

住宅における高効率換気システムに関する研究 数値流体解析 (CFD) による臭気拡散性状の評価

T15K691C 須田 周史 指導教員 赤林 伸一 教授

1 研究目的

近年、住宅の高気密化によって、室内で発生する調理等の臭いによる快適性への影響が懸念されている。食卓の料理や排水口、人の呼気などから発生する臭気等の除去には局所排気が有効であるが、全般換気の排気口は便所や浴室、洗面所等の水回りに設けられ、住宅全体を換気経路とするため、臭気が家全体に拡散される事になる。臭気の発生を速やかに検知し、リビング等に設置された局所排気装置が運転できれば、臭気の拡散を防止できると考えられる。

本研究では CFD 解析 (RANS^{*1}) を用いて住宅内における臭気の拡散状況を把握し、臭気を効率的に検知するセンサの設置位置の検討を行うことを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象: 図 1 に解析対象モデルの概要と基準化濃度の算出位置を示す。解析対象は、建築環境・省エネルギー機構 (Institute for Building Environment and Energy Conservation: IBEC) が提案している戸建住宅モデル (4 人住い) の 1 階部分とする。換気は換気回数 0.5 [回/h] の第一種機械換気とする。給気は和室、リビングダイニング (LD)、台所に設置した給気口 (100 [mm] × 100 [mm]) から天井に沿って給気し、排気は便所に設置した排気口 (160 [mm] × 160 [mm])、洗面所、浴室に設置した排気口 (200 [mm] × 200 [mm]) × 2 により行う。室内の扉にはアンダーカットまたはガラリ^{*2}を設置する。

2.2 解析条件: 表 1 に解析の概要を、表 2 に解析条件を示す。RANS 解析には汎用数値流体解析ソフト STREAM ver.13 を使用する。乱流モデルは k-ε モデルを使用する。case1、case2 では中間季^{*3}を想定し、case2 ではエアコンを送風運転する。case3 では冬季^{*4}を想定し暖房を、case4 では夏季^{*5}を想定し冷房を行う。

人の呼気から発生する CO₂、料理、排水口から発生する臭気を模擬したトレーサーを対象位置で発生させる。

3 解析結果

3.1 基準化濃度の算出: 臭気の拡散状況を把握するため、解析領域内の各点のトレーサー濃度から、(1) 式より基

準化濃度を算出する。

$$\text{基準化濃度} [-] = \frac{\text{各点のトレーサー濃度} [\mu\text{g}/\text{m}^3]}{\text{トレーサー発生量} [\mu\text{g}/\text{s}] / \text{給気量} [\text{m}^3/\text{s}]} \dots (1)$$

RANS による定常計算で気流分布を解析し、その後トレーサーを発生させてから 600 秒後までの時系列解析を行う。

3.2 RANS 解析結果: 図 2 に case2-B におけるトレーサー発生から 600 秒後の基準化濃度分布を示す。case2-B の場合、臭気は高い温度の料理による上昇気流で天井付近まで到達し、部屋の中に拡散する。鉛直断面での基準化濃度は東壁面と天井付近で高くなり、水平断面 (z=1, 200 [mm]) での基準化濃度は東壁面付近で高くなる。

3.3 室内における基準化濃度の時間変化: 図 1 の ①～⑧に基準化濃度の算出位置を示す。算出位置は、① LD のコンセント (床上 300 [mm])、② LD のエアコン吸込口、③ LD のリビング机上、④食卓天井、⑤ LD から廊下への扉のアンダーカット、⑥ LD のインターホン (床上 1,500 [mm])、⑦台所から廊下への扉のアンダーカット、⑧洗面所排気口の 8 か所である。図 3 に各算出位置における基準化濃度の時間変化を示す。case4-C の場合を除いて、⑤⑦アンダーカットと⑧洗面所排気口における基準化濃度の時間変化は遅く、それ以外の算出位置での基準化濃度の時間変化は比較的速い。室内で濃度上昇が早い点に臭気を検知するセンサを設置することで室内での臭気の発生を早期に検知することが可能であると考えられる。

呼気から臭気が発生する場合、どの case でも臭気発生から 600 秒後に基準化濃度が最大で 0.15 程度となり、他の

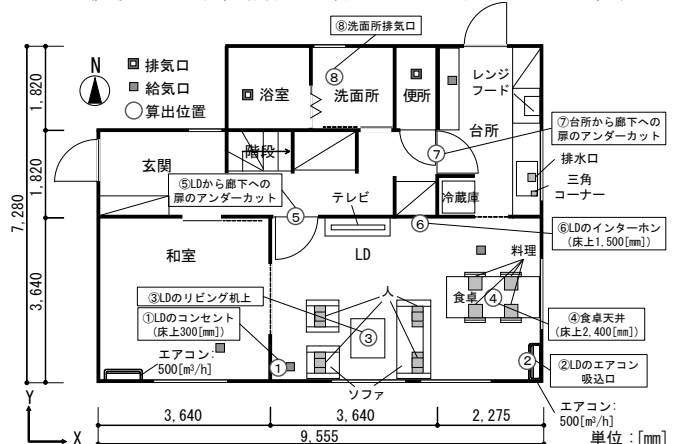


図 1 解析対象モデルの概要と基準化濃度の算出位置
表 2 解析条件

乱流モデル	標準 k-ε モデル
解析領域	9,555 (x) × 7,280 (y) × 2,400 (z) [mm]
最小メッシュ幅	10 [mm]
解析領域メッシュ数	253 (x) × 208 (y) × 80 (z)
トレーサー発生源	呼気、料理 (温度固定: 60 [°C]) 排水口
機器発熱	照明 (和室、LD): 31 [W] × 3
	照明 (台所): 22.8 [W]
	テレビ: 115 [W]
人体	冷蔵庫: 95 [W]
	密度: 1.050 [kg/m ³]
	比熱: 3.475 [J/(kg · K)]
	熱伝導率: 0.6 [W/(m · K)]
	呼気発生量: 10 [L/min]
壁面 (熱貫流率)	呼気温度: 32 °C
	体表温度: 30 °C
	外壁: 0.53 [W/(m ² · K)]
	床: 1.17 [W/(m ² · K)]
	窓: 1.31 [W/(m ² · K)]
	天井: 0.65 [W/(m ² · K)]
	屋根: 0.24 [W/(m ² · K)]
間仕切り壁: 1.58 [W/(m ² · K)]	
室内扉: 1.99 [W/(m ² · K)]	

解析 case	温度条件 [°C]		エアコン条件		トレーサー発生源	換気回数 [回/h]
	室内温度	外気温度	吹出し風量 [m ³ /h]	吹出し温度 [°C]		
case1	20	20	停止		呼気	0.5
case2			20	鉛直下向きから 20°	料理	
case2-C			500		排水口	
case3 (冬季 case)	27	35	和室: 25.5 / LD: 26.5	水平方向	呼気	0.5
case3-B			和室: 24.0 / LD: 19.5		料理	
case3-C			和室: 24.0 / LD: 19.5		排水口	
case4 (夏季 case)	27	35	和室: 24.0 / LD: 19.5	水平方向	呼気	0.5
case4-A			和室: 24.0 / LD: 19.5		料理	
case4-B			和室: 24.0 / LD: 19.5		排水口	

発生源に比較して濃度の時間変化が遅い。case1-A では② LD のエアコン吸込口、④食卓天井で、case2-A では④食卓天井で基準化濃度が高くなる。case3-A では臭気発生直後に④食卓天井で基準化濃度が高くなるが、臭気発生から 600 秒後に① LD のコンセントで基準化濃度が最大となる。case4-A では③ LD のリビング机上で基準化濃度が高くなる。

料理から臭気が発生する場合、どの case でも② LD のエアコン吸込口と④食卓天井で基準化濃度が高くなる。また、他の発生源に比較して臭気発生直後に基準化濃度が急激に上昇し、臭気発生から 600 秒後に最大で 0.25 程度となり、濃度の時間変化が速い。

排水口から臭気が発生する場合、他の発生源に比較して基準化濃度が上昇し始めるまでに時間を要する。case1-C では④食卓天井で基準化濃度が高くなる。case2-C ではどの算出位置でも臭気発生から約 200 秒後に基準化濃度が上昇

し始め、600 秒後に⑥ LD のインターホンで最大となる。case3-C では② LD のエアコン吸込口で基準化濃度が高くなる。case4-C ではどの算出位置でも臭気発生から約 200 秒後に基準化濃度が上昇し始め、600 秒後に⑦台所から廊下への扉のアンダーカットで基準化濃度が高くなる。

4 まとめ

① case2-B では、基準化濃度は鉛直断面では東壁面、天井付近で高くなり、水平断面 (z=1, 200[mm]) では東壁面付近で高くなる。

② case4-C の場合を除いて、⑤⑦アンダーカットと⑧洗面所排気口における基準化濃度の時間変化は遅く、それ以外の算出位置での基準化濃度の時間変化は比較的速い。

③呼気から臭気が発生する場合、どの case でも臭気発生から 600 秒後に基準化濃度が最大で 0.15 程度となり、他の発生源に比較して濃度の時間変化が遅い。

④料理から臭気が発生する場合、どの case でも② LD のエアコン吸込口と④食卓天井で基準化濃度が高くなる。また、他の発生源に比較して臭気発生直後に基準化濃度が急激に上昇し、濃度の時間変化が速い。

⑤排水口から臭気が発生する場合、他の発生源に比較して基準化濃度が上昇し始めるまでに時間を要する。case2-C、case4-C ではどの算出位置でも臭気発生から約 200 秒後に基準化濃度が上昇し始める。

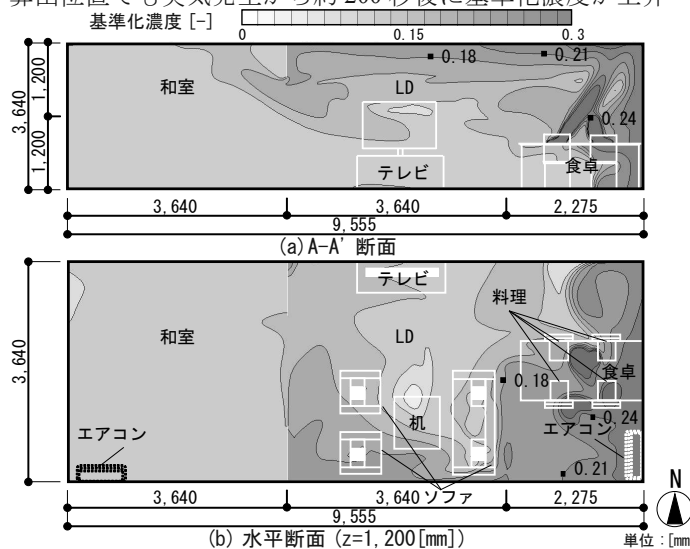


図 2 case2-B におけるトレーサ発生から 600 秒後の基準化濃度分布

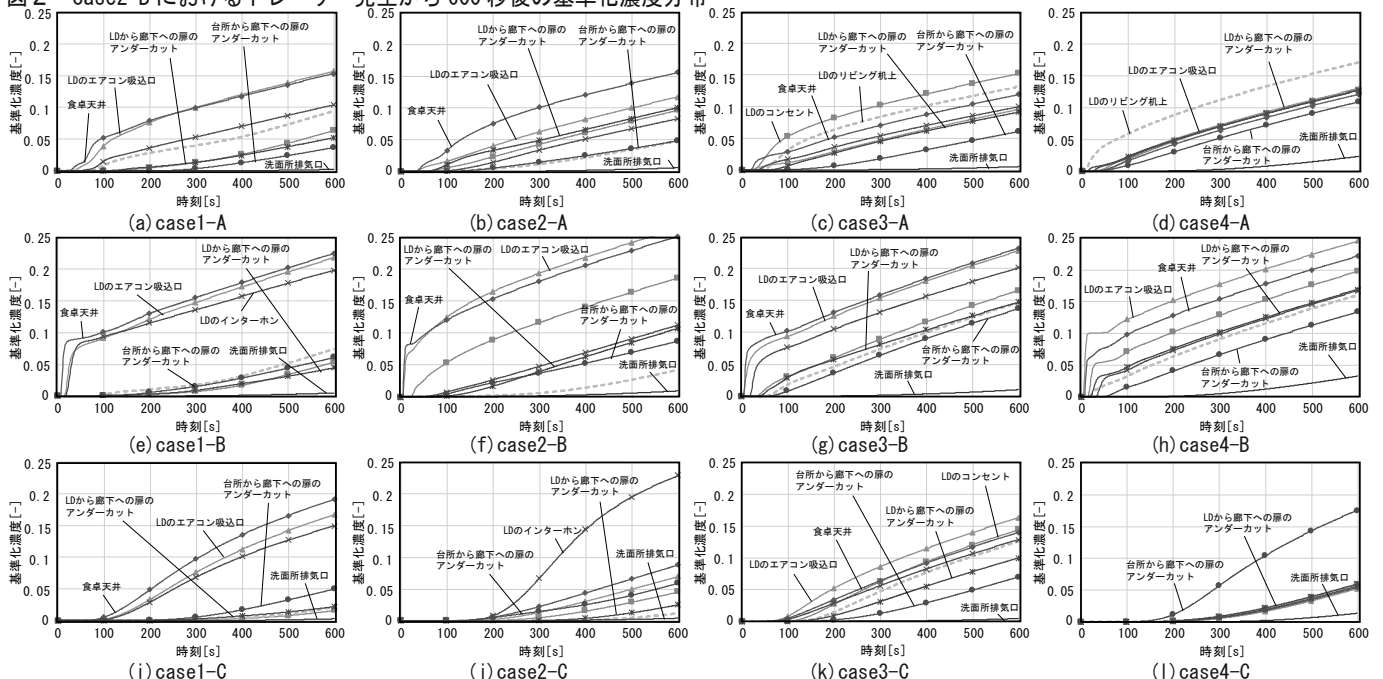


図 3 各算出位置における基準化濃度の時間変化

- 注釈
 ※1 レイノルズ平均モデル (Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations)
 ※2 和室、LD、台所の扉下部に 850 × 20[mm]、便所の扉下部に 700 × 20[mm]、洗面所の扉下部に 750 × 20[mm] のアンダーカットを、浴室の扉上部に 700 × 20[mm] のガラリを設置する。
 ※3 室内温度、外気温度を 20[°C] とし、室内外温度差が 0[°C] となるよう設定する。
 ※4 冬季の場合、室内温度を 20[°C]、外気温度を 0[°C] とする。
 ※5 夏季の場合、室内温度を 27[°C]、外気温度を 35[°C] とする。

- ① —●— LD のコンセント ③ - - - LD のリビング机上 ⑤ —●— LD から廊下への扉のアンダーカット ⑦ —●— 台所から廊下への扉のアンダーカット
 ② —●— LD のエアコン吸込口 ④ —●— 食卓天井 ⑥ —●— LD のインターホン ⑧ —●— 洗面所排気口