

学内実習室で調理する際の空気環境評価

小林 淳¹⁾, 山手沙也香²⁾, 杉山英男³⁾

(2019年9月26日受付, 2019年12月16日受理)

Assessing air quality of on-campus kitchen

Jun KOBAYASHI¹⁾, Sayaka YAMATE²⁾, Hideo SUGIYAMA³⁾

(Received : September 26, 2019, Accepted : December 16, 2019)

要 旨

調理施設における環境基準の代表的な指標に、大量調理施設衛生管理マニュアルがある。このマニュアルにおける環境因子は、温度と相対湿度しかない。しかし我々は、調理員の健康を考慮すると他の項目も重要であると考えた。屋内の環境基準に関する別な法律に建築物衛生法があるが、この法律では温度、相対湿度以外に浮遊粉塵 (SPM)、ホルムアルデヒド、一酸化炭素、二酸化炭素の基準値がある。そこで本研究では高知県立大学で行われている調理実習中に空気環境測定を行い、建築物衛生法の基準値と照らし、空気環境の変化を明らかにすることを目的とした。調査対象とした場所は、高知県立大学池キャンパス本部・健康栄養学部棟1階の調理室である。今回の結果から、SPMとホルムアルデヒド、一酸化炭素、二酸化炭素は、建築物衛生法の基準に適合することが分かった。

キーワード：空気汚染, 環境因子, 大量調理施設衛生管理マニュアル, 建築物衛生法

Abstract

The Health Maintenance Manual for Large Cooking Facilities provides environmental standards for cooking facilities. The environmental factors included in this manual are only temperature and relative humidity. However, it is important to account for other factors to ensure the health of the cook. Another law relating to indoor environmental standards is the Law for Maintenance of Sanitation in Buildings. In addition to temperature and relative humidity, this law provides standard values for suspended particulate matter (SPM), formaldehyde, carbon monoxide, and carbon dioxide to comply with air quality. In this study, we assessed the change in air quality during practical training conducted in a kitchen on Ike Campus, University of Kochi. We compared the air quality at the time of cooking with the reference air quality provided in the Law for Maintenance of Sanitation in Buildings. From the results, it was found that the levels of SPM, formaldehyde, carbon monoxide, and carbon dioxide conformed to the standards prescribed in the Law for Maintenance of Sanitation in Buildings.

Key words: Air pollution, environmental factors, Health Maintenance Manual for Large Cooking Facilities, Law for Maintenance of Sanitation in Buildings

¹⁾ 高知県立大学健康栄養学部・教授・博士 Faculty of Nutrition, University of Kochi. Professor. Ph. D

²⁾ 高知県立大学健康栄養学部・卒業生 Faculty of Nutrition, University of Kochi. Graduated student.

³⁾ 国立保健医療科学院生活環境研究部・客員研究員・博士

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health. Visiting Researcher. Ph. D

緒言

化学物質の一部は、重篤な健康被害をもたらすことがよく知られている。化学物質による室内空気環境の悪化が原因となった健康被害として、1980年代から欧米諸国でシックビルディング症候群が社会問題となっている。しかし、日本では、オフィスビルではなく住宅における健康被害であるシックハウス症候群や学校における健康被害であるシックスクール症候群が社会問題となっている¹⁾。シックハウス症候群（シックビルディング症候群、シックスクール症候群も建物の違いのみで基本は同じ）とは、医学的に確立した単一の疾病というよりも、居住者の健康を維持するという観点から問題のある住宅において見られる健康障害の総称とされている。症状としては皮膚や眼、咽頭、気道などの皮膚・粘膜刺激症状及び全身倦怠感、めまい、頭痛・頭重などの不定愁訴がある。シックハウス症候群の主な発症関連因子として、建材や内装材などから放散されるホルムアルデヒドや、トルエンをはじめとする揮発性有機化合物がこれまでに指摘されている²⁾。中でもホルムアルデヒドは建材や内装材だけでなく、食材にも含まれていることが知られている^{3,4)}。

著者らは現在、食事の安全・安心を考え、調理施設の空気環境の管理の重要性に着目している。しかし、調理施設における環境基準は大量調理施設衛生管理マニュアル⁵⁾には「施設は十分な換気を行い、高温多湿を避けること。調理場は湿度80%以下、温度は25℃以下に保つことが望ましい」という規定しかない。従って、調理時に環境測定を行った先行研究は温度と湿度についてのものが大半である。また、近年では、地球温暖化防止の観点から、調理中の二酸化炭素排出に関する研究^{6,7)}も行われている。調理時の環境は食品衛生に影響を及ぼすだけでなく、調理員の快適度にも関わっていることが既に知られている⁸⁾。このことは、結果として調理員の作業効率に関係する。著者らは調理員の健康を考慮すると、温度や湿度のみならず、その他の項目の測定も重要であると

考えた。

ところで、屋内の環境基準について定めたもの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）⁹⁾がある。建築物衛生法では、特定建築物を対象に、「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とし、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て、環境衛生上必要な事項等」が定められている。特定建築物とは、特定用途（例えば、興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校、旅館）に利用される部分の面積が3000平方メートル以上の建築物のことであり、学校教育法第1条¹⁰⁾に規定する学校（小学校、中学校、高等学校、大学、盲学校、聾学校、養護学校及び幼稚園）の場合は8000平方メートル以上のものを指す。この建築物衛生法には、建築物環境衛生管理基準が設けられており、温度、相対湿度以外に粉じんなどの空気環境について基準値が定められている。そこで、本研究では高知県立大学で行われた調理実習において空気環境測定を行い、調理時の空気環境測定結果について建築物衛生法あるいは大量調理施設衛生管理マニュアルの基準値と照らし合わせることで、空気環境の変化がどの程度起きているか、それは基準範囲を越えるのかを明らかにすることを目的とした。今回の測定場所である高知県立大学においては上記の特定建築物に該当するので、本基準の適応になると考えられる。

方法

1. 調査対象施設の概要

調査対象の調理施設は、高知県立大学に2010年に造られた給食経営管理実習室の中調理室である。窓はなく、外から遮蔽された空間で人の出入りや換気扇、エアコンによって空気の循環が起こっている。図1に間取りを示した。換気扇は、部屋の奥と中央にある（図1では、上の中央部と真ん中の位置）。エアコンは、部屋の出入り口側

3か所に設置されている（図1では、中調理室下部の中央と左右）。エアシャワーは準備室に通じており、図左側の包丁・まな板消毒保管庫やパススルー戸棚付近にある片開き式の扉は隣接する下処理室に通じている。また、図右側のパススルー食器棚付近にある片引き式の扉は隣接する洗浄室に通じている。また図の下部の製氷機や保温ジャー付近には片開き式の扉があり、隣接する温冷配膳車という部屋に通じており、その部屋を通じて試食室（図の下方に存在）からも出入りできる。そのほか、パススルー戸棚、パススルー冷蔵庫、パススルー食器棚なども隣接する下処理室や洗浄室と通じている。また図の下部のウォーマーテーブルやスープウォーマー付近の壁に隣接して配膳用のカウンターがあり、壁にはシャッターがある。ただしこのシャッターは、調理中には衛生面を考慮して閉まっている。測定は給食経営管理実習があった2018年6月21日、6月28日、7月12日に行った。調理員は常に18人程度（学生約16人、指導教員2人）が在室していた。すべての測定日で午前9時頃から10分程度は別室で朝礼があったため、その時間には調理員がほとんどいなかった。61食ずつA、Bの2献立を調理しており、献立は測

定日によってすべて異なっており、使用していた調理機器も測定日によって異なっていた。ガスローレンジは2台、IHは3台、ガスコンロは5台あり、同一種の機器でも個々の稼働状況を把握するためにそれぞれの機器に番号を付けて把握した。測定時間中は常に冷房及び換気装置が稼働していた。

2. 空気環境測定方法

測定項目は、大量調理施設衛生管理マニュアルで規定している温度、湿度に加え、建築物衛生法に規定されている浮遊粉じん、ホルムアルデヒド、一酸化炭素、二酸化炭素濃度とした。測定に使用した機器において、浮遊粉じんはデジタル粉塵計（アンデス電気 ME-C101A）、温度・相対湿度は多機能風速計（TENMARS TM-413）で測定した。ホルムアルデヒド、一酸化炭素、二酸化炭素については検知管法を用いて測定した。検知管法を用いた3項目についてはガス採取器（GASTEC GV-100S）を使用した。ガス検知管について、ホルムアルデヒドは（GASTEC No.91LL 0.05-1 ppm測定用）、一酸化炭素濃度は（GASTEC No.1LC 1-30 ppm測定用）、二酸化炭素濃度は

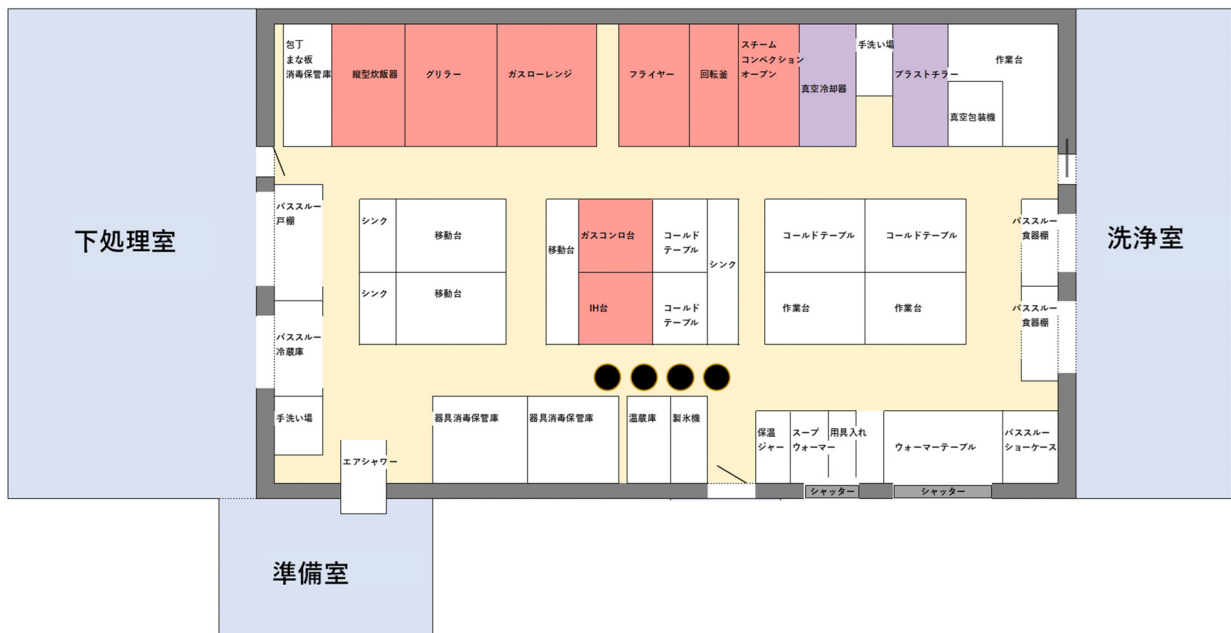


図1 給食経営管理実習室（中調理室）の間取り
図の黒丸は、測定者位置を示す。

(GASTEC No.2LC 100-2000 ppm測定用)を各々使用し、添付文書に従って測定した。

測定時間は給食経営管理実習時間の7時から12時のうち、朝礼が終わって調理の始まる前から調理のほぼ終わる8時30分から11時までとし、15分毎に測定を行った。調理の過程は刻々と変化しているため、できる限り細かく測定を行う必要があったが、3種類のガスについて検知管法を用いて測定すると操作と変色反応に時間を要するため、今回は15分毎に設定した。また、予試験を2018年6月14日に同様に行った。この際に一酸化炭素については測定感度(1ppm)以下であったため、本試験では測定を行わなかった。

さらに、建築物環境衛生管理基準に規定されている空気環境の測定方法は「居室の中央部の床上75cm以上150cm以下」となっていたが調理実習中連続測定を行うため、調理員の作業動線を塞がないように図1に示した場所の温蔵庫や製氷機の周辺(黒色の丸で示した位置)において、床上1mの位置に限定して今回は測定を行った。また、測定時に使用していた調理機器の稼働状況も同時に

記録した(図2)。

建築物環境衛生管理基準は、浮遊粒子:0.15mg/m³以下,ホルムアルデヒド:0.08ppm以下,一酸化炭素:10ppm以下,二酸化炭素:1000ppm以下,温度:17-28℃,相対湿度:40-70%である。

結果及び考察

1. 浮遊粉じん

建築物衛生法によると、浮遊粉じん濃度は1日の平均値をもって基準値と比較することとなっているが、今回は調理室で測定を行っており、加熱調理機器が一時的に使用されるなど特殊な環境であるため、それぞれの測定時間における値で評価することとした。図3に各測定日における粉じん濃度の推移を示す。最大でも0.031mg/m³に留まっており、建築物衛生法の基準値を十分に満たしていた。

各測定日において、多くの調理機器を使用するに連れて、粉じん濃度が高くなるという傾向は見られなかった。この理由としては、調理室は図1

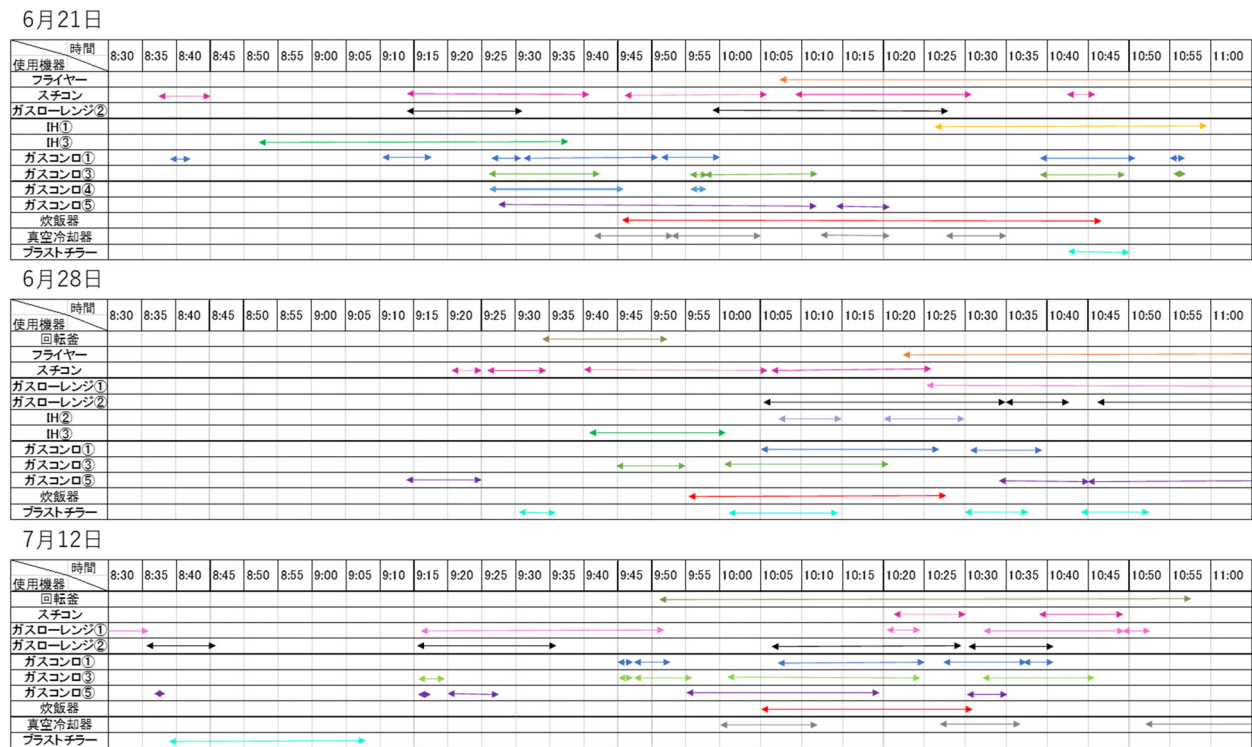


図2 調理機器の使用状況

に示すように準備室に通じているエアシャワーのほかに、下処理室に通じている扉と洗浄室に通じている扉、また試食室からも出入りできる扉、パススルー戸棚、パススルー冷蔵庫などがあり、指導教員や調理員の移動や指示の伝達、食材の受け渡しなどを行うため、これらの扉が測定中では多く開閉されていたため、粉じんが隣接する部屋に流出したためであると考えられる。しかし、このことについての記録は今回行っていない。また一概には言えないが、その日初めて調理機器を使用した場合、粉じん濃度が高くなる傾向があった。その理由としては、付着していた粉じんが加熱調理機器の点火により脱離し部屋に浮遊するためだと考えられる。

さらに各測定日の粉じん濃度と調理員の平均人数の推移を図4に示す。調理員の平均人数に比例して、粉じん濃度が高くなるという傾向は見られなかった。この理由としては、調理員はエアシャワーを通して調理室内に入室するため、調理室外で調理員の衣服に付着していた粉じんは事前に衣服から脱離することで調理室内に持ち込まれることはなかったためだと考えられる¹¹⁾。今回の研

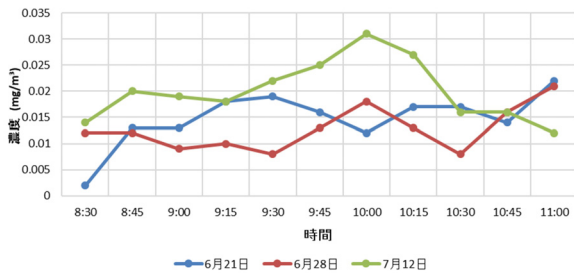


図3 粉塵濃度の推移

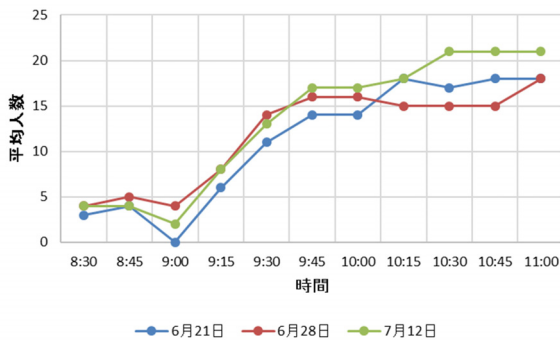


図4 平均在室人数の推移

究では、どの調理機器が粉じん濃度に大きな影響を及ぼしているのか断定するには至らなかったため、それぞれの調理機器単体を使用した際の粉じん濃度の測定を行った方がよいかもしれない。

2. 二酸化炭素濃度

図5に各測定日における二酸化炭素濃度の推移を示す。いずれの場合も基準値の範囲内であった。7月12日の10時15分は1000ppmと高い値であるが、今回測定を行った調理室は様々な調理機器を使用している中での値であるので、十分に換気が行われていると考えられる¹²⁾。またすべての測定日において、測定時間中に二酸化炭素濃度が上昇し続けるわけではなかった。この理由としては、1. でも述べたように指導教員や調理員の移動や指示の伝達、食材の受け渡しなどを行うために隣接する部屋の扉が測定中多く開閉されていたことにより、換気が行われたためと考えられる。測定日によって献立や使用する調理機器が異なっていたため、各測定日によって変動傾向が異なっていた。しかしすべての測定日において、二酸化炭素濃度については図4と図5のデータと比較して考えると調理員の数が変動要因として考えられる。また、すべての測定日について、使用している調理機器の数に応じて二酸化炭素濃度が高くなるという傾向はなかったが、図2より加熱調理が多く行われている時間帯に二酸化炭素濃度が高くなる傾向があった。

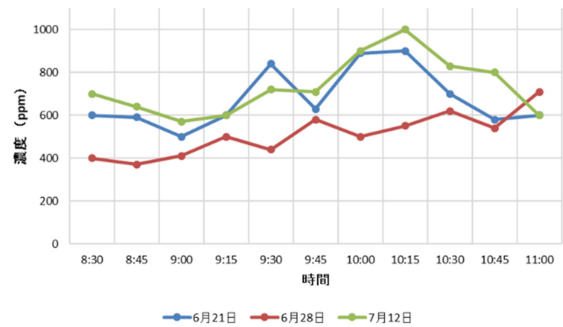


図5 二酸化炭素濃度の推移

3. ホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒドについては、測定に使用した検知管の最小目盛が0.05 ppmであり定量感度以下のデータしか得られていないので、今回は参考値として評価した。ホルムアルデヒド濃度についてもいずれの場合も建築物衛生法の基準値0.08ppm以下を満たしていた。しかしわずかだが検知されたことについては、メラミン樹脂製食器¹³⁾や塗装剤からのホルムアルデヒドの揮発が原因として考えられる。今回の測定より、ホルムアルデヒドを原因とした健康障害の危険性は低濃度のため、危惧する必要はないと考えられる。また、ホルムアルデヒドは親水性であるので、湿度が高い環境下では揮発量が増加することが知られているが、今回の測定ではそのような傾向は見られなかった。前述のように、今回検出はされたものの参考結果となってしまったため、今後検知管の吸引回数を増加させるか最小目盛がより小さい検知管（今回の測定結果からすると最小目盛0.01ppm以下のもの）を用いる、またはガスクロマトグラフ法を用いて測定を行うべきだと考える。

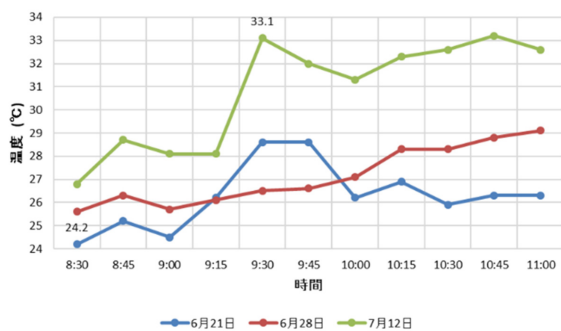


図6 温度の推移

4. 温度

図6に各測定日における温度の推移を示す。6月21日の9時30分、9時45分、6月28日の10時15分から11時まで、7月12日の8時45分から11時まででは基準値を超えていた。理由として、設置されている冷暖房設備は外気と室内の空気を交換しているタイプで、外気の温度が高かったために室内

の温度も高くなったと考えられる。ただし今回外気の温度を測定していなかったため、上記の仮説を検証するためにも、外気の温度の測定が今後必要と考える。大量調理施設衛生管理マニュアルの基準の対象となる施設は同一メニューを1回300食以上又は1日750食以上を提供する調理施設に適用となるため、今回測定を行った調理室での調理条件ではこの基準値の対象とはならない。ただし2002年の栄養士法の一部改正において¹⁴⁾、管理栄養士養成施設における給食管理実習室は、HACCP概念に基づいた大量調理施設衛生管理マニュアルに沿った設備であることが義務付けられている。従って同様に、あるいは食品衛生の観点から25℃以下に保つことが望ましいため、冷暖房機器の不具合の確認や設定温度の再検討の必要があると考える。

5. 湿度

図7に各測定日における相対湿度の推移を示す。6月21日の8時30分から9時、6月28日の8時30分から10時45分、7月12日の8時30分は基準値を超えていた。したがって、給食経営管理実習室は調理員にとって快適な作業環境とは、言えないと思われる。逸脱していた時間は加熱調理が多く行われる時間帯の前であること、また加熱調理を行うと相対湿度は低下していくため、食品の衛生管理について特に問題視する必要はないと考える。また、相対湿度は調理時間に応じて減少傾向にあるが、減少し続けるわけではなかった。

さらに、相対湿度から絶対湿度を下記の式¹⁵⁾より求めた：

$$2.165 \times [6.1078 \times 10^{7.5t/(t+237.3)}] / (t+273.15) \times RH$$

(t：温度 RH：相対湿度)

この式が最善であるかどうかは確認できていないが、気圧を考慮しないで推定できるものとして、文献調査を行った結果、今回選び使用した。図8に6月21日、6月28日、7月12日の絶対湿度の推移を示す。この結果より、相対湿度は大きく推移しているものの空気1 m³に含まれている水分量

(絶対湿度) に大きな変化はないことが分かった。したがって、人の呼気や加熱調理を行うことによって発生する料理からの水分の放出は、絶対湿度の変化に影響を及ぼしていないと考えられる。この傾向は、他の測定日も同様であった。

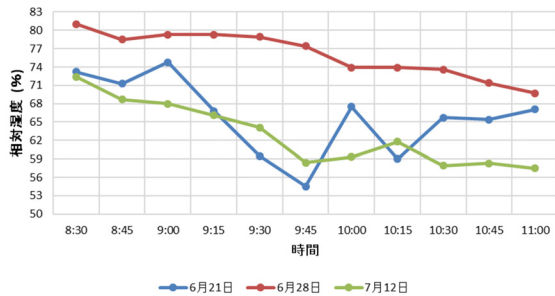


図7 相対湿度の推移

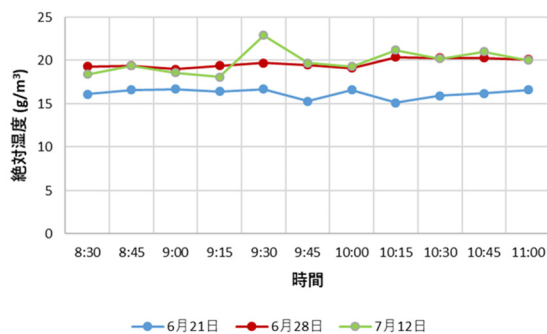


図8 絶対湿度の推移

結語

本研究では、高知県立大学の給食経営管理実習室で行われた実習において、建築物衛生法に記載されている項目について測定を行い、建築物衛生法の基準値をもとに大量調理中の空気環境について変化を明らかにした。浮遊粉じんの濃度とホルムアルデヒド濃度、一酸化炭素濃度、二酸化炭素濃度については、建築物衛生法の基準値を満たしていたが、温度、湿度については基準値を超えている場合があった。今回の測定結果により冷暖房設備の見直しや、設定温度の再検討を行う必要があると判断できる。また、定期的に空気環境測定を行い変化を把握することで、調理員の体調を考慮した作業環境の改善が期待できる。

謝辞

本研究は、高知県立大学健康栄養学部健康生態学研究室の平成30年度卒業研究の内容を主にまとめたものである。本研究にあたり、測定場所をお貸しくださり、また調理内容についての情報を下さいました島田郁子講師、沼田聡助教、並びに実験を手伝っていただきました同研究室の平成30年度4回生の皆様に深謝致します。

参考文献

- 1) 長谷川友紀, 城川美佳 (2009) シックハウス症候群における行政対応と課題. 日本衛生学雑誌 64 (3): 669-703.
- 2) 厚生労働省 「室内空気質健康影響研究会報告書: ~シックハウス症候群に関する医学的知見の整理~」の公表について. Available from <https://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/02/h0227-1.html> (2018年12月閲覧).
- 3) 原田勝彦, 三浦茂司, 篠田義夫, 山田金次郎 (1970) 薄層クロマトグラフィーによる魚介類中のホルムアルデヒドの検出. 日本水産学会誌 36 (2): 188-191.
- 4) 矢田光子, 今井田雅示, 小林太郎 (1970) シイタケ中のホルムアルデヒドについて. 食品衛生学雑誌 11 (3): 171-176.
- 5) 厚生労働省 大量調理施設衛生管理マニュアル. Available from <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenu/0000168026.pdf> (2018年10月閲覧).
- 6) 津田淑江, 堂園寛子, 大家千恵子 (2008) モデルメニューを用いた日本人の食事によるライフサイクルCO₂排出量. 日本調理科学会誌 41 (5): 289-296.
- 7) 小池恵, 鈴木彩葉, 瀬戸美江 (2017) 大量調理時のCO₂の排出量の見える化及び削減法の提案. 日本食育学会誌 11 (2): 209-217.
- 8) 大西徳明, 渡辺明彦, 酒井一博, 進藤弘基, 塚崎幸恵, 佐藤幸子 (1988) 学校給食調理作業における作業負担とその軽減対策, 労働科学

- 64 (3): 101-134.
- 9) 厚生労働省 建築物環境衛生管理基準について. Available from <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/> (2019年11月閲覧).
- 10) 文部科学省 学校教育法(昭和二十二年三月二十九日法律第二十六号). Available from http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317990.htm (2019年11月閲覧).
- 11) 鈴木良延, 藤井修二, 早川一也 (1988) クリーンルーム用衣服着衣者からの発塵量および発塵機構. 日本建築学会計画系論文報告集 53 (386): 43-53.
- 12) 合原妙美, 岩下剛 (2002) 鹿児島市内の小学校における室内空気環境実測 -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報告集 67 (559): 29-36.
- 13) 植崎幸範, 平川博仙, 大津隆一, 深町和美 (1989) メラミン樹脂製食器からのホルムアルデヒドの溶出. 食品衛生学雑誌 30 (1): 59-68.
- 14) 厚生労働省 栄養士法施行令の一部を改正する政令等の施行について (平成13年9月21日健発第935号厚生労働省健康局長から各都道府県知事宛通知). Available from https://kouseikyoku.mhlw.go.jp/kantoshinetsu/shokan/kankeihourei/documents/h13_0921.pdf (2019年11月閲覧).
- 15) 植芝亮太, 植芝理恵子, 安倍一実, 金月真央, 伊藤美咲 (2013) 学校薬剤師業務における絶対湿度利用の提言. 薬学雑誌 133 (4): 479-483.