

IoTによる住宅の 換気システム制御に関する研究

CFDによる汚染質拡散性状と換気経路の検討

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

指導教員 赤林 栗屋 義明
伸一 教授

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

研究目的

住宅の高気密化に伴い、居室で発生する汚染質等（料理の臭い、在室者から発生する臭気・水蒸気・ CO_2 等、キッチンの排水口や生ゴミから発生する臭気）が室内環境に及ぼす影響が懸念される。

居室で発生した汚染質等は、住宅全体を換気経路とする全般換気によって住宅全体に拡散される。

居室で発生する料理の臭いや人の呼気に含まれる汚染質等の除去には局所排気が有効であると考えられる。

研究目的

近年、住宅設備の制御にIoT※¹が導入されている。

※1 Internet of Things(インターネット経由で相互制御できるセンサーと通信機能を持った機械器具)の略。

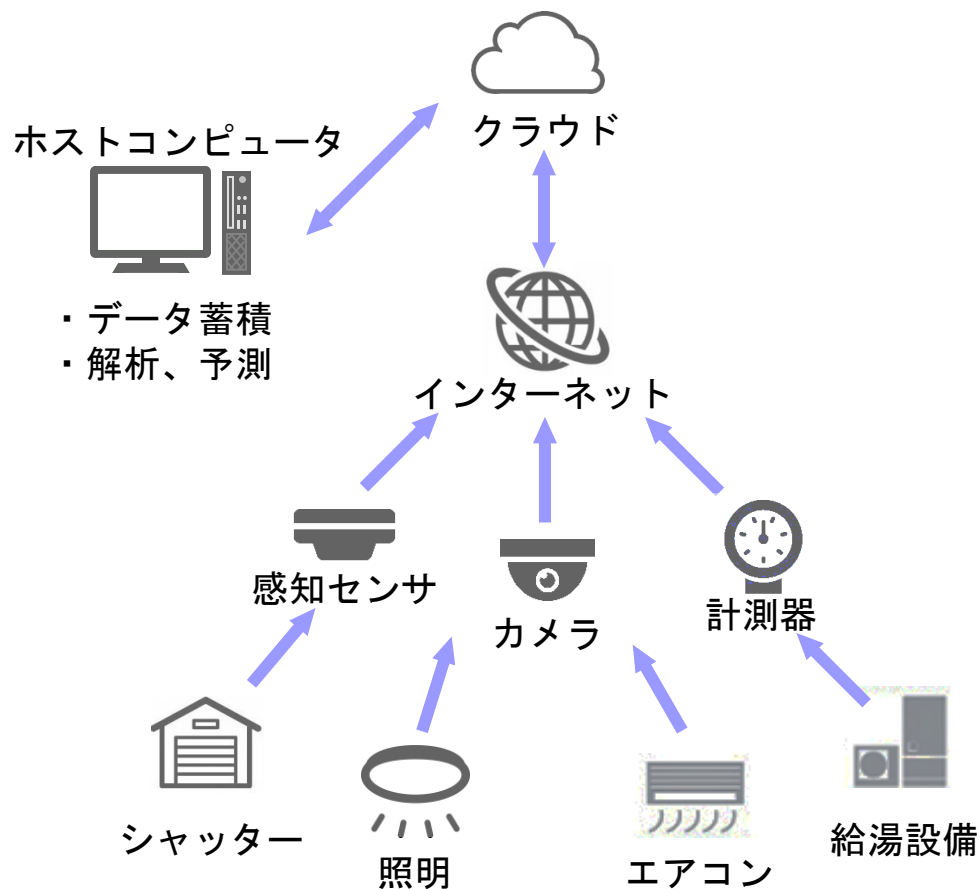


図 住宅におけるIoTのイメージ

研究目的

照明や暖冷房の遠隔操作、風呂の制御等が既に行われているが、換気設備に関しては導入例が無い。

IoTによって室内での汚染質の発生を素早く検知し、全般換気と局所排気を制御し換気経路及び換気量を発生状況に応じて変更するシステムを開発できると考えられる。

住宅の居室内の各場所で発生する様々な汚染質に対して有効な濃度測定位置や、汚染質を速やかに排出する排気口位置及び換気量の検討を行う必要がある。



図 住宅におけるIoTのイメージ

研究目的

本研究ではCFD解析 (RANS※²) を用いて居室内の各場所で発生する汚染質の拡散状況を解析し、汚染質の発生に対して短時間で濃度を検知できる測定位置を明らかにすることを目的とする。

※2 レイノルズ平均モデル (Reynolds-Averaged Navier-Stokes simulations)

更に、汚染質の発生を検知し、排気口位置及び換気量を変更した場合の汚染質の拡散状況を把握し、汚染質を速やかに排出できる換気システムの検討を行い、住宅の換気システムにIoTを取り入れる為の基礎的な検討を行うことを目的とする。

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

解析対象

解析対象は、建築環境・省エネルギー機構 (IBEC) が提案している戸建住宅モデルの1階とする。

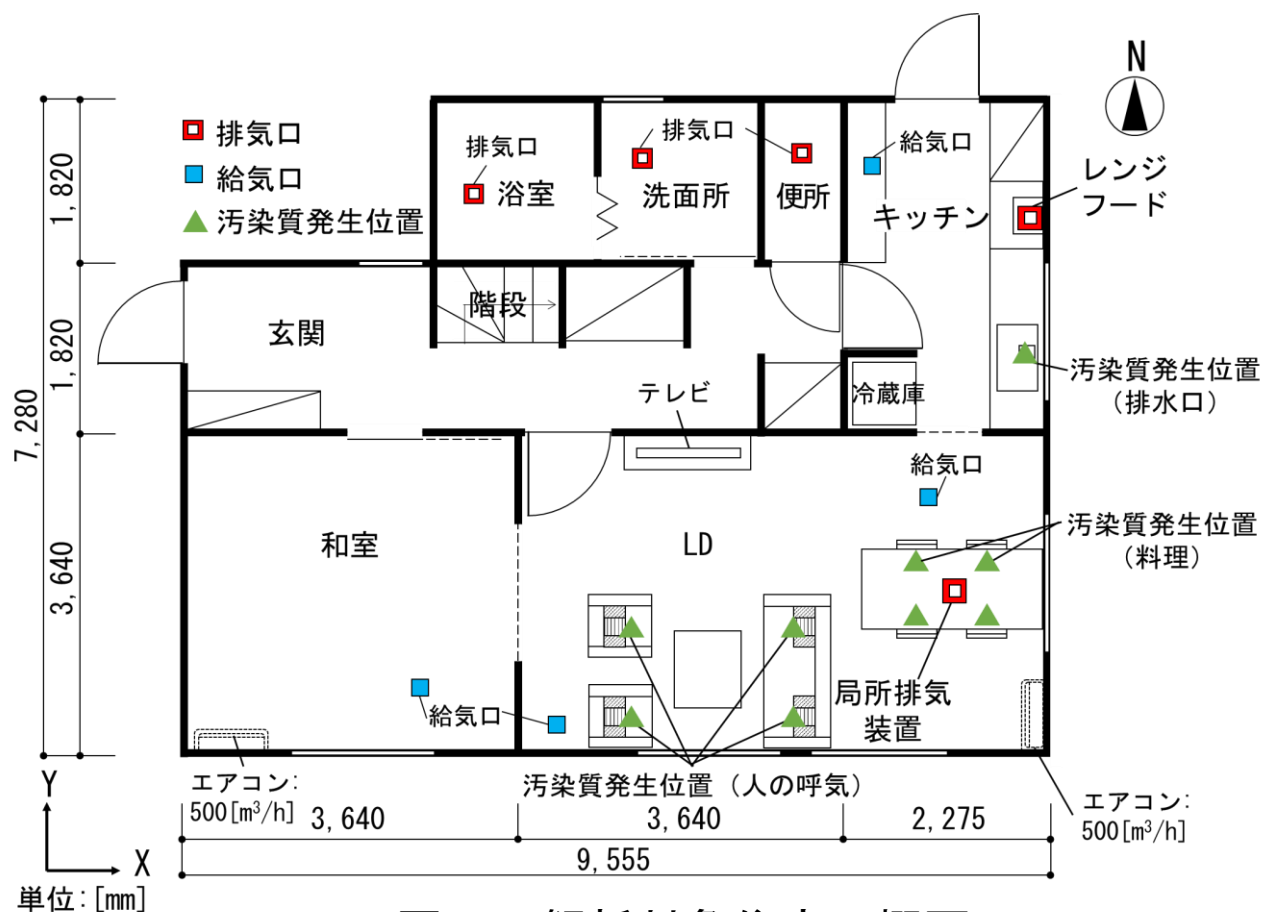


図1 解析対象住宅の概要

解析対象

換気装置は換気量 $81[\text{m}^3/\text{h}]$ ($0.5[\text{回}/\text{h}]$) 又は $300[\text{m}^3/\text{h}]$ ($1.86[\text{回}/\text{h}]$) の第一種機械換気とする。

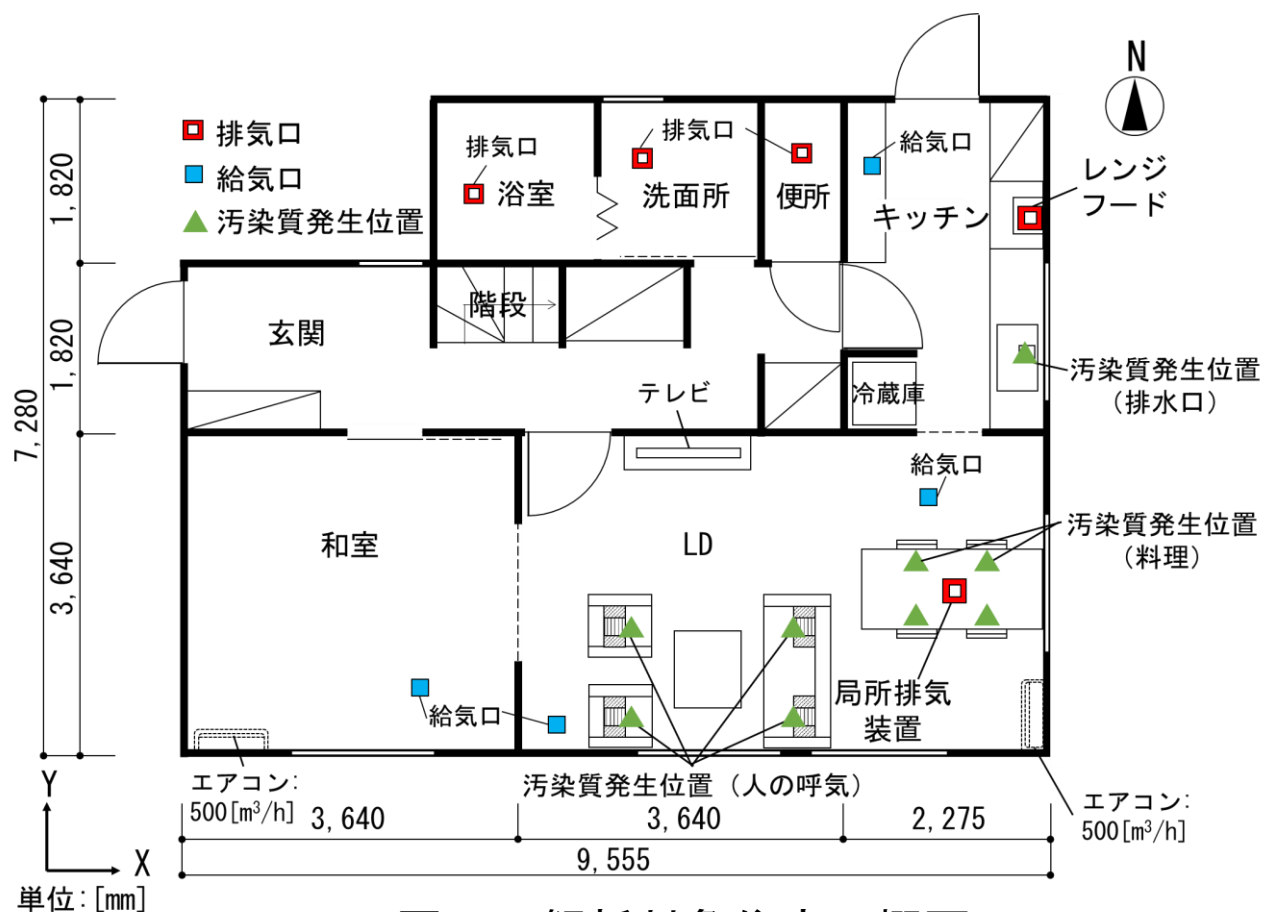


図1 解析対象住宅の概要

解析対象

給気は和室、リビングダイニング(LD)、キッチンの天井に設置した給気口 (100[mm] × 100[mm]) から天井に沿って横向きに行く。

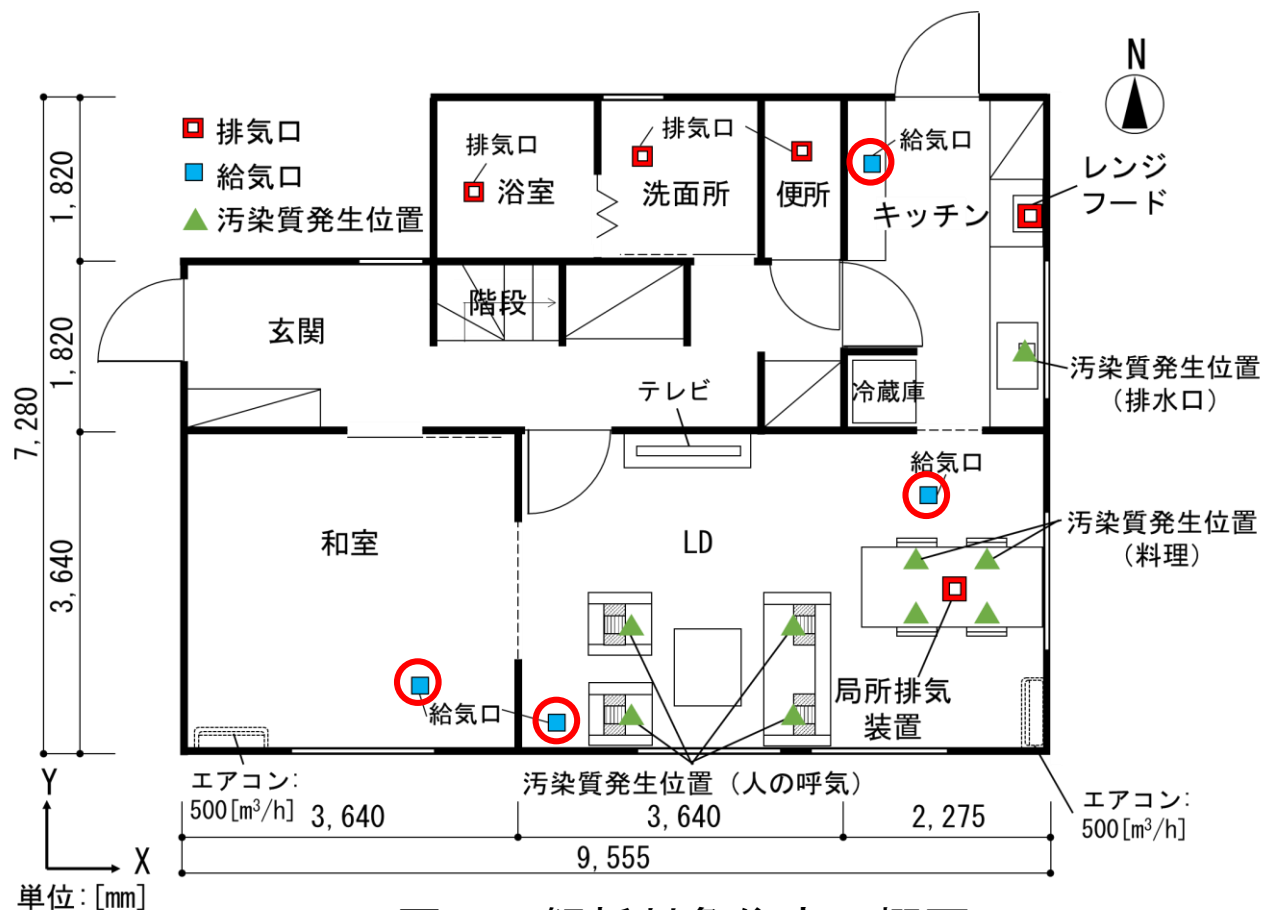


図 1 解析対象住宅の概要

解析対象

排気は便所の排気口 (160 [mm] × 160 [mm])、洗面所、浴室の排気口 (200 [mm] × 200 [mm])、

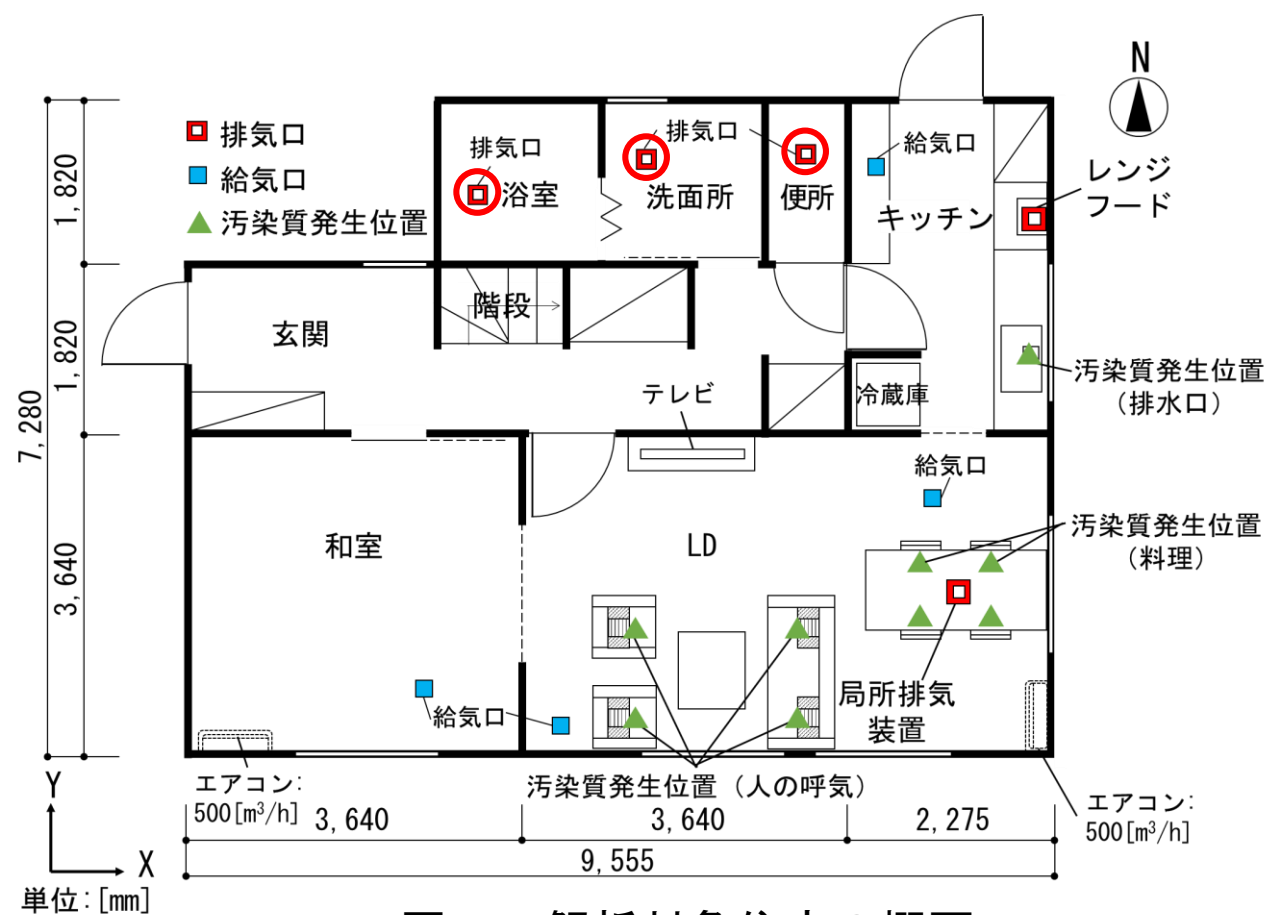


図 1 解析対象住宅の概要

解析対象

キッチンのレンジフード (650 [mm] × 550 [mm])、ダイニングの天井の局所排気装置 (200 [mm] × 200 [mm]) を組み合わせて行う。



図 1 解析対象住宅の概要

解析対象

室内の扉にはアンダーカット又はガラリ※³を設ける。

※³ 和室、LD、キッチンの扉下部に850(幅)×20(高さ)[mm]、便所の扉下部に700(幅)×20(高さ)[mm]、洗面所の扉下部に750(幅)×20(高さ)[mm]のアンダーカットを、浴室の扉上部に700(幅)×20(高さ)[mm]のガラリを設置する。

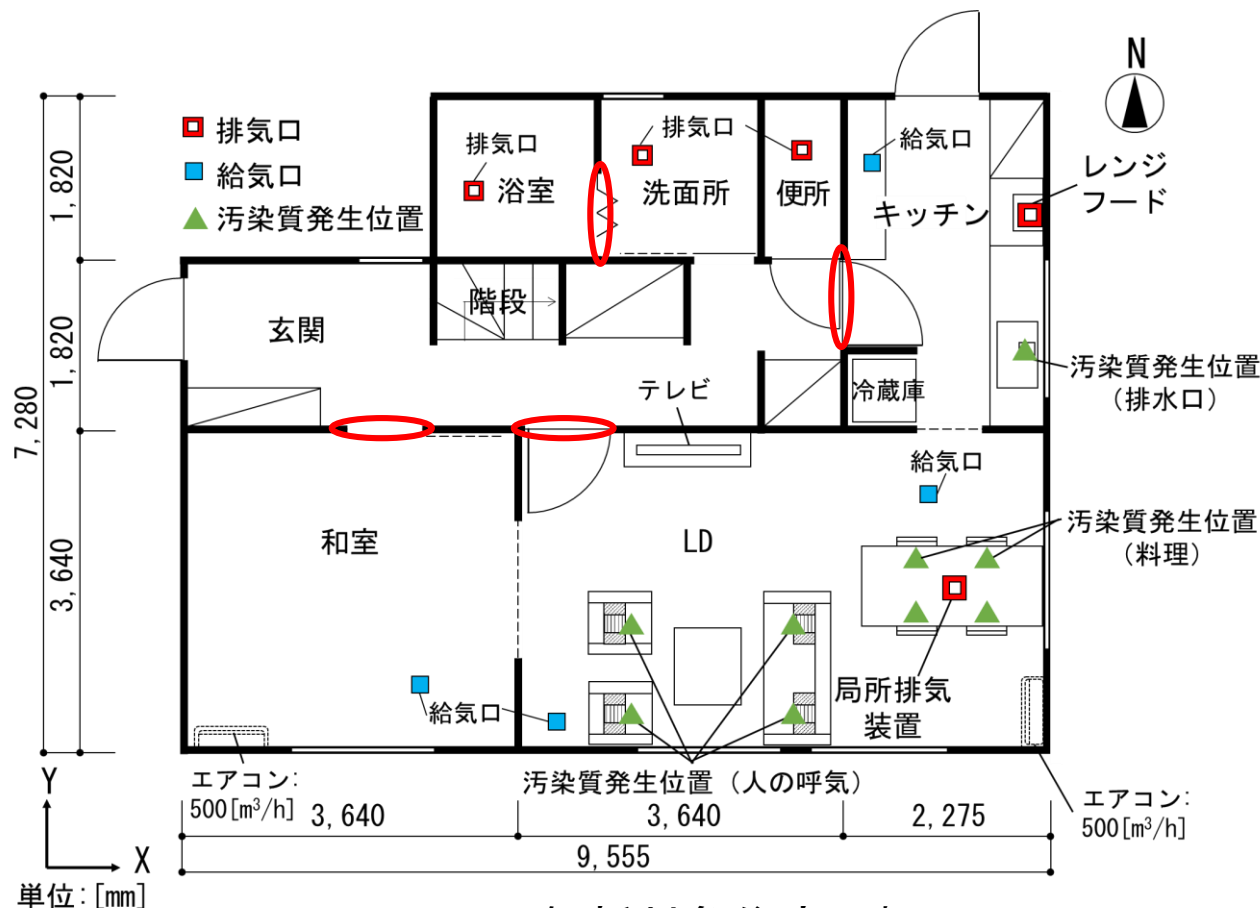


図1 解析対象住宅の概要

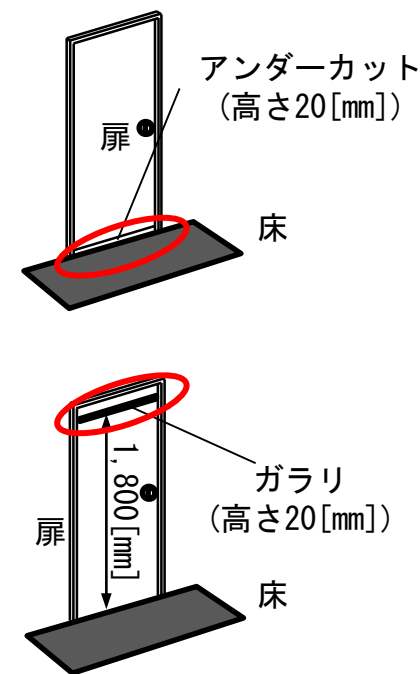


図 間仕切扉のアンダーカット及び浴室扉のガラリ

解析対象

①～⑩に基準化濃度の時間変化の算出点を示す。汚染質の拡散状況を把握するため、解析領域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。

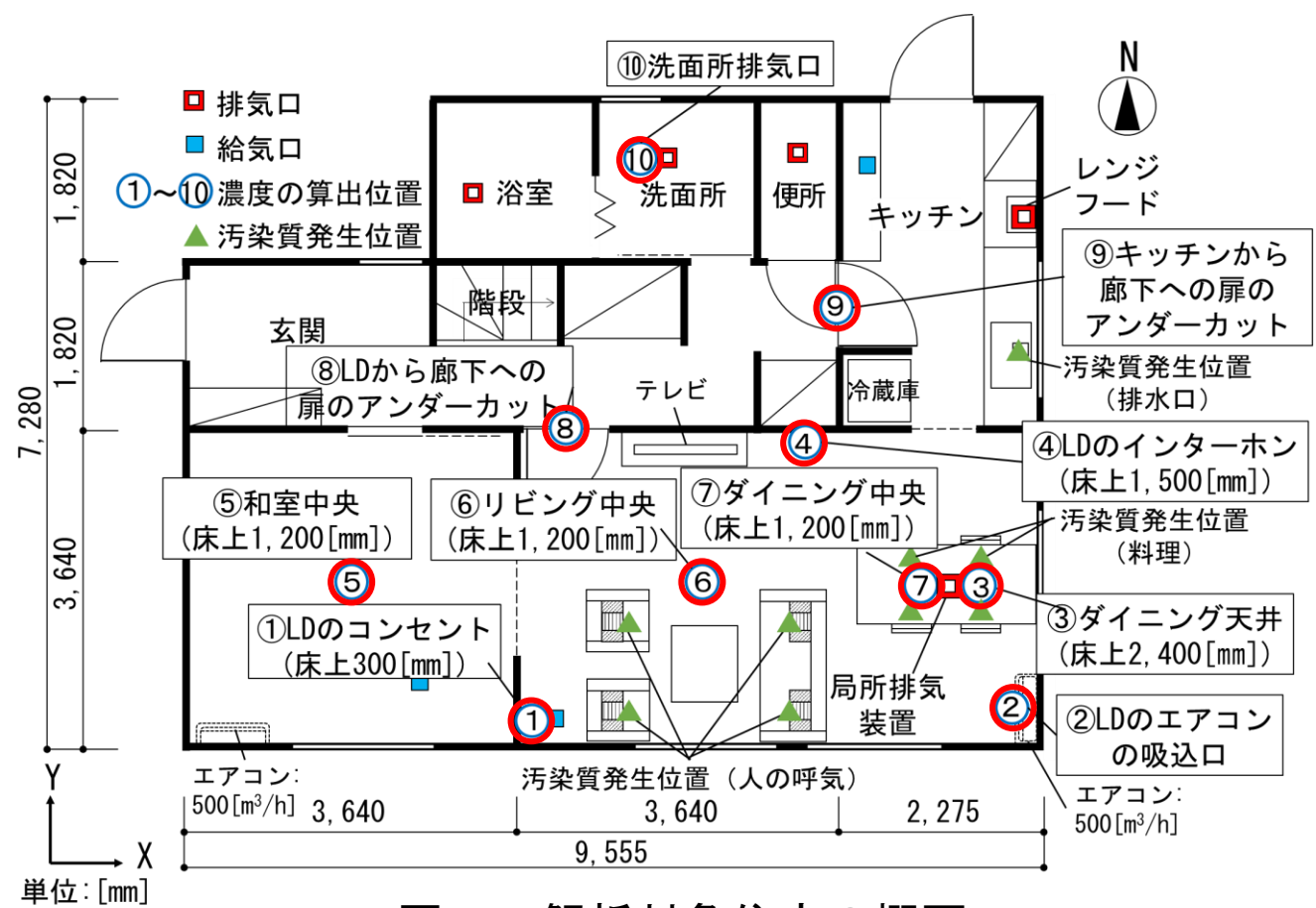


図 1 解析対象住宅の概要

解析対象

①～⑩に基準化濃度の時間変化の算出点を示す。汚染質の拡散状況を把握するため、解析領域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。

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

図 1 解析対象住宅の概要

表 1 解析の概要

乱流モデル		標準k-εモデル
解析領域 [mm]		9, 555 (x) × 7, 280 (y) × 2, 400 (z)
最少メッシュ幅 [mm]		10
解析領域メッシュ数		259 (x) × 217 (y) × 84 (z)
トレーサ発生位置		料理 (温度固定 : 60 [°C])、 呼気、キッチンの排水口
熱境界 条件	機器発熱 [W]	照明 (和室、LD) : 31 [W] × 3カ所
		照明 (キッチン) : 22. 8 [W]
		テレビ : 115 [W]
		冷蔵庫 : 95 [W]
	人体	密度 : 1, 050 [kg/m ³]
		比熱 : 3, 475 [J/(kg · K)]
		熱伝導率 : 0. 6 [W/(m · K)]
		呼吸量 : 10 [L/min]
		呼気温度 : 32 [°C]
		体表面温度 : 30 [°C]
	壁面 [W/(m ² · K)] (熱貫流率)	外壁 : 0. 53
		床 : 1. 17
		窓 : 1. 31
		天井 : 0. 65
		屋根 : 0. 24
		間仕切壁 : 1. 58
		間仕切扉 : 1. 99

解析条件

RANS解析には汎用数値流体解析ソフト **STREAM ver. 13** を用いる。

表 1 解析の概要

乱流モデル		標準k-εモデル
解析領域 [mm]		9, 555 (x) × 7, 280 (y) × 2, 400 (z)
最少メッシュ幅 [mm]		10
解析領域メッシュ数		259 (x) × 217 (y) × 84 (z)
トレーサー発生位置		料理(温度固定: 60[°C])、 呼気、キッチンの排水口
熱境界 条件	機器発熱 [W]	照明(和室、LD): 31 [W] × 3カ所
		照明(キッチン): 22. 8 [W]
		テレビ: 115 [W]
		冷蔵庫: 95 [W]
	人体	密度: 1, 050 [kg/m ³] 比熱: 3, 475 [J/(kg · K)] 熱伝導率: 0. 6 [W/(m · K)] 呼吸量: 10 [L/min] 呼気温度: 32 [°C] 体表面温度: 30 [°C]
		外壁: 0. 53
		床: 1. 17
		窓: 1. 31
		天井: 0. 65
	壁面 [W/(m ² · K)] (熱貫流率)	屋根: 0. 24
		間仕切壁: 1. 58
		間仕切扉: 1. 99

解析条件

表2 気流分布の解析条件

解析case	室温 [°C]	汚染質検知前 の排気口位置	汚染質検知後 の排気口位置	換気経路 切替時刻[s]	換気量[m ³ /h] (換気回数[回/h])	エアコン条件	
case1-1	20 [°C]	便所、浴室、 洗面所排気口	便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m ³ /h] (0.5[回/h])	停止	
case1-2-A			キッチン	60			
case1-2-B			レンジフード	600			
case1-3-A			ダイニング天井	60			
case1-3-B			局所排気装置	600	300[m ³ /h] (1.86[回/h])		
case1-4-A			便所、浴室、	60			
case1-4-B			洗面所排気口	600			
case1-5-A			キッチン	60			
case1-5-B			レンジフード	600			
case1-6-A			ダイニング天井	60			
case1-6-B			局所排気装置	600			
case2-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m ³ /h] (0.5[回/h])		送風運転 (循環風量:500[m ³ /h]、 風向:鉛直下向き から20°)
case2-2-A			キッチン	60			
case2-2-B			レンジフード	600			
case2-3-A	ダイニング天井	60					
case2-3-B	局所排気装置	600	300[m ³ /h] (1.86[回/h])				
case2-4-A	便所、浴室、	60					
case2-4-B	洗面所排気口	600					
case2-5-A	キッチン	60					
case2-5-B	レンジフード	600					
case2-6-A	ダイニング天井	60					
case2-6-B	局所排気装置	600					

解析条件

case1ではエアコンを停止し、_case2ではエアコンを送風運転する。

表 2 気流分布の解析条件

解析case	室温 [℃]	汚染質検知前 の排気口位置	汚染質検知後 の排気口位置	換気経路 切替時刻[s]	換気量[m³/h] (換気回数[回/h])	エアコン条件	
case1-1	20 [℃]	便所、浴室、 洗面所排気口	便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m³/h] (0.5[回/h])	停止	
case1-2-A			キッチン	60			
case1-2-B			レンジフード	600			
case1-3-A			ダイニング天井	60			
case1-3-B			局所排気装置	600	300[m³/h] (1.86[回/h])		
case1-4-A			便所、浴室、 洗面所排気口	60			
case1-4-B			洗面所排気口	600			
case1-5-A			キッチン	60			
case1-5-B			レンジフード	600			
case1-6-A			ダイニング天井	60			
case1-6-B			局所排気装置	600			
case2-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m³/h] (0.5[回/h])		送風運転 (循環風量:500[m³/h]、 風向:鉛直下向き から20°)
case2-2-A			キッチン	60			
case2-2-B			レンジフード	600			
case2-3-A	ダイニング天井	60					
case2-3-B	局所排気装置	600	300[m³/h] (1.86[回/h])				
case2-4-A	便所、浴室、 洗面所排気口	60					
case2-4-B	洗面所排気口	600					
case2-5-A	キッチン	60					
case2-5-B	レンジフード	600					
case2-6-A	ダイニング天井	60					
case2-6-B	局所排気装置	600					

解析条件

case1ではエアコンを停止し、**case2ではエアコンを送風運転する。**

表 2 気流分布の解析条件

解析case	室温 [℃]	汚染質検知前 の排気口位置	汚染質検知後 の排気口位置	換気経路 切替時刻[s]	換気量[m ³ /h] (換気回数[回/h])	エアコン条件
case1-1	20 [℃]	便所、浴室、 洗面所排気口	便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m ³ /h] (0.5[回/h])	停止
case1-2-A			キッチン	60		
case1-2-B			レンジフード	600		
case1-3-A			ダイニング天井	60		
case1-3-B			局所排気装置	600		
case1-4-A			便所、浴室、 洗面所排気口	60		
case1-4-B			洗面所排気口	600		
case1-5-A			キッチン	60		
case1-5-B			レンジフード	600		
case1-6-A			ダイニング天井	60		
case1-6-B			局所排気装置	600		
case2-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m ³ /h] (0.5[回/h])	送風運転 (循環風量:500[m ³ /h]、 風向:鉛直下向き から20°)
case2-2-A			キッチン	60		
case2-2-B			レンジフード	600		
case2-3-A			ダイニング天井	60		
case2-3-B			局所排気装置	600		
case2-4-A			便所、浴室、 洗面所排気口	60		
case2-4-B			洗面所排気口	600		
case2-5-A	キッチン	60				
case2-5-B	レンジフード	600				
case2-6-A	ダイニング天井	60				
case2-6-B	局所排気装置	600				
					300[m ³ /h] (1.86[回/h])	

解析条件 濃度測定位置の検討

濃度測定位置の検討では、**全般換気**を想定し、排気口位置を便所、浴室、洗面所に設置した排気口とした**case1-1、case2-1の解析を行う。**

表2 気流分布の解析条件

解析case	室温 [℃]	汚染質検知前 の排気口位置	汚染質検知後 の排気口位置	換気経路 切替時刻[s]	換気量[m³/h] (換気回数[回/h])	エアコン条件
case1-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-		
case1-2-A	20 [℃]	便所、浴室、 洗面所排気口	キッチン	60	81[m³/h] (0.5[回/h])	停止
case1-2-B			レンジフード	600		
case1-3-A			ダイニング天井	60		
case1-3-B			局所排気装置	600		
case1-4-A			便所、浴室、	60	300[m³/h] (1.86[回/h])	
case1-4-B			洗面所排気口	600		
case1-5-A			キッチン	60		
case1-5-B			レンジフード	600		
case1-6-A			ダイニング天井	60		
case1-6-B			局所排気装置	600		
case2-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-		
case2-2-A			キッチン	60	81[m³/h] (0.5[回/h])	送風運転 (循環風量:500[m³/h]、 風向:鉛直下向き から20°)
case2-2-B			レンジフード	600		
case2-3-A			ダイニング天井	60		
case2-3-B			局所排気装置	600		
case2-4-A			便所、浴室、	60	300[m³/h] (1.86[回/h])	
case2-4-B			洗面所排気口	600		
case2-5-A			キッチン	60		
case2-5-B			レンジフード	600		
case2-6-A			ダイニング天井	60		
case2-6-B			局所排気装置	600		

解析条件 濃度測定位置の検討

汚染質はダイニングの食卓の料理から発生する臭い・人の呼気に含まれる汚染質・キッチンの排水口から発生する臭気とし、これらを模擬したトレーサを発生させる。

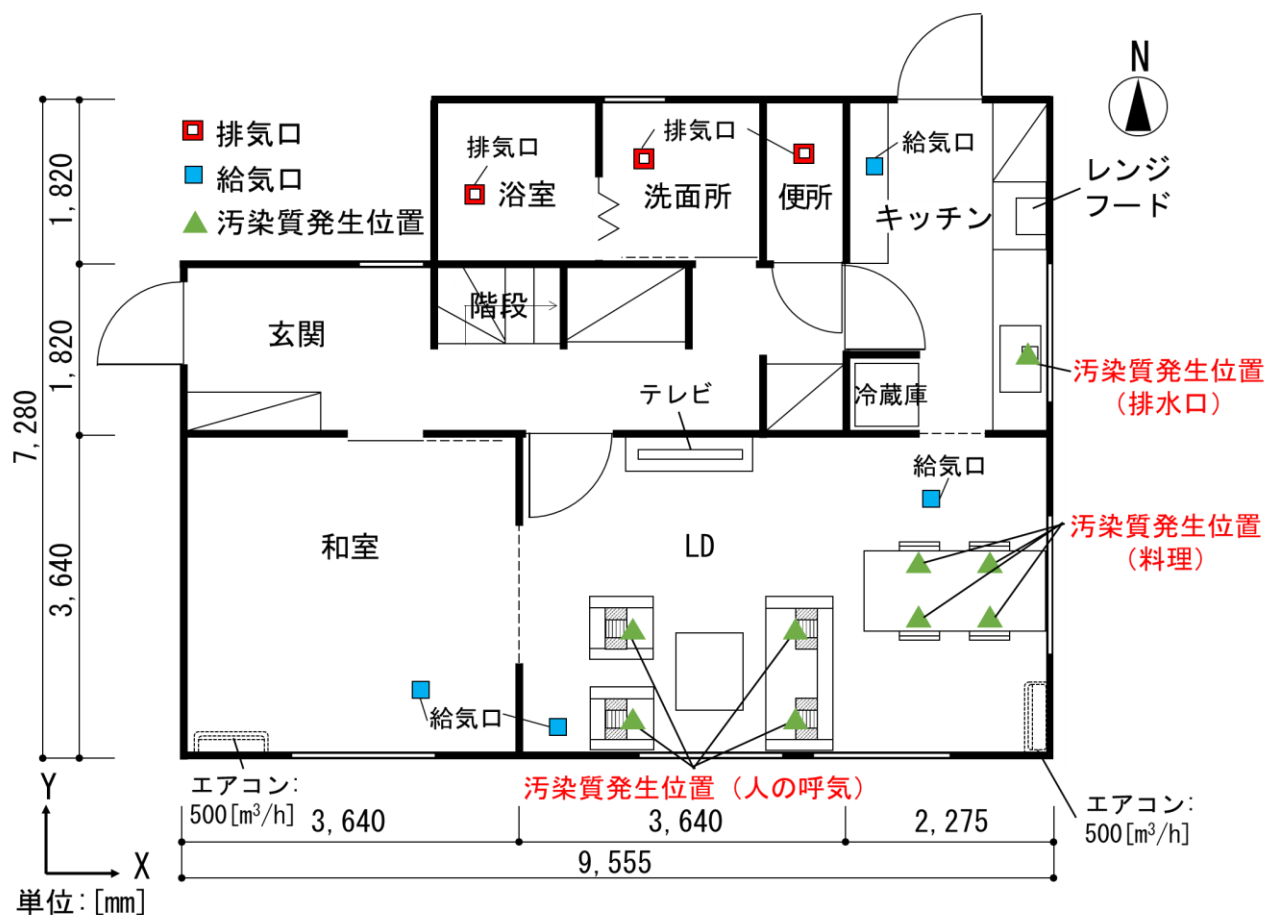


図1 解析対象住宅の概要

解析条件 濃度測定位置の検討

トレーサ発生開始から1,800秒間の汚染質濃度の時間変化を解析する。

解析結果に基づき、(a)式より汚染質到達齢を算出する。

$$\tau_r = \int_0^{t_s} \{1 - C_p(t)/C_p(t_s)\} dt \quad \dots (a)$$

〔  の面積を各算出点のトレーサ発生停止の濃度で割った値 〕

$C_p(t)$: 時刻 t の任意の算出点での基準化濃度[-]

$C_p(t_s)$: case1-1、case2-1における任意の算出点でのトレーサ発生停止時の濃度[-]

t_s : トレーサ停止時刻[s]

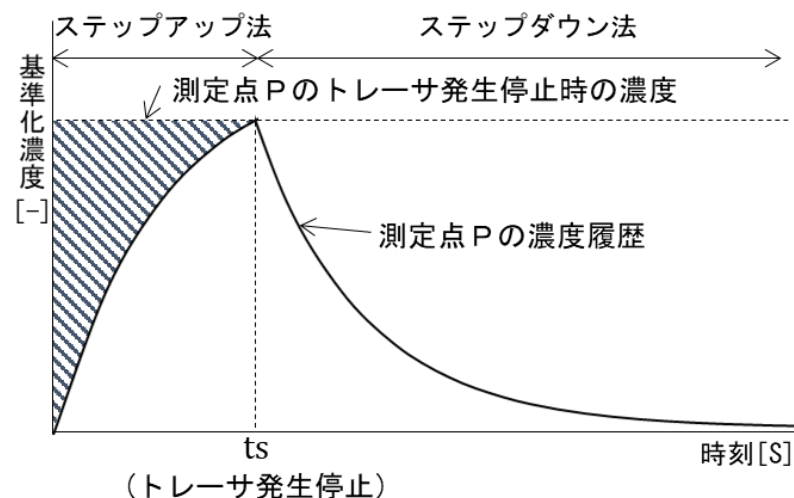


図 基準化濃度の時間変化のイメージ

汚染質到達齢は、室内の換気性能を評価する際に用いられている局所空気齢の考え方を基に、居室内で発生する汚染質が任意の点に到達するまでに要する平均時間と定義する。

解析条件 濃度測定位置の検討

トレーサ発生開始から1,800秒間の汚染質濃度の時間変化を解析する。

解析結果に基づき、(a)式より汚染質到達齢を算出する。

$$\tau = \int_0^{t_s} \{1 - C_p(t)/C_p(t_s)\} dt \quad \dots (a)$$

ステップアップ法 ステップダウン法

汚染質到達齢が短い程、汚染質の発生の検知に要する時間が短いことを示す。汚染質到達齢が短い算出点にセンサ等を設置することで、早期に汚染質の発生を検知し、換気経路及び換気量を変更することで、効率的に汚染質を排出できると考えられる。

$C_p(t_s)$: case1-1、case2-1における仕様の昇出口
でのトレーサ発生停止時の濃度[-]

t_s : トレーサ停止時刻[s]



図 基準化濃度の時間変化のイメージ

汚染質到達齢は、室内の換気性能を評価する際に用いられている局所空気齢の考え方を基に、**居室内で発生する汚染質が任意の点に到達するまでに要する平均時間**と定義する。

解析条件 効率的な換気経路の検討

汚染質としてダイニングの食卓の料理から発生する臭いを想定し、これを模擬したトレーサを発生させる。



図1 解析対象住宅の概要

解析条件 効率的な換気経路の検討

ダイニングの食卓の料理から発生する臭いに対し、**換気経路及び換気量を変更した解析を行う。**

表2 気流分布の解析条件

解析case	室温 [°C]	汚染質検知前 の排気口位置	汚染質検知後 の排気口位置	換気経路 切替時刻[s]	換気量[m³/h] (換気回数[回/h])	エアコン条件	
case1-1	20 [°C]	便所、浴室、 洗面所排気口	便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m³/h] (0.5[回/h])	停止	
case1-2-A			キッチン	60			
case1-2-B			レンジフード	600			
case1-3-A			ダイニング天井	60			
case1-3-B			局所排気装置	600	300[m³/h] (1.86[回/h])		
case1-4-A			便所、浴室、 洗面所排気口	60			
case1-4-B			洗面所排気口	600			
case1-5-A			キッチン	60			
case1-5-B			レンジフード	600			
case1-6-A			ダイニング天井	60			
case1-6-B			局所排気装置	600			
case2-1			便所、浴室、 洗面所排気口	-	81[m³/h] (0.5[回/h])		送風運転 (循環風量:500[m³/h]、 風向:鉛直下向き から20°)
case2-2-A			キッチン	60			
case2-2-B			レンジフード	600			
case2-3-A	ダイニング天井	60					
case2-3-B	局所排気装置	600	300[m³/h] (1.86[回/h])				
case2-4-A	便所、浴室、 洗面所排気口	60					
case2-4-B	洗面所排気口	600					
case2-5-A	キッチン	60					
case2-5-B	レンジフード	600					
case2-6-A	ダイニング天井	60					
case2-6-B	局所排気装置	600					

解析条件 効率的な換気経路の検討

食事にかかる時間を1,800秒と想定し、1,800秒後にトレーサの発生を停止させる。

トレーサ発生停止後の濃度減衰から、(b)式より汚染質排出効率を算出する。

この値が大きいほど汚染質排出効率が良いことを示す。

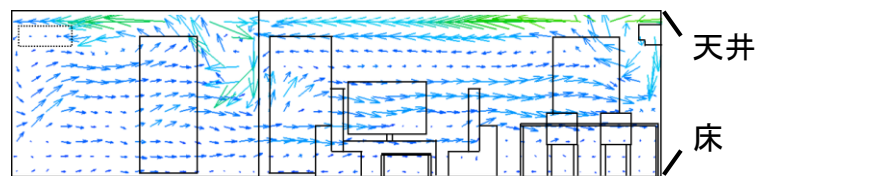
case1-2-A			キッチン	60	81[m ³ /h]	
case1-2-B			レンジフード	600	(0.5[回/h])	
$\varepsilon_f = \frac{\tau_n - \tau_d}{\tau_n} \quad \dots (b)$ ε_f : 汚染質排出効率[-] τ_n : case1-1、case2-1の名目換気時間[s] τ_d : 汚染質到達齢[s]						
case1-6-B	20	便所、浴室、洗面所排気口	局所排気装置	600		
case2-1	20	便所、浴室、洗面所排気口	便所、浴室、洗面所排気口	-		
case2-2-A			キッチン	60	81[m ³ /h]	
case2-2-B			レンジフード	600	(0.5[回/h])	
case2-3-A			ダイニング天井	60		
case2-3-B			局所排気装置	600		
case2-4-A			便所、浴室、洗面所排気口	60		
case2-4-B			便所、浴室、洗面所排気口	600		
case2-5-A			キッチン	60	300[m ³ /h]	
case2-5-B			レンジフード	600	(1.86[回/h])	
case2-6-A			ダイニング天井	60		
case2-6-B			局所排気装置	600		

送風運転
(循環風量:500[m³/h]、
風向:鉛直下向き
から20°)

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

室内気流分布

流速[m/s] 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

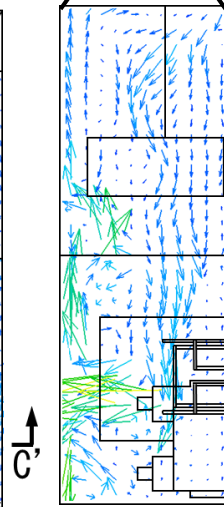
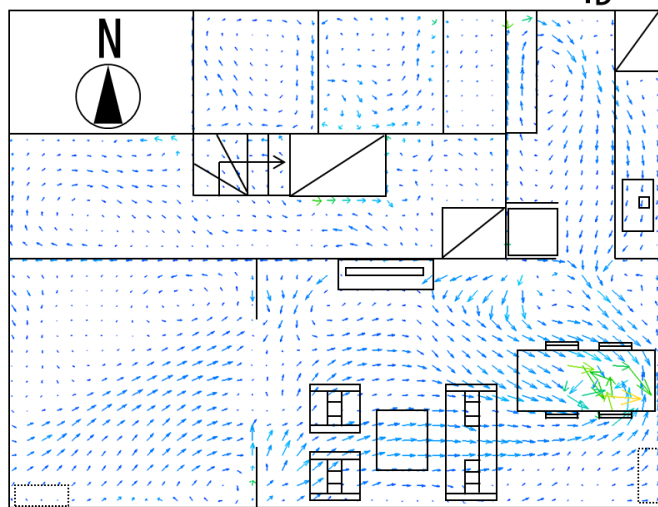


C-C' 断面

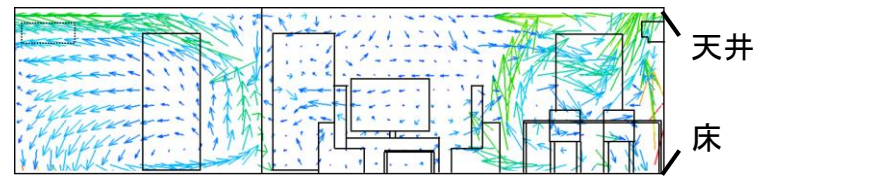
←D'

天井

床



水平断面 ($z=1, 200$ [mm]) ←D
(1) case1-1 (エアコン無、換気量 81 [m^3/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

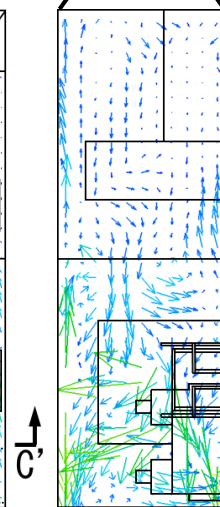
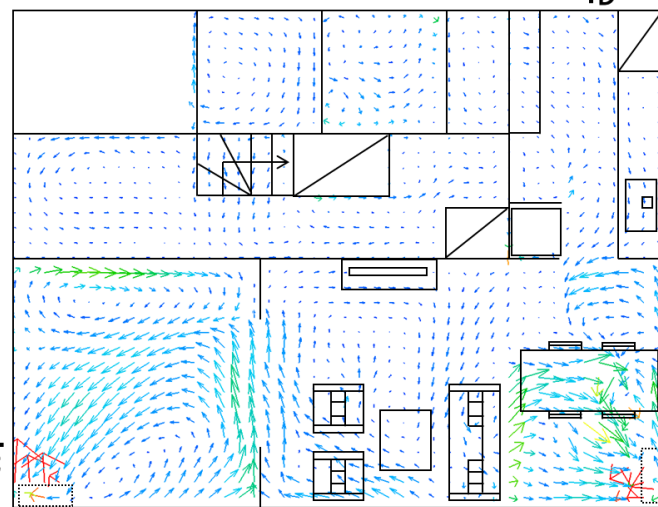


C-C' 断面

←D'

天井

床



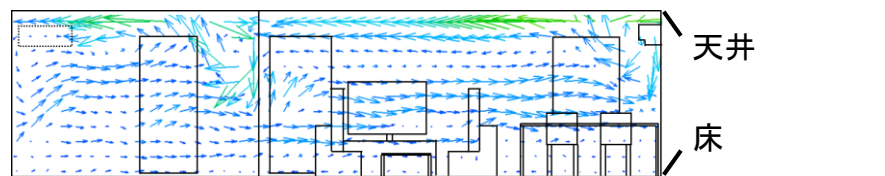
水平断面 ($z=1, 200$ [mm]) ←D
(2) case2-1 (エアコン有、換気量 81 [m^3/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

図2 各caseの室内気流分布の計算結果

室内気流分布

食卓の料理 (60°C) 上には流速0.3~0.4[m/s]程度の上昇気流が生じる。

流速[m/s] 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

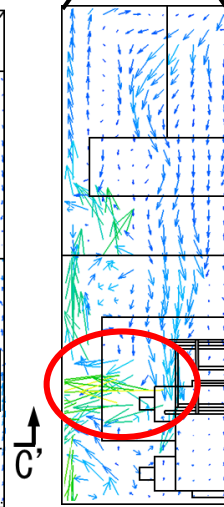
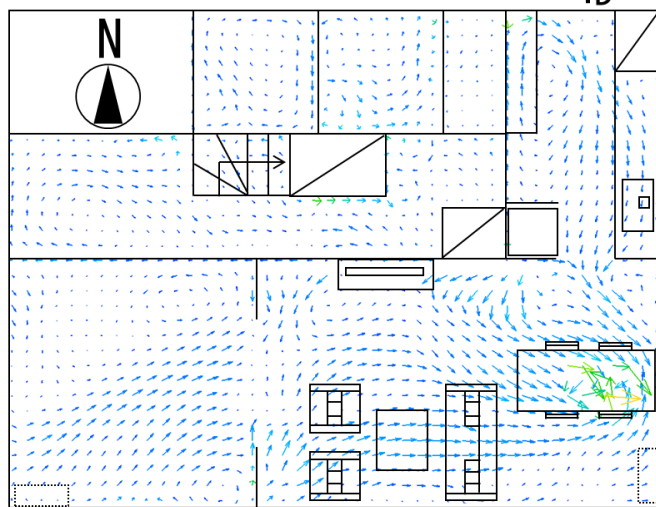


C-C' 断面

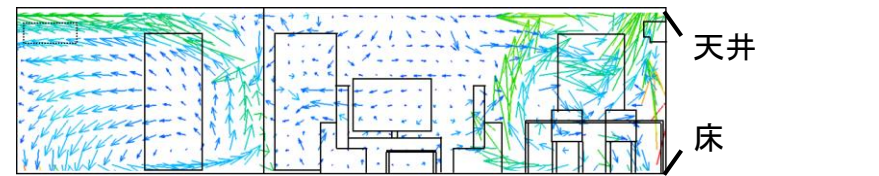
←D'

天井

床



水平断面 (z=1, 200 [mm]) ←D
(1) case1-1 (エアコン無、換気量81[m³/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

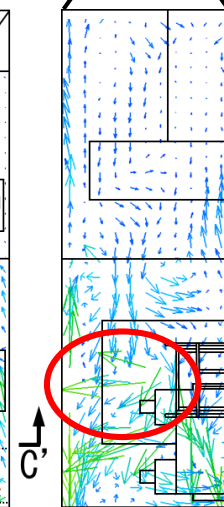
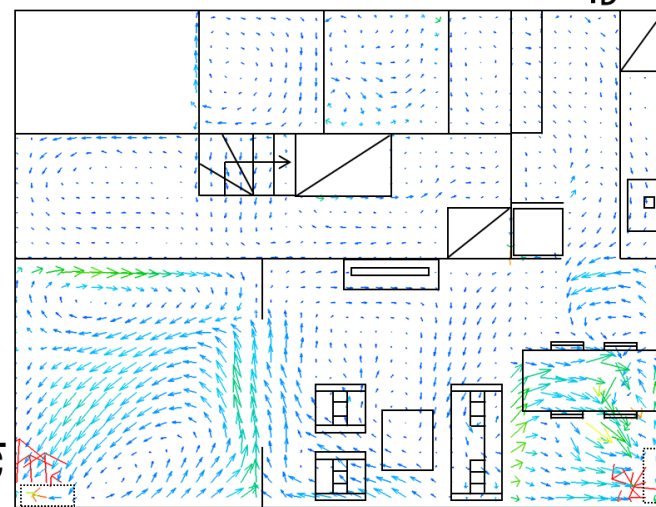


C-C' 断面

←D'

天井

床



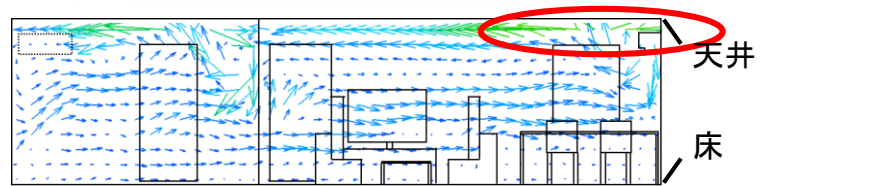
水平断面 (z=1, 200 [mm]) ←D
(2) case2-1 (エアコン有、換気量81[m³/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

図2 各caseの室内気流分布の計算結果

室内気流分布

天井付近に到達した上昇気流は天井面、壁面に沿って室内を循環する。

流速[m/s] 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

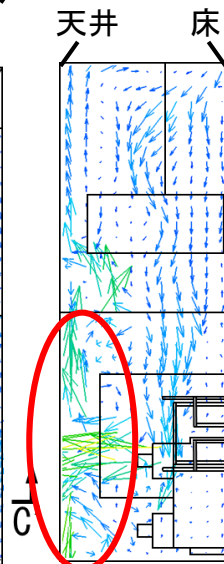
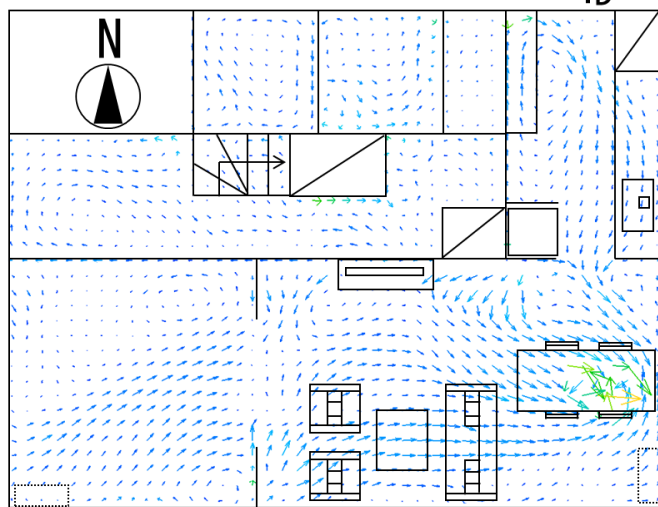


C-C' 断面

←D'

天井

床



水平断面 ($z=1, 200$ [mm]) ←D
(1) case1-1 (エアコン無、換気量 81 [m^3/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

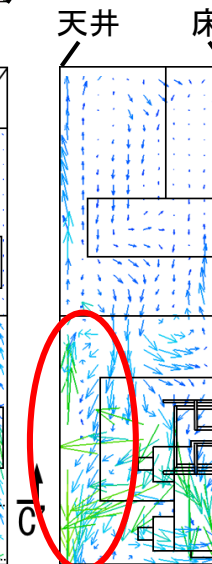
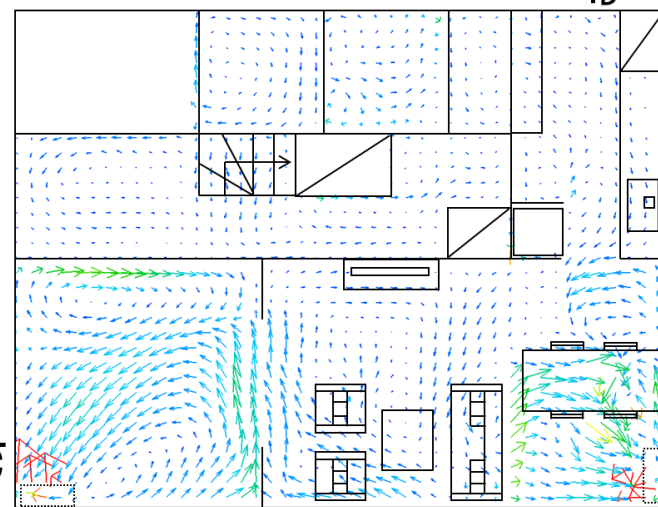


C-C' 断面

←D'

天井

床



水平断面 ($z=1, 200$ [mm]) ←D
(2) case2-1 (エアコン有、換気量 81 [m^3/h]、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

図2 各caseの室内気流分布の計算結果

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

汚染質濃度分布 トレーサ発生位置：食卓の料理

食卓の料理 (60°C) から臭気が発生する場合、LDの天井付近と東側壁面付近で基準化濃度が高くなる傾向がある。

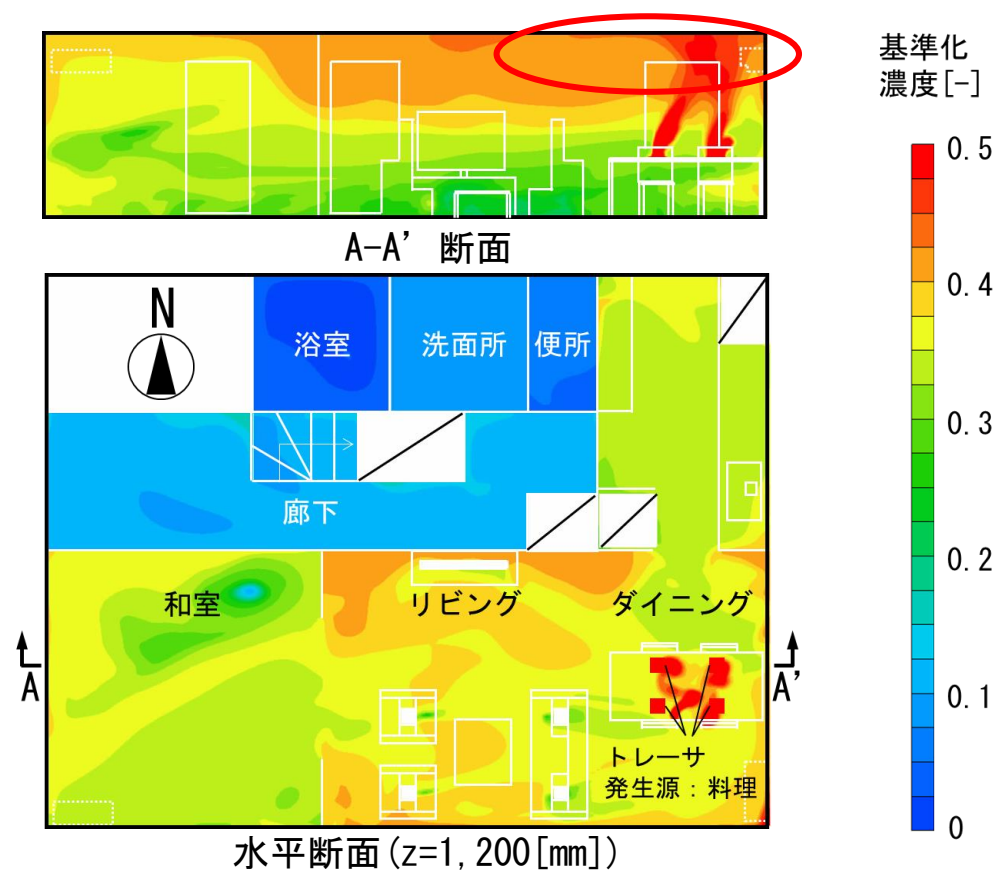


図4 (1) トレーサ発生位置：食卓の料理
case1-1 (エアコン無、換気量81 [m³/h]) のトレーサ発生から1,800秒後における基準化濃度分布

汚染質濃度分布 トレーサ発生位置：キッチンの排水口

キッチンの排水口から臭気が発生する場合、他の発生位置に比較して発生位置付近に影響を及ぼす気流速度が遅いため、基準化濃度0.5以上の比較的高濃度でLDへ到達する。

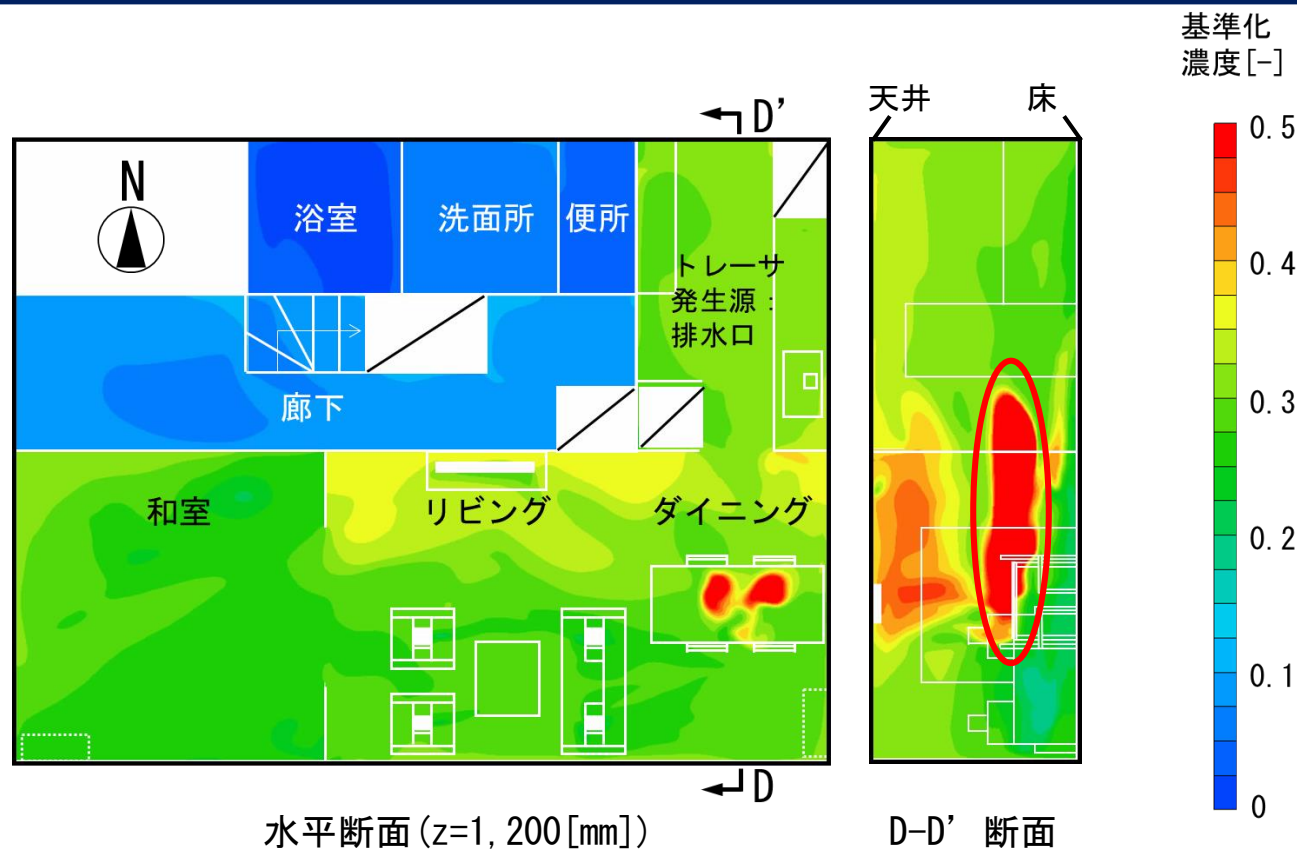


図 4 (3) トレーサ発生位置: **キッチンの排水口**
case1-1 (エアコン無、換気量 81 [m^3/h]) のトレーサ発生から $1,800$ 秒後における基準化濃度分布

基準化濃度の時間変化 トレーサ発生位置：食卓の料理

食卓の料理から臭気が発生する場合、エアコンの有無に関わらず、トレーサ発生直後に②LDのエアコンの吸込口、③ダイニングの天井で基準化濃度が急激に上昇する。

- ① LDのコンセント ② LDのエアコンの吸込口
③ ダイニング天井 ④ LDのインターホン
⑤ 和室中央 ⑥ リビング中央 ⑦ ダイニング中央
⑧ LDから廊下への扉のアンダーカット
⑨ キッチンから廊下への扉のアンダーカット
⑩ 洗面所排気口

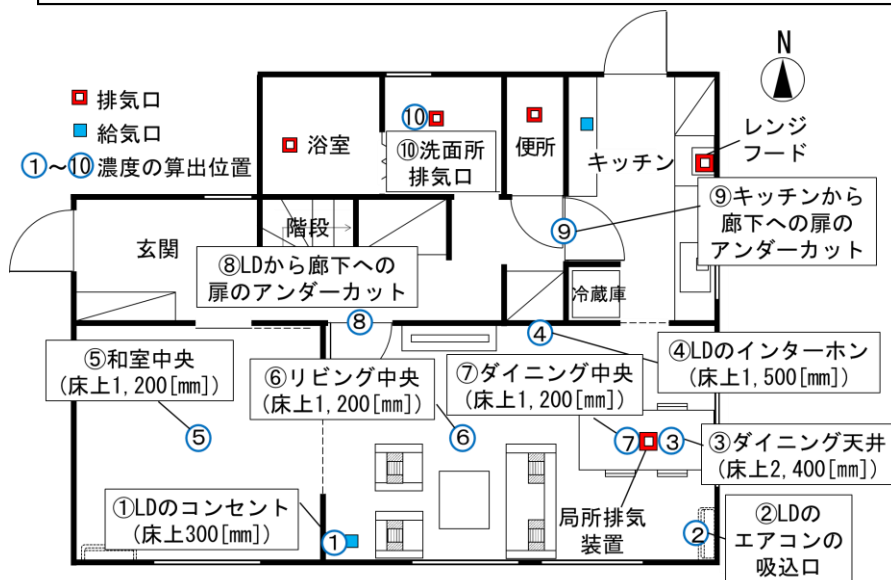
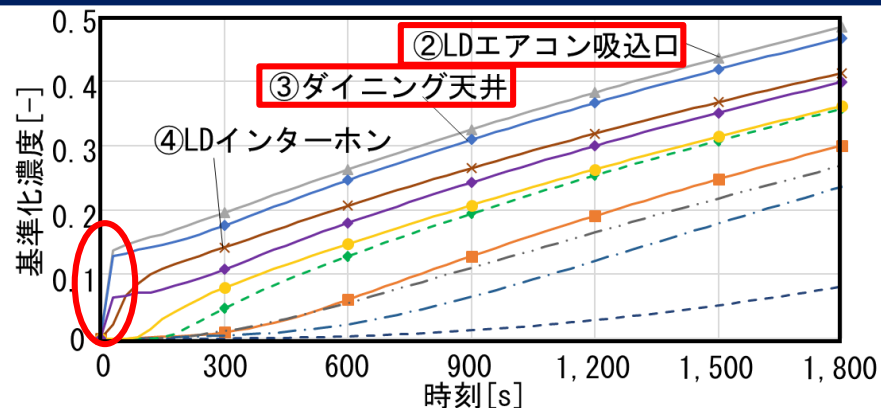
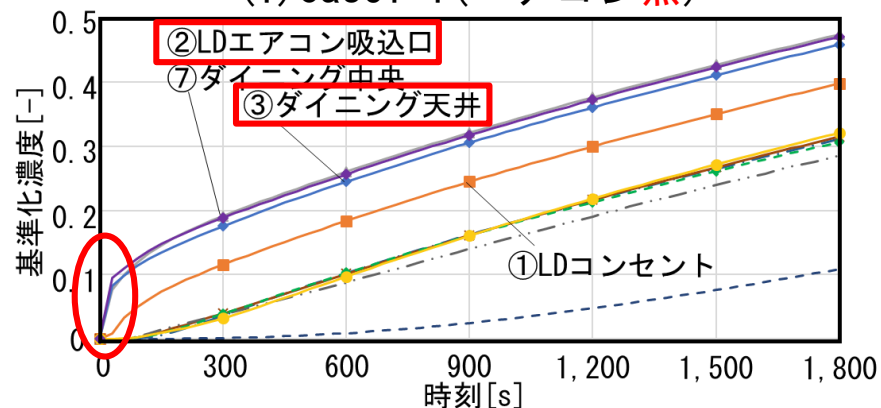


図 基準化濃度の算出位置



(1) case1-1 (エアコン無)



(2) case2-1 (エアコン有)

図5 各算出点における基準化濃度の時間変化
(トレーサ発生位置：食卓の料理)

基準化濃度の時間変化 トレーサ発生位置: キッチンの排水口

キッチンの排水口から臭気が発生する場合、エアコンを送風運転させたcase2-1では、エアコンを停止したcase1-1に比較して、④LDのインターホンを除いた全ての算出点で基準化濃度の時間変化が遅い。

- ① LDのコンセント
- ② LDのエアコンの吸込口
- ③ ダイニング天井
- ④ LDのインターホン
- ⑤ 和室中央
- ⑥ リビング中央
- ⑦ ダイニング中央
- ⑧ LDから廊下への扉のアンダーカット
- ⑨ キッチンから廊下への扉のアンダーカット
- ⑩ 洗面所排気口

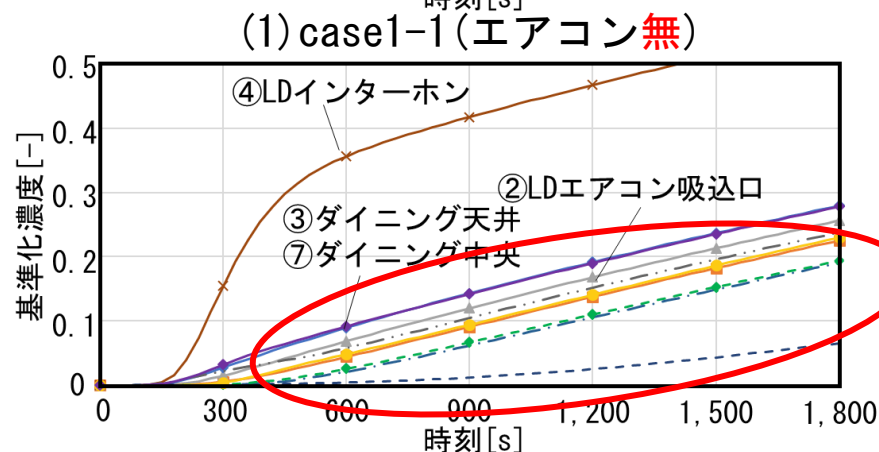
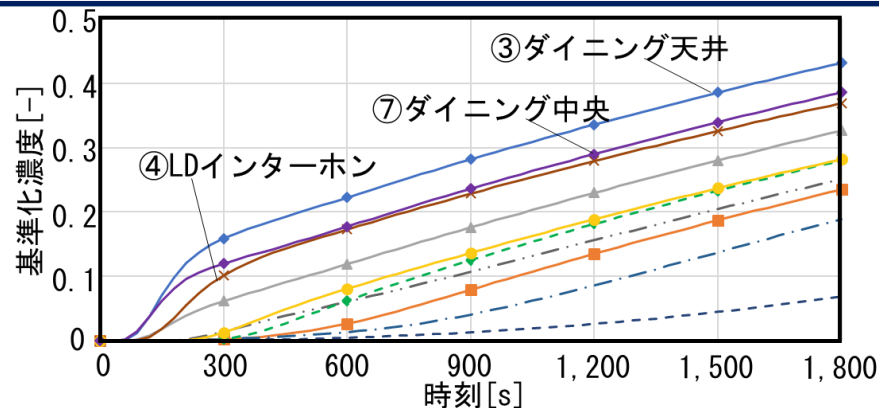
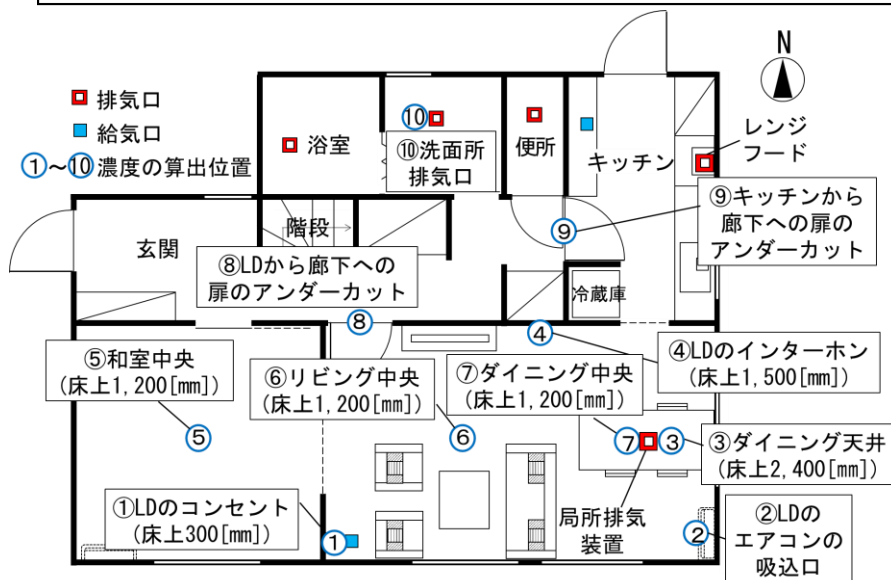
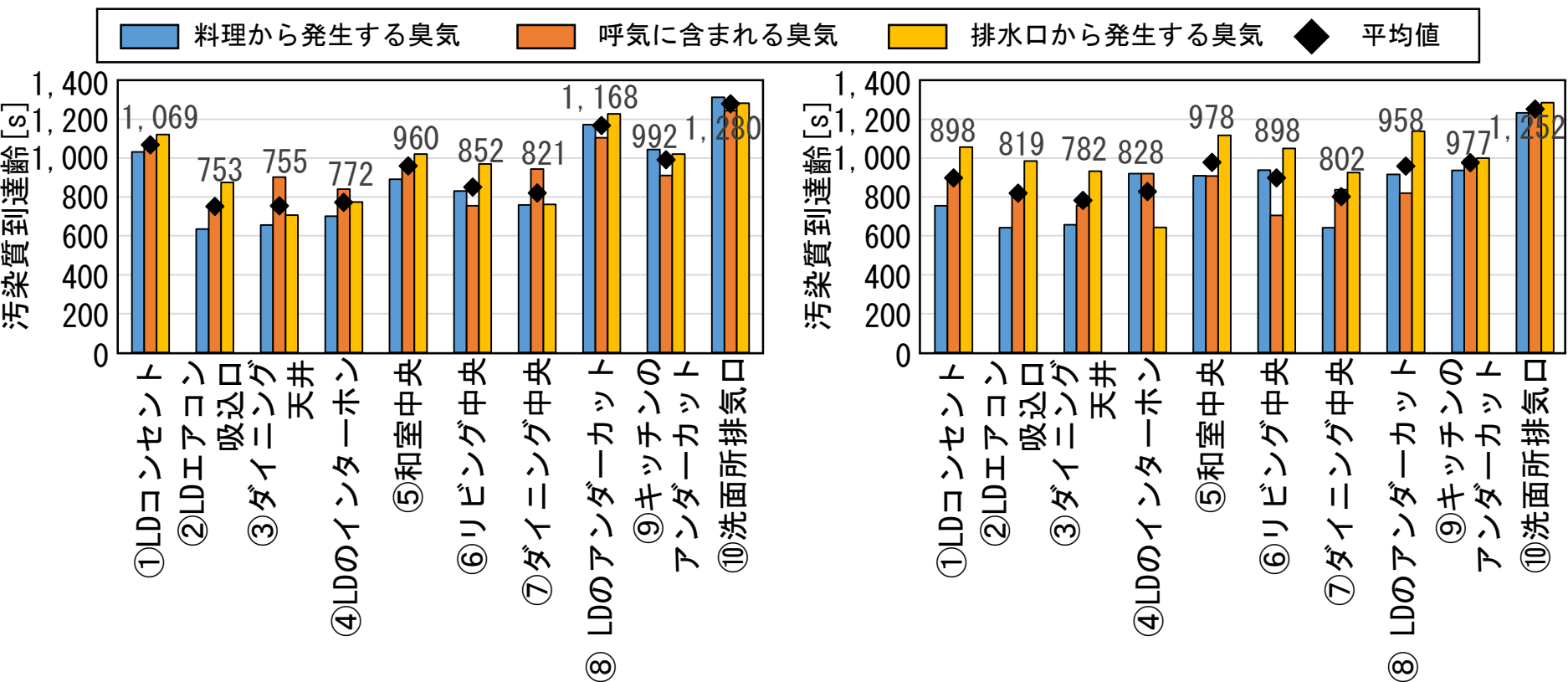


図5 各算出点における基準化濃度の時間変化
(トレーサ発生位置: キッチンの排水口)

図 基準化濃度の算出位置

ステップアップ法による各算出点の汚染質到達齢



(1) case1-1 (エアコン無)

(2) case2-1 (エアコン有)

図6 各算出点のステップアップ法^{文1)}による汚染質到達齢

文1) 坂口、赤林 「集中換気システムを設置した木造独立住宅の換気効率に関する実測調査：住宅の換気システムに関する研究 その1」1996年 日本建築学会計画系論文集

ステップアップ法による各算出点の汚染質到達齢

エアコンの有無、汚染質発生位置に関わらず②LDのエアコンの吸込口、③ダイニング天井、④LDのインターホンでの汚染質到達齢が比較的短くなる。

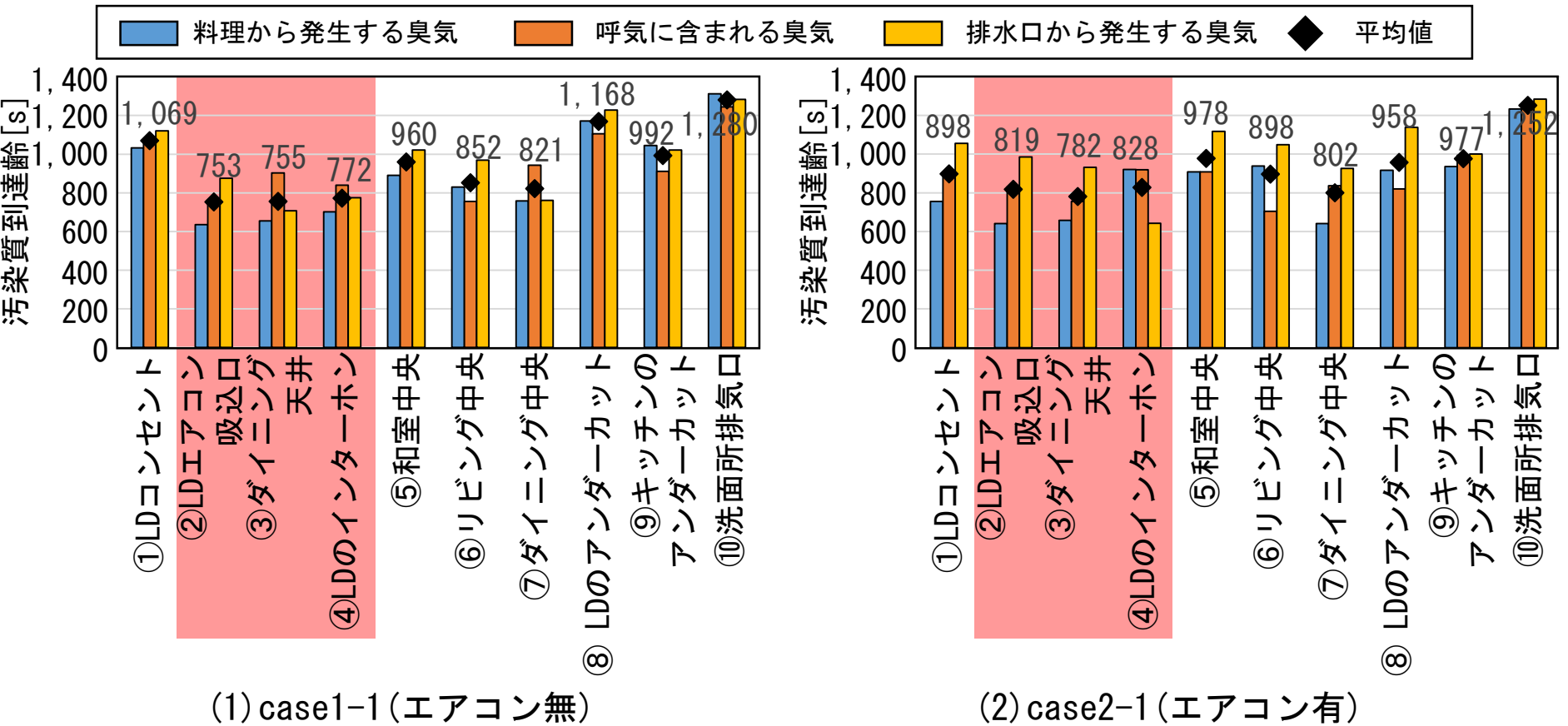


図6 各算出点のステップアップ法による汚染質到達齢

ステップアップ法による各算出点の汚染質到達齢

エアコンの気流に対し障害物となる家具がない天井やエアコン吸込口等、居室内の比較的高い位置で測定することが有効であると考えられる。

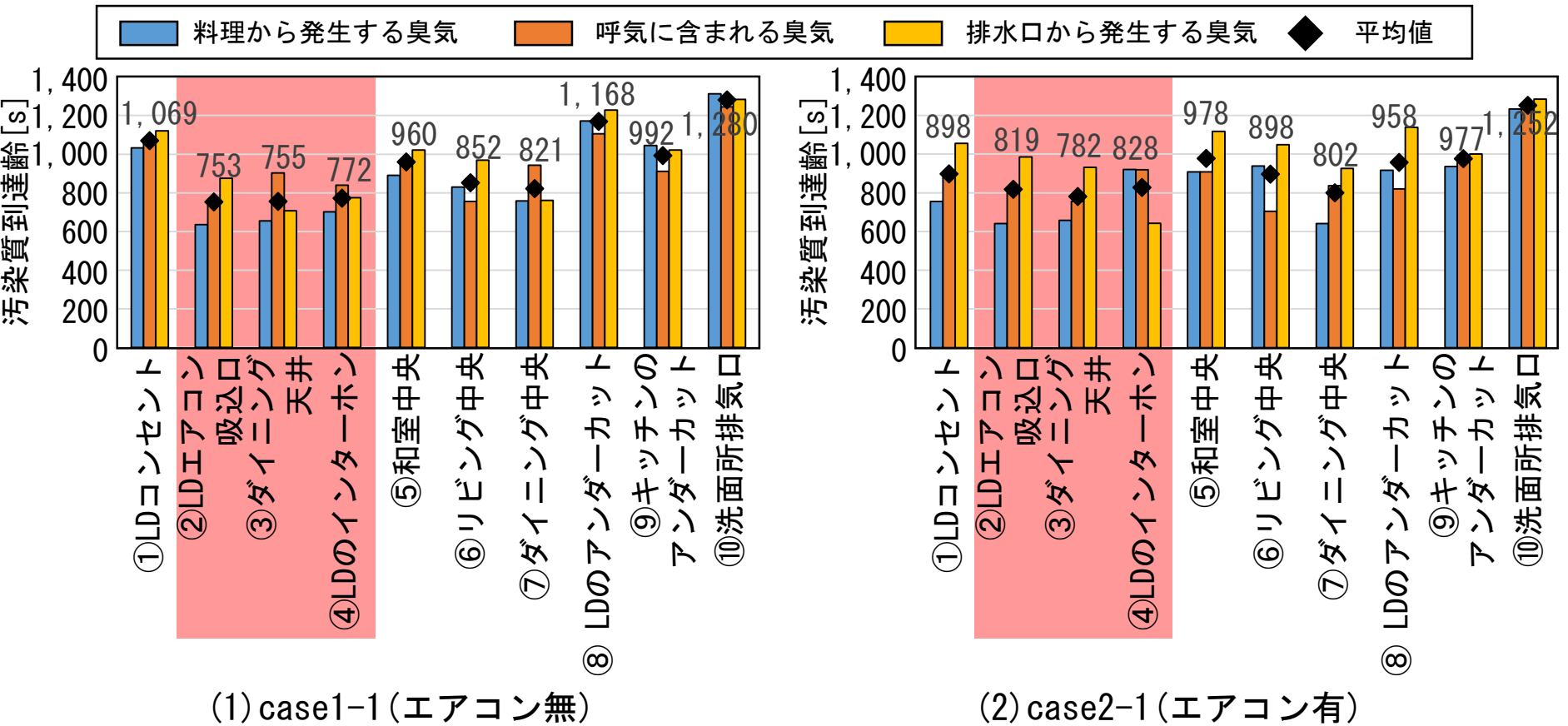
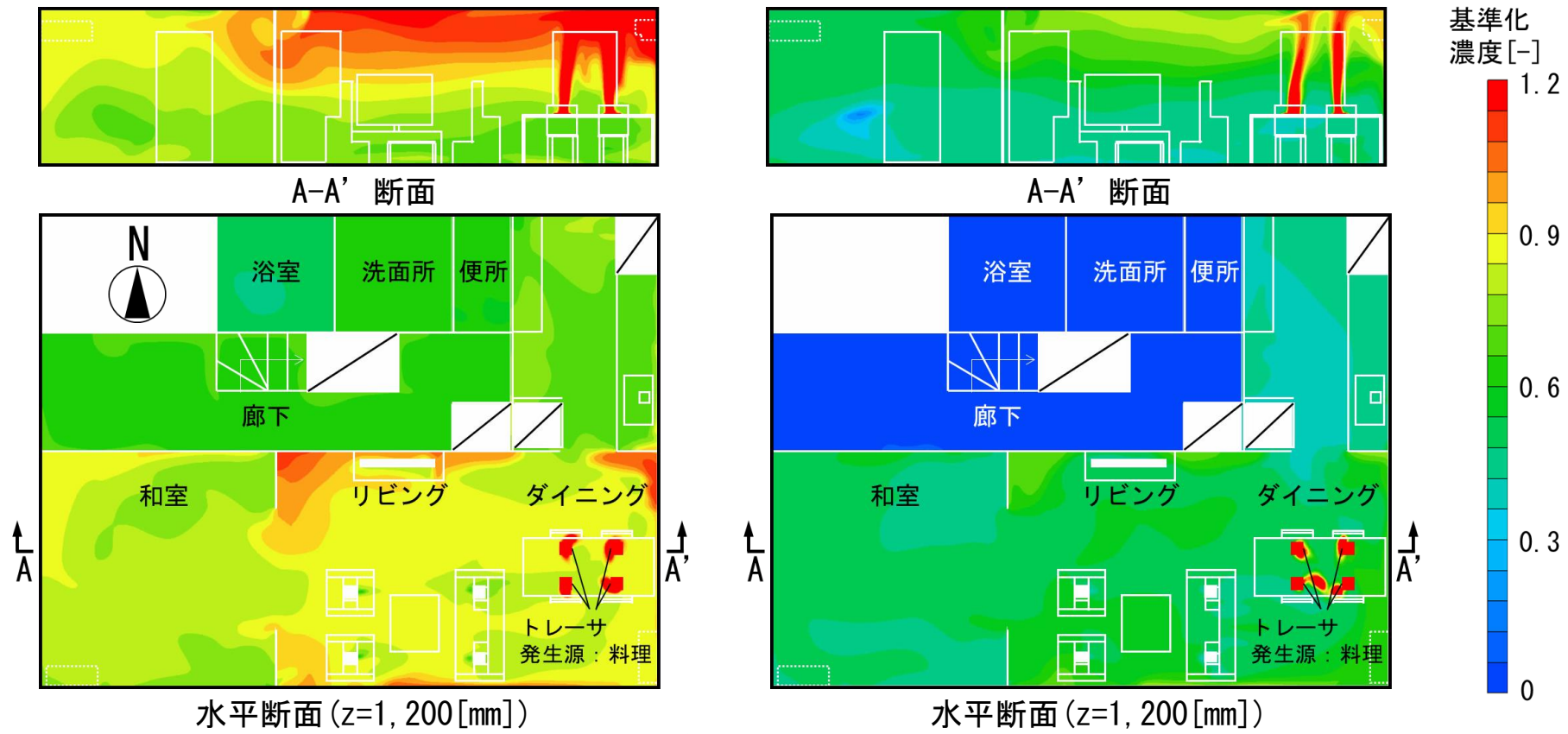


図6 各算出点のステップアップ法による汚染質到達齢

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

汚染質濃度分布

トレーサ発生から60秒後に、換気量を300[m³/h]とし、排気口位置をダイニングの局所排気装置としたcase1-6-Aでは、排気口位置を便所、洗面所、浴室としたcase1-4-Aに比較してLD全体の基準化濃度が0.3~0.5程度低下する。



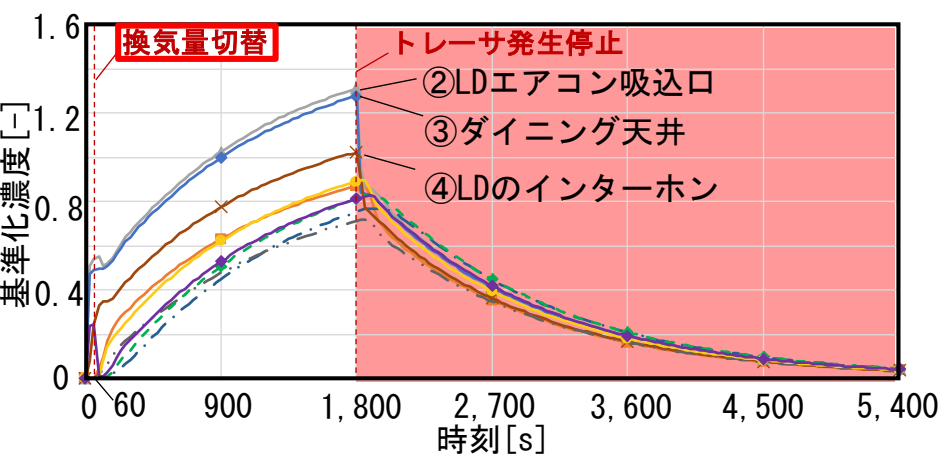
(1) case1-4-A(エアコン無、換気量300[m³/h]、排気口位置:便所、洗面所、浴室)、(3) case1-6-A(エアコン無、換気量300[m³/h]、排気口位置:ダイニング局所排気装置)

図7 排気口位置及び換気量を変更した場合のトレーサ発生から1,800秒後における基準化濃度分布

基準化濃度の時間変化

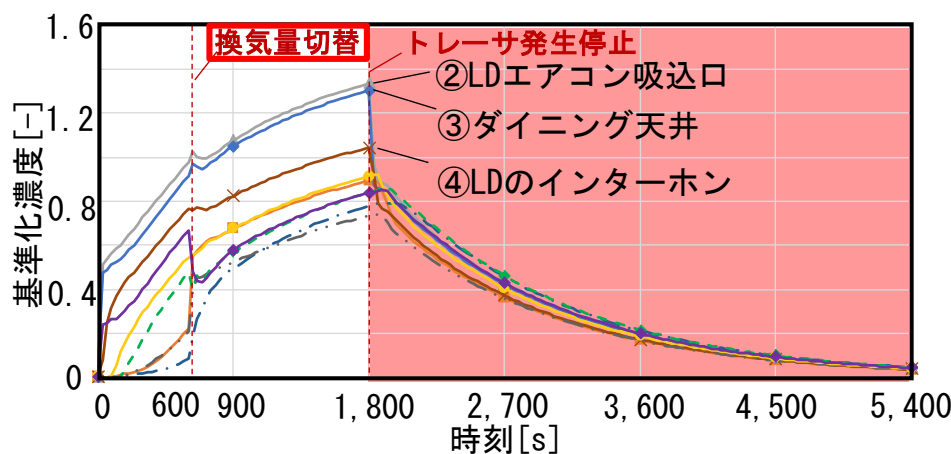
トレーサ発生から**60秒後**に換気量を変更したcase1-4-Aと、トレーサ発生から**600秒後**に換気量を変更したcase1-4-Bでは、変更する時間に関わらず濃度減衰時の基準化濃度の時間変化はほぼ同様となる。

- ① —■— LDのコンセント ② —▲— LDのエアコンの吸込口 ③ —◆— ダイニング天井 ④ —✕— LDのインターホン ⑤ —▲— 和室中央 ⑥ —●— リビング中央
⑦ —◆— ダイニング中央 ⑧ —- - LDから廊下への扉のアンダーカット ⑨ —- - キッチンから廊下への扉のアンダーカット ⑩ —- - 洗面所排気口



(1) case1-4-A

(トレーサ発生**60秒後**切替、
排気口位置:便所、洗面所、浴室)



(2) case1-4-B

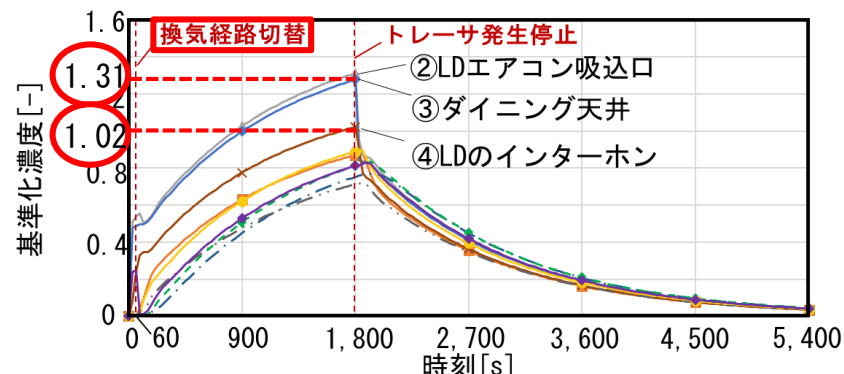
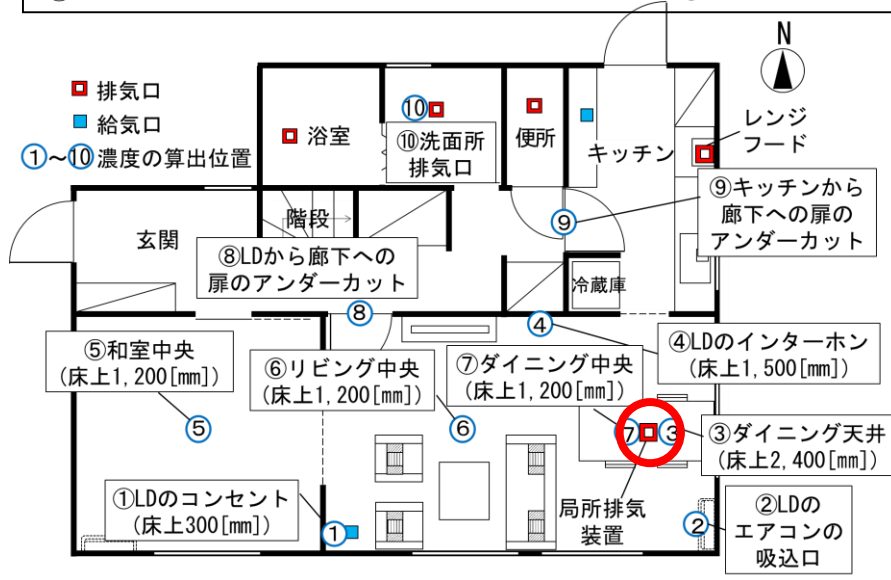
(トレーサ発生**600秒後**切替、
排気口位置:便所、洗面所、浴室)

図 8 排気口位置及び換気量を変更した場合の各算出点における
基準化濃度の時間変化(エアコン無、300[m³/h])

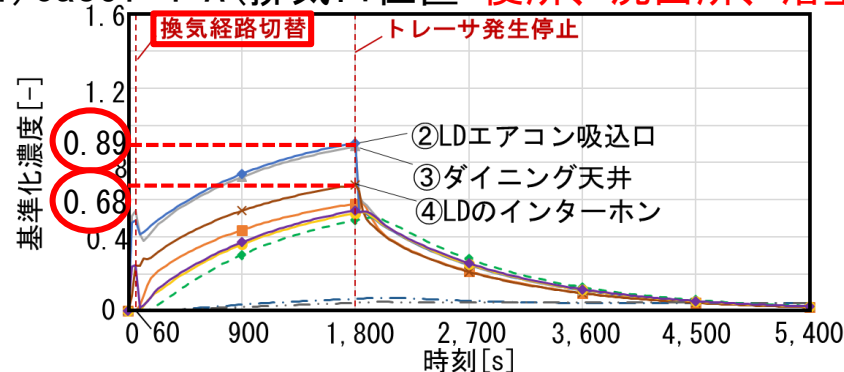
基準化濃度の時間変化

トレーサ発生から60秒後に排気口位置をダイニングの局所排気装置
としたcase1-6-Aでは、case1-4-Aに比較して②LDのエアコンの吸込
口、③ダイニングの天井、④LDのインターホンでのトレーサ発生停
止時の基準化濃度が0.3~0.4程度減少する。

- ①  LDのコンセント ②  LDのエアコンの吸込口
③  ダイニング天井 ④  LDのインターホン ⑤  和室中央
⑥  リビング中央 ⑦  ダイニング中央
⑧  LDから廊下への扉のアンダーカット
⑨  キッチンから廊下への扉のアンダーカット ⑩  洗面所排気口



(1) case1-4-A (排气口位置: **便所、洗面所、浴室**)



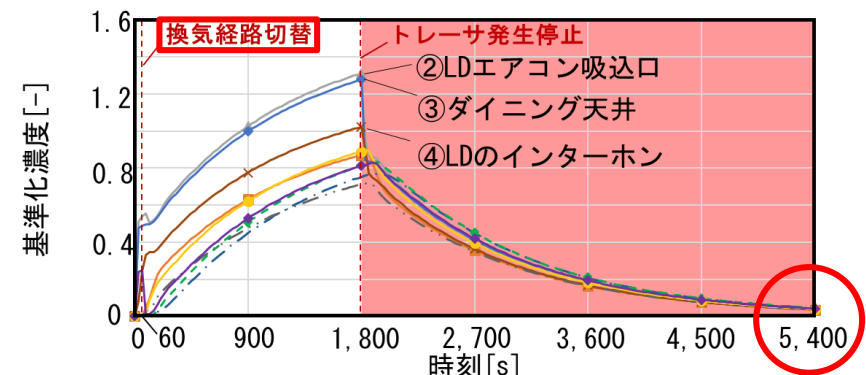
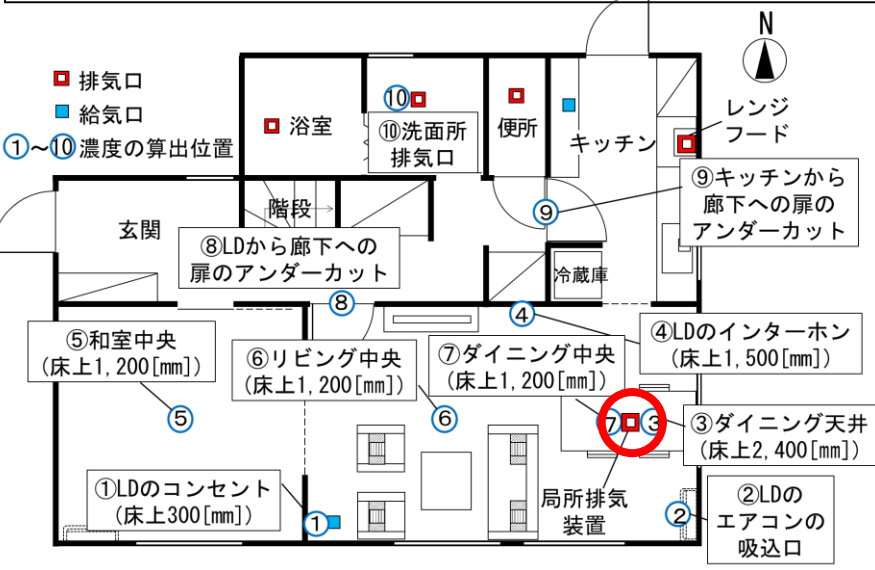
(4) case1-6-A (排気口位置: **ダイニング局所排気装置**)

図8 排気口位置及び換気量を変更した場合の各算出点における基準化濃度の時間変化(エアコン無、300[m³/h])

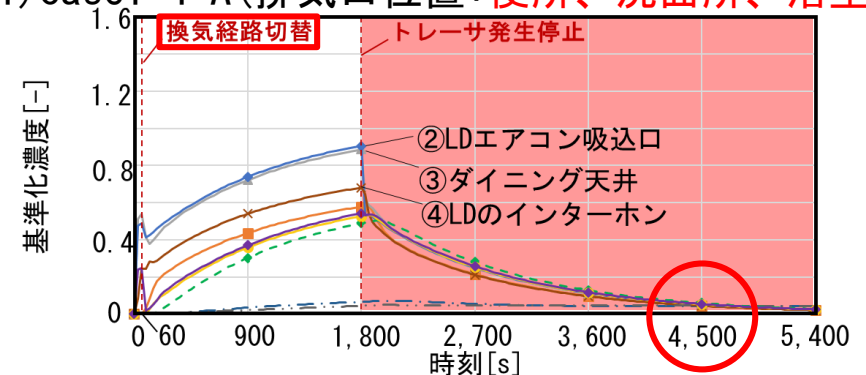
基準化濃度の時間変化

トレーサ発生停止後はcase1-4-A、case1-5-Aに比較して基準化濃度の減衰が速いため、比較的効率的に汚染質を排出していると考えられる。

- ① — LDのコンセント ② — LDのエアコンの吸込口
- ③ — ダイニング天井 ④ — LDのインターホン ⑤ — 和室中央
- ⑥ — リビング中央 ⑦ — ダイニング中央
- ⑧ — LDから廊下への扉のアンダーカット
- ⑨ — キッチンから廊下への扉のアンダーカット ⑩ — 洗面所排気口



(1) case1-4-A (排気口位置: 便所、洗面所、浴室)



(4) case1-6-A (排気口位置: ダイニング局所排気装置)

図8 排気口位置及び換気量を変更した場合の各算出点における基準化濃度の時間変化(エアコン無、300[m³/h])

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

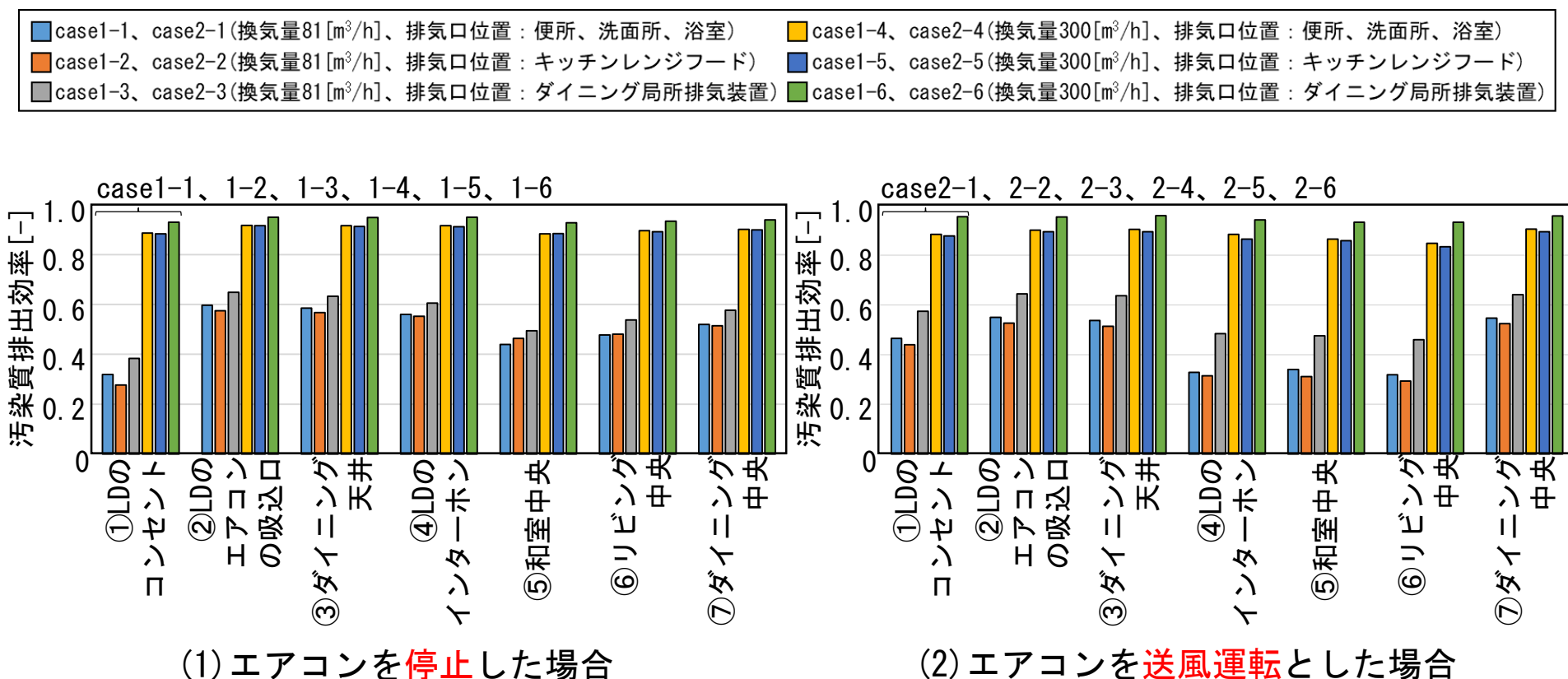


図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法^{文1)}による汚染質排出効率

文1) 坂口、赤林 「集中換気システムを設置した木造独立住宅の換気効率に関する実測調査：住宅の換気システムに関する研究 その1」1996年 日本建築学会計画系論文集

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

エアコンの有無に関わらず、換気量を $300[\text{m}^3/\text{h}]$ とした場合の各算出点の汚染質排出効率は、換気量を $81[\text{m}^3/\text{h}]$ とした場合の汚染質排出効率に比較して**大きくなる**。

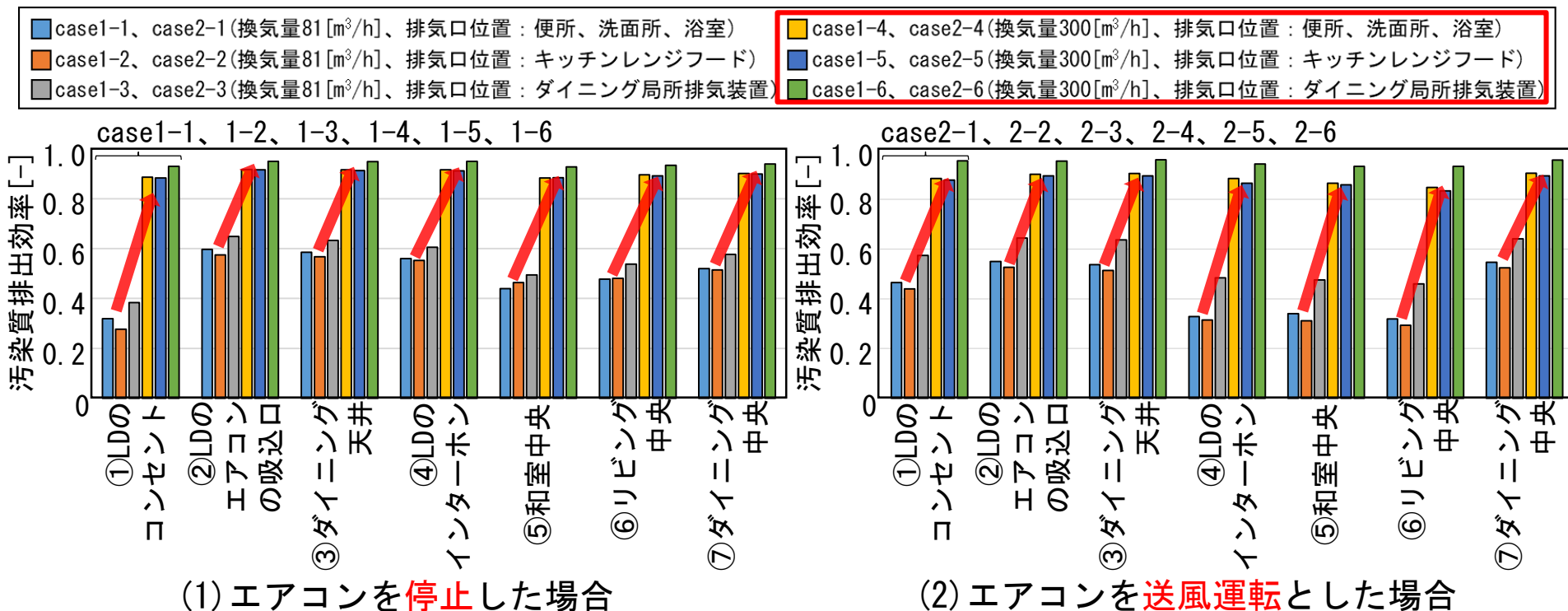
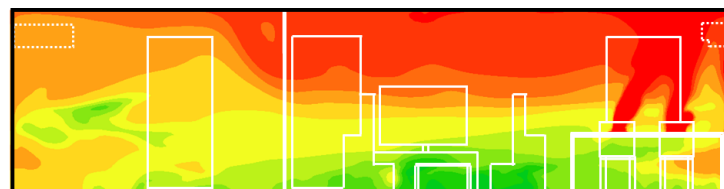


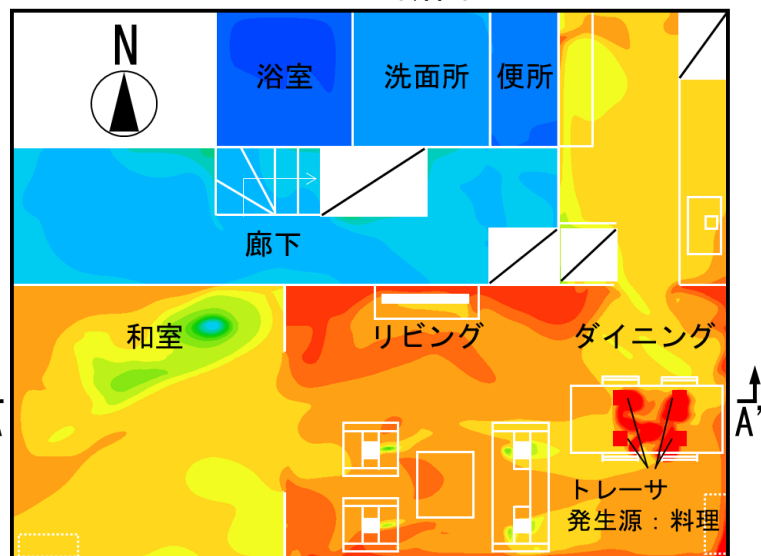
図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

トレーサ発生から1,800秒後の汚染質濃度分布を比較しても、**換気量を300[m³/h]**としたcase1-4-Aでは、換気量を**81[m³/h]**としたcase1-1に比較して、**住宅全体の汚染質濃度は減少する。**

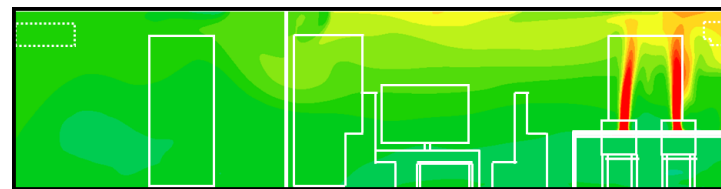


A-A' 断面

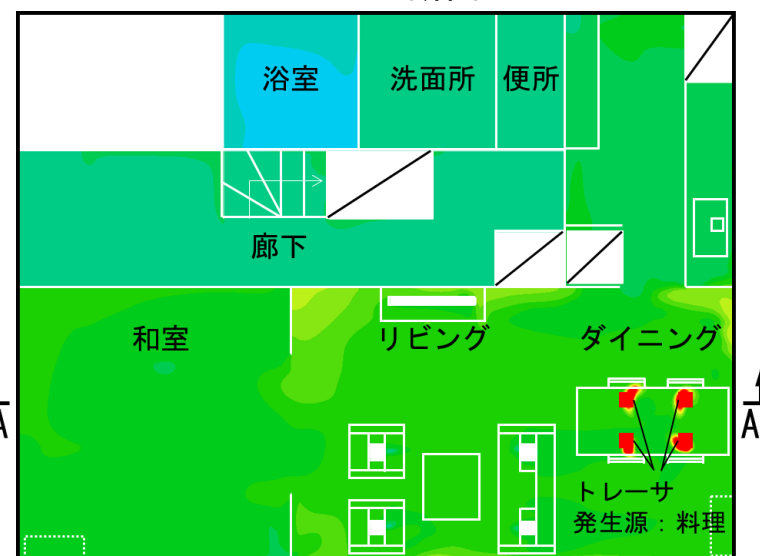


水平断面 (z=1, 200[mm])

case1-1 (エアコン無、換気量**81[m³/h]**、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)



A-A' 断面



水平断面 (z=1, 200[mm])

case1-4-A (エアコン無、換気量**300[m³/h]**、
排気口位置: 便所、洗面所、浴室)

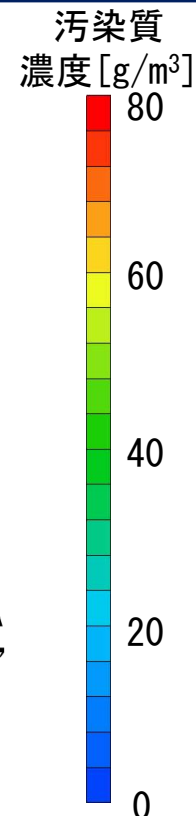


図 換気量を変更した場合のトレーサ発生から1,800秒後における濃度分布

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

換気経路が同じ場合でも、**換気量を多くした場合、汚染質の拡散速度が速くなるため、濃度減衰に要する時間は短くなる。**

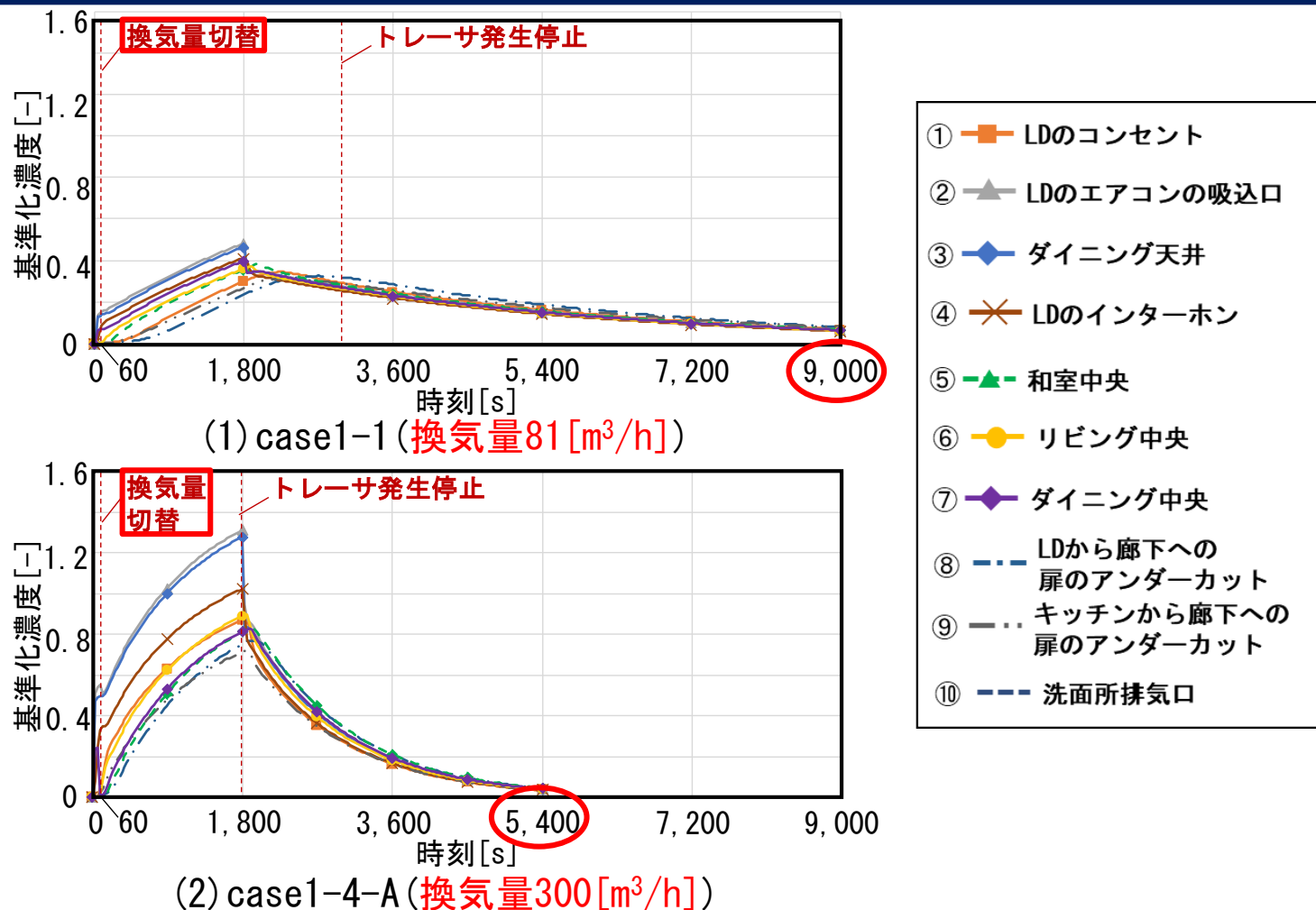


図 基準化濃度の時間変化

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

換気経路が同じ場合でも、換気量を多くした場合、汚染質の移流速度が速くなるため、濃度減衰に要する時間は短くなる。

そのため換気量を300[m³/h]とした場合には、換気量を81[m³/h]とした場合に比較して汚染質排出効率が向上する。

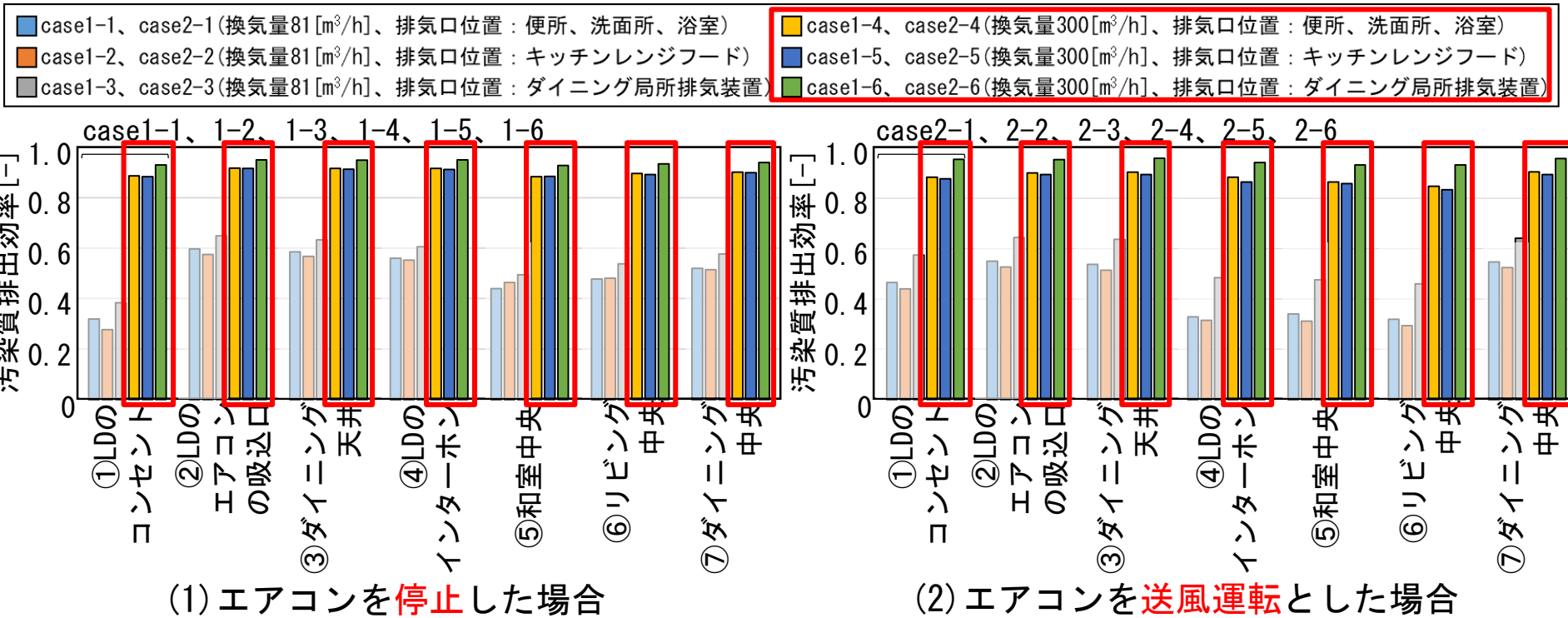
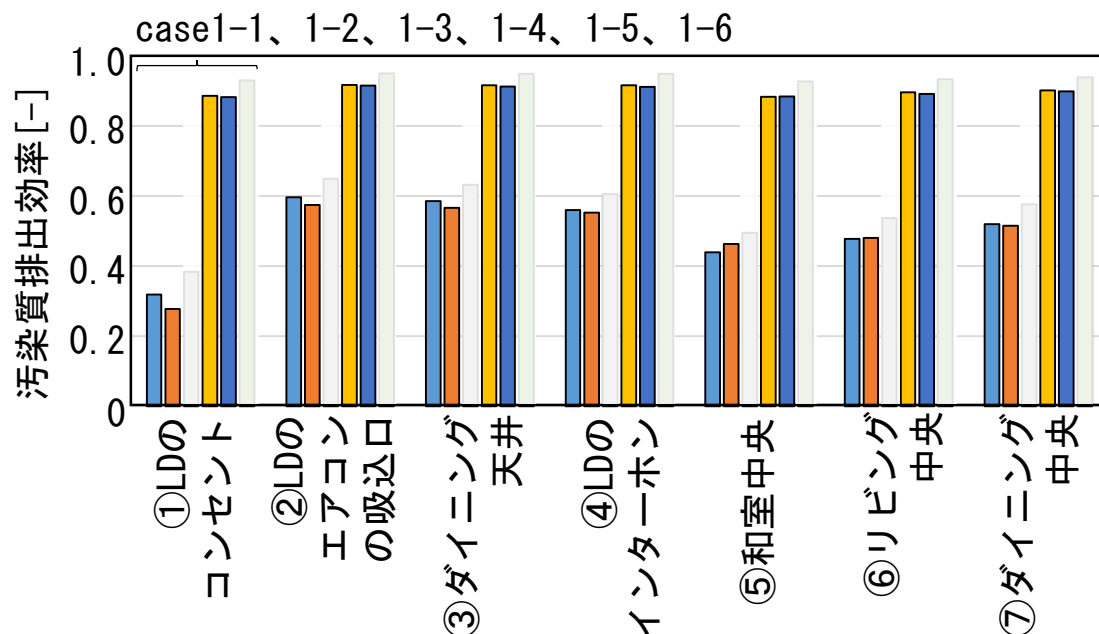
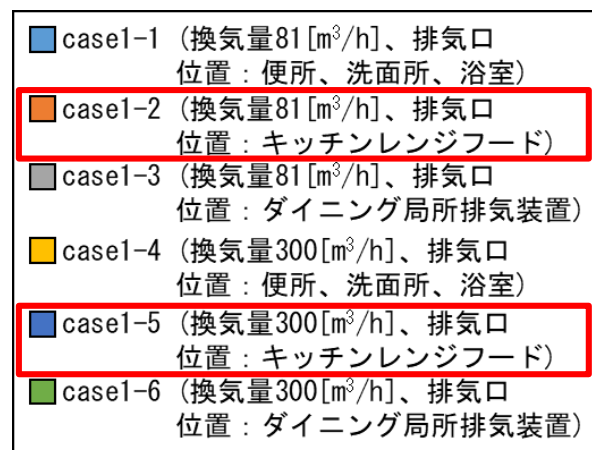


図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

換気経路の比較を行うと、エアコンを停止した場合、換気量に関わらず、排気口位置をキッチンレンジフードとしたcase1-2、case1-5では、排気口位置を便所、洗面所、浴室としたcase1-1、case1-4に比較して、汚染質排出効率はどの算出点でも殆ど変化しない。

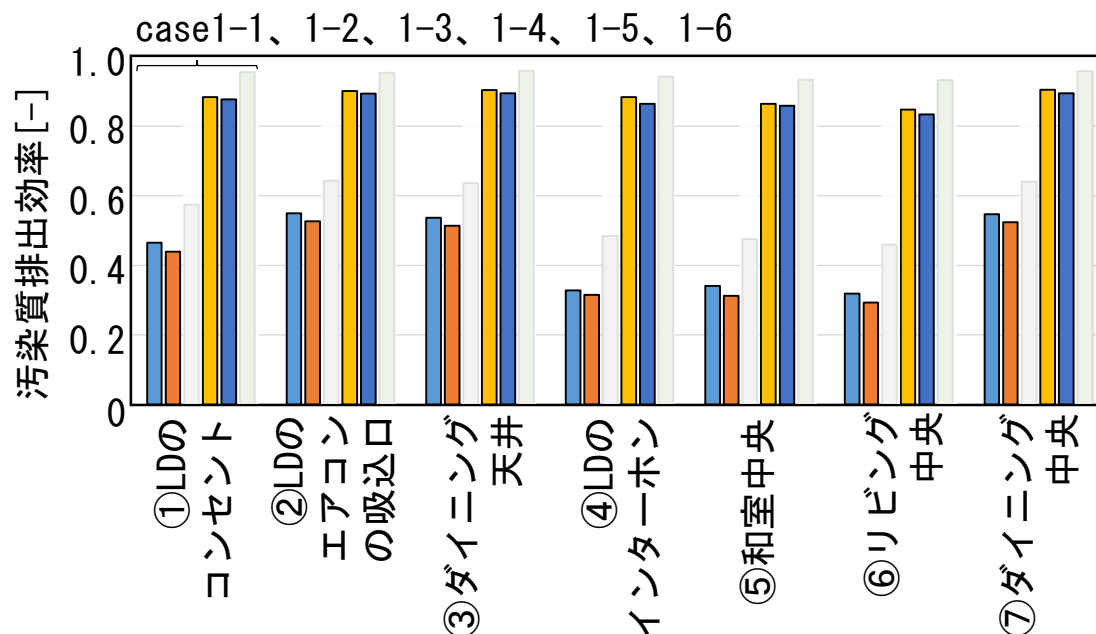
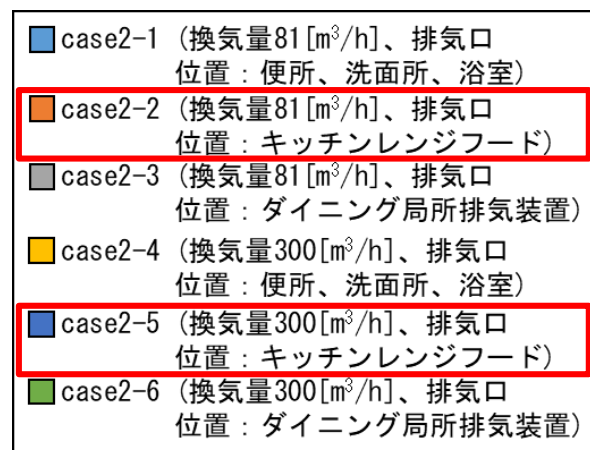


(1) エアコンを停止した場合

図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

エアコンを送風運転とした場合も同様に、換気量に関わらず、排気口位置をキッチンレンジフードとしたcase2-2、case2-5では、排気口位置を便所、洗面所、浴室としたcase2-1、case2-4に比較して、汚染質排出効率はどの算出点でも殆ど変化しない。



(2) エアコンを送風運転とした場合

図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

エアコンを送風運転とした場合も同様に、換気量に関わらず、排気口位置をキッチンレンジフードとしたcase2-2、case2-5では、排気口位置を便所、洗面所、浴室としたcase2-1、case2-4に比較して、汚染質排出効率はどの算出点でも殆ど変化しない。

換気量、エアコンの有無に関わらず、排気口位置をキッチンレンジフードに変更しても汚染質排出効率は向上しない。

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

換気量、エアコンの有無に関わらず、**排気口位置をダイニングの局所排気装置**としたcase1-3、case1-6、case2-3、case2-6では、他のcaseに比較して、**汚染質排出効率が高い傾向がある。**

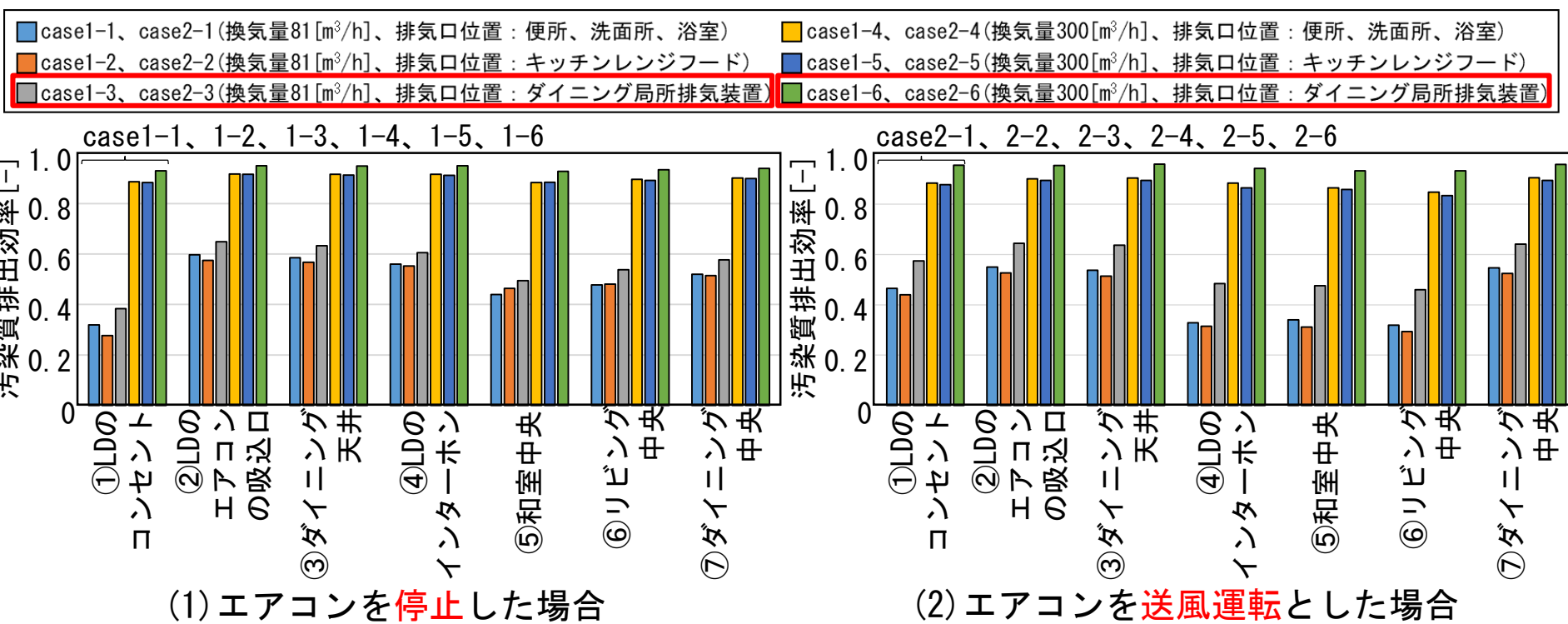
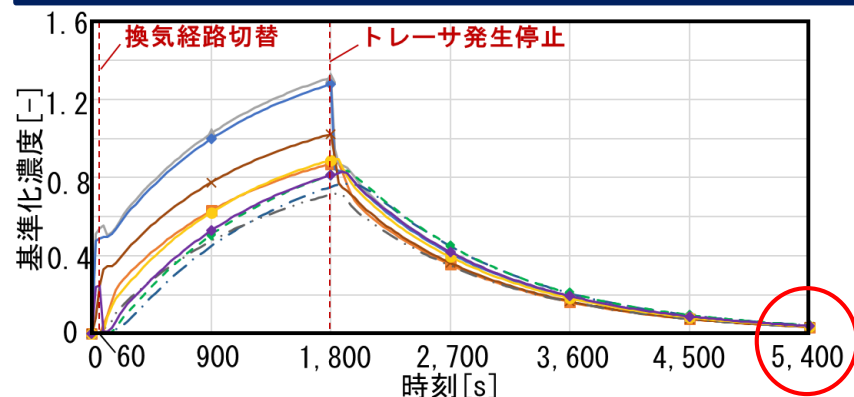


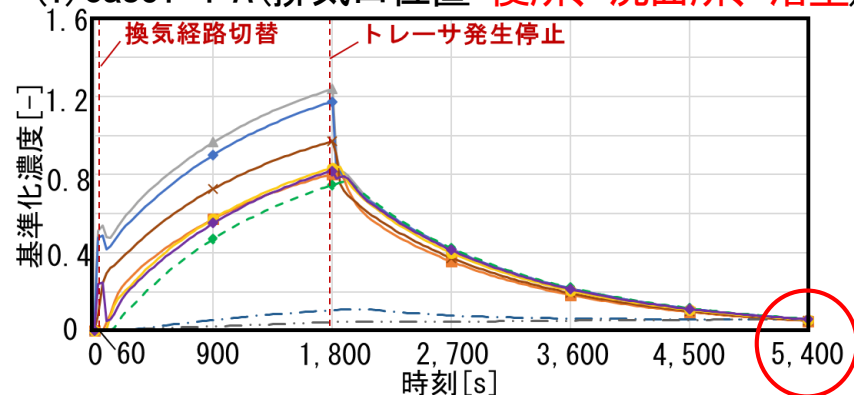
図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

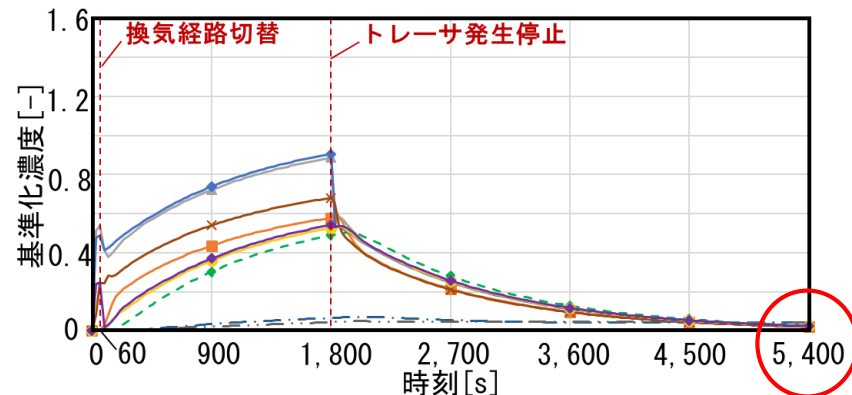
同じ換気量の場合、換気経路に関わらず、基準化濃度の5 [%]以下に減衰するまでに要する時間はほぼ同様となるが、排気口位置をダイニングの局所排気装置とした場合、他のcaseに比較して、汚染質発生停止時の各点の基準化濃度は低くなるため、汚染質排出効率は高くなる。



(1) case1-4-A (排気口位置: 便所、洗面所、浴室)



(2) case1-5-A (排気口位置: キッチンレンジフード)



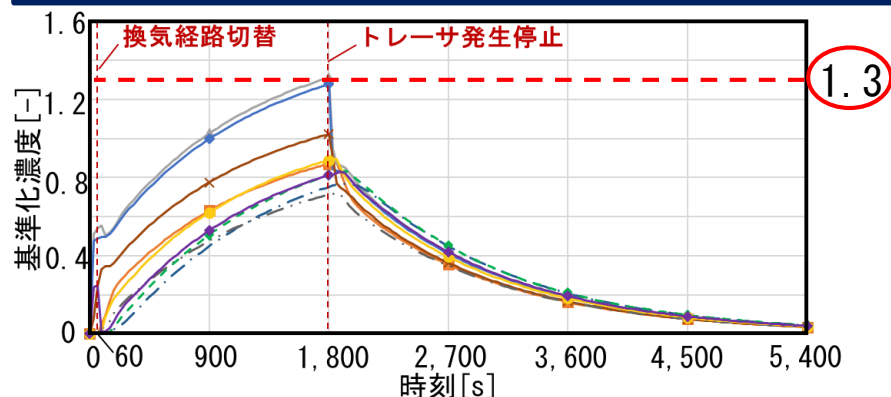
(3) case1-6-A (排気口位置: ダイニング局所排気装置)

図 基準化濃度の時間変化

- ① LDのコンセント ② LDのエアコンの吸込口 ③ ダイニング天井
- ④ LDのインターホン ⑤ 和室中央 ⑥ リビング中央
- ⑦ ダイニング中央 ⑧ LDから廊下への扉のアンダーカット
- ⑨ キッチンから廊下への扉のアンダーカット ⑩ 洗面所排気口

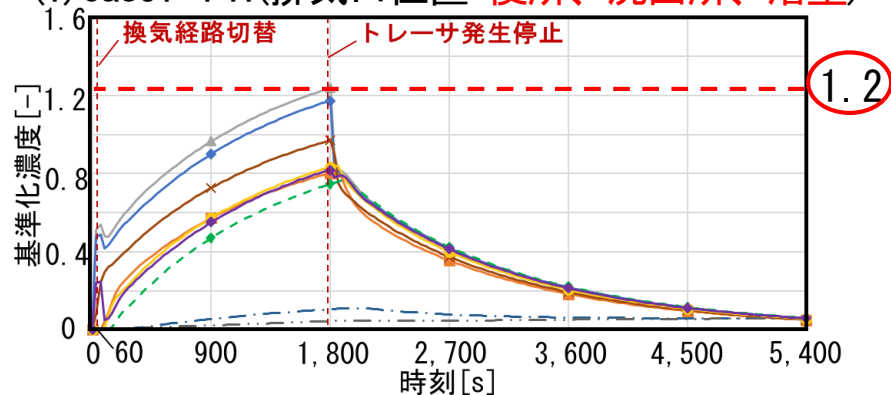
ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

同じ換気量の場合、換気経路に関わらず、基準化濃度の5 [%]以下に減衰するまでに要する時間はほぼ同様となるが、排気口位置をダイニングの局所排気装置とした場合、他のcaseに比較して、汚染質発生停止時の各点の基準化濃度は低くなるため、汚染質排出効率は高くなる。

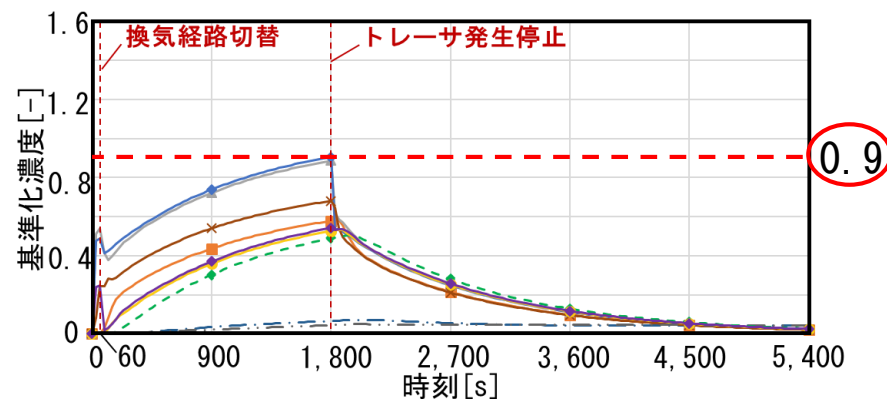


- ① LDのコンセント ② LDのエアコンの吸込口 ③ ダイニング天井
- ④ LDのインターホン ⑤ 和室中央 ⑥ リビング中央
- ⑦ ダイニング中央 ⑧ LDから廊下への扉のアンダーカット
- ⑨ キッチンから廊下への扉のアンダーカット ⑩ 洗面所排気口

(1) case1-4-A (排気口位置: 便所、洗面所、浴室)



(2) case1-5-A (排気口位置: キッチンレンジフード)



(3) case1-6-A (排気口位置: ダイニング局所排気装置)

図 基準化濃度の時間変化

ステップダウン法による各算出点の汚染質排出効率

今回の解析では、換気量を $300[\text{m}^3/\text{h}]$ 、排気口位置をダイニングの局所排気装置としたcase1-6、case2-6が最も効率的に汚染質を排出できる。

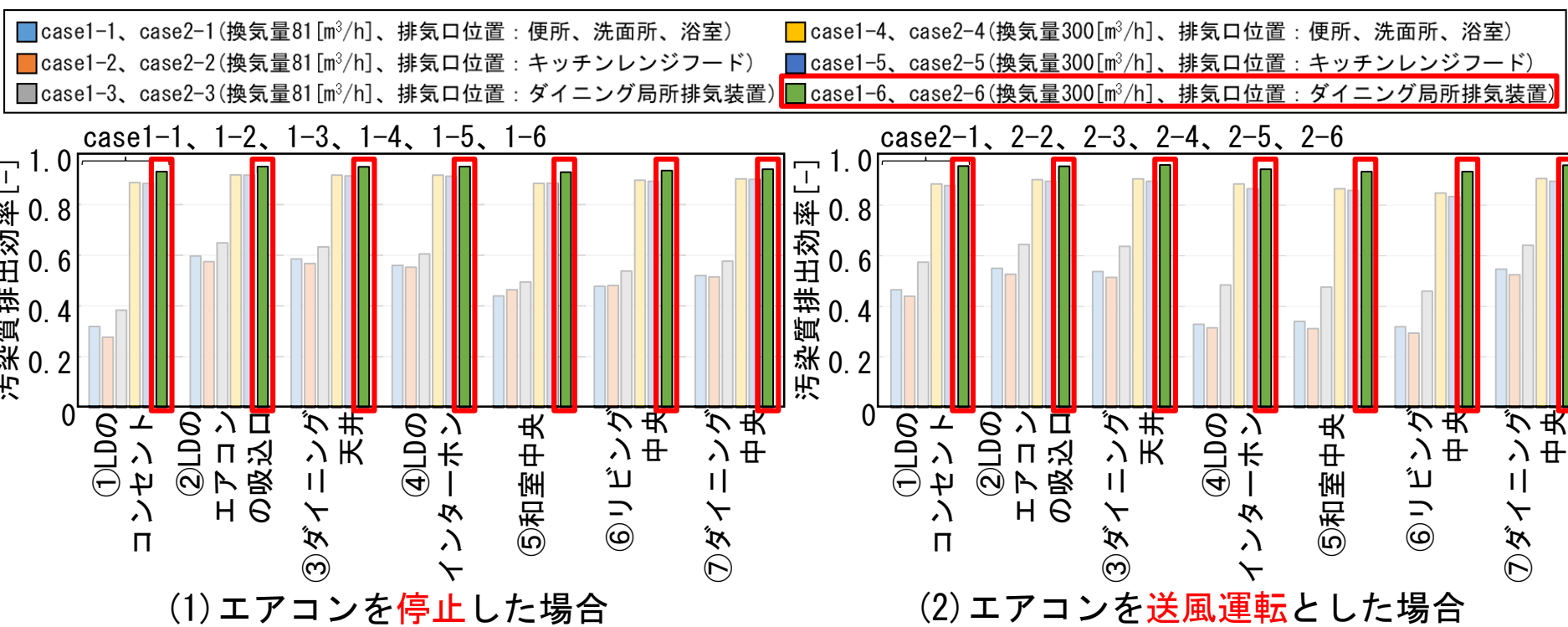


図9 汚染質発生60秒後に換気経路及び換気量を変更した場合の各caseにおける各算出点のステップダウン法による汚染質排出効率

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 室内気流分布
- 4 濃度測定位置の検討 (case1-1、case2-1)
- 5 効率的な換気経路の検討
- 6 まとめ

まとめ

6.1 汚染質濃度分布

- ①**食卓の料理** (60℃) から**臭気**が発生する場合、料理によって生じる上昇気流で臭気は天井付近まで到達し、**天井面、壁面に沿って部屋の中に拡散する**。
- ②**キッチンの排水口**から**汚染質**が発生する場合、他の発生位置に比較して発生位置付近に影響を及ぼす気流速度が遅いため、比較的高濃度で部屋の中に**汚染質が滞留**する。
- ③エアコンの有無、汚染質発生位置に関わらず、②LDのエアコンの吸込口、③ダイニング天井、④LDのインターホンにおける汚染質到達齢は比較的短い。
- ④エアコンの気流に対し障害物となる家具がない天井やエアコン吸込口など**居室内の比較的高い位置で汚染質濃度を測定することは汚染質排出効率の向上に有効**であると考えられる。

6.2 換気経路の検討

- ①排気口位置を**ダイニング局所排気装置**とし、換気量を300[m³/h]としたcase1-6-Aでは、排気口位置を便所、洗面所、浴室としたcase1-4-Aに比較してLD全体の**基準化濃度が0.3~0.5程度減少**する。
- ②換気量を300[m³/h]とした場合、排気口位置を**ダイニング局所排気装置**としたcase1-6-Aでは、case1-4-A、case1-5-Aに比較して、**濃度減衰が速くなる**。
- ③排気口位置を**キッチンレンジフード**に変更しても**汚染質排出効率は向上しない**。
- ④**同じ換気量の場合**、換気経路に関わらず基準化濃度の5[%]まで減衰するのに要する時間はほぼ同様となるが、排気口位置を**ダイニングの局所排気装置**とした場合、他のcaseに比較して、**汚染質発生停止時の各点の基準化濃度は低くなるため、汚染質排出効率は高くなる**。
- ⑤今回の解析では、換気量を300[m³/h]、排気口位置を**ダイニングの局所排気装置**としたcase1-6、2-6が**最も効率的に汚染質を排出できる**。