

## ガスグリルの加熱特性

佐藤 秀美, 能々久美子\*, 小西 雅子\*\*,  
畑江 敬子\*, 島田 淳子\*\*\*

(佐藤事務所, \* お茶の水女子大学生生活科学部, \*\* 東京ガス(株) 基礎技術研究所,  
\*\*\* 昭和女子大学大学院)

原稿受付平成 14 年 12 月 6 日; 原稿受理平成 15 年 8 月 13 日

### Heating Characteristics of Gasgrills

Hidemi SATO, Kumiko NONO,\* Masako KONISHI,\*\*  
Keiko HATAE\* and Atsuko SHIMADA\*\*\*

*Office Sato, Setagaya-ku, Tokyo 158-0086*

*\*School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University,  
Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610*

*\*\*Tokyo Gas Co. Ltd, Minato-ku, Tokyo 105-0023*

*\*\*\*Graduate School, Showa Women's University, Setagaya-ku, Tokyo 154-8533*

The heating characteristics of five commercial gasgrills were studied, whose internal volume and nominal energy input were different from each other. The heating performance of the gasgrills was measured by bronze blocks of 25 mm in diameter and respective emissivity of 0.94 and 0.04 for convective heating and radiative heating. White bread was used as the cooking sample. The evaporating process and the surface coloring process during heating were each measured. It was found that the heat of convection played a significant role in the total heat flux in all of the grills tested in this study with a range from 59% to 74% after five minutes of heating. The results of a statistical analysis suggest that the heating performance was characterized both by the energy input per unit internal volume and by the internal height. Bread toasted with the gasgrills having higher energy input per unit volume and lower internal height had a higher rate of evaporation and coloring.

(Received December 6, 2002; Accepted in revised form August 13, 2003)

**Keywords:** heat transfer 伝熱, food 食品, grill グリル, oven オープン, radiation 放射伝熱, convection 対流伝熱.

### 1. 緒 言

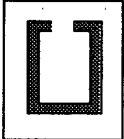
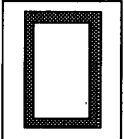
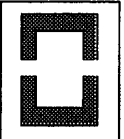
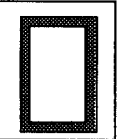
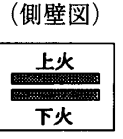
ガスグリルの機種選定は、一般に入力を基準に行われる場合が多い。これは、入力が大きいくほど食品への伝熱量が大きくなり、食品を速く加熱できると思われるためである。しかし、実際には入力が大きいく機種でも加熱速度が遅い場合があることは経験的に知られている。このことは、ガスグリルの加熱能力が単に入力だけで決まるわけではないことを示している。

これまでに、3種のガスグリルの庫内温度分布等を比較した研究<sup>1)</sup>及びガスグリルと対流式オープンによる調理成績を比較した研究<sup>2)</sup>が行われている。いずれの研究も実用的である。しかし、ガスグリルの加熱の

特徴を定量的には明らかにしていない。一方、ガスグリルと同様に食品を庫内で加熱するオープンを用いた研究では、熱的な観点から、各種オープンの加熱の特徴<sup>3)~10)</sup>及び加熱条件の影響<sup>11)~15)</sup>が調べられており、汎用性のある結果が報告されている。しかし、これらの結果から、ガスグリルの加熱の特徴を述べることは難しい。なぜならば、庫内温度を一定にして食品を加熱するオープンと、予備加熱せずに常温から加熱を始めるガスグリルとでは加熱環境が大きく異なるためである。

そこで本研究では、家庭用ガスグリル5機種の伝熱特性を比較検討することにより、ガスグリルの加熱の

表 1. 5 種両面魚焼きガスグリルの仕様

	使用したグリル				
	A	B	C	D	E
庫内寸法					
幅×奥行き×高さ (mm)	225×325×135	195×295×140	195×315×120	235×320×130	195×300×125
天面-焼き網間 (mm)* <sup>1</sup>	80	70	45	63	75
全面ガラス幅×高さ (mm)	245×65	245×55	247×55	277×75	247×70
焼き網-ドア間 (mm)* <sup>2</sup>	20	25	38	45	55
総入力 (kcal/h)* <sup>3</sup>	2,850	2,150	2,000	2,900	2,700
上火入力 (kcal/h)	850	850	900	1,000	1,000
下火入力 (kcal/h)	2,000	1,300	1,100	1,900	1,700
単位容積当たりの入力 (kcal/h・cm <sup>3</sup> )	0.289	0.267	0.271	0.297	0.369
熱源位置 上火	天面	天面	天面	天面	両側壁中央 (側壁図)
(ガスバーナー形状) ■ ガス炎噴出し部分					
	下火	側面下部	側面下部	側面下部	側面下部

\*<sup>1</sup>「天面-焼き網間」とは天井面と焼き網間の距離。\*<sup>2</sup>「焼き網-ドア間」とはドア内側の面から焼き網の手前端までの距離。\*<sup>3</sup>「入力」とはガス消費量を熱量に換算したもの。

特徴を定量的に明らかにすることを目的にした。

## 2. 実験方法

### (1) 実験機器

ガスコンロに搭載されている家庭用両面焼きガスグリルのうち、一般に広く普及している 5 機種を実験に使用した。これらの仕様は表 1 に示す通りである。なお、熱源であるガス火の噴出し口はガスグリル A, B, C 及び D では天面と側面下部に、E では側面中央付近に 2 か所設けられている。ガス噴出し口部分の材質は A 及び B はホーロー、C, D 及び E はセラミックスで、それ以外の部分は側壁を含めてアルミメッキ銅板である。

### (2) 温度の測定

ガスグリルの庫内中央部の空気温度及び庫内壁面温度の測定には直径 0.25 mm の K 熱電対を用いた。壁面温度の測定は、天面、左右両側面及び背面の中央位置に対して行った。温度測定にあたっては、K 熱電対の感熱部をアルミニウム箔で壁面中央位置に固定した。

### (3) 伝熱量の測定

放射伝熱量及び対流伝熱量の測定には、2 種類の表面加工を施した直径 25 mm の銅球を用いた。一つは

放射率 0.94 の黒色耐熱塗料で塗装したもの（以下、黒球）で、他の一つはこれと同型で表面を研磨加工して放射率を 0.04<sup>(6)</sup> に調整したもの（以下、研磨球）である。中心まで穴をあけた銅球に、直径 0.25 mm の K 熱電対を中心まで挿入し固定した。これをガスグリルの焼き網上中央部に置いて加熱し、銅球中心の温度上昇曲線から (1) 式を用いてその受熱量を算出した。なお、加熱の際には焼き網から銅球への伝導伝熱を遮断するため、銅球と接触する網の部分にセラミックスシートを巻いてある。

$$Q = mC \cdot \Delta T \quad (1)$$

ここで、 $Q$  は受熱速度 (kJ/h)、 $mC$  は定圧熱容量 ( $m$  は銅球質量 (kg)、 $C$  は銅の定圧比熱で 0.385 (kJ/kg・K))、 $\Delta T$  は単位時間当たりの温度上昇 (K/h) である。なお、温度上昇速度は、銅球内への温度伝導速度に比べて十分遅いので、銅球の温度を近似的に均一とみなすことができる。

(1) 式で求められる受熱速度  $Q$  は、(2) 式に示されるように、高温空気流からの対流による単位時間当たりの受熱量と壁面からの放射による単位時間当たりの受熱量を合わせた値である。

$$Q = A(T_g - T_s) + B\sigma(T_w^4 - T_s^4) \quad (2)$$

ここで、 $T_g$  は庫内空気温度 (K)、 $T_s$  は銅球表面温度

## ガスグリルの加熱特性

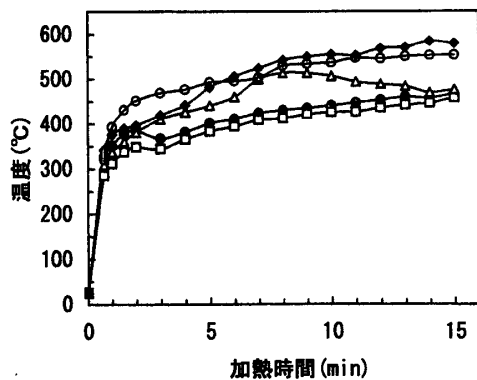


図1. 庫内温度の経時変化

● A, □ B, △ C, ○ D, ◆ E.

(K),  $\sigma$  はステファン・ボルツマン定数,  $T_w$  は庫内壁面温度 (K),  $A$  は熱伝達率を含む係数で,  $B$  は熱源及び銅球の放射率と形態係数を含む係数である. なお, 銅球の表面温度と中心温度はほぼ同一であるとみなせることから,  $T_s$  には銅球の中心温度を用いた.

研磨球の場合, 放射率が0.04と極めて小さいため,  $B=0$  として (2) 式より  $A$  を求めた. 次に, この  $A$  の値を用いて, 黒球の対流及び放射による単位時間当たりの受熱量を算出した.

## (4) 試料及び測定方法

試料には, 実験日前日に製造された市販の食パン (山崎製パン (株) 製, 厚さ 19 mm, 縦 150 mm, 横 150 mm) を用いた. 食パンの水分含量は 105°C 定圧乾燥法<sup>17)</sup> により測定した結果,  $45.0 \pm 0.1\%$  (w/w) であった. これを焼き網中央部に載せ, 1~5 分間加熱した. 焼き網には, 銅球の加熱時と同様にセラミックスシートを巻いてある.

測定は, 試料の水分蒸発速度及び上面の着色速度について行った. 前報と同様に<sup>18)</sup>, 着色速度は, 一定時間加熱後の試料上面中央部を色差計 (日本電色工業 (株) MODEL 1001-DO) で測定し,  $L$  値で表した. 一つの試料につき, 中央部 30 mm×30 mm 内の 3 箇所測定を行い, その平均値を試料の代表値として用いた. 水分蒸発速度は, 試料の加熱前後の重量差を加熱前に食パンに含まれる水分量で除した値を水分蒸発量とし, さらに 1 から水分蒸発量を引いた値を水分含量とし, 無次元量で表した. 全ての測定は 3~5 回繰り返して行い, 結果はその平均値で表した.

## 3. 結果及び考察

## (1) 庫内及び壁面温度

図1にガスグリル5機種の庫内中央部空気温度 (以

下, 庫内温度) の経時変化を示す. ガスグリルでの調理時間のほとんどが 15 分以内<sup>19)</sup> であることから, 測定時間は 15 分とした. いずれの機種においても, 庫内温度は加熱開始直後に急激に上昇し, 1 分後には 300°C を越えた. その後, 温度は緩慢に推移していくが, C 以外のガスグリルでは加熱終了時点まで上昇続けた. ガスグリル C の庫内温度は加熱開始後 9 分の時点で 514°C に達した後, 過熱防止装置が作動し低下した. 庫内温度が高かったガスグリル D 及び E では, 加熱 1 分以降, 温度は 380°C から 580°C の範囲で推移し, 庫内温度が低かった A 及び B では, 温度は 300°C から 460°C の範囲で推移した. 15 分間加熱後の機種による温度差は最大約 120°C であった.

さらに, 各ガスグリルの天面, 背面及び左右両側面の壁面中央部温度を測定した. 結果を図2に示す. なお, 機種に関わらず左右両側面の温度はほぼ同じであったため, 図には右側面の温度を示した. また, 天面温度とはガスバーナーの無い天面中央部分の温度であり (表1), 天面全体の代表温度ではない. 測定図中には参考として, 図1に示した庫内温度を入れた.

いずれのガスグリルにおいても, 各壁面温度は庫内温度より低かった. 加熱初期において温度上昇が速い壁面は機種により異なるが, 加熱後半になるといずれの機種においても天面温度が高くなった. 15 分間加熱後の天面温度は, ガスグリル E が 462°C と最も高く, 逆に C が 388°C で最も低かった. 温度が高かった天面温度と低かった壁面温度の差は機種により大きく異なり, ガスグリル D では 15 分後に約 20°C と非常に小さかったのに対し, A では同約 140°C と大きかった.

## (2) 庫内の総伝熱量と入力の関係

機種により庫内温度 (図1) 及び壁面温度 (図2) に大きな差が生じていたことから, それに伴い食品への伝熱量も異なることが予想される. そこで, 各ガスグリル庫内の総伝熱量を比較した. ここでは黒球の受熱速度の時間積分値を総伝熱量とした. この値は放射及び対流による伝熱量を合わせた値である. 図3に, 黒球で測定した総伝熱量の経時変化を示す. なお, 測定に用いた黒球表面の耐熱塗料の使用限界から, 加熱時間は 5 分間とした.

加熱時間の経過に伴い総伝熱量は増加していくが, 分散分析により危険率 1% 以下で機種による違いが認められた. 加熱全般にわたり総伝熱量が最も大きいのはガスグリル E で, 逆に小さいのは B であった. B の 5 分後の総伝熱量は E の 61% に過ぎない. B の入

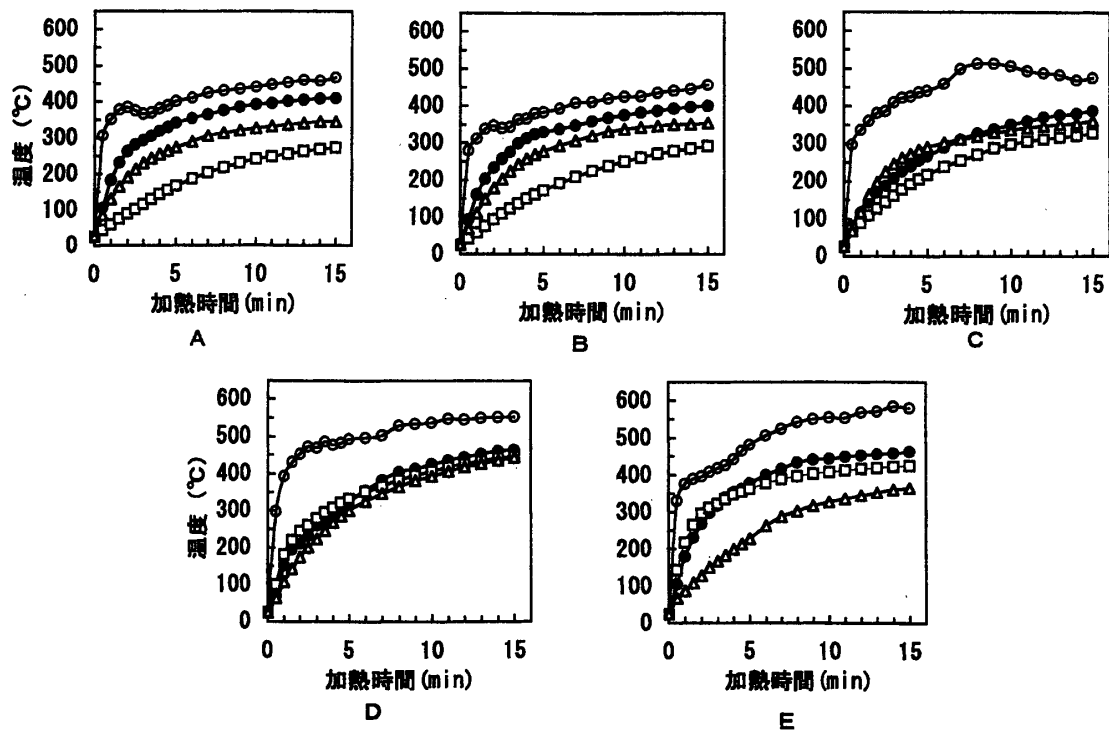


図2. 壁面温度の経時変化

●天面, □背面, △側面, ○庫内空気.

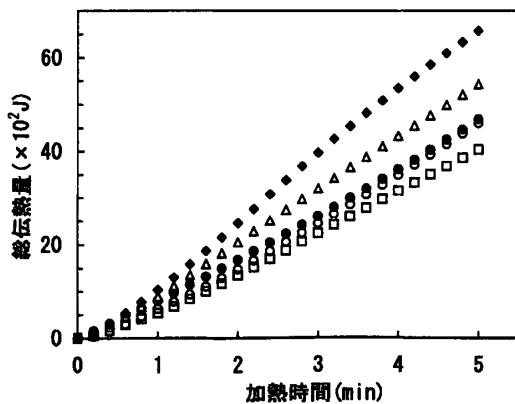


図3. 総伝熱量の経時変化

●A, □B, △C, ○D, ◆E.

力はEの約80%と小さいが(表1), 総伝熱量は相対的にさらに小さいことがわかる. 実際に, 入力と5分加熱後の総伝熱量の間の相関関係を調べたところ, 相関係数は0.10と極めて低かった. このことは, ガスグリルの加熱能力が入力から判断できないことを示している.

そこで, 庫内の総伝熱量に影響する要因を検討するため, 総伝熱量とガスグリル仕様間の相関関係を調べた. 結果を表2に示す. 表中, 相関係数が0.65以上の数字には網掛けをした. 仕様として選んだパラメー

タは, 入力及び庫内寸法に加え, 伝熱量に関与すると考えられる, 天面と焼き網間の距離(表中, 天面/網間距離), 前面ドアのガラス部分の面積(表中, ガラス面積), ドア内側の面から焼き網の手前端までの距離(表中, 網/ドア間距離)とした. 総伝熱量との間の相関係数が高かったのは, 単位容積当たりの入力, 庫内の高さ及び網/ドア間距離であった. すなわち, 総伝熱量は単位容積当たりの入力が高いほど大きく, さらに容積に関わるパラメータのうち庫内の高さが大きく影響しており, 高さが低いほど総伝熱量が大きくなることがわかった. また, 加熱時間が2分を越えると, 網/ドア間距離が長いほど総伝熱量は大きくなる.

以上の結果から, ガスグリルの加熱能力は単に機器への入力を比較するのではなく, 単位容積当たりの入力, 庫内の高さ, さらに網/ドア間距離を基準に判断するのが妥当であることが確認された.

### (3) 対流及び放射による伝熱量の変化

ガスグリルの加熱の特徴を詳細に調べるため, 庫内の伝熱量を放射伝熱と対流伝熱に分離し検討した. 図4は, 黒球と研磨球の測定により求めた, 黒球における放射及び対流伝熱の単位時間当たりの受熱量で, (a)は放射伝熱, 同(b)は対流伝熱の結果である.

放射伝熱と対流伝熱では, 単位時間当たりの受熱量

## ガスグリルの加熱特性

表 2. 総伝熱量と入力及び各庫内寸法間の相関係数

加熱 時間	入力			単位容積 当たり	容積	幅	奥行き	高さ	天面/網 間距離	ガラス 面積	網/ドア 間距離
	総入力	上火	下火								
1分	0.08	0.34	0.02	0.68	-0.48	-0.35	0.04	-0.74	-0.02	-0.03	0.52
2分	0.01	0.45	-0.10	0.74	-0.63	-0.47	-0.15	-0.77	-0.08	-0.03	0.66
3分	0.01	0.52	-0.09	0.80	-0.65	-0.48	-0.22	-0.74	-0.05	0.02	0.72
4分	0.04	0.56	-0.06	0.82	-0.63	-0.46	-0.22	-0.74	-0.04	0.07	0.74
5分	0.10	0.59	-0.01	0.83	-0.58	-0.39	-0.16	-0.76	-0.04	0.12	0.76

天面/網間距離：天上面と焼き網間の距離，ガラス面積：前面ドアのガラス部分の面積，網/ドア間距離：  
ドア内側の面から焼き網の手前端までの距離。

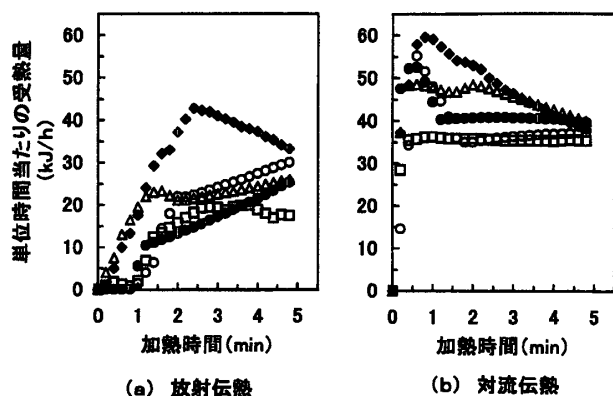


図 4. 放射及び対流伝熱による単位時間当たりの受熱量の経時変化

● A, □ B, △ C, ○ D, ◆ E.

の履歴は大きく異なった。放射伝熱の場合，単位時間当たりの受熱量の増加開始時期は対流伝熱に比べて遅く，その後は緩慢に増加，あるいは平衡状態で推移した。これに対し，対流伝熱では，いずれの機種においても，単位時間当たりの受熱量は加熱直後に急激に増加し始め，1分前後にピークを示した後，平衡状態，あるいは低下していった。これは，主に，(2) 式に示されるように，単位時間当たりの受熱量が，放射伝熱の場合には壁面温度（図 2），対流伝熱の場合には庫内温度（図 1）と銅球温度の差によるためであると考えられる。ただし，これらの受熱量の機種間の差については，図 1 及び図 2 に示した温度差から単に比較できない。なぜならば，機種の違いにより，ガス炎の噴出し部分付近の形状，材質，面積などが異なり，これらが (2) 式のパラメータの A 及び B に直接影響するためである。

図 4 に示した単位時間当たりの受熱量を積分し，放射及び対流伝熱により銅球の受けた伝熱量を算出した。

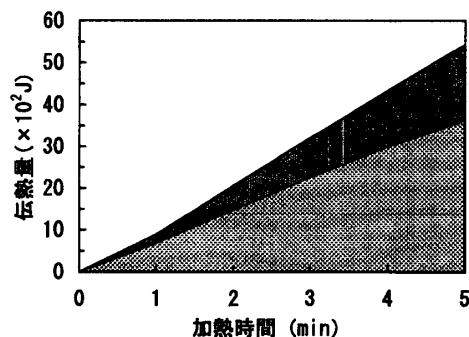


図 5. 放射及び対流伝熱量の経時変化（ガスグリル C の場合）

■ 放射伝熱，▨ 対流伝熱。

図 5 は放射及び対流伝熱量の経時変化で，ガスグリル C の例である。放射及び対流伝熱量ともに，加熱時間の経過に伴い増加していくが，放射伝熱では加熱初期の増加量は極めて小さかった。これは，放射伝熱の単位時間当たりの受熱量が加熱開始後小さかったためである（図 4）。その結果，総伝熱量に占める放射伝熱量の割合は対流伝熱量に比べて低かった。他の機種においても，放射及び対流伝熱量の増加履歴はこれとほぼ同様な傾向を示した。ただし，対流伝熱量の占める割合は機種により異なり（表 3），加熱終了時点では 74～59%と，最大 15%の差があった。

以上に示した放射及び対流伝熱量の大きさに影響する要因を調べるため，表 2 と同じパラメータを用い，1～5 分間の各加熱時間における伝熱量と仕様間の相関係数を求めた。結果を表 4 に示す。表中，相関係数が 0.65 以上の数字には網掛けをした。両伝熱量との間の相関係数が高かったのは庫内の高さ及び単位容積当たりの入力であった。特に，庫内の高さとの間では，対流伝熱量の 1 分加熱時を除いた全ての加熱時間において，高い負の相関関係が認められた。このことから，

表3. 5機種グリルの放射伝熱量と対流伝熱量の割合

(%)

加熱 時間	A		B		C		D		E	
	放射	対流	放射	対流	放射	対流	放射	対流	放射	対流
1分	0	100	4	96	22	78	7	93	23	77
2分	11	89	17	83	28	72	14	86	30	70
3分	17	83	24	76	29	71	24	76	36	64
4分	21	79	27	73	31	69	29	71	39	61
5分	26	74	30	70	33	67	34	66	41	59

表4. 放射及び対流伝熱量と入力及び各庫内寸法間の相関係数

加熱 時間	伝熱 時間	入力				単位容積 当たり	容積	幅	奥行き	高さ	天面/網 間距離	ガラス 面積	網/ドア 間距離
		総入力	上火	下火									
1分	放射	-0.36	0.38	-0.46	0.55	-0.86	-0.71	-0.36	-0.80	-0.35	-0.23	0.66	
	対流	0.48	0.17	0.48	0.57	0.07	0.13	0.44	-0.41	0.33	0.16	0.18	
2分	放射	-0.26	0.47	-0.37	0.65	-0.83	-0.67	-0.39	-0.78	-0.27	-0.13	0.73	
	対流	0.26	0.37	0.21	0.74	-0.32	-0.19	0.13	-0.65	0.14	0.10	0.49	
3分	放射	-0.09	0.61	-0.21	0.79	-0.76	-0.58	-0.44	-0.70	-0.12	0.04	0.82	
	対流	0.13	0.35	0.08	0.71	-0.43	-0.30	0.07	-0.71	0.04	0.00	0.50	
4分	放射	0.00	0.67	-0.13	0.84	-0.70	-0.51	-0.42	-0.67	-0.06	0.13	0.86	
	対流	0.09	0.32	0.04	0.67	-0.45	-0.32	0.08	-0.73	-0.01	-0.03	0.49	
5分	放射	0.09	0.72	-0.04	0.87	-0.62	-0.42	-0.34	-0.69	-0.04	0.22	0.88	
	対流	0.09	0.30	0.04	0.64	-0.43	-0.30	0.12	-0.74	-0.03	-0.04	0.46	

天面/網間距離：天井面と焼き網間の距離，ガラス面積：前面ドアのガラス部分の面積，網/ドア間距離：ドア内側の面から焼き網の手前端までの距離。

庫内の高さが低いほど各伝熱量が大きくなることが推察された。単位容積当たりの入力については、対流伝熱量は2～4分の範囲で、放射伝熱量は2分以降で、相関係数が高かった。さらに放射伝熱量についてのみ、いずれの時間においても網/ドア間距離との間で、また4分以降の上火入力、4分以下の容積及び2分以下の庫内の幅との間で相関係数が高かった。これらの結果を考え合わせると、加熱初期には庫内容積が大きければ壁面温度の上昇速度が遅くなるため放射伝熱量は増加しないこと、壁面温度が高くなると上火の入力が大きいほど放射伝熱量が大きくなることわかる。また、焼き網とドア間の空間距離が長いほど、ガラスからの放射による熱損失が少なくなると考えられる。

#### (4) 食品の仕上がり状態

機種により異なる伝熱量が食品の焼き色と水分蒸発量に及ぼす影響を調べた。

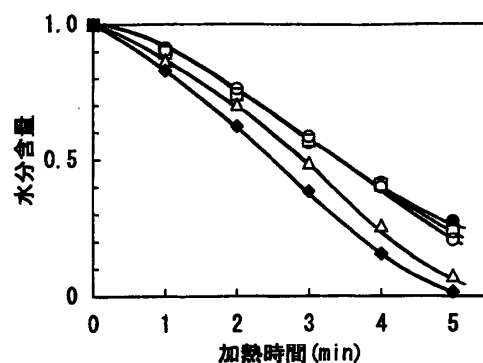


図6. 水分含量の経時変化

● A, □ B, △ C, ○ D, ◆ E.

図6は各ガスグリルで加熱した食パンの水分含量の経時変化である。縦軸の水分含量は、加熱前の食パンに含まれる水分量を1とした割合で表している。食パン中の水分が蒸発し全く無くなると、この値は0とな

## ガスグリルの加熱特性

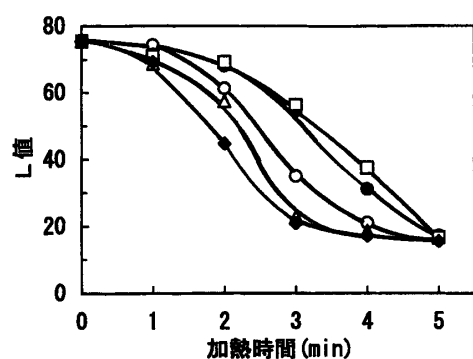


図7. 焼き色の経時変化

● A, □ B, △ C, ○ D, ◆ E.

る。水分含量は時間の経過に伴い、いずれの場合もほぼ直線的に低下していくが、その程度は機種により異なった。ガスグリル E の場合に水分含量の低下速度が最も大きく、次いで C が大きかった。他のガスグリル間では大きな差は認められなかった。なお、ガスグリル E では、4 分 30 秒付近から過加熱により煙が発生した。このため、5 分間加熱時の水分含量には発煙による重量減少の影響も含まれているが、ここでは参考のために敢えて測定値を入れた。

図 7 は食パン表面の焼き色の指標となる  $L$  値の経時変化である。 $L$  値は焼き色が濃くなるほど低くなる値で、加熱前の食パンの  $L$  値は 79 である。いずれの機種においても、加熱開始後 1 分まで、 $L$  値はほとんど変化しないが、その後時間とともに低下していった。ガスグリル E の  $L$  値の低下速度が最も大きく、3 分後には視覚的には炭化した状態である  $L$  値 20 に達した。逆に、ガスグリル B の低下速度が最も小さく、3 分後にはまだ視覚的にはきつね色である  $L$  値 55 付近で、5 分間加熱した時点でようやく  $L$  値 20 に達した。

以上に示した水分蒸発量及び焼き色に対する総伝熱量、放射伝熱量及び対流伝熱量の影響を調べるため、単回帰分析を行った。なお、各伝熱量は銅球による測定値で、食パンが実際に受けた熱量ではないが、庫内の加熱環境を表す値として有効であると考えた。単回帰分析は、分散分析により 5 機種間で有意差の認められた 1～5 分間の水分蒸発量及び 2～4 分間の  $L$  値について行った。分析は、各加熱時間ごとに行い、各伝熱量をそれぞれ独立変数とし、水分蒸発量及び  $L$  値に対する決定係数（寄与率）を算出した（表 5）。

水分蒸発量に対する各伝熱量の寄与率は、総伝熱量及び対流伝熱量の 1 分を除き、高い値を示した。焼き色については、全般に総伝熱量及び放射伝熱量の寄与

表 5. 水分蒸発量及び焼き色に及ぼす伝熱量の影響（回帰分析結果）

加熱時間	水分蒸発量			焼き色 ( $L$ 値)		
	総伝熱量	対流伝熱量	放射伝熱量	総伝熱量	対流伝熱量	放射伝熱量
1 分	0.62	0.14	0.90	—	—	—
2 分	0.87	0.65	0.87	0.82	0.59	0.85
3 分	0.96	0.76	0.95	0.66	0.46	0.71
4 分	0.94	0.70	0.94	0.67	0.55	0.62
5 分	0.83	0.55	0.87	—	—	—

数字は決定係数  $R^2$ 。

率が高く、対流伝熱量の寄与率は低かった。水分の蒸発に要するエネルギーが大きいことから、水分蒸発量には総伝熱量が大きく影響すると考えられる。総伝熱量が大きいグリルは放射伝熱量が大きいグリルであり、そのため、水分蒸発量に対して放射伝熱量の寄与が大きくなったものと考えられる。

一方、着色度は食品の表面温度に依存して変化すること<sup>20)21)</sup>、また同一伝熱量下では放射加熱の方が対流加熱よりも表面温度が高くなることが明らかにされている。この実験結果は放射伝熱量の大きいグリルが速く着色することを示している。放射伝熱量が相対的に小さいガスグリルでは、表面温度の上昇には放射伝熱量のほか、総伝熱量が大きく影響していることがわかる。

以上より、ガスグリルでは、単位容積当たりの入力が大きく、庫内の高さが低く、焼き網とドア間の空間距離が長い機種ほど総伝熱量及び放射伝熱量が大きいこと、またそのような機種で加熱した場合には、水分蒸発量が多く、着色速度が大きくなる傾向にあることがわかった。

## 4. 要 約

家庭用ガスグリルの加熱の特徴を定量的に明らかにすることを目的に、市販の両面焼きガスグリル 5 機種を対象に放射伝熱量及び対流伝熱量を測定するとともに、食品を加熱し、その仕上がりに対し伝熱量及びガスグリルの仕様がどのように影響しているかを調べた。その結果、以下の知見が得られた。

(1) ガスグリルの庫内温度は、加熱開始後 1 分までに 300℃を越え、15 分後には 460～580℃に達する。

(2) ガスグリルの加熱能力の指標となる総伝熱量は、機種により最大 40% 異なった。また、総伝熱量に占

める対流伝熱量の割合は、いずれの場合も放射伝熱量よりも大きく、加熱開始1分後に77~100%、5分後には59~74%であることがわかった。

(3) ガスグリルの加熱能力は、単に機器への入力で判断できず、単位容積当たりの入力、庫内の高さ及び焼き網とドア間の距離の影響を大きく受けていることがわかった。単位容積当たりの入力が大きく、庫内の高さが低く、焼き網とドア間の空間距離が長い機種ほど、食品の水分蒸発速度は大きく、着色速度が大きくなる傾向にある。

### 引用文献

- 1) 中里トシ子, 皆川知子, 藤田 和, 山崎清子: グリル内の温度変化と温度分布について, 大妻女子大学家政学部紀要, **15**, 29-39 (1979)
- 2) 水野みさを, 張 禎淑, 大島知子, 漆畑陽子, 勝田啓子, 丸山悦子, 長谷川千鶴: ガスオープンによる焼き物の特性について, 調科誌, **10**, 35-40 (1977)
- 3) 渋谷祥子: 熱伝達法の異なるオープンの加熱能について(第1報), 調科誌, **14**, 36-39 (1981)
- 4) 渋谷祥子: 熱伝達法の異なるオープンの加熱能について(第2報) スポンジケーキとの関係, 家政誌, **35**, 156-160 (1984)
- 5) 渋谷祥子: 熱伝達法の異なるオープンの加熱能について(第3報) 放射割合の影響, 家政誌, **36**, 492-496 (1985)
- 6) 渋谷祥子: 熱伝達法の異なるオープンの加熱能について(第4報) 天板の影響, 家政誌, **37**, 87-92 (1986)
- 7) Sato, H., Matsumura, T., and Shibukawa, S.: Apparent Heat Transfer in a Forced Convection Oven and Properties of Baked Food, *J. Food Sci.*, **52**, 185-188, 193 (1987)
- 8) Paloheimo, M., Malkki, Y., and Kaijaluo, S.: Optimization of Baking Process, *Therm. Process Qual. Foods*, 487-491 (1984)
- 9) Dageskog, M., and Skjoldebrand, C.: A Comparison between Four Different Methods of Frying Meat Patties—Heat Transfer, Yield and Crust Formation, *Lebensm Wiss Technol.*, **11**, 306-311 (1978)
- 10) Standing, C.N.: Individual Heat Transfer Modes in Band Oven Biscuit Baking, *J. Food Sci.*, **39**, 267-271 (1974)
- 11) Collison, R., and West, A.: A Comparison of Heat Transfer Characteristics of Natural and Forced Convection Ovens, *Food Process Eng.*, **1**, 247-251 (1980)
- 12) Scjoldebrand, C., and Hallstrom, B.: Convection Oven Frying-Heat and Mass Transfer in the Product, *J. Food Sci.*, **45**, 1347-1353 (1980)
- 13) Scjoldebrand, C.: Convection Oven Frying-Heat and Mass Transfer between Air and Product, *J. Food Sci.*, **45**, 1354-1358, 1362 (1980)
- 14) Singh, N., Akins, R. G., and Erickson, L. E.: Modeling Heat and Mass Transfer during the Oven Roasting of Meat, *J. Food Eng.*, **7**, 205-220 (1984)
- 15) Unklesbay, K., Unklesbay, N., and Biedrzycki, K.: *J. Food Process Eng.*, **14**, 197-208 (1991)
- 16) 甲藤好郎: 『伝熱概論』, 養賢堂, 東京, 341 (1974)
- 17) 日本食品工業学会食品成分分析法編集委員会: 『食品成分表』, 光琳, 東京, 4 (1981)
- 18) 佐藤秀美, 畑江敬子, 島田淳子: 食品のクラスト層形成及び着色状態に及ぼすヒータの放射特性の影響—放射伝熱量が一定の場合—, 日食工誌, **39**, 784-789 (1992)
- 19) 東京ガス: ガスグリルクッキングブック
- 20) 佐藤秀美, 畑江敬子, 島田淳子: 伝熱方式の違いが食品表面の着色過程に及ぼす影響, 家政誌, **50**, 925-930 (1999)
- 21) 佐藤秀美, 畑江敬子, 島田淳子: 対流加熱した食品の着色過程, 日食科工誌, **46**, 454-461 (1999)