

2021年12月1日

**住宅用全館空調システムや HEPA フィルターを有する換気システムを
搭載した住宅の室内環境が健康に与える影響について
慶應義塾大学 伊香賀教授・井上教授と共同で実証研究
～血圧の低減・睡眠の質向上・肺機能低下の抑制効果を実住宅で検証～**

パナソニック ホームズ株式会社は、このたび、実住宅において、住宅用全館空調システムの「温熱環境」が健康に与える影響を慶應義塾大学 伊香賀教授と、また、HEPA フィルターを有する換気システムの「空気環境」が健康に与える影響を慶應義塾大学 井上教授と共同で実証研究しました。

研究テーマ・概要は下記の通りです。

① 温熱環境が冬季血圧・夏季睡眠に与える効果についての共同実証研究^{※1,※2}

＜慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 教授 伊香賀 俊治氏＞

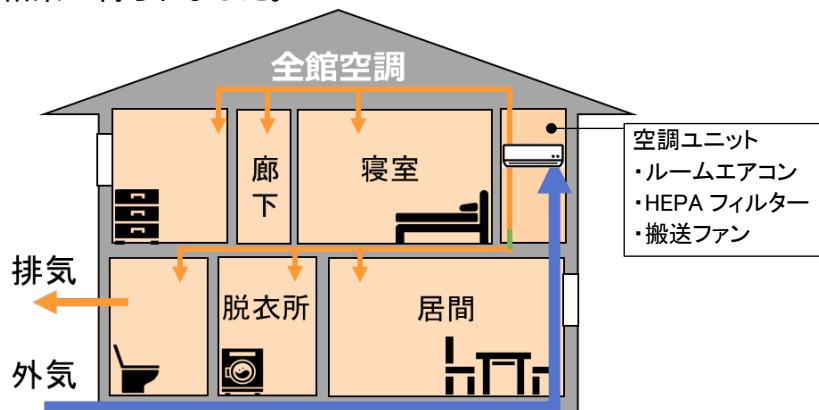
共同実証研究は 2020 年 4 月に開始。住宅性能・設備により実現する室内温熱環境（温度・温度ムラの低減等）が健康に与える影響に着目し、居住者の血圧・睡眠に関する効果を検証しています。

② 空気環境が肺機能に与える効果についての共同実証研究^{※3}

＜慶應義塾大学 医学部(化学教室) 教授 井上 浩義氏＞

共同実証研究は 2015 年 11 月に開始。PM2.5 除去装置(HEPA フィルター)を有する換気システムの搭載により実現する室内空気質が居住者の肺機能に与える効果を検証しています。

上記の共同実証研究成果より、住宅用全館空調システムを搭載した住宅では、血圧の低減・睡眠の質向上が、また、HEPA フィルターを有する換気システムを搭載した住宅では、肺機能低下抑制の効果がそれぞれ期待できる結果が得られました。



住宅用全館空調システム・HEPA フィルター搭載住宅のイメージ

当社は、今回の共同実証研究で得られた知見・成果を、今後の商品開発に活用していくことで、住む人の健康や暮らしの質向上に向けたより一層の取組みに繋げていきます。

◆共同研究の背景

住宅における室内温熱環境が与える健康影響として、冬季の室内温度差に起因するヒートショック（年間死亡者数 19,000 人と推計^{※4}）が挙げられ、我が国では死亡原因の約 23%が循環器疾患によるもの^{※5}とされています。その主な要因は高血圧であり、血圧上昇には寒冷な居住環境が影響を与えると考えられています。^{※6}

また、厚生労働省の「国民健康・栄養調査」^{※7}では国民の約 2 割が睡眠で休養が十分にとれていないと報告されており、2009 年から有意に増加傾向にあります。睡眠の質は室内温熱環境が大きく影響しており、特に高温多湿である夏季は睡眠効率が低下するとされています。

一方、PM2.5（直径 2.5 μm [マイクロメートル] 以下の粒子状物質の総称）をはじめとする大気汚染物質は、様々な健康への影響が懸念されています。WHO によると、PM2.5 への長期曝露は全死亡、心血管疾患・呼吸系疾患による死亡の増加に影響があるとされています。^{※8}

環境省の調査では、一般住宅の屋外と屋内の PM2.5 濃度はほぼ同等になります。^{※9} 日本では大気環境基準の設定、測定局の整備・PM2.5 排出対策によって濃度は低下してきておりますが、越境汚染による影響も大きく、越境汚染の影響の受けやすい中国・四国・九州では一般環境大気測定局の環境基準達成率は 61-76%に留まっています。^{※10}

◆共同実証研究の概要

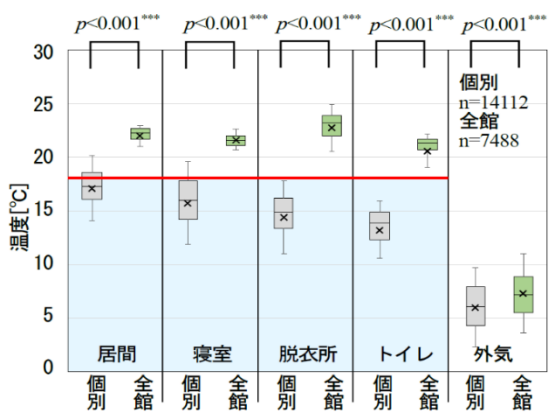
① 温熱環境が冬季血圧・夏季睡眠に与える効果についての共同実証研究〈伊香賀教授〉

● 冬季居住者の血圧変化に関する実証^{※1}

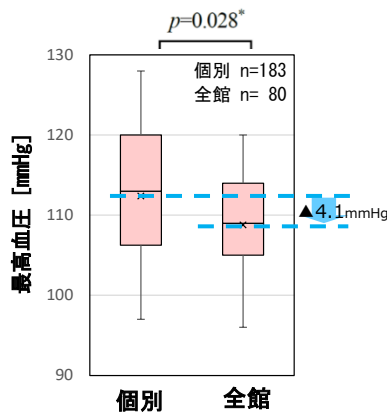
住宅の省エネルギー基準に定められる地域区分 5・6 地域において、ZEH 水準の建物性能を有する住宅居住者（有効サンプル数：個別空調群 9 世帯 18 名・全館空調群 5 世帯 9 名）を対象に実証を行いました。調査期間は 2021 年 1 月 20～2 月 20 日のうち任意の 10 日間、室内温湿度および家庭内血圧の測定、アンケート調査を実施しました。

※個別空調群：第三種換気方式・各室にルームエアコンを設置した居室間歇空調方式
全館空調群：第一種換気方式・ルームエアコンを熱源とした全館空調方式

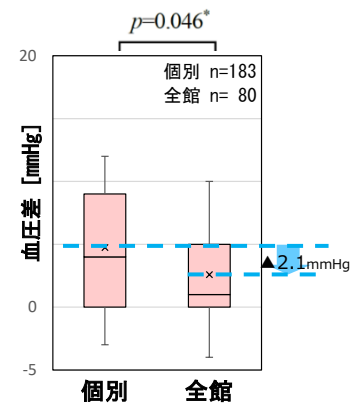
各室の平均室温は個別空調群に対して全館空調群は有意に高く、WHO の住宅と健康ガイドラインにて勧告されている最低室温 18℃以上^{※11}を全室で満足しており、高温入浴などの危険入浴リスクの低減に有効とされる室内環境^{※12}が維持できていることが確認されました。（グラフ 1）また、全館空調群は個別空調群に比べ、起床時最高血圧が 4.1mmHg 有意に低く、入浴前の血圧上昇値も 2.1mmHg 有意に低いことが確認できました。（グラフ 2、グラフ 3）厚生労働省が提唱している“健康日本 21(第二次)”^{※13}では平均血圧 4mmHg 低減が目標とされており、空調方式を含めた室内温熱環境の改善は循環器疾患予防に有効な方策として期待できることが明らかになりました。



<グラフ1: 群毎の室温比較>



<グラフ2: 起床時最高血圧>



<グラフ3: 入浴前血圧差>

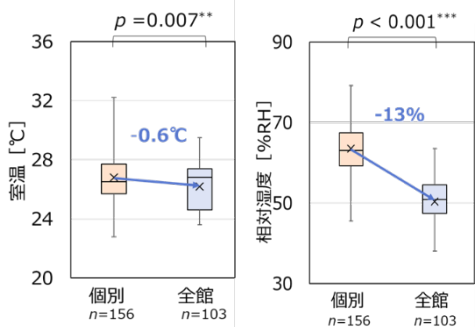
●夏季居住者の睡眠の質に関する実証^{※2}

住宅の省エネルギー基準に定められる地域区分 5・6 地域において、ZEH 水準の建物性能を有する住宅居住者(有効サンプル数:個別空調群 7 世帯 16 名・全館空調群 5 世帯 13 名)を対象に実証を行いました。調査期間は 2021 年 7 月 20 日~8 月 31 日のうち任意の 10 日間、室内温湿度および睡眠計(MTN-220 アコーズ社製)を装着した測定、アンケート調査を実施しました。

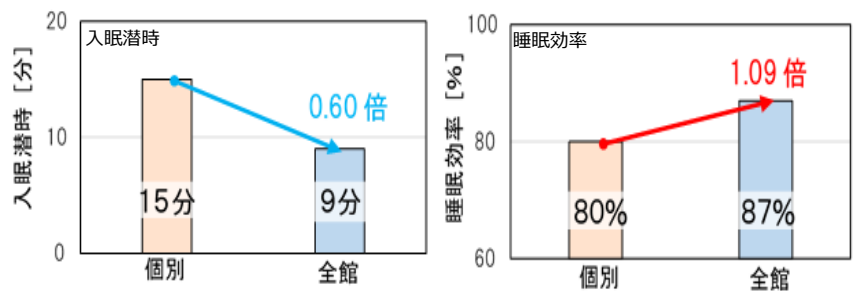
※個別空調群:第三種換気方式・各室にルームエアコンを設置した居室間歇空調方式

全館空調群:第一種換気方式・ルームエアコンを熱源とした全館空調方式

寝室の就床時平均温度および平均相対湿度は全館空調群が有意に低く維持されており、主観申告においても暑さにより睡眠が困難となった割合が有意に低い結果が得られました。(グラフ4) 温熱環境要素以外の睡眠の質に関連する要因(個人属性・生活習慣等)を考慮した上で、全館空調群の効果を分析検証した結果、個別空調群に対して入眠潜時は0.60倍に短縮、睡眠効率率は1.09倍高いことが示され、睡眠の質を向上させることが期待できる結果が得られました。(グラフ5)



<グラフ4: 就床時平均温湿度比較>



<グラフ5: 空調方式と入眠潜時・睡眠効率率>

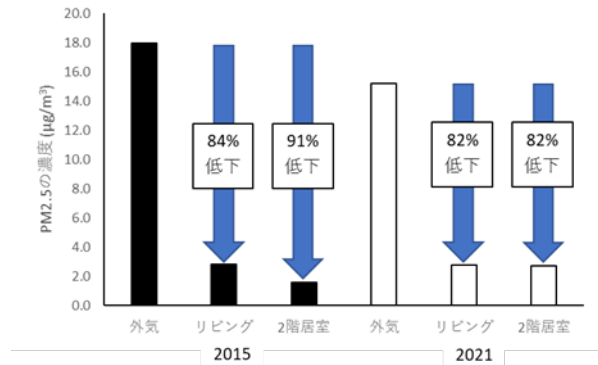
② 空気環境が肺機能に与える効果についての共同実証研究<井上教授>

PM2.5 除去装置(HEPA フィルター)を換気の給気部分に備えた住宅では、外気に比べて PM2.5 が低く抑えられていることを検証されています。^{※14}PM2.5 除去の換気システムを備えた住宅に住むことによって、PM2.5 への曝露が少なくなると、健康への影響が期待されるため、今回 PM2.5 除去の換気システムを備えた住宅の居住者に対し、約 6 年間の追跡調査を行いました。

● 実証研究の結果

PM2.5 除去の換気システムを備えた住宅の居住者(5 世帯 7 名)を対象に実証を行いました。調査期間は 2015 年 11 月～2021 年 7 月で、外気及び屋内の PM2.5 濃度、血圧、スパイロメーターによる肺機能の測定、アンケート調査などを行いました。

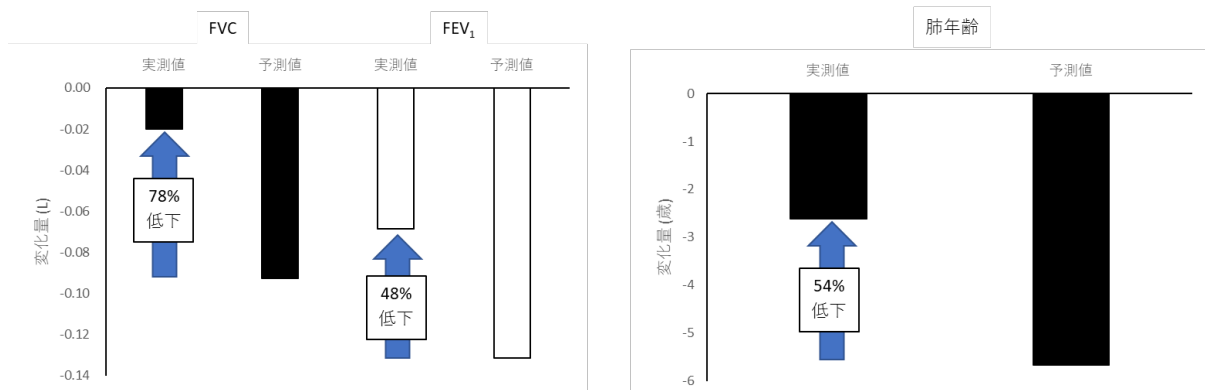
まず外気及び屋内の PM2.5 濃度について、2015 年、2021 年共に外気に比べ屋内は 82～91% 低く抑えられていました。PM2.5 除去の換気システムにより外気に比べて屋内の PM2.5 濃度が低く抑えられることが確認され、また 6 年間でPM2.5 の除去性能は低下しておらず、期間中は屋内の PM2.5 濃度は低く保ち続けられていたと考えられました。(グラフ 6)



<グラフ 6 : PM2.5 の除去測定結果 (2015 年・2021 年) >

肺機能の評価については、PM2.5 の影響を受けやすいとされる FVC(最大限息を吸った後にできる限り一気に吐き出した空気量、努力性肺活量)、FEV₁(努力性肺活量の最初の 1 秒間で吐き出した空気量、1 秒量)、肺年齢(性別、年齢、身長、FVC、FEV₁ から計算される呼吸機能の目安^{※15})の低下量が予測に比べて抑えられている傾向が見られました。実測値と予測値のそれぞれの値は、FVC:実測値-0.02 L に対し予測値-0.09 L、FEV₁:実測値-0.07 L に対し予測値-0.13 L、肺年齢:実測値-2.6 歳に対し予測値-5.7 歳でした。(グラフ 7)

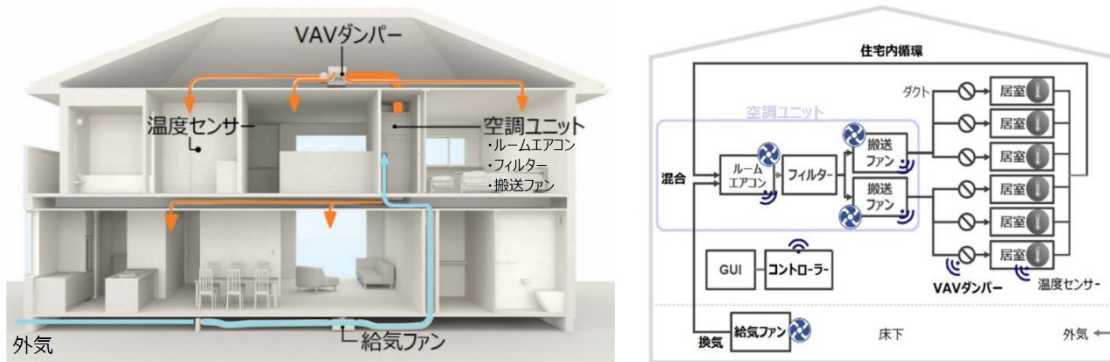
この結果から、PM2.5 除去の換気システムを備えた住宅は居住者の肺機能などの健康状態に良い影響を与える可能性が示唆されました。



<グラフ 7 : 肺機能評価結果 (FVC、FEV₁、肺年齢) >

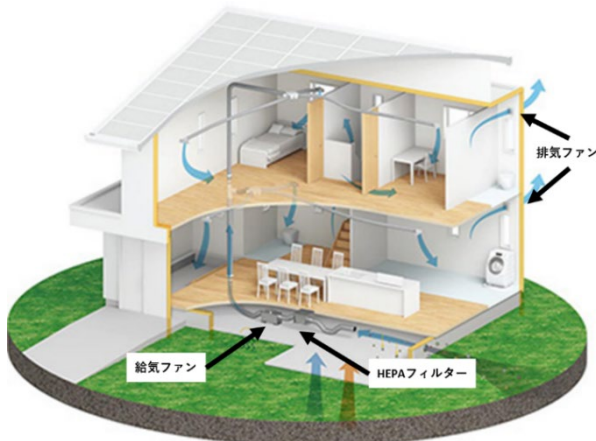
◆今回実証を行った住宅に搭載されている全館空調システムおよび換気システムの概要

＜全館空調システムの概要＞



第一種換気方式（床下を経由して外気を導入する換気方式※16）、1 台の熱源機（ルームエアコン）からダクトを通じて住宅全体に空気搬送するシステムであり、各室に温度センサーが配置され、コントローラーにより操作された設定温度にもとづき熱源機、搬送ファン、VAV (Variable Air Volume) ダンパーを制御する個別制御機能を有した住宅用全館空調システム。

＜換気システムの概要＞



第一種換気方式（床下を経由して外気を導入する換気方式※16）、床下で給気した外気をHEPAフィルターでPM2.5 などの粉じんを除去し、ダクトを通じて住宅全体に清浄な新鮮空気を供給し、トイレや洗面から排気する換気システム。

人生 100 年と言われるように平均寿命が延びてきている中、今後は、健康寿命を延ばすことが求められています。住宅全体を連続空調する全館空調システムやPM2.5 を除去する換気システムは年間を通じた室内温熱環境改善（室内温度・温度ムラの低減等）や室内空気環境改善に寄与し、健康に有効な影響を与えるシステムとして期待されます。

- ※ 1. 個別温度制御機能を有する全館空調における冬季居住者の血圧変化に関する実測調査 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2021.9 pp.189-192
- ※ 2. 個別温度制御機能を有する省エネ型全館空調システムに関する研究(その 1~4) 日本建築学会大会学術講演梗概集 2020.9 pp.1829-1832、2021.9 pp.1981-1984
- ※ 3. 住環境における PM2.5 除去設備が健康状態に及ぼす効果 Therapeutic Research 2021.11 pp791-799
- ※ 4. 厚生労働科学研究費補助金 入浴関連事故の実態把握及び予防対策に関する研究 平成 25 年度 研究代表書 堀進悟
- ※ 5. 厚生労働省, 人口動態統計月報年計 平成 30 年 (2018)
- ※ 6. 日本高血圧学会, 高血圧治療ガイドライン 2019
- ※ 7. 厚生労働省,平成 30 年 国民健康・栄養調査結果の概要 2018
- ※ 8. World Health Organization. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. Regional Office for Europe 2006
- ※ 9. 環境省, 微小粒子状物質曝露影響調査報告書 (2007)
- ※10. 鶴野伊津志, 王哲, 弓本桂也, 板橋秀一, 長田和雄, 入江仁士ほか, PM2.5 越境問題は終焉に向かっているのか?. 大気環境学会誌 2017; 52(6): 177-84.
- ※11. WHO Housing and health guidelines. Recommendations to promote healthy housing for a sustainable and equitable future 23 November 2018 Guideline
- ※12. 国土交通省社会資本整備審議会 第 49 回住宅地分科会 資料 4
- ※13. 医学のあゆみ 健康日本 21 (第二次) の中間評価とこれからの課題 271 巻 10 号 2019 年 12 月 7 日 pp1146-1147
- ※14. 中川浩, 井上浩義, 東木宏樹. 戸建住宅における外気浄化の換気方式に関する研究—換気の入口で高性能フィルターによる除去をした場合の PM2.5 濃度の実測評価—. 環境工学 II 2017; 2017: 735-6.
- ※15. 日本呼吸器学会 肺年齢普及推進事務局. 肺年齢の利用について—“肺年齢コンセプト”仕様書 ver.1.1b. 2008
- ※16. 基礎断熱住宅の床下を利用した換気方式の空調負荷削減効果に関する研究(そ 1~2) 日本建築学会大会学術講演概論集 2014 年 pp.635-638