

# 数値流体解析による住宅用厨房の温熱空気環境に関する研究

## その1 住宅用調理レンジ上の気流分布に関する検討

Study on the thermal environment and air flow distribution in the house kitchen by CFD analysis

Part 1 Study on the air flow distribution above the cooking heater

正会員○坂口 淳<sup>1)</sup> 同 赤林 伸一<sup>2)</sup> 同 都丸 恵理<sup>3)</sup>

AKABAYASHI Shin-ichi, SAKAGUCHI Jun, TOMARU Eri

IHレンジ、ガスレンジ使用時の高温部を再現したモデルを用いて、フードの排気風量を変化させた場合の各レンジにおける熱上昇流の再現及び廃気捕集率の算出を行う。70～80%の廃気捕集率を得るための排気風量はガスレンジよりもIHレンジの方が少なく、廃気捕集率は排気風量300[m<sup>3</sup>/h]で、各レンジ共に約90%となる。これは実測結果と同じ傾向を示し、各レンジ上の熱上昇流が比較的精度よく再現できた。鍋で発生した汚染質はIHレンジでは上昇する際壁面に付着していく傾向があり、ガスレンジではレンジ周辺の空気中へ拡散していく傾向がある。

Capture Ratio, IH Cooking Heater, Gas Cooking Heater

廃気捕集率 IHレンジ ガスレンジ

### 研究目的

近年、全電化住宅の普及が進みIHレンジが一般家庭で広く用いられるようになってきている。IHレンジとガスレンジでは炎による高温部の有無の違いにより、レンジ上の流速、温度分布が異なると考えられる。従って厨房における快適な温熱空気環境

を実現するためには、これらの特性の違いによるレンジ周辺の空気環境を明らかにし、適切な厨房設計が行われる必要がある。また、多様な住宅用調理レンジの配置パターンにおいて、ガスレンジ、IHレンジが室内空気環境へ及ぼす影響を検討する際、実験に比べ比較的容易に温熱空気環境の予測ができる数値流体解析を用いることは有効である。

本研究では、数値流体解析によりフードの排気風量を変化させた場合のレンジ上の熱上昇流の解析及び廃気捕集率を算出し、昨年までの実験による結果<sup>文1)～3)</sup>との比較を行ない、数値解析の精度を検証し、

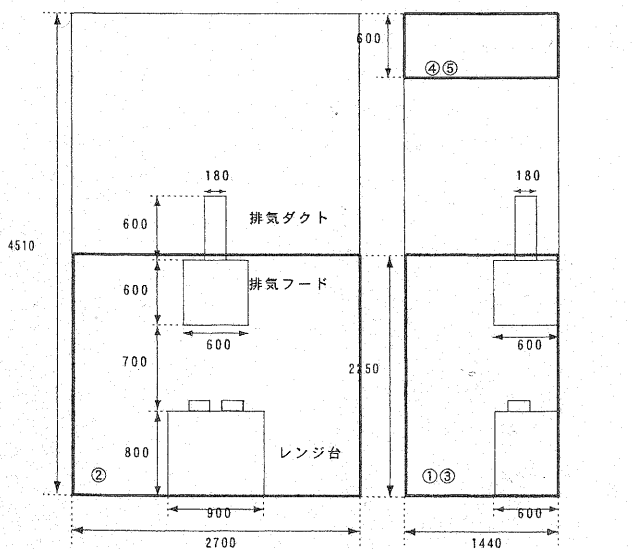


図1. 解析対象の概要  
※ 図中の①～③は流入面、④⑤は流出面を示す。

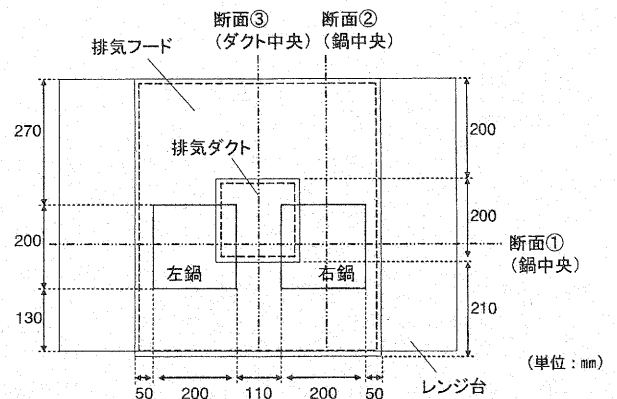


図2. レンジ上面

1) 県立新潟女子短期大学 准教授 博士 (工学)  
2) 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士  
3) 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

1) Assoc. Prof., Dept. of Human Life and Environmental Science, Niigata Woman's College, Dr. Eng.  
2) Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.  
3) Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

更にIHレンジとガスレンジの相違を確認することを目的とする。

## 2 研究概要

### 2.1 解析対象

図1に解析対象の概要を示す。排気は排気フードから行なう。図2にレンジ上面を、図3に鍋とレンジの概要を示す。レンジ上には鍋を2つ配置し、ガスレンジでは炎の温度をレンジ上から鍋底まで500、700、1500 [°C] として与える。

### 2.2 解析方法

表1に解析 case を、表2に解析条件を示す。解析には汎用流体解析ソフト (STREAM) を用いる。フードの排気風量を変化させた場合の流れ場を標準  $k-\epsilon$  モデルにより解析する。コンロ稼動時のレンジ上の流

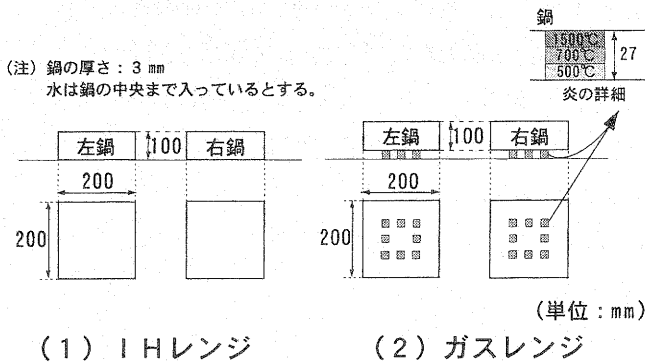


図3. 鍋とレンジの概要

表1 解析 case

IH	解析種類	フード排気風量	ガス	解析種類	フード排気風量
case1-1	気流解析	100[m <sup>3</sup> /h]	case2-1	気流解析	100[m <sup>3</sup> /h]
case1-2	気流解析	150[m <sup>3</sup> /h]	case2-2	気流解析	150[m <sup>3</sup> /h]
case1-3	気流解析	200[m <sup>3</sup> /h]	case2-3	気流解析	200[m <sup>3</sup> /h]
case1-4	気流解析	300[m <sup>3</sup> /h]	case2-4	気流解析	300[m <sup>3</sup> /h]
case1-5	気流解析	フードなし	case2-5	気流解析	フードなし
case1-6	濃度解析	100[m <sup>3</sup> /h]	case2-6	濃度解析	100[m <sup>3</sup> /h]
case1-7	濃度解析	150[m <sup>3</sup> /h]	case2-7	濃度解析	150[m <sup>3</sup> /h]
case1-8	濃度解析	200[m <sup>3</sup> /h]	case2-8	濃度解析	200[m <sup>3</sup> /h]
case1-9	濃度解析	300[m <sup>3</sup> /h]	case2-9	濃度解析	300[m <sup>3</sup> /h]
case1-10	濃度解析	フードなし	case2-10	濃度解析	フードなし

表2 解析条件

計算コード	ソフトウェアクレイデルSTREAM Ver.7	
乱流モデル	標準 $k-\epsilon$	
移流項精度	QUICK	
壁面条件	流速境界	ノースリップ
	熱境界	対流 炎: 対流熱伝達率100[W/m <sup>2</sup> K], その他の表面: 温度対数則 各温度の炎間: 断熱 鍋-水間: 熱伝達率80[W/m <sup>2</sup> K] 鍋-レンジ台 (IH): 断熱 鍋-レンジ台 (ガス): 断熱 その他の固体間: 熱伝導
		放射境界
流出条件	フード吸込	排気風量=150[m <sup>3</sup> /h]; 吸込風速=1.286[m/s] 排気風量=200[m <sup>3</sup> /h]; 吸込風速=1.714[m/s] 排気風量=400[m <sup>3</sup> /h]; 吸込風速=3.429[m/s]
	壁面流入 (①~③)	流入風速=0.05[m/s], 流入温度=20[°C] $k=1.25 \times 10^{-6}$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ], $\epsilon=①: 2.7821 \times 10^{-6}$ , ②: 1.7678 $\times 10^{-6}$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]
	壁面流出 (④, ⑤)	流出速度= (壁面流入面①~③の総流量) / (各排気風量) [m/s] 2 × 1.44 × 0.6 × 3600
温度条件	鍋上流速	IHレンジの鍋内水面に水の落着に伴う流速0.035[m/s], 吹出温度100°Cを与える。 IHレンジ: 鍋内の水は100°Cに温度固定し、鍋には初期温度100°Cを与える。
		ガスレンジ: 鍋内の水及び鍋には初期温度100°Cを与える。 また炎の温度は下から500, 700, 1500°Cに温度固定する。

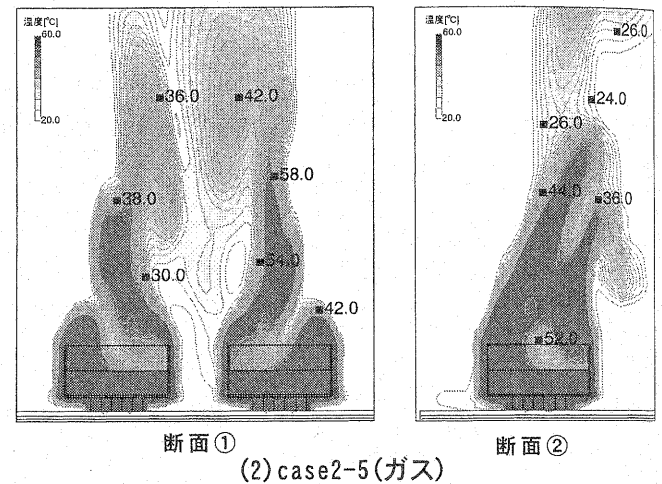
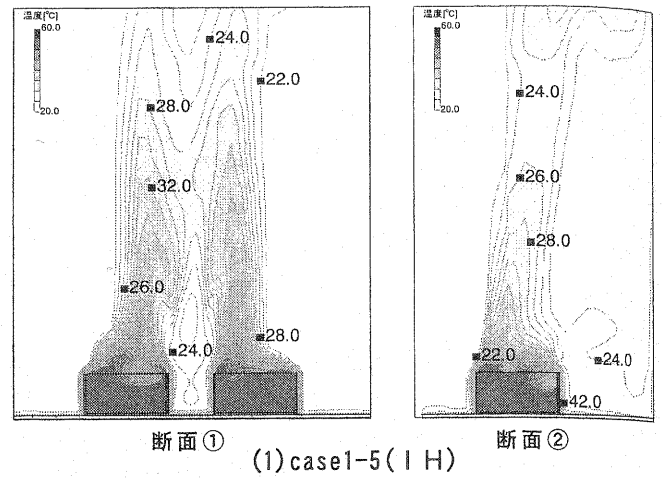


図4 フードなしの時の各鉛直断面の温度分布

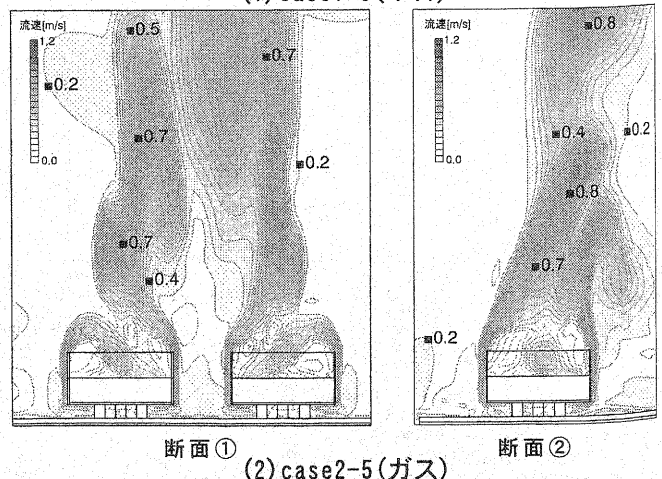
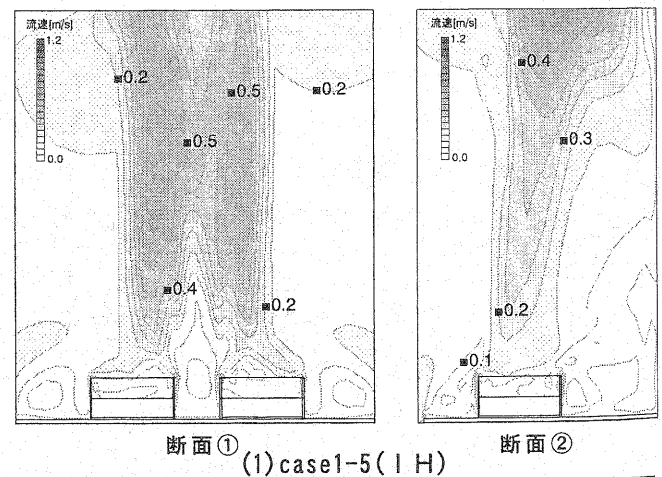


図5 フードなしの時の各鉛直断面の流速分布

れ場、温度場をCFD解析により求め、トレーサーガス拡散解析により鍋から発生する汚染質濃度を明らかにする。更に、実測により得られた廃気捕集率と比較討を行なう。解析による廃気捕集率は式(1)で算出する。

$$\text{廃気捕集率} [\%] = \frac{\text{ダクト吸込口の平均濃度} [g/m^3]}{\text{全捕集時の濃度} [g/m^3]} \times 100 \quad (1)$$

### 3 解析結果

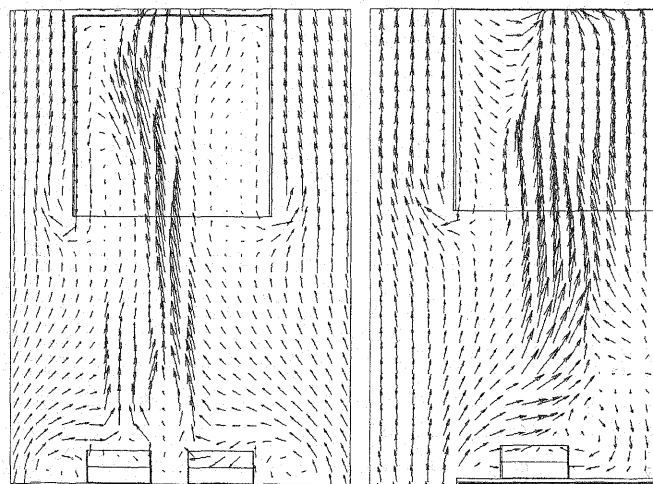
#### 3.1 温度・気流分布

図4にフードなしの場合の各鉛直断面の温度分布を、図5にフードなしの場合の各鉛直断面の流速分布を示す。IHレンジに比較してガスレンジでは、上昇気流の温度が相対的に高く、また流速も大きくなっている。これはガスレンジには炎による高温部が存在するためである。図6に代表的なcaseのIHレンジ上の流速ベクトルを示す。case1-1(排気風量100[m<sup>3</sup>/h])ではフードの両側面及び前面でフードから外に漏れる気流が見られる。case1-2(排気風量150

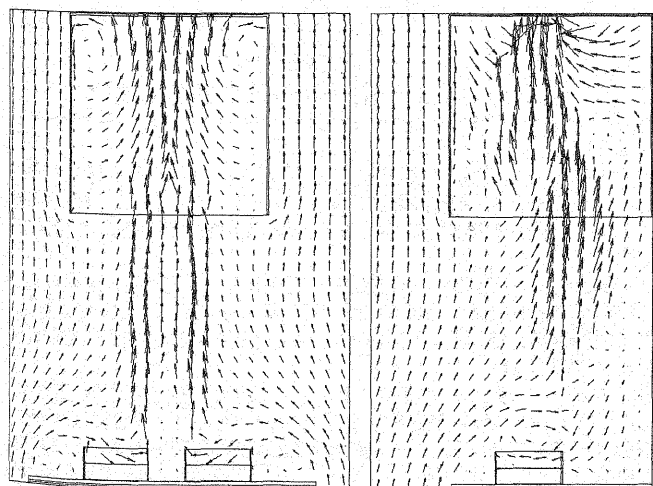
[m<sup>3</sup>/h])ではフードから外に漏れる気流はほとんど見られない。図7に代表的なcaseのガスレンジ上の流速ベクトルを示す。case2-1(排気風量100[m<sup>3</sup>/h])、case2-2(排気風量150[m<sup>3</sup>/h])では共にフードから外に漏れる気流がある。IHレンジ、ガスレンジ共に100[m<sup>3</sup>/h]では十分な排気風量とならない。またガスレンジで排気風量150[m<sup>3</sup>/h]の場合にもフード下から漏れる気流が見られるのは、ガスレンジの上昇気流速度がIHレンジよりも速いためであり、ガスレンジでIHレンジと同程度の捕集率を実現するためには、IHレンジよりも排気風量を多くする必要がある。

#### 3.2 汚染質濃度分布

図8に鍋内部で発生させたトレーサーガスの各鉛直断面の汚染質濃度分布(排気風量150[m<sup>3</sup>/h])を示す。図中の数値は廃気捕集率100%の時の濃度に対する室内の汚染質濃度を示す。case1-7(IHレンジ)とcase2-7(ガスレンジ)を比較するとIHレンジでは

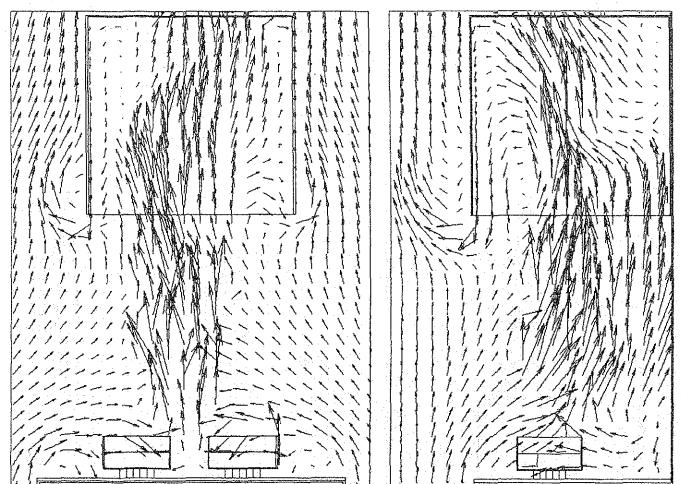


断面①  
断面③  
(1) case1-1(排気風量 100[m<sup>3</sup>/h])

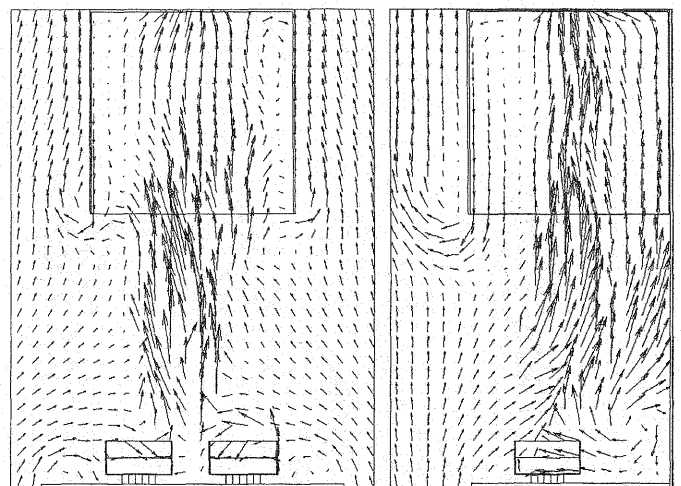


断面①  
断面③  
(2) case1-2(排気風量 150[m<sup>3</sup>/h])

図6 代表的なcaseのIHレンジ上の流速ベクトル



断面①  
断面③  
(1) case2-1(排気風量 100[m<sup>3</sup>/h])



断面①  
断面③  
(1) case2-2(排気風量 100[m<sup>3</sup>/h])

図7 代表的なcaseのガスレンジ上の流速ベクトル

フード外に漏れる汚染質がほぼ見られないのに対し、ガスレンジではフードに入った汚染質がフード側面及び前面から漏れて空气中に拡散し、フード周辺に拡がっている。図9に室内壁表面の汚染質濃度分布(排気風量 150[m<sup>3</sup>/h])を示す。case1-7(IHレンジ)とcase2-7(ガスレンジ)を比較すると、レンジ背面や天井面にはどちらのレンジも汚染質が拡散しているが、フード下の部分ではガスレンジに比べIHレンジの方が汚染質が広範囲に及んでいる。

### 3.3 廃気捕集率

図10に実測と解析の廃気捕集率の比較を示す。IHレンジでは排気風量 150[m<sup>3</sup>/h]で実験と解析に差があるが、排気風量 200[m<sup>3</sup>/h]と排気風量 300[m<sup>3</sup>/h]ではほぼ同等である。ガスレンジは実験も解析もほぼ一定の割合で廃気捕集率が増加する。実験値と解析値はよく一致している。

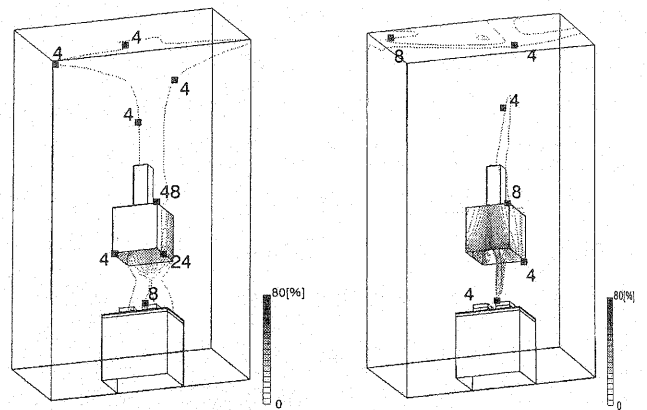
## 4 まとめ

① IHレンジと比べるとガスレンジは上昇気流が高温

になる。このためガスレンジは上昇気流の流速がIHレンジよりも大きく、また流れが乱れている。

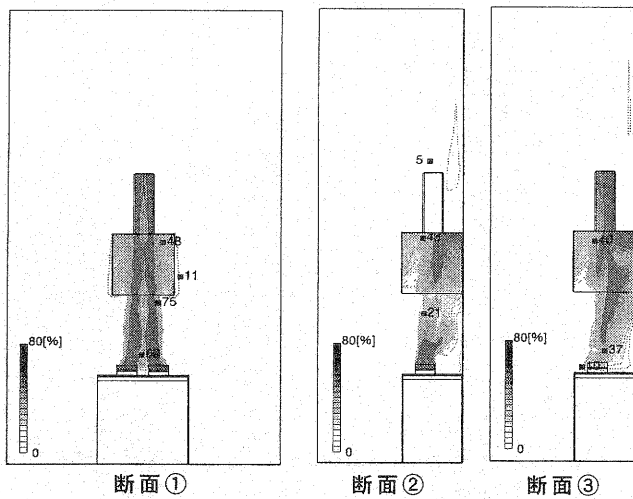
② IHレンジでは汚染質は上昇する際壁面に付着していく傾向がある。ガスレンジではフードから漏れた汚染質がフード側面に付着し、レンジ周辺に拡散していく傾向がある。

③ 70～80%の廃気捕集率を得るための排気風量はガスレンジよりもIHレンジの方が少なく、廃気捕集率は排気風量 300[m<sup>3</sup>/h]でIHレンジ、ガスレンジ共に約90%となる。これは実測と同じ傾向を示す。

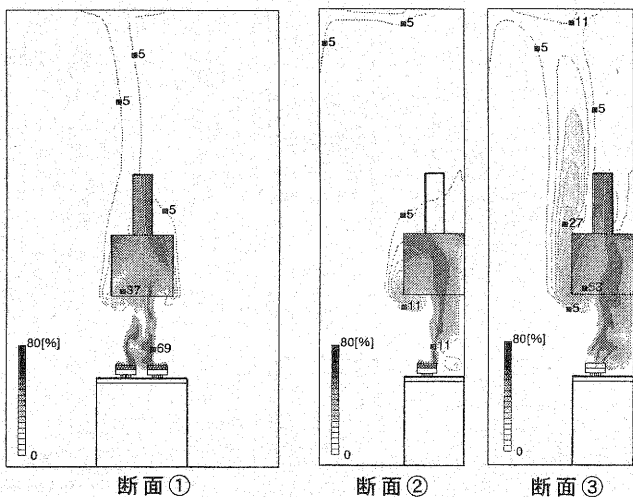


(1) case1-7 (IHレンジ) (2) case2-7 (ガスレンジ)

図9 室内表面の汚染質濃度分布 (排気風量 150[m<sup>3</sup>/h])



(1) case1-7 (IHレンジ)



(1) case2-7 (IHレンジ)

図8 各鉛直断面の汚染質濃度分布 (排気風量 150[m<sup>3</sup>/h])

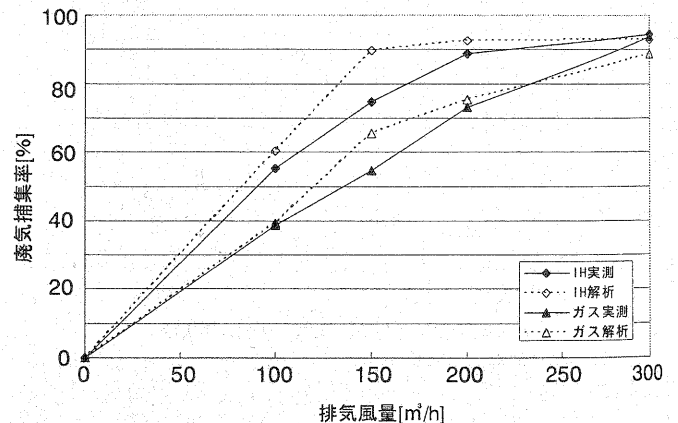


図10 実測と解析の廃気捕集率の比較

#### 【参考文献】

- 1) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平 「住宅用厨房を対象とした排気フードの排気捕集率に関する研究 その1 レンジ上に横風を与えた場合の捕集率の変化」 日本建築学会北陸支部研究報告集、2007年
- 2) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平 「住宅用厨房を対象とした排気フードの排気捕集率に関する研究 その2 「人体模擬装置による擾乱を与えた場合の捕集率の変化」 日本建築学会北陸支部研究報告集、2007年
- 3) 赤林伸一・坂口淳・富岡誠子・石山洋平 「住宅用厨房を対象とした排気フードの排気捕集率に関する研究 その3 「調理時の油滴の飛散状況に関する研究」 日本建築学会北陸支部研究報告集、2007年
- 4) 中沢・松下・山口他 「トレーサーガスを用いた業務用電化厨房専用フードの捕集率性能評価」 日本建築学会大会学術講演梗概集、2004年
- 5) 近藤・相沢・阿部他 「住宅厨房内の温熱・空気環境に関する研究 その1～その4 日本建築学会大会学術講演梗概集 2006年」