育館<br>(特支) | 第2体育館<br>(特支) | 3階教室<br>(小) | 2階教室<br>(小) | 3階教室<br>(中) | 2階教室<br>(中) | 2階教室<br>(特支) | 平均日数 | 熱中症疑い発生件数 |
|----|-----------------------|-------|-----------|------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------|-----------|
| 6月 | 31℃～                  | 危険    | 0         | 0          | 0             | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.0  | 0         |
|    | 28℃～31℃               | 厳重警戒  | 0         | 0          | 0             | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.0  | 0         |
|    | 25℃～28℃               | 警戒    | 2         | 3          | 3             | 0          | 0          | 8          | 2             | 3             | 12          | 9           | 10          | 7           | 7            | 5.1  | 0         |
|    | 21℃～25℃               | 注意    | 21        | 24         | 19            | 21         | 19         | 19         | 25            | 24            | 18          | 21          | 20          | 21          | 22           | 21.1 | 2         |
|    | ～21℃                  | ほぼ安全  | 7         | 3          | 7             | 9          | 1          | 3          | 3             | 3             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 2.8  | 0         |
|    | 日最高 WBGT 平均値 (℃)      |       | 21.7      | 22.5       | 22.0          | 21.4       | 22.3       | 23.3       | 22.5          | 22.7          | 23.9        | 23.3        | 24.0        | 23.7        | 23.6         |      | 計 2       |
| 7月 | 31℃～                  | 危険    | 1         | 0          | 1             | 0          | 0          | 2          | 0             | 1             | 1           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.5  | 0         |
|    | 28℃～31℃               | 厳重警戒  | 0         | 1          | 8             | 4          | 8          | 12         | 10            | 10            | 13          | 12          | 13          | 11          | 14           | 8.9  | 5         |
|    | 25℃～28℃               | 警戒    | 6         | 16         | 6             | 12         | 9          | 13         | 12            | 17            | 15          | 11          | 14          | 16          | 13           | 12.3 | 7         |
|    | 21℃～25℃               | 注意    | 10        | 5          | 8             | 14         | 11         | 3          | 8             | 2             | 1           | 4           | 3           | 3           | 2            | 5.7  | 7         |
|    | ～21℃                  | ほぼ安全  | 0         | 0          | 0             | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.0  | 0         |
|    | 日最高 WBGT 平均値 (℃)      |       | 24.6      | 25.4       | 26.4          | 24.8       | 25.7       | 27.3       | 26.1          | 26.6          | 27.5        | 27.1        | 27.2        | 27.0        | 27.2         |      | 計 19      |
| 8月 | 31℃～                  | 危険    | —         | —          | 4             | 0          | 0          | 8          | 6             | 15            | 15          | 5           | 18          | 13          | 5            | 8.1  | 4         |
|    | 28℃～31℃               | 厳重警戒  | —         | —          | 15            | 15         | 22         | 4          | 14            | 10            | 13          | 22          | 11          | 14          | 10           | 13.6 | 8         |
|    | 25℃～28℃               | 警戒    | —         | —          | 8             | 14         | 8          | 7          | 10            | 6             | 3           | 4           | 2           | 3           | 3            | 6.2  | 7         |
|    | 21℃～25℃               | 注意    | —         | —          | 0             | 2          | 1          | 1          | 1             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.5  | 1         |
|    | ～21℃                  | ほぼ安全  | —         | —          | 0             | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.0  | 0         |
|    | 日最高 WBGT 平均値 (℃)      |       | —         | —          | 28.8          | 27.1       | 28.2       | 28.7       | 28.5          | 29.7          | 30.0        | 29.2        | 30.2        | 29.7        | 29.0         |      | 計 20      |
| 9月 | 31℃～                  | 危険    | —         | —          | 1             | 0          | 0          | 1          | 0             | 3             | 1           | 0           | 1           | 1           | 1            | 0.8  | 6         |
|    | 28℃～31℃               | 厳重警戒  | —         | —          | 4             | 2          | 5          | 7          | 5             | 11            | 6           | 8           | 6           | 6           | 5            | 5.9  | 19        |
|    | 25℃～28℃               | 警戒    | —         | —          | 10            | 9          | 8          | 13         | 5             | 9             | 15          | 16          | 15          | 5           | 14           | 10.8 | 0         |
|    | 21℃～25℃               | 注意    | —         | —          | 10            | 18         | 17         | 9          | 2             | 7             | 8           | 6           | 8           | 0           | 10           | 8.6  | 7         |
|    | ～21℃                  | ほぼ安全  | —         | —          | 5             | 1          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0.5  | 0         |
|    | 日最高 WBGT 平均値 (℃)      |       | —         | —          | 24.2          | 24.0       | 24.3       | 26.1       | 26.9          | 26.5          | 26.1        | 26.1        | 26.1        | 28.2        | 26.0         |      | 計 32      |

注 1) 観測場所の危険度区分の日数を 5 段階に色分けした (20 日以上, 10 日以上, 5 日以上, 1 日以上, 0 日)。

注 2) 園庭とホールは園舎改修工事により, またグラウンドは LAN 環境の不具合により計測されない日があった。



### 3.3 運動施設の暑さ指数

附属学校園の運動施設の2019年6月から9月までの日最高WBGTの危険度日数の割合を図4.2に示した。

観測した運動施設は、園庭と幼稚園ホール、グラウンド（小・中学校共通）、各校の体育館4か所、中学校武道館の計8か所であった。

特別支援学校第1・2体育館と中学校体育館及び武道館は、「危険」と「厳重警戒」を合わせた日数が30%以上を占め、屋外のグラウンドと同様の暑熱環境であることが分かった。6月から9月までの期間は、これらの運動施設において熱中症発生の頻度が高まる可能性が十分考えられた。また、小・中学校の体育館は共通の校舎であり、小学校（1階）は中学校（2階）に比べ開口部が多く直射日光が入りづらい立地状況であるため、日最高WBGTが「危険」に達した日はなく「厳重警戒」の日数も17.4%と少なかった。小学校ではグラウンドの暑さ指数が上昇した際は活動場所を体育館に変更し、暑さの影響を避ける等の対応をした。しかし、中学校や特別支援学校は屋内外の暑さ指数がほぼ同じであるため、屋外活動中は日射を避け、「厳重警戒」に達したときは休憩や水分補給をこまめに行うことや「危険」に達したときは活動を中止する必要がある。

特別支援学校の体育館は一般住宅に囲まれ、構造上風通しが悪いことも暑熱環境悪化の要因となっていることが推察された。前田ら（2018）は、障碍のある子どもの体温調節に関する調査を行い、「障碍の種類により体温調節の様相が異なることから、障碍の度合いや各人の対処能力は極めて多様であり、熱中症の罹り易さは各人で大きく異なる」と述べている<sup>15)</sup>。附属特別支援学校では、夏季の運動施設使用時には注意が必要であるため、窓の開放や暗幕による直射日光の遮断、大型送風機の使用により暑熱環境の緩和をはかっているが、暑さ指数の上昇により活動が制限されることが多いため、体育館には冷房設備の設置が望まれる。

なお、幼稚園は改修工事により7月16日で観測を終了しているが、園庭の暑さ指数は小・中学校のグラウンドとほぼ同じ傾向であったため、グラウンドの値を参考に外遊びを行った。

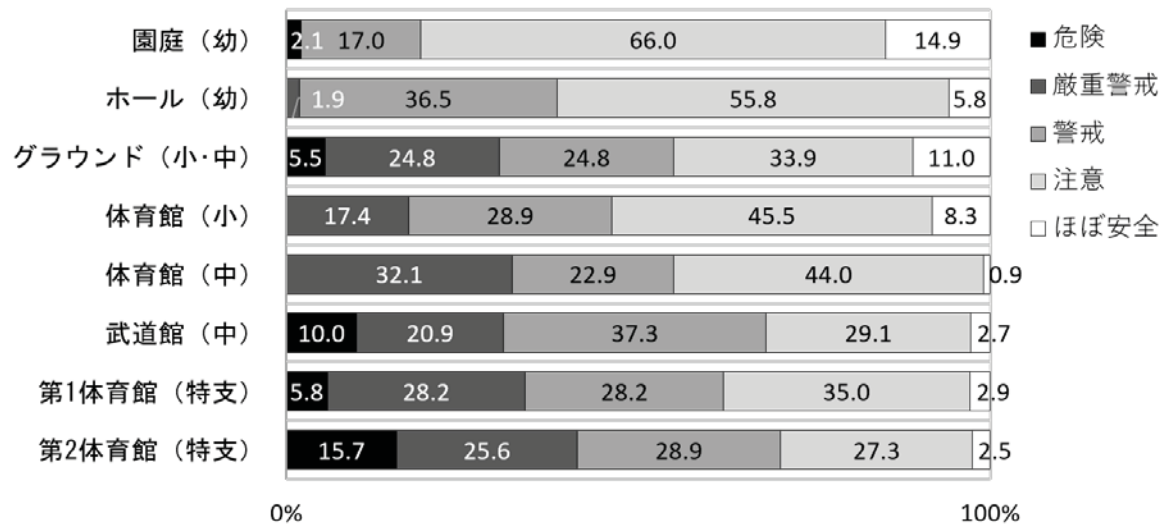


図 4.2 運動施設における日最高 WBGT 危険度別日数の割合（2019 年 6~9 月）

### 3.4 教室の暑さ指数

附属学校園の各教室の2019年6月から9月までの日最高WBGT値の危険度の割合を図4.3に示した。

観測した教室は小・中学校各2教室，特別支援学校1教室の計5か所であった。各教室を比較すると，小・中学校の教室は，「危険」と「厳重警戒」を合わせた日数が全体の40%以上を占めた。特に3階の教室は「危険」に達した割合が多く，そのほとんどは夏休み中であった。また，どの教室においても21℃未満の「ほぼ安全」の日はなかった。中学校では夏休み中も文化部の活動や文化祭の準備，教育実習生の指導等が行われるため，教室の温度や暑さ指数には十分注意する必要がある。運動施設と比較すると教室の方が「危険」や「厳重警戒」の割合が多く，教室の暑さ指数は全体的に高い傾向があった。熱中症疑いの場所別発生状況（表4.5）から，中学校では屋内で17件発生し，うち13件は教室や特別教室であったが，教室で発生した事例には，体育館やグラウンドで運動した後，一定時間を経過してから体調不良を訴えた事例もあった。2020年以降はエアコン稼働により教室の発生事例は減少することが期待される。

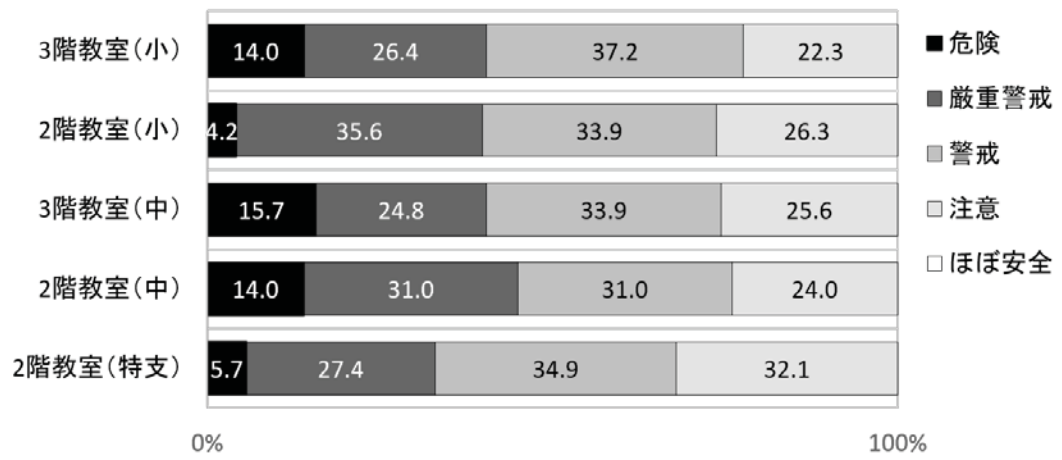


図 4.3 教室における日最高 WBGT 危険度別日数の割合（2019 年 6~9 月）

#### 4. まとめ

弘前大学教育学部附属学校園において2019年6月から9月までの期間に児童生徒等の「熱中症疑い」の発生状況と暑さ指数モニタリングシステムによって観測された校舎内外の暑熱環境を調査した結果、以下の実態が明らかとなった。

- 1) 「熱中症疑い」の発生は、附属学校園全体で73件であった。校種別では小学校が最も多く41件(56.2%)、中学校が29件(39.7%)であった。小・中学校で全体の95.9%を占めた。
- 2) 「熱中症疑い」の発生は、9月が最も多く、32件(43.8%)であった。うち22件は小学校の運動会予定日と運動会当日に発生した。
- 3) 場合別では、運動中の発生が最も多く、全体で39件(53.4%)であった。小学校では運動中が28件と最も多かったが、中学校では、運動中、学習中、その他の活動中にほぼ同数発生し、疲労の蓄積や睡眠不足が背景にあった。
- 4) 場所別では、屋外の発生が43件(58.9%)と屋内に比べて若干多かったが、小学校のグラウンドで30件発生したことが影響していた。一方、中学校では屋内での発生件数が17件で、運動施設より教室や特別教室で多く発生した。
- 5) 暑さ指数危険度別では、28℃以上31℃未満の「厳重警戒」における発生が最も多く、全体で34件(46.6%)であった。また、21℃以上25℃未満の「注意」においても14件(19.2%)発生した。前日に比べ、暑さ指数が多くの場所で上昇した日に発生件数が増加する傾向があった。
- 6) 附属学校園の校舎内外13か所の日最高WBGTは、6月は「注意」、7月は「警戒」、8月は「厳重警戒」及び「危険」、9月は「警戒」に達した場所と日数が最も多かった。特に7月後半から9月前半にかけて多くの観測場所において「危険」や「厳重警戒」に達していた。
- 7) 附属学校園において「危険」と「厳重警戒」を合わせた日数の割合が最も高い場所は、特別支援学校の第2体育館で41.3%であった。また、小・中学校の教室も「危険」と「厳重警戒」を合わせた日数の割合が約40%を占め、8月に「危険」に達した日数が特に多かった。運動施設よりも教室の暑さ指数が高い傾向にあった。

今後は本研究で明らかとなった附属学校園の暑熱環境や熱中症の発生傾向を活かし、学校行事等の開催時期や活動内容を熱中症予防の観点から検討するとともに、教職員間で暑さ指数に対する共通理解を図る等、熱中症予防のガイドラインに沿った対策が学校全体で行われることが望まれる。また、2020年には教室にエアコンが整備されることから、暑さによる体調不良者は減少することが予測されるが、教室内外の温度差拡大が児童生徒等の暑熱順化に影響を及ぼすことも考えられるため、エアコンの適切な使用と温熱・空気環境の管理が重要となってくる。児童生徒に対しても熱中症の知識理解を深める指導や暑熱順化を促す指導の在り方を課題として、今後も研究を積み重ねていきたい。なお、本研究は平成31年度弘前大学教育学部附属学校共同研究奨励費の助成を受けたものである。

## 第2節 熱中症予防のための暑さ指数モニタリングシステムの活用と校種別ガイドラインの提案<sup>g</sup>

### 1. はじめに

近年の気候変動により子どもを取り巻く暑熱環境は悪化し、全国的に熱中症の発生が急増している。日本スポーツ振興センターによると、過去5年間の全国の学校（幼稚園・小学校・中学校・高等学校）における熱中症発生件数は年々増加し、2018年度は7000件を超過した（図4.4）<sup>16)</sup>。ただし、これは医療費を支給した人数のため実際は相当件数に上ることが推定される。

弘前大学教育学部附属学校園（以下、附属学校園）では猛暑であった2012年の保健室利用者急増をきっかけに、熱中症チェックシート<sup>7)</sup>や暑さ指数モニタリングシステム（以下、モニタリングシステム）<sup>17)</sup>を教育学部と共同開発し、熱中症対策として取り入れてきた。しかし、例年気温が急上昇する時期や夏休み明けに熱中症を疑う症状の児童生徒等が増加する傾向が明らかで暑さに順化できない子どもが増えてきていることも考えられ<sup>5)</sup>、暑熱環境の掌握や学校行事における熱中症対策が大きな課題となっている。

これまで附属学校園では、モニタリングシステムで校舎内外複数地点の暑さ指数（WBGT 値）を観測できることから、「日常生活における熱中症予防指針」（日本生気象学会 2013）<sup>9)</sup>や「熱中症予防のための運動指針」（日本スポーツ協会 2019）<sup>13)</sup>に示された「暑さ指数に応じた注意事項等」（表4.8）を熱中症予防のガイドラインとして用いてきた。しかし、「暑さ」の指標に温度ではなく暑さ指数を用いることが判りづらさの要因となり、各校の実情等からそのまま適用されないことが多かった。また、園児から高等部の幅広い年齢層の児童生徒等の教育活動に適用しづらいこともあった。さらに2019年5月下旬には最高気温30℃以上の真夏日が3日間連続したことから、熱中症対策について見直しを図る必要があった。そこで、各校の教育活動において熱中症予防の指針として用いることができるよう、校種別に熱中症予防に関するガイドラインを作成し、活用法について実践的にその効果を検証することとした。

<sup>g</sup> 本節は「大高景子，森菜穂子，丹代菜々，高橋千晶：弘前大学教育学部附属学校園における熱中症予防のための暑さ指数モニタリングシステムの活用と校種別ガイドラインの提案」として弘前大学教育学部研究紀要クロスロード第24号（2020年3月）に掲載予定。

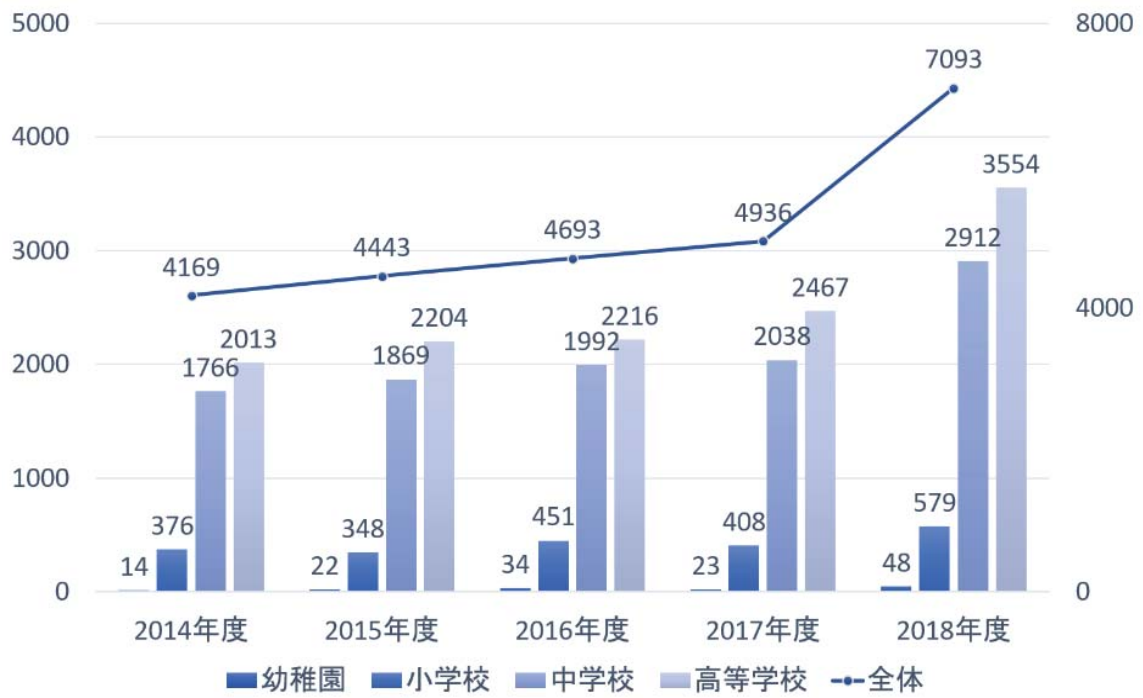


図 4.4 全国の学校管理下における熱中症発生件数

注) 日本スポーツ振興センター統計情報システム<sup>16)</sup>の速報値を基に著者が作成



表 4.8 暑さ指数に応じた注意事項等

| 暑さ指数（WBGT 値）<br>（参考温度）       | 注意すべき生活<br>活動の目安 <sup>注1)</sup> | 日常生活における<br>注意事項 <sup>注1)</sup>                 | 熱中症予防のための<br>運動指針 <sup>注2)</sup>  |
|------------------------------|---------------------------------|---|---|
| 31℃以上<br>（35℃以上）             | すべての<br>生活活動で<br>おこる危険性         | <b>危険</b><br>外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。              | <b>運動は原則中止</b><br>特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合には中止すべき。  |
| 28℃以上 31℃未満<br>（31℃以上 35℃未満） |                                 | <b>厳重警戒</b><br>外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。       | <b>厳重警戒（激しい運動は中止）</b><br>熱中症の危険性が高いので、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。<br>10～20 分おきに休憩をとり水分・塩分を補給する。暑さに弱い人（体力の低い人、肥満の人や暑さに慣れていない人など）は運動を軽減または中止。 |
| 25℃以上 28℃未満<br>（28℃以上 31℃未満） | 中等度以上の生活活動でおこる危険性               | <b>警戒</b><br>運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休憩を取り入れる。      | <b>警戒（積極的に休憩）</b><br>熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30 分おきくらいに休憩をとる。  |
| 21℃以上 25℃未満<br>（24℃以上 28℃未満） | 強い生活活動でおこる危険性                   | <b>注意</b><br>一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。 | <b>注意（積極的に水分補給）</b><br>熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。  |

注 1) 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」<sup>9)</sup>注 2) 日本スポーツ協会「熱中症予防のための運動指針」<sup>13)</sup>

## 2. 熱中症予防に関するガイドラインの作成

愛知県で発生した小学1年生男児の熱中症死亡事例（2017）を受け、熱中症事故の防止について文部科学省では、「暑さ指数等の情報に十分留意し、気温・湿度などの環境条件に配慮した活動を実施すること。その際、活動の中止や、延期、見直し等柔軟に対応を検討すること」としている<sup>18)</sup>。暑熱環境では児童生徒等の健康や安全を第一に考え、気温だけでなく暑さ指数に注意して活動の有無や場所、内容、時間について判断する必要がある。

これまで附属学校園では「暑さ指数に応じた注意事項等」（表4.8）を基に熱中症対策に取り組んできたが、児童生徒等の実態や教育活動に適用しづらいという課題があった。

そこで、各校の実情や児童生徒等の発達段階に合わせた熱中症予防の指針が必要であると判断し、附属学校園の養護教諭が中心となり校種別に熱中症予防に関するガイドラインの原案を作成した。

ガイドライン作成にあたっては、各校の教育活動に沿うよう工夫した。ただし附属特別支援学校では、様々な疾患や障害を有する小学部から高等部までの児童生徒が在籍しており、個別の対応を要するためガイドラインは作成しなかった。

以下に校種ごとに作成したガイドラインと作成時の留意点を示した。

## 2.1 附属幼稚園のガイドライン

附属幼稚園では、これまでに参考とした「暑さ指数に応じた注意事項等」（表 4.8）が幼児の活動を基準としたものではないため、教職員が判断に迷うことが多かったことから、保育活動に関する指針として「附属幼稚園のガイドライン」を作成した（表 4.9）。

作成の際に、これまでの「運動」を「外遊び」に置き換え、活動場所や内容についても具体的に示すなど、教職員が判断しやすい基準となるよう工夫をした。また、対象が幼児であるため休憩、水分補給は時間や回数にこだわらず、教職員がこまめに促せるよう 10～20 分に 1 回以上、20～30 分に 1 回以上とした。養護教諭はこれを 2019 年 7 月の職員会議で提案し共通理解を図った。管理職は附属幼稚園の熱中症対策として保護者に通知し、理解と協力を求めた。

表 4.9 附属幼稚園のガイドライン

| 危険度区分 | 暑さ指数（WBGT 値）<br>（参考温度）       | 保育活動に関する指針             |                                   |                        |
|-------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|
|       |                              | 外遊び 注 1)               | 屋外の活動 注 2)                        | 屋内の活動                  |
| 危険    | 31℃以上<br>（35℃以上）             | 原則中止                   |                                   | 20～30 分に 1 回以上の休憩，水分補給 |
| 嚴重警戒  | 28℃以上 31℃未満<br>（31℃以上 35℃未満） | 原則中止                   | 炎天下を避ける<br>10～20 分に 1 回以上の休憩，水分補給 | 20～30 分に 1 回以上の休憩，水分補給 |
| 警戒    | 25℃以上 28℃未満<br>（28℃以上 31℃未満） | 20～30 分に 1 回以上の休憩，水分補給 |                                   | 積極的に休憩，水分補給            |
| 注意    | 21℃以上 25℃未満<br>（24℃以上 28℃未満） | 熱中症の兆候に注意し，積極的に休憩，水分補給 |                                   | 熱中症の兆候に注意し，適宜休憩，水分補給   |

注 1) 園庭・運動場での遊び

注 2) 畑の作業，テラスでの遊び等

## 2.2 附属小学校のガイドライン

附属小学校では、熱中症の発生が運動時に限らないことや、理科や生活科等は屋外の学習も多いことを考慮して、運動や学習活動に関する指針として「附属小学校のガイドライン」を作成した（表 4.10）。

作成の際に、「運動と学習活動に関する指針」をそれぞれ「屋外」と「屋内」に分け、教職員が体育・理科・生活科等の授業を行う際に活動場所や内容について判断しやすい基準となるよう工夫した。養護教諭はこれを 2019 年 7 月の職員会議で提案し、教職員の共通理解を図った。

表 4.10 附属小学校のガイドライン

| 危険度区分 | 暑さ指数（WBGT 値）<br>（参考温度）       | 運動や学習活動に関する指針  |  |
|-------|------------------------------|--|--|
|       |                              | 運動   | 学習活動   |
| 危険    | 31℃以上<br>（35℃以上）             | 運動は全面中止。   | 屋外の学習活動は中止。                                      |
| 嚴重警戒  | 28℃以上 31℃未満<br>（31℃以上 35℃未満） | 炎天下の運動は原則中止。<br>屋内の運動は室温の上昇に注意。<br>最低でも 10～20 分に 1 回以上は休憩をとり、積極的に水分補給する。 | 屋外の活動は炎天下を避ける。<br>屋内の活動は室温の上昇に注意。<br>積極的に水分補給する。 |
| 警戒    | 25℃以上 28℃未満<br>（28℃以上 31℃未満） | 屋内外とも 30 分に 1 回は休憩をとり、積極的に水分補給する。  | 休み時間に十分休憩をとり、積極的に水分補給する。                         |
| 注意    | 21℃以上 25℃未満<br>（24℃以上 28℃未満） | 熱中症の兆候に注意し、定期的に休憩を取り入れ、水分補給する。体調不良者は運動を中止する。                             |  |

注）理科や生活科等は屋外で行う活動が多いことから学習活動も屋外と屋内に分けた。

### 2.3 附属中学校のガイドライン

附属中学校では、附属小学校とほぼ同じ内容で「附属中学校のガイドライン」を作成した（表 4.10）。ただし、部活動、学校行事等における熱中症発生を考慮し、危険度が「厳重警戒」では、運動・学習活動・その他の活動の全てにおいて「教職員（顧問・コーチ）が付けない場合は中止」とした。養護教諭はこれを 2019 年 6 月の職員会議で提案し、教職員の共通理解を図った。

表 4.10 附属中学校のガイドライン

| 危険度区分 | 暑さ指数（WBGT 値）<br>（参考温度）       | 運動や学習活動等に関する指針  |  |
|-------|------------------------------|---|--|
|       |                              | 運動  | 学習活動・その他   |
| 危険    | 31℃以上<br>（35℃以上）             | 屋内外とも原則中止。  | 屋外は原則中止。   |
| 厳重警戒  | 28℃以上 31℃未満<br>（31℃以上 35℃未満） | 炎天下では原則中止。<br>屋内は室温の上昇に注意。<br>最低でも 10～20 分に 1 回以上は休憩をとり、積極的に水分補給する。<br>教職員が付けない場合は中止。 | 屋外の活動は炎天下を避ける。<br>屋内の活動は室温の上昇に注意する。<br>積極的に水分補給する。<br>教職員が付けない場合は中止。 |
| 警戒    | 25℃以上 28℃未満<br>（28℃以上 31℃未満） | 屋内外とも 30 分に 1 回は休憩をとり、積極的に水分補給する。   | 休み時間に十分休憩をとり、積極的に水分補給する。   |
| 注意    | 21℃以上 25℃未満<br>（24℃以上 28℃未満） | 熱中症の兆候に注意し、定期的に休憩を取り入れ、水分補給する。体調不良者は運動を中止する。  |  |

注）部活動、学校行事等における熱中症発生を考慮し、「厳重警戒」では運動・学習活動・その他の活動の全てにおいて「教職員（顧問・コーチ）が付けない場合は中止」とした。

### 3. 附属学校園における熱中症対策の取組

附属学校園の熱中症対策のうち，モニタリングシステムや熱中症予防に関するガイドラインを活用した取組を校種別に表 4.11 に示した。なお，暑さ指数（WBGT 値）は温度ではないことを児童生徒等に理解させることが難しいことや単位（℃）が同じで混同するという点から，危険度区分ごとに統一したカラーやアイコンを使用することとした（図 4.5）。附属学校園でカラーやアイコンを統一することにより熱中症に対する児童生徒等の意識が高まることや発達段階的に定着することを期待した。



図 4.5 暑さ指数の危険度区分に使用したアイコン

注）附属特別支援学校養護教諭作成

表 4.11 各校の熱中症対策の取組内容

| 段階           | 附属幼稚園   | 附属小学校  | 附属中学校  | 附属特別支援学校  |
|--------------|---|--|--|---|
| 教職員の<br>共通理解 | <p>①職員会議で熱中症対策について共通理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングシステムの閲覧方法と活用方法</li> <li>・熱中症チェックシートによる判断と対応</li> </ul> <p>②職員会議で「熱中症予防に関する附属幼稚園ガイドライン」を協議し共通理解</p> | <p>①職員会議で熱中症対策について共通理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングシステムの活用方法</li> <li>・掲示物による暑さ指数の確認方法</li> </ul> <p>②職員会議で「熱中症予防に関する附属小学校のガイドライン」について共通理解</p>   | <p>①生活健康部会で「熱中症予防に関する附属中学校のガイドライン」の原案を協議</p> <p>②職員会議に以下を提案，共通理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱中症予防に関する附属中学校のガイドライン</li> <li>・モニタリングシステムの閲覧方法</li> <li>・熱中症チェックシートによる判断と対応</li> </ul> <p>③校内ネットワークの掲示板にモニタリングシステム表示</p>   | <p>①生活支援部会で熱中症対策について共通理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングシステムや掲示物による暑さ指数の確認方法</li> <li>・活動場所や内容の検討について確認</li> </ul> <p>②校内ネットワークの掲示板で熱中症対策について共通理解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングシステムの閲覧方法と活用方法</li> <li>・熱中症チェックシートによる判断と対応</li> </ul> |
| 児童生徒<br>等の指導 | <p>①保健便りの発行</p> <p>②掲示物の工夫</p> <p>暑さ指数の危険度を園庭に表示</p> <p>③養護教諭による学年毎の保健指導</p>  | <p>①保健便りの発行</p> <p>②掲示物の工夫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラウンド出入口に休み時間ごとに場所ごとの暑さ指数を表示</li> <li>・グラウンドの暑さ指数の危険度を表示</li> </ul> <p>③学級担任による発達段階に合わせた熱中症予防の保健指導</p> <p>④「厳重警戒」以上では休み時間の外遊びを控えるよう，校内放送で呼びかけ</p> | <p>①保健便りの発行</p> <p>②掲示物の工夫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・体育館と武道館のアナログ熱中症指数計の下にガイドラインを掲示</li> <li>・生徒玄関と保健室前にガイドラインを掲示，場所ごとの暑さ指数を矢印で表示</li> <li>・熱中症チェックシートを拡大，使い方を併せて掲示</li> </ul> <p>③養護教諭による集団保健指導</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・夏休み前の全校集会を利用</li> </ul> | <p>①保健便りの発行</p> <p>②掲示物の工夫</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・保健室前に場所ごとの暑さ指数を表示</li> <li>・第1・2体育館に暑さ指数の危険度レベルを表示</li> <li>・熱中症予防方法について，ひと目でわかるよう掲示</li> </ul> <p>③養護教諭による集団保健指導</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・夏休み前の全校集会を利用し「夏休み中の生活」として指導</li> </ul>   |
| 保護者の<br>啓発   | <p>①保健便りの発行</p> <p>②熱中症対策として，「熱中症予防に関する附属幼稚園のガイドライン」を通知</p>   | <p>①保健便りの発行</p>  | <p>①保健便りの発行</p> <p>②養護教諭による講話「附属中学校における熱中症対策」</p>  | <p>①保健便りの発行</p>   |



### 3.1 附属幼稚園の取組

附属幼稚園では、職員会議で附属幼稚園のガイドライン（表 4.9）を協議し共通理解のもと保護者にも通知した。職員会議で提案する際はモニタリングシステムを活用し、前年度の園庭の暑さ指数から外遊びが中止となる「厳重警戒」以上の日数を提示し、教職員の理解と協力を求めた。気温は高さによって異なり、とくに夏は地面に近いほど気温が高く地表からの熱の影響を受けやすい<sup>5)</sup>。また、温度や相対湿度の検査について、「幼稚園等では、子供たちの活動状況を考慮して検査を行う」<sup>19)</sup>とされているため、園庭の計測センサは、幼児が砂場にしゃがんだ時の頭の高さを想定して設置位置を変更した（図 4.6）。

養護教諭はモニタリングシステムで暑さ指数をチェックし、ガイドラインの危険度区分を「暑さ指数危険度レベル」として園庭に掲示した。外遊び中の園児や教職員が離れた場所からでも判断しやすいよう掲示物のカラーやアイコンを工夫した。

園児に対しては、紙芝居を用いて熱中症予防について保健指導を行った。



図 4.6 園庭の計測センサ

注) 地面から 50 cm の高さに設置

### 3.2 附属小学校の取組

附属小学校では、モニタリングシステムによる暑さ指数を養護教諭が休み時間ごとに表示することや、各自が暑さ指数をモニタリングし、それらを目安に活動場所や内容、時間等、対策をとることを共通理解した。また、附属小学校のガイドライン（表 4.10）についても共通理解を図った。しかし、モニタリングシステムを自ら利用せず、養護教諭に暑さ指数を確認する教職員もいたため、養護教諭はタブレットで暑さ指数を確認し注意を促した。一方、管理職は暑さ指数をモニタリングし「嚴重警戒」以上では休み時間の外遊びを控えるよう、校内放送で呼びかけた。児童に対しては、発達段階に合わせ、学級担任による熱中症予防の保健指導を行った。また、グラウンド出入口に場所ごとの暑さ指数とグラウンドの危険度を休み時間ごとに表示した（図 4.7）。

保護者には、保健便りを通して暑さ指数を目安に運動や学習活動を行っていること、グラウンド出入口に休み時間ごとの暑さ指数を表示していること等を通知した。運動会の日、気温上昇の予報があったため午前中に終了できるようプログラムを縮小した。さらに、当日は応援合戦や閉会式をテントの中で行うなどの措置をとった。

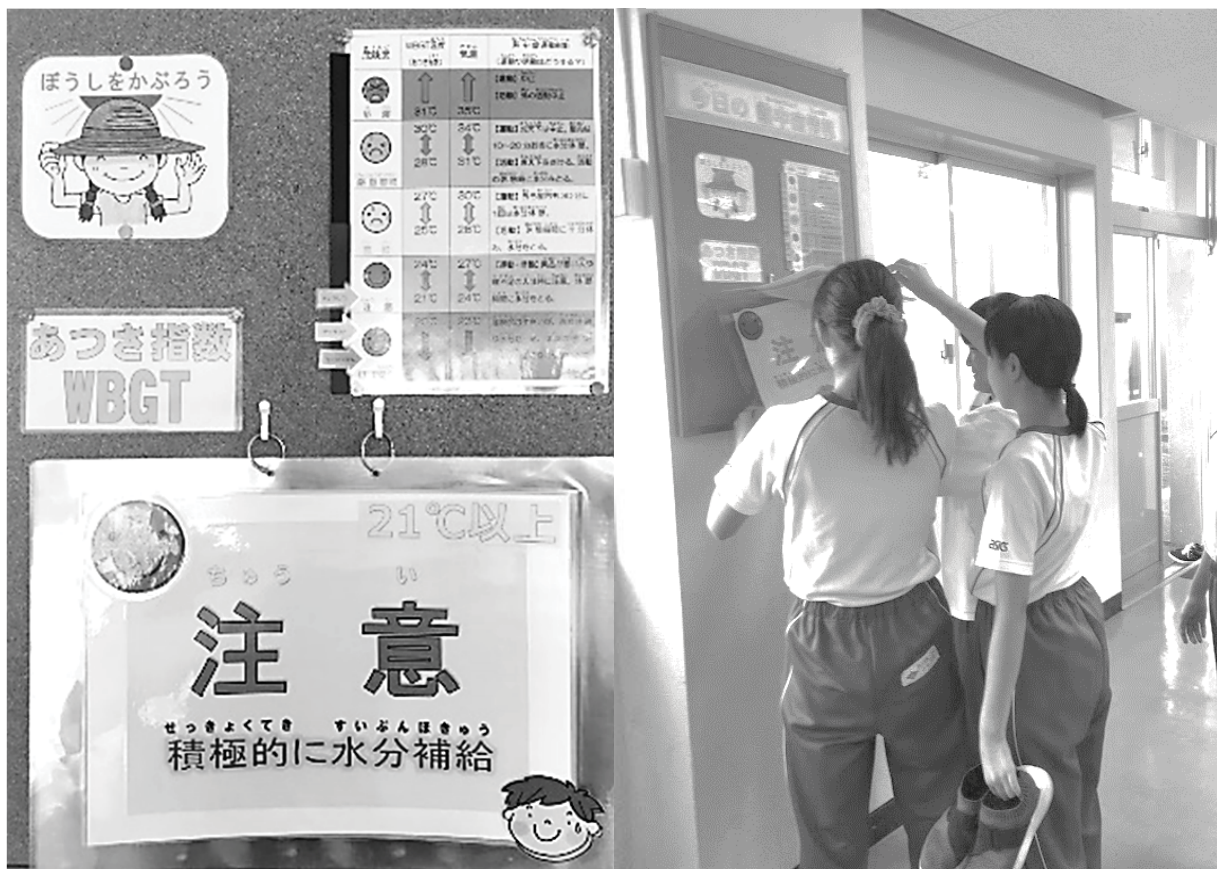


図 4.7 暑さ指数危険度の表示（附属小学校グラウンド出入口）

### 3.3 附属中学校の取組

附属中学校では、6月の職員会議に向けて「運動や学習活動等に関する指針」の原案を作成した。職員会議に提案し、附属中学校のガイドライン（表 4.10）について教職員の共通理解を図った。より多くの教職員がモニタリングシステムを活用しガイドラインに沿った取組ができるよう、校内ネットワークシステムの掲示板に Web サイト「暑さ指数モニタリングシステム」の「ピッタリ表示画面」<sup>8)</sup>をリンクした。また、体育館や屋外にいても暑さ指数が確認できるように各自のモバイル画面にショートカットを作成することを推奨した。保健室では、体調不良の生徒が来室した際、発生場所の暑さ指数をパソコンで確認し、熱中症の判断材料とした。

生徒に対しては、体育館や武道館のアナログ熱中症指数計の下にガイドラインを掲示し（図 4.8）、危険度に応じて生徒が自主的に行動できるよう指導した。また、生徒玄関（図 4.9）と保健室前にもガイドラインを掲示し、昼休みや部活動の前に場所ごとの暑さ指数を矢印で表示した。中学校では熱中症の発生件数が急増する（図 4.1）ことから、熱中症の症状について理解する必要があると考え、熱中症チェックシートとその使い方についても併せて掲示し（図 4.9）、夏休み前の全校集会で保健指導を行った。

保護者に対しては、夏休みの過ごし方がその後の学校生活に影響することから家庭でのエアコン使用や目的に応じた水分補給、軽装励行、ガイドラインについて、保健便りや保護者集会を通して理解と協力を求め家庭との連携を図った。





図 4.8 熱中症指数計とガイドライン表示（中学校武道館）



図 4.9 暑さ指数の表示と熱中症チェックシートの掲示（中学校生徒玄関）

### 3.4 附属特別支援学校の取組

附属特別支援学校では、ガイドラインは作成しなかったが健康観察をこまめに行い、個々の実態に応じた対応をすることで、熱中症の予防に努めた。

2019年6月に分掌部会でモニタリングシステムの閲覧方法と活用方法や暑さ指数の掲示方法について協議・確認をし、各学部での対応について共通理解を図った。7月には校内ネットワークの掲示板を利用して「日常生活における熱中症予防指針」<sup>9)</sup>や「熱中症予防のための運動指針」<sup>13)</sup>を提示し、各学部の実態に応じて熱中症予防に努めることやモニタリングシステムの閲覧方法と活用方法、熱中症チェックシートの使用方法等を共通理解した。また、モニタリングシステムの画面をこまめに確認できない教職員が多いことから、活動場所や内容の判断に活かせるよう午前中と昼休み前の1日2回、保健室前に場所ごとの暑さ指数を表示した(図4.10)。各学部主事は、モニタリングシステムや掲示物等で暑さ指数を確認し活動場所や内容を配慮するなど、それぞれの学部の実態に応じて対応した。

児童生徒に対しては、熱中症予防方法がひと目でわかるように掲示物を工夫した。また、使用頻度の高い第1・2体育館の入口と館内には、教職員だけでなく児童生徒でもわかりやすいよう、暑さ指数危険度レベルを表示した(図4.11)。

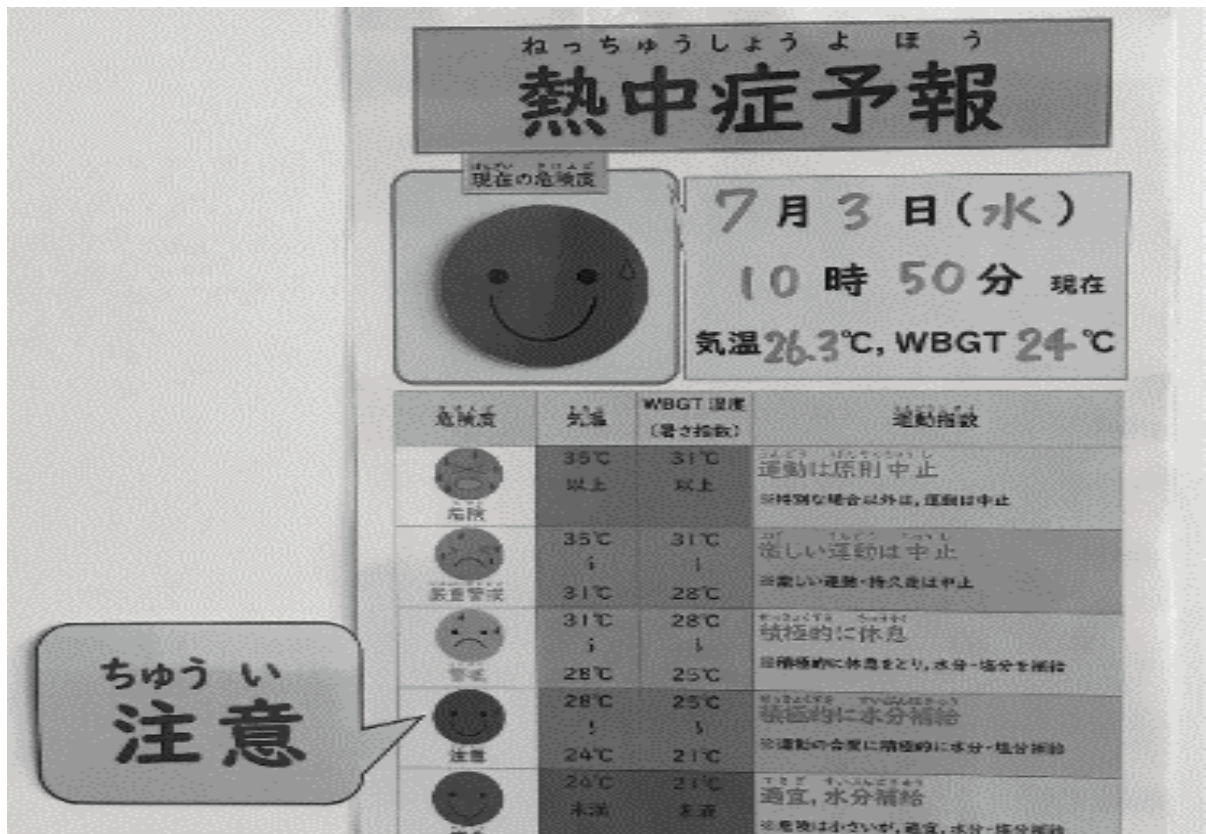


図 4.10 暑さ指数の表示 (特別支援学校保健室前)

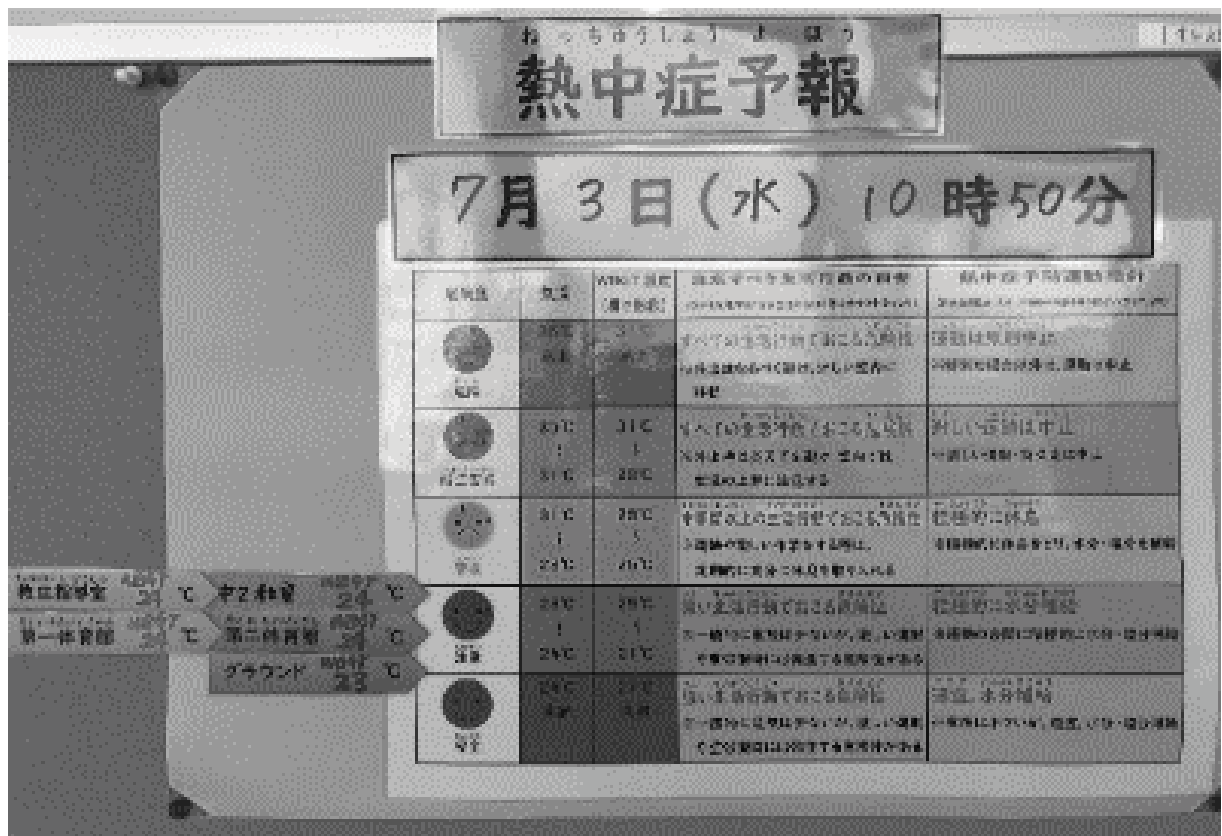


図 4.11 暑さ指数危険度レベルの表示 (特別支援学校体育館)



## 4. 結果と考察

### 4.1 附属幼稚園における成果と課題

附属幼稚園では、気温が上昇する時期は職員朝会や打ち合わせ時にモニタリングシステムで附属幼稚園の暑さ指数を確認し、その日の外遊びや屋外活動の内容や時間を確認した。また、職員室ではパソコンの画面に常時表示させ、管理職も暑さ指数をモニタリングしていた。9月上旬には残暑が厳しく、「厳重警戒」に達した日は、附属幼稚園のガイドラインに従って外遊びを中断して屋内遊びに切り替えた。熱中症に対する教職員の関心や理解が深まり、予防意識の向上に繋がったことが推察された。2019年8月からは、園舎改修工事があり園庭の計測センサは取り外されたため、外遊びの際は養護教諭がスマートフォンで近くの附属小・中学校のグラウンドの暑さ指数をチェックした。

環境省の熱中症予防情報サイトでは各地点（市町村）の暑さ指数<sup>h</sup>を確認できるが、それは1時間ごとに更新される暑さ指数であった<sup>20)</sup>。幼児は体温調節機能が十分に発達していないため熱中症のリスクが高いとされ<sup>14)</sup>、実際に生活の場の暑さ指数の上昇を注意深く観察する必要がある。この点、モニタリングシステムでは附属幼稚園の暑熱環境や活動状況に合わせた対応が可能となった。

一方、保護者に対して、附属幼稚園のガイドラインについてお知らせや保健便りを利用した啓発活動を行ったが、熱中症対策に暑さ指数を用いることへの理解が十分得られたとは言い難い。今後は保護者に対する啓発活動を継続して行う必要がある。

園児に対しては、学年ごとに紙芝居を用いて熱中症予防についての保健指導を行った結果、「熱中症にならないために水分をとる」という言動もみられるようになった。今後は急に暑くなった日や暑さが続くような場合には無理をしないことや休憩、水分補給をこまめにとることなど、熱中症についての理解や自発的な予防行動を促すために保健指導を工夫して行う必要がある。なお、園舎改修後の計測センサの設置場所についても再検討する必要がある。

### 4.2 附属小学校における成果と課題

附属小学校では、ガイドラインの掲示物を作成し、暑さ指数や危険度をグラウンド出入口に表示したところ（図4.7）、児童は日々変動する暑さ指数に「今日は上から2番目だよ」「外よりも教室の方が暑さ指数が高い」等、関心を示し、熱中症や暑さ指数に対する知識・理解が深まっている様子が観察された。

また、屋外の活動を附属小学校のガイドラインに従い暑熱環境が比較的良好であった体育館での活動に切り替え、安全に配慮することができた。

9月上旬の運動会では気温上昇の予報があり、これまでの気温の様子から暑さ指数の上昇も予測され、前日には午前中に終了できるようプログラムを縮小して実施することを決定した。さらに、当日は朝の時点で暑さ指数が「警戒」であったため、応援

<sup>h</sup> 湿度の観測がない観測地点については、周辺の地点の湿度の観測値で再解析して推定した湿度を用いている。弘前市のWBGTは弘前観測所の気温と青森観測所の湿度を用い推定されている。



合戦や閉会式をテントの中で行うなどの措置をとった。運動会の最中、養護教諭はスマートフォンでグラウンドの暑さ指数をチェックしながら応急処置にあたっており、暑さ指数上昇の対応については後手に回ってしまった。そのため、この日に体調不良を訴えた児童は22名となり、うち16名は熱中症が疑われる症状であった。

保護者や地域などが関わる学校行事においては、ガイドラインが作成されていても厳密に沿うことは困難であった。学校全体でより一層の危機管理を徹底する必要がある。

モニタリングシステムに関しては職員会議で共通理解を図ったが、自ら利用せず養護教諭に暑さ指数などの状況を問い合わせる教職員もいた。モニタリングシステムを有効に活用するためには、個々のモバイル端末や共用のタブレット、パソコンの画面にショートカットを置くなどの工夫が必要であろう。

運動会などの学校行事に際して教職員が誰でも暑さ指数を確認できるようタブレットを準備するなど、養護教諭だけでなく教職員全体が情報を共有し、対応できる体制を整えておく必要がある。さらに、体調不良の児童が集団発生した時には、養護教諭を中心に複数で速やかに対応できる救急体制や連絡体制を整える必要がある。

#### 4.3 附属中学校における成果と課題

附属中学校では、部活動や文化祭等における熱中症対策が大きな課題であったが、夏休み中の活動では、教職員が事前に暑さ指数をチェックし、活動場所や内容の変更などの措置をとった。さらに、文化祭当日は暑さ指数が「厳重警戒」に達したため、附属中学校のガイドラインに従って、スポーツフェスティバルやフォークダンスなど、屋外のプログラムを中止とした。また、生徒が体調不良を訴えた時は、教職員によって熱中症チェックシートが使用され、養護教諭不在時の熱中症の判断や早期対応に役立てられた。生徒は活動場所の暑さ指数の上昇を部活動顧問や養護教諭に報告し、練習を中止してミーティングを行うなど、活動内容の変更や休憩を自主的にとるなどの行動が観察された。

その結果、2019年の6～9月における熱中症疑いの発生件数は29件で減少傾向にあった（2017年41件、2018年44件）。軽症の事例が多く、医療機関の受診や救急搬送の事例はなかった。

以上のことから、モニタリングシステムの閲覧方法やガイドラインを教職員が取り組みやすいよう工夫したことが学校全体の予防意識の向上と熱中症発生時の早期対応に効果的であったと推察された。

一方、体育や部活動における暑さ指数上昇時の教職員の対応に差が生じた場面もあった。厳しい暑熱環境下で大会が行われる競技もあるため、部活動では暑熱環境に適応できるよう暑熱順化の必要もある。今後も教職員や生徒の意識向上や行動化を図るとともに、個々の健康状態に留意して活動できる熱中症対策の見直しや工夫が必要である。

#### 4.4 附属特別支援学校における成果と課題

附属特別支援学校では、昨年度までモニタリングシステムやアナログ熱中症指数計で暑さ指数を確認し、「厳重警戒」以上の場合には、管理職や養護教諭から各学部主事に口頭で注意喚起をし、それぞれの学部の実態に応じて対応してきた。今年度、暑さ指数や危険度レベルを児童生徒にもわかりやすく掲示したことにより、児童生徒が掲示物に関心を持ち、暑さ指数や温度を確認して教職員に伝える様子がみられたことから、教職員の意識向上や積極的な対応につながったと推察される。

例年6～9月の附属特別支援学校の熱中症疑いの発生件数は3件以下であり、暑熱環境下の屋外での活動中に発生した。しかし、2019年は暑さ指数が「注意」の段階で、屋内での活動中に2件発生しており、いずれも生活リズムの乱れが背景にあることが推察されたため、児童生徒自身が熱中症予防につながる行動ができるよう繰り返し指導していくことが必要である。

今後も児童生徒個々の実態に応じて対応するため、教職員の意識向上を図るとともに、職員会議などにおいて早期に熱中症対策を協議し、共通理解を図る必要がある。

## 5. まとめ

附属学校園において、暑さ指数モニタリングシステムと熱中症予防に関するガイドラインを活用した熱中症対策に取り組んだ。その結果、以下の成果が得られた。

- 1) 附属学校園の養護教諭が連携し、各校の実情や児童生徒等の発達段階に合わせた校種別のガイドラインを作成することで、保育活動や学習活動、学校行事実施の判断基準に使用可能となった。さらに、掲示物や保健指導への有効活用が可能となった。
- 2) 掲示物を工夫してモニタリングシステムの暑さ指数をリアルタイムに表示することで、児童生徒等が暑さ指数の危険度に興味・関心を持ち、熱中症を予防しようとする態度につながった。
- 3) モニタリングシステムやガイドラインにより暑さ指数や熱中症への教職員の理解が深まり、附属学校園全体の予防意識の向上につながった。

以上のことから、附属学校園における暑さ指数モニタリングシステムと熱中症予防に関するガイドラインによる熱中症対策の取組は、教職員や児童生徒等の熱中症予防に対する意識や意欲の向上に有効であることが示唆された。

## 6. 今後の課題と展望

附属学校園の熱中症予防に関するガイドラインを作成し、教職員の共通理解を図ったが附属学校園全体に浸透したとは言い難く、学校行事等への適用に課題が残った。附属学校園の暑熱環境の実態から、6月にはガイドラインに沿った対策をとられるよう5月中に教職員全体で共通理解を図ることや、保護者に対して熱中症対策への理解と協力を求めていくこと、児童生徒等の予防行動を促すための効果的な保健指導の在り方を探ることなどが附属学校園の共通課題としてあげられた。

養護教諭は、附属学校園で統一したカラーやアイコンを使用して掲示物を作成するなど、幼稚園から中学校まで、特別支援学校においては小学部から高等部まで、熱中症予防のための段階的な理解や知識の定着をねらい、工夫を重ねてきた。今後も附属学校園が連携し、児童生徒等の発達段階に合わせて取組を継続することで、熱中症に対する意識が高まり、予防行動が形成されていくことを期待したい。

さらに、これらの成果を地域の熱中症対策モデルとして提案できるよう、今後も効果の検証を行う必要がある。

なお、本研究は平成31年度弘前大学教育学部附属学校共同研究奨励費の助成を受けたものである。

### 第3節 中学校保健体育における「空気の衛生的管理」の授業実践

#### 1. はじめに

教室の空気に関する学校環境衛生検査は、「学校保健安全法」に基づいて毎学年2回定期的に行われ、学校薬剤師が換気及び保温等の項目の基準に照らし合わせて適切な指導及び助言を行うことになっている（学校保健安全法施行規則第24条）。

寒冷地（東北地方）では、年1回冬季暖房時に教室の空気検査が行われる学校が多く、学校薬剤師によって換気の励行などの指導・助言が行われている<sup>21)</sup>。しかし、空気環境は、温熱環境とは異なり、教師や生徒が感覚的に捉えにくく、積極的な換気行動に繋がっていないことが考えられる。

平成29年3月に告知された中学校学習指導要領には、「健康と環境」の単元において、「飲料水や空気は、健康と密接な関わりがあること。また、飲料水や空気を衛生的に保つには、基準に適合するよう管理する必要があること。」<sup>22)</sup>と内容が示されている。本小単元の「飲料水や空気の衛生的管理」は、日常生活のみならず健康や生命の維持にも関わる内容であるが、生徒の関心・理解・思考において、他の単元と比較して低いことが報告されている<sup>23)</sup>。

附属中学校では2013年より、各階1教室に暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムの計測センサを設置し（第2章）、学校環境衛生活動に活用してきた（第3章）。さらに2018年12月からは、1・2年生の10教室に空気環境計測センサを設置したことで、各教室の温熱・空気環境の実測値を小単元「空気の衛生的管理」<sup>i</sup>の学習教材として使用することが可能となった。

そこで本節では、生徒の関心・意欲を高められるよう、身近な教室の温熱・空気環境に着目させることを試みた。モニタリングシステムやUSB接続で利用できるローカルセンサ<sup>24)</sup>を「空気の衛生的管理」の授業に活用して、身近な教室の温熱・空気環境の課題を見出したうえで、換気の実験を行うこととした。このことが、生徒の関心・意欲や科学的な思考にどう影響するかを明らかにし、学習教材としての有効性を検討した。

---

<sup>i</sup> 本授業実践では「空気」に関して行ったため、本節では「空気の衛生的管理」とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査方法

#### 2.1.1 調査対象

調査対象者は、附属中学校第2学年5学級155名（授業欠席者は除く）とした。

#### 2.1.2 調査期間

2018年12月から2019年1月の期間において、授業は2018年12月に5学級に対して2時間ずつ行った。事前調査は単元の授業開始直前に行い、事後調査は授業終了後、冬期休業を挟んだため、1か月後に行った。

#### 2.1.3 調査方法及び内容

調査は、単元の授業前後に質問紙を用いて行った。質問項目を表4.12に示した。

事前調査は、〔A:身の回りの空気環境に対する意識〕,〔B:教室の温度・湿度・空気の感じ方〕について、4件法で回答を求めた。事後調査は、〔A:身の回りの空気環境に対する意識（事前事後共通）〕,〔C:室内環境に対する関心・意欲〕について、それぞれ4件法で回答を求めた。

#### 2.1.4 分析方法

分析には統計ソフトSPSS16.0J for Windowsを用いた。A及びCの回答は2群に分け、授業前後の変容や学校と学校以外の場所を比較するためWilcoxonの符号付き順位検定を行い、有意水準を5%未満とした。授業前、授業後の両方の調査に回答した生徒を調査対象とし、欠席者は集計から除外した。また、欠損のあった回答は、分析から除外した。

表 4.12 授業前後の調査項目

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>A：身の回りの環境に対する意識（事前事後共通項目）</b> |   |
| 問 1                              | 室内の空気環境を整えることは健康な生活を送るためにも必要だ。                                  |
| 問 2                              | 室内の空気環境を整えることは健康な生活を送ることに関係する。                                  |
| 問 3                              | 室内の空気環境に関する様々な事象に興味・関心がある。                                      |
| 問 4                              | 室内の空気環境を整えるために考えて生活をする必要がある。                                    |
| 問 5                              | 室内の空気環境を整えるために工夫した生活を心がけている。                                    |
| 問 6                              | 室内の空気環境を整えるための情報*は必要だ。  |
| 問 7                              | 室内の空気環境を整えるための情報*を収集している。                                       |
| 問 8                              | 室内の空気環境を整えるための知識を身につけることは重要だ。                                   |
| <b>B：教室の温度・湿度・空気の汚れの感じ方（事前）</b>  |   |
| 問 9                              | あなたは教室が暑いと感じることがありますか。  |
| 問 10                             | あなたは教室が寒いと感じることがありますか。  |
| 問 11                             | あなたは教室の湿度が高い（ジメジメしている）と感じることがありますか。                             |
| 問 12                             | あなたは教室の湿度が低い（乾燥している）と感じることがありますか。                               |
| 問 13                             | あなたは教室の空気が汚れていると感じることがありますか。                                    |
| <b>C：室内環境に対する関心・意欲（事後）</b>       |   |
| 問 14                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、室内の温度や湿度を確認することはありますか。                       |
| 問 15                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、加湿器を使用（または、使用を確認）することはありますか。                 |
| 問 16                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、室内の空気の汚れが気になることがありますか。                       |
| 問 17                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、換気扇（機械換気）を使用（または、使用を確認）することはありますか。           |
| 問 18                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、換気の必要性を感じる時はありますか。                           |
| 問 19                             | あなたは最近、学校や学校以外の場所で、窓や戸を開けて換気をしましたか。                             |
| 問 20                             | 問 18 で「ある・時々ある」と答えた人に聞きます。あなたが学校や学校以外の場所で換気の必要性を感じる時は、どんなときですか。 |

注 1) A の調査項目は「個人を取り巻く身の回りの環境に対する意識」（松比良 2017）<sup>25)</sup>を一部改変した。回答は、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」から 1 つ選択。

\*天候や温度、湿度、花粉などの情報、調節するための手段などの情報。

注 2) B の回答は、「ある」「時々ある」「たまにある」「ない」から 1 つ選択。

注 3) C は学校と学校外について回答、「ある」「時々ある」「あまりない」「ない」から 1 つ選択。



## 2.2 ローカルセンサを使用したモニタリングシステムの活用

授業では、教室内に設置された計測センサとパソコンに接続されたローカルセンサの温湿度及びCO<sub>2</sub>濃度データを使用し、授業の場面に応じてモニタリングシステムのグラフ画面を表示させた。

ローカルセンサは、LAN環境不要で、次のような特徴がある<sup>24)</sup>。

- ①ブラウザ(Google Chrome)を使うだけで、他に特別なソフトをインストールする必要がない。
- ②インターネットの接続環境にない状況で利用した場合、測定データはブラウザに保存される。
- ③温度・湿度は1秒毎、CO<sub>2</sub>濃度は2秒毎に計測され、1分ごとにデータが表示される。

教室に設置されたモニタリングシステムの計測センサは、10分ごとに更新されるため、当該教室の1日の温湿度やCO<sub>2</sub>濃度の変化を表示するために使用したが、換気の効果を確認する実験には、1分ごとに更新されるローカルセンサのデータが妥当と考えて使用した。

## 2.3 授業の概要

空気の汚れは温度や湿度とは異なり、教師や生徒が感覚的に捉えることが難しく積極的な換気行動には繋がりにくい。そこで本単元では、フィッシュボーン図（特性要因図）を活用して教室の空気の条件について知識や理解を深め、場面に応じた換気方法について考え、実験を行うことで、空気の衛生的管理について科学的に思考・判断し、課題解決を図らせた。

1時間目の「教室の空気の条件」の授業では、フィッシュボーン図（図4.12）を用いた話し合い活動を行った。グループごとに「健康であるための教室の空気の条件」をフィッシュボーン図に書き出し、環境の調整が必要であることをイメージさせた。また、これを使ってグループ間で意見を交換することにより、知識・理解が深まり、学習課題に近づくことをねらいとした。

授業のまとめでは、教室の温度や湿度には至適範囲があること、二酸化炭素濃度は空気の汚れの指標であり、基準値があること、換気をすることは健康にとって欠かせない条件であることを確認させた。

2時間目の「空気の衛生的管理」の授業では、前時の学習で身に付けた知識をもとに、教室の空気をきれいに保つための換気方法について学習した。有効な換気方法をグループで話し合わせ、探求活動として換気の実験を行うことで、科学的に思考・判断し、解決する事をねらいとした。

教室の暑さ寒さの感じ方には個人差があることを踏まえて、探求活動を振り返らせ、①授業中、②休み時間、③清掃時、④移動教室時の換気方法をワークシートに記入させた。実験前後の変化や学習のまとめを書かせることで、思考が整理され、変容がメタ認知できると考えた。小単元の指導計画を表4.13に、「空気の衛生的管理（2時間目）」の授業展開を表4.14に示した。



表 4.13 指導計画

| 時 | 主な学習活動  |
|---|---|
| 1 | <p>○教室の空気の条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気の汚れの正体を知る。</li> <li>・健康であるための教室の空気の条件をグループで話し合い、フィッシュボーン図にまとめる。</li> <li>・二酸化炭素濃度が身体や学習活動に及ぼす影響を知る。</li> <li>・教室の空気をきれいに保つための方法や対策をグループで話し合い、フィッシュボーン図を完成させる。</li> </ul> |
| 2 | <p>○空気の衛生的管理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・教室の活動場面に応じた換気方法を考え、グループで話し合い発表する。</li> <li>・場面に応じた換気方法を提案し、換気の実験を行う。</li> <li>・提案した換気方法が二酸化炭素濃度の基準を守るために適切かどうか判断し、最適な方法を見つける。</li> </ul>                                   |

表 4.14 「空気の衛生的管理（2 時間目）」授業展開

| 段階        | 教師の働きかけ  | 予想される生徒の反応や活動   | 留意点・評価  |
|-----------|--|---|---|
| 導入<br>5分  | 1 学習内容の振り返り<br>・健康であるための空気の条件はどうあれば良いか。  | ・前時のフィッシュボーン図を振り返る。<br>・教室の空気をきれいに保つためには換気が必要だ。   | ・温度や湿度，空気の汚れの指標や基準値について確認する。  |
| 展開<br>33分 | 2 学習課題の提示  |   |   |
|           | 【課題】教室の空気をきれいに保つための換気方法を考えよう   |   |   |
|           | 3 教室の二酸化炭素濃度の変化<br>・生徒不在時の二酸化炭素濃度の減少には何が影響しているか。<br>・授業時間を基準値以下に保つためにはどうすればよいか。<br><br>4 教室の換気方法<br>・自然換気と機械換気について<br><br>5 場面に応じた換気方法<br>・場面に応じた換気方法について考えよう。<br>・グループ活動で話し合わせる。<br>・2つのグループで発表会をさせる。<br>・各場面の最適な換気方法を黒板に貼って提案させる。<br><br>6 換気の実験<br>・提案した換気方法を実践させる。<br>・CO <sub>2</sub> 濃度と温度の変化を確かめよう。 | ・教室で授業がある時は，二酸化炭素濃度が上昇している。<br>・機械換気だけでは，基準値以下を保つことができない。<br>・授業中も窓を開ける。<br>・窓側は寒い。<br><br>・機械換気にはロスナイと普通換気があり，切り替えと調節ができる。<br>・暖房使用時はロスナイが適している。<br><br>・授業中，休み時間，移動教室時，清掃中の4つの場面に分けて考えた換気方法をワークシートに記入する。<br>・割り当てられた場面の換気方法をグループで検討する。<br>・割り当てられた場面の換気方法について意見交換する。<br><br>・提案した班が換気方法を実行する。<br>・モニター画面から1分おきのCO <sub>2</sub> 濃度を確認する。<br>・温度の変化を確認する。 | ・空気清浄器は二酸化炭素や一酸化炭素を取り除けない。<br>・ロスナイ換気は外気を熱交換してから室内に取り込む。<br><br>・プロジェクターとマグネットシートを使用し，表示されたグラフに換気のタイミングが分かるよう印をつける。 |
| まとめ<br>7分 | 7 学習のまとめ<br>・活動後，変化があった場面について記入させる。<br><br>・感想を記入させる。  | ・自分の考えが深まり，変化があった場面について換気方法を記入する。<br>・感想を記入し，ワークシートを提出する。   | <div>評価<br/>思考・表現<br/>〈ワークシート〉</div>  |

## 2.4 授業の実際

1 時間目は班毎に作成したフィッシュボーン図を用い、他班と意見交換することによって新たに気付いた点は赤で追記させた（図 4.12）。魚（人間）が毎日空気を体内に取り込み、排出されるまでをイメージさせてから健康であるための「教室の空気の条件」をグループで構造的に考えさせた。その結果、「適温適湿であること」「CO<sub>2</sub>が少ないこと」「一酸化炭素濃度が発生しないこと」「ほこりが少ないこと」「臭いがないこと」等の漠然とした記述があった。しかし、グループ間の意見交換によって学習が深まると「二酸化炭素は 0.15%（1500ppm）<sup>j</sup>以下が望ましい」「湿度は 50%以上にするとウイルスの生存率が 3~5%」等、意見交換によってさらに詳しい条件や根拠、方法や対策が赤字で追加された。また、細菌やウイルス、アレルギー疾患の原因となる花粉やハウスダストについても言及し「掃除を丁寧にする」「加湿器を使う」「空気清浄器<sup>k</sup>を使う」「花粉の時期は窓を開けない」といった記述が見られ、知識・理解がさらに深まったグループもあった。フィッシュボーン図には、教科書だけでなく日常生活や健康問題を踏まえた記述が見られ、空気管理の必要性について意識が高まったことが推察された。

2 時間目は、「空気の衛生的管理」のため、教室の換気方法について学習した。探究的な活動をとおして深い学びに繋がたいと考え、モニタリングシステムを活用して実験を行った。

教室に設置されている計測センサとは別に、1 分ごとに計測できるローカルセンサをパソコンに接続し、生徒たちが考えた場面ごとの換気方法を実施させ、教室の CO<sub>2</sub>濃度や温度の変化をスクリーンにモニター画面を表示し確認させた。図 4.13 に本時の実験による教室の CO<sub>2</sub>濃度の変化を、図 4.14 に温度の変化を示した。

モニター画面には 1 分おきに更新された CO<sub>2</sub>データが表示されるため、生徒は機械換気を稼働させたり、段階的に欄間やサッシ窓を開けたりして CO<sub>2</sub>のグラフ変動に興味深く見守っていた。授業開始後、基準値よりはるかに高い約 0.25%まで上昇した CO<sub>2</sub>濃度は、機械換気をオンにし、欄間や出入口の戸を開けたことでいったん低下したものの、5 分経過しても基準値 0.15%以下に至らなかった。そこで、さらに外窓を全開にして 5 分経過すると CO<sub>2</sub>濃度は基準値以下の約 0.12%まで低下した（図 4.13）。5 分間の窓開け換気で寒さを訴える生徒もいたため窓を閉じた。しかし、この間の温度低下はごくわずかで、教室の温度は基準値内であることを確認した（図 4.14）。暑さや寒さの感じ方には、温度だけでなく気流による影響や個人差があることも実感できたことが生徒の感想に記述されていた（表 4.15）。

<sup>j</sup> 中学校では CO<sub>2</sub>濃度の単位は%を用いるが、モニタリングシステムの表示には ppm が用いられているため、基準値 1500ppm=0.15%であることを確認した。

<sup>k</sup> 空気清浄機は室内の煙草の煙や埃・花粉・カビ・雑菌を除去するが、機械換気設備と異なり、二酸化炭素や一酸化炭素は除去できない。

ワークシートの「場面に応じた換気方法」(図 4.16) には、授業中は「機械換気をロスナイ強にする<sup>1</sup>」や「廊下側の開口部を開ける」、休み時間や清掃時は、「廊下側と窓を両方開ける」等、実験結果を根拠とした記述があった。感想(表 4.15)にも換気の実験を踏まえ、CO<sub>2</sub>濃度や温度の管理について考察した内容が多かったことから、モニタリングシステムを教材として活用したことが、生徒の関心・意欲・思考に影響したことが考えられる。

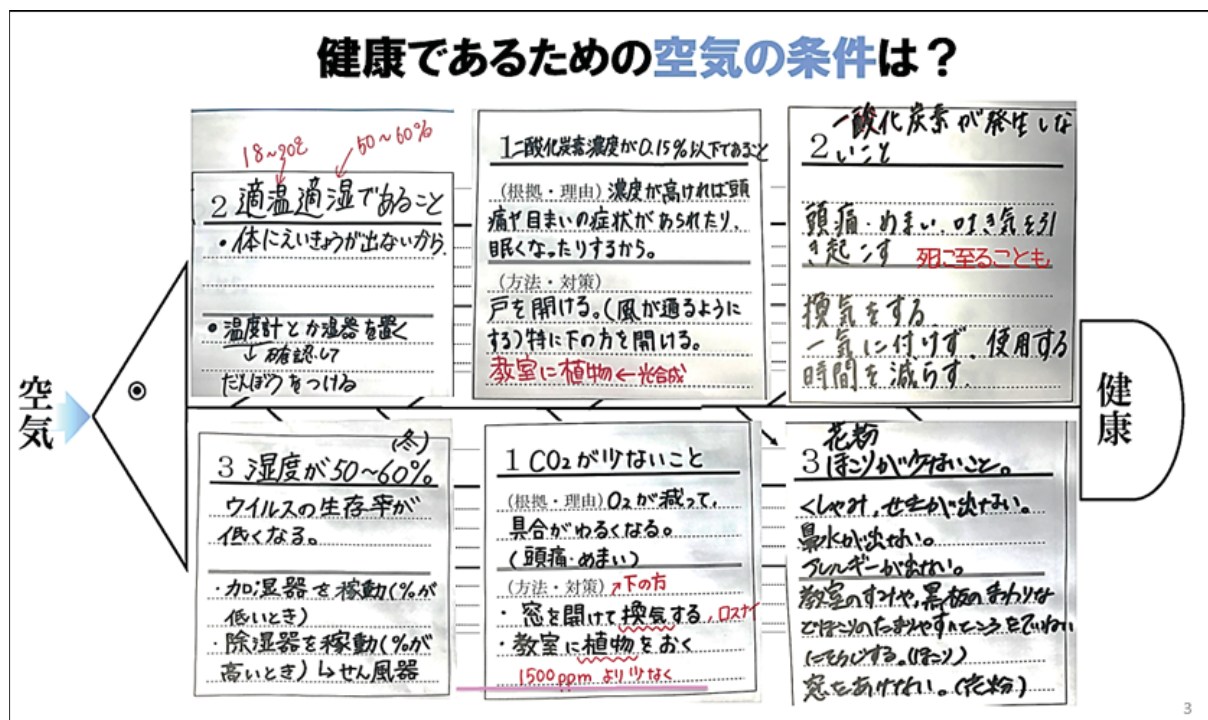


図 4.12 フィッシュボーン図 (例)

注) 温度や湿度の適正範囲や換気の必要性について記述があった。また、花粉など、季節に応じた空気の状態についても記述があった。

<sup>1</sup> ロスナイは三菱電機による全熱交換機の商品名。1 台の換気装置で外からの空気を取り入れ、室内の空気を排出する。室温に近づけて給気するため、省エネ熱交換換気ができる。空気をロス無く循環させる。

図 4.13 授業当日の実験による教室の CO<sub>2</sub>濃度の変化

注) 望ましい CO<sub>2</sub>濃度の基準値は 0.15%であるが、教室の授業開始と同時に超過した。ロスナイ（熱交換式機械換気）を強にした後、窓を全開にすることで基準値まで低下した。



図 4.14 授業当日の実験による教室の温度の変化

注) 望ましい温度の基準値は 17°C 以上 28°C 以下であるが、暖房時の室内は閉めきると 30°C を超えた。窓開け換気による温度低下は基準値の範囲内であった。

表 4.15 生徒の感想記述例

- 窓を開けて5分ほどたつと0.15%以下になることが分かった。また、欄間や戸を開けるだけで意外と濃度が低くなることも分かった。学校だけでなく、自分の部屋などでも試していきたい。温度は換気をしてあまり下がらないことが分かった。
- 換気するかしないかでは二酸化炭素の量がものすごく変化した。特にサッシ窓の換気を開ける換気が効果的だった。5分以上かかるので、授業が終わったらすぐに換気すべきだと思った。他にもロスナイと普通換気を使い分ける等、実践できることをやってみようと思った。
- 機械換気だけだと時間が必要だけど、窓を開けることで、短時間で換気することが可能だということが分かった。家にいる時もやってみたい。
- 二酸化炭素の濃度を下げるということはとても難しいことだと思っていたのでたった5分の換気で0.15%以下にすることができるとわかり、実践する価値があると思った。何も行動を起こさなければ、どんどん溜まってしまうので、目に見えないけれど敏感になって換気をこまめにしていきたい。
- 換気をすることでどんどん湿度は下がってしまうから、換気と加湿をちょうどよくすることが大切だと思いました。
- 体感的には寒いが実際は29℃もあることに驚いた。寒さは気流によるものだということを覚えておきたい。
- 空気を不快や快適と感じるのは個人差があるので全員に合わせることは難しそうに感じた。二酸化炭素濃度は目に見えないものなので目に見える時計みたいな形にすれば調節がしやすいのではないかと感じた。

注) \_\_\_\_\_は、換気の実験に関する記述。\_\_\_\_\_は、関心・意欲に関する記述。  
 \_\_\_\_\_は、新たな発想に関する記述。



### 3. 結果と考察

#### 3.1 教室の温度・湿度・空気の感じ方について

授業前の調査において、教室の温度・湿度・空気について、暑さや寒さ、空気の乾燥や汚れなどを感じるものが「ある」「時々ある」「たまにある」「ない」と回答した割合を図 4.15 に示した。授業前の調査対象生徒は 155 人、有効回答数は 155 人であった。

教室の温度については「暑さ」や「寒さ」を感じるものが「ない」と回答した生徒は少なく（12.9%，16.1%），多くの生徒が、暑さや寒さを感じるものがあつた。湿度にについて「低い」「高い」と感じるものが「ない」と回答した生徒は、約半数であつた（51.6%，45.2%）。一方で、空気の「汚れ」に関しては、感じるものが「ない」と回答した生徒が最も多かつた（76.7%）。

調査時期は冬季暖房時のため、教室内外の温度差が大きい時期であり、教室内でも高さや水平位置による温度差や、子どもの温冷感に差が生じていることが先行研究で指摘されている<sup>26-28)</sup>。また、2005 年度に公立学校の教員を対象に行われたアンケートでは、冬季は 6 割が教室に温度ムラがあると回答している事<sup>29)</sup>などから、生徒や教員それぞれに温度や湿度の感じ方が異なることが考えられる。

対象教室の暖房設備は中央管理式スチーム暖房のため、午前 7 時から午後 3 時まで常時稼働しているが、これ以外の時間は停止する。老朽化により温度調節が困難な状況にあるため、開口部を閉めきって生徒が 30 人以上在室した教室では、温度が基準値を超えることもあつた（図 4.14）。しかし、1 月以降の厳寒期になると放課後から翌朝にかけて室温が低下し、17℃未満に低下することもあることから、登校直後は教室が寒く感じるものが予想された。

2019 年 1～3 月のモニタリングシステムのデータから、調査対象とした 2 学年の 5 教室は、日中において温度の基準値である 17℃以上 28℃未満を満たしている時間が多かつた。暖房機に近い座席の生徒は「暑い」と感じるものがあつた。廊下側の座席の生徒や換気口に近い生徒は気流の影響で「寒い」と感じるものがあつたため、生徒や教師が温度に応じて、廊下側の開口部を開閉して調節していたことが推察された。

教室の湿度については、加湿器により 60%に設定されているが、実際は 30～50%の範囲を変動することが多く、54.8%の生徒は、湿度が「低い」と感じるものがあつた。また、48.4%の生徒は湿度が「高い」と感じたものがあつた。梅雨の時期や運動後にジメジメ感を感じていることが推察された。授業では、冬季は湿度を 50%以上に保つことがウイルスの生存率を低下させることを学習したため、授業後の調査では、学校において加湿器を使用（もしくは、使用を確認）する生徒が 68.9%存在した。

教室の空気については、「汚れている」と感じたことのある生徒は、温度や湿度に比べて少かつた（23.3%）。前述の教員アンケート<sup>29)</sup>では、冬季の教室では空気の汚れ・臭い・ほこりっぽさに関して 6～7 割の教員が「全くない」「あまりない」と回答していた。したがって、生徒も教員も空気の汚れに関しては関心が低いことが推察された。

二酸化炭素はもともと無臭の気体であるが、これが増加することにより他の汚染物質も増加することから、空気汚染の指標とされている。教室の二酸化炭素の発生源は、ほとんどが人の呼気であるため、CO<sub>2</sub>濃度の上昇により不快な臭いを感じる事が考えられる。しかし、「具体的にどんな時ですか」の回答では、「臭い」等の感覚的な記述はなく、「風邪ひきが多い時」「暖房をつけ始めた時」「換気をしていないとき」「体育の授業後」といった場面に関する記述があった。

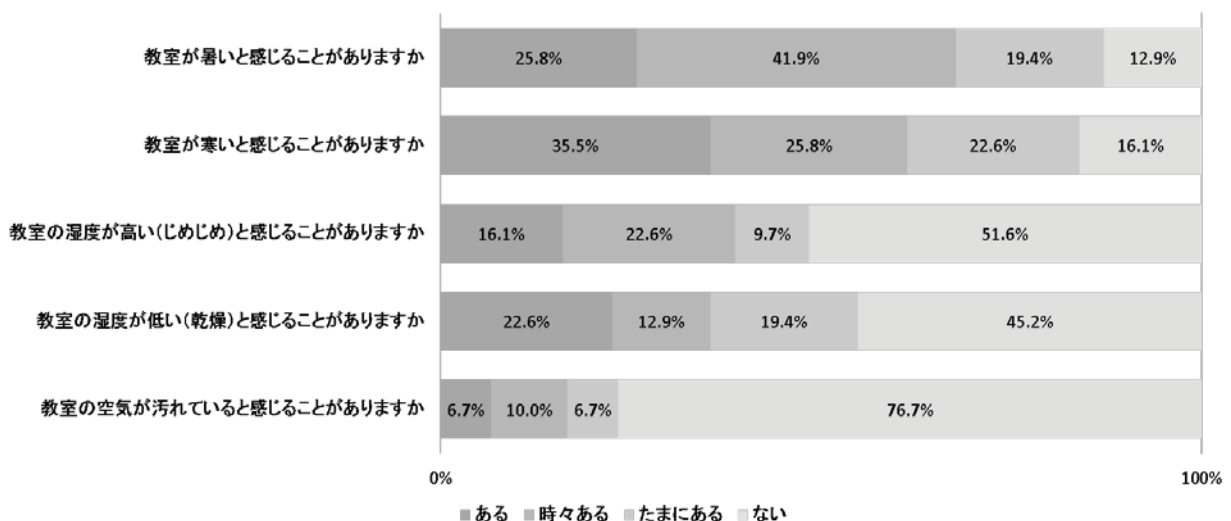


図 4.15 教室の温度・湿度・空気の感じ方 (n=155)

## &lt;場面に応じた換気方法&gt;

□ 活動前の自分の考えを記入

| 授業中                      | 休み時間                     | 清掃時                       | 移動教室時          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| らんまやドアを<br>開ける<br>ロスナイ換気 | ドアやらんまを<br>開ける<br>ロスナイ換気 | ドアと全ての窓を<br>開ける<br>ロスナイ換気 | ドアを開ける<br>普通換気 |

## &lt;まとめ&gt;

■ 活動後、自分の考えが変化した場面のみ記入

| 授業中                        | 休み時間                         | 清掃時                       | 移動教室時   |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------|
| ロスナイ換気<br>↳ 強<br>(窓を少し開ける) | 出入り口や窓を<br>全開にする<br>窓 → 5分以上 | ドア + 窓 + らんまを<br>開け、放しにする | ろいか側の戸を |

図 4.16 ワークシート「場面に応じた換気方法」記述例

### 3.2 授業前後の身の回りの空気環境に対する意識の変容

身の回りの空気環境に対する意識について、授業前後の回答を比較した。調査項目や分析方法については、松比良が授業実践前後の教育的効果を検証するために行った「個人を取り巻く身の回りの環境に対する意識」の調査項目や分析方法を参照し、本調査の結果と比較した<sup>25)</sup>。なお、本調査の回答は、4件法とした。

対象生徒155人のうち、授業後の調査時に欠席した生徒や欠損の項目があった生徒を集計から除外したため、有効回答数は151人であった。授業前後の回答の変化を比較するために4件法の回答のうち「そう思う」「どちらかといえばそう思う」を肯定群、「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」を否定群とし、Wilcoxonの符号付き順位検定を行った。結果を表4.16に示した。

空気環境に関する「問3：様々な事象に興味・関心がある」や、空気環境を整えるために「問5：工夫した生活を心がけている」や「問7：情報を収集している」の3つの関心・意欲に関する項目は、授業前は肯定群が少なかったが、授業後は有意に増加した（問3： $p<0.01$ ，問5： $p<0.001$ ，問7： $p<0.05$ ）。これ以外の空気環境を整えることの必要性や重要性に関する項目の回答は、授業前から肯定群が極めて多く（89.6～98.7%）、授業後も変化はなかった。

生徒は、授業前は身の回りの空気環境を整えることに関して必要性や重要性を感じていながらも、興味・関心が持てず、情報収集や工夫した生活を送ろうとする意欲はあまりなかったことが考えられた。しかし、授業を通して意識の変容があったことが推察され、空気環境を整えようとする意欲の向上が明らかとなった。

上田らは、中学校保健の授業に用いられる指導方法について、「事例」や「グループワーク」の使用率が高く、「ブレインストーミング」や「実験・実習」、「養護教諭等」の使用率は他の指導方法と比べて顕著に低いことを報告している<sup>2)</sup>。松比良は、「温度条件や明るさの至適範囲」に「ブレインストーミング」と「グループワーク」を用いた授業を実践し、「健康と環境」の単元全体の学習前後の回答を比較した結果、学習に対する生徒の興味・関心は有意に増加したものの、身の回りの環境に対する意識は全般に低く、授業後の変容は「大切だ」<sup>m</sup>「考えて生活をする必要がある」「情報を収集している」の3項目であったことから、「身近にある環境を整えること」について、生徒はさほど重要でないと捉えていた」と報告している<sup>5)</sup>。

本授業ではフィッシュボーン図を用いた「グループワーク」とモニタリングシステムによる「実験」を併用することによって、身の回りの環境に対する意識の変容において、学習効果が得られたことが確認できた。

さらに「ブレインストーミング」と「グループワーク」を指導法として用いた松比良の結果<sup>25)</sup>と比較して、より多くの項目に効果が認められたことから、「実験」による学習効果が高かったことが推察された。

<sup>m</sup> 本調査では省略した。

表 4.16 身の回りの空気環境に対する意識

| A：質問項目                             | 肯定群   |       | 否定群   |       | P 値   |      |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                                    | 授業前   | 授業後   | 授業前   | 授業後   |       |      |
| 問 1 室内の空気環境を整えることは健康な生活を送るためにも必要だ。 | 98.7% | 99.4% | 1.3%  | 0.6%  | 0.564 | n.s. |
| 問 2 室内の空気環境を整えることは健康な生活を送ることに関係する。 | 98.7% | 98.1% | 1.3%  | 1.9%  | 0.655 | n.s. |
| 問 3 室内の空気環境に関する様々な事象に興味・関心がある。     | 51.9% | 67.5% | 48.1% | 32.5% | 0.001 | **   |
| 問 4 室内の空気環境を整えるために考えて生活をする必要がある。   | 90.9% | 95.5% | 9.1%  | 4.5%  | 0.090 | n.s. |
| 問 5 室内の空気環境を整えるために工夫した生活を心がけている。   | 48.7% | 68.8% | 51.3% | 31.2% | 0.000 | ***  |
| 問 6 室内の空気環境を整えるための情報は必要だ。          | 89.6% | 92.9% | 10.4% | 7.1%  | 0.251 | n.s. |
| 問 7 室内の空気環境を整えるための情報を収集している。       | 31.8% | 43.5% | 68.2% | 56.5% | 0.016 | *    |
| 問 8 室内の空気環境を整えるための知識を身につけることは重要だ。  | 89.6% | 92.9% | 10.4% | 7.1%  | 0.275 | n.s. |

注 1) n=151

注 2) 4 件法の回答のうち「そう思う」と「どちらかといえばそう思う」を肯定群, 「どちらかといえばそう思わない」と「そう思わない」を否定群とした。

注 3) \* :  $p<0.05$ , \*\* :  $p<0.01$ , \*\*\* :  $p<0.001$

### 3.3 学校及び学校以外の室内環境に対する関心・意欲

授業では、身近な教室の温熱・空気環境に着目させたため、ワークシートの感想には、「自分の部屋などでも試したい」「家にいるときもやってみたい」等、換気に対する関心・意欲の向上に関わる記述があった（表 4.15）。

そこで、授業の1か月後に、学校や学校以外の場所でも室内環境に関する関心・意欲が高まっているかどうかを検討した。有効回答数は151人であった。

問14から問19までは、場所による違いを比較するために4件法の回答のうち「ある」「時々ある」を「あり群」,「あまりない」「ない」を「なし群」とし、Wilcoxonの符号付き順位検定を行った。結果を表4.17に示した。

また、「問17：換気の必要性を感じる時がある」のあり群の生徒に、最も必要性を感じる場面について、8つの選択肢から上位3つを選択させた。結果を図4.17に示した。

なお、学校以外の場所は、家が136人（90.0%）、家または塾が9人（6.0%）、塾が3人（2.0%）、その他が3人（2.0%）であった。

学校と学校以外の場所で回答数に有意差があった項目は、「問15：加湿器を使用すること（ $p<0.01$ ）」「問16：室内の空気の汚れが気になること（ $p<0.001$ ）」「問17：換気の必要性を感じる時（ $p<0.001$ ）」「問19：窓や戸を開けて換気をしたこと（ $p<0.001$ ）」であったが、いずれも学校以外は、「あり群」が少なく、「なし群」が多い結果となった。

加湿器については、学級に備え付けられ、日常的に使用されているが、使用していない家庭もあるため、学校に比べ、学校以外が低いことが考えられた。

また、問16の室内の空気の汚れに関しては、学校以外の場所では気にならない傾向があった。学校以外の場所は9割が家であり、「なし群」の回答の方が多かったことから、生徒の関心・意欲に関わらず、温熱環境や空気環境が十分整えられていることが考えられた。

さらに、問17の「換気の必要性」と問18の「換気をしたこと」を比較すると、学校（82.8%, 75.5%）も学校以外（57.6%, 52.3%）も「あり群」の割合が近かったことから、必要性を感じた生徒は学校でも学校以外でも換気行動を実践していることが推察された。

換気の必要性を感じる場面では、「ほこりっぽい時（78人）」が最も多く、次いで「暑いと感じた時（66人）」であったが、「戸や窓を閉めきっているとき（63人）」「人が多いとき（60人）」「風邪が流行っているとき（55人）」等、教室の空気汚染が想定される場面の回答も多かった。

以上のことから、授業後の生徒は、学校の室内環境において関心・意欲を示し、実際に空気の汚れが気になった時よりも、換気の必要性を感じる場面において、換気の意欲が高まることが示唆された。

表 4.17 室内環境に対する関心・意欲（授業後）

| C：質問項目 |                               | 場所   | あり群   | なし群   | P 値                   |
|--------|-------------------------------|------|-------|-------|-----------------------|
| 問 14   | あなたは最近、室内の温度や湿度を確認することはありますか。 | 学校   | 49.3% | 50.7% | 0.166 <sup>n.s.</sup> |
|        |                               | 学校以外 | 56.7% | 43.3% |                       |
| 問 15   | あなたは最近、加湿器を使用（確認）することがありますか。  | 学校   | 68.9% | 31.1% | 0.004 <sup>**</sup>   |
|        |                               | 学校以外 | 54.3% | 45.7% |                       |
| 問 16   | あなたは最近、室内の空気の汚れが気になることがありますか。 | 学校   | 51.0% | 49.0% | 0.000 <sup>***</sup>  |
|        |                               | 学校以外 | 27.8% | 72.2% |                       |
| 問 17   | あなたは最近、換気の必要性を感じるときはありますか。    | 学校   | 82.8% | 17.2% | 0.000 <sup>***</sup>  |
|        |                               | 学校以外 | 57.6% | 42.4% |                       |
| 問 18   | あなたは最近、換気扇を使用（確認）することはありますか。  | 学校   | 42.4% | 57.6% | 0.680 <sup>n.s.</sup> |
|        |                               | 学校以外 | 44.4% | 55.6% |                       |
| 問 19   | あなたは最近、窓や戸を開けて換気をしましたか。       | 学校   | 75.5% | 24.5% | 0.000 <sup>***</sup>  |
|        |                               | 学校以外 | 52.3% | 47.7% |                       |

注 1) n=151

注 2) 4 件法の回答のうち「あり」「時々ある」を「あり群」, 「あまりない」「ない」を「なし群」とした。

注 3) \* :  $p<0.05$ , \*\* :  $p<0.01$ , \*\*\* :  $p<0.001$



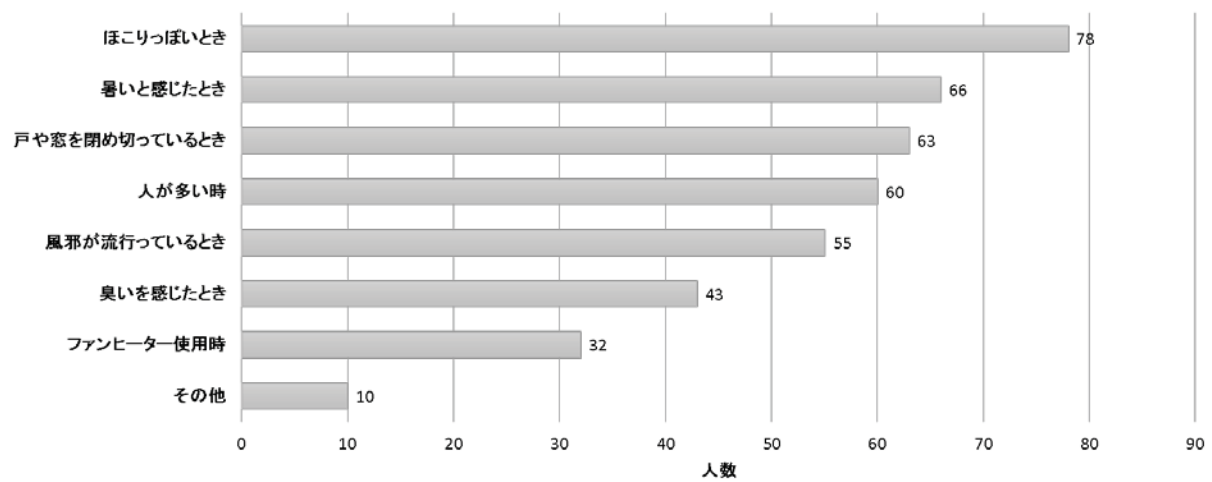


図 4.17 問 17 の「あり群」の生徒が換気の必要性を感じる時(n=137)

注)「換気の必要性を感じる時がある」の問いに対し、学校または学校以外のどちらかの場所において、「ある」「時々ある」と回答した生徒 137 人に、最も必要性を感じる場面について、8 つの選択肢から上位 3 つを選択させた。

#### 4. まとめ

本節では、中学校保健体育保健分野の「空気の衛生的管理」の授業実践において、暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステムの活用が、学習教材として有効であるかどうかを検討した。

その結果、授業前後で身の回りの空気環境に対する意識の向上が認められ、授業後は、学校の室内環境に対する関心・意欲が高まったことから、モニタリングシステムを活用した授業の有効性が明らかとなった。

教室の空気の条件について作成したフィッシュボーン図を用いて「グループワーク」を行い、知識・理解を深めたうえで、換気の「実証実験」を通して思考させたことが、生徒の意識や関心・意欲の向上に相乗効果をもたらしたものと推察された。

一方で、学校と学校以外の場所では、室内環境に対する関心や意欲に差があり、学校以外の場所では、空気の汚れが気になることも少なく、換気の必要性を感じないと換気をしないことが推察された。学校以外の場所を家に限定して回答した生徒が多かったため、このような結果となったことは否定できないが、火気を使用する場所や人が多く集まる場所では、CO<sub>2</sub>濃度が上昇することを踏まえ、学校以外の場所でも積極的に換気を行う態度を身につけさせる必要がある。

#### 5. 今後の課題

調査結果から、保健分野の学習だけでは、生徒にとって身近な空気環境の範囲が学校に狭まることが懸念された。学校以外の場所でも空気環境に対する意識や意欲の向上を目指すためには、他教科との連携が必要である。家庭科「住生活」の単元における「住居の機能と住まい方」の授業では、「住空間に関心をもち、住居の基本的な機能や安全に配慮した室内環境の整え方を知るとともに、安全で快適な住まい方を考え、具体的に工夫できるようにすること」をねらいとした学習が行われる<sup>30)</sup>。このため、指導時期や内容の連携を図ることで、家庭でも空気環境に対する意識や行動が変容する可能性がある。

モニタリングシステムは、蓄積された過去の実測データを場所別、年月日別に示すことができるため、理科「気象」や、総合学習の教材としても活用でき、環境教育への応用も可能である。

また、生徒の感想に「二酸化炭素濃度は目に見えないものなので、目に見える時計みたいな形にすれば、(空気環境の)調節がしやすいのではないか。」といった意見(表 4.15)があったことから、教室に設置された計測センサを空気汚染状況が直接分かるように改良することで、教員や生徒の意識や意欲がさらに向上し、換気行動につながる可能性がある。今後はモニタリングシステムのさらなる改良と効果を期待したい。

## 文献

- 1) 渡邊慎一，石井仁：全国の公立小学校の運動会開催時期と熱中症の危険度評価．日生気誌 54 (2)，75-86，2017
- 2) 福井健弘：日本の夏季における WBGT の地域性とその経年変化．法政地理 J. Geogr. Soc. Hosei Univ. 48, 61-70, 2016
- 3) 中井誠一：熱中症の定義と発生の実態．ウォーキング研究 15, 13-17, 2011
- 4) Web 東奥：青森県内連日の真夏日，熱中症疑いの搬送続出 2019 年 5 月 26 日．<https://www.toonippo.co.jp/articles/-/196791>. 11 (最終アクセス 2019 年 12 月 1 日)
- 5) 三宅康史編集：第Ⅱ章日本における熱中症の現状 7. 小児における熱中症．改訂第 2 版 熱中症，一般社団法人日本救急医学会，100-104，2017
- 6) 小山智史・森菜穂子・前田洋子・今井直子・淋代香織・田中勝則・佐藤ゆかり，熱中症指数モニタリングシステムの研究開発，弘前大学総合情報処理センター広報 HIROIN No. 32, 43-53 (2015)
- 7) 森菜穂子，今井直子，前田洋子，淋代香織：学校における熱中症対策と熱中症チェックシートの有効性の検討，弘前大学教育学部研究紀要クロスロード第 18 号，53-62，2014
- 8) 小山智史，佐藤ゆかり，森菜穂子：弘前大学教育学部附属学校園の熱中症対策，暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム．<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/fuzoku/wbgt/wbgtx.html> (最終アクセス 2019 年 12 月 1 日)
- 9) 日本生気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver. 3 (確定版)．2013
- 10) 日本スポーツ振興センター：第 2 編 学校の管理下の熱中症の発生傾向．「体育活動における熱中症予防」調査研究報告書，東京都，8-31，平成 26 年 3 月 31 日
- 11) 文部科学省：学校の管理下における熱中症の発生状況．[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kenko/anzen/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417343\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/__icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1417343_01.pdf) (最終アクセス 2019 年 12 月 1 日)
- 12) 日本スポーツ振興センター：第 3 編 熱中症予防のための管理・指導．「体育活動における熱中症予防」調査研究報告書，東京都，8-31，平成 26 年 3 月 31 日
- 13) 日本スポーツ協会：熱中症予防のための運動指針．<https://www.japan-sports.or.jp/medicine/heatstroke/tabid922.html> (最終アクセス 2019 年 12 月 1 日)
- 14) 環境省：熱中症環境保健マニュアル 2018，Ⅰ 熱中症とは何か．東京都，2-15，2018
- 15) 前田亜紀子，高麗千秋：障害のある子どもの体温調節について—身体活動量，熱中症，アンケート調査の観点から—．日本生理人類学会誌 23 (3)，99-106，2018

- 16) 日本スポーツ振興センター：災害給付オンラインシステム，統計情報システム速報版．<https://www.saigaikyousai.jp/skkos/index/html>（最終アクセス 2019 年 12 月 1 日）
- 17) 小山智史，森菜穂子，前田洋子，今井直子，淋代香織，田中勝則，佐藤ゆかり：熱中症指数モニタリングシステムの研究開発．弘前大学総合情報処理センター広報 HIROIN, No. 32, 43 - 53, 2015
- 18) 文部科学省：熱中症事故の防止について．平成 30 年 7 月 18 日，文部科学省初等中等教育局健康教育食育課
- 19) 文部科学省：学校環境衛生マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践〔平成 30 年度改訂版〕，東京，2018
- 20) 環境省：熱中症予防サイト，暑さ指数．[http://www.wbgt.env.go.jp/record\\_data.php](http://www.wbgt.env.go.jp/record_data.php)（最終アクセス 2019 年 10 月 1 日）
- 21) 公益社団法人日本薬剤師会学校薬剤師部会全国学校保健調査 WG：平成 26 年度全国学校保健調査集計結果報．[https://www.nichiyaku.or.jp/assets/uploads/-activities/activity/h26\\_report.pdf](https://www.nichiyaku.or.jp/assets/uploads/-activities/activity/h26_report.pdf)（最終アクセス 2019 年 12 月 1 日）
- 22) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説【保健体育編】．東京都，2017
- 23) 上田祐司，清水貴幸，鬼頭英明，西岡伸紀：中学校保健学習の準備，生徒の反応，使用指導方法に関する保健体育科教員の意識一質問紙調査の小単元別の分析結果から一．学校保健研究 57, 227-237, 2015
- 24) 小山智史，佐藤ゆかり，森菜穂子：弘前大学教育学部附属学校園の熱中症対策 2. ローカルセンサを用いたモニタリングシステム．<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/fuzoku/wbgt/>（最終アクセス 2019 年 12 月 1 日）
- 25) 松比良奈々：学校環境衛生活動を生かした保健教育～温熱条件や明るさの至適範囲～．平成 29 年度学校環境衛生・薬事衛生研究協議会【第 1 課題】学校環境衛生活動，22-27, 2017
- 26) 吉野博，石川善美，宮城県の小学校における暖房時の教室の温熱空気環境に関する実態調査．空気調和・衛生工学学会学術論文集，169-172, 1986
- 27) 岡本繁雄，村松學，村田稔充，教室の空気環境の実測について（温度分布と二酸化炭素濃度及び換気回数の実態について）．環境の管理，日本環境管理学会誌，1998
- 28) 木村彰孝，小林大介，佐々木靖，他寒冷地の木造校舎における温熱環境とその快適性（第 1 報）一冬期の小学校教室における温熱環境と子どもによる全身温冷温感評価一木材工業，63（2）：64-69
- 29) 国立教育政策研究所文教施設研究センター：環境に配慮した学校施設の整備推進のために一学校施設の環境配慮方策等に関する調査緊急報告書一．2008
- 30) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説【技術・家庭編】，東京都，2017

## 終 章 研究のまとめと今後の課題

### 第 1 節 本研究のまとめ

本研究では、校舎内外複数地点で定点観測できる「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」と教室内外複数箇所で連続計測できる「室内マルチポイント同期計測システム」を開発し、その有用性を検討した。さらに、この 2 つの計測システムを調査や教育活動に活用することで寒冷地における学校の温熱・空気環境の実態を明らかにするとともに、熱中症対策や保健学習における有効性を検討し、学校環境衛生活動を生かした健康教育の授業モデルとして提案した。

以下に、各章の研究概要を示す。

第 1 章では、学校環境衛生の法的根拠である学校保健安全法や建築物衛生法で規定された環境衛生基準及び諸外国のガイドライン、室内空気質の人体への影響について整理した。また、国内外の既往研究から学校の温熱・空気環境の諸問題について概観した。さらに、寒冷地である東北地方 H 市の行政情報から、冬季暖房時における教室の温熱・空気環境悪化の実態を明らかにした。

第 2 章では、「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」と「室内マルチポイント同期計測システム」を開発し、学校環境衛生活動における 2 つの温熱・空気環境計測システム有用性を検討した。

第 3 章では、「室内マルチポイント同期計測システム」を用いて夏季実測調査を行い、寒冷地の中学校の室内空気環境や暑熱環境について考察した。さらに機械換気設備のない中学校において冬季暖房時の実測調査を行い、室内の温度と CO<sub>2</sub>濃度の経時的変化から、自然換気による換気方法を検討した。

第 4 章では、「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」を活用し、寒冷地の学校の運動施設や教室の暑熱環境及び熱中症の発生状況について明らかにし、校種別に熱中症対策の取組について考察した。また、中学校保健体育の授業実践から、学習教材としてのシステムの有効性を検討した。

以上の結果から、本研究では次の点について一定の成果を得ることができた。

第 1 に、東北地方 H 市の小・中学校において毎学年定期に行われる教室の空気検査は、CO<sub>2</sub>濃度の不適合率が全国の小・中学校より高率で、平均 CO<sub>2</sub>濃度も基準値 1500ppm を超過する等の実態が明らかとなり、冬季暖房時の空気環境悪化が課題であることが分かった。

第 2 に、「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」の開発により定点観測の手法が確立され、校舎内外複数地点の温熱・空気環境の掌握及び衛生的管理が可能となったことから、寒冷地にある国立大学附属学校園において夏季の熱中症対策や冬季の感染症対策に有効活用できることを示した。

第3に、LAN環境不要で持ち運びができる「室内マルチポイント同期計測システム」の開発により、地域の学校においても実測調査が可能となった。このシステムを用いて2つの中学校の教室の温熱・空気環境を詳細に検討した結果、夏季は教室の暑さ指数が「厳重警戒（28～31℃）」に達し、室内の学習活動においても熱中症発生の危険性があることが分かった。また、機械換気設備がなく自然換気の教室では、冬季暖房時は換気方法によってCO<sub>2</sub>濃度の経時的変化の様相が異なり、換気不足の教室では約6000ppmに達したが、定期的に十分な窓開け換気を行うことでピーク時のCO<sub>2</sub>濃度を約3400ppmに抑えられることを示した。

第4に、国立大学附属学校園における夏季の暑熱環境は、7月後半から9月前半にかけて暑さ指数が「厳重警戒（28～31℃）」や「危険（31℃以上）」に上昇し、運動施設より教室が高い傾向にあることが分かった。また、熱中症の発生は9月が最も多く、小学校では屋外での運動中に、中学校では屋内での学習活動中に発生する傾向にあることが分かった。そこで、養護教諭は熱中症対策として校種別にガイドラインを作成し、児童生徒等に対する指導においても「暑さ指数モニタリングシステム」を有効活用できることを示した。

第5に、温熱・空気環境計測システムを活用した中学校保健体育「空気の衛生的管理」の授業を実践し、健康教育の新たな授業モデルとして提案した。授業後は生徒の身の回りの空気環境に対する意識の向上や室内環境に対する関心・意欲の高まりが認められ、本システムが学習教材としても有効であることが明らかとなった。

今後は、寒冷地においても児童生徒等を取り巻く暑熱環境や空気環境の変化が予測されることから、本研究で開発した温熱・空気環境計測システムは、学校環境衛生活動において必要かつ重要なシステムであり、様々な教育活動に応用できることから教育的意義を持つシステムであると考えられる。



## 第2節 本研究の限界と今後の課題

本研究では、冬季暖房時の温熱・空気環境の実態や換気方法を検討するため、地域において一般的な施設設備の教室（鉄筋コンクリート造，FF 暖房，機械換気無し，30～35 人学級）を対象として調査を行ったが，寒冷地における学校の温熱・空気環境として一般化するためには複数の学校や教室において実測調査を重ねる必要がある。また，教室の空気環境には廊下の空気環境が影響した可能性もあったことから，今後は廊下を含めた検討が必要と考える。

現段階では，多様な教室環境に応じた望ましい換気方法を一律に示すことはできないが，CO<sub>2</sub>濃度を温湿度計のように簡便に「可視化」できれば，教職員及び児童生徒も空気汚染状況に応じて換気を実行することが推察される。例えば，教室の CO<sub>2</sub>濃度の上昇が色で判別できれば，機械換気設備の動作を確認し，窓開け換気を行うなどして CO<sub>2</sub>濃度を低下させ，空気環境を良好に保つことが可能となる。基準値内に維持することができれば健康や学習効率への影響を抑えられ，児童生徒等にとってよりよい学習環境が確保できる。今後はモニタリングシステムの計測センサから CO<sub>2</sub>濃度や暑さ指数を直接確認できるよう，システムの改良や表示方法を検討中である。

さらに，「暑さ指数・CO<sub>2</sub>モニタリングシステム」が地域の学校でも広く活用できるようパッケージ化を検討する必要がある。

我が国の熱中症対策（第1章参照）により，寒冷地の学校においても普通教室への冷房設備設置が進むことから，暖房を使用する冬季のみならず夏季の冷房使用時においても空気環境が悪化することや，教室内外の温度差が大きくなってくることが懸念される。したがって，小・中学校の教室に冷房設備が設置される 2020 年以降は，冬季と同様に夏季冷房時の空気検査も定期的に行い，検査結果に基づいた空気環境の改善や維持管理が望まれる。

そのためにも，学校においては学校保健委員会<sup>a</sup>を開催し，学校薬剤師や養護教諭が中心となって学校環境衛生活動についても活発に議論を重ねるべきである。熱中症対策としての環境整備に終わることなく，学習の効率化や子どもの暑熱順化を促すことを考慮した環境の調節には，学校薬剤師と学校及び家庭との連携が必要不可欠である。子どもの健康課題として学校保健委員会を通して，児童生徒や教職員，保護者に対する動機づけを図ることが学校経営上の重要課題である。

さらに，本研究の成果を地域の学校政策に還元するためには，学校の設置者への働きかけが重要となってくる。今後は学校建築や公衆衛生の専門家とも連携を図り，行政情報に基づいた調査や研究を継続して行うなどして，地域の学校薬剤師会や学校保健会，教育委員会等へ情報を発信していく必要がある。

<sup>a</sup> 学校における健康に関する課題を研究協議し，健康づくりを推進するための組織。校長，養護教諭・栄養教諭・学校栄養職員などの教職員，学校医，学校歯科医，学校薬剤師，保護者代表，児童生徒，地域の保健関係機関の代表などが主な委員。開催回数や内容，委員は学校によって異なる。



最後に，学校環境衛生活動に携わる養護教諭として教育活動における温熱・空気環境計測システムの活用をさらに充実させるとともに，健康と環境の関わりについて児童生徒等に対して授業や指導の実践を重ね，学校環境衛生活動を生かした新しい健康教育モデルを構築することを目指して本研究を継続・発展させていきたいと考えている。

## あとがき

稿を終えるにあたり、主指導教員の戸塚学教授はじめ、副指導教員の佐々木純一郎教授、長南幸安教授には、適時御指導いただきましたことに厚く御礼を申し上げます。

弘前大学大学院地域社会研究科（後期博士課程）に在籍した4年間は、山道を全力疾走したような日々でした。6年の長期履修を覚悟し、博士号取得は夢のまた夢だと思っていました。奇跡です。

本研究は、小山智史教授（元弘前大学教育学部）とともに2013年より取り組んできた「暑さ指数モニタリングシステム」の研究が基になっています。2001年に大学院修士課程で情報技術演習を選択し、保健教育用 Web 教材「成長の記録」を共同開発したことをきっかけに、小山先生は「こんなシステムがあったらいいな」という私の願いを長年にわたり支えてくださいました。「成長の記録」は、現在もなお、全国の学校で愛用されています。

本格的に研究に取り組むことを決意し、2016年4月に入学してからの3年間は、小山先生には厳しくも熱心に御指導いただきました。遅々として研究が進まない私を「脱皮しない蛇は死ぬ」というニーチェの言葉で激励してくださったことは生涯忘れません。同じく小山研究室の先輩である小山内筆子さん（弘前医療福祉大学）、佐藤ゆかりさん（東北女子短期大学）には、研究室の仲間として共に学び、支えていただきました。研究室ではシステムに必要な材料を選んだり、基盤を削ったり、ケースに穴をあけたり、試行錯誤を繰り返しながらものづくりの世界に浸ることができました。さらに、AWK プログラムや gnu plot、分散分析等の演習に取り組んだり、様々な専門分野や国内外の文献を読み込んだり、これまでの人生では想定外の経験や学問を積ませていただきました。小山先生、その後の指導を引き継いでくださった戸塚先生には重ねて御礼申し上げます。

また、本研究の中核である教室の温熱・空気環境調査を行うにあたり、I 中学校の校長先生には快く調査を引き受けていただきました。厳寒期の早朝や夕方、調査に伺った際に教頭先生や警備員さんが温かく迎え入れてくださったことは忘れることができません。長期にわたる調査に全面的に御協力くださった教職員の皆様や生徒の皆さんにこの場をお借りして心より感謝申し上げます。

養護教諭として勤務する傍ら大学院で学べたことは、一重に同僚の先生方や養護教諭の仲間たちのおかげです。附属学校園のあちらこちらにセンサを設置したり、教室で換気の実験や授業を行ったり、そんな私の研究に快く御協力くださった皆様、さらに心の支えとなってくださった SC 田名場美雪先生に深く感謝いたします。

2020年3月、東京オリンピックが開催される記念すべき年(?)に博士号取得という夢が果たされる喜びに浸りたいところですが、新型コロナウイルス感染拡大により WHO がパンデミック宣言し、世界中が大混乱しています。オリンピックも延期となってしまう、先が見えない毎日です。微力ながら本研究の成果が換気的重要性の認識と感染症の拡大防止に役立つことを願ってやみません。

2020年3月末日 森 菜穂子

## 付記

本研究の多くは弘前大学教育学部附属学校園を対象として行ったものである。

附属中学校は、国立大学法人法に基づく弘前大学教育学部の附属学校として次のような規定があることから主たる研究対象校とし、校名を明記した。なお、幼稚園・小学校・特別支援学校も同様の規定がある。

（附属中学校の目的）

第2条 本校は、学校教育法第45条の規定に基づき、心身の発達に応じて、中等普通教育を施し、併せて教育学部における中学校教育の実証的研究に協力し、また、学部の計画に従い学生の実習の実施に当たるほか、中学校教育の振興、向上発展のために、積極的に地域の教育機関に協力、寄与することをもって目的とする。