

飲食店における換気に関する研究

A Study on Characteristics of Ventilation in Restaurants

J07087-8 奈良 悠紀

Abstract

Recently, some local governments are promoting measures to separate areas for smokers and non-smokers in various facilities. In restaurants, passive smokings of customers and employees have become a big problem. It is predicted that there are a lot of restaurants whose ventilation levels are lower than criterion. In this study, suspended particles were collected and measured in sixteen restaurants in Tokyo and Kanagawa Prefecture. Then we calculated amounts of theoretical ventilation and compared it with criterion. It became clear that amounts of ventilation were insufficient in many restaurants.

Keywords 受動喫煙 (passive smoking) 基準 (criterion) 浮遊粉じん (suspended particles)
飲食店 (restaurant) 見かけの換気量 (amount of theoretical ventilation)

1. 背景・目的

近年、公共施設、商業施設など多くの人が集まる施設で分煙化への具体的な対策が進められている。飲食店（居酒屋）はビルの一部分で営業していることが多い。外壁には窓もあるが多くの場合は看板などで塞がれている。そのため店内は閉鎖的な空間になっていて自然換気は出来ずに換気設備のみに頼る状況となっている。また飲食店では喫煙客が多く、嫌煙者や従業員にとって好ましくない状況が続いている。そのため来客者だけではなく、従業員の受動喫煙も問題とされている。厚生労働省は飲食店の店舗など職場の事業者へ受動喫煙対策を求める労働安全衛生法の改正案を2011年通常国会に提出することを目指している。この改正により全国の飲食店は店内を全面禁煙、または分煙にすることを義務付けられる可能性がある。政府は新成長戦略で2020年より早い時期に「受動喫煙のない職場の実現」を目指している。換気とは、適切な空気環境の保持、熱の除去、酸素の供給のために自然または機械的手段により、室内の空気と新鮮外気を入れ替えることをいう。店舗によっては店内に入っただけでもタバコの煙や空気環境の悪さを感じることもある。それらの店舗では少なからず身体に影響が出てくると思われる。換気設備に頼る現状では換気が必要量を下回っている店舗が多いと考えられる。

本研究では東京都、神奈川県の飲食店において実態調査を行う。測定結果の中から浮遊粉じん質量濃度、二酸化炭素濃度（以下CO₂濃度）を利用して建築物衛生法の管理基準値と比較し不適率を求める。浮遊粉じん質量濃度を用いて見かけの換気回数、換気量を算出する。この算出した換気量と喫煙程度を考慮した推奨換気量の両者を比較し検討を行う。また浮遊粉じん質量濃度が建築物衛生法の管理基準を上回っている店舗において必要と思われる換気量を確保するためには、換気量をどの程度、増加させれば良いかを考察する。

表1 測定概要

| 店舗 | 測定日 | 席数 | 測定時間 | 天気 | |
|------|-----|----------|------|------------------------------------|----|
| 東京都 | A-1 | 10/07/03 | 137席 | 17:10~19:10 | 曇り |
| | A-2 | 10/09/14 | 280席 | 18:00~20:30 | 曇り |
| | A-3 | 10/09/16 | 94席 | 18:00~20:30 | 雨 |
| | A-4 | 10/10/07 | 88席 | 18:00~20:30 | 晴れ |
| | A-5 | 10/10/18 | 102席 | 18:00~20:30 | 晴れ |
| | A-6 | 10/10/19 | 159席 | 18:00~20:30 | 曇り |
| | A-7 | 10/10/25 | 205席 | 18:00~20:30 | 曇り |
| | A-8 | 10/10/26 | 178席 | 18:00~20:30 | 雨 |
| 神奈川県 | B-1 | 10/08/05 | 150席 | 19:15~20:18 | 晴れ |
| | B-2 | 10/08/23 | 200席 | 17:50~18:50 | 晴れ |
| | B-3 | 10/09/23 | 220席 | (喫煙)18:45~20:00 (禁煙)18:50~20:00 | 雨 |
| | B-4 | 10/09/27 | 184席 | 19:00~20:00 | 雨 |
| | B-5 | 10/10/11 | 131席 | 19:00~20:00 | 晴れ |
| | B-6 | 10/10/28 | 180席 | (喫煙)19:10~20:10 (禁煙)18:00~19:05 | 雨 |
| | B-7 | 10/11/11 | 188席 | 19:30~20:30 | 晴れ |
| | B-8 | 10/11/15 | 117席 | 19:30~20:30 | 曇り |

2. 測定概要

2010年7月3日~11月15日の期間で、東京都・神奈川県内の飲食店（居酒屋）16店舗を対象として測定を行う。測定概要（調査店舗、測定日、席数、測定時間、測定時の天候）を表1に示す。測定調査項目は、CO₂濃度、浮遊粉じん質量濃度である。なお本研究は特定の店舗、事業者などを批判する意図は全く無い。従って、これらの特定につながる様なデータは報告の主旨を曲げない限りにおいて、掲載しない事とする。測定機器は卓上に置き、着座時の呼吸域において測定することを心がけた。神奈川県において

は出来る限り同一時刻に禁煙席、喫煙席それぞれで測定を行う。測定店舗は、比較的大型のチェーン店、主要都市であることを選定条件とした。店舗内の測定場所と厨房との位置関係を含めた大まかな平面図、エアコン・換気扇の配置、来客者人数の把握を出来る限り行う。厨房の位置は熱・CO₂が多く発生する場所であると仮定し留意した。

3. 換気量の算出

平均在室密度・喫煙程度を考慮した換気量の推奨値を用い推奨換気量を算出する。また各店舗の見かけの換気回数、換気量を測定結果から算出する。この両者を利用して比較・検証を行う。見かけの換気回数とは、部屋の形状や吹出口・吸込口の位置等による偏りを無視して、拡散などによる減衰効果も含めた測定の結果から求めた「測定場所周辺の平均を表した換気回数」とする。浮遊粉じん質量濃度が管理基準を満たしていない場合は、測定機器がたばこ煙を感知していると思われる時間帯の浮遊粉じん質量濃度の平均値を1分間で管理基準内に収めるために必要な換気回数および換気量を求めることとする。その際式1に示す様に単位時間あたりの減衰量を用いて、管理基準値の0.15mg/m³以下となる様に換気量を算出した。

$$Q = n \cdot V \cdot C_t = a \cdot e^{-nt} \dots \text{(式1)}$$

3-1. 在室者密度

測定店舗（4人席）の平均面積は2.26m²となり、この数字を4人で除する事により、在室者密度（一人当たりの面積）は0.57m²/人となる。

3-2. ASHRAE 及び日本建築学会推奨換気量

東京都および神奈川県内の喫煙席における測定においてはASHRAE（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers）と日本建築学会（以下AIJ）の喫煙程度を考慮した換気量推奨値：26m³/(h・人)、34m³/(h・人)の2つの数値を換気量として用いる事とする。（表2）この数字に上記で求めた飲食店における在室者密度を除すると、一平方メートル、一時間あたりの換気量がそれぞれ45.6m³/(m²・h)、59.6m³/(m²・h)となる。本研究では測定場所周辺のみを考慮して換気量を算出する。測定場所周辺とは2メートル×2メートルの4m²と設定する。一時間あたりの換気量はそれぞれ182.5m³/h、238.6m³/hとなる。

4. 測定結果

本研究では東京・神奈川合わせて16店舗の測定を行った。店舗A-7と店舗B-7の2つの結果を代表例として取り上げ比較・検討する。

4-1 店舗A-7

店舗A-7の平面図及び天井伏図を図1に、浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度の測定結果を図2に、換気量算出に用いた近似曲線を図3に示す。浮遊粉じん質量濃度は平均値0.13mg/m³、最大値0.39mg/m³となっている。19:39前後が一時的に高い数値を示しているが、比較的安定している。見かけの換気量は65.6m³/hとなった。浮遊粉じん質量濃度

表2 喫煙程度を考慮した必要換気量とそれに対する喫煙量

| 喫煙程度 | 適用例 | 必要換気量 [m ³ /(h・人)] 最小値～推奨値 | 喫煙量 [本/(h・人)] |
|--------|---------------------------|---|------------------------|
| 非常に多い | 新聞編集室、集会室、重役会議室 | 51～85 | 3.0～5.1 (1.5～2.5) |
| 多い | 事務室（個室）、会議室、ホテル客室、酒場 | 42～51 | 2.5～3.0 (1.26～1.5) |
| 多少あり | 事務室（一般）、レストラン、実験室、病室（大部屋） | 20～26 (25～34) | 1.2～1.6 (0.75～1.02) |
| ときどきあり | アパート、銀行営業室、理髪店、美容院、商店 | 13～17 (13～25) | 0.8～1.0 (0.39～0.75) |

括弧内の数値は日本建築学会の推奨値及び喫煙量



図1 店舗A-7 平面図及び天井伏図

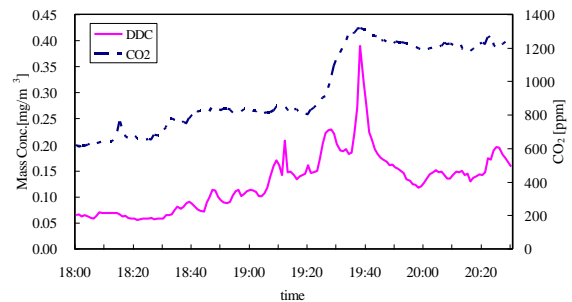


図2 店舗A-7 浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度

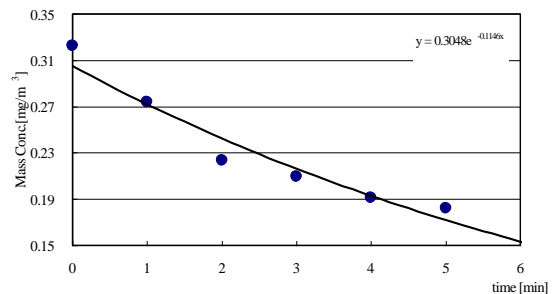


図3 店舗A-7 浮遊粉じん近似曲線

は最大値0.39mg/m³となっている。CO₂は浮遊粉じん質量濃度が上昇するとともに増加し、1200ppmから下がらずに停滞している。19:25までの平均値は641ppm、19:26からの平均値は1213ppmと約2倍となっている。来店時に店舗を見回した感じでは2割ほどしか席が埋まっていない印象であったが、測定終了時には9割以上の席が埋まっていた。18:50には33人程度であったが、19:30には60人以

上を確認できた。これは 19:20 から CO₂が急激に増加していることと一致する。

4-2 店舗B-7

店舗B-7の平面図及び天井伏図を図4に、喫煙席の浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度の測定結果を図5に、換気量算出に用いた近似曲線を図6～図8に示す。喫煙席において浮遊粉じん質量濃度は平均値0.24 mg/m³と大きい数値になっているが、最大値が0.39 mg/m³と平均値に比べ飛躍的に大きいわけではない。そのため平均的に高い数値で時間が推移している。CO₂は1000ppm前後の値で安定している。禁煙席での浮遊粉じん質量濃度は平均値、最大値とも比較的小さな数値になっている。CO₂は最大値686ppm、最小値552ppmとなっており、変化が少ない。20:06に浮遊粉じん質量濃度、CO₂ともに最大値をとる。

喫煙席において、見かけの換気量は平均で146.1 m³/hとなった。一時的に換気量が204.5 m³/hとASHRAE推奨換気量を超えている。しかしAIJ推奨換気量には届かない結果となった。喫煙席では入店時から周囲に喫煙者が多数滞在していた。禁煙席の遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度の測定結果を図9に示す。禁煙席においては、見かけの換気回数算出に適したデータが存在しなかったため、換気回数を求められなかった。喫煙席において浮遊粉じん質量濃度は平均値で0.24 mg/m³となり、管理基準を大幅に超えている。CO₂濃度も平均1042ppmと基準を超える結果となっている。これらのことから換気量不足であることがわかる。浮遊粉じん質量濃度の平均値を基準値内に収めるためには、換気回数は28.5回/h、換気量は278.3m³/hとAIJ推奨換気量以上の数値が必要となる。

5. 建築物衛生法との比較・検証

測定結果を元に、建築物衛生法の管理基準及び、不適率から比較・検証を行う。

CO₂濃度：建築物衛生法の管理基準値は1000 ppm以下である。今回の禁煙席の測定を含めた全体での不適率は19.1%という比率になった。東京都の立入検査結果から、建築物衛生法施行時から現在に至るまでのCO₂不適率は10～20%台で推移している。本測定と比較すると同程度の結果となった。平均値では基準内に収まっているものの、店舗B-3で最大値1484ppmをとり、大幅に基準を超えている。時間経過と共に増加している店舗が多い。喫煙量の増加も推測されるが、主に人体から発せられるCO₂が大きな要因であることがわかる。

浮遊粉じん質量濃度：建築物衛生法の管理基準値は0.15 mg/m³以下である。今回の禁煙席の測定を含めた全体での不適率は21.7%という比率になった。東京都・神奈川県喫煙席のみの不適率は33.3%となった。尚、建築物衛生法施行時は60%を超える不適率を示していたが、近年の不適率は0～1%程度になっている。この統計と比較すると、不適率21.7%は昭和50年代の数値に近い結果となった。近年の不適率とは大きな開きがあり、空気環境の悪さを示す結

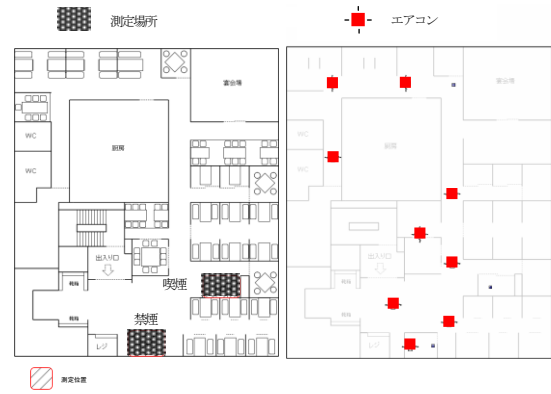


図4 店舗B-7 平面図及び天井伏図

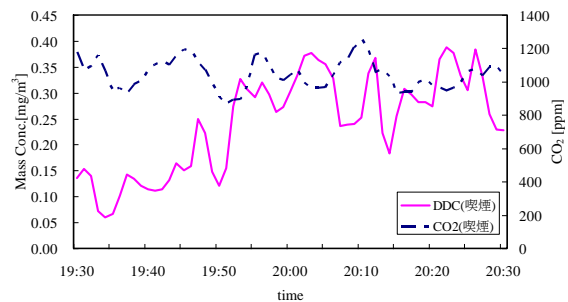


図5 店舗B-7 喫煙席 浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度

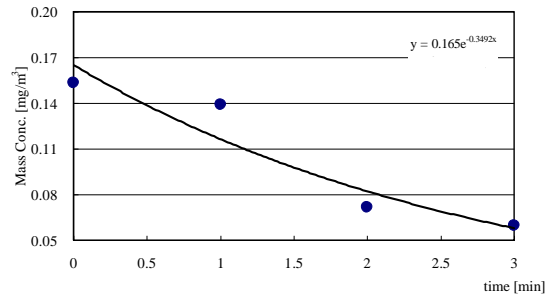


図6 店舗B-7 浮遊粉じん近似曲線 ①

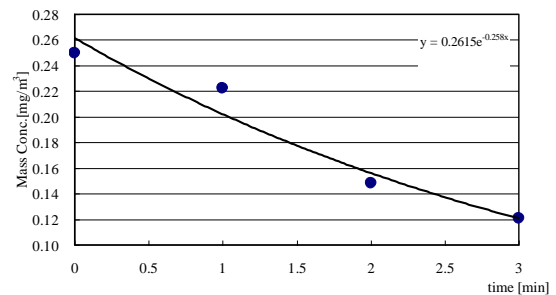


図7 店舗B-7 浮遊粉じん近似曲線 ②

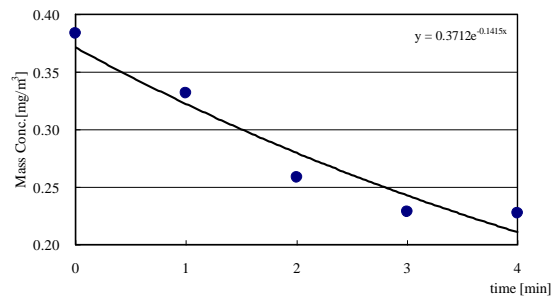


図8 店舗B-7 浮遊粉じん近似曲線 ③

果となっている。浮遊粉じんの発生源は、たばこ、人の活動、外気由来等であるが、建築物内での発生源は主にたばことなっている。本測定においても神奈川県禁煙席の不適合率は0%になっており、たばこが主な発生源と考えられる。しかし、禁煙席においても浮遊粉じん質量濃度の管理基準は下回っているものの、ある程度の値が出ている。これらの理由として分煙が義務付けられて半年前後であり、分煙対策がまだ不十分であることがあげられる。

6. 考察

東京都、神奈川県（禁煙席を除く）を含む測定全体のASHRAE推奨換気量の達成率は21.2%となった。また基準の厳しいAIJ推奨換気量の達成率は5.1%となった。推奨換気量を確保している店舗においては、一店舗を除き平均浮遊粉じん質量濃度、平均CO₂濃度のどちらか一方もしくは両方が管理基準を超えていることがわかった。管理基準を超えていないが、推奨換気量を確保している一店舗では浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度は低い数値を示しているにもかかわらず、換気量が大きい優れた環境となっていた。

東京都内の測定において、ASHRAE推奨換気量・AIJ推奨換気量の達成率はそれぞれ29.4%・23.5%となる。推奨換気量を確保している店舗では換気が十分にされていることがわかる。その一方、推奨換気量を満たしていない店舗の平均換気量は83.4 m³/hと、確保している店舗の平均換気量339.7 m³/hから大きく離れている。推奨換気量を満たしていない店舗の平均浮遊粉じん質量濃度0.11 mg/m³となっている。空気環境が比較的良く、換気量があまり必要ない事例も多いと考えられる。

神奈川県内の測定において、ASHRAE推奨換気量の達成率は12.5%になる。AIJ推奨換気量の達成率は0%であった。分煙をしている神奈川県では禁煙席の換気量より喫煙席の換気量が大きくなると予想した。実際に測定結果と照らし合わせてみると、喫煙席の平均換気量は149.6 m³/h、禁煙席の平均換気量は105.8 m³/hとなり、喫煙席が予想通りに上回る理想的な結果となった。なお店舗別喫煙席、禁煙席の比較においても、全店舗において喫煙席の換気量が禁煙席の換気量を上回っていることがわかる。

次に本測定の結果から求めた換気量とASHRAE・AIJの推奨値との比較を行う。店舗A-1、-2、-6、-7、B-1、-2、-5、-6、-7の計6店の測定結果を用いた。神奈川県の店舗においてはたばこ煙の影響を受ける喫煙席のみ採用した。これらの6店舗を選出した理由として、浮遊粉じん質量濃度が管理基準を超えた部分が多いこと、浮遊粉じん質量濃度の結果が乱高下を繰り返していることがあげられる。建築物内で発生する浮遊粉じんの大部分がたばこであることから、測定機器がたばこ煙を感知していると思われる時間帯の浮遊粉じん質量濃度を管理基準値内にするために必要な換気回数を考察において求めた。算出方法は3. 換気量の算出に示したとおりである。求めた結果及び平均値を表3に示す。換気量を求める過程に必要な室容積は測定全体の平均

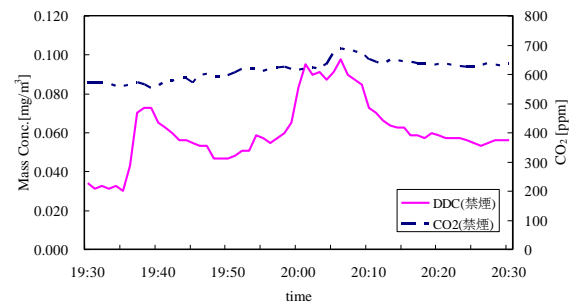


図9 店舗B-7禁煙席 浮遊粉じん質量濃度及びCO₂濃度

表3 平均換気回数

| 店舗名 | 平均浮遊粉じん質量濃度[mg/m ³] | 換気回数 [回/h] | 室容積 [m ³] |
|---------|---------------------------------|------------|-----------------------|
| A-1 | 0.53 | 75.70 | 16.40 |
| A-2 | 0.27 | 35.70 | 11.92 |
| A-6 | 0.17 | 9.10 | 10.40 |
| A-7 | 0.17 | 7.50 | 9.54 |
| B-1 | 0.19 | 14.70 | 9.72 |
| B-2 | 0.20 | 17.40 | 10.40 |
| B-5 | 0.21 | 19.80 | 9.82 |
| B-6 | 0.22 | 22.30 | 10.24 |
| B-7 | 0.24 | 28.50 | 9.76 |
| Average | 0.24 | 25.63 | 10.91 |

値を用いることとした。平均した換気回数、室容積を乗じると、測定から求めた換気量は279.6 m³/hとなる。この数値をASHRAE、AIJ推奨値と比較すると、ともに測定から求めた換気量が上回っていることがわかる。空気環境の優れない部分を抜粋していることも影響しているが、換気量の推奨値は低めに設定されていることも考えられる。しかし測定から求めた換気量は全店舗の平均を用いたわけではなく、測定店舗数も限られているため、結果に偏りが生じていることは否定できない。測定における参考値として考えることが適切であろう。

7. まとめ

東京都・神奈川県の飲食店の測定を通じて時間帯により空気環境は比較的良好であることがわかった。しかし、換気の必要量を確保されている店舗は数少ない。測定全体AIJ推奨換気量の達成率はわずか5.1%となっている。今後換気量を確保するための対策が必要である。

8. 今後の課題

本研究では推奨値及び参考値としてASHRAE、日本建築学会、空気調和・衛生工学会の数値を用いることとした。しかし、基準として利用されるようになってから年月が経過しているため、新たな基準を作り出す必要性を感じた。また、外気の影響を考慮するために測定が必要であった。

【参考文献】

- 1) 目黒克己: 建築物の環境衛生管理 上巻 第2版 第4刷, p.366-374, p.434-439, 2008,3,3
- 2) 空気調和・衛生工学会誌 第46巻 p.1064, 1972,12
- 3) 日本建築学会設計計画パンフレット No18 換気設計 第3版, p.8, 1970,7,10
- 4) PH.Hallpenny, et al : ASHRAE journal, (March 1961)
- 5) ASHRAE : Heating Ventilating Air Conditioning Guide (1960)
- 6) 山田由紀子 : 建築環境工学 第12版 p.67-90, 2007,3,15
- 7) 室内空気清浄便覧 第1版, 社団法人日本空気清浄協会, p.48-51, p.140-145, 2000,8,25
- 8) 神奈川県「公共的施設における受動喫煙防止条例」平成21年条例第27号, 2010,4,1
- 9) 水村圭介: ネットカフェにおける空気環境に関する研究 2009年芝浦工業大学学士論文, 2010,2
- 10) 野中麻衣: 飲食店における喫煙対策の実態調査, 2008年芝浦工業大学学士論文, 2009,2