

全熱回収型集中換気装置の戸建住宅における省エネルギー効果研究

(その1) 工学モデルの概要

正会員 ○奥山 博康 *¹ 正会員 倉淵 隆 *²
正会員 鳥海 吉弘 *³ 正会員 七岡 寛 *⁴

熱回路網 換気回路網 水蒸気回路網
全熱回収 集中換気 省エネルギー

1. 工学モデルとは

建築学での冷暖房換気に関する一つの大きな問題は、他工学分野で既に分析的解明が済んだ要素であっても、これらが組み合わされた建物全体的なシステムの挙動の理解が難しいことにある。従って予測計算モデルにおいても分析志向的モデルよりは総合志向的モデルが有用となる。本論での熱、水蒸気、換気回路網モデル[1]は後者に属し、連立方程式的なシステム志向の工学モデルであり、試験結果等から得られる工学的な特性値を多用することで実用的なモデルを構成できる。本事例検討では、さらにシステムの構造とパラメータ自体が時間的に変動し、また状態に依存して変動する時変性と非線形性の問題がある。既報の通気層による湿気排出をする外断熱の研究事例[2]も全熱回収器を組み込んだ集合住宅モデルであったが、本論では改良した全熱回収器を含むモデルの理論的な特徴を述べる。

2. 熱・換気・水蒸気回路網モデルと NETS の概要

計算機シミュレーションプログラムは NETS と呼ぶ。図 1 には事例の建物平面図と換気設備図を示す。この多数室系でダクトと送風機および全熱回収器からなる換気モデルを図 2 に示す。本換気回路網はゾーンと流路の要素だけから成るが、全圧節点系の概念[1]によりダクト系も包括的にモデル化できる。また送風機は固定風量ではなく P-Q 特性を考慮する。解法は修正ニュートンラプソン法と呼ぶ。送風機と煙突効果等による室内圧のリアルな再現を行い、廊下等を経由した室間空気流動を模擬するために、建物外皮の隙間も流路でモデル化する。これで気密測定試験も再現できる。図 3 の熱回路網と連成して重力換気も考慮できる。壁体伝熱は有限要素法によりモデル化し、部品として登録でき、引用して全体モデル構成を容易にできる。また必要に応じて箱状に縮小表示しモデル図を見やすくできる。空間的な離散化法は有限要素法と有限体積法を取り混ぜて用いることができ、熱

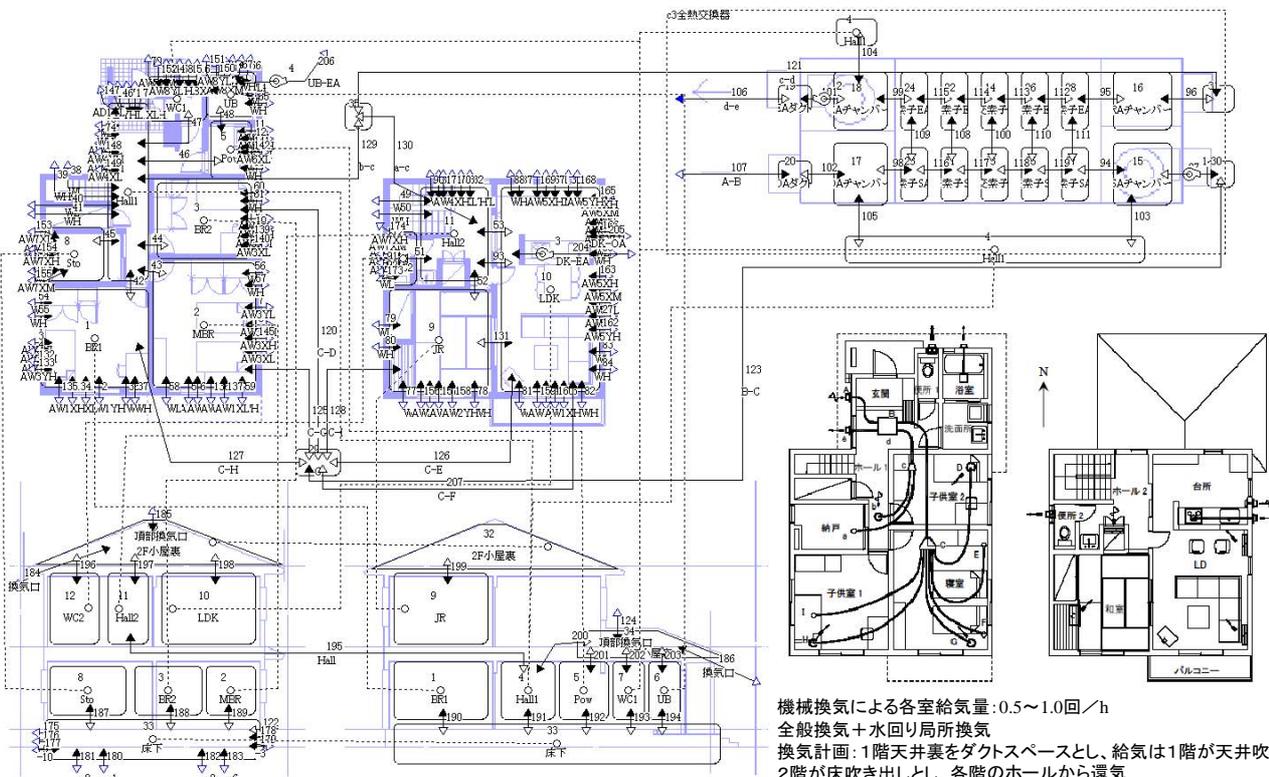


図2 換気回路網モデル

図1 平面図及び換気設備図

Energy Saving Effect by Central Ventilation with Total Heat Recovery
Installed in a Detached House Part 1 Outline of Applied Engineering Model

OKUYAMA Hiroyasu, KURABUCHI Takashi,
TORIUMI Yoshihiro and NANAOKA Hiroshi

回路網とはこれらを繋ぎ合わせ体系的な連立方程式にするための骨組みでもある。両図中の破線は節点やゾーンの同一化を表わし、モデル図表示を分かりやすくする工夫である。水蒸気回路網は熱回路網の部分集合に対応し節点数も少ない場合が多いが、本建物に関するモデル図は紙幅の関係で省略する。どちらのモデルも数学モデルは同様で、汎用性と計算安定性が特徴である。汎用性が実現できるのは、伝導、表面伝達、対流あるいは放射等の拡散形態によらず一種類の一般化コンダクタンス c_{ij} を定義していることと、計算対象物の空間次元や形態によらず成立する完全連結システム節点方程式を定義していること等による。熱水分同時移動の水蒸気吸着率と放出率は一定値扱いの連成モデル[3]である。何れのモデル図でも、建築図あるいは他のモデル図が背景図として透けて見え、理解し易くするレイヤー表示を工夫している。この熱・換気回路網の図表示は VentSim や COMIS 等と異なり、必ずしも電気回路網表示とは一致せず、特に換気回路網ではゾーンを点ではなく四角で表示する。NETS の一つの特徴は、例えば窓・戸の開閉の模擬等の、モデルの構造的またはパラメータ的な変化をスケジュールや状態フィードバックで行えることにある。これはモデル構成要素の全体集合において、部分と呼ぶ部分集合を任意に仮定し、これら部分集合の中での変化をモード変化と呼ぶ概念で管理する。つまり各部分は独立したモード変化が実施できる。そしてモード変化は、即物的な制約は

無く、任意のモデル要素の変数とパラメータに対して行うことができる。熱負荷計算に関しては、普通の方法だけでなく PID 制御による方法等が適用できる。前者では立ち上がり時等に室空気からの除去熱量や除湿量が装置容量を超えれば自然温湿度になる。後者は躯体蓄熱モデルの様に、制御量と操作量が夫々躯体温度と冷却コイル除去熱流であって異なる節点の場合や、PMV 制御の場合に用いる。気象条件は空衛学会の動的熱負荷計算用の標準気象データを用いる。夜間放射や大気放射は、仮想天空温度節点と呼ぶものを導入し、建物外表面温度によって変化する長波長放射熱交換として扱う。また放射熱伝達の線形近似化された一般化熱コンダクタンスだけでなく、表面の対流熱伝達のそれも温度差依存として扱える。

3. まとめ

本事例研究で象徴的に重要性が示される工学モデルとは何かを論じ、さらに本件で関係する NETS の理論的かつ機能的な側面を述べた。

【謝辞】国交省の総合技術開発プロジェクト自立循環型住宅開発委員会により本研究を実施することができました。また同僚の大西由哲氏にはモデル作成等で御協力頂きました。

【参考文献】

- [1] 奥山博康、博士号学位請求論文「建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究」早稲田大学、'87年12月
- [2] 奥山博康、木村建一、川島亮平「内部結露と暖房負荷に関する内断熱と外断熱の比較検討」空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、E-49、2001年9月、pp1609-1612
- [3] 木村建一、「建築設備基礎理論演習」学社社、'71年再版、pp349-352

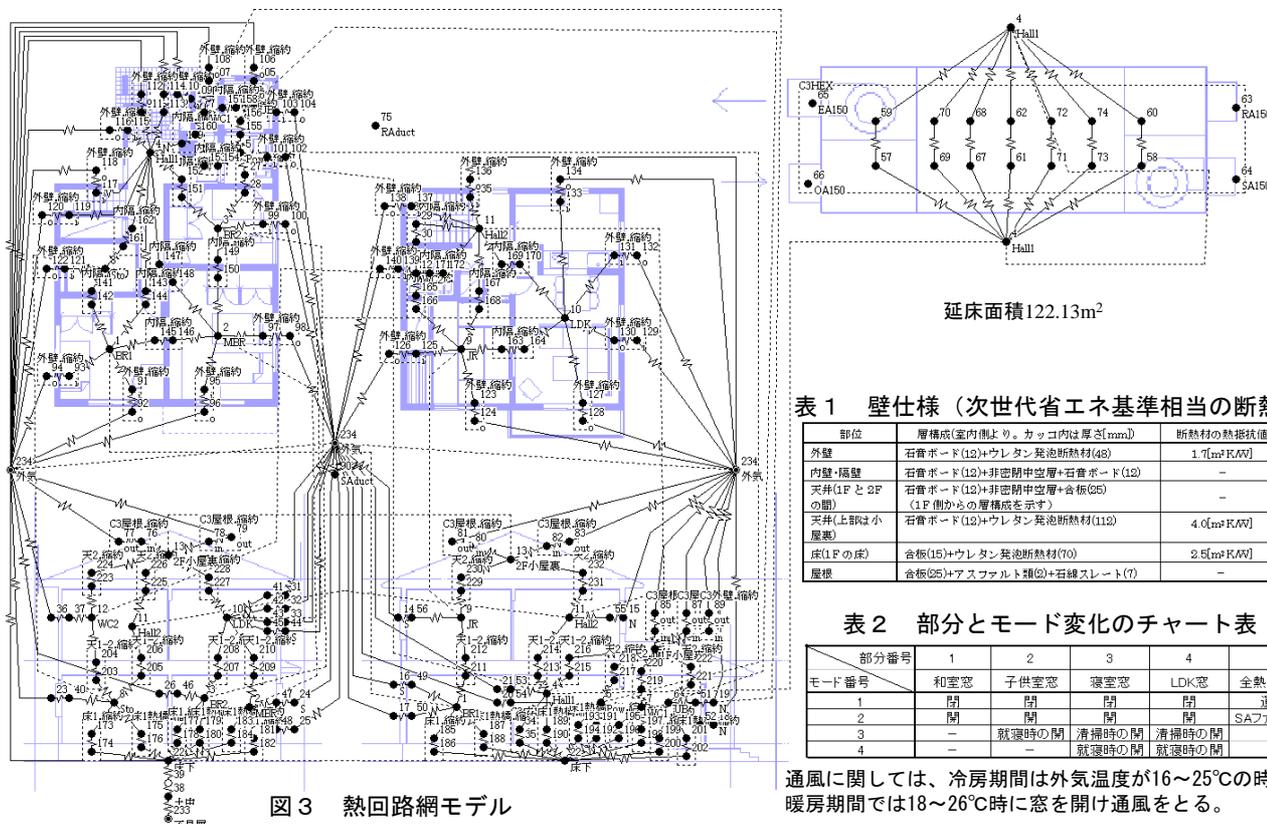


図3 熱回路網モデル

表1 壁仕様（次世代省エネ基準相当の断熱仕様）

部位	層構成(室内側より。カッコ内は厚さ[mm])	断熱材の熱抵抗値
外壁	石膏ボード(12)+ウレタン発泡断熱材(48)	1.7[m²K/W]
内壁・隔壁	石膏ボード(12)+非密閉中空層+石膏ボード(12)	-
天井(1Fと2Fの間)	石膏ボード(12)+非密閉中空層+合板(95) (1F側からの層構成を示す)	-
天井(上階は小屋裏)	石膏ボード(12)+ウレタン発泡断熱材(112)	4.0[m²K/W]
床(1Fの床)	合板(15)+ウレタン発泡断熱材(70)	2.5[m²K/W]
屋根	合板(95)+アスファルト類(2)+瓦葺スレート(7)	-

表2 部分とモード変化のチャート表

部分番号	1	2	3	4	5
モード番号	和室窓	子供室窓	寝室窓	LDK窓	全熱交換器
1	閉	閉	閉	閉	運転
2	閉	閉	閉	閉	SAファン停止
3	-	就寝時の閉	清掃時の閉	清掃時の閉	-
4	-	-	就寝時の閉	就寝時の閉	-

通風に関しては、冷房期間は外気温度が16~25°Cの時、暖房期間では18~26°C時に窓を開け通風をとる。

*1 清水建設技術研究所,工博
 *2 東京理科大学,教授,工博
 *3 東京理科大学,博士後期過程
 *4 大和ハウス工業総合技術研究所

*1 Institute of Technology Shimizu Corporation, Dr. Eng.
 *2 Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.
 *3 Graduate Student, Tokyo Univ. of Science,
 *4 Daiwa House Industry Central Research Laboratory,.