



原論文（和訳版）

## 2024 年能登半島地震後の避難所における空気質の評価と空気清浄機を用いた改善対策の実施

橋本晴男<sup>1,2,3,\*</sup>, 武藤剛<sup>3</sup>, 弘田量二<sup>3</sup>, 辻口博聖<sup>4</sup>, 原章規<sup>4</sup>, 中村博之<sup>4</sup>

- 1 日本空気と水の衛生推進機構 〒105-0004 東京都港区新橋 2-9-16 新橋赤レンガビル 6F
- 2 橋本労働安全衛生コンサルタント合同会社 〒152-0003 東京都目黒区碑文谷 3-8-9
- 3 北里大学医学部衛生学教室 〒252-0374 神奈川県相模原市南区北里 1-15-1
- 4 金沢大学先端予防医学研究センター 〒920-8640 石川県金沢市宝町 13-1

DOI: 10.60219/pmr.3.3\_125

\*連絡先：橋本晴男

Email: bridgebase@m7.dion.ne.jp

電話: +81-80-5480-0591

受領日：2025年5月20日

受理日：2025年9月8日

掲載日：2025年11月30日

著作権: © 日本予防医学会

### 要旨:

2024年1月に日本で発生した能登半島地震により、多くの避難者が公民館などの避難施設に長期の滞在（数ヶ月に及ぶ場合もあり）を余儀なくされた。避難施設内の環境条件は避難者の健康に重大な影響を及ぼし、災害関連疾患や死亡リスクを高める可能性がある。能登半島地震後、避難所ではCOVID-19やインフルエンザの集団感染が報告されており、これは空気質の悪化、特に感染性エアロゾルの濃度上昇の原因となる可能性がある。本研究では、日本の2か所の避難所の10室において室内の空気質を評価し、対策の有効性を検証した。特に、避難所室内の空気質を評価するにあたり、空気質の指標として二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度1500 ppmを許容可能な閾値として設定した。換気装置が稼働している間は、空気質は概ね良好であった。しかし、夜間など寒冷や騒音を避けるために換気が停止されると、空気質は著しく低下した。さらに、各部屋の在室者数に応じたポータブル型空気清浄機の設置により、室内の環境が大幅に改善した。これは実際の避難室で検証され、空気清浄機の空気清浄化効果が実証された。したがって、空気清浄機は避難所の室内の空気質を向上させる効果的な対策となり得る。特に、本研究は避難場所として指定される公共施設への空気清浄機の設置が、将来の大規模災害対策において実行可能な戦略となり得ることを示した。

キーワード：避難所、室内空気質、空気清浄機、感染性エアロゾル、二酸化炭素

## はじめに

2024年1月1日に発生した能登半島地震は、特に石川県において甚大な被害をもたらし、2万7千棟以上の住宅が全壊・半壊した。その結果、約1万人が公民館や学校体育館などの一次避難所での生活を余儀なくされた。住宅の被害状況により、比較的早期に自宅へ戻れた住民もいれば、数か月間避難所での生活を余儀なくされた住民もいた。自然災害後の避難所は人口密度が高く、高齢者、乳幼児、子ども、介護を必要とする人など脆弱な集団が収容される。したがって、避難所内の環境条件は避難者の健康に重大な影響を与え、災害関連疾患や死亡につながる可能性がある。能登半島地震後、石川県内の自治体から発表された報告書では、避難所におけるCOVID-19やインフルエンザの頻発が指摘された。その要因として考えられるのは、室内の空気質の悪化、特に感染性エアロゾルの濃度上昇である。室内の空気質は基本的に在室者数と換気量によって決定される。本研究の課題は以下の通りである：能登半島地震後の避難所における換気装置の能力は避難者数に対して十分であったか？これらの避難所に設置された換気装置は適切に稼働していたか？さらに、避難所の空気質を改善するための新たな対策を提案できるか？

本研究では、2024年能登半島地震を事例として、日本の避難所における室内の空気質の実態を調査し、室内の空気質の改善のための新たな戦略を検討した。具体的には、避難者数、換気装置の能力、稼働状況に基づき、CO<sub>2</sub>濃度を指標として能登半島地震に伴う避難時の室内の空気質を推定した。ポータブル型空気清浄機は建物内の換気量を増強できるため、避難所に空気清浄機を設置した場合の空気質の改善効果を検討した。次に、実際に避難所として利用された部屋を用いて空気清浄機の有効性を検証した。最後に、避難所における室内の空気質を改善するための新たな対策を提案した。

## 研究方法

### 倫理的配慮

本研究は、「志賀町コホートと能登ビッグデータを用いた災害関連死・災害関連疾患の個別化予防医学の開発」の一環として、金沢大学倫理審査委員会（No. 2023-341 (714490)）の承認を得て実施した。

### 対象避難所の概要

本研究では、2024年能登半島地震後に避難所として利用された石川県羽咋郡志賀町の2施設、志賀町文化会館と富来活性化センターを調査の対象とした。志賀町文化会館は1975年築の2階建てコンクリート造で、1階の多目的和室、2階の会議室・和室が避難所として利用された。1994年に建設された2階建てコンクリート造の富来活性化センターは、1階と2階の両方に多目的ホールと会議室が避難所として使用された。本調査では、避難期間終了後の2024年7月に両施設で空気質調査を実施した。

### 避難所の基本環境条件の評価

本調査では、国内2施設（志賀町文化会館6室、富来活性化センター4室、各室を1～10番で表記：表 1）の避難室10室に

ついて、避難期間中の基本環境条件（容積、換気量、在室者数）を評価した。容積は、幅・奥行き・天井高を測定して算出した。換気量は、換気装置稼働中にホットワイヤー式風速計（Testo K.K.製 型番#0563 4200）を用いて各室で測定した。収容者数は、避難所管理者の報告に基づき、室内に設置された段ボールベッドまたはテントの数から推定した。

### 避難所における空気清浄化効果の検証

空気清浄機の空気清浄化効果は、実際の避難室（9号室、容積＝268m<sup>3</sup>；表1）を用いて検証した。室内の換気装置を停止させた後、以下の実験を実施した。

- 1) 線香の煙を室内に拡散させ、室内の粉じん濃度が均一になるまで、ファンを使用して空気を十分に循環させた。
- 2) その後、30分間にわたる粉じん濃度変化を監視し、自然換気量を評価した。
- 3) 2台のポータブル型空気清浄機を室内で使用し、30分間にわたる粉じん濃度変化をモニタリングして、空気清浄機の換気量を評価した。
- 4) 2つの結果の差を用いて、空気清浄機1台あたりの換気量を算出した。

粉じん濃度は、デジタル粉じんモニター（柴田科学株式会社製、型式LD-5）を用いて、床面から0.8 mの高さの4箇所で測定した。測定開始から2分ごとに粉じん濃度の積分値を記録し、総測定時間は30分間であった。したがって、合計15回の測定値が記録された。各2分間の濃度値は、4測定点の平均値として算出した。自然換気量と空気清浄機の換気量は、最小二乗法を用いて濃度値に指数関数を当てはめることで算出した。

本研究で使用した空気清浄機は「Airdog<sup>®</sup>、トゥーコネクト株式会社製 Model X5s」（ポータブル型、静電集じん式）であり、最高設定モードで運転した。この機種を選定した理由は、2024年2月（2024年地震発生後）に能登地域の避難所に約700台が寄贈されたためである。

### 避難所における室内の空気質の評価

本研究では、空気質の指標として二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度を用いた。これは、CO<sub>2</sub>濃度が人体から空気中に放出される感染性エアロゾル濃度と高い相関関係にあり、COVID-19パンデミック時に感染指標として用いられたためである<sup>(1)</sup>。人の在室時における避難室のCO<sub>2</sub>濃度（ppm）を、以下の式を用いて推定した：

$$C_{CO_2} = \left\{ \left( \frac{n \times k \times 0.01794}{Q} \right) \times 10^6 \right\} + 400 \quad \text{式(1)}$$

ここで、C<sub>CO<sub>2</sub></sub>はCO<sub>2</sub>濃度、nは在室者数、Qは換気量（m<sup>3</sup>/h）、kは人の活動係数、「400」（ppm）は外気のCO<sub>2</sub>濃度である。この式は、換気による室内への空気流入量と在室者によるCO<sub>2</sub>排出量が平衡状態に達したときのCO<sub>2</sub>濃度を算出するものである。この式で推定した平衡CO<sub>2</sub>濃度は、実測値とよく一致することが報告されている<sup>1,2)</sup>。ここでは、人の活動係数（k）を安静状態を表す「1」に設定した。

各部屋の換気量（Q）は、状況に応じて以下のように設定した。

- 1) 室内に設置された換気装置が稼働している場合は、測定値を用いた。

- 2) 換気装置が機能していなかった1号室では、自然換気量として、1時間あたり1回の換気回数 (ACH) に設定した。
- 3) 換気装置停止時の換気量は、気密性の高い4号室を除き、自然換気量として1.0 ACHに設定した (4号室については、換気量を0.2 ACHに設定)。
- 4) 空気清浄機が作動中で換気装置が停止している場合、「換気装置が機能していない、または停止している場合の換気量 (上記2)または 3))」と「空気清浄機の換気量」の合計値を「換気量 (Q)」として使用した。空気清浄機と機械換気では室内空気から粉じんを除去するメカニズムが異なるものの、一定の換気量を持つ空気清浄機の粉じん除去能力は、定義上、同等の換気量を持つ機械換気の粉じん除去能力と同等である。さらに、換気による空気中のエアロゾル及び CO<sub>2</sub>濃度の変化はほぼ同一の挙動を示すことが報告されている<sup>3)</sup>。したがって、特定の換気量を持つ空気清浄機のエアロゾル除去効果は、同等の換気量を持つ機械換気によるエアロゾルおよびCO<sub>2</sub>除去効果と同等と見なされる。このため、空気清浄機はCO<sub>2</sub>を除去しないものの、そのエアロゾル除去効果はCO<sub>2</sub>除去効果と同等と認識できる。以上のことから、空気清浄機の換気量を式(1)における換気量(Q)の一部として扱った。

本研究では、換気量270 m<sup>3</sup>/hのAirdog®X5s 空気清浄機を使用した。各室には、9人あたり1台 (18人未満の場合は1台、18人以上の場合は2台、27人以上の場合は3台) の比率で、1人あたり最大換気量30 m<sup>3</sup>/hを供給できる前提でポータブル型空気清浄機を設置した。この換気量では、式 (1) に基づくとCO<sub>2</sub>濃度は1,000 ppm となる。

空気質の評価レベルは、CO<sub>2</sub>濃度と許容可否に基づいて定義し、5段階 (A、B、C、D、E) に分類した (表2参照)。最高レベルの空気質である評価AはCO<sub>2</sub>濃度1000 ppm以下、評価BはCO<sub>2</sub>濃度1500 ppm以下 (日本の学校環境衛生基準で定める換気の基準) に相当した。評価AおよびBは許容、評価C、D、Eは不許容とした。

## 結果

表1に、避難室ごとの基本環境条件 (床面積、容積、在室者数、1人あたり床面積、換気量、換気回数、1人あたり換気量)を示す。1人あたりの床面積は4.0 m<sup>2</sup>から6.3 m<sup>2</sup>、換気回数は2.5 ACH から 7.6 ACH、1人あたりの換気量は 28.3 m<sup>3</sup>/h から 103.0 m<sup>3</sup>/h の範囲であった。なお、1号室は換気装置が機能していないため、この部屋については自然換気回数を1.0 ACHと仮定した。

表3は、実際の避難室における空気清浄機の有効性の検証結果を示す。2台の空気清浄機を稼働させた場合、室内の粉じん濃度は30分以内に初期値の22.7 %まで大幅に減少した。換気量は最小二乗法により算出された (854 m<sup>3</sup>/h ; 自然換気を含む)。自然換気のみの場合、粉じんの濃度は初期値の60.6 %まで低下し、換気量は321 m<sup>3</sup>/hであった。したがって、空気清浄機1台あたりの推定換気量は266 m<sup>3</sup>/hとなった。

表4は本研究対象の10室において推定された空気質の結果を示す。換気装置稼働時の推定CO<sub>2</sub>濃度は570~1,030 ppmの範囲で変動し、第1室のみ例外であった。空気質の評価は8室がA、1室がBであり、9室が「許容」と判定された。しかし、換気装置が機能していない1号室では、推定CO<sub>2</sub>濃度が2,130 ppmとなり、評価はC (不許容) となった。換気装置を

停止した場合、稼働時と比較して全室で CO<sub>2</sub>濃度が著しく上昇し、1,400～7,580 ppmの範囲で変動した。評価は2室がB、7室がC、1室がEであり、2室が「許容」、8室が「不許容」と判定された。気密性の高い4号室はCO<sub>2</sub>濃度 7,580 ppmと極めて劣悪な環境を示した。換気装置が停止した部屋に空気清浄機を設置し作動させることを想定した場合、全ての部屋でCO<sub>2</sub>濃度が 800 ppm～1,130 ppmと大幅に改善され、9室がA評価、1室がB評価となった。

## 考察

本研究では、換気装置を停止すると10室すべての室内の空気質が著しく悪化したが、ポータブル型空気清浄機の設置後は大幅に改善したことが明らかになった。空気清浄機なしの換気停止状態では、10室中8室が許容できない空気質と判定されたが、空気清浄機設置後は全室が許容レベルに達した。空気清浄機設置時のCO<sub>2</sub>濃度は810～980 ppmの範囲で、基準である1,000 ppmを下回った。唯一の例外は4号室で、CO<sub>2</sub>濃度が1130 ppmであった。このことから、在室者1人あたり 30 m<sup>3</sup>/hの換気量を目標とすることが、本検討のような対策における基準となり得ること、また空気清浄機の台数はその能力と在室者数に応じて調整すべきことが示唆された。

一般的に、いくつかの要因によって換気装置は停止される。避難所の管理者の証言によれば、夜間は寒冷や騒音を避けるため換気が停止されることが多い。本調査対象の2棟では、複数の避難室に「換気装置は常時稼働、夜間は停止可能」との掲示があった。さらに、室1で観察されたように換気装置の故障も発生し得る。本地域で調査した避難所におけるCOVID-19及びインフルエンザの実際の発生事例を踏まえると、換気装置停止による空気質の悪化がこれらの発生に寄与した可能性が否定できない。

本研究では、2つの避難所の基本的な環境条件は良好であると見なされた。在室者あたりの床面積は4.0 m<sup>2</sup>から6.3 m<sup>2</sup>で、災害避難シェルターに関するスフィア基準の3.5 m<sup>2</sup>を上回っていた<sup>4)</sup>。換気装置稼働中の在室者あたりの換気量は28.3 m<sup>3</sup>/hから103.0 m<sup>3</sup>/hで、基準値の30 m<sup>3</sup>/hと比較して十分であると判断された。さらに、推定CO<sub>2</sub>濃度も良好な範囲(570～1,030 ppm)にあり、唯一の例外は換気装置が作動していなかった第1室のみであった。したがって、換気装置の能力は在室者数に対して十分であった。

しかし避難所の環境条件は常に良好とは限らない。1号室では換気装置の故障により環境が悪化していた。したがって避難所になりうる施設における換気装置の定期点検・保守は、予期せぬ機器の故障回避に不可欠である。特筆すべきは、震災直後の一定期間、調査対象避難所では適切な寝具が不足し、避難者は床で就寝せざるを得なかった点である<sup>5)</sup>。このような状況下では、たとえ換気装置が稼働していても、収容者密度が著しく高くなり、空気質の悪化を招く可能性があった。さらに、避難所として指定される古い公民館等では、十分な換気装置が備わっていない場合がある。そのような場合、空気清浄機は室内の空気質の維持・改善に効果的に寄与し得る。

本研究では、日本の実際の避難室において空気清浄機による空気質の改善効果を検討した。Airdog®X5s空気清浄機の基準換気量(清浄空気供給量: CADR)は、タバコ粉じん(試験室)で315 m<sup>3</sup>/hであり、超微粒子(タバコ、粒子径100

μm)の除去性能は、高効率粒子捕集フィルター(HEPA)を搭載した空気清浄機に匹敵する<sup>6)</sup>。線香の煙を用いたモデル実験では、CADR(266 m<sup>3</sup>/h)の84%という十分な性能が実証された。一般的に、空気清浄機の除じん能力は対象となる粉じんや測定条件によって異なる。

本研究では、避難所の室内の空気質の改善に有効性が実証されている静電集じん式空気清浄機を採用した。先行研究では、HEPAフィルター搭載空気清浄機が避難所・避難室の粉じん除去に有効であることが示され、浮遊しているSARS-CoV-2の除去への潜在的な有効性も示唆されている<sup>7-9)</sup>。

これらの知見に基づき、空気清浄機は避難所の室内の空気質を維持・改善するために活用可能であると結論付ける。ポータブル型空気清浄機の機動性により、各部屋の在室者数に応じた柔軟な配置が可能となる。ただし、災害直後の被災地への空気清浄機の搬送は困難を伴う。例えば能登半島地震では道路が遮断され輸送が妨げられ、輸送が再開された後も食料・医薬品・飲料水などの必需物資の輸送が優先された。したがって、避難所として指定された公共施設に平常時に携帯型空気清浄機を設置しておき、屋内の空気質の維持・改善に活用することは、災害対策として有効な戦略となり得る。

避難所での空気清浄機の使用には複数の考慮すべき点がある。第一に、性能の維持には定期点検・メンテナンスが不可欠である。本研究で使用したモデルを含む静電集じん式空気清浄機は、一般的にHEPAフィルター搭載機と比べてフィルター交換頻度が低い(あるいは不要の)ため、維持管理が容易である。第二に、睡眠時間帯の静粛性を考慮し、低騒音での運転が可能な機種が望ましい。最後に、本研究で使用したモデルを含む一部の空気清浄機は消臭機能を備えており<sup>4)</sup>、臭いを効果的に除去できる。避難所では臭いがよく苦情となるため、こうしたモデルが避難者に歓迎される可能性がある。

避難所で使用される機種にかかわらず、避難所の管理者や避難者に対して、空気の質の重要性と空気清浄機の利点について周知を行い、積極的かつ継続的な使用を促す必要がある。

次の段階の研究としては、被災者の避難用に準備された住宅の空気質と、空気清浄機の潜在的な使用可能性について調査することが考えられる。一般的に、大規模災害の後、これらの住宅は自治体によって建設され、避難者はしばしば長期間そこに居住するが、在室者一人当たりの床面積は一般的に非常に狭い。

## 研究の強みと限界

本研究は、大規模災害後の避難所における空気質を評価し、空気清浄機による改善策を提案した日本初の研究である。ただし、いくつかの限界がある。調査は避難期間の終了後に実施されたため、避難中の実際の空気質は調査対象外であった。調査対象は特定地域の2棟に限定されており、能登半島地震被災地の全避難所を代表しているわけではない。さらに、調査対象の建物は築年数が比較的古いものだったため、より新しい建物での調査が必要である。また、結論の一般化を図るためには、異なる地域での実施が望ましい。

## 結論

本研究では、日本の避難所における室内の空気質を検討し、空気清浄機を用いて空気質の改善対策を実施した。その結果、ポータブル型空気清浄機が避難所などの室内の空気質の改善に有効であることが明らかになった。空気清浄機は、設置された換気装置の能力、換気装置の故障、寒気や騒音などの生活環境による運転停止措置に関わらず、避難室室内の空気質を改善できる。特に、空気清浄機は感染性エアロゾルの気中濃度を低減し、感染症の発生リスクを軽減するとともに、災害関連疾患の予防に寄与できる。したがって、避難所への空気清浄機の設置を強く推奨する。特に、将来の大規模災害に備える戦略として、避難場所として指定された公共施設に携帯型空気清浄機を事前に配置しておくことを提案する。本研究の結論は、地球規模で見て、空気清浄機が地震だけでなくあらゆる自然災害への備えに有効である可能性を示している。

## 謝辞

本研究に対し、石川県志賀町文化会館及び富来活性化センターより多大なるご支援とご協力を賜りましたこと、心より御礼申し上げます。さらに、避難所における環境調査にご協力いただき、貴重な情報と資料を提供いただいた吉村氏、加茂野氏をはじめとする町の職員の皆様に深く感謝いたします。

本研究への財政的支援を賜りました日本予防医学会に深く感謝申し上げます。また、本調査にご協力いただきました日本予防医学会能登ワーキンググループの各位に深く感謝いたします。

最後に、本研究で使用した空気清浄機を提供いただいた株式会社トゥーコネクト、吉川様、上田様に感謝いたします。

## 著者の貢献

橋本と武藤が初期研究計画を立案し、具体的な研究手順をドラフトした。これらは辻口、原、中村によって確認された。辻口は志賀町役場との現地調査調整を担当した。武藤、弘田、辻口、橋本が現地調査を実施した。橋本が原稿の初稿を作成した。全著者が原稿の最終版を審査し合意した。

## 利益相反

利益相反はない。

## 参考文献

1. Saito H, Muto T, Hanazato M, et al. Quantification and visualization of the “Three Cs” for preventing COVID-19 clusters in occupational indoor spaces: Development and validation of a ventilation simulator for estimating indoor CO<sub>2</sub> concentration. *Occupational Health Journal* 44(3); 35–41; 2021.
2. Ventilation simulator for COVID-19 countermeasures. Japan Society of Occupational Health, Occupational Hygiene & Ergonomics Section. [http://jsoh-ohe.umin.jp/covid\\_simulator/covid\\_simulator.html](http://jsoh-ohe.umin.jp/covid_simulator/covid_simulator.html) (accessed on 18th March, 2025).
3. Matsunaga T, Ito S, Kato H, et al. Study on Performance of Ventilation for Aerosol Infection Control: Part 1, Experiment with CO<sub>2</sub> and Aerosols in Classroom. *Proceedings of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan*, vol.7, 2022.9.14.
4. The Sphere Handbook 2018. Sphere Association. <https://www.spherestandards.org/handbook-2018/> (accessed on 18th March, 2025).
5. Status of evacuation shelter management during the Noto Peninsula earthquake. Japan Cabinet Office (Disaster Management) Verification Team for the 2024 Noto Peninsula Earthquake. [https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/pdf/kensho\\_team3\\_shiryo02.pdf](https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/pdf/kensho_team3_shiryo02.pdf) (accessed on 18th March, 2025).
6. Nozaki A. Actual removal performance of household air purifiers for pollutants: Examples of test evaluation based on air purifier test methods (Draft) such as IEC 63086-1. *Clean Technology* 11; 54–58; 2023.
7. Ward M, Siegel J, Corsi R. The effectiveness of standalone air purifiers for shelter-in-place. *Indoor Air* 152; 127–134; 2005. DOI: [10.1111/J.1600-0668.2004.00326.X](https://doi.org/10.1111/J.1600-0668.2004.00326.X).
8. Huang C, Bui T, Hwang D, et al. Assessing the effectiveness of portable HEPA air purifiers for reducing particulate matter exposure in King County, Washington homeless shelters during the COVID-19 pandemic: Implications for community congregate settings. *Science of The Total Environment* 891; 2023. DOI: [10.1101/2023.01.20.23284493](https://doi.org/10.1101/2023.01.20.23284493).
9. Liu D, Phillips K, Speth M, et al. Portable HEPA purifiers to eliminate airborne SARS-CoV-2: A systematic review. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery* 166; 615–622; 2021. DOI: [10.1177/01945998211022636](https://doi.org/10.1177/01945998211022636).

## 表

表 1. 避難所避難室の基本状況

避難室					換気装置（稼働時）		
室番号	面積 (m <sup>2</sup> )	容積 (m <sup>3</sup> )	在室者数 (人)	一人当たりの面積 (m <sup>2</sup> /人)	換気量 (m <sup>3</sup> /h)	換気回数 (/h)	1人あたり換気量 (m <sup>3</sup> /人)
1	111	289	28	4.0	290	1.0	10.4
2	74	199	14	5.3	900	4.5	64.3
3	60	165	14	4.3	690	4.2	49.3
4	106	277	24	4.4	680	2.5	28.3
5	63	170	10	6.3	1,030	6.1	103.0
6	46	125	10	4.6	950	7.6	95.0
7	90	269	22	4.1	1,560	5.8	70.9
8	129	543	30	4.3	1,740	3.2	58.0
9	92	268	18	5.1	870	3.2	48.3
10	159	429	30	5.3	1,630	3.8	54.3

室 1：換気装置が機能していないため、自然換気、1 時間あたり 1 回の換気回数と仮定。

表 2. 二酸化炭素濃度と評価レベル・許容可否<sup>2)</sup>

二酸化炭素濃度, $C_{CO_2}$ (ppm)	評価	
	レベル	許容可否
$C_{CO_2} \leq 1,000$	A	許容
$1,000 < C_{CO_2} \leq 1,500$	B	許容
$1,500 < C_{CO_2} \leq 2,500$	C	不許容
$2,500 < C_{CO_2} \leq 3,500$	D	不許容
$3,500 < C_{CO_2}$	E	不許容

表 3. 空気清浄機の空気清浄化効果の検証

条件	空気清 浄機台 数	粉じん計カウント値		換気量 (m³/h)
		時間帯		
		開始時、0-2 分	終了時、28-30 分	
AP 作動	2	1000	227	854
AP 停止	-	1000	606	321
AP、算出値	1	-	-	266

AP; 空気清浄機

粉じん計カウント値；正規化後の数値



表 4. 避難所避難室の空気質の推定

部屋	換気装置作動			換気装置停止			AP設置後			
台数	換気量 (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>CO2</sub> (ppm)	評価/ 許容可否	換気量 (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>CO2</sub> (ppm)	評価/ 許容可否	# of APs	換気量 (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>CO2</sub> (ppm)	評価/ 許容可否
1	290	2,130	C/ Ua	290	2,130	C/ Ua	3	1,100	860	A/ Ac
2	900	680	A/ Ac	200	1,660	C/ Ua	1	470	930	A/ Ac
3	690	760	A/ Ac	170	1,970	C/ Ua	1	440	970	A/ Ac
4	680	1,030	B/ Ac	60	7,580	E/ Ua	2	600	1120	B/ Ac
5	1,030	570	A/ Ac	170	1,460	B/ Ac	1	440	810	A/ Ac
6	950	590	A/ Ac	130	1,780	C/ Ua	1	400	850	A/ Ac
7	1,560	650	A/ Ac	270	1,860	C/ Ua	2	810	890	A/ Ac
8	1,740	710	A/ Ac	540	1,400	B/ Ac	3	1,350	800	A/ Ac
9	870	770	A/ Ac	270	1,600	C/ Ua	2	810	800	A/ Ac
10	1,630	730	A/ Ac	430	1,650	C/ Ua	3	1,240	830	A/ Ac

AP; 空気清浄機

C<sub>CO2</sub>; 二酸化炭素濃度

A、B、C、D、E; 評価クラス

Ac; 許容、Ua; 不許容 (表 1 を参照)。