

## ハート換気システムの開発

小座野 貴弘\* 末永 義明\*\*

### 要 旨

近年、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物に代表される化学物質による室内の空気汚染が大きな社会問題になってきている。居住者の健康意識の高まりから、国をあげての緊急課題として官民を問わず各方面で汚染実態の調査や対策方法などについて研究が進んでいる。こうした中、厚生省からは、室内の許容濃度の指針値も出されるようになった。これにならって今後、住宅建設にあたり、性能規定型の規制がかかる可能性もある。

そこで、われわれは、その対策のための新しい換気システムを考案した。既に、実用化した常時換気システムを基本に、室内空気汚染物質の除去を目的とした循環型の空気清浄機能を組み込んだもので、これらの機能を人体の心臓と肺にたとえて「ハート換気システム」と名付けた。

本報では、この「ハート換気システム」の概要とこれを組み込んだ実大での実験による室内空気汚染物質の除去効果の検証結果等について報告する。

### 1. まえがき

最近、SHS（シックハウスシンドローム）に代表されるような住宅の居住環境に関する問題がクローズアップされている。本来、居住者の安全を確保し生活の場となるべき住宅が逆に、人の健康を害する環境を与えてしまっている。

そのひとつに、室内の空気汚染の問題がある。室内の空気を汚染するものといえば、CO<sub>2</sub>やCOなどのガス状物質や粉塵、カビ・ダニといった粒子状物質によるものがあげられるが、最近のアレルギー疾患や化学物質過敏症患者増加の原因のひとつには、室内で発生したホルムアルデヒドやVOC（揮発性有機化合物）といった化学物質による影響が指摘されている。

室内がこのような化学物質に汚染されるようになった原因は、ひとつに住宅を構成する壁材や床材といった建築材料や室内に持ち込まれる家具に用いられる材料にこれらの化学物質が含まれていることがある。一方で、省エネルギーの観点から推し進められてきた住宅の高断熱・高气密化による漏気量を含む自然換気量の減少にもかかわらず積極的な換気が行われていないこともまた、原因のひとつとしてあげられる。

こうした中、居住者の健康意識の高まりから、シックハウス問題が社会的関心事として、新聞、テレビ等の報道を通じて多くなり、しまいには、国会において取り上げられるようになった。これを機に官民を問わず、各方面で汚染の実態調査や対策方法などについて研究がなされ始めている。例えば、厚生省からは、室内空気環境で特

に、問題があるとして室内のホルムアルデヒド濃度の許容濃度の指針値も出されている。また、この動きのなかで現在、住宅建設にあたり、室内環境に関する規制が自治体によって進め始められている。住宅の作り手であるハウスメーカーやゼネコンでも、この動きに追随して対策を取り始めているのが現状である。

われわれは、このような現況を踏まえ、具体的な対策に乗り出すことにした。ところで、汚染を防止する方法としては、発生源の除去、換気による希釈、除去材や清浄機を用いた除去等が考えられる。に関しては、化学物質の放散量が少ない建材の開発が挙げられるが、性能・コスト面で課題が多い。は、冷暖房効率との関係等から十分な換気量を確保できない場合がある。そこで、の方法が考えられる。

最近では、空気清浄機の売れ行きが増加しており、住宅用暖冷房機器にも空気清浄機能が盛り込まれる傾向にある。そこで、現在あるような換気システムに空気清浄機能を組み込む必要があると考えた。

以前、われわれが開発した「健康住宅」のアイテムのひとつである常時換気システムを基本に、化学物質や粉塵などの微粒子の除去を目的とした循環型の空気清浄装置を換気システムに組み込むことにした。常時換気システムで排出できない物質を空気清浄装置で除去しようとするものである。このシステムの循環型の空気清浄機能と換気装置の役割を人の心臓、肺にたとえて「ハート換気システム」と命名した。システムの導入によって、居住者の健康と安らぎを願う意味あいも込めている。

\* 技術研究所 \*\* 建築設計部

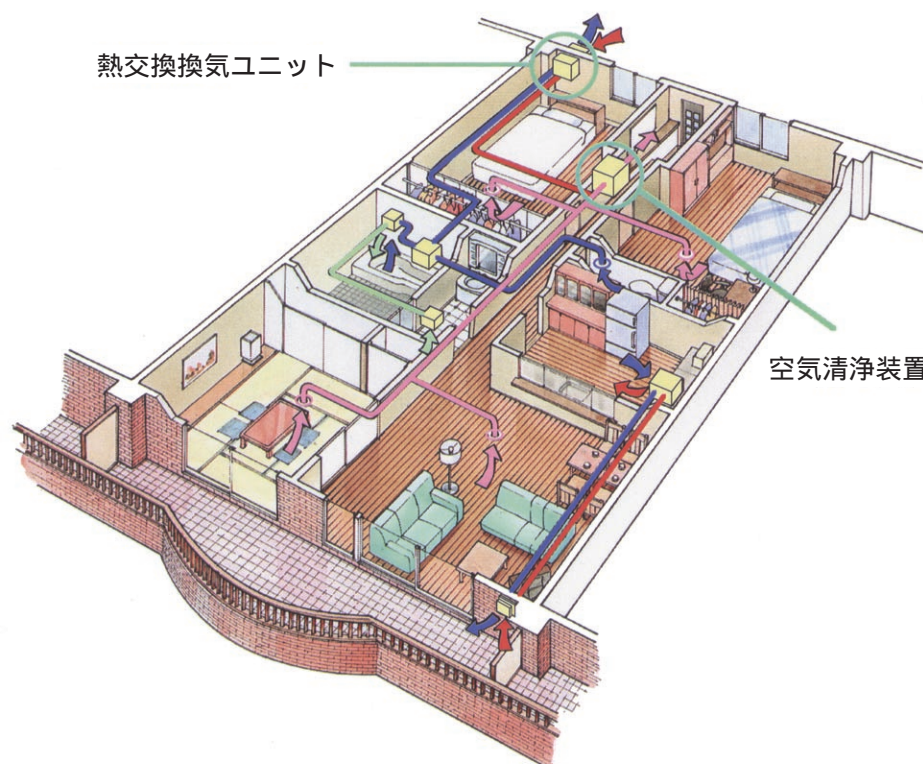


図 - 1 ハート換気システムの適用モデル

本報告では、「ハート換気システム」についての概要と、システム運転によるホルムアルデヒド等の室内空気汚染物質の除去効果に関する検証等について報告する。

## 2. ハート換気システムの概要

図 - 1 に、一般的な集合住宅の住戸モデルにハート換気システムを組み込んだイメージ図を示す。

システムは、常時換気系統と室内循環系統から成り立っている。換気系統は、トイレ等の水廻り部分からの汚染空気の排気と、それを補う新鮮空気の給気を熱交換換気ユニットで行う。一方、室内の循環系統は、リビング等の各室に設けた吸気口から吸い込んだ汚染空気を空気清浄装置で浄化し、廊下から吹き出し、再び室内に還気する。空気清浄装置は、室内空気を循環するファンと汚染物質の除去を目的としたフィルターを組み込んだフィルターボックスよりなっている。

なお、換気量は、省エネルギーの観点から住戸全体の換気回数で0.5回/h程度とする。循環量に関しては、除去対象物質、住戸の大きさ等によって異なるが、ホルムアルデヒド等の化学物質については、一般的な集合住宅を対象とした場合、換気回数換算で1回/h程度となる200m<sup>3</sup>/hとした。

表 - 1 実験対象住戸の概要

床面積	62m <sup>2</sup>	
容積	140m <sup>3</sup>	
内	床	合板下地、フローリング (JAS規格F1) 実験 合板下地、フローリング (JAS規格F2) 実験
	壁	壁紙仕上、一部塗装 外部に面する壁にスタイロボード貼付
装	天井	仕上材吹き付け

## 3. ホルムアルデヒドの除去効果の検証

### 3.1 実験概要

#### (1) 実験対象住戸

実験は、東京都三鷹市にある当社の社宅の1住戸を使用して行った。表 - 1 に実験対象住戸の概要を示す。実験対象住戸は、建物の竣工から既に20年以上経過しており、事前の調査では、室内のホルムアルデヒド濃度が0.01mg/m<sup>3</sup>以下であった。そこで、新築時のホルムアルデヒドの発生を再現するために床のフローリングの改装を行った。

なお、フローリング、及び、その下地の合板は、表 - 1 に示すように、実験 と実験 で仕様を替えた。また、外部に面する内壁には断熱材を貼り付け、また、隙間となる部分には気密シートを貼るなどの断熱・気密性

能の向上をはかった。

(2) システムの設置

図 - 2 に示すように、住戸の廊下の天井にシステムを構成する機器を設置し、そこから各室へダクトを配して吸気口を設置した。なお、常時換気の給排気風量や各吸気口からの吸い込み量は各室の大きさを考慮して表 - 2 のように計画した。

(3) ホルムアルデヒド濃度の測定方法

ホルムアルデヒド濃度の測定は、測定間隔、測定精度等を加味して次のようにした。

連続測定には、光音響法の測定原理に基づく I N O V A 社製のマルチガスモニターを、そのデータのクロスチェックのために、D N P H 固体捕集 - 高速液体クロマトグラフ法による測定と A H M T 法の原理に基づく島津製作所製の S I L S E T による測定を併用した。表 - 3 ~ 5 に各機器の仕様を示す。測定は、部屋の中央床上120cmの高さで行った。

(4) 実験方法

まず、室内の初期濃度を測定するため、いったん部屋の開口部を全開し30分間窓開け換気を行い、その後再び部屋を閉め切りにし、室内濃度をガスモニターを用いて連続測定する。途中、クロスチェックのために S I L S E T による濃度測定、及び、D N P H カートリッジによる室内空気のサンプリングを実施する。

閉め切りの状態で、換気システムの運転を開始する。濃度計測は続けて行う。

なお、実験は、夏季(実験 )と冬季(実験 )の2回実施した。

3.2 実験結果

(1) 実験

この実験は、夏季において床の仕上げとして J A S 規格の F 1 仕様のフローリングを敷いた場合である。

表 - 2 システムの運転風量

種別	場所	計画値	用途	備考
常時換気	トイレ	35m <sup>3</sup>	排気	
	浴室	35m <sup>3</sup>	排気	
	廊下	70m <sup>3</sup>	給気	
循環	L D K	100m <sup>3</sup>	吸気	
	南室	50m <sup>3</sup>	吸気	
	北室	50m <sup>3</sup>	吸気	
	廊下	200m <sup>3</sup>	還気	

廊下に設けた吹き出し口で常時換気の給気と循環の還気が合流する。

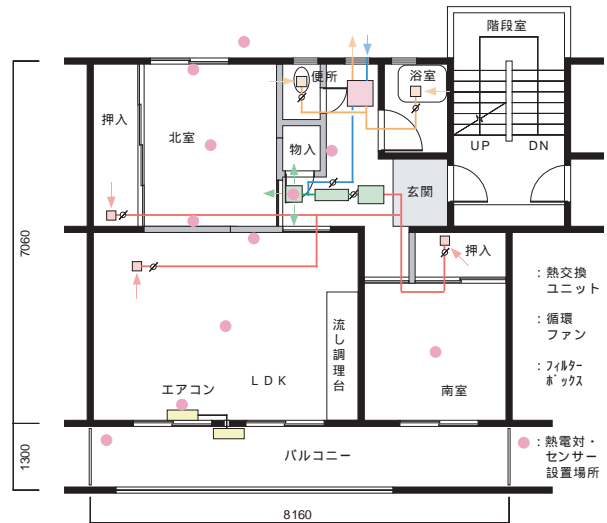


図 - 2 実験対象住戸の平面図

表 - 3 ガスモニターの仕様

方式	光音響赤外線検出法
測定対象	混合ガスの5成分 (フィルターの交換により各種)
空気吸入時間	1ガスにつき約35秒
空気吸入量	140m <sup>3</sup>

表 - 4 SILSETの仕様

方式	AHMT法, 比色法
測定対象	空気中のホルムアルデヒド
標準分析範囲	0 ~ 1ppm
空気吸入時間	約10 ~ 25分
空気吸入量	3.2L
反応時間	約15 ~ 20分(試薬滴下後)
捕集液	8% NaOH水溶液

表 - 5 高速液体クロマトグラフ法に用いた機器の仕様

捕集機器・材		
ポンプ	柴田科学製 MP-603T	
流量計	品川製作所製 DC-1A	
捕集材	Waters製DNPHカートリッジ	
	捕集量	1 L/minで20分
分析機器		
高速液体 クロマトグラフ装置	ポンプ	島津製作所製 LC-10AD
	検出器	島津製作所製 SPD-10A
	カラム	島津製作所製 CLC-ODS 250mm x 4.6mm

密閉時の室内濃度

図 - 3 に、リビングの濃度の経時変化を示す。実験時の温湿度は、昼間、室内で平均30.6、68%、屋外で平均33、52%、夜間、室内で平均30、80%、屋外で平均28、74%であった。

窓等の開口部を閉鎖後、室内濃度は徐々に上昇を続け、閉鎖5時間後0.11~0.12mg/m<sup>3</sup>で平衡に達した。その後、夜間に再び上昇がみられ、翌日の濃度は0.13~0.14 mg/m<sup>3</sup>になった。

この値は厚生省の濃度指針値0.1 mg/m<sup>3</sup>を上回っていた。建材の低ホルム化が徐々に進みつつあり、新築時の室内濃度は、全般的に低くなっていると考えられるが、夏季のような温湿度が高い状況では、使用する建材によって室内濃度が指針値を上回ることがあることがわかった。

ハート換気システムを運転した場合

図 - 4 にリビングの濃度の経時変化を示す。

運転開始前の室内のホルムアルデヒド濃度は、0.14~0.15mg/m<sup>3</sup>であった。運転開始1時間後、0.09mg/m<sup>3</sup>、2時間後には0.08mg/m<sup>3</sup>と0.1mg/m<sup>3</sup>を下回った。その後も室内濃度は徐々に低下し、運転開始5時間後には、0.05~0.06mg/m<sup>3</sup>でほぼ平衡に達した。その後、継続して運転したところ、その値を維持し安定していた。

(2) 実験

この実験は、冬季において床の仕上げとしてJAS規格のF2仕様のフローリングを敷いた場合である。

図 - 5、6 に各室内の濃度の変化を示す。実験時の温湿度は、昼間、室内で平均14.8、25%、屋外で平均10.1、54%、夜間、室内で平均13.8、24%、屋外で平均8.1、66%であった。

システム運転前の室内濃度は、リビングで0.17~0.18 mg/m<sup>3</sup>、南室で0.13mg/m<sup>3</sup>、廊下で0.04~0.05mg/m<sup>3</sup>であった。運転を開始すると、各室内濃度は徐々に低下した。廊下では、逆に、一時的に上昇した。この原因は、システムの運転により、各室から集められた空気が廊下にある吹き出し口から還気されるためであると考えられる。廊下では、もともと発生源はなく、低濃度であったが、各室から集められた空気は、清浄装置でホルムアルデヒドの除去を行っているとはいえ、初期濃度が高いため、装置を通過した空気の濃度は廊下の初期濃度に比べ高かったといえる。そのため、濃度が上昇したが、各室の濃度が低下するにつれて低下に転じている。各室の濃度には、ばらつきがあるものの徐々に収束していった。

システム運転後、各室内の濃度は0.1mg/m<sup>3</sup>以下で安定していたが、図6にみられるように南室においては、昼間、濃度の上昇がみられた。この原因として、日射によ

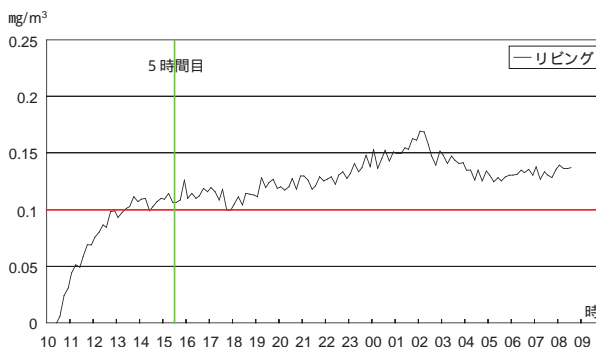


図 - 3 ホルムアルデヒド濃度の経時変化

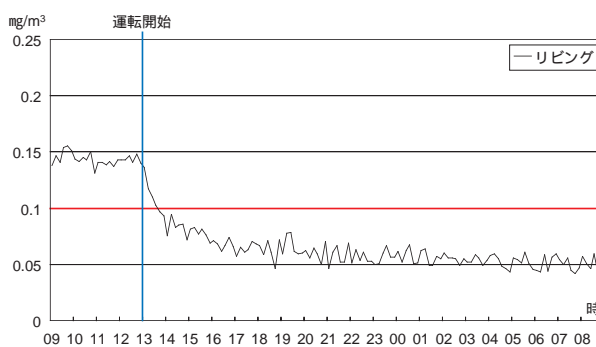


図 - 4 ホルムアルデヒド濃度の経時変化

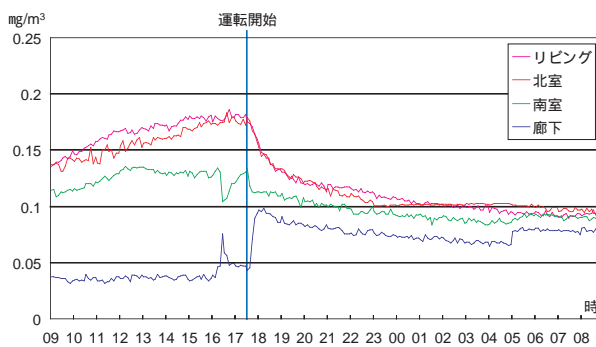


図 - 5 システム運転前後の室内濃度の経時変化

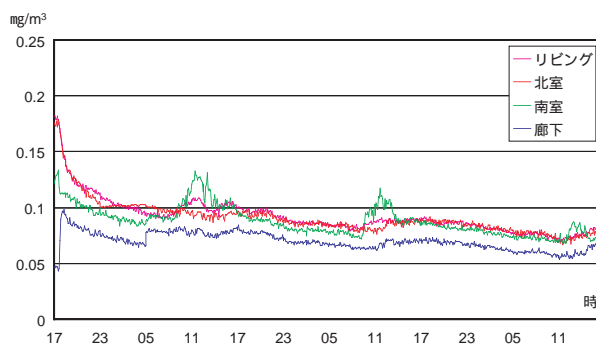


図 - 6 システム運転後3日間の室内濃度の経時変化



る影響と、吸い込み風量の不足が考えられる。南室の吸い込み風量は当初計画していた50m<sup>3</sup>/hに対し、実際は35m<sup>3</sup>/h程度であった。したがって、日中、日射により建材が暖められることによるホルムアルデヒドの発生の増加に除去が追いつかなかったことと考えられる。

4. ギ酸に対する除去効果

先述のように、室内空気汚染の主な原因物質のひとつとしてホルムアルデヒドがあるが、この酸化生成物であるギ酸も原因物質のひとつであることが指摘されている。そこで、ハート換気システム運転による当物質に対する除去効果について検証を行った。

4.1 実験概要

(1) 実験対象住戸、及び、設備

測定住戸、及び、設備は前述と同様である。

(2) ギ酸濃度の測定方法

イオン交換蒸留水を捕集液として室内空気を捕集し、イオンクロマトグラフ法で分析した。表-6に機器の仕様を示す。測定は、リビングの中央床上120cmの高さで行った。

(3) 実験方法

部屋の開口部を全開し30分間窓開け換気を行い、その後再び部屋を閉め切りにする。5時間経過した時点で初期濃度を測定する。

次に、換気システムの運転を開始する。運転開始2、4、24時間後の濃度を測定する。ギ酸濃度と同時にホルムアルデヒド濃度も測定する。

なお、測定対象としたリビングでは、エアコンによる暖房を行った。

4.2 実験結果

図-7、8にリビングの室内濃度の変化を示す。

実験中の温湿度は、室内で26~28、21~37%であった。運転開始前のギ酸の濃度は、0.017mg/m<sup>3</sup>であった。ホルムアルデヒドは、0.26mg/m<sup>3</sup>であり、今回の実験では、ギ酸の濃度はホルムアルデヒド濃度の1/15程度であった。

運転開始2時間後、ギ酸濃度、ホルムアルデヒド濃度ともに低下した。4時間後は、ホルムアルデヒド濃度は若干の低下がみられたが、ギ酸濃度は少し上昇した。また、1日経過すると、両濃度とも、再び低下し、運転開始前に比べ、ホルムアルデヒド、ギ酸とも室内濃度は半分程度になった。

この結果から、本システムの運転により、ホルムアルデヒドと同時にギ酸まで除去が可能であることがわかった。また、室内のホルムアルデヒドとギ酸の濃度の挙動から両物質の室内での発生に一定の相関がうかがえるが、このあたりは今後の検証事項にしたい。

表-6 ギ酸濃度測定用機器の仕様

捕集機器・材	
ポンプ	柴田科学製 MP-603T
捕集材	イオン交換蒸留水
	捕集量 2L/minで120分
分析機器	
イオンクロマトグラフ装置	ダイネクス製 DX-320J
	検出器 電気伝導度検出器
	カラム ダイネクス製 IonPacAS14

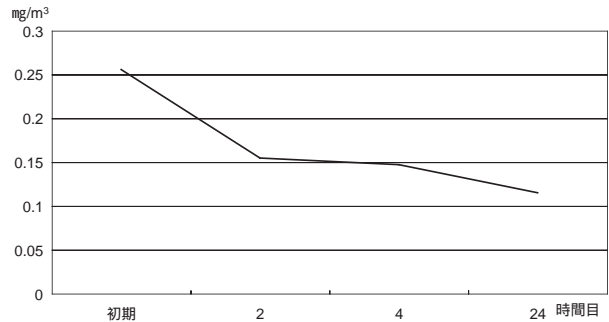


図-7 室内のホルムアルデヒド濃度の変化

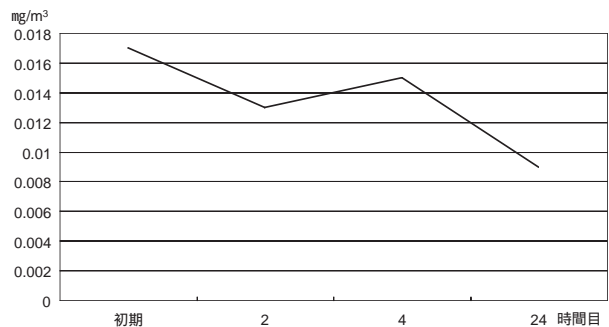


図-8 室内のギ酸濃度の変化

5. 温熱環境に関する実験

住宅内では、暖房空間と非暖房空間、南側と北側の部屋などで温度差が生じやすい。そのため、室間の移動途中でヒートショックなどを起こす高齢者などもある。そのため、住宅内の温度差の緩和をはかる必要がある。

ハート換気システムは、住戸内の空気を循環する機能を持つことから、その点を解消できる可能性がある。そこで、システム運転による住戸内の温熱環境について検証を行った。

5.1 実験概要

(1) 測定対象住戸、及び、設備

測定対象住戸、及び、設備は前述同様である。

(2) 温度測定

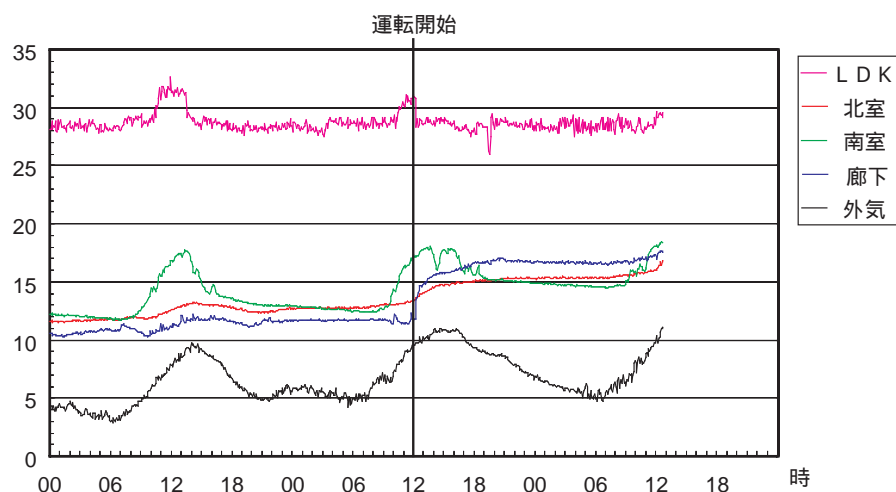


図 - 9 室内の温度の変化

各室の中央など、図 - 2 に示す床上120cmの位置、屋外の直射日光が当たらない場所に熱電対、及び、湿度センサーを設置した。

### (3) 実験方法

まず、リビングのエアコンの運転を開始する。温湿度測定を開始する。次に、ハート換気システムの運転を開始する。そして、システムを運転する前後の住戸内の温度比較を行った。

### 5.2 実験結果

図 - 9 に、ハート換気システム停止、運転時の室内の温湿度の経時変化を示す。

リビングはシステム運転前後とも、エアコンの温度設定によって安定していた。運転前の各室の温度は、南室、北室、廊下の順であり、南室は日中、日射の影響により上昇している。

運転を開始すると、各室の温度は上昇を始めた。特に、廊下の温度の上昇は顕著であった。この要因は、システム運転に伴い、各室、特に、リビングからの温かい空気が廊下で吹き出されたことによる。

また、北室と南室の温度差が小さくなった。一般に廊下は非暖房空間であることから、暖房空間との温度差によるヒートショックが懸念されるが、本システムの運転により、緩和できる可能性を見いだせた。

今回、南室と北室で夜間に温度の逆転現象がみられた。この原因は、南室と北室の吸い込み風量のバランスによるものと考えられる。南室では、吸い込み風量が設定風量に対して70%程度であったのに対し、北室では、逆に120%程度であった。したがって、廊下で吹き出された空気は、北室に多く流れていたことになる。

今回の結果によって、ハート換気システムの運転により一定の効果が確認されたが、まだ、全体・個別の風量設定において課題を残している。今後の検討課題にしたい。

### 6. おわりに

本報では、室内環境の改善を念頭に室内空気汚染対策技術として、新しい換気システム「ハート換気システム」の概要を説明し、これを用いた効果について実験をもとに検証したことを報告した。

結果として、ホルムアルデヒドの除去効果は確認できた。今後は、実際の物件への適用が望まれる。

本システムの開発のターゲットは室内の新築臭の原因である揮発性化学物質であるが、居住環境の改善の意味では、最後の取り上げたような温熱環境の改善、また、新築臭以外に例えばペット臭などの臭い対策等、応用範囲は広がると思われる。

なお、本研究にあたり、基礎研究では、通商産業省の平成9、10年度「室内空気汚染対策調査」の委託研究をもとにした。

### 謝辞

室内空気汚染対策の検討、実施にあたりましては、千葉工業大学工学部建築学科小峯裕己教授、東海大学理学部専任講師（元日立化成工業株式会社）関根嘉香氏をはじめ、関係者の方々にはお世話になりました。ここに感謝の意を表します。