

明 細 書

発明の名称：

睡眠時無意識体動情報活用システム及び方法並びに就寝状況検知システム
及び方法

技術分野

[0001] この発明は、最も広くは睡眠時無意識体動情報活用システム及び方法に関し、例えば、人間の睡眠時の無意識の体動情報により得られる新しい属性を持つデータを既存のいわゆる“ビッグデータ (Big Data)” 解析が対象としてきたデータと結合して、新たに広く深い属性を持つ空間を得、これに日進月歩のビッグデータ解析手法を適用することにより、人間の安否確認はもとより、病院、高齢者養護施設、一般家庭等における医療、養護及び介護の支援、新産業育成、更には今後増えてくる独居世帯、特に、独居高齢者世帯の見守りの社会的コストの低減等、およそ人間が健康かつ安寧に生活を営み、生を全うすることを、対極をなす個人と国家全体とが手を携えて、サステナブルに維持及び発展させ、真にトータルな人類社会的価値を増強するのに適用して好適なものである。この発明は、より具体的には、例えば、就寝状況検知システム及び方法に関し、例えば、病院、高齢者養護施設、一般家庭等において被験者が就寝する間の就寝状況を検知するのに適用して好適なものである。

背景技術

[0002] ビッグデータは、ボリューム (Volume：大量性)、バラエティ (Variety：多様性)、ベロシティ (Velocity：高速性) という、3つの「V」によって特徴づけられるとされる (例えば、非特許文献1参照。)。近年、大量のデータから情報を引き出すことに価値があることが広く認識されてきた。異業種間でデータを流通及び連携させて分析することで、新たな知識を獲得し、企業における新たなビジネスの創出、社会システムの効率化の実現が可能となってきたとされる。これらは人起源のデータであり、生成されるデータ

の総量は人口の規模で抑えられるオーダーのものであったが、今後は、M2M (Machine-to-Machine) サービスに代表されるように、センサーや計測器が大量に社会に導入され、それらから大量で多様なデータが時々刻々と生成されるようになる。このため、多様なデータ源の中から適切なデータ源を見極めることが必要となる（例えば、非特許文献1参照。）。

[0003] 人間がその一生の中で摂取する物質の重量比は、多い順に並べると、吸い込むもの（83%）、飲み物（8%）、食べ物（7%）の順になる。その吸い込むものの中で、最も大きな比重を占めるのが「自宅の空気」であり、実に、人間が一生涯で摂取するものの総重量の56%を占める計算になり、人生に大きな影響を与えている。この意味で、正に住まいは第2の胎内環境と言えるから、我々は「自宅の空気」にもっと関心を持つ必要がある（例えば、非特許文献2参照。）。人間の体内への異物の侵入を最前線で阻止するのは皮膚の角質や喉や腸の粘膜であり、ここできい止められなかった場合には、好中球やマクロファージが異物を食作用により排除するが、免疫の観点からも清浄な空気は重要である。

[0004] 一方、従来、病院の一般病棟の入院患者、高齢者養護施設（介護老人福祉施設）等の入居者或いは一般家庭の家族の就寝状況を検知し、健康状態を把握する方法としては、就寝中の入院患者、入居者等をビデオカメラで撮影したり、体温計、脈拍計、パルスオキシメーター等を取り付け、体温、脈拍、酸素飽和度等を測定したりする方法が知られている。また、シート状の2次元圧力センサーを用いて、ベッドから床に足を下ろしたときの情報や、寝具上での睡眠姿勢情報を得るシステムも開発されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-200111号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：平成25年度特許出願技術動向調査報告書（概要）ビッグデータ分析技術 平成26年2月 特許庁

非特許文献2：村上周三、「住まいと人体」、臨床環境医学（第9巻第2号）、第49頁～第62頁

非特許文献3：A.Ishibashi, H.Kaiju, Y.Yamagata and N.Kawaguchi : Electron. Lett.41,735(2005)

非特許文献4：H.Kaiju, N.Kawaguchi and A.Ishibashi : Rev. Sci. Instrum. 76, 085111(2005)

非特許文献5：日経新聞（2014年4月12日）1面「高齢世帯4割超に、一人暮らし1845万人」（2035年推計）、3面（今日の言葉）、5面「独居高齢者都市で急増。自治体、対策急ぐ」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、原理的に、従来の人起源のデータは、殆どが人が意識状態で意思決定したことによる事象にまつわるものとなり、大量に社会に導入されたセンサーや計測器からのデータは、非生物及びマシンの情報データとなる。これらは有用な情報であることに間違いはないが、データとしてこれ以外の属性を持つものが加わると、今後の政策や施策及び意思決定を行う上で、極めて適切なデータ源となる可能性が飛躍的に高まる。

[0008] I o T (Internet of Things) ビジネスには、多種多様なデバイスからの容易なデータ収集が必要である。グローバル規模での堅牢かつスケーラビリティのあるクラウド基盤が形成されつつある中、新たな属性（非接触、非侵襲、無意識状態情報）データが、既存データ空間と結合すれば、ビジネス上の肝となるポイント、機会の発見の可能性を最大化することができる。また、データ可視化及びマイニング等の既存I Tの効力が格段に向上する。さらに、I o T戦略の高度化が可能となる。

[0009] また、就寝中の入院患者、入居者等をビデオカメラで撮影したり、体温計、脈拍計、パルスオキシメーター等を取り付け、体温、脈拍、酸素飽和度等を測定したりする方法は、入院患者、入居者等に無用のストレスを与えるおそれがある。また、これらの方法は、一般家庭では容易に行うことができない。

い点で難点がある。

[0010] そこで、この発明が解決しようとする課題は、最も広くは、クラウド、ビッグデータ時代に求められているＩＴインフラの重要性を認識し、クラウド、ビッグデータが牽引する新たな時代において、データ属性に新たな要素を持ち込むことで、新たなイノベーションとビジネス価値をもたらし、高齢化医療及び介護費用増大対策、行政コスト増大対策、新産業創生政策に関する三位一体解決に向けた解決策となる睡眠時無意識体動情報活用システム及び方法を提供することである。

[0011] この発明が解決しようとする他の課題は、入院患者、入居者等の被験者にストレスを与えることなく被験者の就寝状況を検知することができ、その検知結果から被験者の健康状態を把握することができる就寝状況検知システム及び方法を提供することである。

[0012] 上記課題及びその他の課題は、添付図面を参照した以下の記述によって明らかとなるであろう。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するために、この発明は、

被験体が就寝する部屋又は閉空間と、

上記部屋又は閉空間の内部に設置された、上記被験体に対して非接触かつ非侵襲で上記被験体の睡眠時の無意識の体動情報を測定する測定装置とを有し、

上記被験体が就寝する間に上記測定装置により上記睡眠時の無意識の体動情報を測定することにより上記被験体の状態を調べる睡眠時無意識体動情報活用システムである。

[0014] この発明において、被験体には、人間だけでなく、人間以外の動物も含まれる。測定装置は、好適には、部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子を計測するダストカウンターを含む。そして、部屋又は閉空間の内部を部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で被験体が就寝する間にこのダストカウンターにより部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定する

ことにより睡眠時の無意識の体動情報を測定する。こうして測定される睡眠時の無意識の体動情報により被験体の状態を調べることができる。

[0015] この発明による睡眠時無意識体動情報活用システムは、最も広く捉えらると、被験体の生命活動における情報を引き出すシステムであると言えることができる。この睡眠時無意識体動情報活用システムは、被験体に対して非侵襲かつ非接触であり、生命体の、少なくとも無意識的行為を一部に含む動作の結果として現われる変化を検出し、検出感度を上げるのではなく、バックグラウンドを下げることにより上記変化を検出可能とする。上記バックグラウンドは、被験体に害をなすものである。従って、被験体に害をなすバックグラウンドを下げつつ、同時に有用情報を検知するから、一石二鳥である。特に、当該被験体の居する環境を提供し、この睡眠時無意識体動情報活用システムなしにはバックグラウンドノイズに埋もれ、利用不可能である、上記被験体を囲む環境から当該被験体と環境の相互作用により現出する情報を抽出し、これを演算し、当該被験体の健康情報、アクティビティ情報等を引き出すことができる。上記被験体が人間であることは、医学的応用を考えると主なターゲットとなる。

[0016] 典型的には、バックグラウンドノイズが空气中塵埃、即ち、ダスト微粒子であり、情報抽出装置である測定装置が被験体に対して非接触性かつ非侵襲であり、被験体を囲む環境から当該被験体と環境との相互作用により現出する情報が就寝時、即ち睡眠時の無意識の体動情報である。また、実行演算が1次元の時系列データの取得及びその相関分析である。睡眠時の無意識の体動情報の取得は、好適には、清浄環境下で行われる。

[0017] また、上記抽出データが、人間に対するデータ履歴となり、当該データが当該人間の健康時データとして、医療機関に関わる前の情報分析を行い、以って、健康時QOL (Quality of Life)の延伸を行うことが可能となる。さらに、上記抽出データが、家族構成人員間で共有され、遠隔地安否確認並びに、家族の共通疾患認識、治療を行うことも期待される。さらに、上記抽出データが、各種サイズの自治体、県、国の構成家族構成人員を対象とし、独

居高齢者、独居市民の安否確認並びに、体調不良時の検出、並びにその際の緊急出動、急行、医療機関への連絡を行うことが将来的には実現する。重篤な疾患、重大な事態への移行を水際で抑え込むということでトータルなコストの低減につながる。

[0018] この睡眠時無意識体動情報活用システムにより得られる「被験体の無意識状態における非襲侵及び非接触測定データ」というこれまでにない新たな属性を持つデータを既存ビッグデータ解析が対象とするデータ空間と結合する（直積を取る）ことにより深く広いデータ空間を得ることができ、このデータ空間を対象としてビッグデータ解析を行うことにより極めて有用な情報を取得することができる。

[0019] また、この発明は、

被験体が就寝する部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験体が就寝する間に上記被験者に対して非接触かつ非侵襲で上記被験体の睡眠時の無意識の体動情報を測定することにより上記被験体の状態を調べる睡眠時無意識体動情報活用方法である。

[0020] この睡眠時無意識体動情報活用方法の発明においては、その性質に反しない限り、上記の睡眠時無意識体動情報活用システムの発明に関連して説明したことが成立する。

[0021] この発明による睡眠時無意識体動情報活用システムの典型的な一つの具体例は、次に説明する就寝状況検知システムである。以下の説明は、その性質に反しない限り、上記の睡眠時無意識体動情報活用システムの発明にも成立する。

[0022] 即ち、この発明は、

被験者が就寝する部屋又は閉空間と、

上記部屋又は閉空間の内部に設置された、上記被験者に対して非接触かつ非侵襲で上記被験者の環境情報及び／又は生体情報を測定する測定装置とを有し、

上記被験者が就寝する間に上記測定装置により上記環境情報及び／又は生

体情報を測定することにより上記被験者の就寝状況を検知する就寝状況検知システムである。

[0023] ここで、環境情報は、例えば、部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子密度、温度、湿度、風速（空気の流れの速さ及び向き）、気圧、臭い（臭いの元となる化学物質の種類及び濃度）、音の種類及び強さ、明るさ（照度）等であり、生体情報は、例えば、体動、心拍、脈拍、呼吸、体温及びその分布等である。環境情報及び／又は生体情報は、典型的には、少なくとも分オーダーの時間分解能にて測定するが、これに限定されるものではない。

[0024] この就寝状況検知システムにおいては、典型的には、測定装置は、部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子を計測するダストカウンターである。そして、部屋又は閉空間の内部を部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で被験者が就寝する間にダストカウンターにより部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより被験者の就寝状況を検知する。

[0025] この就寝状況検知システムにおいては、例えば、被験者が睡眠時に無意識に体動を生じるとき、例えば寝返りを打つときに上記部屋又は閉空間の内部に放出されるダスト微粒子数密度よりも、上記被験者の安静時の上記部屋又は閉空間の到達清浄度に対応するダスト微粒子数密度が小さくなるように上記部屋又は閉空間の内部の清浄度が設定される。好適には、部屋又は閉空間の内部をUS 209D クラス100以上の清浄度に維持する。また、好適には、部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数というパラメーターに対し、このパラメーターの時間変化特性解析を行うことにより被験者の就寝状況を検知する。時間変化特性解析としては、例えば、自己相関関数分析や高速フーリエ変換（FFT）に基づく解析等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。例えば、機械学習、ビッグデータ（Big Data）時代のモデリング、データマイニング及びソフトウェア等が挙げられる。時間変化特性解析として自己相関関数分析を用いる場合、この就寝状況検知システムは、例えば、ダストカウンターにより計測されたダスト微粒子数の時間変化の測定結果から自己相関関数を計算して相関量を求める演算装置をさらに有する

。部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化は、典型的には、少なくとも分オーダーの時間分解能にて測定するが、これに限定されるものではない。例えば、ダスト微粒子数の時間変化は、粒子数計測のタイミングによるので、秒オーダーの時間分解能にて測定することも可能である。

[0026] 部屋又は閉空間の壁、より厳密には、閉空間の外と内とを隔て、当該空間が閉空間たるを規定する仕切りの少なくとも一部が、ダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜よりなり、好適には、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有する壁である。好適には、上記壁は、上記膜を介して部屋又は閉空間内部と接しており、上記部屋又は閉空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記膜の厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋又は閉空間内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0$, 18)とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定される。

[0027] 例えば、上記閉空間は、

上記閉空間を構成する壁、より厳密には、閉空間の外と内とを隔て、当該空間が閉空間たるを規定する仕切りの少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜よりなり、全体としてテント状或いは蚊帳状の構造をなすものであり、

上記閉空間内部は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記閉空間内部には、当該閉空間内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記閉空間内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられ、上記膜が、上記閉空間の体積を V 、上記膜

の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケーリングさせた面積を持ち、上記閉空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記閉空間内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定される。

[0028] 例えば、上記閉空間は、

上記閉空間を構成する壁、より厳密には、閉空間の外と内とを隔て、当該空間が閉空間たるを規定する仕切りの少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜よりなり、当該膜がカーテンレール等に装着されて可動性並びに当該閉空間の開閉可能性を備えさせると共に、

閉鎖時には、気密性を持った閉空間を形成するものであり、上記閉空間内部は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記閉空間内部には、当該閉空間内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記閉空間内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられ、上記膜が、上記閉空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケーリングさせた面積を持ち、上記閉空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記閉空間内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定される。

[0029] 例えば、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられている高清浄部屋システム
の一つの部屋である。

[0030] また、例えば、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄

化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられている高浄部屋システムの一つの部屋である。

[0031] 例えば、上記の壁の内部空間に気体流路が設けられ、壁の少なくとも一部には吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられる。

[0032] 好適には、上記居住空間の体積を V 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L とした時、上記部屋は、上記体積 V と上記膜の面積 A とを、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケールングさせて設計が行われる。

[0033] 好適には、上記居住空間の体積を V 、上記居住空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L 、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$)とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数15]

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定される。

[0034] 好適には、上記壁によって隔てられた上記居住空間内と上記壁の上記内部空間内とにおいて流れる空気の流れの方向が一致している。また、出入り口が引き戸である。一つの例では、部屋は、上記居住空間に上記出入り口に対向するように間仕切りが設けられることで形成された、出入り可能な閉空間である前室を有し、上記間仕切りには、出入り口が設けられ、上記居住空間と上記前室との間を行き来することができ、上記前室は、上記前室の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記前室の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第2のファン・フィルターユニットが設けられ、上記前室の側壁下部には、上記第2のファン・フィル

ターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吹き出し口から上記前室の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する第2の気体流路を通過して、上記第2のファン・フィルターユニットへ還流するように構成され、上記出入り口と上記間仕切りに設けられた出入り口とによって、上記居住空間と上記部屋の外部との間を出入り可能となっている。

[0035] 例えば、上記の間仕切りに設けられた出入り口は引き戸である。また、間仕切りに設けられた出入り口は上記の膜を備えた引き戸である。

[0036] 例えば、上記の居住空間の内気を排気する、ガス交換機能を有する局所排気装置を上記の部屋内に有し、上記内気と、外気とが、局所排気装置の内部で、少なくとも一枚の上記の膜を介して接することで、上記の内気を構成する分子の濃度と上記の外気を構成する分子の濃度とが、上記の膜を介した分子の濃度拡散を通じて平衡状態に近づき、その後、当該内気が、上記の居住空間へ還流するように構成される。

[0037] 好適には、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し

口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通過して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するように構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられている建築物
の一つの部屋である。

[0038] 好適には、

上記部屋は、上記居住空間に上記出入り口に対向するように間仕切りが設けられることで形成された、出入り可能な閉空間である前室を有し、

上記間仕切りには、出入り口が設けられ、上記居住空間と上記前室との間を行き来することができ、

上記前室は、上記前室の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記前室の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第2のファン・フィルターユニットが設けられ、

上記前室の側壁下部には、上記第2のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吹き出し口から上記前室の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する第2の気体流路を通過して、上記第2のファン・フィルターユニットへ還流するように構成され、

上記出入り口と上記間仕切りに設けられた出入り口とによって、上記居住空間と上記部屋の外部との間を出入り可能となっている。

[0039] 例えば、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダ

スト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられている高清浄部屋システムの一つの部屋である。

[0040] 例えば、上記開口と、上記吹き出し口とが、上記部屋内部に設置された空気濾過器或いは空気清浄機と接続される。

[0041] 例えば、就寝状況検知システムは、上記の部屋を複数含み、上記の複数の部屋のそれぞれに設けられた上記開口と、上記吹き出し口とが、上記部屋外部に設置された集中空気濾過器或いは集中空気清浄機と連通している。

[0042] 例えば、上記部屋の壁は、

閉空間である居住空間を内部に有する部屋用の、外気を導入できる内部空間を有する壁であって、

上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、

上記壁の上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記膜が、上記居住空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケールリングさせて設定された面積 A を持ち、

上記壁は、上記膜を介して部屋内部と接しており、上記部屋内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記膜の厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定されている壁である。

[0043] 例えば、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するように構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられ、

上記膜が、上記居住空間の体積をV、上記膜の面積をA、厚みをL、上記膜中の酸素の拡散定数をDとした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケールリングさせて設定された面積Aを持ち、

上記居住空間の体積をV、上記居住空間内部の酸素消費レートをB、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数をD、上記膜の厚みをL、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$)とした時、上記膜の面積Aが、少なくとも、

[数15]

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定されている高清浄部屋システム
の一つの部屋である。

[0044] 例えば、上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられ、

上記膜が、上記居住空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケールリングさせて設定された面積 A を持ち、

上記居住空間の体積を V 、上記居住空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L 、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

[数15]

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定されている高清浄部屋システム
の一つの部屋である。

[0045] 例えば、就寝状況検知システムは、上記部屋を複数含み、上記複数の部屋のそれぞれに設けられた上記開口と上記吹き出し口が、上記部屋外部に設置

された集中空気濾過器或いは集中空気清浄機と連通している。

[0046] 例えば、上記部屋は、

ダスト微粒子を通さず、気体分子は通すガス交換膜が側面及び天井面の一角又は全てを占めるテントであって、

部屋内部と接するように設けられ、

上記部屋内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記ガス交換膜の厚みを L 、上記ガス交換膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記ガス交換膜の面積 A が、少なくとも、

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定されているテントである。

[0047] また、この発明は、

被験者が就寝する部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験者が就寝する間にダストカウンターにより上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより上記被験者の就寝状況を検知する就寝状況検知方法である。

[0048] この就寝状況検知方法の発明においては、その性質に反しない限り、上記の就寝状況検知システム及び睡眠時無意識体動情報活用システムの各発明に関連して説明したことが成立する。

[0049] 上記の就寝状況検知システム或いは就寝状況検知方法においては、被験者が就寝する部屋又は閉空間は、本発明者が初めて実現した新規の新しい機能性の壁及びこの壁に基づいて快適及び安寧に居住及び活動できる高清浄部屋システム或いは建築物により提供することができる。上記と重複する部分もあるが、これらの壁及び高清浄部屋システム或いは建築物について説明する。

[0050] 即ち、この壁は、

外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、
上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、
上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有することを特徴とする。

[0051] また、この高清浄部屋システムは、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通過して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられていることを特徴とする。

[0052] また、この建築物は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられていることを特徴とする。

[0053] また、この高浄化部屋システムは、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられていることを特徴とする。

[0054] また、この高浄化部屋システムの製造方法は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その

内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記居住空間の体積を V 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L とした時、上記体積 V と上記膜の面積 A とを、 $\{(V/A) / (D/L)\}$ でスケーリングさせて部屋の設計を行い製造することを特徴とする。

[0055] 部屋とは、閉空間を構成する包囲体によって構成されるものであり、具体的には、例えば、建築物の一室等が挙げられる。建築物としては、例えば、戸建住宅、アパート、マンション、ビルディング、病院、映画館、養護施設、学校、保育園、幼稚園、体育館、工場、塗装ルーム、漆塗り部屋等、人間活動を支えるあらゆる室が挙げられる。また、部屋は、例えば、内部空間を有する移動体内部の部屋等にも適用でき、かかる移動体としては、例えば、自動車、なかなずく救急車、飛行機、旅客列車、旅客バス、ヨット船室、客船等が挙げられる。

[0056] 部屋の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無いというのは、例えば、高浄度部屋システム稼動中に、当該部屋に関する気流がイン、アウトともに厳密にゼロであることを意味するが、このことに限定されるものではなく、例えば、高浄度部屋の100%循環フィードバックされる空気流量よりはるかに少ない流量の浄空気流を出し入れすることを含む。即ち、当該高浄度部屋が当該高浄度部屋システム稼動により到達する浄度に比べてより一層高い浄度の空気を例えば高性能フィルター等により準備し

て当該高清浄部屋へ、建築基準法その他により要求される最低限のフレッシュエアとして供給することを含む。このとき、当該100%循環系による清浄化システムで到達する清浄度が、外界から導入される気体により、清浄度に関して、無視しうる程の僅少なポジティブな寄与はあっても、ネガティブな方向には影響されないことに留意されたい。即ち、外界からの当該清浄空気は、室内清浄度をほぼ向上させることはないものの、少なくとも悪化させないバイスタンダー (bystander) としてしか室内系には寄与しない。また、特にこの際の、外部から当該室内への、より清浄な空気の導入に伴って、同量の室内空気を室外に排出する際に、高清浄ファン・フィルターユニットを介在させた上で、排出することを含む。また、この際、室内への空気の導入用のファン・フィルターユニットと室外への空気の排出用のファン・フィルターユニットとを互いに同一のものとすることが、対称性を高め、逆流防止、翻って、室内清浄度安定化の上で望ましい。さらに、部屋の内部と外部との間において正味の空気の流れが無いというのは、例えば、部屋の内外が等圧であることを含む。さらに、この等圧性は、上記外気導入時であっても、上述の室内への空気導入及び室外への空気排出に関する対称的なファン・フィルターユニット配置により、100%循環フィードバックと同じ機序で担保されることに注意されたい。

[0057] 出入り口とは、人間等が出入り可能な構成を有していれば基本的には限定されないが、開閉することにより居住空間と外部とを気密性高く遮断可能な構成を有することが好ましい。また、出入り口を出入りするのは、人間に限定されるものではなく、例えば、小動物等であってもよい。出入口としては、例えば、扉、戸等が挙げられ、具体的には、例えば、開き戸、引き戸、引き込み戸、グライドスライド出入り口、折戸、スライドシャッター、巻取り式のシャッター等が挙げられる。また、出入り口は、例えば、自動であっても手動であってもよい。また、当該閉空間が、その一部又は全体がガス交換膜よりなるテント状或いは蚊帳状の構造をなす場合には、古来の蚊帳への出入りと同じく、当該膜の裾を手繰り寄せ上げて、出入りするものである。ま

た、また当該閉空間が、カーテンレール等に装着されて可動性を持った、ガス交換膜をその一部又は全部に持つ２次元構造体（外套幕）により、気密性をもって形成される場合は、当該カーテンレールに沿って、当該外套幕を開閉して出入りがなされる。

[0058] 壁とは、部屋を構成する閉空間を区切る壁、板等であれば基本的には限定されないが、例えば、天井壁、側壁、床壁、間仕切り等が挙げられる。また、壁の構成は基本的には限定されないが、例えば、同一材料による単層構造及び多層構造、異種材料による多層構造等が挙げられる。また、例えば、内部に筋かいを入れたり、コの字状断面、Hの字状断面又はCの字状断面をもつ金属材を内部に入れたりすることで強度を強めた壁も用いられる。また、壁を構成する材料は、壁を構成した際に、ある程度の剛性を有するものが好ましく、例えば、コンクリート、金属、レンガ、木材、パルプ材、樹脂、石膏、ガラス、複合材料等が挙げられるが、これらのものに限定されるものではなく、壁は、例えば、空気封入をもって躯体を支え得るビニールシート及びチューブ複合体等であってもよい。

[0059] 間仕切りとは、部屋の内部を仕切るようにして設けられるものであれば基本的には限定されるものではないが、例えば、天井板や間仕切り壁等が挙げられる。

[0060] 居住空間とは、外界から隔絶された空間であれば基本的には限定されないが、例えば、生物が居住可能な大きさを有する空間であることが好ましい。また、人間が居住可能な大きさを有することがより好ましい。生物は、例えば、動物、植物等が挙げられ、具体的には、人間、小型動物である犬、猫、小型植物である観葉植物等、有用菌類、食用菌類（きのこ類）、更には、培養細胞或いは組織、特に、i P S細胞、i P S細胞ベースの培養組織、クローン生物等も含む。居住空間を、例えば、小型動物が生息するペット用の部屋とするのであれば、この小型動物が生息するに十分な容積を有すればよい。この場合においては、ペット等の小型動物を住まわせても臭いが無くかつ菌等も浮遊しない、つまり、人間の居住する部屋に内在させても全く害を及

ばさない小部屋として用いることも出来る。居住空間内の酸素濃度は、人間が居住できるよう法律で定められた値を必ず上回るのは勿論、望ましくは18%以上を、より好ましくは、19%以上を常に維持するように、部屋側壁の一部を成すガス交換膜の能力を設定する。また、居住空間内は、独立した部屋である主室と前室とを有して構成することができる。前室とは、主室に入る前に入る部屋である。この前室は、例えば、居住空間に出入り口に対向するように間仕切りが設けられることで形成された、出入り可能な閉空間である。また、この間仕切りには、出入り口が設けられ、主室である居住空間と前室との間を行き来することができる。また、前室は、前室の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、前室の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第2のファン・フィルターユニットが設けられる。また、前室の側壁下部には、第2のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、第2のファン・フィルターユニットの吹き出し口から前室の内部に流出する気体の全部が、開口を通過し、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する第2の気体流路を通して、上記第2のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成される。このように構成されることで、出入り口と上記間仕切りに設けられた出入り口とによって、居住空間と上記部屋の外部との間を出入り可能となる。間仕切りに設けられた出入り口は、基本的には限定されるものではなく、上記出入り口と同様に構成することができるが、引き戸であることが好ましく、また、少なくとも一部がダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜で構成されることが好ましい。

[0061] 内部空間とは、壁の内部に形成される空間であれば、基本的には限定されないが、例えば、中空構造を有する単一の壁面（パネル）、部屋の外壁と部屋内部に設けられた内壁とで挟まれることで形成される閉空間等が挙げられる。内部空間は、パネル等の隔壁を部屋内部に追加して設置することで形成してもよいし、既存の部屋に既に設けられている壁を利用して内部空間を形成してもよい。内部空間を構成する壁としては、具体的には、例えば、中空

壁が挙げられる。この中空壁は、壁の少なくとも一部に中空部を有していれば基本的には限定されないが、例えば、壁の内部の少なくとも一部に、壁の上端から下端へ、気体を移動させることができる中空部を有することが好ましく、また、例えば、壁の上端から下端へ、気体を移動させることができるダクト又はそれと同等の機能を有する構造を担持しうる中空部を備えることが好ましい。また、例えば、壁の一方の側部から対向する側部へと通じる貫通部を有する中空壁であることが好ましい。この貫通部は、壁の側面の少なくとも一部に設けられれば基本的には限定されないが、中空壁が、例えば、直方体の形状を有する場合には、壁の対向する一对の側面の全体に貫通部が設けられることが好ましい。中空壁は、具体的には、例えば、筒型形状を有するものが挙げられ、断面が矩形であるものが好ましい。また、側壁のうち中空壁以外の壁には、筋交いの入った壁や、コの字状断面をもつ金属材を備えた柱を内包する壁を配するのが好ましい。また、中空壁は、例えば、単一の材料で構成されていてもよいし、複数の材料で構成されていてもよい。中空壁が複数の材料で構成される場合には、例えば、外壁と内壁とを一定間隔をおいて対向して設け、外壁と内壁とで形成される空間を中空部とすることが好ましい。この既に設けられている壁を利用することによって、既存の部屋を、居住空間を狭くすることなく高潔浄部屋システムとすることができる。この特性は、救急車、長距離列車個室、長距離バス個室、カプセルホテル等に適用して好適なものである。

[0062] ファン・フィルターユニットとは、送風動力を有する塵埃フィルターであって、塵埃フィルターが、ろ材を用いた塵埃フィルター自体を意味するところ、特にこの塵埃フィルターが送風動力を伴っていることを規定するものであり、具体的には、塵埃フィルターの外部に、この塵埃フィルターと一体的に、或いは、この塵埃フィルターが置かれた気体流路の途中にこの塵埃フィルターから離れて送風ファンが設けられ、この送風ファンによる送風動力を有することを意味するものである。

[0063] 以下、必要に応じて、塵埃フィルターから流出する気体を塵埃フィルター

の吸入口に導くための気密性の気体流路をフィードバック気体流路と称する。このフィードバック気体流路内を流れる気体は、基本的に、ダスト微粒子を100%は通さない膜を貫くようなマクロなマスフローを生じないため、部屋の外部から部屋の内部へのダスト微粒子の侵入が防止され、部屋の内部の清浄度は悪化することがない。

[0064] ダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜は、この膜によって隔てる空間の間においてダスト微粒子を通さず気体分子を通すことができる壁であれば基本的には限定されないが、例えば、ダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜の隔てる空間の圧力差が0であっても、膜の両側の空気を構成する気体成分の分圧に差があるときには、この膜を介して気体分子が交換され得るものであることが好ましい。このことから、ダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜は、例えば、ダスト微粒子を通さず気体分子は通す隔壁とすることもできる。ここで、「ダスト微粒子は通さず」とは、ダスト微粒子を完全に(100%)通さない場合のほか、ダスト微粒子を厳密に100%は通さない場合も含む(以下同様)。より詳細には、ダスト微粒子の阻止率(透過率)は100%(0%)ならずとも、粒径10 μ m以上の粒子に対しては、少なくとも90%以上(10%以下)、望ましくは99%(1%)以下である。ダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜としては、具体的には、例えば、ガス交換膜や、ガス交換膜を織り込むことで得られる2次元構造を持つ面状構造体等が挙げられ、ガス交換膜としては、例えば、防塵フィルター素材、障子紙、不織布、障子紙様のガス交換機能を有する膜、或は、かかる膜を谷折山折した蛇腹状構造体であることが好ましい。ガス交換膜を構成する素材は、例えば、多くの網状構造からなるものが好ましく、さらに、多くの貫通する孔、くぼみ、閉じた空間等が並存しているものが好ましい。このガス交換膜で仕切られた両側の空間を占める気体にその構成分子の濃度に差があれば、両側の濃度が均等になるよう濃度拡散が生じる。ガス交換膜を構成する素材としては、具体的には、例えば、ポリエステル又はアクリル系等の合成繊維や、パルプ、レーヨン等のセルロース系繊維が用いられうる。ガス交換膜は上

記の作用を以って、気体がマスとして動くことが無くとも、部屋内気体の構成分子濃度を、当該膜を介して外界気体のそれとほぼ同一の値に収束させることができる。これらの通気性素材は、圧力差 196 Pa において、通気度（浸透性） $1 \sim 100 \left[\text{l} / (\text{m}^2 \cdot \text{s}) \right]$ 、典型的には $30 \sim 70 \left[\text{l} / (\text{m}^2 \cdot \text{s}) \right]$ をもつ。その詳細は後段において説明する。また、2次元状構造体は、全体としては2次元的な広がり具备了構造体であれば、基本的には限定されるものではなく、具体的には、例えば、微視的には表面積拡張構造を持ち全体としては平面状の構造、九十九折り等の表面積拡大構造を繰り返し入れ子状に持つ構造等が挙げられる。

[0065] 高清浄部屋システムは、少なくとも一つの密閉可能な閉空間を有していれば基本的には限定されないが、当該空間を利用し生息する生命体或いは生命組織が活動或いは増殖するのに十分な大きさを有するよう設定する。例えば、小型動物が居住できる程度の容積を有することが好ましく、また、例えば、人間が居住できる程度の容積を有することがより好ましい。iPS細胞等に基づく細胞培養、組織形成、クローン体育成には、コンパクトな空間たることも可能であり、許容される。また、例えば、恒常的に高清浄度を保つには、少なくとも2つの密閉可能な閉空間を有することが好ましく、例えば、前室と主室の2室で構成される。前室は、例えば、外部から人間等が直接出入りする部屋である。主室は、例えば、前室に接して設けられており、前室のみから人間等の出入りが可能な部屋である。前室及び主室は、いずれも部屋を以って密閉可能な閉空間として構成されている。前室及び主室には、ファン・フィルターユニットとフィードバック気体流路とが設けられており、これらが独立してそれぞれの閉空間に設けられていることが好ましい。

[0066] この高清浄部屋システムにおいて、部屋内部のダスト微粒子密度を $n(t)$ 、単位面積及び単位時間当たりのダスト微粒子の脱離レートを σ 、HEPAフィルターのダスト捕集効率を γ とすると、閉空間内の流れが均一ではなく場所依存性がある場合には、ダスト微粒子密度 $n(t)$ は場所の関数となり、同じく単位面積及び単位時間当たりのダスト微粒子脱離レート σ も最も

一般的に場所の関数と考えられる。この時注目している閉空間Vの内部で、塵が発生したり、消滅したりすることはなく、閉空間V内の位置ベクトル $\bar{x}_0$ における時刻tのダスト微粒子密度 $n(\bar{x}_0, t)$ は、閉空間内側、即ち部屋内壁面からの影響が伝播することで、その変化が決まり、

[数1]

$$\begin{aligned} \frac{dn(\bar{x}, t)}{dt} = & \int_V G(\bar{x}, \bar{x}', t) \sigma(\bar{x}') \delta(\bar{x} - \bar{x}') d^3 \bar{x}' \\ & + \int_V G(\bar{x}, \bar{x}', t) [-n(\bar{x}', t)] f_{in} \delta(\bar{x} - \bar{x}'_{inlet}) d^3 \bar{x}' \\ & + \int_V G(\bar{x}, \bar{x}', t) [(1-\gamma)n(\bar{x}', t)] f_{out} \delta(\bar{x} - \bar{x}'_{outlet}) d^3 \bar{x}' \end{aligned} \quad (1)$$

なる微分方程式を満たす。

[0067] ここで、ベクトル $\bar{x}'_s$ は、閉空間の内表面に対応する位置ベクトルである。おなじく、ファン・フィルターユニットに対する吸入口にあたる部分に対応する位置ベクトルを $\bar{x}'_{inlet}$ 、吹き出し口にあたる部分に対応する位置ベクトルを $\bar{x}'_{outlet}$ とする。 $G(\bar{x}, \bar{x}', t)$ は、位置 $\bar{x}'$ における塵の発生或いは消失が、主に気体の流れによる伝播と、拡散による伝播により、位置 $\bar{x}$ へ影響を及ぼすことを表す伝播関数である。 f_{in} は、ファン・フィルターユニットの吸入口における風速を、 f_{out} は、ファン・フィルターユニットの吹き出し口における風速を表す。

[0068] ここで、クリーン空間、即ち部屋内部の閉空間の体積をV、その閉空間の内面積をS、高浄環境システムの設置環境（即ち外気）のダスト密度を N_0 、風量をFとし、ファン・フィルターユニットにより引き起こされるところの、閉空間V内の空気の流れが至るところ均一で場所依存性が無い場合は、数式(1)の各項は、

[数2]

$$\begin{aligned} G \rightarrow \frac{1}{V}, \quad \int_V \sigma(\bar{x}') \delta(\bar{x} - \bar{x}') d^3 \bar{x}' \rightarrow \sigma S, \quad \int_V [-n(\bar{x}', t)] f_{in} \delta(\bar{x} - \bar{x}'_{inlet}) d^3 \bar{x}' \rightarrow -nF, \\ \int_V [(1-\gamma)n(\bar{x}', t)] f_{out} \delta(\bar{x} - \bar{x}'_{outlet}) d^3 \bar{x}' \rightarrow (1-\gamma)nF \end{aligned} \quad (2)$$

にそれぞれ収束し、数式 (1) は

[数3]

$$V \frac{dn(t)}{dt} = S\sigma - n(t)F + n(t)F(1-\gamma) = S\sigma - \gamma F n(t) \quad (3)$$

という時間のみ関数となる。このとき、この式の解は、

[数4]

$$n(t) = \frac{S\sigma}{\gamma F} + \left(N_0 - \frac{S\sigma}{\gamma F} \right) \exp\left(-\frac{\gamma F}{V} t\right) \quad (4)$$

である。従って、十分時間が経った時 ($t > 10V / \gamma F$) には、密閉循環系では、その設置環境によらず、

[数5]

$$n = \frac{S\sigma}{\gamma F} \quad (5)$$

なる究極の清浄度が得られることが、非特許文献3、4において発明者により示されている。

[0069] 他方、従来型クリーンルームの場合では、循環する風量 F_1 の部分はその都度一回濾過され、外からのフレッシュエアとして導入される風量 F_2 は2重に濾過されて内部に導入されるので（簡単の為、捕集効率は同一とし、ここでも、空間 V 内の空気の流れが至るところ均一で場所依存性が無いとして）、

[数6]

$$\begin{aligned} V \frac{dn(t)}{dt} &= S\sigma - n(t)(F_1 + F_2) + (1-\gamma)nF_1 \\ &\quad + N_0 F_2 (1-\gamma)^2 = S\sigma - n(t)(\gamma F_1 + F_2) + N_0 F_2 (1-\gamma)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

が、内部のダスト数密度の時間変化を記述する式となる。

この式の解は、

[数7]

$$n(t) = \left\{ \frac{S\sigma}{\gamma F_1 + F_2} + \frac{N_0 F_2}{\gamma F_1 + F_2} (1 - \gamma^2) \right\} + [N_0 - \left\{ \frac{S\sigma}{\gamma F_1 + F_2} + \frac{N_0 F_2}{\gamma F_1 + F_2} (1 - \gamma^2) \right\}] \exp\left(-\frac{\gamma F_1 + F_2}{V} t\right) \quad (7)$$

である。十分時間が経ったときのダスト密度 n は、注目しているチェンバーからの流出風量を F ($= F_1 + F_2$) と記すと、 $\gamma \sim 1$ であるので、良い近似で、

[数8]

$$n = \frac{S\sigma}{F} + N_0(1 - \gamma)^2 \frac{F_2}{F} \quad (8)$$

と表わすことができる。

[0070] 数式(5)と数式(8)との比較から分かるように、この高清浄部屋システムにおいては、清浄度を支配するパラメータが従来のクリーンユニットとはまったく異なる。従来のクリーンユニットの性能で重要となってくる要素は、上の数式(8)からフィルターの粒子捕集効率 γ であり、これが1に限りなく近い方がよい。これは、例えば、一般的なクリーンユニットにおいて中性能フィルターよりHEPAフィルター、HEPAフィルターよりULPAフィルターが求められることから明らかである。

[0071] このように、在来システムではフィルターの除去能力がクリーンユニットの性能にダイレクトに効いてくるために、ULPAフィルター、HEPAフィルター等の高価な高性能フィルターが使われる。このフィルターの片側は常に外気に接しているために、フィルターは目詰まりを起こす。また、フィルターが高性能であればあるほど高いダスト環境下においては目詰まりが発生しやすく、給気効率が著しく低下するので、一般的には2～3年程度で取り替えられている。この目詰まりを回避する目的で、フィルターの前段にプレフィルターを設けることがあるが、フィルターの数が増大する。フィルターの数の増大はコスト面、メンテナンス面等において負担となるばかりでな

く、吸気側の圧力損失も増大することで、電力消費が増大する等の新たな問題も生じることとなる。

[0072] 一方で、この高清浄部屋システムにおいては、フィルターの粒子捕集効率はそれほど支配的ではなく、むしろ、この高清浄部屋システムの内部におけるゴミ及び塵の湧き出しの方が重要になってくる。この高清浄部屋システム内の到達清浄度は、部屋の内部環境にのみ支配され、数式（５）に外気のダスト密度 N_0 が現れないことから判る通り、この高清浄部屋システムの設置環境には全く影響されないという極めて好ましい特性を有する。これは従来のクリーンルームやスーパークリーンルームとは大きく異なる利点である。即ち、この高清浄部屋システムは、建設コストの高い従来型スーパークリーンルームと異なり、製造ラインでも研究室でも、はたまた一般居住空間においても、雨風をしのげる環境であれば、場所を選ばず適用が可能となる。また、数式（５）から分かるように、ダスト捕集効率 γ が 1 近くなくても清浄度の劣化がほとんどない点が大きな特長である。従って、廉価なフィルターや光触媒機能付きフィルターを使用しても良好な清浄度を達成することができ、高性能を実現することが出来る。

[0073] 図 19 は、中性能のフィルター（ $\gamma = 0.95$ ）を塵埃フィルターとして、この高清浄部屋システム内のダスト粒子数の変化を示した略線図である。図 19 に示すように、運転開始から 5 分で部屋内（居住空間）のダスト粒子数は急激に減少して 100 を下回り、運転開始から 40 分程度で部屋内（居住空間）のダスト粒子数は 10 を下回る。このように、この高清浄部屋システムに使用される塵埃フィルターは、HEPA や ULPA に代表される 3 ナイン、5 ナインフィルター等のダスト捕集効率 γ が 1 に限りなく近いものでなくても清浄度の劣化がほとんどないことが示された。

[0074] 今、居住空間の内部において酸素消費レート B で人等が活動する場合を考える。今、簡単のため、居住空間及び、内部空間での空気は十分早くかき回され、双方の内部で空気を構成するガス分子は十分早く均一化すると居住空間及び内部空間内部では空間座標依存性を無視することができる。このとき

、部屋の内部の時刻 t における酸素の体積 $V_{O_2}(t)$ 、外界と平衡状態にあり部屋内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、アボガドロ数を N_0 、系の置かれた圧力（～1 気圧）における 1 モルあたりの気体体積を C 、隔壁の面積を A 、隔壁を通して包囲体の内部に入ってくる酸素のフラックスを j とすると

[数9]

$$V_{O_2}(t + \delta t) = V_{O_2}(t) - B \delta t + \frac{CAj}{N_0} \delta t \quad (9)$$

が成り立つ。ここで、 j は

[数10]

$$j = D \nabla \phi \quad (10)$$

で与えられる。ただし、 ϕ は包囲体の内部の単位体積当たりの酸素分子数、 D はガス交換膜中の酸素の拡散定数で、ガス交換膜に垂直な方向を x 軸としたとき、 ∇ はこの x 軸方向の微分演算子である。包囲体とは、この場合、部屋又は壁の内部空間を意味する。居住空間の体積を V 、ガス交換膜の厚みを L とすると、 L は、居住空間の寸法や内部空間の厚みに比べ 3 桁以上程度小さく、極めて薄いと思なせるので、数式 (9) は、

[数11]

$$V_{O_2}(t + \delta t) = V_{O_2}(t) - B \delta t + AD \cdot \frac{\frac{V_{O_2}}{V} - \frac{V_{O_2}(t)}{V}}{L} \cdot \delta t \quad (11)$$

と良い精度で近似することが出来る。 $V_{O_2}(t)/V$ は時刻 t における酸素濃度、 $V_{O_2}/V = \eta_0$ は外界と平衡状態にあり部屋内部で酸素消費の無い時の酸素濃度であることに注意されたい。

[0075] これから、微分方程式

[数12]

$$\frac{dv_{O_2}(t)}{dt} = -B + AD \cdot \frac{\frac{V_{O_2}}{V} - \frac{V_{O_2}(t)}{V}}{L} \quad (12)$$

が導かれる。数式（12）の厳密解は直ぐ求まるが、ここでは十分時間がたった後の定常状態に対応する解に興味があるので、左辺＝0とおくと、時刻 t における酸素濃度は

[数13]

$$\frac{V_{O_2}(t)}{V} = \frac{V_{O_2}}{V} - \frac{BL}{AD} \quad (13)$$

と求まる。ここで、部屋内（居住空間）の酸素濃度が、ある一定の値 η より大きいことを要請すると

[数14]

$$\frac{V_{O_2}}{V} - \frac{BL}{AD} \geq \eta \quad (14)$$

これから必要な面積 A は

[数15]

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

であることが要請される。また、数式（15）は、外界の酸素濃度を η_0 とすると

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

と表すこともできる。これにより、守るべき或る酸素濃度 η の関数として、 A には満たすべきある下限が存在することがわかる。数式（16）より、酸

素消費量が小さいほど、ガス交換膜が薄いほど、また、ガス分子の拡散定数が大きいほどAは小さくてよいとの指針が得られる。

[0076] 一般に2次元の膜が与えられると、その膜の両側に、ある一定の圧力差（分圧差）を与えたときにその膜を単位時間、単位面積あたり通過する気体の量として通気度が定義され、実際に測定することがなされている。これにより、上記の定数Dを求めることが出来る。例えば、ガス交換膜の一例である濾布の通気度は 196 Pa （ $\sim 200\text{ Pa}$ ）の圧力差に対し、 $3\text{ [l/(dm}^2 \cdot \text{min)]}$ ～数十 $\text{ [l/(dm}^2 \cdot \text{min)]}$ という値が知られている（ここで、lは体積の単位、リットルである。）。

[0077] また、高通気度の膜として、圧力差 196 Pa において、 $70\text{ [l/(m}^2 \cdot \text{s)]}$ 程度の膜が報告されている（例えば、特許文献1参照）。目標酸素濃度は、日本国内においては必ず18%程度以上であることが法制上求められ、できるだけ20.9%に近いほうが望ましい。障子紙も、紙すきの手法等により、通気度は異なってくるが、大体上記の同じオーダーの通気度を有すると考えて（より厳密には、JISL1096通気性A法（フラジール形法）や、KES通気性試験機等により測定の上）、上記の解析式を用いて、居住空間に隣接する内部空間の少なくとも一部を構成するところのダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜、例えば、ガス交換膜の面積を、当該居住空間での酸素消費量と、目標酸素濃度を数式（16）に従って決定することができる。

[0078] また、従来のクリーンルームにおいては、クリーンルーム内部において発生した塵埃を外に押し出すのみでパッシブであったのに対し、この高清浄部屋システムは、内部にて発生した塵埃を100%循環フィードバック系にてアクティブに除去することで短時間（例えば、 $V/\gamma F$ の高々数倍の時間のうち）に清浄度が回復し、安定して高清浄部屋内部である居住空間の清浄度を維持できる。このことから、日々の生活において塵埃の発生が避けられない一般居住空間等にこの高清浄部屋システムを適用することにより、居住空間内部において安定した高清浄度を得ることができ、非常に運転コストの小

さい高清浄部屋システムとすることができる。

[0079] ここで、上記ファン・フィルターユニットに使用されるフィルターは、上記塵埃フィルターに対し光触媒機能フィルターを組み合わせたフィルターとすること、或いは上記塵埃フィルターに対し光触媒による機能を併せ持たせることで、フィルターに複数の機能を併せ持たせる多機能フィルターとすることが有効である。

[0080] 上記多機能フィルターを実現するにあたり、フィードバック気体流路内における気体の流れに留意し、塵埃フィルターの上流側に光触媒による有機物の分解機構を配置することで、十分な光照射を受けつつ、かつ清浄空間への光触媒材料の流入を防ぐことができる。

[0081] 即ち、上記のフィードバック気体流路を備え、流出する気体の全てが気体流路を通して塵埃フィルターの入口に流入するように構成されたもの（以下100%循環フィードバック系と称する）において、更に塵埃除去機能と光触媒機能とを併せ持つ多機能フィルターを用いることにより、化学物質濃度も極限まで下げることができる。これは、塵埃及び細菌等に対し数式（1）から数式（3）への収束が成り立つと共に、数式（3）の n を気体中の化学物質濃度、 σ を化学物質の発生レート、 γ を、光触媒による化学物質分解効率と読み替えた式もまた成り立つことから言うことができる。

[0082] 一方で、通常のシステムに光触媒機能を付加した場合では、外気を外部空間からフィルターを介して取り込んだのち、これを外部空間へ放出するので、取り込まれた外気がフィルターを通る回数は一回或いは高々数回に限られ、化学物質等の光触媒効果による分解もこの限りの通過でしかなされない。

[0083] これに対し、上記の100%循環フィードバック系により、外気が取り込まれた後に何度も光触媒機構を通過することで、光触媒効果による化学物質等の分解効率を従来例に比べ飛躍的に高めることができる。

[0084] 従来型クリーンルームに備えられている空気清浄システムにおいて、特に、常に高ダスト雰囲気に直接に接している塵埃フィルターを備える空気清浄システムにおいては、単に塵埃フィルターに光触媒機能を付加した場合、高

ダスト雰囲気に接している側の集塵フィルター面には激しい目詰まりが起こり、この塵埃フィルターの目詰まりが光触媒に対しての十分な光の照射を妨げたり、この目詰まりが光触媒材と本来分解されるべき物質との接触を妨げたりすることで、光触媒作用の効率が著しく低下する。

[0085] 上記の100%循環フィードバック系は塵埃フィルターを外部空間から隔離された場所に設置するので、直接外気に触れることがない。更に、100%循環フィードバック系に塵埃フィルターを組み込むことで、100%循環フィードバック系の特徴である実質上無限回に相当する循環によって塵埃数を数桁のオーダーで低減させ得る特性を生かし、塵埃フィルターの目詰まりの割合を従来の数千～1万分の1以下に落とすことができる。これは、同時に、フィルターの目詰まりによる光触媒の化学物質等分解機能の低下の問題を解決することができる。

[0086] また、上記のように集塵効率 γ が必ずしも1に極めて近い必要のないことを利用し、集塵効率 γ の値を抑えることで塵埃フィルターの目詰まりを回避したり、光触媒等々の機能が低いものの捕集効率 γ を1に近づけることの難しかった材料であっても、上記の循環フィードバックシステムでは、十分高機能の塵埃フィルターとして用いたりできるため、高い清浄度と化学物質等の分解効率の両立を図ることができる。

[0087] この集塵効率 γ の条件が緩和されたことにより、光触媒による化学物質等の分解機能と塵埃除去機能を統合した低塵埃環境の実現が可能となる。光触媒としては、例えば、酸化チタン、白金、パラジウム等が挙げられる。また、光触媒フィルターとして、例えば、上記に挙げた光触媒を担持した紙フィルター、光触媒を担持した樹脂フィルター、酸化タングステン等よりなるポーラス形状の光触媒セラミックフィルター等が挙げられる。これは、具体的には、例えば、チタニアやタングステンオキサイド等の光触媒材料を含浸させた不織布（ポリエステル、モダアクリル等を成分とする）よりなる高密度フィルターが挙げられる。また、ポーラス形状の光触媒セラミックフィルターは、光触媒による低有害物質環境と塵埃フィルターによる超清浄環境が同

時に実現できる。このように、従来のようなH E P Aと光触媒フィルターのタンデム配置等を取らずとも済むので、システムのコンパクト化が図れると同時に、フィルターによる圧力損失を小さく抑えることができ、非常に効率的であるとともに、送風動力の負荷を減少させることで、省エネルギー化にも貢献できる。

[0088] 単に光触媒を壁等に用いた場合に比べ、本システムは、閉空間内の気体を、塵埃除去機能と光触媒による機能を併せ持ったフィルターに能動的に通過せしめるので、気体中の汚染物質の分解効率が飛躍的に高まる。また、塵埃フィルター表面に光触媒機能を付加することにより、塵埃フィルターに捕獲された菌や塵等を二酸化炭素と水とに分解することができる。これらのことにより、塵埃フィルターの清掃及び交換が不要となり、半永久的に使用可能な塵埃フィルターとすることもできる究極のシステムとなる。特に、この高清浄部屋システムでは、無菌、無塵、無有害ガスの環境が、場所を選ばず、例えば、都会の真ん中であっても実現できるので、この部屋の中に、芳香を放つ樹木やハーブ等の植物を置くことにより、居ながらにして森林浴や自然豊かな高原の空気環境を実現することができる。更に、積極的にアロマの香りを導入する等して、リラクゼーション効果を醸し出すことも可能となる。これらのことにより、喘息の症状の緩解、治癒に資する環境を実現することができる。

[0089] この多機能フィルターとしては、上記塵埃フィルターに対し光触媒機能フィルターを追加して組み合わせたものとする、或いは上記塵埃フィルターに対し光触媒による機能を併せ持たせることで、一つのフィルターに複数の機能を併せ持たせることが好ましい。上記塵埃フィルターに対し光触媒機能フィルターを組み合わせる場合には、例えば、光触媒機能フィルターは気体流路内に上記塵埃フィルターに直列に設けられることが好ましい。また、多機能フィルターを光触媒のみで構成することもでき、例えば、ポーラス体で構成された TiO_2 を多機能フィルターとして構成してもよい。この多機能フィルターを実現するにあたっては、フィードバック気体流路内における気体の

流れに留意し、多機能フィルターに備えられた光触媒に十分な光が当てつつも、清浄空間内への光触媒材料の流入を防ぐように構成されることが好ましい。具体的には、例えば、塵埃フィルターの上流側に光触媒機能フィルターを配置することで、十分な光照射を受けて有機物の分解機能を発揮しつつも清浄空間への光触媒材料の流入を防ぐことができる。

[0090] また、部屋或いはテント状構造体内には、居住空間の内気を排気する、ガス交換機能を有する局所排気装置を有していてもよい。局所排気装置の構成は、基本的には限定されるものではないが、例えば、局所排気装置の内部における空気流の向きが、居住空間の内気と、外気とが、進行方向を共有するようにして構成されていることが好ましく、さらに、局所排気装置の内部で、少なくとも一枚のダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜を介して接することで、居住空間の内気を構成する分子の濃度と外気を構成する分子の濃度とが、ダスト微粒子を通さず気体分子は通す膜を介した分子の濃度拡散を通じて平衡状態に近づき、その後、当該居住空間の内気が、居住空間へ還流するように構成されていることが好ましい。上記のように構成された局所排気装置は、例えば、病室や養護室における異臭の緩和、有害臭の除去に好適であり、また、塗装工場等において、塵埃密度を極めて小さく抑えたまま、気中の有機溶剤濃度の低下を実現することができる。

[0091] また、フィードバック気体流路内に熱交換器を設けたヒートポンプ式の空気調和機を組み合わせることも可能である。また、この高清浄部屋システム内に、例えば、イオン放出型の空気清浄機を設けることで、OHラジカル等のイオンによるウイルス等の消滅効果を飛躍的に高めることができる。これは、従来において、清浄度の極めて低い外気に触れる環境でこの空気清浄機を設置した場合、発生するイオンが大きな塵埃に取り込まれ、イオンによって、小さな塵埃、ウイルス等を分解する効果が最大限に発揮できなかった。一方で、この高清浄部屋システム内においては、存在する塵埃の大きさが極めて小さく、またその量も極めて少なく、また、この高清浄部屋システム内には外気から新たな塵埃が供給されないので、イオンによって小さな塵埃、

ウイルス等を分解する効果が最大限に発揮できる。また、イオン放出型の空気清浄機内に設けられたフィルターの寿命等を大幅に伸ばすことも可能になる。

発明の効果

[0092] この発明による睡眠時無意識体動情報活用システム及び方法によれば、睡眠時無意識体動情報に基づいて、これまでは専門家の勘と経験に頼っていた分析や予測を、過去の事実に基づいて定量的、客観的及び高精度に行うことが可能となる。また、例えば、金融サービス業界では、クオন্ツと呼ばれるデータサイエンティストが新しく開発した複雑なモデルを検証するために、過去の市場活動に関する膨大なデータを蓄積しているが、その医療及び介護バージョンを、睡眠状態（無意識）の体動の時系列データを部分空間として含むWholeデータ空間に適用して進めることで、健康維持、未病状態からの健康状態への回帰を図ることができる。

[0093] また、この発明による就寝状況検知システム及び方法によれば、被験者が就寝する間に被験者に対して非接触かつ非侵襲で被験者の環境情報及び／又は生体情報を測定する測定装置により環境情報及び／又は生体情報を測定することにより被験者の就寝状況を検知するので、被験者にストレスを与えることなく、就寝状況を検知することができ、それによって被験者の健康状態を把握することができる。特に、被験者が就寝する間に、被験者に対して非接触かつ非侵襲のダストカウンターにより部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより被験者の就寝状況を検知する場合には、被験者にストレスを与えることなく、就寝状況を検知ことができ、例えば寝返りを打つ頻度等に基づいて被験者の健康状態を把握することができる。

[0094] また、取り分け、被験者が就寝する部屋又は閉空間として、上記の高清浄部屋システム或いは建築物を用いた場合には、次のような効果を得ることができる。即ち、建築構造上の特段のスペース的及び構造的負荷の増大をもたらすことなく、翻って、見た目及び外観的には、通常の部屋と全く異ならな

い、日頃の生活空間そのものをそのまま、例えば、30分以内に、実質的には10分程度でUS 209D クラス100以上の清浄空間として実現することができる。更に、例えば、このシステムを稼動してスイッチオンして10時間後には、US 209D クラス1が実現できる。また、従来のクリーンルーム技術を用いることによって起きる、家屋及び住宅の或る一つの部屋の圧力と家屋のそれ以外の部分との間に圧力差が生じる問題が無く、当該部屋の清浄度を向上することができる。また、内部で発生する塵埃を当該部屋に付随するファン・フィルターユニットにより積極的に集塵することで、「発生塵埃を当該部屋の外部へ撒き散らして部屋外部に居住する人々へ迷惑を掛けてしまうような事態」を解消することができる。また、これまでの住宅の居住慣習の圧力差パラメータに変更を加えることなく、日本や世界の人々が居住及び作業し、また治療し、養護される部屋自体が、例えば、US 209D クラス1又はそれ以上の高い空気清浄性能を常に維持することができる。快適及び安寧に居住及び活動できる高清浄部屋システムを提供することができる。上述したように、従来のクリーンルームの定常状態のダスト微粒子密度は環境のダスト微粒子密度 N_0 に依存し、かつこのためできるだけダスト捕集効率 γ が1に近い高品質のフィルターが必要であったのに対し、この高清浄部屋システムでは、定常状態のダスト微粒子密度 $n(t)$ は N_0 に依存せず（従って設置環境を選ばず）かつ γ が分母に入っているので（ γ が1に近いことも重要ではなく）安価な塵埃フィルターでも非常に高い清浄度を実現できる。しかも、部屋内の内部のガス成分と設置環境のガス成分との交換が効率的に行われるため、ダスト微粒子に関しては完全密閉環境を、ガス成分に対しては拡散による交換可能な環境を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0095] [図1]第1の実施の形態による就寝状況検知システムを示す略線図である。

[図2A]第1の実施の形態による就寝状況検知システムにより得られる睡眠時の無意識の体動情報からなる新しい属性を持ったデータ空間を用いたビッグデータ解析の方法を示すブロック図である。

[図2B]意識状態で取得される従来の属性を持ったデータ空間を用いたビッグデータ解析の方法を示すブロック図である。

[図3A]第2の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高洗浄部屋システムの壁の一例を示す斜視透視図である。

[図3B]第2の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高洗浄部屋システムの壁の他の例を示す斜視透視図である。

[図3C]第2の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高洗浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図4]第3の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高洗浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図5]実施例による高洗浄部屋システムを組み込む前の部屋を示す上面図である。

[図6]実施例による高洗浄部屋システムを組み込んだ後の部屋を示す上面図である。

[図7]実施例による高洗浄部屋システムを組み込んだ後の部屋を示す縦断面図である。

[図8]実施例による高洗浄部屋システムを組み込んだ後の部屋を廊下から見た場合の透視図である。

[図9]実施例による高洗浄部屋システムを組み込んだ後の部屋の居住空間である主室を示す図面代用写真である。

[図10]実施例による高洗浄部屋システムのファン・フィルターユニットを運転した場合における主室内のダスト粒子数の短時間における変化を示す略線図である。

[図11]実施例による高洗浄部屋システムのファン・フィルターユニットを運転した場合における主室内のダスト粒子数の長時間における変化を示す略線図である。

[図12]実施例による高洗浄部屋システムの主室内において酸素を消費する実験を行った様子を示す図面代用写真である。

[図13A]実施例による高浄化部屋システムの主室内において酸素を消費する実験を行った時のブタンガス燃焼量と、主室内の酸素濃度とを示す略線図である。

[図13B]実施例による高浄化部屋システムの主室内において酸素を消費する実験を行った時の主室内の酸素濃度を示す略線図である。

[図14A]各種のガス交換膜の酸素透過能の測定に用いた酸素透過能測定装置を示す斜視図である。

[図14B]各種のガス交換膜の酸素透過能の測定に用いた酸素透過能測定装置を示す背面図である。

[図15]図14A及び図14Bに示す酸素透過能測定装置を用いて容器内の酸素濃度を時間の関数として測定した結果を示す略線図である。

[図16]図14A及び図14Bに示す酸素透過能測定装置を用いて容器内の蠟燭の燃焼量を時間の関数として測定した結果を示す略線図である。

[図17]実施例による高浄化部屋システムの100%循環フィードバック系の内部に光触媒フィルターをさらに設けて運転した場合の、主室内の空気に含まれるアルコールの濃度変化を示す略線図である。

[図18]実施例による高浄化部屋システムの100%循環フィードバック系の内部に光触媒フィルターをさらに設けて運転した場合の、主室内の空気に含まれる芳香剤の濃度変化を示す略線図である。

[図19]実施例による高浄化部屋システムにおいて、塵埃フィルターを塵埃捕集率 γ が0.95の中性能フィルターとして運転し、時間に対する主室内における塵埃の数を示す略線図である。

[図20]図19において計測され示された主室内における塵埃のうち、粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数を示す略線図である。

[図21]実施例による高浄化部屋システムにおいて、居住空間内に市販の光触媒空気清浄装置を設置して数分間運転し、主室内における塵埃の数を各粒径ごとに示す略線図である。

[図22]図21において示された主室内における塵埃のうち、粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数を示す略線図である。

μm] の塵埃の 1 立方フィート当りの総数を示す略線図である。

[図23]ガス交換膜として名尾和紙を用いた場合のダスト粒子数の時間変化を示す略線図である。

[図24]ガス交換膜として伊万里和紙を用いた場合のダスト粒子数の時間変化を示す略線図である。

[図25]ガス交換膜として Tyvek (布様) を用いた場合のダスト粒子数の時間変化を示す略線図である。

[図26]前室において、前室に備えられたファン・フィルターユニット 44 を運転した場合のダスト粒子数の短時間における変化を示す略線図である。

[図27]前室に備えられたファン・フィルターユニット 44 を吐出流量の大きなものに変更して運転した場合の、前室におけるダスト粒子数の短時間における変化を示す略線図である。

[図28]前室から主室に人間が入った場合の、主室の相対清浄度の変化について示す略線図である。

[図29]第 4 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図30]第 5 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図31]第 6 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図32]第 7 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図33]第 7 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムの変形例である 2 ダクト壁埋め込みタイプの循環路を示す
断面図である。

[図34]第 8 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを示す斜視透視図である。

[図35]第 8 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高

清浄部屋システムで使用するガス交換装置の一例を示す斜視図である。

[図36]第8の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムで使用するガス交換装置の一例を示す斜視図である。

[図37]第8の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムで使用するガス交換装置の一例を示す斜視図である。

[図38]第8の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムで使用するガス交換装置の一例を示す斜視図である。

[図39A]ガス交換装置の実機を示す図面代用写真である。

[図39B]ガス交換装置の実機を示す図面代用写真である。

[図40]図39A及び図39Bに示すガス交換装置を高清浄部屋システムの部
屋に組み込んだ一例を示す図面代用写真である。

[図41]図40に示す高清浄部屋システムの部屋を完全密閉して内部で酸素消
費実験を行った結果を示す略線図である。

[図42]第9の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高
清浄部屋システムを含む病室及び養護ホーム（ハイグレードタイプ）の一例
を示す3面図である。

[図43]少流量ファン・フィルターユニットの一例を示す斜視図である。

[図44]第10の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる
高清浄部屋システムを含む病室及び養護ホーム（中グレードタイプ）の一例
を示す3面図である。

[図45]第10の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる
高清浄部屋システムの変形例を含む病室及び養護ホーム（エントリータイプ
）の一例を示す3面図である。

[図46A]ガス交換膜よりなるテント状構造体を示す図面代用写真である。

[図46B]ガス交換膜よりなるテント状構造体を示す図面代用写真である。

[図47]図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部の粒径 $0.5\mu\text{m}$
以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図48A]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント

状構造体の内部で1日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図48B]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で1日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図48C]図48Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図49A]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で2日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図49B]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で2日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図49C]図49Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図50A]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で3日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図50B]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で3日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図50C]図50Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図51A]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で4日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図51B]1回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で4日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒

子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図51C]図5 1 Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図52A]1回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で5日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図52B]1回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で5日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図52C]図5 2 Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図53A]1回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で6日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図53B]1回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で6日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図53C]図5 3 Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図54A]2回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で1日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図54B]2回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント状構造体の内部で1日目に被験者が就寝中に粒径0.5 μm 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図54C]図5 4 Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図55A]2回目の連続就寝テストにおいて図4 6 A及び図4 6 Bに示すテント

状構造体の内部で2日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図55B]2回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で2日目に被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図55C]図55Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

[図56A]高清浄簡易ベッドシステムを示す斜視図である。

[図56B]高清浄簡易ベッドシステムを示す正面図である。

[図56C]高清浄簡易ベッドシステムを示す側面図である。

[図56D]高清浄簡易ベッドシステムを示す上面図である。

[図57A]図56A～図56Dに示す高清浄簡易ベッドシステムのプロトタイプの開放状態時の図面代用写真である。

[図57B]図56A～図56Dに示す高清浄簡易ベッドシステムのプロトタイプの閉鎖状態時（使用状態時）の図面代用写真である。

[図58]図56A～図56Dに示す高清浄簡易ベッドシステムのプロトタイプの清浄度の時間変化を示す略線図である。

[図59A]3回目の連続就寝テストにおいて図46A及び図46Bに示すテント状構造体の内部で被験者が就寝中に粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上のダスト粒子総数の時間変化を測定した結果を示す略線図である。

[図59B]図59Aに示す測定結果から自己相関関数を用いて計算された相関量を示す略線図である。

発明を実施するための形態

[0096] 以下、発明を実施するための形態（以下「実施の形態」とする）について説明する。

[0097] <1. 第1の実施の形態>

[就寝状況検知システム]

図1は第1の実施の形態による就寝状況検知システムを示す。図1に示す

ように、この就寝状況検知システムにおいては、部屋又は閉空間 201 の床にベッド 202 が置かれ、その上に被験者 203 が仰臥位や横臥位で就寝することができるようになっている。部屋又は閉空間 201 の内部には、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、部屋又は閉空間 201 の内部には、この部屋又は閉空間 201 の内気を取り込む開口（図示せず）と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を部屋又は閉空間 201 の内部に戻す吹き出し口（図示せず）とが、対となって設けられている。この例では、床に設置したファン・フィルターユニット 208 によりこれを実現しているが、清浄化処理部位自体は、部屋又は閉空間 201 の外部に設けることも可能である。また、既に述べたように、部屋又は閉空間 201 は、壁、或いは（閉空間の外と内とを隔て、当該空間が閉空間たるを規定する）仕切りより成り、その少なくとも一部をダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜により構成することができる。部屋又は閉空間 201 が壁よりなる場合、この壁は、好適には、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有する壁である。好適には、上記壁は、上記膜を介して部屋又は閉空間内部と接しているが、ここでは煩雑さを避けると共に、簡単のため図示していない。同等のガス交換能力を与えるには、後述の図 35～図 38 に述べるガス交換装置を用いても良い。ベッド 202 には枕 204 が置かれている。被験者 203 には、例えば掛け布団 205 が掛けられる。部屋又は閉空間 201 の、ベッド 202 が置かれた位置と異なる位置にダストカウンター 206 が設置されている。このダストカウンター 206 により、部屋又は閉空間 201 の内部のダスト微粒子数密度を計測することができるようになっている。ダストカウンター 206 により計測された、時間 t の関数としてのダスト微粒子数密度 $n(t)$ を、有線又は無線で部屋又は閉空間 201 の外部に設置されたコンピュータ 207 に送ることができるようになっている。例えば、ダストカウンター 206 とコンピュータ 207 とが

L A Nにより接続される。そして、コンピュータ 207 の演算装置により、計測された $n(t)$ に基づいて時間変化特性解析、例えば自己相関関数分析や高速フーリエ変換に基づく解析を行うことができるようになっている。この場合、例えば、携帯電話を利用して、無線通信により後述のHypnokinetogram 解析及び対応サービス拠点に設置されたコンピュータで情報を集約して解析及びデータ管理をしても良い。Hypnokinetogram 解析及び対応サービス拠点は、病院内や養護施設内ではナースセンター等、同一建物内にあってもよいし、既存の警備保障サービスの集中管理拠点のように、ある一定の遠隔地にあってもよい。時間変化特性解析の結果は、コンピュータ 207 に接続されたディスプレイに表示することができ、必要に応じてコンピュータ 207 に接続されたプリンタでプリントすることができ、コンピュータ 207 の記憶装置或いはコンピュータ 207 に接続された外部記憶装置に保存することができるようになっている。また、図示は省略するが、部屋又は閉空間 201 の天井にファン・フィルターユニットを設置し、このファン・フィルターユニットの運転により、部屋又は閉空間 201 の内部を清浄化するようにしても良い。好適には、部屋又は閉空間 201 の内部の清浄度は、例えば、被験者が体動を生じるとき、例えば寝返りを打つときに部屋又は閉空間 201 の内部に放出されるダスト微粒子数密度よりも、被験者の安静時の部屋又は閉空間 201 の到達清浄度に対応するダスト微粒子数密度が小さくなるように設定される。具体的には、例えば、部屋又は閉空間 201 の内部の清浄度を US 209D クラス 100 以上の清浄度に維持する。このように部屋又は閉空間 201 の内部の清浄度を高く維持することにより、残留するダスト微粒子によるバックグラウンドノイズを大幅に抑えることができ、被験者が寝返りを打つ等することによる体位の変化により発生するダスト微粒子数密度の変化を明確に抽出することができる。

[0098] 「就寝状況検知システムの使用方法」

この就寝状況検知システムの使用方法を説明する。

[0099] まず、ファン・フィルターユニット 208 或いは部屋又は閉空間 201 の

天井に設置されるファン・フィルターユニットの運転により部屋又は閉空間 201 の内部を所定の清浄度に維持する。ダストカウンター 206 は常時運転させておく。この状態で被験者がベッド 202 に仰臥位や横臥位で寝そべり、頭部を枕 204 の上に載せ、掛け布団 205 を掛ける。そして、部屋又は閉空間 201 の照明を消灯し、就寝する。就寝中は、ダストカウンター 206 により部屋又は閉空間 201 の内部のダスト微粒子数密度 $n(t)$ を計測する。就寝中に被験者が寝返りを打つ等して体位を変えたり、掛け布団 205 を剥いだりする等により発塵が起きるが、それによってダスト微粒子数密度 $n(t)$ に変化が生じる。即ち、ダスト微粒子数密度 $n(t)$ には就寝中の被験者の挙動、言い換えると体動が反映され、この体動には被験者の健康状態が反映される。このため、ダスト微粒子数密度 $n(t)$ の時間変化特性解析を行うことにより、被験者の健康状態を把握することができる。

[0100] 必要に応じて、被験者の就寝中に、いずれも接触測定ではあるが、被験者の体重によりベッド 202 に加わる圧力の分布の測定、体温計或いは体温による黒体輻射スペクトル分析による体温の測定、脈拍計による脈拍の測定、パルスオキシメーターによる酸素飽和度の測定等のうちの少なくとも一つを行い、その測定結果をダスト微粒子数密度 $n(t)$ の時間変化特性解析の結果及びデータと併用し、相関分布、相関解析等の多次元解析を行って、被験者の健康状態を把握するようにしてもよい。こうすることで、非接触測定による測定データの集合と接触測定による測定データの集合との直積を取ることが可能となり、被験者の健康状態と関連するこれらの情報に基づいて、従来は不可能であった、より高次の分析が可能となり、より正確な健康状態の把握、今後の健康状態の推移の予測をすることが可能となる。したがって、それらに基づく対応も可能となる。病態が発現する前の対応であるので、医療費の抑制、予防医学への実践等が可能となると期待される。特に、図 2 A に示すように、この無意識状態における非接触測定データを図 2 B に示すような従来のビッグデータ解析のデータ空間と結合する形で、ビッグデータ解析の対象となる新たなデータ空間として用いることで、これまでにない側面

からの解析が可能となる。即ち、ビッグデータ解析には、解析の思想及び骨格を決めるモデルの作成が重要であるが、人間の無意識状態におけるデータを結合することで、潜在的な意思決定機構も含めたモデリングへと拡張することができ、これと既存のPOS (Point of Sale)やIoT情報と結合することで、新たな購買意欲及び購買活動等に関する新しいモデリングも可能となると期待される。

[0101] 部屋又は閉空間201は、高清浄環境に維持することができる限り特に限定されないが、例えば、一般的な戸建住宅の部屋やマンション等の集合住宅の部屋である。

[0102] 以上のように、この第1の実施の形態による就寝状況検知システムによれば、部屋又は閉空間201の内部を高い清浄度に維持した状態で被験者が就寝する間のダスト微粒子密度を測定することにより、被験者の就寝状況を容易に検知することができ、しかもダストカウンター206によるダスト微粒子密度の計測は被験者に対して非接触かつ非侵襲で行うことができるため被験者に無用のストレスを与えないで済む。こうして被験者の就寝状況を容易に検知することができることにより、この検知結果に基づいて被験者の健康状態を把握することができる。具体的には、例えば、寝返りを打つ頻度が著しく高いときは、ダスト微粒子数密度及び相関量が頻繁に増減するが、このときは被験者の健康状態が優れず、逆にダスト微粒子数密度及び相関量の変化が緩やかな場合には被験者の健康状態が良好である傾向がある。ダスト微粒子数密度及び相関量が頻繁に増減する場合には、睡眠中に被験者の正常な呼吸が何らかの原因で阻害されている可能性があり、各種の呼吸障害や睡眠時無呼吸症候群等が疑われる。

[0103] <2. 第2の実施の形態>

第2の実施の形態による就寝状況検知システムにおいては、部屋又は閉空間201として新規な高清浄部屋システムの部屋を用いることが第1の実施の形態と異なり、その他のことは第1の実施の形態と同様である。

[0104] 最初に、この高清浄部屋システムに用いられる新規な壁について説明する

。

[0105] 図3 A及び図3 Bは、その壁（間仕切り壁）を示す。図3 Aに示すように、この壁9は、内壁9 aと外壁9 bとが一定距離を置いて互いに対向して設けられ、この2枚の壁が対向することによって壁の周縁部に形成された開口面4面を全て塞ぐようにして側壁9 c～9 fが設けられている。さらに、壁9 a～9 fが隙間無く接合されることによって直方体が形成され、この内部に内部空間（中空部）9 gが形成されている。また、内壁9 aは閉空間である部屋1の居住空間に接して設けられている。この壁9を、例えば、高強度材で構成することによって、全体としては頑健な構造体でありながら外気を導入できる内部空間（中空部）9 gを内包する。壁9を構成する側壁9 dの両端部には、通気口1 1が設けられている。この場合、側壁9 dの上端部に設けられた通気口1 1は外気の導入口（インレット）、下端部に設けられた通気口1 1は排気口（アウトレット）である。また、内壁9 aの少なくとも一部はガス交換膜2 6によって構成されている。また、内部空間9 gには、内壁9 aと外壁9 bとに挟まれるようにして、側壁9 cと一定間隔を置いて互いに対向するようにしてC型断面鋼1 5 aが設けられ、側壁9 dと一定間隔を置いて互いに対向するようにしてH型断面鋼1 5 bが設けられている。また、C型断面鋼1 5 a及びH型断面鋼1 5 bは側壁9 c及び側壁9 dに平行に設けられている。C型断面鋼1 5 a及びH型断面鋼1 5 bは、例えば、ガス交換膜2 6の端部と接するようにして設けられることが好ましく、このようにして設けられることで部屋1を支える十分な強度を確保することができる。また、C型断面鋼1 5 aと側壁9 cとの間には、側壁9 cの上端部とC型断面鋼1 5 aの下端部とを結ぶようにして筋交い1 6が設けられている。また、H型断面鋼1 5 bと側壁9 bとの間にも、側壁9 bの上端部とH型断面鋼1 5 bの下端部とを結ぶようにして筋交い1 6が設けられている。これにより、部屋1を支えるのに十分な強度を確保することができる。また、C型断面鋼1 5 a及びH型断面鋼1 5 bの柱材を構成する部材のうち、ガス交換膜2 6と直交する方向の部材の面には、孔1 5 cが設けられ、この孔1

5 cを通して、自由に気体が流れるよう構成されている。壁9はこのように構成されることで、通気口11を介して、壁9の内部空間である内部空間9gと側壁9dに隣接する廊下33等の家屋オープンスペースとの間で空気のやり取りをする。この空気のやり取りは、好適には、例えば、機械換気により、側壁9dの上端部に設けられた通気口11から強制的に外気（フレッシュエア）を導入し、側壁9dの下端部に設けられた通気口11よりこれを排気する。部屋1の居住空間に接する内壁9aにはガス交換膜26が設けられており、これにより、部屋1内部の空気と、内部空間9gの中の気体とを、気流の流れとしてのやり取りがないようにして隔てている。部屋1の居住空間と内部空間9gとの間で、直接の気流マスフローのやり取りはないものの、空気を構成するガス分子（酸素、窒素、二酸化炭素等）及び、人の生活や活動と共に出るアンモニア等の微量化学物質は、上記ガス交換膜26の両側に濃度差が生じた場合には、濃度拡散が生じ、このガス交換膜26を介して当該分子を交換することで、この壁9の接する部屋1内部の空気を人が居住したり活動したりするのに適した環境に維持できる。また、ガス交換膜26を、ガス交換膜を織り込むことで得られる2次元状構造体に置き換えて構成することもできる。部屋1の構造を支える壁9の外壁9bを構成する部材は、例えば、厚みと強度の十分な板材である高強度材を用いることが好ましく、これに、断熱、防音機能を追加した材料を用いることがより好ましい。このように構成することで、壁9全体として、断熱、断音性能の高い構造体としての機能を担保する。一方、図3Bに示す壁9は、2つの通気口11が、上部側壁である側壁9eに設けられている。それ以外は、図3Aに示す壁9と同様な構成となっている。このように壁9を構成することにより、内部空間9gと壁9eと接する天井裏等の家屋オープンスペースとの間で空気のやり取りをすることができる。

[0106] ここで、内壁9aに設けられるガス交換膜26の面積について考える。ガス交換膜26（或いは2次元状構造体）の面積をAとすると、閉空間である部屋1の居住空間の体積をV、部屋1の居住空間内部の酸素消費レートをB

、外界と平衡状態にあり部屋 1 の居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、ガス交換膜 26（或いは 2 次元状構造体）の酸素の拡散定数を D 、上記居住空間内における目標酸素濃度を η （ $\eta > 0.18$ ）とした時、ガス交換膜 26（或いは 2 次元状構造体）の面積 A が、少なくとも

[数16]

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように、ガス交換膜 26 が設定されている。ガス交換膜 26 を、例えば、2 次元状構造体に置き換える場合において、2 次元状構造体が、例えば、九十九折りのような折りたたまれた構造（複数の曲面及び／又は平面を有する構造）を有する場合には、その構造を引き伸ばし、展開した際の 2 次元的面積を面積 A とする。これにより、この壁 9 と接する部屋 1 の酸素濃度は、目標値である η 以上に保つことができる。

[0107] 上述のように、壁 9 を、外壁 9b と内壁 9a とを一定距離を置いて互に対向するようにして設け、その開口面を塞ぐようにして側壁 9c～9f を設け、内壁 9a の少なくとも一部をガス交換膜 26 で構成したので、これらの壁を高強度材等で構成することによって、全体としては頑健な構造体でありながら外気を導入できる内部空間（中空部）9g を内包する構造とすることができる。また、この壁 9 の内壁 9a を閉空間である居住空間を形成する部屋 1 に接するようにして設けることで、この壁 9 を壁全体として、十分な強度、断熱及び断音性能の高い構造体としての機能を担保しつつも、部屋 1 の居住空間と壁 9 の内部空間 9g との間に、直接の気流マスフローのやり取りをすることなく、気体分子のやり取りをすることができる。つまり、空気を構成する気体分子（酸素、窒素、二酸化炭素等）及び、人の生活や活動と共に出るアンモニア等の微量化学物質が、ガス交換膜 26 が仕切る空間の両側において濃度差が生じた場合に、濃度拡散が生じ、ガス交換膜 26 を介して当該分子を交換することで、この壁 9 が接する部屋 1 の内部の空気を人が居住したり活動したりするのに適した環境に維持することができる。

- [0108] 図3Cは第2の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高清浄部屋システム10を示す。
- [0109] 図3Cに示すように、この高清浄部屋システム10は、異なる2つの独立な部屋が隣り合って構成されている。また、図3Cはこれらの部屋の内部構成を透視して示している。隣り合う部屋のうち、図面右側には部屋1a、左側には部屋R₁が設けられている。この図において、一点鎖線で表される部屋R₁は仮想的な部屋であって、部屋1aと独立した構成を有していればその構成は限定されない。また、図3C中、破線部は、部屋1a内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋1aの内部の構成は実線で示している。
- [0110] 部屋1aは直方体形状を有し、高清浄部屋システム10において最も外側の構造であり、閉空間を形成している。この閉空間を構成する部分空間として居住空間6と天井裏5とを有する。天井裏5は、2重天井によって形成される内部空間である。この2重天井は、部屋1aの頂面と、この頂面から一定距離を置いて互いに対向するようにして設けられた天井壁2aとによって構成されている。即ち、居住空間6と天井裏5とは、天井壁2aによって隔てられている。居住空間6を構成する側壁のうち、図中向って右側の壁9が、第1の実施の形態で示した壁9と同様な構成を有しており、第1の実施の形態で示した壁9の内部空間9gと同様な構成を有する内部空間7を内包している。具体的には、一定間隔をおいて互いに平行に設けられた外壁9bと内壁9aとによって構成された二重壁により内部空間7を内包する壁9が構成されている。図3Aにおいて示した壁9を構成する側壁9c～9fは部屋1aを構成する側壁2e、側壁2c、天井壁2a及び床壁2gによって構成される。この内部空間7には気体流路24が設けられ、内壁9aの少なくとも一部には開口23が設けられている。この開口23は、天井壁2aの天井裏5側の面上に設置された、ファン・フィルターユニット21の吸入口に対応している。開口23は、例えば、複数有していてもよい。内部空間7の厚み、即ちここでは内壁9aと外壁9bとの距離は、具体的には、例えば、5

c m以上40 c m以下であることが好ましく、10 c m以上20 c m以下であることがより好ましい。居住空間6と内部空間7とを隔てる、壁9の内壁9 aには、ガス交換膜26が張られている。このガス交換膜26はダスト微粒子は通さず気体分子は通すようにして構成されており、居住空間6と内部空間7との隔壁である内壁9 aの一部を構成している。ガス交換膜26は、居住空間6が、例えば、和風或いは和室様であれば、障子紙を利用することが好適である。ダスト微粒子は通さず気体分子は通す能力を持つ壁構造は、例えば、内壁9 aに居住空間6と内部空間7とを連通させる開口部を設け、然る後、ガス交換膜26を、この開口部を完全に塞ぐように貼り付けることで得られる。また、ガス交換膜26はガス交換膜を織り込むことで得られる2次元状構造体とすることもできる。また、壁9の内壁9 aによって隔てられた居住空間6内と内部空間7内とにおいて流れる空気の方が一致するように構成することが好ましく、また、流れの速さも一致するように構成することが好ましい。この構成としては、例えば、居住空間6内に送風機を設けることが好ましい。このように構成することで、ガス交換膜26によるガス交換をスムーズに行うことができる。また、居住空間6内には、部屋1 aの左奥隅を構成する側壁2 b及び2 eと、これらの側壁に互いに対向して設けられた側壁19 a及び19 bと、天井壁2 aとによって囲まれた閉空間であるユーティリティースペース19を有する。このユーティリティースペース19は、例えば、トイレやお風呂、洗面台等に利用される。

[0111] ファン・フィルターユニット21が設けられる部分の天井壁2 aには、ファン・フィルターユニット21の吹き出し口に対応する開口が設けられ、この開口とファン・フィルターユニット21の吹き出し口とが気密性を持って接続されることによって吹き出し口22が形成されている。この吹き出し口22とファン・フィルターユニット21の吹き出し口とは、気密性よく一体化されている。ファン・フィルターユニット21の吹き出し口から気流が出射されることで居住空間6へ清浄気体が供給される。また、ファン・フィルターユニット21は壁9の内部空間7の内部にも設置することができる、

[0112] 壁9内に形成された内部空間7においては、ガス交換膜26の面から、壁9の厚みの半分程、例えば、5cm以上10cm以下の長さで後退させて、開口23とファン・フィルターユニット21への気体流入口とを気密性を持って連通する気体流路24が設けられている。これにより、ガス交換膜26の両側に十分な気体の存在が可能な体積を確保することができる。気体流路24は、例えば、5cm以上15cm以下の厚みで、幅約90cmのダクト構造とする。開口23は、居住空間6内部の空気を気体流路24内部へ導入する吸入口である。開口23から入った気体は気体流路24を通してその全量が、ファン・フィルターユニット21の吸入口へ還流する。こうして、100%循環フィードバック系が完成する。一つの壁9の内部空間7をして、ガス交換能力と100%循環フィードバック系を構成する気体流路の格納の2つの機能を備えさせることで、内部のスペースを有効利用できる。ファン・フィルターユニット21は、一般に、居住空間6に付属する100%還流路のどの場所にあっても良く、上述の天井配置のみならず、例えば、壁9内部に床置き形で格納することもできる。このようにして、図3Cに示す状況から明らかなように、従来の住宅の部屋に比べ何ら狭小化することなく、極めて清浄な部屋システムを構成することができる。

[0113] 天井裏5と内部空間7とは、内部空間7を構成する天井壁2aに開口が設けられることで連通して構成されている。天井裏5に接する側壁2eには通気口11aが設けられている。部屋1aの居住空間6に接する側壁2eには、人間が居住空間6と外部空間とを出入り可能な出入り口8を有しており、例えば、廊下（図示せず）と居住空間6との間を自由に行き来することが出来る。また、内部空間7に接する側壁2cには通気口11bが設けられている。この通気口11a及び11bが外気導入のインレットとアウトレットの役目を果たす。これは、例えば、通気口11aから流入するフレッシュエアは、天井裏5を経由して、部屋1aの壁9の内部空間7へ導入される。ガス交換膜26を介して、居住空間6等で発生した二酸化炭素は、内部空間7側へ、また、酸素は、壁9の内部空間7から、酸素が消費される居住空間6側

へと濃度拡散され、以って、ガス交換がなされる。ガス交換後の空気は、通気口 1 1 b から排出される。また部屋で発生したガスや化学物質分子も同様に、壁 9 の内部空間 7 を経由して外部へ排出される。通気口 1 1 a と通気口 1 1 b とのインレットとアウトレットの役目は、建物全体の送風機構により逆転させることも出来る。即ち、通気口 1 1 b を経由して外部からフレッシュエアを導入し、通気口 1 1 a を経由して上外部へ汚れたエアを放出することもできる。また、通気口 1 1 a が複数設けられている場合にあってはインレットとアウトレットとの組み合わせは適宜選択することができ、通気口 1 1 b も同様に適宜選択することが出来る。また、天井壁 2 a に開口を設けないことで天井裏 5 と内部空間 7 とは連通しないように構成することもでき、その場合には通気口 1 1 a と通気口 1 1 b とを完全に独立した通気口とすることができる。

- [0114] 天井裏 5 と内部空間 7 との連通の有無に関わらず、壁 9 中の内部空間 7 と居住空間 6 との間で、ガス交換膜 2 6 を介して気体分子のやり取りがされる。即ち、酸素や二酸化炭素、或いは生活臭の元となる化学物質分子が、ガス交換膜 2 6 が隔てる内外の濃度差に応じて濃度勾配による拡散が行われ、居住空間 6 の内部の空気を生活及び活動に好適なものに保つことができる。ガス交換膜 2 6 の面積は、平坦な障子紙様の 2 次元膜（障子紙）を利用する場合、例えば、1 3 5 c m × 1 3 5 c m とすると良い。ファン・フィルターユニット 2 1 の吹き出し口 2 2 から空気が下向きに吹き出されることで居住空間 6 に空気が供給される。居住空間 6 内における空気中の塵埃を下方へと押しやると共に、内部空間 7 を形成する壁 9 の内壁 9 a の下部に設けられた開口 2 3 から、開口 2 3 とファン・フィルターユニット 2 1 の吸入口とを気密性を持って連通する気体流路 2 4 に流入し、この気体流路 2 4 を通って、ファン・フィルターユニット 2 1 へ全量が還流する。このようにして、ファン・フィルターユニット 2 1 から居住空間 6 内部へ流出する気体の全部が、ファン・フィルターユニット 2 1 へ還流するよう構成されることで 1 0 0 % 循環流路が完成する。また、上述したように、部屋 1 a の側壁の少なくとも一

つを第2の実施の形態において示した壁9で構成することによって、この壁9に内包された内部空間7に、ガス交換と100%循環フィードバック系を構成する気体流路の格納との両方の機能を備えさせることができる。これにより、部屋1a内部のスペースを有効利用でき、従来の住宅の部屋にくらべ、何ら部屋を狭くすること無く、外見上も部屋側面にはめ込み式の障子様デザインを持った部屋として極めて自然に超高清浄環境を実現できる。この側壁に設けた障子様のガス交換膜26の裏に照明器具を設置することで、壁自体が光る間接照明の役を果たすことも可能で、この場合、壁9は一人3役の高機能壁として機能する。

[0115] また、塵埃除去のみならず、臭い等も分解したい場合には、光触媒61を気体流路24の中に設けるとよい。光触媒61は、光触媒単体の他に、例えば、光触媒と塵埃フィルターとを組み合わせたものであってもよい。光触媒61は、例えば、気体流路24の内部に設けられ、この実施の形態においては、例えば、ファン・フィルターユニット21の塵埃フィルターの上流にファン・フィルターと直列に設けられるが、この設置形態に限定されるものではない。この光触媒61は、この高清浄部屋システムの下では、殆ど無塵状態の中で作動するので、目詰まりの問題から開放され、本来の光触媒機能のみに特化したオペレーションが可能で、光触媒機能が極めて長く維持されることになる。光触媒装置は、一般に利用されている、プラズマクラスター（登録商標）やナノイー（登録商標）等の機能性装置と同じく、本発明の100%循環システムと極めて相性のよいシステムといえる。

[0116] この第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様な利点に加えて、次のような利点を得ることができる。即ち、部屋1aの側壁の少なくとも一つを壁9で構成したので、一つの内部空間を、ガス交換と100%循環フィードバック系を構成する気体流路の格納との両方の機能を備えさせることで、部屋1a内部のスペースを有効利用でき、従来の住宅の部屋に比べ何ら狭小化することなく、高清浄化システムの基幹部分を埋め込むことができる。また、100%還流路を一つしか設ける必要が無いので、簡便に高清浄部

屋システムをローコストで組むことができるという利点を有する。部屋 1 a の出入りの頻度が少なく、相対的に居住空間 6 の内部に滞在する時間が長い場合に、好適なシステムとすることができる。

[0117] より詳細には、高清浄部屋システムを用いたこの就寝状況検知システムにより、次のような種々の利点を得ることができる。即ち、日本の高齢者人口、単身居住及び独居人口割合は増加の一途である（非特許文献 5 参照。）。厚生労働省の 2035 年推計では、高齢世帯は 4 割超となり、一人暮らしは 1845 万人に上るとされている。また、日本の高齢化率は、更に上昇すると見込まれ、その対策は喫緊の課題である。高齢社会に関する意識調査においても、ひとり暮らしと回答した人の占める割合が高く、独居生活の不安が強く、また身体が弱くなったりしたときでも、「現在の住み慣れた場所で生活が続けたい」、「生活支援を受けられる高齢者共同賃貸住宅に入居したい」人が多いが、これに応えることは、医療的に、財政的に、また行政的にも容易ではない。今後迎える超高齢社会に対応した高齢者養護施設（介護老人福祉施設）や病院等の部屋の環境は、清浄度の問題や臭いの問題等、まだ十分とはいえず、時に感染症の問題が惹起する場面もある。高齢者養護施設の一般病室、或いは一般の家屋の部屋に対応可能なクリーン技術は存在せず、一般病院の病棟においても一部の隔離用陰圧室を除いては対応がなされていないのが現状である。従来のクリーンルーム技術は、半導体製造等には、内部を陽圧に保つことで、医療用には細菌及びウイルスが外に出ないように室内を陰圧に保つことで、適用されているが、このような従来技術により PM_{2.5} 問題や感染の問題を解決しようとする、実際の居住環境を狭めたり、経費が掛かりすぎたりして、実質上不可能である。高齢者は「畳」「布団」「和室」という比較的清浄環境の整いにくい部屋での居住が依然として多いと考えられ、これらに対応できるクリーン技術の応用が極めて重要である。新規な高清浄部屋システムを用いたこの就寝状況検知システムによれば、高清浄環境の潜在的能力を開花させ、高齢者や単身生活者の要望に応えつつ将来の高齢化社会に備えると共に、日本の（１）高齢者医療費の抑制、（２

）成長産業育成、（３）対高齢者行政の負荷軽減の三位一体の実現の為の要素技術を確立することができる。高浄化部屋システムは、通常の一般家庭の部屋を改修することにより、容易に実現可能であるため、この就寝状況検知システムは一般家庭においても容易に実現することができる。即ち、一般住宅の部屋でも、例えばＬＳＩ製造用のスーパークリーンルーム以上の浄化度を有しうることが実証されている。例えば、ＬＡＮケーブルによるダストカウンター２０６による粒子数計測の遠隔コンピュータコントロールも既に実現しており、無塵及び無菌環境におけるダスト微粒子密度の時間変化特性解析に基づく就寝状況の検知が可能になる。加えて、１００％循環フィードバック系を備えた高浄化部屋システムで昨今のPM_{2.5}問題や花粉症問題を解決できるのみならず、上記の就寝時寝返りスペクトルの測定を行い、健康状態の把握を行うことも可能となる。以上のように、高浄化部屋システムを用いた就寝状況検知システムによれば、病院や養護老人施設、民間住宅に適用して、廉価かつ安定に高浄化環境をもたらすとともに、就寝状況検知により超高齢社会に対応した簡易な健康管理の実現が可能となる。即ち、障子等をガス交換膜として用いる高浄化部屋システムは、純和風の装いながら、高浄化環境を実現でき、内部で人が就寝を行うのに好適なシステムである。即ち、高浄化部屋システムにより、一般家屋にいながらにして、US 209D クラス100級の浄化空間（病院の無塵室或いは手術室相当の浄化度）とすることを可能とし、これにより、そのまま就寝する（1立方フィート当たり、0.5 μ m以上の塵埃の総和が～10万くらいある中で約7時間の睡眠をとる）場合に比べ、肺への塵埃の取り込みを約千分の一に抑えることができ、毎晩、呼吸器系の良いリフレッシュとなる。こうして塵埃のバックグラウンドが抑えられることにより、従来得られることが無かった寝返り（の大きさや頻度）の情報が、史上初めて、非侵襲、非接触の方法にて、しかも家庭内にて容易に得られる（後述の図47～図55のスパイク状のシグナル）。

。これは、睡眠時の無意識の体動情報（しかもプローブ等を体に付けることが無いため、真に通常の生活及び睡眠状態を再現する中での情報）というこ

とで、ヒプノキネトグラム(Hypnokinogram)という新しい有用な測定技術、並びにデータ分析体系を創始することが出来た。医療及び介護分野において、睡眠状態（無意識）の体動の時系列データであるHypnokinogram データを部分空間として含む拡大データ空間に適用して進めることで、健康維持、未病状態からの健康状態への回帰を図れる。また、この新しい属性を持つデータ空間を既存のビッグデータ解析が対象としてきたデータ空間と結合させることで、人の意識状態での活動情報と膨大なデータ空間（ヒト [↑] の意識状態 [↑] の反映：これを（↑， ↑）と記すと）とIoTによるデータ空間（無機物及び非生命体 [↓] による没意識 [↓] のデータ空間：これは（↓， ↓）と記せる）とを、ヒプノキネトグラム情報空間（ヒト由来 [↑] であるが、無意識状態 [↓] の反映：これは（↑， ↓）と記せる）が、（↑， ↑）（↑， ↓）（↓， ↓）という構成で結合することができ、ビッグデータ解析におけるデータの深化と拡がりが可能となる。この新しいデータ空間は、臨床現場のあり方を変えるモバイルヘルスという昨今の流れにおいても、医療のあり方をどんどん良い方向へ変えていく際の下支えとなる。

- [0118] これにより、就寝者の安否が、ビデオ等の映像情報を使用しないためプライバシーを保護しつつ、遠隔モニタリング可能となり、サービス付き介護事業の大きな柱となりうる。更に、ビット列で得られる高次情報（塵埃数の経時変化）から、就寝者の寝返りの情報を蓄積し（体動情報のビックデータとしての獲得）、これを基に、眠りの深さ、浅さ、ひいては健康情報等を体にプローブ等が一切つながっていない極めて自然な状態で引き出すことができる（無意識状態での生体シグナルを得ることで、客観性の高いデータとなる）。応用は、個人における相関に留まらない。例えば、遠く離れて住む家族が、お互いのデータを共有することで、あたかも“一つ屋根の下に暮らしている”ように、バーチャルな“同居”が可能となる。更に、これを自治体に広げることで、単身生活者、特に独居高齢者に関して、病気になる前の、介護の必要のない健常者である段階からデータが蓄積されることで、QOLを高いまま維持することに貢献できると期待される。最終的には、医療費の抑

制と高齢者対応行政の負荷軽減も可能と期待される。国内外の研究において、PM_{2.5}の短期曝露による見解は限られているが、心臓及び循環器の機能変化、呼吸器症状等、幅広く健康影響との関連性が検討されており、これらのリスクを格段に下げうる清浄環境を、病院や学校はもとより、一般家庭にも導入し、高感受性者（呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等）を守ることもまた可能となる。即ち、まるで専任のホームドクターのように健康状態を把握し、様々なアドバイスをする“テント”、部屋及び家システムを実現する。高清浄部屋システムの部屋の中で寝るだけで、呼吸器に対する負荷を約7時間、ほぼゼロとするのみならず（バックグラウンドノイズをゼロとすることで浮かび上がってくる）寝返りの大きさ、頻度の情報から、就寝者（ユーザー）の安否確認はもとより、通常状態からのズレ、眠りの深さ、疾患の前兆がないか調べることができる。異常があった場合には、そのまま病院と自宅をつなぎ、結果として生活者の急病時リスクを減らしたのは、生活空間そのもの（介護医療上位互換の生活環境）という、これまで目標とされてはいても実現手段の無かった住まいの新境地を、高清浄部屋システム（環境）と遠隔モニター（情報通信）の結合で実現することができるようになる。大気汚染物質の1つで、肺の奥深くまで入りやすく、呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響も懸念されているPM_{2.5}粒子をほぼゼロにまで減少させる（図10、図11及び図59A参照。）とともに、この就寝状況検知システムで初めて可能となる寝返り情報ビッグデータ、就寝時塵埃時間変化の自己相関関数解析による健康管理、病気になる前のケア、個人別及び家族別データ蓄積、核家族間の健康情報共有による単身生活者のバーチャルな統合等、新しい日本社会の形の礎となることも期待される。また、高清浄部屋システムによれば、高齢者養護施設等の課題であった臭いを、ガス交換により大幅に低減することが可能となる。また、高清浄部屋システムに代えて後述の図46A及び図46Bに示すようなテント式の高清浄システムを用いることにより、高感受性者（呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等）の安寧を、病院及び高齢者養護施設のみならず、一般家庭

の部屋でも実現することが可能となる。この場合、就寝時に寝具の周りを、日本古来の蚊帳のような感覚で蔽い、高清浄度を実現する。特に、内部で就寝している場合でも（安静時）US 209D クラス100級の清浄度を実現することができる。高齢社会に関する意識調査によると、仮にひとり暮らしの不安が強くなったり、身体が弱くなったりしたときの暮らし方をたずねたところ、「現在の住み慣れた場所で生活を続けたい」、「生活支援を受けられる高齢者共同賃貸住宅」に入居したいという人々の思いが顕著であるので、こういったニーズに、高清浄部屋システムやテント式の高清浄システムにより実現される高清浄環境と就寝時寝返りの自己相関分析、FFT変換、ビッグデータ対応データマイニング及びソフトウェア等が挙げられる。時間変化特性解析として自己相関関数分析を用いる場合、この就寝状況に基づき、低コストでの遠隔ケアを可能とする事により応えていくことが十分に可能となる。この清浄環境により、病院、高齢者養護施設や学校はもとより、一般家庭においても、高感受性者（呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等）を守ることができる。PM_{2.5} 防御策を確立することは、喫煙時の副流煙により受動喫煙の防止、花粉症対策や空気感染性の感染症対策にもつながるので、今後高齢人口比率の高まる日本の健康維持及び増進の縁の下での力持ちとして展開し、高齢者医療費抑制と産業及び活力創出を両立することが可能となる。2035年に約2千万人に上るとされる一人暮らし世帯の健康及び安全を遠隔モニターによりサポートし、人々の安寧と健康維持を助けることが可能となる。

[0119] また、例えば、肺は、空気中を漂っている粉塵、花粉、真菌、化学物質等の大量のアレルギー反応を起こす物質（抗原）にさらされるため、特にアレルギー反応を起こしやすい器官である。しばしば仕事に刺激性の粉塵や空気中の物質にさらされ、呼吸器がアレルギー反応を起こす可能性が高くなる場合があるとされているが、本発明の清浄空間の中で、一日のうちの睡眠時の約7～8時間を、呼吸器に対し、ほぼ無負荷状態で過ごすことで、これを改善する可能性がある。また、慢性閉塞性肺疾患患者では、免疫細胞が密集

してできた i B A L T と呼ばれるクラスターが見られるのが普通である。この i B A L T は、煤煙やタバコの煙等のような吸入アレルゲンや粒子に対する急激な免疫応答を促進し、また肺の慢性炎症を持続させ、組織の損傷を引き起こす可能性があるとされているが、本発明の清浄空間のカーテンレール等を使ってガス交換膜よりなるカーテン様の構造による閉空間の形成は、医療機関病室（多人数部屋）において、周りからの“目隠し”をけるカーテンによって行っているという現状を、殆ど変えることなく、高価格対性能比にて導入することができるので、慢性閉塞性肺疾患患者への福音となると期待される。過敏性肺臓炎（外因性アレルギー性肺胞隔炎）は、肺にある小さな空気の袋（肺胞）や最も細い気道（細気管支）の内部や周辺に発生する一種の炎症で、有機物の粉塵や、頻度は低いものの化学物質を吸いこんだことによるアレルギー反応が原因となる病気であるが、再度さらされないようにすれば、通常回復するとされているので、一般家庭及びオフィス環境の U S 2 0 9 D クラス数十万の塵埃の中で回復を待つより、本発明のテント状構造の清浄閉空間に布団等の寝具を敷いて、1 0 0 0 倍以上クリーンな U S 2 0 9 D クラス 1 0 0 - 1 0 0 0 の中で、寝起きすることで、数段早い回復が得られると期待される。さらに、アレルギー性気管支肺アスペルギルス症は、一種の真菌（最も多いのはアスペルギルス・フミガーツス）に対する肺のアレルギー反応で、喘息や嚢胞性線維症の患者に発生することがある。アスペルギルスは生活環境のいたるところにみられるため、この真菌との接触を避けるのは困難であるとされているが、本発明のテント式清浄閉空間に布団等の寝具を、或いはカーテンレールによる可動式ガス交換膜に閉空間の中のベッド等の寝具をおいてそのなかで就寝することで、1 日の内睡眠時の平均 7 ～ 8 時間は、接触を百分の一～千分の一以下にすることが可能であり、この真菌との接触はその間ほぼ無視できる量まで低減することができると期待される。

[0120] < 3. 第 3 の実施の形態 >

図 4 は第 3 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる

高清浄部屋システム 10 を示す。この就寝状況検知システムは、部屋又は閉空間 201 として新規な高清浄部屋システム 10 の部屋を用いることが第 1 の実施の形態と異なり、その他のことは第 1 の実施の形態と同様である。

[0121] 図 4 に示すように、この高清浄部屋システム 10 は、隣り合う部屋のうち、図面左側には部屋 1 b、右側には部屋 R₂ が設けられている。この図において、一点鎖線で表される部屋 R₂ は仮想的な部屋であって、部屋 1 b と独立した構成を有していればその構成は限定されない。また、図中、破線部は、部屋 1 b 内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋 1 b の内部の構成は実線で示している。

[0122] 高清浄部屋システムについては、第 2 の実施の形態において示した高清浄部屋システムよりも更なる高性能を求めるニーズが高まることも起こりうる。例えば、病院における免疫不全治療、養護老人ホームにおける、より完全な感染症予防、一般家庭における自宅療養の際等に適用される場合である。このときは、例えば、病室、養護室となる居住空間 6 と戸外や廊下との間で出入りするその瞬間にも、この空間の清浄度を劣化させない工夫が必要である。そのためには、第 2 の実施の形態の部屋 1 a の構成を利用しつつ、更に追加の構成を導入する。

[0123] 即ち、部屋 1 b は、第 2 の実施の形態において示した部屋 1 a を構成する側壁である壁 9 と対向する側壁を、壁 9 と同様に構成された内部空間 12 を内包する壁 13 としたものである。即ち、部屋 1 b を構成する側壁のうち、出入り口 8 を有さない側の、互いに対向する側壁のいずれもが内部空間を内包する壁 9 及び壁 13 で構成され、壁 9 に内包される内部空間 7 と壁 13 に内包される内部空間 12 とは互いに独立している。また、壁 13 及び内部空間 12 の構成は、壁 9 及び内部空間 7 と同様な構成とすることができる。部屋 1 b は図中向かって左手の壁が、第 2 の実施の形態において示した壁 9 と同様な構成を有する壁 13 で構成されており、この壁 13 は、外壁 13 b と内壁 13 a とによって構成されている。壁 13 は第 2 の内部空間である内部空間 12 を有しており、この内部空間 12 はガス交換膜 26 を介して居住空

間6に隣接する空間となっている。内部空間12の厚みは、具体的には、例えば、5cm以上40cm以下であることが好ましく、10cm以上20cm以下であることがより好ましい。これは、後述するように、内部空間12内には気体流路24を内部に格納しなくて良いので、内部空間12の厚みを15cm以下という薄い構造とすることもできる。

[0124] 内部空間7内部に設けられる気体流路24は内壁9a上に設けられていてもよい。これは、内壁9aの一部をガス交換膜26で構成していないからである。また、壁9及び壁13は、壁そのものを気体流路とすることもできる。ただし、壁そのものを還流路とする場合には、壁9に設けられている通気口11bは閉じておく。また、気体流路24の厚みは、上述したものと同様に5cm以上10cm以下であることが好ましいが、内部空間7の厚さまで、気体流路24の厚みを厚くして断面流量を向上させ流れのコンダクタンスを上げることも出来る。壁13の内壁13aの一部はその一部がガス交換膜26で構成されている。

[0125] また、天井裏5と、二重壁によって構成される内部空間7と内部空間12とは、天井裏5を介して互いに連通していてもよいし、していなくともよい。また、内部空間7及び内部空間12は、いずれか一方が天井裏5と連通していてもよい。内部空間7及び12への外気の導入は第2の実施の形態と同様に行うことができ、通気口11a及び11bのインレット及びアウトレットの組み合わせは用途によって適宜選択することができる。例えば、部屋1bでは、天井裏5に接する側壁2eに設けられた2つの通気口11aをインとアウトのペアにしているが、上述したように、例えば、通気口11aを共にインとして、アウトは側壁下部の通気口11bに担わせるということも可能である。

[0126] 居住空間6の部分空間である前室40は、出入り口8に対向するように間仕切りが設けられることで形成される。具体的には、出入り口8を有する部屋1bの側壁2eと、壁13の内壁13aと、ユーティリティスペース19の隔壁19bと、天井壁2aとで囲まれる空間の開口面を塞ぐようにして

引き戸47が設けられることで構成される。この引き戸47が間仕切りとして機能する。また、引き戸47は、当該開口面を塞ぐようにして設けられた間仕切り壁の一部に設けられる構成を有していてもよい。また、居住空間6の前室40以外の空間は主室20を構成している。即ち、引き戸47は、前室40と主室20とを仕切る間仕切りの機能を有する。引き戸47を開く時は、ユーティリティスペース19を構成する側壁19aに沿って開くよう設定し、引き戸47の開閉に伴って、無用のデッドスペースの発生がないように配置する。引き戸47が開いたときは、前室40と主室20とは連通するが、引き戸47を閉じることで前室40と主室20とは完全に隔絶される。また、この引き戸47の主面の少なくとも一部は、ガス交換膜26で構成されることが好ましい。ガス交換膜26としては、例えば、障子紙或いは障子紙様の濾布や不織布フィルター材を選ぶことで、日本古来の書院造りの趣をかし出しながら、引き戸47にガス交換能を付与することができる。ガス交換膜26を引き戸47に設ける場合には、具体的には、例えば、引き戸47に裏表両面が連通した開口を設け、この開口全体を完全に塞ぐ形態でガス交換膜26を張る。このように構成することで、前室40の内部と外部との間において気流としての出入りが無くても前室40の内部と外部とにおいてガス交換を行うことができる。

- [0127] 前室40を形成する図中左手の壁は壁13によって構成されている。前室40と壁13の内部空間12とを隔てる内壁13aには、ガス交換膜26が張られており、このガス交換膜26が内壁13aの一部を構成している。また、この内部空間12には、ガス交換膜26と平行に、この膜から、内壁13aと外壁13bとの距離の半分程度の距離、即ち5cm以上20cm以下の距離を後退して、気体流路43が格納されている。気体流路43は、内壁13aの最下部に設けられた開口46と、天井裏5の内部の天井壁2a上に設けられたファン・フィルターユニット44の気体流入口とを気密性を持って連通している。ファン・フィルターユニット44は、前室40内部に気体が送り出されるように吹き出し口45に接続されている。吹き出し口45は

、吹き出し口２２と同様に構成される。気体流路４３は、気体流路２４と同様にして構成することができるが、例えば、矩形断面のダクトの使用の他、蛇腹パイプを複数並列して連結することが挙げられる。気体流路４３は気密性を持って開口４６に接続される。前室４０内部の空気は、開口４６を通じて気体流路４３内部へ導入され、その全量が吹き出し口４５から前室４０の内部に再び戻る。

[0128] また、より簡便なタイプとして、この前室４０内部の内壁１３ａに設けられたガス交換膜２６を省き、引き戸４７を構成するガス交換膜２６（障子紙）の機能により代替させることが可能である。気体流路４３は、内部空間１２の内部に、内部空間１２と隔絶して構成されてさえいればよく、例えば、単純に、上記の蛇腹パイプで連結するということでも実現できる。また、この実施の形態では、ガス交換能をできるだけ付与するべく、主室２０を構成する天井壁２ａの少なくとも一部やユーティリティスペース１９を構成する天井壁２ａの少なくとも一部等もガス交換膜２６で構成されるが、ガス交換膜２６の設置の有無や、設置する面積等は、部屋内部の酸素等使用量に応じて適宜設計、選択することができる。

[0129] 次に、この高清浄部屋システム１０の動作について説明する。廊下等の外部空間から、出入り口８を経て入る人は、一旦前室４０において、例えば、数十秒～数分待った後、引き戸４７を開けて主室２０へ入る。こうすることで、居住するスペースの清浄度を一切劣化させることなく、入ることができる。一方で、人間等が退出するときも、主室２０から前室４０に入った後、引き戸４７を閉じ、然る後、出入り口８から外部へ出ることで、主室２０の清浄度を一切劣化させることなく、廊下或いは戸外へ出ることができる。その他のことは、第１及び第２の実施の形態と同様である。

[0130] ＜高清浄部屋システムの実施例＞

この高清浄部屋システムは、新築の建築物、例えば、家屋、ビル等は勿論のこと、既存の建築物の改築等にも対応できる。この実施例においては、一般的な家屋の部屋に高清浄部屋システムの機構を組み込み、高清浄部屋シス

テム 10とした。

[0131] 図5は高潔浄部屋システムの機構を組み込む前の部屋を示した上面図である。

[0132] 図5に示すように、部屋1は3600mm四方で、高さ約2300mmの直方体形状を有する。また、この部屋1の廊下（図示せず）に面した側壁のうち一方の角部に接する部分には出入り口8が設けられている。また、もう一方の角部には、部屋1内に幅1800mm奥行き900mm高さ2300mmの直方体の収納部19cが形成されている。この空間を、上記に示した、この第3の実施の形態のユーティリティースペース19に相当する一角とみなせば、本実施例は、新築の住宅等に高潔浄環境システムを適用するモードであるこの第3の実施の形態と同等の性能を、既に極普通に一般に存在する住宅等の部屋を改築して高潔浄環境システムを適用するモードで実施することができる。つまり、部屋1は、出入り口8を有する部屋1の一角に収納部19cというユーティリティースペース19を有するとみなすことができ、例えば、第2の実施の形態において示した部屋1aと同等な空間とみなすことができる。そして、この部屋を改築することによって、高潔浄部屋システム10の構成を付与し、この第3の実施の形態で説明した高潔浄部屋システムと同等の性能を、既に、ごく普通に一般に存在する住宅等の部屋に対して適用することができる。ここで、部屋1の内部の構成について説明する。部屋1の出入り口8が設けられた側面と対向する側面には、幅1690mm、高さ1170mmの窓部54が設けられている。部屋1内の収納部19c以外の空間である居住空間6は、大きさの異なる二つの直方体空間が連結されることで構成されている。この二つの直方体空間のうち、一方は、収納部19cの側壁19bと、側壁2bのうち側壁19bに互いに対向する部分と、側壁2cのうち側壁19bと側壁2bとに挟まれる部分とによって囲まれる直方体空間であって、出入り口8から居住空間6に入って直ぐのスペースである。この直方体空間の具体的な寸法は、奥行き×幅×高さ＝900mm×1800mm×2300mmである。また、この直方体空間は、以下に述

べる改築の後、前室40と内部空間57とを構成する。また、他方は、側壁2eと収納部19cの側壁19aと、側壁2dのうち側壁2eと側壁19aとに挟まれる部分と、この側壁2dの部分と対向する側壁2bの部分とによって囲まれる直方体空間であって、部屋1の窓側のスペースである。この直方体空間の具体的な寸法は、奥行き×幅×高さ＝2700mm×3600mm×2300mmである。この直方体空間は、以下に述べる改築の後、主室20と内部空間12とを構成する。

[0133] 図6は、高浄化部屋システムの機構を組み込んだ後の部屋1を示した上面図である。また、図7は、側壁2b側から見た断面図（透視図）である。図8は、側壁2c側から見た断面図（透視図）である。

[0134] 図6～図8に示すように、部屋1の内部には居住空間6が形成されている。改装後は、上記の2つの直方体空間が間仕切り41と引き戸47とによって間仕切りされることで、居住空間6は主室20及び内部空間7とを有する空間と、前室40及び内部空間57を有する空間とに分割される。また、ファン・フィルターユニット21の収納部50は、部屋1の天井壁27と平行にパネルを設け、天井壁27と当該パネルとで形成される空間を気密性を持って囲むことでファン・フィルターユニット21と気体流路24とが収納されたファン・フィルターユニット収納部50が形成される。また、側壁（在来壁）2dから約15cm離間して、平行に壁9aを設置することで、側壁（在来壁）2dと内壁9aとが一体となった中空壁である壁9となる。この壁9は第2の実施の形態で示した壁の構成を有していることが好ましい。側壁2dの厚みが約10cmで、内壁9aの厚みが約0.6cmであるので、内部空間を有する二重壁である壁9の全体の厚みは、約26cmとなる。また、上記構成により、この新たな壁9が有する中空スペースであるところの内部空間7の厚みは15cmとなる。また、側壁2bと、出入り口8を有する側壁（在来壁）2cと、側壁（在来壁）2bに対向する部屋1の側壁（在来壁）19bと、間仕切り41と、引き戸47とで囲まれて成る空間は、隔壁56で間仕切りされることで、前室40と内部空間57とに分割される。

隔壁56は、側壁2cのドア8側の端部と間仕切り41との間を塞ぐようにして側壁（在来壁）19bと対向して設けられる。前室40は、人が外部空間から部屋1に入る場合に最初に入る空間である。一方、内部空間57は、前室40における100%循環フィードバック流路を格納する空間となる。

[0135] 引き戸47は、間仕切り41の面上をスライドするようにして設けられ、引き戸47が閉鎖される場合においては、主室20と前室40とを形成するそれぞれの空間とは完全に隔絶される。また、引き戸47の開放時には、引き戸47は、スライドすることで主室20の間仕切り41の主面上の位置に移動する。また、引き戸47は、閉鎖時において前室40が気密性を保つようにして構成されている。また、間仕切り41及び引き戸47は、側壁19aと同一平面上に設けられることで、主室20にできるだけ凹凸の無いように設定することが、デッドスペースを減少させ、居住性能も高まるので、望ましい。出入り口8と引き戸47との両方が閉鎖されると前室40は、塵埃微粒子の出入りの無い密閉された状態となる。外部から部屋1へは出入り口8を開けることによって入ることができる。天井裏5内の天井壁2aには、ファン・フィルターユニット44が設けられている。前室40においては、壁56の最下部にファン・フィルターユニット44の吸入口に対応した開口46が設けられ、ファン・フィルターユニット44の吹き出し口45から前室40の内部に流出する気体の全部が、開口46を通過し、ファン・フィルターユニット44の吸入口と開口46とを気密性を持って連通する気体流路43を通過して、ファン・フィルターユニット44へ還流することで、100%循環フィードバック系が構成されている。

[0136] 内壁9aは、上述の通り、部屋1の側壁2dに一定間隔をおいて平行に設けられており、壁9は、主室20にガス交換膜26を介して接する空間7を内包している。壁9は、その端面に気流のインレットとアウトレットとを有しており、内部空間7と外部空間である廊下とは、パイプ55a及び55bによって接続されている。このように、外部空間と内部空間7との間で気体が交換可能となることで、内部空間7が外気導入空間として機能する。パイ

プ55aは吸入口11cを有するインレットパイプであり、パイプ55bは排出口11dを有するアウトレットパイプとなる。その外径は10cmである。また、吸入口11c及び／又は排出口11dには、例えば、機械換気装置を設けることが望ましい。この機械換気装置は、具体的には、例えば、主室20内の空気が2時間で1回転以上する程度の風量生成能力を有するものが好ましい。2時間で1回転とは、2時間で主室20内の空気が全て換気されるということである。内壁9aの少なくとも一部はガス交換膜26である障子紙で構成されている。これにより、主室20は、一般の壁材或いはガス交換膜26を一部に含む側壁で囲まれた閉空間となり、内部空間7と外部空間との間において気流としての空気の出入りが無いが、主室20と、外部に連通した内部空間7との間で気体分子の交換をすることができる。これにより、主室20と、外部に連通した内部空間7との間において、空気を構成するガス成分に濃度差がある場合に、ガス交換膜26を介して、内部空間7と主室20との間において気体を構成するガス分子や、部屋内部での生活や作業に付随して発生する、部屋の空気中に含まれる種々の分子の濃度拡散が生じ、主室20の空気の構成ガス成分は、その濃度が外部のそれと平衡に達する様に移動する。即ち、主室20内の酸素濃度が下がれば、内部空間7よりガス交換膜26を介して、酸素が供給され、主室20内の二酸化炭素濃度が上がれば、内部空間7よりガス交換膜26を介して二酸化炭素が排出される。また、主室20内にて、種々の臭いや化学物質が発生した場合は、その元となる分子は、上記の機構に従って、外界に排出される。

[0137] また、主室20には、ファン・フィルターユニット21と気密性を有する気体流路24とで構成された100%循環フィードバック系が接続されている。主室20と内部空間7とを隔てる内壁9aには、100%循環フィードバック系を構成する吸入口である開口23が設けられている。開口23から吸引された気体は、開口23とファン・フィルターユニット21との間を気密性を持って連通する気体流路24を通して、ファン・フィルターユニット21の吸入口に入り、その内部で濾過された後、吹き出し口22を経て、主

室20に押し出（排出）され、この空気が部屋内部の塵埃を取り込みながら、再び、開口23へ戻ることにより100%循環フィードバック系が形成される。気体流路24は、本実施例では、直径約10cmの蛇腹パイプである。また、これらの図6～図8において示したこの実施例は、コンセプトを示すに留め、厳密に寸法や距離をスケールして描いていないが、気体流路24は、ガス交換膜26からは約5cm後退し、壁2dにほぼ接する形となっている。また、主室20と内部空間7とを隔てる内壁9aの少なくとも一部をガス交換膜26の一つの例である障子紙で構成することで、内壁9aによって内部空間7と主室20との間で気体の交換が可能となる。

[0138] また、出入り口8によって外部空間と前室40との間で出入りがあった際には、出入り口8と引き戸47とを両方とも閉めた状態で、前室40内の清浄化を行う。具体的には、前室40を閉空間とした後に、上述のファン・フィルターユニット44を用いた100%循環フィードバック系を運転することにより行う。また、後述する図22、図26に示すように、ファン・フィルターユニット44の運転から40数十秒～数分の後には、前室40の清浄度が格段に高まるので、この後、引き戸47をあけて、前室40から主室20に入ることができる。また、引き戸47は、少なくとも一部を障子紙等ガス交換能を持つ膜で構成することにより、主室20と前室40との間で気流としての空気の出入りが無くとも上述の気体ガス成分のやり取りをすることができる。

[0139] 図9は、この実施例による高清浄部屋システム10の完成した姿を示した、デジタルスチルカメラによって撮影された写真である。

[0140] 図9に示すように、奥の壁である壁9がこの実施例において示した壁9であり、この壁9を側壁の一つとして組み込んだ部屋1の主室20内部の写真となっている。窓部54を有する部屋1には、天井部に収納部50に格納されたファン・フィルターユニット21と気体流路24とが設けられ、吹き出し口22より清浄エアが下方へ射出される。壁9は主室20と内部空間7とを隔てる内壁9aを有し、壁9aにはファン・フィルターユニット収納部5

0が延びて接している。内壁9aの一部は、135cm×135cmの面積を持つ、ガス交換膜26となっており、ガス交換膜26である障子紙で構成されている。また、壁9aの下端部には、吸入口である開口23が設けられている。この開口23には、気体流路24内に大きなごみが侵入しないように網が設けられている。

[0141] 障子紙面積の決定 (order estimation) は、以下の考察に基づく。ガス交換膜26として用いる障子紙は、市販の民生用、汎用品（株式会社アサヒペン製の無地障子紙）であり、通気度等の物性値は提示されていない。そこで、使用する障子紙の通気度を、既に述べた濾布の通気度の典型的な値の中でも、控えめに見積もった値 [$\sim 1 \text{ l} / (\text{dm}^2 \cdot \text{min})$] : 200Pa) を有しているものとして用いる障子紙の形状、大きさ等を設計をし、その面積を決定した。これは、後で述べる様に、実際に主室20の中に人が入って実験を行うので、通気度を控えめに見積もり、面積Aを大きめに設定することは、安全性の面からも好ましいからである。また、上記に示した、数式(12)の第2項が、単位時間当たり、ガス交換膜を介して拡散して来る酸素分子の占める体積F（単位は、例えば [m^3 / min]）を示しているので、これを濃度差の関数としての式から、圧力（分圧）差の関数としてのものとして勘案し、上記、通気度が単位時間、単位面積当たり、当該圧力差において拡散して来るガス分子の占める体積であることを踏まえると、上記において示した数式(12)に現れる、ガス交換膜のD/Lを、通気度から算出することができる。安全性の面からターゲット酸素濃度 $\eta = 20.8\%$ と設定すると、ガス交換膜26の面積Aの満たすべき条件は、

[数17]

$$A \geq \frac{B}{\frac{D}{L} \left(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta \right)} \sim \frac{5 \text{ l/min}}{\frac{1 \text{ l}/(0.1 \text{ m}^2 \text{ min})}{200 \text{ Pa}} (20.9\% - 20.8\%) \frac{1013 \text{ hPa}}{200 \text{ Pa}}} \sim 1 \text{ m}^2 \quad (17)$$

となる。また、数式(17)の中途導出式に示すように、D/Lは同式にお

ける分母の前係数に相当し、上記通気度の値を基に、約5 [m/min] と算定される。

[0142] また、ガス交換膜26を、写真に示すように、木枠で格子状に構成された障子窓とすることにより、主室20内部を極めて高い清浄度とすることができるにもかかわらず、主室20に和風の雰囲気醸し出すことができる。また、内壁9aの最下部に設けられた開口23へは、ファン・フィルターユニット21の気体流入口とを気密性を持って連通する気体流路24が接続され、同流路が内部空間7内を走っている。このように、高清浄部屋システム10は、従来の部屋空間と比較しても何ら違和感なく、和風の外観を伴いながら、同時に極めて高い清浄度を達成することができる。

[0143] 上記に示したような、主室20と前室40とを連結する構成としては、上記のような例に限らず、例えば、日本伝統の和室や和風旅館の部屋が挙げられる。日本伝統の和風旅館の部屋は、入り口を入ると障子等で奥の部屋（主室20）と仕切られた、所謂、踏み込み（靴及び下駄脱ぎスペース）がある。このスペースに上記の前室40の構成を導入することができる。靴を脱ぐことは、まさに、奥の主室20に塵埃を持ち込まない、日本古来の知恵であるが、これに本発明の清浄技術を加えることで、名実共に、日本和室は、世界最高級の清浄度を、伝統の姿を全く失うことなく、世界に冠たる姿を持って指し示すと共に、実用に供することができる。また、日本伝統の住居等であれば、外部を外気導入空間である内部空間7への外気導入源とし、三和土スペースを前室40とし、奥の室を主室20とすることができる。また、近代日本の部屋（マンション等の部屋）等であれば、外部を外気導入空間である内部空間7への外気導入源とし、玄関スペース（靴及び下駄脱ぎ）を前室40とし、奥の室を主室20とすることができる。また、欧米式の一戸建ての住居等であれば、廊下や外部を外気導入空間である内部空間7への外気導入源とし、日本式に玄関スペース（靴及び下駄脱ぎ）を新たに設け、前室40とし、残りの部屋スペースを主室20とすることで、花粉症等の対策を打つことができる。

[0144] 次に、この実施例による高清浄部屋システム10の動作について説明する。まず、主室20内に備えられているファン・フィルターユニット21を単独で運転した場合の主室20内の空気清浄度の変化について説明する。

[0145] 図10は、主室20内に備えられた100%循環フィードバック系を構成するファン・フィルターユニット21を運転した場合についてのダスト粒子数の時間変化を、短い時間スケールにおいて示した略線図、図11は、同時時間変化を長い時間スケールにおいて示した略線図である。

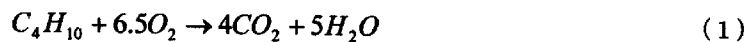
[0146] 図10及び図11に示すように、ファン・フィルターユニット21の運転開始時は、粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上の塵埃の総和が10万個/立方フィートを超え（US 209D クラス10万）、 $0.3\mu\text{m}$ の以上の塵埃の総和は、立方フィート当り100万を超える、極めて塵埃粒子数の多い、決して清浄とはいえない環境である。ファン・フィルターユニット21の運転開始後は、主室20内の塵埃の粒子数が、運転開始からおよそ5分で1000個程度まで減少し、10分を超えたあたりで、1立方フィートあたり100個以下、即ち、US 209D クラス100以上の良好な清浄度となる。さらに、特に図11に示すように、運転開始から10時間程度経つと、粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上の塵埃の総和は勿論、 $0.3\mu\text{m}$ の以上の塵埃の総和までもが、0カウントを呈することが示された。ここで、図11において示した略線図の縦軸は、対数プロットを行っているため、測定値ゼロは（縦軸、下方無限遠に飛ぶことから）プロットすることができない。よって便宜上、ここでは、測定で得られたゼロカウントは、便宜上、0.01のところにプロットした。また、粒径とは一次粒子の平均粒径のことをいう（以下同様である。）。

この結果は、US 209D クラス1級の、高品位半導体工場等で用いられているスーパークリーンルームの清浄度に匹敵し、本実施例において示したような極普通の一般家庭風の外観を持つ部屋で達成できる清浄度としては、世界初であり、日常生活環境上の視覚的な親和性と超高清浄環境の両立ということで、極めて意義深いことと考えられる。

[0147] 次に、主室20内に人間が滞在すること等によって酸素が消費される場合について説明する。図12は、主室20内において酸素を消費する実験を行った様子を示した図面代用写真である。図12に示すように、主室20内においてカセットコンロによってブタンガスを燃焼させ、さらに、主室20内に人間を2人滞在させることにより、室内の酸素を消費しつつ、主室20内の酸素濃度を計測した。

[0148] 図13Aは、この実験の開始から80分までのブタン(C₄H₁₀)ガス燃焼量と、主室20内の酸素濃度とを示した略線図である。図13Bは、図13Aのグラフにおける酸素濃度の変化を20%付近において拡大して示した略線図である。

[0149] [化1]



[0150] 化学反応式(1)より、ブタンが1モル58g、酸素は同32gであることを考えると、ブタンガスが毎分2g燃焼される際には、酸素の消費量は、約5[l/min.]であることが分かる。これは、人間の約20人分の酸素消費量に相当する。本実施例において用いられる部屋1の広さである約6畳の居住スペースに対しては、入りきれないくらい的人数であり、酸素供給能力を見るには十分な消費量である。この計測に使用したガスコンロは部屋のほぼ真ん中ながら、ファン・フィルターユニットの直下からは外した位置に載置した。また、この計測に使用した酸素濃度計は、ガス交換膜と対向する壁の位置、したがって、ガス交換膜から最も遠い位置に置いた。

[0151] また、図13A及び図13Bに示すように、主室20内の酸素濃度は、20分から60分に至るまでに0.3%ほど減少し、一時的に、20.6%となるが、その後増加に転じる。これは、上記において示した数式(16)においてターゲット酸素濃度とした数値20.8%と良い一致を示す。酸素濃度が一時的に、20.6%まで下がるのは、想定内のアンダーシュートであり、以下のように説明できる。ガスコンロの位置と酸素濃度計の位置の兼ね

合いにより、数式(9)～(15)による解析では、簡単の為、濃度の場所依存性はないとしている。即ち、酸素濃度に空間分布があるのは構成上当然であるが、天井に設置したファン・フィルターユニットの送風動力の効果により、「部屋の中の空気は十分早くかき回されていて、酸素濃度に場所ムラがない」という近似で解いている。そのため、このアンダーシュートは想定内であり、その後、増加に転じた到達点は、20.8%になると考えられ、計算と実験結果の一致はかなり良いと考えられる。このように主室20内の酸素濃度は、居住スペースと、外界と連通している壁9の内部空間7の間に濃度差ができると、これを消す方向に酸素分子の濃度拡散が生じる。これにより、酸素濃度としては、主室20内部で多量の酸素消費があるにもかかわらず、ほぼ、上記に置いて示した数式(15)に基づいた、20.9%に近い値を実現できることが示された。135cm×135cmの正方形形状のガス交換膜26の素材である障子紙を有する壁9に接する主室20内には人間22人が長時間滞在しても酸素が欠乏することがない。これは、主室20と壁9の内部空間7とを隔てるガス交換膜26である障子紙が、内部空間7に導入された外気と主室20の気体の間の各種分子濃度成分をガス交換膜26の両側で平衡化する膜として十分機能していることを示している。

[0152] また、上述の、主室20内酸素濃度が減少し始めて約40分経つと下げ止まるという実験結果より、 D/L を算出することもできる。即ち、この系の酸素濃度の変化を記述する微分方程式である数式(12)は、数式(3)の微分方程式と同一の形をしており、厳密解は、数式(4)と同様の形を取る(特に時間依存性としては、両者等しく、 t に対し指数関数的変化を示す。より詳細に見ると、数式(4)の $\gamma F/V$ を、数式(12)の AD/VL で置き換えれば良く、系の時間的振る舞いを把握できる)。指数関数的振る舞いが落ち着くのは、既に述べた通り、指数関数の肩における時間 t の係数の逆数のほぼ10倍程度経った時間である。このことから、図13Bの結果に基づいて、 $\{1/(AD/VL)\} \times 10 \sim 40 \text{ min}$ とすることができる。 $A = 1.35 \text{ m} \times 1.35 \text{ m} = 1.8 \text{ m}^2$ 、また、図6より約6畳の広さで

、天井高さが約 2.5 m であることから、主室 20 の容積 $V = 24 \text{ m}^3$ であるので、 $D/L \sim (24 \text{ m}^3 / 1.8 \text{ m}^2) \cdot 10 \cdot (1 / 40 \text{ min}) \sim 3.3 \text{ m/min}$ となり、上述の障子紙面積の決定に関連して求めた $D/L \sim 5 \text{ m/min}$ と良い一致を示す。即ち、ダスト粒子は通さず分子の濃度拡散は可能な膜とこれに接する内部空間を有する壁 9 とこの壁が接する部屋に 100% 循環フィードバックシステムを採用したシステムでは、内部で酸素消費実験（ガス燃焼実験）を行うことで、当該膜の重要なパラメータである D/L を求めることができる。一旦、この値を求めた後は、この高潔浄部屋システムでは、数式 (12) が良い近似で成り立ち、この系を特徴付けるパラメータは VL/AD であることに基づき、この VL/AD を $\{(V/A) / (D/L)\}$ と書き換えることで、ガス交換膜 26 の性質だけで決まる D/L というパラメータをもとに、スケーリングに則って、このガス交換膜の接する部屋の設計 (V と A の設定、他) を、極めて見通し良く行う方法を新しく提示していることが分かる。つまり、ガス交換に関する、部屋の奥行き、或いは“実効アスペクト比”、 V/A と、ガス交換の“機能空間”における抽象的アスペクト比 D/L との比率をとっている（次元解析を行うと、 $(V/A) / (D/L)$ は、 m^3 / m^2 の次元を持つ分子を、 $\text{m}^2 / (\text{m/s})$ の次元を持つ分母で除している）。空間次元を取り出すと、3D（次元）と 2D の比を、機能空間での $2D / 1D$ で除すことで空間次元が相殺し、残る分母の（1/時間）の次元が、最終的に、全体で時間の次元を持つ量を与えており、これが即ち、系のガス交換の時定数となっている。このように $(V/A) / (D/L)$ でスケールすることから、図 6 の実施例をさらに高機能化する手段として、塵埃対策的には、ファン・フィルターユニットから射出される空気流を、天井面一面で均一化する（例えば、ファン・フィルターユニットの下には目の細かいメッシュを、これから離れた所には、“目の粗い”メッシュをおく）ことが有効なことが分かっているが、更に、 $(V/A) / (D/L)$ の比に基づく、ガス交換能的に追加の改良点として、ファン・フィルターユニットを壁 9 より、壁 9 に対向する壁の方に近づけると共に、上記の

“目の粗さ”に関しても、壁9から遠い方では、より粗く、壁に近い方は、むしろやや小さくすることが良いことが分かる。このように、スケーリングに則って、部屋の設計を高清浄度及びガス交換能的に極めて見通し良く的確に行う上で、従来に無い新しい方法を与えている。

[0153] 上述したように、上記の数式(15)を用いることにより、主室20の酸素消費量が異なるときでも、ガス交換膜26の面積を計算することができる。同様の膜微細構造を有するガス交換膜で拡散定数が同一の場合には、厚みが異なるガス交換膜を使用する場合でも、数式(15)により、やはり適正な面積を計算できる。また、通気度等の性能不明のガス交換膜であっても、ガス交換膜の面積と厚みを押さえた上で、ここに述べた実験を一度行うことで、その性能を把握し、内部で行う作業に応じてガス交換膜の面積を種々の様態に応じて計算し、以降は、自由に主室20を設計することができる。また、数式(12)は、部屋内の気流の回転がよく、空間依存性を考えなくてよい場合の式である。よって、このような機構を備えていない部屋、或いは、機構を備えていてもその機構を止めている場合には、位置依存性を考慮した考察が必要である。しかしながら、このような場合でも、一旦、実験による計測により、面積Aと或る一つの酸素消費レートにおける、部屋内酸素濃度の実験値を得ることができれば、その後は、異なる酸素消費状況下であっても、上記に示した数式(15)の、L依存性、B依存性、D依存性に従って、必要なガス交換膜26の面積Aを求めることができることは重要である。また、こうして算出した面積Aは、図6の壁2dがガス交換膜26から無限に離れている、即ち、2重壁9の空洞幅が非常に大きい場合、言い換えると、実質的にガス交換膜26が、外界（例えば戸外や廊下の空間）に直接接している場合にも、主室20への適切な酸素供給能を与える値であることに注意されたい。即ち、2重壁9の厚みが実質的に無限大の場合として、主室20と外界との界面にガス交換膜26が単独で存在する場合も本発明の実施例に含まれる。

[0154] 使用するガス交換膜26に対して上記のD/Lの値を次のようにして計算

することができる。そのために、ガス交換膜 26 の種類を変えて酸素透過能を測定した。この酸素透過能の測定のために、図 14 A 及び図 14 B に示す酸素透過能測定装置を作製した。図 14 A 及び図 14 B に示すように、透明なアクリル板を用いて直方体形状の容器 101 を作製した。容器 101 の大きさは幅約 20 cm、奥行約 15 cm、高さ約 30 cm である。この容器 101 の正面の壁 101 a の中央に長方形の開口 101 b を形成し、この開口 101 b を覆うように、酸素透過能の測定を行うガス交換膜 26 を外側から貼り付ける。ガス交換膜 26 の外周部と壁 101 a との間が封止されるようにテープ等で目張りをする。容器 101 の底面に 0.1 g 単位で測定可能な市販のデジタル台はかり 102 を置き、その上にプラスチック製のかご 103 を載せた。かご 103 の底面に蠟燭 104 を立てた。蠟燭 104 に火を付け、時間の関数として、容器 101 内の酸素濃度及び蠟燭 104 の燃焼量（燃焼済み重量を意味し、酸素消費量に対応する）を測定した。ガス交換膜 26 としては、各種の障子紙（アサヒペン 5641（株式会社アサヒペン製）、名尾和紙（厚手）、名尾和紙（毛柄）、名尾和紙（茶色）、名尾和紙（青色）、直兵衛（商品名））及びデュポン株式会社製の布様の Tyvek（登録商標）を用いた。図 15 は容器 101 内の酸素濃度の時間変化、図 16 は蠟燭 104 の燃焼量の時間変化を示す。図 15 において { で示した部分に含まれるガス交換膜に対しては、酸素濃度の低下が速く、最終的に蠟燭 104 が消えた。即ち、参照として用いた（ガス交換能がほぼゼロと見做せる）ビニール膜（◆印）は、最も早く 3 分弱で、蠟燭 104 が消え、蠟紙仕立ての名尾和紙（青色）（+印）、名尾和紙（厚手）（△印）は、各々約 3 分半、4 分半程で蠟燭 104 が消えた。図 15 において破線で囲った部分に含まれるガス交換膜（アサヒペン 5641；■印、布様 Tyvek；*印、名尾和紙（毛柄）；○印、名尾和紙（茶色）；×印、直兵衛；□印）は、炎自体は小さくなるものの、蠟燭 104 は基本的に最後まで消えなかった。図 16 において破線の矢印で示したガス交換膜は、酸素濃度の低下が速く、最終的に蠟燭 104 が消えたものであり、蠟燭 104 の燃焼量が少ない。他方、図 1

6において破線で囲った部分に含まれるガス交換膜（アサヒペン5641；■印、布様Tyvek；*印、名尾和紙（毛柄）；○印、直兵衛；□印、名尾和紙（茶色）；×印）は、炎自体は小さくなるものの、蠟燭104は最後まで消えなかったものである。図16より、アサヒペン5641（■印）は、燃焼量が多いのにもかかわらず、図15に示すように酸素濃度は他の障子紙に対して相対的に高いことから、高い酸素透過能を有することが分かる。布様Tyvekも良好な特性を有する。蠟燭の主成分のパラフィンに対し、化学反応式（1）と同様の化学反応式を立て、図15から燃焼レートBを、また、図16から $V_{O_2}/V-\eta$ （ここでは異なる二つの時刻における酸素濃度値の差）を計算することで、上記のD/Lを算定することができる。ガス交換膜26の材質によって、0.1m/分～5m/分程度の値を持つことが、この実際の測定で確かめられる。この結果は、上述の障子紙面積の決定に関連して説明した上記実験と独立な分析結果と整合的である。

- [0155] このように、障子戸や障子窓を有する和風の空間を構成し、従来の和風建築と何ら違和感の無い部屋を維持し、かつ、多量の酸素消費を伴う作業や活動を行った際でも、部屋内の空気環境を人間の生存に好適なものの維持しつつ、同時に、部屋内の空気清浄度はUS 209D クラス100を優に超え、同クラス1にも迫る極めて良好な清浄空間を得ることができる。このように、ガス交換膜26を日本古来の障子紙とすることで、伝統的な「書院造り」の端正な佇まいを、現代的な高清浄環境特性を備えさせつつ、再登場させることができ、例えば、レストランや居酒屋等に好適である。また、これらの空間において受動喫煙の弊害を低減することができる期待される。世界の住宅や、レストラン、病院、養護施設へと展開されることで、地球人類の未来の安寧に大いに資すると期待してやまない。

- [0156] 図17は、本実施例の高清浄部屋システム10において、更に、気体流路24の内部において、ファン・フィルターユニット21の上流側に、直列に光触媒フィルター（セントラル空調用光触媒脱臭ユニットMKU40：日本

トーカンパッケージ株式会社製)を配置し、主室20内においてアルコールを一定量揮発させてから、送風量11 [$\text{m}^3/\text{min.}$]にて、ファン・フィルターユニット21を運転した場合の、主室20内の空気に含まれるアルコールの濃度変化を示した略線図である。図17に示すように、ファン・フィルターユニット21の運転開始から1分後には、主室20内の空気に含まれ、人間の感じるアルコールの異臭は運転開始前の半分となり、3分後には、ほぼゼロとなる。

[0157] 図18は、上記と同様な構成にて、主室20内において芳香剤を一定量揮発させて運転した場合の、主室20内の空気に含まれる芳香剤の異臭の度合いを示した略線図である。図18に示すように、ファン・フィルターユニット21の運転開始から1分後には、主室20内の空気に含まれる芳香剤(プロピレングリコール等)に関し、人間の感じる臭気は、運転開始前の5分の1となり、2分後には、ほぼゼロとなる。このように、主室20内における臭いの原因となる物質の濃度をかなり短時間に、低減することができる。

[0158] 図17及び図18に示した結果は、光触媒が、内外で空気の入りが無い状況で、 S を化学物質の発生量、 n を化学物質濃度、 γ を光触媒のフィルター一回通過あたりの分解効率と読み替えた、上記に示した数式(3)、及び、その解が示す指数関数的濃度減少の効果(数式(4)を参照)と、もう一つは、ガス交換膜26を通じての外界との平衡状態へ達しようとする効果の相乗効果の現れであり、本発明の極めて効率的な作用の証左となっている。

[0159] このように、内部に光触媒フィルターを設けた100%循環フィードバック系を用いると、この閉空間内で発生し、内部に滞在する化学物質等の濃度を極めて素早く低下させることが可能となる。これは、上述の通り、この閉空間内の化学物質が100%循環フィードバック系によって繰り返し光触媒と接触することで指数関数的に減少するという、光触媒と100%循環フィードバック系との相乗効果と、ガス交換膜26のガス交換機能に由来する。即ち、密閉循環フィードバック系の構成を有しない従来型のクリーンユニッ

トに光触媒を組み込んでも、開放系では、光触媒効果は小さい一方、本実施例の高清浄部屋システム１０においては、密閉循環による塵埃減少によって、光触媒の機能が本来の化学物質等分解の役割に特化することができる。これらのことにより、本実施例の高清浄部屋システム１０では、塵埃フィルターと光触媒との両方において長寿命性と高機能性との両立を実現することができる。

[0160] これらのことから、例えば、臭いの発生しやすい、介護ホーム、養護ホーム、病院室内等の閉空間において、この高清浄部屋システム１０を適用することによって、室内で臭いの発生があっても瞬時に分解できることから、居住環境を飛躍的に向上させることができる。また、例えば、外部からの化学物質の侵入や内部での化学物質の発生等があっても、空間を密閉した後に１００％循環フィードバック系を運転することによって閉空間内部の化学物質濃度を数分でほぼ０にすることができる。特に、この実施例では、部屋１内、特に、主室２０内を無菌かつ無塵にして有害ガス／異臭フリーの環境が実現できるので、この主室２０の中に、例えば、小ぶりの樹木、観葉植物やハーブ等の、人間にとって好ましい効能を有する植物を置くことにより、例えば、都会の真ん中であっても、場所を選ばず居ながらにして、最高クラスの“森林浴”が体験できる。更に、積極的にラベンダーやその他、ユーザーそれぞれのニーズに合致したアロマの香りを導入することで、これからの現代人の最大の贅沢である、環境、中でも空気の品質を最大限に引上げることで、リラクゼーション等、人々の体に纏わるポジティブな効果を最大限に引上げることが可能となる。また、例えば、この密閉空間の内壁の一部をガス交換膜２６で構成すること等により、特定の化学物質に対してアレルギー症状を引き起こす化学物質過敏症の患者や、喘息の患者であっても、この空間内であれば、喘息やアレルギー症状を重症化することなく長時間滞在することができる。また、例えば、無塵及び無菌環境にて呼吸器を、例えば就寝時の一日約８時間、“無負荷運転”することで、消化器官に対する短期間の断食が効果を奏するとされているのと同様の効果が期待できる。また、例えば、

居住及び治療空間内を、例えば、US 209D クラス1～10程度の高清浄空間とすることで、無塵かつ無化学物質環境という“バックグラウンドノイズの少ない”環境で、呼吸器、特に肺を経由した薬の投与を行えば、上述の“S/N比”を飛躍的に向上させた状況での、治療ができると期待される。つまり、在来環境の10億を超える塵埃の影響なく投薬等の医療プロセスを実行できる。高齢人口の増加する日本や、今後同様のことが予測される世界各国において、この高清浄部屋システム10の病院応用や在宅医療応用は極めて大きな可能性を秘めている。

[0161] ファン・フィルターユニット21の内部に備えられた塵埃フィルターに対して、光触媒フィルターを流れ方向に直列に備えた100%循環フィードバック系を密閉された閉空間に接続して運転すると、この閉空間内の化学物質の分解効果が飛躍的に向上する。その一方で、塵埃フィルターと光触媒フィルターとを流れ方向に直列に備えるので流れに対する圧力損失が大きくなり、閉空間内に供給できる風量が低下する。この問題に対処するには、ファン・フィルターユニット21のファンを最大静圧の大きいハイパワーなものとすることや、塵埃を除去するフィルターの圧力損失を小さくすることが挙げられる。前者は、コストが増大するとともに消費電力も増大し省エネルギーの観点からできれば避けたい形態である。また後者では、フィルターの塵埃捕集率を下げることによってフィルターによる圧力損失を小さくするため、フィルターの塵埃捕集率に大きく依存する従来型空気清浄システムでは塵埃の捕集性能が下がる。即ち、従来型クリーン系ではこの後者は採用できないが、上記において示した数式(4)に従うこの高清浄部屋システム10では、これを採用することができ、しかも高性能を発揮させることが出来る。

[0162] 図19は、主室20において、ファン・フィルターユニット21の内部に備えられた塵埃フィルターを塵埃捕集率 γ が0.95の中性能フィルターとして数分間運転し、主室20内における塵埃の数を各粒径ごとに示した略線図である。図20は、この実験において計測された主室20内における塵埃のうち、粒径が0.5 [μm]以上の塵埃の1立方フィート当りの総数を示

した略線図で、そのままUS 209D規格で評価した際の、主室20の清浄度に対応する。

[0163] 図19に示すように、ファン・フィルターユニット21の運転開始から4分後における主室20内の塵埃の数は、粒径が0.3 [μm] の塵埃は1000個を下回る程度に留まるものの、粒径が0.5 [μm] の塵埃は100個を大きく下回り、粒径が0.5 [μm] 以上の塵埃は10個以下となる。粒径が0.5 [μm] 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数に着目すると、図20に示すように、運転開始から10分で、主室20内における粒径が0.5 [μm] 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数は100個以下となり始め、運転開始から40分を過ぎるとこの塵埃の1立方フィート当りの総数は10個前後となり、その後この値が維持されることで、US 209D クラス10級の清浄度の良好な空間が得られる。

[0164] このように、塵埃捕集率 γ が0.95であっても、US 209D クラス10級の清浄度という高品位な清浄環境を得ることができる。このことから、この高清浄部屋システム10では、フィルターの塵埃捕集率に対する「1に近くあるべし」との要求レベルを格段に下げることができるので、これにより生じるマージンを光触媒機能等の付加価値付与に充てることができる。これによって、塵埃フィルターの目詰まりが起きにくくなり寿命が飛躍的に延びる。また、この場合、主室20に、複数の100%循環フィードバック系を接続してもよい。この複数の100%循環フィードバック系のうち、例えば、一方は、塵埃捕集率は低い光触媒を有し化学物質分解に特化したフィルターを備えたファン・フィルターユニット21を有する100%循環フィードバック系、もう一方は、塵埃の捕集に特化したフィルターを備えたファン・フィルターユニット21を有する100%循環フィードバック系とすることで、両者の利点を最大限に生かすことができる。ここでは、メインの100%循環フィードバック系が、上述のように、吸入口とファン・フィルターユニット21への気体流入口とを気密性を持って連通する気体流路24を伴い、吹き出し口22と、隔壁下部に設けられた吸入口である開口23

との間に距離があり、よって、室内の空気を”ショートサーキット”させずに、全体に亘って動かすことの出来るしっかりしたものであれば、この“主”の100%循環フィードバック系に付随する“従”の循環フィードバック系は、100%循環フィードバック系といっても、メインのループのような厳密な気体流路を必ずしも必要とせず、単に、射出量と吸引量が一致している空気清浄器を、メインの循環システムにより風の動く室内の部位に置くことも推奨され、例えば、当該装置を準オープンスペースにて動作させた場合には到底実現できないような高清浄度が達成される。

[0165] 図21は、本実施例において、主室20内に設けられる100%循環フィードバック系を構成するファン・フィルターユニット21を、市販の光触媒や金属ラジカルを利用した空気清浄装置（富士フィルム社製 KPD1000）として数十分間運転し、主室20内における塵埃の数を各粒径ごとに示した略線図である。図22は、この実験において計測された主室20内における塵埃のうち、粒径が $0.5 [\mu\text{m}]$ 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数を示した略線図である。KPD1000は風量を $0.55 [\text{m}^3 / \text{min}]$ として運転した。

[0166] 図21に示すように、粒子数の減少率は数式（1）において示した γ に依存する。これは、数式（4）からも明らかである。図中、粒径が大きい $10 [\mu\text{m}]$ のものに対しては、粒子数減少は速く、これに対しては、 $\gamma \sim 1$ というのは良い近似で成立している。しかし粒径が、 $5 [\mu\text{m}]$ 、 $1 [\mu\text{m}]$ 、 $0.7 [\mu\text{m}]$ 、 $0.5 [\mu\text{m}]$ 、 $0.5 [\mu\text{m}]$ に向かって小さくなるにつれ、粒子数の減少レートが小さくなっていることが分かる。つまり、このKPD1000は、粒径により、捕集率 γ が異なっていることが分かる。図22で示されたデータより得られた粒子数の減少レートと、数式（4）の指数関数部の時間 t に掛かる係数とを比較することにより、 V と F は分かっているので、 γ を算定することができる。この算定により、例えば、粒径 $5 [\mu\text{m}]$ に対しては、 $\gamma = 0.75$ 、粒径 $1 [\mu\text{m}]$ と粒径 $0.7 [\mu\text{m}]$ とに対しては、 $\gamma = 0.37$ 、粒径 $0.5 [\mu\text{m}]$ に対しては、 $\gamma = 0.3$

3、粒径0.3 [μm] に対しては、 $\gamma = 0.29$ と求まる。このように、1 [μm] より小さい粒径の粒子に対する γ は、粒径が10 [μm] の粒子に対する γ の数分の一程度であることが分かる。KPD1000はダチョウ卵フィルターを装備し、ウイルス除去、臭い除去に主眼を置いたフィルターであり、捕集効率 γ は、特に、粒径の小さい方で、1をかなり下回るが、この程度の γ しか持たないフィルターであっても、US 209D クラス200の比較的良好な清浄度を達成しうることを示している。本実施例の、低価格ながら相応に低性能なフィルターや光触媒システムを、100%循環フィードバックシステムに組み込むことで、高性能なフィルターに匹敵する性能を出させ得るというユニークな特徴が遺憾なく発揮されている。また、本発明の構成要素である100%循環フィードバック系を用いることで、図23～図25に示すように、名尾和紙（毛柄）、伊万里和紙、布様のTyvek（登録商標）を、ファン・フィルターユニットのフィルターとして用いた場合の、粒径別の捕集効率も得ることができている。これは、マイクロビアル (microbial) 環境制御に大きく役立ち、新しい医療、療養及び養護環境を与えることができる。

[0167] また、ここに述べた γ の算定法は、上述した障子紙面積の決定において、必要な面積をオーダーエスティメーション (order estimation) した障子紙に対しても適用することが出来る。即ち、そこで用いた障子紙を折り込んでフィルターを作製し、これを組み込んだファン・フィルターユニットを一定容積の閉空間内で100%循環フィードバック動作させて、各粒径の粒子数がどう変化するかを測定することで、障子紙フィルターを用いた場合においても、図21で示されたものとほぼ同様な性能を示すことがわかった。例えば、株式会社大直の障子紙“直兵衛”を障子紙フィルターとした場合では、粒径0.3 [μm]、0.5 [μm]、0.7 [μm]、1.0 [μm]、5.0 [μm] 及び 10 [μm] に対し、 γ は、各々、0.12、0.14、0.18、0.28、0.56及び～1であった。また、株式会社アサヒペンの障子紙“無地No. 5641”を障子紙フィルターとした場合では

、粒径0.3 [μm]、0.5 [μm]、0.7 [μm]、1.0 [μm]、5.0 [μm] 及び10に対し、 γ は、各々、0.18、0.21、0.24、0.42、0.71 及び ~ 1 であった。このように、従来、低～中級フィルターでは、集塵効率に関して、粒子数がディケイ(decay)するところまで見ることができず、重量法や比色法しか用いられていなかった（従って精度の良い測定が出来なかった）のに対し、100%循環フィードバックシステムと結合して測定する方法は、粒径弁別しつつ、しかも一気に同時測定できるという特長から、測定法としても新しい手法を提供しているということが出来る。一方、上述した $(V/A)/(D/L)$ で部屋をスケールすることも、また、別の側面で、本発明者らにより見出された新しい手法であり、優れた特長である。今後、この二つ特長が合わさって、相乗効果をもたらすことを考えるとこの実施例において示したシステムが、清浄環境の技術開発及び解析において果たす役割、意義は極めて大きいといえる。

[0168] 上記のUS 209D クラス200級の清浄度は、0.5 μm 粒子の捕集効率 γ が1に遠く及ばないフィルターを以って出した値としては、驚異的であるといつてよい。例えば、通常のクリーンルームの使い方での空気清浄装置(KPD1000：富士フィルム社製)を使っても、塵埃量は、雰囲気塵埃数密度 N_0 の高々半分程度(数十万個/立方フィート)にしか落ちないのに対し、図22に示したグラフから明らかなように、上述した本実施例のシステム構成で用いれば、 N_0 より3桁程度小さい値にまで減少させることができる。これこそが、上記において示した数式(5)の直接の帰結であるといえる。また、図21に示すように、同時に計測される酢酸と NH_3 の濃度も運転開始から10分後には両者ともに濃度が1 ppm以下となる。このように、空気清浄装置と100%循環フィードバック系とを同時に運転させることで、空気清浄装置の性能を飛躍的に向上させることができる。

[0169] このように、密閉循環系の空気清浄システムである高清浄部屋システム10においては、塵埃の捕集効率がフィルターの塵埃捕集率には大きく依存しない。そのため、フィルターの塵埃捕集率を下げても開放系の空気清浄シス

テムのときに見られたような塵埃捕集効率の著しい低下が見られない。高清浄部屋システム10では、塵埃捕集率が1に近くなくても良いことでできたマージンを殺菌性、滅菌性へ振り向けることができる。また、100%循環フィードバック系が接続された密閉空間に、装置に送風口と吸気口とが集積されているようなファン・フィルターユニット、例えば、市販の空気清浄機等を設置するだけでも高清浄環境を得ることができ、さらに、このファン・フィルターユニットに装備されているフィルターの寿命も延ばすことができる。また、100%循環フィードバック系が備えられた主室20の内部に、KPD1000等の市販の光触媒や金属ラジカルを利用した空気清浄装置を独立に設置することも極めて有効である。このような、塵埃抑制よりもウイルス抑制や臭い取りに特化した空気清浄装置を、低塵埃環境に設置することにより、塵埃によるフィルターの詰まりによる性能劣化がほぼゼロに抑えられ、本来のウイルス不活化や脱臭等の役割に特化することができる。さらに、フィルターの目詰まりが殆ど起こらないので長期信頼性を得ることができる。このように、100%循環フィードバック系を具備した本実施例の系に加えて、市販の清浄機或いは空調機を併用するシステムは、清浄化の能力を、和でなく積でエンハンスでき、当該併用システムの新品時の性能を半永久的に維持することができる。

[0170] 次に、前室40内に備えられているファン・フィルターユニット44（ピュアスペース1、吐出風量＝ $[1\text{ m}^3/\text{min}]$ ：アズワン社製）を単独で運転した場合の前室40内の空気清浄度について説明する。

[0171] 図26は、前室40内に接続された100%循環フィードバック系を構成するファン・フィルターユニット44を運転した場合についてのダスト粒子数の短時間における変化を示した略線図である。図26に示すように、ファン・フィルターユニット44を運転後の、前室40内の粒径 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の塵埃の1立方フィート当りの総数は、運転開始前には数十万個であったものが、運転開始からおよそ5分で3分の1の、1立方フィート当り4万个程度まで減少し、10分を超えたあたりで1立方フィート当り1000個

程度に減少する。その後、この清浄度が長時間に亘って保たれる。このように、前室40は、ファン・フィルターユニット44の運転開始からおよそ5分で前室40内部の塵埃の量を効果的に減少させることができる。

[0172] 図27は、前室40に備えられているファン・フィルターユニット44を、大容量のファン・フィルターユニットであるアズワン社製のピュアスペース10（最大吐出流量＝11 [m^3/min]）に変更し、吐出風量＝11 [m^3/min]として運転し、得られた結果を示した略線図である。図27に示すように、前室40内の塵埃粒子数のうち、粒径が0.5 [μm]以上の塵埃粒子の総数は、運転開始前においては、1立方フィート当り百万個程度であったものが、ピュアスペース10の運転開始から2分半で、ほぼ0になる。また、粒径が0.3 [μm]以上の塵埃粒子の総数は、運転開始前においては1立方フィート当り一千万個程度であったものが、ピュアスペース10の運転開始から2分程度で10個以下となる。このように、前室40の容積に応じて使用するファン・フィルターユニット44を適宜設定することで、前室40内を極めて短時間に超高清浄環境とすることができる。以上のことから、本実施例の高清浄部屋システム10の前室40は、前室としての性能が極めて高いものが得られることが実証できた。これは、例えば、和風旅館の“踏み込み”（靴脱ぎスペース）に腰掛けて、革靴の靴紐をゆっくりと解いている間のごく短時間（約1～2分の間）に、当該靴脱ぎスペース（前室）の清浄度は、US 209D クラス0.1程度に向上することができることを示している。

[0173] 次に、高清浄部屋システム10の主室20に前室40を経由して人間が入る場合について説明する。主室20に人間が入る前においては、出入り口8及び引き戸47は完全に閉じられており、外部と前室40と主室20とは完全に隔絶されている。また、主室20は、100%循環フィードバック系によって、あらかじめ内部がクリーンに保たれている。

[0174] ここで、出入り口8から人間が前室40に入り、出入り口8を閉め、前室40の100%循環フィードバック系を始動すると、上述したように前室4

0の塵埃が素早くフィルターに捕集され、前室40の清浄度が急速に向上する。この時、人の呼吸によって前室40の酸素は消費されるが、引き戸47にはガス交換膜26として障子紙が張られていることで、上述のガス交換機能で酸素が供給されるので、前室40での滞在には何ら問題は生じない。

[0175] このように、出入り口8、引き戸47を閉めた状態で、前室40にて、約2分間待機し、その後、引き戸47を開けて、主室20へ入ることで、主室20の清浄度を下げることなく、外部から主室20に人等が出入りすることができる。

[0176] 図28は、引き戸47を経由して前室40から主室20へ人が入った時の主室20の相対清浄度の変化について示した略線図である。図28に示すように、出入り口8、前室40、引き戸47を経て、外部空間から主室20へ入った前後での主室20の清浄度に変化はないことが実証された。これは、前室40と主室20との間に設けられた出入り口が引き戸47で構成されているため、開け閉めの際の体積変化がなく、従って、圧力変化や空気送り効果（ピストン効果）も無く、人間の出入りの際に、主室20に対して、気流としての空気の出入りが無い。従って、塵埃の多い外気の流入もないので、主室20の清浄度が常に良好に保たれることを示している。このように、高清浄部屋システム10を前室40と主室20とで構成し、前室40と主室20とを隔てる出入り口を引き戸47としたことで、主室20内の清浄度を保ったまま、主室20と外部との間を行き来することができる。また、出入り口8も、最小限の改装に留めるべく扉のまま維持することもできるが、上記の圧力生成や空気送り効果（ピストン効果）を避ける意味と、病院や特別養護ホーム等では、廊下を通過する人や車椅子との衝突を避けたりする上でも、また、新築等で作る場合にも、出入り口8も引き戸にすることがより好適である。その他のことは、第1及び第2のいずれかの実施の形態と同様である。

[0177] この第3の実施の形態によれば、第1及び第2の実施の形態と同様な利点を有するとともに、居住空間6を前室40と主室20とに引き戸47によっ

て分割し、前室40側に外部から人間等が出入りする出入り口8を設けたので、外部空間から、出入り口8を経て入った人間等は、一旦、前室40において、数十秒～2分待った後、引き戸47をあけて、主室20へ入ること、主室20内の清浄度を一切劣化させることなく、外部空間から主室20へたどり着くことができる。また、この引き戸47には、障子紙等のガス交換膜26を張ることで、日本古来の障子の趣をかもし出しながら、ガス交換能を付与することができる。このように、部屋1を構成する壁9の一部を成すガス交換膜26を障子様濾布、或いは障子紙で構成し、出入り口、並びに、主室と前室（踏み込み）の間仕切りを引き戸とすることで、居住空間6を和風に構成することが可能となり、日本の千年数百年以上に亘る歴史に培われた様式を現代技術と理論解析式である数式（1）～（17）を通じて洗練されたものとし、単に、単に長期優良住宅のコンセプトやエネルギーマネジメントにとどまることなく、更に清浄な空気環境という、古代の日本には普通にあった最上の空気環境を普通に日常で味わえるものとして現代に蘇らせることができる。また、障子、襖、引き戸等の日本古来のライフスタイルが、本発明を通じて、おしつけではなく、恒常的な清浄空間を実現するための自然かつ必然的な準備及び手続きとして再認識されることで、障子紙ガス交換膜と内部空間も持つ壁と100%循環フィードバック系を伴うところの引戸様式の和室を、最先端21世紀型優良生活空間として世界に発信することができる。さらに、一般居住空間内でどうしても発生するダストを塵埃フィルター等によって能動的に除去できるので、部屋内で発生するダストを単に外部に押し出していた従来のクリーンルーム等と比べて、部屋内を飛躍的に高清浄にできるとともに、内部でダストの発生があっても高い清浄度を維持できる。

[0178] <4. 第4の実施の形態>

図29は第4の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高清浄部屋システム10を示す。図中、破線部は、部屋1a及び1b内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋1a及び1bの内

部の構成は実線で示している。

[0179] 図29に示すように、この高清浄部屋システム10は、互いに異なる2つの独立な部屋が隣り合って構成されている。隣り合う部屋のうち、図面右側には第2の実施の形態における部屋1a、左側には第3の実施の形態における部屋1bが設けられている。部屋1aと部屋1bとは壁9を隔てて線対称の位置にそれぞれの部屋のユーティリティースペース19が配置されている。ユーティリティースペース19がこのように配置されることによって病院や養護ホームに限らず、ホテルやマンション等でも一般的に用いることができる。そのため、既存の建築物に対して、この高清浄部屋システム10を容易に適用することができる。また、入退室が2段式になっているところならいずれも極めてよく作用し、既存の建築物としては、例えば、公衆浴場、プール、陶板浴、岩盤浴、岩盤浴、ネイルサロン、マッサージ等の身体ケア産業、養護ホーム、特老ホーム、病院、幼稚園、学校等に適用が可能なものである。

[0180] このように、多数の部屋を有する集合住宅、介護ホーム、病院等に対し必要に応じて、上記システムの構成を組み込むことで簡易に低塵埃空間を得られるだけでなく、化学物質、臭い等も瞬時に分解できる超高清浄空間を得ることができる。また、例えば、部屋1の壁9の内部空間7を連結することで共通の空間としてもよい。この形態は、後述する第21の実施の形態において詳しく説明する。また、部屋1を複数連結し、複数の居住空間又は主室の空気の連通がある部位に1つ或は少数のファン・フィルターユニット21を配置した集中システムにより、複数の部屋の一括清浄化を行うこともできる。即ち、各部屋1に備えられた複数の気体流路24を気密性を持って連結し、1つ或は少数のファン・フィルターユニット21で複数の部屋1に清浄空気を供給する。この連結は、例えば、ダクト等によって行われ、例えば、各部屋1の壁9の内部空間7を順に連結し、ファン・フィルターユニット21を連結した後に、各部屋1の居住空間6又は主室20に空気が送風されるように、部屋1にそれぞれ設けられた送風機を連結するようにして構成される。

。この形態は、後述する第21の実施の形態において詳しく説明する。その他のことは、第1～第3のいずれかの実施の形態と同様である。

[0181] この第4の実施の形態によれば、第1～第3の実施の形態と同様な利点を有するとともに、既存の建築物に対して容易に適用可能な高浄化部屋システム10を得ることができる。

[0182] <5. 第5の実施の形態>

図30は第5の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高浄化部屋システム10を示す。

[0183] 図30に示すように、この高浄化部屋システム10は、互いに異なる2つの独立な部屋が隣り合って構成されている。隣り合う部屋のうち、図面左側には部屋1c、右側には部屋R₃が設けられている。この図において、一点鎖線で表される部屋R₃は仮想的な部屋であって、部屋1cと独立した構成を有していればその構成は限定されない。また、図中、破線部は、部屋1c内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋1cの内部の構成は実線で示している。

[0184] 部屋1cは第2の実施の形態において示した部屋1aの図面向かって右側の壁9が、ガス交換のみに特化する壁として与えられている。具体的には、この壁9の内壁9aの一部に、第1の内部空間である内部空間7と居住空間6とが連通するような開口が設けられ、この開口を完全に塞ぐようにしてガス交換膜26が設けられ、一つの内部空間がガス交換のみに特化させて構成される。また、居住空間6内部に、壁9に対向して設けられた側壁である壁13によって形成される第2の内部空間である内部空間12は、天井裏5及び外部から完全に隔絶されている。壁13の内壁13aに開口23を設け、内部空間12とファン・フィルターユニット44の吸入口とを気体流路24によって気密性を持って接続することで、内部空間12全体が、気体流路24の一部として構成され、一つの内部空間が100%循環フィードバックのみに特化されて構成される。また、例えば、開口23の横幅は壁9の一方の側部から他方の側部までの範囲であればどのような幅であってもよいが、開

口の横幅を広くすることによって居住空間 6 内の空気全体を一様に吸引することができる。このような構成とすることによって、構成の単純化ができ、また、壁全体を循環路とすることで、側壁下部から一様に気流を吸引して、フィードバックすることができ、居住空間 6 内全体を一様でムラのない清浄化が可能となる。このように、一つの内部空間を、ガス交換と 100% 循環フィードバックとの両方の機能を備えさせず、個別化することで、循環路の断面流量を大幅に増加させ、流れのコンダクタンスを大きくしたり、ガス交換効率を向上させたりすることができる。その他のことは、第 1～第 4 のいずれかの実施の形態と同様である。

[0185] この第 5 の実施の形態によれば、第 1～第 4 の実施の形態と同様な利点を有するとともに、一つの内部空間を、ガス交換と 100% 循環フィードバックとの両方の機能を備えさせず、個別化することで、循環路の断面流量を大幅に増加させ、流れのコンダクタンスを大きくしたり、ガス交換効率を向上させたりすることができる。

[0186] < 6. 第 6 の実施の形態 >

図 3 1 は第 6 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高清浄部屋システム 10 を示す。

[0187] 図 3 1 に示すように、この高清浄部屋システム 10 は、互いに異なる 2 つの独立な部屋が隣り合って構成されている。隣り合う部屋のうち、図面左側には部屋 1 d、右側には部屋 R₄ が設けられている。この図において、仮想線である一点鎖線で表される部屋 R₄ は仮想的な部屋であって、部屋 1 d と独立した構成を有していればその構成は限定されない。また、図中、破線部は、部屋 1 d 内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋 1 d の内部の構成は実線で示している。

[0188] 部屋 1 d は第 3 の実施の形態において示した部屋 1 b の図面向かって右側の側壁である壁 9 と壁 9 によって形成される第 1 の内部空間である内部空間 7 とが、第 5 の実施の形態において示した部屋 1 c 内に設けられる壁 13 と、壁 13 によって形成される第 2 の内部空間である内部空間 12 と同様な構

成を有する。これによって、内部空間 7 全体が、気体流路 2 4 の一部として構成され、一つの内部空間が 100% 循環フィードバックのみに特化されて構成される。このような構成とすることで、構成の単純化ができ、壁全体を循環路とすることができる。また、側壁下部から一様に気流を吸引して、フィードバックすることができ、居住空間 6 内全体で一様でムラのない清浄化が可能となる。その他のことは、第 1 ～ 第 5 のいずれかの実施の形態と同様である。

[0189] この第 6 の実施の形態によれば、第 1 ～ 第 5 の実施の形態と同様な利点を有することができる。

[0190] < 7. 第 7 の実施の形態 >

図 3 2 は第 7 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高浄化部屋システム 10 を示す。図中、破線部は、部屋 1 c 及び 1 d 内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋 1 c 及び 1 d 内部の構成は実線で示している。

[0191] 図 3 2 に示すように、この高浄化部屋システム 10 は、互いに異なる 2 つの独立な部屋が隣り合って構成されている。隣り合う部屋のうち、図面右側には第 5 の実施の形態において示した部屋 1 c、左側には第 6 の実施の形態において示した部屋 1 d とが、両室を隔てる壁に対して線対称に気体流路 2 4 が配置されるようにして設けられている。

[0192] 図 3 3 は、この実施の形態の変形例である 2 ダクト壁埋め込みタイプの循環路を示した断面図である。

[0193] 図 3 3 に示すように、部屋 1 c の内部空間 1 2 と部屋 1 d の内部空間 7 とを共通の空間として内部空間 7 とし、この内部空間 7 に、部屋 1 c 及び部屋 1 d にそれぞれ設けられる 2 本の気体流路 2 4 を収納したものである。この場合においては、壁 9 は間仕切り壁としての機能を有し、壁 9 は 2 枚の内壁 9 a が互いに対向するようにして設けられることで構成されている。中心円が黒の二重円の記号は、気流が紙面上向きに流れていることを示す。内部空間 7 には、上述したように、気体流路 2 4 を、例えば入れ子のようにして収

納して100%循環フードバック系が構成される。また、気体流路24が設けられた部分の壁材63の一部をガス交換膜26で構成し、ガス交換膜26を隔てる空間である部屋1cの居住空間6と部屋1dの居住空間6との間においてガス交換可能に構成される。内部空間7に気体を流すと、部屋1c及び部屋1dの両部屋の居住空間6を、両部屋を一切狭くすることなく一気に高洗浄部屋とすることができる。即ち、この構造は、この部屋の狭小化を極限まで抑えることが出来る究極の構造である。在来の部屋の構造に対し、付加的に体積を消費する部分を皆無にすることができ、建物全体に対する洗浄居住環境スペース(部屋)の床面積や体積比率を下げることなく、かつ当該洗浄居住部屋から外部空間への塵埃排出を伴わず、当該部屋1の居住空間6を極めて高い洗浄度に保つことができる。また、この実施の形態は、居住空間6を主室20、前室40等に置き換えて構成することもできる。

[0194] また、例えば、隣接する部屋1の壁9の内部空間7の外気導入空間を連結することで共通の空間としてもよい。また、複数の部屋1を連結して、複数の居住空間6との空気の連通がある部位、即ち、居住空間6に接する一面と、もう一つの上記条件を満たす面である開口23とを結ぶ、気体流路24の両端或は途中部に1つ或は少数のファン・フィルターユニット21を配置した集中システムにより、複数の部屋1の一括洗浄化を行うこともできる。この形態は、前室40と主室20とで構成されるような、部屋1の入退室が2段式になっているところならいずれも極めてよく作用し、公衆浴場、プール、岩盤浴、ネイルサロン、マッサージ等の身体ケア産業、養護ホーム、特老ホーム、病院、幼稚園、学校等に適用が可能なものである。その他のことは第4～6のいずれかの実施の形態と同様である。

[0195] この第7の実施の形態によれば、第4～6の実施の形態と同様な利点を有するとともに、隣接する部屋1に背中合わせで設けられた気体流路24を、2ダクト壁埋め込みタイプの循環路とすることで、在来の部屋の構造に対し、付加的に体積を消費する部分を皆無とすることができ、建物全体に対する洗浄居住環境スペース(部屋)の床面積や体積比率を下げることなく、かつ

また当該清浄居住部屋から外部空間への塵埃排出を伴わず、当該部屋の内部空間を極めて高い清浄度に保つことができる。

[0196] < 8. 第 8 の実施の形態 >

図 3 4 は第 8 の実施の形態による就寝状況検知システムにおいて用いられる高清浄部屋システム 10 を示す斜視図である。なお、図中の斜線部は高清浄部屋システム 10 の構成を明確にするために示したものであり、断面を示すものではない。図中、破線部は、部屋 1 内部に設けられた、隔壁、天井壁等の壁を示し、その他の部屋 1 の内部の構成は実線で示している。

[0197] 図 3 4 に示すように、この高清浄部屋システム 10 は、密閉された直方体状の部屋 1 に対して 100% 循環フィードバック系を組み込むことで構成されている。この中空壁 3 は、上述した実施の形態における、内壁 9 a と外壁 9 b とを有する壁 9 のうち、一体に形成されており、壁 3 によって形成される内部空間 7 は完全に中空となっているものである。部屋 1 は、壁 2 によって密閉して包囲されることで構成され、具体的には、天井壁 2 a と、床壁 2 g と、複数の側壁 2 b ~ e とによって密閉して包囲されることで構成されている。部屋 1 を構成する側壁 2 のうちの少なくとも 1 枚の側壁は中空壁 3 によって構成されている。また、中空壁 3 は、矩形の中空断面を有する筒形状を有している。中空壁 3 及び側壁 2 b は、天井壁 2 a と床壁 2 g とに挟まれるようにして設けられる。即ち、側壁 2 b と互いに対向する側面 2 d は天井壁 2 a の主面上と床壁 2 g の主面上とにそれぞれ接して設けられている。また、中空壁 3 は、底面及び頂面が筒の開口部となるように設けられ、この 2 つの開口が天井壁 2 a の主面と床壁 2 g の主面とにそれぞれ塞がれることで閉空間を形成する。部屋 1 は、このように複数の壁によって囲まれることで密閉された閉空間である居住空間 6 を形成している。また、上述した中空壁 3 と天井壁 2 a と床壁 2 g とで形成される空間が内部空間 7 を構成している。また、部屋 1 には、外部から人間が出入り可能な出入り口 8 が設けられている。また、部屋 1 の頂面は頂壁 2 h で構成され、部屋 1 の天井壁 2 a と頂壁 2 h とで挟まれる空間が天井裏 5 を形成している。

[0198] 天井裏5内の天井壁2a上には、図中において斜線で示したファン・フィルターユニット21が設けられる。天井壁2aにはファン・フィルターユニット21の吹き出し口に対応する開口が設けられており、この開口とファン・フィルターユニット21の吹き出し口とが気密性を持って接続されることで、居住空間6内に空気を排出する吹き出し口22が形成される。また、ファン・フィルターユニット21が天井壁2aの居住空間6側に設置されることで、ファン・フィルターユニット21の吹き出し口を吹き出し口22とすることもできる。また、中空壁3の居住空間6側の面には居住空間6内の空気を回収する開口23が設けられる。開口23は、好ましくは中空壁3の面の最下部に設けられる。また、中空壁3の頂部には、天井裏5内に設けられた気体流路24の入口が気密性を持って接続され、気体流路24の出口がファン・フィルターユニット21の吸入口と気密性を持って接続される。さらに、中空壁3の開口を塞いでいる天井壁2aに開口25を設けることによって、内部空間7と気体流路24とが気密性を持って挿通し、開口23とファン・フィルターユニット21の吸入口とが気密性を持って接続される。このように、内部空間7を気体流路24の一部として構成し、居住空間6に対して開口23と吹き出し口22とを設けることによって居住空間6に対して100%循環フィードバック系が形成される。また、ファン・フィルターユニット21とそれに接続されている気体流路24とは、居住空間6側の天井壁2aに設けられていてもよく、この場合にあっては中空壁3の居住空間6側の面に開口が設けられ、その開口に気体流路24が気密性を持って接続されることによって、内部空間7と気体流路24とが挿通する。また、居住空間6内にファン・フィルターユニット21が設けられる場合には、例えば、密閉されて構成されたファン・フィルターユニット収納部内に設けられる。

[0199] 居住空間6は人間等が滞在等する閉空間であって、部屋1を構成する側壁に設けられた出入り口8は、居住空間6に外部から人間等が出入り可能なように設けられている。出入り口8が閉められているとき、居住空間6は外部から完全に密閉されている。また、居住空間6に入るための出入り口8の気

密性は高められており、居住空間 6 は、出入り口 8 を通じて直接外気が流出及び流入する以外には、外気の流出及び流入（居住空間 6 内外における気体導通）が無いエアタイトな構造を有している。また、出入り口 8 を引き戸 4 7 とすることが好ましく、これにより、出入り口 8 の開閉による外部と居住空間 6 との圧力変動を最小限にすることができる。このように、居住空間 6 は、出入り口 8 が閉じられている場合においては外部空間から完全に密閉されているので、居住空間 6 に酸素の供給をする機構が必要となる。そこで、中空壁 3 の外部空間に接する面の少なくとも一部は、図中において斜線で示したガス交換膜 2 6 で構成される。これにより、内部空間 7 と廊下 3 3 を構成する空間との間で、気体分子の交換が行われ、例えば、居住空間 6 と外部空間との間で酸素、二酸化炭素等のやり取りが行われる。

[0200] 気体流路 2 4 と内部空間 7 とが気密性を持って接続され、中空壁 3 の居住空間 6 側の面に開口 2 3 が設けられることで、吹き出し口 2 2 から排出された気体の全てが開口 2 3、内部空間 7、気体流路 2 4 を経てファン・フィルターユニット 2 1 を通過し、再び空気が居住空間 6 に排出するようにして構成される。これは、上述したように、100%循環フィードバックを形成している。このように、居住空間 6 に対して100%循環フィードバック系を形成し、100%循環フィードバック系を構成するファン・フィルターユニット 2 1 を運転すると、居住空間 6 内の空気清浄度は上述したように飛躍的に向上する。このように、部屋 1 は、気体流路 2 4 を、中空壁 3 等によって形成された内部空間 7 をその一部に構成することで、部屋 1 と比較して狭くなることなく、高清浄部屋システム 1 0 として構成することができる。

[0201] また、気体流路の流路内には、例えば、必要に応じて光触媒が設けられる。この気体流路の流路内は、内部空間 7 の内部と気体流路 2 4 の流路内とを含む。光触媒フィルターが設けられる場所は基本的には限定されないが、採光可能な場所であることが好ましく、例えば、気体流路 2 4 を構成する壁面を透明材料で構成される透明体で構成することが好ましい。また、例えば、気体流路 2 4 と対向する部屋 1 の壁面を透明体で構成することが好ましい。

透明体の材料としては、ガラス等の透明無機材料、アクリル等の透明樹脂材料等が挙げられる。また、部屋 1 に設けられる透明体としては、例えば、出窓等が挙げられる。また、例えば、レンズ、プリズム、光ファイバ等の導波光路を用いて光触媒フィルターに光を供給する構成を有していてもよい。また光触媒フィルターとして、例えば、可視光を利用できるタングステン酸化物系の素材を用いることも好適である。

[0202] 気体流路 24 の形状は、内部空間 7 から導入された気体が全て吹き出し口 22 から排出されるような外部から完全に密閉した構成を有していれば基本的には限定されないが、例えば、流れの損失の少ない形状であることが好ましい。気体流路 24 の形状は、具体的には、例えば、矩形形状、正方形形状、円形状、楕円形状等の断面形状を有する筒形状であることが好ましく、また、例えば、これらの形状を有する気体流路 24 を組み合わせて構成してもよい。また、筒形状は、例えば、筒が直線的に伸びた形状が好ましい。また、気体流路 24 は複数の気体流路を並列に構成したものを用いてもよい。また、気体流路 24 は、例えば、中空壁 3 の断面と同様な形状を有していることが好ましい。

[0203] 気体流路 24 の設置位置は基本的には限定されないが、例えば、内部空間 7 と接続される位置が中空壁 3 の開口の中央の領域であることが好ましい。気体流路 24 は、具体的には、例えば、天井裏 5 側の天井壁 2a 上に、天井壁 2a の面の一辺に平行に延在するようにして設けられ、内部空間 7 と気密性を持って接続されることで 90 度曲がり部を有する気体流路 24 が構成される。このように構成することで、気体流路 24 は、内部空間 7 からは完全に隔絶される。また、気体流路 24 は、例えば、開口 23 の位置に対して吹き出し口 22 が互いに平行な位置となるように設けられることが好ましい。

[0204] ガス交換膜 26 が設けられる位置は、基本的には限定されるものではなく、部屋 1 を構成する壁の少なくとも一部を構成することができるが、ガス交換膜 26 が設けられる位置は、例えば、雨、風等の影響を受けない場所であることが好ましい。また、ガス交換膜 26 が中空壁 3 の外部空間と接する面

の少なくとも一部を構成する場合には、ガス交換膜 26 を介して流れる気体の流れの方向と流速とが一致するような機構を設けることが好ましい。具体的には、ガス交換膜 26 に関して内部空間 7 と対向する領域に、内部空間 7 に流れる気体に対して流れ方向と流速とが等しくなるように気体を流すことが挙げられる。また、部屋 1 の内壁面の一部を構成するガス交換膜 26 を、例えば、障子様に構成することによって、居住空間 6 を和室として構成することができる。また、このとき、例えば、出入り口 8 を引き戸として障子戸で構成してもよい。

[0205] 廊下等の外部空間から内部空間 7 を経て居住空間 6 へ酸素が供給される際には、ガス交換膜 26 は内部空間 7 内へダストを通さない。また、内部空間 7 と気体流路 24 とは密閉されて形成されており、さらに内部空間 7 と気体流路 24 とが気密性を持って接続されているので、気体流路 24 内に天井裏 5 内等に導入された外気が侵入することはない。これらのことにより、居住空間 6 内に酸素が供給されても、居住空間 6 内にダストは供給されず、清浄度は保たれる。

[0206] 開口 23 及び吹き出し口 22 の形状は基本的には限定されるものではないが、具体的には、例えば、矩形形状、正方形形状、円形状、楕円形状を有することが好ましい。また、開口 23 が設けられる位置は、中空壁 3 の一部に設けられるのであれば基本的には限定されないが、底壁 2g になるべく近い位置に設けられることが好ましい。また、吹き出し口 22 が設けられる位置は基本的には限定されないが、なるべく高い位置に設けられることが好ましく、また、天井壁 2a の中心部に近い位置に設けられることが好ましい。また、開口 23 と吹き出し口 22 とは、例えば、上述したように互いに平行な位置に設けられることが好ましい。

[0207] また、気体流路 24 の開口 23 と吹き出し口 22 との距離は十分な距離を有していることが好ましい。開口 23 と吹き出し口 22 との距離は、例えば、開口 23 と吹き出し口 22 との間隔分布のうち最も距離が長いもの x が、 x が定義される方向の居住空間 6 の距離 X に対して、その比 x/X が 0.3

よりも大きく、好ましくは x/X が0.35以上、最も好ましくは x/X が0.4以上であって、1.0以下の範囲にある方向が少なくともひとつあるように構成されていることが好ましい。

[0208] 内部空間7の容積は基本的には限定されないが、内部空間7の容積は、できるだけ小さい方がよい。中空壁3が矩形の中空断面を有する壁で構成される場合には、断面の中空部の短辺の長さ（厚み）は、典型的には8～20cm程度で、5cm以上40cm以下であることが好ましい。中空部に隣り合う部分には、筋交いやCの字状の断面をもつ鋼材を用い、壁としての強度を持たせることが望ましい。また、内部空間7の厚みとしては、部屋1の構造を支える最小限の厚みとすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

[0209] ガス交換膜26は、高浄化部屋システム10を構成する壁の少なくとも一部を構成するように設けられれば、基本的にはどのような位置に設けられてもよいが、例えば、高浄化部屋システム10を構成する壁のうち風雨に晒されるような外壁以外の壁に設けられることが好ましく、また、例えば、通気口11の近傍に設けられることが好ましい。また、通気口11から導入される外気の流れが気体流路24によって妨げられない位置に設けられることが好ましい。

[0210] また、ガス交換膜26の形状は基本的には限定されないが、例えば、正方形、長方形等であることが好ましい。また、ガス交換膜26の大きさは基本的には限定されないが、例えば、一枚の大きさが135cm×135cmであることが好ましい。また、居住空間6に滞在する人間1人に対する居住空間6に接する部分のガス交換膜26の面積の合計が500cm²/人以上であることが好ましく、700cm²/人以上であることがより好ましく、900cm²/人以上であることが最も好ましい。

[0211] また、ガス交換膜26は、このガス交換膜26によって隔てる両空間において、ダスト微粒子の交換はせず気体分子の交換をする機能を有していれば基本的には限定されないが、例えば、このガス交換膜26によって隔てる空

間の間に3%の酸素濃度差が生じた際に0.25 L/min以上の酸素分子拡散能を有していることが好ましい。ガス交換膜26としては、具体的には、例えば、布、不織布、障子紙、和紙等であることが好ましい。ガス交換膜26を障子紙で構成する場合にあっては、木組みの格子と組み合わせ障子様の窓である障子窓とすることができる。このように構成することで、廊下33を和風に構成することができる。また、例えば、部屋1を構成する壁の一部に障子窓を設けることもでき、部屋1の内装を和風に構成することができる。

[0212] また、出入り口8は、外部空間と居住空間6との間で人間が出入り可能で、さらに両空間を遮断する機能を有していれば、基本的には限定されるものではなく、出入り口として上記に挙げたものを適宜選択することができるが、開閉時における両空間の圧力差が小さい引き戸であることが好ましい。また、引き戸は、例えば、ガス交換膜26である障子紙と組み合わせることで、障子戸とすることができる。

[0213] 図35～図38は、ガス交換装置80の例を示した斜視図である。図35～図38に示すように、ガス交換装置80の内部にガス交換膜26を複数枚備えることによって、酸素が減少した空気や二酸化炭素が増加した空気、或いは、臭気や化学物質を含む汚れた部屋1内部の空気が、外気との間のガス交換及び分子の相互濃度拡散により、濃度を外気と同じ濃度に極めて近い値に戻されて、部屋1内に還流する。この際、正味の空気流の交換はないので、塵埃の外気からの紛れ込みは無く、空気は分子成分的にのみ清浄化される。即ち、導入口71から導入された外気と内気回収口72から導入される部屋1内部の気体が、多重に配されたガス交換膜26を介してガス成分の交換を行うことで、内気のガス成分は、外気のそれにほぼ等しくなって、再び、室内に還流する。

[0214] ガス交換装置80を個別に説明する。図35に示すように、ガス交換装置80Aは、外気、内気の導入、送出を平行に行うことで、気流のハンドリングが容易なタイプであり、ガス交換膜26をジグザグ状に、一筆書きの要領

でボックス内に配置するので、作製上、ガス交換膜 26 は一枚膜で構成できるメリットがある。また、図 36 に示すように、ガス交換装置 80B は、ガス交換装置 80A と同じく外気、内気の導入、送出を平行に行う構造を有し、さらに、ガス交換膜 26 を平行に多数枚並べるタイプで、各スロット毎に、外気と内気を別々に導入する。このように構成されることで、ガス交換膜 26 の面間隔が一定で気流に淀み層が少なくできるメリットがある。また、図 37 に示すように、ガス交換装置 80C もガス交換膜 26 を平行に多数枚並べるタイプであるが、外気導入と内気の導入方向を直交させることで、導入口 71 をひとまとめにでき、構造を簡単にすることができる。また、図 38 に示すように、ガス交換装置 80D は、ガス交換装置 80B 及び 80C の構造の利点を組み合わせたもので、外気、内気の導入、送出を平行に行いつつ、且つ、外気、部屋 1 内の空気について、各々、その導入口をひとまとめにできるメリットがある。ガス交換装置 80D のガス交換部 70 の寸法は、具体的には、例えば、高さ 45 cm、幅が 90 [cm] で長さが 180 [cm] 程度であり、ガス交換膜 26 は、例えば、3 [mm] 以上 60 [mm] 以下程度の間隔 d で張る。これにより、12 [m²] 以上 240 [m²] 以下の極めて広い実効面積においてガス交換が可能となる。但し、d は、上記に限定されるものでなく、1~2 [mm] もガス交換時間短縮上、大変有効である。従って、ガス交換装置 80D は、前述の図 11 において示したガス交換膜 26 のガス交換能力の数十倍乃至数百倍の性能を有する。ガス交換装置 80D は、上述の通り、外気用と部屋還流空気（内気）用に 2 系統の送風ファンを装備し、これらが空気を能動的に送り出すので、ガス交換面を挟んでの 2 つの気流の速さを加味すると、更に、この 10 倍程度のガス交換能力向上も可能である。

[0215] 上記の、ガス交換装置 80 内のガス交換膜 26 の総面積は、最低限、数式 (15) を満たせば、人が内部で活動するに十分な酸素濃度が担保され、この面積が大きければ大きいほど、これに加えて、脱臭や有害ガス排出機能も高まっていく。即ち、 $(V/A) / (D/L)$ によるスケーリングは、ま

た、ガス交換装置80のガス交換部70が有する“ガス交換膜／内気／ガス交換膜／外気”という繰り返し構造の“単位胞”についても当てはめることができる。例えば、図9或いは図12に示した高潔浄部屋システム10の場合、 $V (\sim 24 \text{ [m}^3\text{)}) / A (\sim 1.8 \text{ [m}^2\text{)}) \sim 13 \text{ [m]}$ 程度であるのに対し、図35～38に示したガス交換装置80では、ガス交換膜26の面間隔 d が典型的には数 [mm] オーダーであるので、 $V (= A \times d) / A = d \sim 3 \text{ [mm]}$ となる。両者の比 $13 \text{ [m]} / 3 \text{ [mm]} \sim 4000 \text{ [mm]}$ より、ガス交換装置80のガス交換の時定数は、例えば図13Bで観測された“40分”のオーダーの量から、その4000分の1の長さ、即ち、約1秒弱のオーダーの時間であると分かる。例えば、体積 $30 \text{ [m}^3\text{]}$ の居住空間に対しては、ガス交換装置80へ流入する外気、内気の風量は、定常時か緊急時かに応じて、 $0.25 \text{ [m}^3 / \text{min}] \sim \text{数十} \text{ [m}^3 / \text{min}]$ 程度の値をとる（この値は、部屋の体積に対してスケールする）ので、上記のガス交換装置80の典型的サイズ（ $0.45 \times 0.9 \times 1.8 \text{ [m}^3\text{]} \sim 0.8 \text{ [m}^3\text{]}$ ）からすると、装置内を気流が通過する時間は、数秒～約1分程度の時間となる。これは、上記のガス交換装置80のガス交換時定数の数倍以上であるので、外気と内気は、ガス交換装置80の内部を流れる間には十分にガス交換を行い、出口の部分では、両者はほぼ平衡状態に達しうることがわかる。このように、外気と、部屋1内の空気とのガス交換を、各ガス交換面の中央部で面を挟んで流れる2つの気流の間で、効率的に分子の相互濃度拡散を行わせることができる。ガス交換装置80に流れ込む内気の風量に対し、同じく流れ込む外気の風量を等しいかそれ以上とすることが望ましい。好適には、ガス交換装置80内を流れる内気の風量に対し、数倍乃至10倍以上とするが、この際には、同時に、ガス交換膜を挟んで流れる、内気と外気の2つの気流の速度ベクトルにおいて、平行成分が大きい配置をとることで、ベルヌーイの定理に従って、ガス交換膜を介する圧力差をほぼゼロにすることが望ましい。この2つの気流の速度ベクトルは完全に平行であることがベストであるが、各ガス交換面の中央部で面を挟んで対角線状にクロスさせ

ることもこれに次いで大変有効である。このため、外気の流れる部分の断面積を、内気のそれより、上記の風量の比と相殺する様に大きくすることが肝要である。即ち、ガス交換装置 80 における、外気流量／内気流量の比を、外気流路におけるガス交換膜間隔／内気流路におけるガス交換膜間隔の比に一致させることが好ましい。また、上記ガス交換膜 26 の両側の空気流が平行、或いは準平行である場合には、この流れの方向に直交する面で切ったガス交換膜 26 の断面を、ジグザグ（山折り谷折り）形状として実効面積を増やし、ガス交換能を高めることも有効である。

[0216] 図 39 A は図 37 に示したガス交換装置 80 C の実機（試作機）を示し、図 39 B は図 39 A に示すガス交換装置の上面図である。図 39 A にはガス交換装置の気流の配置が示されている。ガス交換装置の長さは約 90 cm、幅は約 60 cm で、多層膜構造の総厚みは約 20 cm である。図 40 は、高浄部屋システム 10 の部屋に図 39 A に示すガス交換装置を組み込んだ例である。図 40 の向かって左の直方体形状の部屋の、6 側面の内の 5 面をビニール、残る 1 面を Tyvek として、この空間を完全密閉にした上で、内部でガスコンロを炊くことで酸素を消費し、この状況で、上記のガス交換装置の動作の有り無しでの上記閉空間の酸素濃度を測定した結果を図 41 に示す。ガス交換装置を動作させないと、図 41 に示すように、19% を切って、酸素濃度は減少し続ける。しかし、ガス交換装置を動作させると、内部の酸素濃度の低下が下げ止まり、20% 弱で一定となる。ガス交換装置が優れたガス交換能を持つことを証明している。既に詳述した方法で得られる D/L を基に、既に述べた処方及び式 17 に従って、ガス交換膜の大きさと総枚数、流す流量を設定することで、ターゲット酸素濃度を実現することができる。このガス交換装置は、上記の解析から分かる通り、本発明における部屋の V/A が小さい場合の極限と考えることができることから、本発明のガス交換膜を備えた中空壁の極限形ととらえることができ、従って、このガス交換装置を以て、本発明のガス交換膜を備えた中空壁を代替することも用途に応じてできる。

[0217] また、例えば、この実施の形態において示した高洗浄部屋システム 10 に設けられるガス交換装置 80 を、ガス交換装置 80D とすると、ガス交換装置 80D のガス交換部 70 の内部に設けられたガス交換膜 26 は、天井壁 2a に対して垂直に並ぶことになる。即ち、ガス交換膜 26 の面の法線ベクトルは、重力方向と直交する。従って、外気が含む多様な塵埃は、ガス交換膜 26 の面上に降下するのではなく、ガス交換部 70 を構成する壁面上、例えば、図 38 向って手前の面上に留まるのみである。従って、ガス交換装置 80D のガス交換膜 26 のガス交換能力は、目詰まりの問題から格段に開放される。

[0218] 高洗浄部屋システム 10 を上述のようにして構成することで、局所排気系を備えた高洗浄部屋システム 10 を実現することが出来る。例えば、養護ホームのオムツ交換時等の局所排気が望ましいときにこの高洗浄部屋システム 10 を用いることで、内部の洗浄度を犠牲にせず、且つ、局所的な異臭の発生にも対応できるようになる。また、この高洗浄部屋システム 10 は、溶剤等を使う塗装工程を洗浄環境を維持しながら、安全に行うことができる。その他のことは、第 2 ～ 18 のいずれかの実施の形態の高洗浄部屋システム 10 と同様である。

[0219] この第 8 の実施の形態によれば、第 1 ～ 7 の実施の形態と同様な利点を有するとともに、局所排気系を備えた高洗浄部屋システム 10 を実現することが出来る。例えば、養護ホームのオムツ交換時等の局所排気が望ましいときにこの高洗浄部屋システム 10 を用いることで、内部の洗浄度を犠牲にせず、且つ、局所的な異臭の発生にも対応できるようになる。また、この高洗浄部屋システム 10 は、溶剤等を使う塗装工程を洗浄環境を維持しながら、安全に行うことができる。

[0220] < 9. 第 9 の実施の形態 >

図 42 は第 9 の実施の形態である就寝状況検知システムにおいて用いられる高洗浄部屋システム 10 を示す。この高洗浄部屋システム 10 は、第 4 の実施の形態で示した高洗浄部屋システム 10 と同様に複数の部屋 1 を連結し

た形態を有している。図42に示すように、高潔浄部屋システム10は、主室20と前室40とを有する部屋1が廊下33に沿って4つ連結されているが、連結数は4に限られることなく、適宜選択することができる。部屋1の左側の側壁が、内部空間を内包する構造を有する壁9となっている。また、それぞれの部屋1は、前室40を備えており、主室20の清浄度を破ることなく、主室20と外部の間を行き来できる。

[0221] 部屋1は、前室40と主室20とを有する。前室40は廊下33に面する側壁に出入り口8を有し、ユニットバス等のユーティリティスペース19に接し、出入り口8と互いに対向するようにして設けられた障子戸47aによって部屋1の内部が仕切られることによって形成される。各部屋1の図中向かって左側の側壁は、第1の実施の形態において示した壁9の構造を有している。また、図42に示す構造から分かるように、ここに用いられる壁9は、重力に沿う方向で内部空間7へのフレッシュエアの出し入れを行う図3Bのタイプであり、壁9の頂面には外気導入口11eと内気排出口11fとが設けられており、壁9の頂面は天井壁2aと同一平面上にあるように設けられている。前室40の構成は、第3の実施の形態において示した前室40の構成を適宜選択することが可能である。部屋1の内部の構成のうち、前室40以外の部分は主室20を構成するため、部屋1内に前室40を備えることで、主室20の清浄度を破ることなく、主室20と外部との間を行き来できる。主室20の気体流路24の内部には、例えば、さらに光触媒61が設けられることもある。この光触媒61の設置の有無は、主室20の用途に応じて、適宜選択することができる。部屋1の主室20側の構成は、具体的には、主室20上の天井裏5に、主室20に空気が吹き出し可能なようにファン・フィルターユニット21が設けられており、主室20と内部空間7とを隔てる壁9aの一部がガス交換膜26で構成されており、内部空間7内の空気と主室20内の空気とがやり取り可能となっている。

[0222] 主室20における天井裏5側の天井壁2a上には、外気導入ダクト83aと排気ダクト83bとが設けられている。外気導入ダクト83aは、4つの

連なる部屋 1 を横断するようにして設けられ、外気導入ダクト 8 3 a の一方の端部である外気吸気口 8 5 にはシロッコファン等の送風機構 8 2 を有する。排気ダクト 8 3 b も、外気導入ダクト 8 3 a と同様に設けられ、排気ダクト 8 3 b の外気吸気口 8 5 側の端部である排気口 8 6 にはシロッコファン等の送風機構 8 2 を有する。また、外気導入ダクト 8 3 a と、排気ダクト 8 3 b とは一定間隔を置いて互いに平行に設けられている。外気導入ダクト 8 3 a は、各々の部屋 1 の外気導入口 1 1 e を気密性を持って順に連結するようにして設けられ、各々の部屋 1 の外気導入口 1 1 e には内部空間 7 内に外気を導入する管 8 3 c が接続される。また、排気ダクト 8 3 d は、各々の部屋 1 の内気排出口 1 1 f を気密性を持って順に連結するようにして設けられ、各々の部屋 1 の内気排出口 1 1 f には内部空間 7 内から気体を排出する管 8 3 d が接続されている。このように構成されることで、外気吸気口 8 5 から吸入された外気は、外気導入ダクト 8 3 a を通り外気導入口 1 1 e を介して各部屋 1 の壁 9 の内部空間 7 に順に導入され、各部屋 1 の壁 9 の内部空間 7 から内気排出口 1 1 f を経て排出される内気は、順に排出され、排気ダクト 8 3 b を通って排気口 8 6 から排出される。また、管 8 3 c は外気導入口となる先端開口部が、部屋 1 の床近傍となるように構成され、管 8 3 d は内気排出口となる先端開口部が天井壁 2 a の近傍となるように構成される。この構成は、例えば、夏等外気吸気口 8 5 から導入される空気が暖かい場合に、空気の循環効率が高まるが、これに限られるものではなく、例えば、管 8 3 c と管 8 3 d の長さを逆転させることで、冬等外気吸気口 8 5 から導入される空気が冷たい場合に、空気の循環効率の高まる構造とすることができる。特に後者は、ガス交換膜 2 6 を挟む 2 つの気流の速度ベクトルにおいて平行成分が大きくなることから推奨される配置である。内部空間 7 内の外気導入部及び排出部は、内部空間 7 内の領域のうち気体流路 2 4 が形成されていない領域から少なくとも一部が選ばれる。

[0223] 主室 2 0 内の内壁 9 a 側の角部 2 箇所には、2 つのファン・フィルターユニット 7 8 が載置されている。ファン・フィルターユニット 7 8 は、風量が

ファン・フィルターユニット 21 の風量の少なくとも数分の一、望ましくは一桁以上小さく、除塵能力と送風能力を有する機器であれば基本的には限定されるものではないが、例えば、主室 20 の容積を V とすると、 $V/2\text{ h}$ [m^3/h] 以上であることが好ましく、空気供給量が 15 [m^3/h] 以上 66 [m^3/h] 以下の小流量ファン・フィルターユニットであることが好ましい。小流量ファン・フィルターユニットとしては、例えば、ブルーエア社製のブルーエアミニ（商品名）が好適である。図 43 は、この小流量ファン・フィルターユニットの概観を示した斜視図である。この小流量ファン・フィルターユニットは、本体部 78a に、フィルター部 78b が組み合わされて構成され、フィルター部 78b の背面部から吸入された空気は本体部 78a の前面から吹き出されるようにして、本体部 78a の内部に送風機構が設けられる。この小流量ファン・フィルターユニットは、その外寸は幅が 160 [mm]、奥行き 95 [mm]、高さ 190 [mm]、重量が 0.7 kg （フィルター含む）、運転音が 44 [dB]、清浄空気供給量が 29 [m^3/h]、定格消費電力は 5 [W] である。また、この小流量ファン・フィルターユニットは、主室 20 の内部で設置位置を変更することが可能である。また、内部空間 7 と主室 20 との境界にファン・フィルターユニット 78 を 2 つ設置し、一方のファン・フィルターユニット 78 が外気の導入をするように、もう一方のファン・フィルターユニット 78 を内気の排気をするように設置することで主室と外部との換気機構とすることもできる。この場合、2 つのファン・フィルターユニット 78 は一方が外気を吸気し、もう片方は内気を排気するため、この場合においても、内気排気用のファン・フィルターユニット 78 の寿命及び効率を、開放系で用いる場合に比べ数百倍以上に高めることができることは維持される。また、この 2 つのファン・フィルターユニット 78 は、主室 20 と廊下や戸外等との間に設置してもよい。このことにより、例えば、時を経た場合のこれら小流量ファン・フィルターユニットの交換の“ロータリー交換”が可能となる。即ち、老朽化した外気吸気口 85 側の送風機構 82 をそれまで内気排気に用いていたファン・フィルターユ

ニット 78 で置き換え、新品のファン・フィルターユニット 78 を内気排気に設置することが勧められる。その他のことは、第 1 ～ 8 のいずれかの実施の形態と同様である。

- [0224] この第 9 の実施の形態によれば、第 1 ～ 7 のいずれかの実施の形態と同様な利点を有するとともに、部屋 1 を複数連結し、各部屋 1 の外気導入部をダクトによって連結し、各部屋 1 の排出部を別のダクトによって連結し、それぞれのダクトに送風機構を設けたので、複数連結された部屋 1 への外気導入及び内気排出を一括で行うことができる。また、多数の部屋 1 を有する集合住宅、介護ホーム、病院、或いは塗装工場等に対し必要に応じて、高洁净部屋システム 10 の構成を適宜選択し、さらに、ガス交換装置 80 を組み込む等することで、簡易に低塵埃空間を得られるだけでなく、化学物質、臭い、有機溶剤分子等も短時間に排出及び分解できる超高洁净空間を得ることができる。高洁净部屋システム 10 をこのように構成することで、中で療養する人の健康回復を早めたり、或いは、中で塗装作業等に従事する人々の胆管ガン罹患リスク等を低減したりすることができる。

- [0225] < 10. 第 10 の実施の形態 >

図 44 は第 10 の実施の形態である高洁净部屋システム 10 を示す。この高洁净環境システム 10 は、第 9 の実施の形態において示した高洁净部屋システム 10 の、連結された複数の部屋 1 の居住空間を連通させ、この連通した部位に 1 つ或は少数のファン・フィルターユニット 21 を配置した集中システムである。

- [0226] 図 44 に示すように、高洁净環境システム 10 は、主室 20 と前室 40 とを有する部屋 1 が 4 つ連結されており、図 42 において示した高洁净環境システム 10 と基本的に同様な構成を有する。天井裏 5 側の天井壁 2a 上には、吸気側ダクト 87a と送風側ダクト 87b と吸気側ダクト 87a と送風側ダクト 87b とを連結する連結ダクト 87c をさらに有する。吸気側ダクト 87a と送風側ダクト 87b とは一定距離を置いて互いに対向して設けられ、外気導入ダクト 83a と排気ダクト 83b とで挟まれる領域に設けられる

。この場合、吸気側ダクト87a及び送風側ダクト87bは、外気導入ダクト83a及び排気ダクト83bと離れて設けられることが好ましいがこれに限定されるものではない。

[0227] 各部屋1の壁9の内部空間7内には、天井壁2aに設けられた開口である、吹き出し口22が設けられており、吸気側ダクト87aは、各部屋1の吹き出し口22を順に接続するようにして設けられる。また、吹き出し口22の上流部には部屋1に風が送り出されるようにして各部屋1ごとに送風部88が設ける形態を有してもよく、その場合には、吸気側ダクト87aは、各部屋1の送風部88を気密性を持って順に接続される。また、各部屋1を構成する壁9の頂壁には、外気導入口11e及び内気排出口11fに加えて、開口25が設けられている。開口25は、外気導入口11eと内気排出口11fとの間に設けられ、開口25と、内壁9aに設けられた開口23とは、気体流路24によって気密性を持って接続されている。吸気側ダクト87aは、各部屋1の開口25を順に接続するようにして設けられている。吸気側ダクト87aの下流側の端部と送風側ダクト87bの上流側の端部とは、部屋1の外部に設けられた連結ダクト87cで連結されており、連結ダクト87cの内部には光触媒61とファン・フィルターユニット21とが設けられている。ファン・フィルターユニット21は、例えば、集中空気濾過器、集中空気清浄機等で構成されるが、例えば、上記に示した、ガス交換装置80を用いることが好ましい。光触媒61は、例えば、光触媒材料を用いたフィルター、このフィルターを用いた空気清浄装置等が好適である。また、ファン・フィルターユニット21は、例えば、大容量ファン・フィルターユニットであることが好ましく、例えば、主室20の容積が 45 m^3 の場合、各部屋当たり空気供給量が $4\text{ [m}^3/\text{min}]$ 以上 $22\text{ [m}^3/\text{min}]$ 以下であることが好ましい。また、吸気側ダクト87aには、各部屋1の端に設けられた壁9に格納された気体流路24を通じて順に空気が送り出され、全ての部屋1からダクト87a内に空気が送り出され合流した後に、連結ダクト87cに内部に入って90度方向を転換する。連結ダクト87cに内部に入った

後はファン・フィルターユニット21と光触媒61とを順次通過し、送風側ダクト87bの内部に入ってさらに90度方向転換をして、各部屋1に設けられた吹き出し口22から、各主室20に気体が送り出される。このとき、吸気側ダクト87aの上流端部に接続される気体流路24と送風側ダクト87bの下流端部に接続される吹き出し口22とが、同じ主室20内部に設けられているので、各部屋1において、当該部屋内気を取り込む気体流路24下端の開口23と、当該吸引空気を清浄化処理後、その吸引気体全量を、ファン・フィルターユニット21と光触媒61で処理後、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口22とが、対となって設けられており、全体として密閉されて構成されている。このように構成されることで、各部屋1のそれぞれに設けられた吸入口である気体流路24下端の開口23と、吹き出し口22とが、部屋1の外部に設置されたファン・フィルターユニット21と連通する。このことから、上述した100%循環フィードバック系を、一つのファン・フィルターユニット21で4つの部屋1に同時に設けることができ、一つのファン・フィルターユニット21で複数の部屋1に清浄空気を供給することができる。

[0228] 図45は第10の実施の形態である高清浄部屋システム10の変形例を示す。この高清浄部屋システム10は、図44において示した高清浄部屋システム10のうち前室40の構成を省略したものである。その他の構成は、図44において示した高清浄部屋システム10と同様に構成することができる。この形態は、部屋1の出入りの頻度が少なく、相対的に居住空間内部に滞在する時間が長い場合に、好適なシステムである。その他のことは、第1～9のいずれかの実施の形態と同様である。

[0229] この第10の実施の形態によれば、第1～9のいずれかの実施の形態と同様な利点を有するとともに、100%循環フィードバック系を一つのファン・フィルターユニット21で複数の部屋1に同時に設けることができ、一つのファン・フィルターユニット21で複数の部屋1に清浄空気を供給することができ、このような集中システムにより、複数の部屋1の一括清浄化を行

うことができる。

[0230] [就寝状況検知システムの実施例 1]

図 4 6 A 及び図 4 6 B に示すように、構造をなす面の全てがガス交換膜 26 よりなるテント状構造体を作製し、これをマンションの寝室の床に設置し、床に敷かれた敷布団の上で被験者が就寝した。これは、式 (16) において、面積 A がテント状構造体単体において構造的に許される最大値をとる場合に相当する。これ以外に、同等のガス交換能力を与えるには、(図 3 4 に、閉空間及び部屋との接続の一例を示しているように) 図 3 5 ~ 図 3 8 に示したガス交換装置をテントの閉空間の外に置いて用いても良い。この場合、テント自体のガス交換能力は無くてもよいので、例えば(防水性に富むが、通気性の無い)ビニール材を用いてテント状構造体を作製して、この中で就寝等する際に好適である。ガス交換膜 26 の面積 A は、先に述べた必要面積の条件を満たし、テント内部に適切な酸素供給能を与える値である。テント内部の床にファン・フィルターユニット (FFU) 及びダストカウンター (粒子数計測器) を設置した。FFU としては、パナソニック株式会社製空気清浄機 (F-PDH35) を用いた。FFU によりテント内部を清浄化し、ダストカウンターにより就寝中にテント内部のダスト微粒子数密度を計測した。その結果を図 4 7 に示す。即ち、十分な酸素透過能を有して良好な酸素濃度を維持しつつ、図 4 7 に示すように約 7 時間の睡眠時に平均で US 209D クラス 1000 を切る (特に、寝返りのない熟睡時では、約 US 209D クラス 100 という) 良好な清浄環境で快眠を得ることができる。図 4 7 に見られるスパイクは、寝返り等を打った時に舞う塵に起因するものであるが、このスパイク列の周波数スペクトルから、睡眠者の健康状態等も推測することができる。特別養護老人ホーム等に用いた場合には、この高清浄部屋システム 10 のユーザーの安否確認のみならず、通常の睡眠時の特徴からのズレ等も (画像情報等に基づく分析ではない分、プライバシーへの適切な配慮を満たしつつ) 遠隔地から高精度に複数療養者をもモニターすることができる。本発明者らの知る限り、以上のような就寝中のダスト微粒子

密度の測定により被験者の就寝状況を検知することができることは初めて見出されたことである。

[0231] [就寝状況検知システムの実施例 2]

就寝状況検知システムの実施例 1 と同様な就寝実験を一定期間に亘り行った。その結果を図 4 8 A ～ 図 5 5 C に示す。図 4 8 A ～ 図 5 3 C は 1 回目の連続就寝テストの結果、図 5 4 A ～ 図 5 5 C は 2 回目の連続就寝テストの結果を示す。被験者はいずれも実施例 1 と同じである。ここで、図 4 8 A、図 4 9 A、図 5 0 A、図 5 1 A、図 5 2 A、図 5 3 A、図 5 4 A 及び図 5 5 A は粒径 $0.5 \mu\text{m}$ 以上のダスト微粒子密度 ($1/\text{cf}$) の計測値の経時変化、図 4 8 B、図 4 9 B、図 5 0 B、図 5 1 B、図 5 2 B、図 5 3 B、図 5 4 B 及び図 5 5 B はそれぞれ図 4 8 A、図 4 9 A、図 5 0 A、図 5 1 A、図 5 2 A、図 5 3 A、図 5 4 A 及び図 5 5 A のダスト微粒子密度が低い領域の拡大図を示す。図 4 8 A、図 4 9 A、図 5 0 A、図 5 1 A、図 5 2 A、図 5 3 A、図 5 4 A、図 5 5 A、図 4 8 B、図 4 9 B、図 5 0 B、図 5 1 B、図 5 2 B、図 5 3 B、図 5 4 B 及び図 5 5 B の横軸は測定開始時刻（就寝開始時刻、 $t = 0$ ）からの時間 t である。時間 t の単位 min^* の $*$ は、「60 秒の測定につき、10 秒のインターバルがあるが、横軸は、簡単のため測定回数（～測定時間（分））ということでプロットしている」ことを示している。図 4 8 A 及び図 4 8 B は 2013 年 5 月 31 日から 6 月 1 日に掛けての測定データ、図 4 9 A 及び図 4 9 B は 2013 年 6 月 1 日から 6 月 2 日に掛けての測定データ、図 5 0 A 及び図 5 0 B は 2013 年 6 月 2 日から 6 月 3 日に掛けての測定データ、図 5 1 A 及び図 5 1 B は 2013 年 6 月 3 日から 6 月 4 日に掛けての測定データ、図 5 2 A 及び図 5 2 B は 2013 年 6 月 4 日から 6 月 5 日に掛けての測定データ、図 5 3 A 及び図 5 3 B は 2013 年 6 月 5 日から 6 月 6 日に掛けての測定データを示す。また、図 5 4 A 及び図 5 4 B は 2014 年 4 月 29 日から 4 月 30 日に掛けての測定データ、図 5 5 A 及び図 5 5 B は 2014 年 4 月 30 日から 5 月 1 日に掛けて、フィルターを新品に置き換えた F F U を用いて測定したデータを示す。図 5 3 A ～ 図 5

3 C のデータから、図 5 4 A ～図 5 4 C のデータを取るまでの約 11 ヶ月の間も、当該システムを稼動させつつ、その中で被験者（本発明の筆頭発明者）は、出張等の不在時を除いて、ほぼ毎日就寝した。図 4 8 B、図 4 9 B、図 5 0 B、図 5 1 B、図 5 2 B 及び図 5 3 B と図 5 4 B とを比べると、安静時の清浄度ベースラインは US 209D クラス 100 級を維持しており、長期間の動作でも全く清浄度が落ちないことを示している。これは、使用する FFU が、在来型クリーンルームでの FFU 使用法と大きく異なり、外界から孤立して動作しているために、本来無用の「外気の取り込みによる目詰まり」から開放されていることによる。実際、新品 D フィルターを用いて実験した図 5 5 B（就寝者の安静時清浄度～700）と比べて見ても、図 5 4 B は、むしろ良好な清浄度～400（就寝者の安静時）を示している。図 4 8 C、図 4 9 C、図 5 0 C、図 5 1 C、図 5 2 C、図 5 3 C、図 5 4 C 及び図 5 5 C はそれぞれ図 4 8 A、図 4 9 A、図 5 0 A、図 5 1 A、図 5 2 A、図 5 3 A、図 5 4 A 及び図 5 5 A のデータより自己相関関数

[数18]

$$F(\tau) = \int_0^{t_{\text{end}}/2} n(t) \cdot n(t + \tau) dt$$

を用いて計算された相関量（自己相関関数の値）を示す。ここで、積分の下限は測定開始時刻（就寝開始時刻、 $t = 0$ ）、上限は測定終了時刻（或いは、随時モニタリングしているとする、その時点までの最新（latest）の測定時刻）を t_{end} として、 $t_{\text{end}} / 2$ とする。この $n(t)$ 、 $F(\tau)$ を、睡眠時の無意識の体動情報を表すとの意味で、各々、 t -Hypnokinogram 及び τ -Hypnokinogram と呼ぶ。この波形及び図形のデータ集積（ビッグデータ化）及びその分析により、心電図や脳波計による分析と同様に、新たな知見と診断、医療措置の必要性の有無等の判断が可能となると期待される。プローブ等を体に付けることが無いため、真に通常の生活及び睡眠状態を再現する中での情報ということで価値が高いと思われる。

[0232] 図 4 8 A ～図 5 5 C より、就寝中のダスト微粒子密度及び相関量には、睡

眠状態を反映していると考えられる明らかな傾向が見られる。具体的には、睡眠開始直後はダスト微粒子密度は高いが、ダスト微粒子密度は急激に減少し、その後は約US 209D クラス1000以上の清浄度を保っているが、概ね90分置きにダスト微粒子密度がピーク状に急激に上昇していることが分かる。この約90分という時間は「ノンレム睡眠→レム睡眠」のパターンの1サイクルに相当する。この傾向は相関量の経時変化を示す図48C、図49C、図50C、図51C、図52C、図53C、図54C及び図55Cに明確に現れている。このことから、ダスト微粒子密度 $n(t)$ は睡眠状態を反映し、ひいては相関量は睡眠状態を反映していることが分かる。具体的には、例えば、図48A～図48Cは比較的深い眠りが得られた晩のデータであるが、長周期の構造が見られる。これに対して、図51A～図51Cは比較的眠りが浅かった晩のデータであるが、短周期の構造が見られる。注意深く見ると、図51Cの短周期の構造は、上記図48Cの長周期構造の上に重畳されていることが見て取れる。即ち、図52Cのスペクトルのエンベロープ（包絡線）は、 $\tau \sim 90$ 分、 $\tau \sim 180$ 分においては、図49Cにほぼ等しい。これは、何らかの同一のプロセスを共有することを示唆している。しかし、図52Cの高周波成分、並びに、 $\tau \sim 110$ 分あたりのピークの存在は、両者の間に何らかの差も同時に存在することを示している。データを集積し、当日の愁訴状況との相関を取ることで、健康状態の分析、未病状態での細かなケース分け等も可能となると期待される。約90分という時間は「ノンレム睡眠→レム睡眠」のパターンの1サイクルを保持しつつ、高次構造が現れていることが初めて、非侵襲及び非接触測定にて、明らかになった。

[0233] このように図48C、図49C、図50C、図51C、図52C、図53C、図54C及び図55Cは、おのおの特徴的なスペクトルを示しており、睡眠情報並びにこれから導かれる高次（健康）情報を、非接触、非侵襲の手法にて、被験者が無意識のときに測定できるようになった。なお、1サイクルの後半のレム睡眠の終了時から次のサイクルのノンレム睡眠の入睡時に掛

けてダスト微粒子密度がピーク状に急激に上昇していることが分かる。また、図48B、図49B、図50B、図51B、図52B、図53B、図54B及び図55Bの図より分かるように、安静時のベースラインは、図46Aおよび図46Bに示すテント式高洗浄システムと寝具並びに床の間の隙間の状況によってUS 209D

クラス100～1000程度の間の値をとるが、テント式高洗浄システムの裾野を外からタオルケット等の重し等で床面（布団を用いた場合）と密着性を上げ、テント式高洗浄システム内部空間の気密性を上昇させると、図10、図11に匹敵する各々US 209D クラス10～1レベルの高洗浄度に至ることも確かめている。

[0234] [就寝状況検知システムの実施例3]

図56A、図56B、図56C及び図56Dは、簡易ベッド上に高洗浄空間を構成した高洗浄簡易ベッドシステムを示す斜視図、正面図、側面図及び上面図である。図56A、図56B、図56C及び図56Dに示すように、この高洗浄簡易ベッドシステムにおいては、支持用のフレーム301上にベッド302を載せた簡易ベッドが部屋の床303の上に設置されている。ベッド302の一端は部屋の側壁304に接触又は近接している。ベッド302の他端側には、床303の上に設置された架台305の上にファン・フィルターユニット306が設置されている。ファン・フィルターユニット306は、ベッド302の長手方向の中心線上に設置されている。ファン・フィルターユニット306は、その下部の空気吸込口から空気を吸い込み、清浄な空気を上部の空気排出口から上側に排出するようになっている。架台305の上には送風ガイド板307が取り付けられている。送風ガイド板307はファン・フィルターユニット306の高さより少し高い位置までは鉛直方向に延びているが、その上部はベッド302側に湾曲している。ファン・フィルターユニット306の上部から上側に排出された空気は、送風ガイド板307の上部の湾曲部に当たってベッド302の上側をベッド302と平行な方向に流れるようになっている。架台305、ファン・フィルターユニッ

ト 3 0 6 及び送風ガイド板 3 0 7 の全体は空気の排出部を除いて包囲体 3 0 8 により覆われている。包囲体 3 0 8 は空気を通さない素材により構成されている。簡易ベッドの上方には、天井 3 0 9 に固定された吊り棒 3 1 0 により支持された状態でカーテンレール 3 1 1 がベッド 3 0 2 と平行に設置されている。カーテンレール 3 1 1 はベッド 3 0 2 より少し小さい U 字状の平面形状を有する。カーテンレール 3 1 1 の両端は側壁 3 0 4 に固定されている。カーテンレール 3 1 1 には、インナーガス交換膜 3 1 2 が吊り下げられている。インナーガス交換膜 3 1 2 は、簡易ベッドの全体を覆うことができる大きさを有する。インナーガス交換膜 3 1 2 の裾は、床 3 0 3 から例えば 1 0 c m 程度上に高さに位置している。インナーガス交換膜 3 1 2 はカーテンレール 3 1 1 に沿って移動させることができ、インナーガス交換膜 3 1 2 で囲まれる空間を開放することができるようになっている。インナーガス交換膜 3 1 2 の長手方向の一端はシールで側壁 3 0 4 に固定され、他端はマジックテープ（登録商標）等により側壁 3 0 4 に着脱自在に固定することができるようになっている。カーテンレール 3 1 1 の側面にはアウターガス交換膜 3 1 3 が貼り付けられている。アウターガス交換膜 3 1 3 は、一定の高さ範囲に恒ってインナーガス交換膜 3 1 2 と重なり合う高さまで、例えばカーテンレール 3 1 1 から下側に例えば 3 0 c m 程度重なり合うように設けられている。このようにインナーガス交換膜 3 1 2 とアウターガス交換膜 3 1 3 とが重なり合うことにより、インナーガス交換膜 3 1 2 とアウターガス交換膜 3 1 3 との間に隙間が形成されず、従って外部からのダスト微粒子がインナーガス交換膜 3 1 2 で囲まれた空間に侵入するのを防止することができる。また、インナーガス交換膜 3 1 2 と包囲体 3 0 8 とは、高さ方向に一定の長さ、例えば 2 0 c m 程度の長さに恒って重なり合うことにより、同様にインナーガス交換膜 3 1 2 と包囲体 3 0 8 との間に隙間が形成されず、従って外部からのダスト微粒子がインナーガス交換膜 3 1 2 で囲まれた空間に侵入するのを防止することができる。

[0235] この高潔浄簡易ベッドシステムのプロトタイプを試作した。図 5 7 A は通

常の部屋に設置されたベッド（簡易ベッドに相当する）を示す。図57Bは、部屋の側壁上部に設置された収納箱を利用してインナーガス交換膜を吊るし、ベッド全体を覆った様子を示す。インナーガス交換膜の裾は床に接触しており、重りを載せてインナーガス交換膜がめくれるのを防止している。インナーガス交換膜とベッドとの間の床に台が置かれ、その上にファン・フィルターユニットが設置されている。この場合、アウターガス交換膜は設置されていない。インナーガス交換膜とベッドの間には、ダストカウンターが設置されている。

[0236] 図58は図57Bに示す高潔浄簡易ベッドシステムのプロトタイプにおいて、インナーガス交換膜で覆われた内部のダスト微粒子数密度を計測した結果を示す。図58に示すように、ダスト微粒子数密度は、初期値21万[1/cf]に対し、40分後には約1300[1/cf]となり、約160分の1までダスト微粒子数密度を減少させることができている。ベッドとインナーガス交換膜との接触面積を増やす等して密閉性を向上させることにより、さらなる清浄度向上も可能であることは図11及び図12の結果から明らかである。

[0237] [就寝状況検知システムの実施例4]

就寝状況検知システムの実施例1と同様に、図46A及び図46Bに示すテント状構造において3回目の就寝実験を行い、ダスト微粒子密度を測定した。この3回目の就寝実験は、2回目の就寝実験を行ってから約6ヶ月経過後の2014年10月23日から10月24日に掛けて行った。その結果を図59Aに示す。図59Aに示すように、良い時には、粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子総数が一桁台で安定している時間帯もあり（US 209D クラス10以上の高潔浄度を達成し、病院の手術室或いは無菌室より一桁上の清浄度が実現できている）、就寝状況検知システムの実施例1に比べてずっと100倍清浄度が向上している。これは、3つの処方箋により実現した。即ち、1) 100%循環フィードバック系であること、2) こうして得られる $n = S\sigma / \gamma F$ の分子のSが、当該閉空間の内表面積になるようにする（内外

をつなぐリーク路があると、このSに、テントが設置された空間の内表面積成分が入ってきてしまうので、かくなる事態を排除する）、3) σ を小さくする（閉空間の内表面積には、当該閉空間に露出するFFUの各パーツの表面積も含むので、この部分を掃除して、単位面積単位時間あたりの塵埃の零れ落ちレートを抑える）が重要でかつ効果がある。リーク路を無くすには、テント状構造体の裾野に当たる部分を外部から重しをおいて床面に密着させることが効果があるが、閉空間内にあっては、かかる重しを置くことは困難を伴う。そこで、内部にあって、テント状構造体を構成するガス交換膜26の裾野と閉空間との密着性を上げることが重要となる。この密着性向上を、テント状構造体を構成するガス交換膜26の裾野を敷布団の下に巻き込むことで、就寝時に用いる寝具（布団）と就寝者自身の自重を以って行うことで、図59Aに示す、US 209D クラス10を上回る清浄度が実現した（この手法は、閉空間内部にあって実行できることに留意されたい）。FFUによる気流の方向が、包囲体、すなわちテント状構造体の面にぶつかるように流れず、面に沿って流れるよう設定する。また、この時系列データに関する、自己相関関数を用いて計算された相関量のリニアプロットを図59Bに示す。図59Bの内挿図は、その対数プロットである。清浄度が100倍向上したことで、バックグラウンド塵埃数が1/100になったため、内挿図に示すように、自己相関関数のピークトゥーバレーレシオ（peak to valley ratio）が約2桁となり、 $\tau \geq 125 \text{ min.}$ における特徴的な τ -Hypnokinogramにおける繰り返し構造も見出された。今後、ビッグデータ化し、集積データを解析することで、心電図、脳波図に匹敵する医学及び介護上の情報を引き出せると期待される。

[0238] 以上、この発明の実施の形態及び実施例について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施の形態及び実施例に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、この実施の形態で示した壁9は、必ずしも部屋1の側壁に限られることなく、天井壁や床壁の一部であってもよい。また、この壁9は、ガス交換装置の多重層構造の一

部を構成してもよい。

[0239] また、こうして算出したガス交換膜 26 の面積 A が、主室 20 への適切な酸素供給能を与える値である場合には、ガス交換膜 26 は、外界（例えば戸外、廊下の空間、或いは、図 46A 及び図 46B に示すようなガス交換膜よりなるテント状構造である〔その側面及び天井面の一角又は全てを占めるガス交換膜の面積が上で述べた必要面積の条件を満たす〕場合には、このテントが置かれる部屋そのもの）に直接接していても良い。このとき、十分な酸素透過能を有して良好な酸素濃度を維持しつつ、図 47 に示すように約 7 時間の睡眠時に平均で $US\ 209D$ クラス 1000 を切る（特に、寝返りのない熟睡時では、約 $US\ 209D$ クラス 100 という）良好な清浄環境で快眠を得ることができる。なお、最新の成果では、図 59A から分かるように、 $US\ 209D$ クラス 10 以上の清浄度が実現されている。図 47 に見られるスパイクは、寝返り等を打った時に舞う塵に起因するものであるが、このスパイク列の周波数スペクトルから、睡眠者の健康状態等も推測することができる。特別養護老人ホーム等に用いた場合には、この高清浄部屋システム 10 のユーザーの安否確認のみならず、通常の睡眠時の特徴からのズレ等も（画像情報等に基づく分析ではない分、プライバシーへの適切な配慮を満たしつつ）遠隔地から高精度に複数療養者をもモニターすることができる。

[0240] また、部屋 1 は、部屋 1 の内部と外部との間においては、予め $HEPA$ フィルター等を備えたファン・フィルターユニットで塵埃を除去した空気を、部屋 1 内の空気が 2 時間で一回転する程度の低風量で導入し、同じ機種のもう一台のファン・フィルターユニットにより、部屋 1 より同量を外部へ放出することも良い。

[0241] また、上記において示したガス交換装置 80 の外気導入口 71 を、例えば図 42、図 44、図 45 に示した高清浄部屋システム 10 の外気吸気口 85 に繋ぐとともに、ガス交換装置 80 の排出口 73 を同排気口 86 に繋ぐことで、ガス交換機構とすることができる。この場合、ガス交換装置 80 に流れ

込む内気の流量を少なくとも2時間で居住空間6の空気が一回転する以上の風量とすることが好ましい。また、当該高浄化部屋システム10を構成する部屋1の内部には、当該部屋の内気を取り込む開口と、この取り込まれた吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられている循環フィードバック機構を有する。このように、高浄化部屋システム10が、ガス交換機構と循環フィードバック機構との2要件を持つことを特徴とする居住空間（高浄化部屋）を少なくとも1つ有することも有効である。これは、部屋1において、壁9の外界と連通した内部空間7が、ガス交換膜26を介して居住空間6と接するという、“外気／膜／内気”の3層構造を“切り出し”て、吸入管75、気体流路83等を通じて、天井裏等の別の場所に“貼り付け”たものと理解できる。この3層構造は、できるだけ、面積と体積の比（膜の総面積／装置体積）を大きくとったものとするのが望ましい。また、この“貼り付け先”或いは、当該機能部位の“移動先”は、内気還流路（例えば、気体流路24）が居住空間6と連通し、また、外気の吸排気口（例えば、外気吸気口85、排気口86）が外界と連通さえしていれば、居住空間6に対するその相対位置は問わない。つまり、ガス交換能が存在さえしていれば、“外気／膜／内気”の3層構造の存在位置自体は、居住空間6の外縁部に居住空間6に接して存在する必要は必ずしも無く、上記ガス交換能さえ担保できれば、気流配管（例えば、吸入管75、気体流路83等）を通じて、その場所を任意の所に“移動”し、設定することができる。上記、ガス交換装置80内のガス交換膜26の総面積は、最低限、数式（15）を満たさしめることで人が内部で活動するのに十分な酸素濃度を担保し、さらに、この面積ができるだけ大きくとることで、以上に加えて、脱臭や有害ガス排出機能も高めることができる。また、上記の、居住空間6の内気を取り込む開口と、この取り込まれた吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、居住空間6の内部に戻す吹き出し口としては、例えば、図6～図8、或いは、図42、図44、図45において示した高浄化部屋システム10における吸気口23や吹き出し口22の構造を持つ

たせたりすることが有効である他、最も単純には、居住空間 6 内に連通して、上記ガス交換装置 80 を設置した上で、居住空間 6 内に、吸引した空気の全量を濾過後、再び気流出射口より噴出す壁据付掛けの空気調和機やスタンダードローンの空気清浄装置或いは光触媒脱臭装置を設置して、これらを稼働させるということでも良い。

[0242] また、例えば、常時の機械換気設備の構造として、居住空間に換気上有効な高清浄フィルター着き給気機（機械）及び同排気機（機械）を有するよう設定することで、第 1 種換気設備を備えさせることが挙げられる。また、上述において示した各高清浄部屋システム 10 においても、図 42、図 44、図 45 において示したような、系に風量的に殆ど影響を与えない吐出風量の H E P A フィルター付きの少風量ファン・フィルターユニットを吸入側（イン）と排出側（アウト）とに 2 個ペアで主室と廊下との間や主室と外部との間等に機械換気用として設けても良い。

[0243] また、日常生活を想定して居住空間と記載した上記の部屋 1 の内部空間は、単なる居住にかぎらず、塵埃のない漆塗リスペース、或いは、塵埃による歩留まり低下の心配の無い、漆塗リを含む、高品位の塗装作業スペース等の、高度作業スペースとして用いることが出来ることは言うまでもない。特に、塗装作業を行う場合は、特に有害な有機溶剤等を用い際に、上に述べた塵埃は通さずガス成分のみを交換するガス交換装置による、局所排気システムを用いることが、作業者の安全と健康維持上、望ましい。

[0244] また、ファン・フィルターユニット 21 の吹き出し口から流出する気体の全量が、内壁 9 a の一部に設けられた開口 23 を通過し、当該開口 23 とファン・フィルターユニット 21 への気体流入口とを気密性を持って連通する気体流路 24 を通って、ファン・フィルターユニット 21 へ還流させるのは、部屋の広さが減少することをいとわなければ、内壁 9 a に沿って設置した蛇腹等の後付ダクトを以って行っても良い。また、主室 20 に隣接する外部空間を外気導入空間とすることもできる。これは、主室 20 の側壁 2 をガス交換膜 26 とすることで、これを介して戸外の空間（外部空間）へ直接接続

することができる。この場合、外気導入空間は半無限のオープンスペースということになる。

[0245] また、主室20に、HEPAフィルターを備えたファン・フィルターユニットをインレットとアウトレット用に計2個、2時間で主室内の空気が一回転するような風量を以って設置するのも良い。

[0246] 部屋1は、ガス交換膜26を一部に含む隔壁とすることで、外界に対し完全な閉空間を作り、しかも部屋1の内外で圧力差が無いことで、電源喪失時のクリーン性及び無菌性維持に関し、フェールセーフ機構をビルトインすることができる。

[0247] ファン・フィルターユニット21は、主室20又は居住空間6と内部空間7との界面に用いることが望ましいが、到達清浄度を多少犠牲にすることを許せば、この配置を必ずしもとる必要はなく、当該内部空間7と主室20又は居住空間6との間に設けられた隔壁の一部をガス交換膜とする構造を備え、内部空間7内にフレッシュエアを取り込むことさえ満たせば、メインのファン・フィルターユニット21としては、在来の壁据付掛けの空気調和機をそのまま用いることも可能である。

[0248] また、上述の実施の形態及び実施例において挙げた数値、構造、構成、形状、材料等はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれらと異なる数値、構造、構成、形状、材料等を用いても良い。

[0249] また、上述の実施の形態及び実施例において挙げた数値、構造、構成を用いて、丁度真空技術及び真空チェンバーが、内部一端真空にして然る後、内部のガス環境を自在に設定したり、また、真空環境ならではの薄膜成長や材料及びデバイス作製に生かせるように、本発明を以て、所定の空間において、空気中を漂う (airborne) マイクロブを一旦ゼロとする (マイクロビアル (microbial) 環境における “真空” 等価状態を実現する) ことで、人間の活動環境、居住環境のマイクロビアル環境を所期のものへと制御することができる。この状況で、積極的に優位なマイクロブを導入したり、気相の医薬品、アロマ等の導入をすることで、新しい医療環境、手法、養護環境を実

現するのみならず、新しい医療、療養技術及びサービスを創成、開発することができる（例えば、既に述べた安否確認法及び健康状態分析法を参照のこと）。特に、経肺の薬投与に際し、良好な“S/N比”、即ち、吸引する空気の中に塵埃や細菌類といった“ノイズ”がない（薬以外の成分がほぼゼロの）高品質の空気を以て行うことができる。特に、上述のマイクロビアル環境制御、或いは、浮遊放射性物質皆無環境と、上述の非接触及び非侵襲無意識状態就寝状況の併用によるユーザーにおけるポジティブな変化に関するクロスコリレーション分析を行うことも可能となる。各分野における有効な対策を打つ上でのベースとなりうる。また必要に応じて、これらと異なる数値、構造、構成、用法を用いても良い。

符号の説明

- [0250] 201 部屋又は閉空間
 202 ベッド
 203 被験者
 204 枕
 205 掛け布団
 206 ダストカウンター
 207 コンピュータ
 208 ファン・フィルターユニット

請求の範囲

- [請求項1] 被験者が就寝する部屋又は閉空間と、
上記部屋又は閉空間の内部に設置された、上記被験者に対して非接触かつ非侵襲で上記被験者の環境情報及び／又は生体情報を測定する測定装置とを有し、
上記被験者が就寝する間に上記測定装置により上記環境情報及び／又は生体情報を測定することにより上記被験者の就寝状況を検知する就寝状況検知システム。
- [請求項2] 上記測定装置は、上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子を計測するダストカウンターを含み、
上記部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験者が就寝する間に上記ダストカウンターにより上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより上記被験者の就寝状況を検知する請求項1記載の就寝状況検知システム。
- [請求項3] 上記被験者が寝返りを打つときに上記部屋又は閉空間の内部に放出されるダスト微粒子数密度よりも、上記被験者の安静時の上記部屋又は閉空間の到達清浄度に対応するダスト微粒子数密度が小さくなるように上記部屋又は閉空間の内部の清浄度が設定されている請求項2記載の就寝状況検知システム。
- [請求項4] 上記部屋の内部をUS 209D クラス100以上の清浄度に維持する請求項2又は3記載の就寝状況検知システム。
- [請求項5] 上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数というパラメーターに対し、このパラメーターの時間変化特性解析を行うことにより上記被験者の就寝状況を検知する請求項2～4のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。
- [請求項6] 上記時間変化特性解析が自己相関関数分析である請求項5記載の就寝状況検知システム。

[請求項7] 上記ダストカウンターにより計測されたダスト微粒子数の時間変化の測定結果から自己相関関数を計算して相関量を求める演算装置をさらに有する請求項6記載の就寝状況検知システム。

[請求項8] 上記部屋又は閉空間の壁の少なくとも一部は、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有する壁である請求項1～7のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項9] 上記壁は、上記膜を介して部屋又は閉空間内部と接しており、上記部屋又は閉空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記膜の厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋又は閉空間内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0$, 18)とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定されている請求項8記載の就寝状況検知システム。

[請求項10] 上記部屋は、
少なくとも一つの部屋を有し、
上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き

出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられている高浄化部屋システム
の一つの部屋である請求項1～9のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項11]

上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられている高浄化部屋システム

の一つの部屋である請求項1～9のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項12]

上記壁の上記内部空間に上記気体流路が設けられ、上記壁の少なくとも一部には上記吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられている請求項8～11のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項13] 上記居住空間の体積をV、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数をD、上記膜の厚みをLとした時、上記部屋は、上記体積Vと上記膜の面積Aとを、 $\{(V/A) / (D/L)\}$ でスケーリングさせて設計が行われることを特徴とする請求項9～12のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項14] 上記居住空間の体積をV、上記居住空間内部の酸素消費レートをB、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数をD、上記膜の厚みをL、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$)とした時、上記膜の面積Aが、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定されていることを特徴とする請求項9～13のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項15] 上記壁によって隔てられた上記居住空間内と上記壁の上記内部空間内とにおいて流れる空気の流れの方向が一致していることを特徴とする請求項9～14のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項16] 上記出入り口が引き戸であることを特徴とする請求項9～15のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項17] 上記部屋は、上記居住空間に上記出入り口に対向するように間仕切りが設けられることで形成された、出入り可能な閉空間である前室を有し、

上記間仕切りには、出入り口が設けられ、上記居住空間と上記前室との間を行き来することができ、

上記前室は、上記前室の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記前室の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第2のファン・フィルターユニットが設けられ、

上記前室の側壁下部には、上記第2のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吹き出し口から上記前室の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する第2の気体流路を通して、上記第2のファン・フィルターユニットへ還流するように構成され、

上記出入り口と上記間仕切りに設けられた出入り口とによって、上記居住空間と上記部屋の外部との間を出入り可能となっている請求項9～16のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項18] 上記間仕切りに設けられた出入り口が引き戸である請求項16又は17記載の就寝状況検知システム。

[請求項19] 上記間仕切りに設けられた出入り口が上記膜を備えた引き戸である請求項18記載の就寝状況検知システム。

[請求項20] 上記居住空間の内気を排気する、ガス交換機能を有する局所排気装置を上記部屋内に有し、上記内気と、外気とが、上記局所排気装置の内部で、少なくとも一枚の上記膜を介して接することで、上記内気を構成する分子の濃度と上記外気を構成する分子の濃度とが、上記膜を介した分子の濃度拡散を通じて平衡状態に近づき、その後、当該内気が、上記居住空間へ還流するように構成されている請求項9～19のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項21] 上記部屋は、

少なくとも1つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通して、上記第1のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられている建築物

の一つの部屋である請求項1～9のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項22]

上記部屋は、上記居住空間に上記出入り口に対向するように間仕切りが設けられることで形成された、出入り可能な閉空間である前室を有し、

上記間仕切りには、出入り口が設けられ、上記居住空間と上記前室との間を行き来することができ、

上記前室は、上記前室の内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、

上記前室の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第2のファン・フィルターユニットが設けられ、

上記前室の側壁下部には、上記第2のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少なくとも一つの開口が設けられ、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吹き出し口から上記前室の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記第2のファン・フィルターユニットの上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する第

2の気体流路を通して、上記第2のファン・フィルターユニットへ還流するよう構成され、

上記出入り口と上記間仕切りに設けられた出入り口とによって、上記居住空間と上記部屋の外部との間を出入り可能となっている請求項21記載の就寝状況検知システム。

[請求項23]

上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜を有するものであり、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口とが、対となって設けられている高浄化部屋システムの一つの部屋である請求項1～9のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

[請求項24]

上記開口と、上記吹き出し口とが、上記部屋内部に設置された空気濾過器或いは空気清浄機と接続されている請求項22記載の就寝状況検知システム。

[請求項25]

上記部屋を複数含み、上記複数の部屋のそれぞれに設けられた上記開口と、上記吹き出し口とが、上記部屋外部に設置された集中空気濾過器或いは集中空気清浄機と連通している請求項22記載の就寝状況検知システム。

[請求項26]

上記部屋の壁は、

閉空間である居住空間を内部に有する部屋用の、外気を導入できる内部空間を有する壁であって、

上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、

上記壁の上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記膜が、上記居住空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケーリングさせて設定された面積 A を持ち、

上記壁は、上記膜を介して部屋内部と接しており、上記部屋内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記膜の厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$)とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定されている壁である請求項8記載の就寝状況検知システム。

[請求項27]

上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、上記居住空間は、その内部と外部との間において空気の気流としての出入りが無く、上記壁の上記内部空間に、上記壁の上記通気口を通じて上記部屋を取り囲む外部空間より外気を導入し、上記部屋には、上記居住空間の内部に気体が送り出されるように吹き出し口が設けられた第1のファン・フィルターユニットが設けられ、上記部屋の側壁の少なくとも一つには、上記第1のファン・フィルターユニットの吸入口に対応した少

なくとも一つの開口が設けられ、上記吹き出し口から上記居住空間の内部に流出する気体の全部が、上記開口を通過し、上記吸入口と上記開口とを気密性を持って連通する気体流路を通過して、上記第1のファン・フィルタユニットへ還流するように構成され、

上記部屋には、上記居住空間に出入り可能に構成された出入り口が設けられ、

上記膜が、上記居住空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケーリングさせて設定された面積 A を持ち、

上記居住空間の体積を V 、上記居住空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L 、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$)とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定されている高浄化部屋システムの一つの部屋である請求項8記載の就寝状況検知システム。

[請求項28]

上記部屋は、

少なくとも一つの部屋を有し、

上記部屋を構成する壁の少なくとも一つが、外気を導入できる内部空間を有する、部屋用の壁であって、上記壁の端面に外部と上記内部空間とを連通する通気口を有し、上記内部空間を形成する主要な面の少なくとも一つがダスト微粒子を通さず、気体分子は通す膜より成り、

上記部屋内部には、閉空間である居住空間を有し、

上記部屋内部には、当該部屋内気を取り込む開口と、当該吸引空気を清浄化処理後、その全量を、再び、上記部屋内部に戻す吹き出し口

とが、対となって設けられ、

上記膜が、上記居住空間の体積を V 、上記膜の面積を A 、厚みを L 、上記膜中の酸素の拡散定数を D とした時、 $\{(V/A)/(D/L)\}$ でスケーリングさせて設定された面積 A を持ち、

上記居住空間の体積を V 、上記居住空間内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にあり上記居住空間内部で酸素消費の無い時の酸素体積を V_{O_2} 、上記壁の有する上記膜中の酸素の拡散定数を D 、上記膜の厚みを L 、上記居住空間内における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記膜の面積 A が、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\frac{V_{O_2}}{V} - \eta)} \quad (15)$$

を満たすように設定されている高潔浄部屋システム

の一つの部屋である請求項 8 記載の就寝状況検知システム。

[請求項 29]

上記部屋を複数含み、上記複数の部屋のそれぞれに設けられた上記開口と上記吹き出し口が、上記部屋外部に設置された集中空気濾過器或いは集中空気清浄機と連通している請求項 28 記載の就寝状況検知システム。

[請求項 30]

上記部屋は、

ダスト微粒子を通さず、気体分子は通すガス交換膜が側面及び天井面の一角又は全てを占めるテントであって、

部屋内部と接するように設けられ、

上記部屋内部の酸素消費レートを B 、外部と平衡状態にある時の酸素濃度を η_0 、上記ガス交換膜の厚みを L 、上記ガス交換膜中の酸素の拡散定数を D 、上記部屋内部における目標酸素濃度を η ($\eta > 0.18$) とした時、上記ガス交換膜の面積 A が、少なくとも、

$$A \geq \frac{BL}{D(\eta_0 - \eta)} \quad (16)$$

を満たすように設定されているテントである請求項 1 ～ 7 のいずれか一項記載の就寝状況検知システム。

〔請求項31〕 被験者が就寝する部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験者が就寝する間にダストカウンターにより上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより上記被験者の就寝状況を検知する就寝状況検知方法。

〔請求項32〕 被験体が就寝する部屋又は閉空間と、
上記部屋又は閉空間の内部に設置された、上記被験体に対して非接触かつ非侵襲で上記被験体の睡眠時の無意識の体動情報を測定する測定装置とを有し、
上記被験体が就寝する間に上記測定装置により上記睡眠時の無意識の体動情報を測定することにより上記被験体の状態を調べる睡眠時無意識体動情報活用システム。

〔請求項33〕 上記測定装置は、上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子を計測するダストカウンターを含み、
上記部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験体が就寝する間に上記ダストカウンターにより上記部屋又は閉空間の内部のダスト微粒子数の時間変化を測定することにより上記睡眠時の無意識の体動情報を測定する請求項 3 2 記載の睡眠時無意識体動情報活用システム。

〔請求項34〕 被験体が就寝する部屋又は閉空間の内部を上記部屋又は閉空間の外部より清浄に維持した状態で上記被験体が就寝する間に上記被験者に対して非接触かつ非侵襲で上記被験体の睡眠時の無意識の体動情報を測定することにより上記被験体の状態を調べる睡眠時無意識体動情報活用方法。